A pébégáztartályok időszakos ellenőrzésére szolgáló korszerű módszerek tudományos kutatásának eredményei

Tanulmánygyűjtemény

Dobránszky János

DyTh

DyTh

A pébégáztartályok időszakos ellenőrzésére szolgáló korszerű módszerek tudományos kutatásának eredményei. Tanulmánygyűjtemény

Szerkesztő és a tanulmányok szerzője: Dobránszky János

A könyvben olvasható tanulmányok közreadását az eredeti kutatások megrendelője és a kutatási jelentések tulajdonosa, a Pébé-Coop Kft. engedélyezte.

© DyTh Bt. Budapest, 2018. www.dyth.hu

ISBN 978-963-89209-4-2

Tartalomjegyzék

1. tanulmány
Acél pébégáztartályok állapotfelmérése és a maradék élettartamuk becslésére alkalmas módszer kifejlesztése 4
1. melléklet – Dokumentumértékelés 19
2. melléklet – Gépkönyvek 22
3. melléklet – Matematikai módszerek 25
4. melléklet – A károsodási osztályozási rendszer 57
5. melléklet – A vizsgált tartályok 74
6. melléklet – Kémiai összetétel 82
7. melléklet – Metallográfia 83
8. melléklet – Metallográfia-varratok 87
9. melléklet – Korrózió 96
10. melléklet – EDS-elemzés és XRD-elemzés 114
11. melléklet – Mechanikai vizsgálatok 117
12. melléklet – Radiográfiai vizsgálatok 123
13. melléklet – Ultrahangos vizsgálatok 128
14. melléklet – AE-vizsgálatok 134
15. melléklet – Felszakítási vizsgálatok 138
16. melléklet – Hőkamerás vizsgálat 143
17. melléklet – Numerikus modellezés; szerző: CAQA Kft. 144
18. melléklet – Az ellenőrzések módszertana 227
19. melléklet – Maradékélettartam-becslés 232
20. melléklet – Külső korrózió 236

2. tanulmány
A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerének kiterjesztése az 5 m³-nél nagyobb űrméretű tartályokra 248

3. tanulmány
Pébégáztartályok felszakítási kísérlete akusztikus emissziós vizsgálat keretében 335
01. melléklet – A tartályok műszaki jellemzői 384
02. melléklet – A 24452-es tartály 404
AEV-1-melléklet – AEF-jelentés; szerző: ÁEF Kft. 415
AEV-2. melléklet – AEF-jelentés; szerző: ÁEF Kft. 426
AEV-3-melléklet_orosz – GeT UTA-jelentés; szerző: GeT UTA 436
AEV-3-melléklet_orosz–magyar 446
AEV-4-melléklet_orosz – GeT UTA-jelentés; szerző: GeT UTA 455
AEV-4-melléklet_orosz–magyar 463
AEV-5-melléklet_orosz – GeT UTA-jelentés; szerző: GeT UTA 470
AEV-6. melléklet – TPA KKS GmbH-jelentés; szerző: TPA KKS GmbH 502
AEV-7. melléklet – Ecotech-jelentés; szerző: Ecotech Kft. 509

Executive summary and conclusions of the Final Report
Burst test of LPG tanks within the framework of acoustic emission test 647

4. tanulmány
Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata 656
1. melléklet – MSZE 1728 szerinti vizsgálatok felszakítás előtt 669
2. melléklet – Előzetes MT-vizsgálat – AEF-jelentés; szerző: ÁEF Kft. 688
3. melléklet – Előzetes ellenőrzőmérések 692
4. melléklet – Felszakítás közben végzett AE-vizsgálatok – AEF Anyagvizsgáló Labor.pdf; szerző: ÁEF Kft. 698
9. melléklet – MSZE 1728 szerinti vizsgálatok felszakítás után 739
10. melléklet – Utólagos MT-vizsgálat – AEF Anyagvizsgáló Labor.pdf; szerző: ÁEF Kft. 760
11. melléklet – A 2013-as tanulmány aktualizált változata 767

5. fejezet: konferencia-előadások 850
Előadás a RAKK-2013 konferencián 850
A RAKK-2013 konferencia előadásának konferenciacikke 861
Előadás a 34. Balatoni Ankéton 867

ISBN 978-963-89209-4-2 © DyTh Bt. Budapest, 2018. www.DyTh.hu

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Tanszékvezető: Dr. Dévényi László Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366
Alapítva: 1889

Iktatószám: 288.376-1/2009 Ügyintéző: Dobránszky János 2009. december 22.

Hajdú István, ügyvezető igazgató úr és
Bertli Zoltán, műszaki igazgató úr részére
PÉBÉ-COOP Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady Endre utca 87.

Telefon és telefax: +36 (52) 360-723, 273-213

Tisztelt Kollégák!

A 2009. május 15-i kutatási szerződésben foglaltaknak megfelelően elvégeztük a az „Acél pébégáztartályok állapotfelmérése és a maradék élettartamuk becslésére alkalmas módszer kifejlesztése” című, a PÉBÉ-COOP Kft.-vel és a velünk együttműködő ÁEF Laboratórium Kft.-vel közös innovációs program részfeladatait. Az eredményeket a mellékelt kutatási jelentésben ismertetjük. A kutatási jelentés tartalmilag a következő fő elemekből épül fel:

1. Szakmai zárójelentés
2. A szakmai zárójelentés 20 db melléklete
3. Az eredmények összefoglalása, javaslatok
4. Megfelelőségi nyilatkozat
5. A károsodási osztályozási rendszer elektronikus adatbázisa a felhasználói kezelést egyszerű módon biztosító elektronikus formában (Excel-fájl)

Amint azt a zárójelentés végén található összefoglalóban is jelezzük, a maradék élettartam becslésére kidolgozott szakértői rendszer mérési adatokkal való folyamatos feltöltését, illetve az újabb szakmai tapasztalatok alapján való folyamatos fejlesztését célszerűnek tartjuk. Az ezzel kapcsolatos feladatok végrehajtásában készen állunk a PÉBÉ-COOP Kft.-vel való hosszú távú együttműködésre.

Szívélyes üdvözlettel:

Dr. Dévényi László
tanszékvezető egyetemi docens

Dr. Dobránszky János
tudományos főmunkatárs,
az innovációs program koordinátora

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Tanszékvezető: Dr. Dévényi László Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366
Alapítva: 1889

Iktatószám: 288.376-2/2009

Szakmai zárójelentés

az „Acél pébégáztartályok állapotfelmérése
és a maradék élettartamuk becslésére
alkalmas módszer kifejlesztése”

című innovációs program eredményeiről a

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő Forgalmazó és Gyártó Kft.
részére

2009. december 22.

Tartalomjegyzék

	Melléklet címe	Oldalszám
1. melléklet:	A pébégáztartályok üzemeltetési dokumentumainak elemzése	3 oldal
2. melléklet:	A pébégáztartályok gyártási dokumentumainak elemzése	3 oldal
3. melléklet:	A pébétartály-vizsgálat matematikai módszerei	32 oldal
4. melléklet:	A pébégáztartályok maradék élettartamát befolyásoló tényezők	17 oldal
5. melléklet:	A kismintás károsodásanalízis keretében megvizsgált pébégáztartályok adatai	8 oldal
6. melléklet:	A megvizsgált pébégáztartályok anyaga	1 oldal
7. melléklet:	A pébégáztartályok anyagának metallográfiai vizsgálata	4 oldal
8. melléklet:	A pébégáztartályok hegesztett kötéseinek metallográfiai vizsgálata	9 oldal
9. melléklet:	A pébégáztartályok korróziós károsodásának metallográfiai vizsgálata	18 oldal
10. melléklet:	A pébégáztartályok belső felületén képződött korróziótermék vizsgálata	3 oldal
11. melléklet:	A pébégáztartályok anyagának mechanikai vizsgálata	6 oldal
12. melléklet:	A pébégáztartályok radiográfiai vizsgálata	5 oldal
13. melléklet:	A pébégáztartályok ultrahangos vizsgálata	6 oldal
14. melléklet:	A pébégáztartályok akusztikus emissziós vizsgálata	4 oldal
15. melléklet:	A pébégáztartály felszakítás közbeni alakváltozásának mérése	5 oldal
16. melléklet:	A pébégáztartályok hőkamerás vizsgálata	1 oldal
17. melléklet:	5 m^3 térfogatú pébégáztartály kritikus szerkezeti egységein elvégzett szilárdsági számítások	83 oldal
18. melléklet:	A pébégáztartályok állapotának meghatározására szolgáló módszer	5 oldal
19. melléklet:	A pébégáztartályok maradék élettartamának becslése	4 oldal
20. melléklet:	A külső korrózió megjelenési formái a helyszíni vizsgálatok alapján	12 oldal

A szakmai zárójelentés tartalomjegyzéke

1. Célkitűzések 3
2. A tervezett és elvégzett feladatok munkaszakaszonként 3
3. Az 1. munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. Általános adatgyűjtés. A tartályok károsodási osztályozási rendszerének kidolgozása 4
4. A 2. munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. Állapotfelmérés. A tartályok műszaki állapotának és károsodási folyamatainak meghatározására 5
5. A harmadik munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. A tartályok állapotfelmérési módszerének kidolgozása. A maradék élettartam meghatározási módszerének kidolgozása 10
6. Összegzés és javaslatok 11

1. Célkitűzések

Az innovációs program célkitűzései a következők voltak:

1. A pébégáztartályok állapotát meghatározó tényezők elemzése a károsodásanalízis, az anyagmodellezés és a matematikai statisztika módszereinek felhasználásával.
2. Állapotfelmérés a tartályok műszaki állapotának és az üzemelésből adódó károsodási mechanizmusainak megismerése érdekében.
3. Műszaki szakértői rendszer kidolgozása a tartályok maradék élettartamának megbízható becslésére.
4. A tartályok időszakos és rendkívüli ellenőrzésére jelenleg alkalmazott felülvizsgálati módszerek értékelése az általános tartálykárosodási folyamatokkal való összefüggésükben.

2. A tervezett és elvégzett feladatok munkaszakaszonként

Az innovációs program tervezett munkaszakaszai a következők voltak:

	Részfeladat	Határidő	Státus
1.	Általános adatgyűjtés. A tartályok károsodási osztályozási rendszerének kidolgozása.	június 30.	Teljesült
2.	Állapotfelmérés. A tartályok műszaki állapotának és károsodási folyamatainak meghatározására.	július 31.	Teljesült
3.	Végeselemes feszültségelemzés teljes tartályon és a tartály kritikus szerkezeti egységein	augusztus 31.	Teljesült
4.	A károsodás és a maradék élettartam becslésére szolgáló szakértői rendszer kidolgozása és validálása.	augusztus 31.	Teljesült
5.	A maradékélettartam-becslési módszer tesztelése. A teljes tartálypopuláció minősítése a maradék élettartamra.	szeptember 30.	Teljesült
6.	Korróziós vizsgálatok, illetve modellkísérletek és a korrózióvédelmi feltételek értékelése.	szeptember 30.	Részben teljesült

Az 1. – 5. pontokban megjelölt feladatokat elvégeztük, a munka eredményeit a részletes zárójelentésben és egy rövid összefoglalóban ismertetjük. A 6. pontban meghatározott részfeladat nagyobbik részét, a korróziós teszteket nem végeztük el, ugyanis a tartályok vizsgálata során szerzett tapasztalatok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az szakmailag nem indokolt.

A szerződésben vállalt határidőket – sajnálatos módon – nem sikerült az eredeti ütemezés szerint tartani, de a folyamatosan keletkező vizsgálati eredmények feldolgozása, értékelése és ellenőrzése, valamint a szakértői adatbázis ezekkel való összhangba hozása és tesztelése miatt indokolt volt a véghatáridő többszöri meghosszabbítása.

3. Az 1. munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. Általános adatgyűjtés. A tartályok károsodási osztályozási rendszerének kidolgozása

Az általános adatgyűjtés keretében elemeztük a PÉBÉ-COOP-tól kapott üzemeltetési adatokat. A PÉBÉ-COOP-nál és a Prímagáz horti bázisán tanulmányoztuk a tartályok gyártási és üzemeltetési dokumentumait. Mindezek értékelését az alábbi pontokba szedve foglaljuk össze.

1. A PÉBÉ-COOP által átadott összesítő táblázatok, a minőségbiztosítási dokumentumok, valamint a tartályok üzemeltetői felülvizsgálatáról készült dokumentumok a tartályok üzemeltetésével és ellenőrzésével kapcsolatos minden eseményt rögzítenek, a kidolgozandó szakértői rendszernek megfelelő alapul szolgálnak.
   Egyes dokumentumokhoz észrevételeket fűztünk, amelyeket az *1. melléklet* tartalmaz.
2. A PÉBÉ-COOP-nál és a Prímagáz horti bázisán áttanulmányozott tartálygyártási dokumentumok, az edénygépkönyvek a tartályok anyagára és gyártási minőségellenőrzésére vonatkozóan nagyon gyakran nem tartalmaznak teljes körű adatokat. Amennyiben tartalmaznak adatot – pl. az alapanyag vastagsága csak névleges értékként vagy mint minimális érték –, az gyakran nem felel meg a mérésekkel megismert valóságnak. Az erre vonatkozó értékelést a *2. melléklet* tartalmazza.
3. A pébégáztartályokkal kapcsolatos adatok rendkívül sokféle dokumentumban megjelennek.
   Ezek a következők: gépkönyv, nyomástartó edény üzemeltetési stb. adatlapja (KSZV-adatlap), nyomástartó edény nyilvántartási adatlapja, veszélyelemzés, vizsgálati terv, MFTÜE-adatlap stb.
   A szóban forgó dokumentumok egymással semmilyen csatolásos hozzárendelési viszonyban nem állnak, ami nem csak hibák forrása lehet, de fontos összefüggéseket hagyhat rejtve ebben a viszonylag nagy rendszerben.
   Javasoljuk a T. Megrendelőnek, hogy a hatékonyabb adatkezelést és az üzemeltetést is nagyban segítő, továbbá az általunk kidolgozott szakértői rendszer eredményeit is felhasználó adatbázis létrehozását kezelje kiemelt fejlesztési célként.
4. Az adatgyűjtés végén (2009 nyara) összeállítottunk egy olyan tartályadatbázist, amely a szakértői rendszer belső elemzéseinek alapjául szolgál. Az adatbázist matematikai statisztikai módszerekkel elemeztük annak érdekében, hogy a különféle tartályjellemzők jelentőségét és kölcsönös egymásra hatását tisztázzuk. Ennek ismeretében dolgoztuk ki az állapotértékelési és a maradékélettartam-becslési algoritmusokat.
   A statisztikai elemzés regressziója jó lett: a meghatározottsági együttható 96,8%.
   Az első munkaszakaszban a szakértői rendszerbe lényeges paraméterként bevitt „hidraulikus nyomáspróba nyomása” megnevezésű változó a statisztikai elemzés eredménye szerint nem szignifikáns az összefüggésben, ezért a későbbi fejlesztéseknél ezt a tényezőt kivettük a rendszerből.
   Az életkor és a lemezvastagság megfelelő korrelációban áll a méréses lemezvastagsági változóval. A kidolgozott összefüggés lehetővé tette, hogy az első munkaszakasz végén még egyáltalán nem vizsgált tartályok esetén is megfelelő becslést tudtunk adni a vastagsági értékekre.
   A szakértői rendszer véglegesített változata már nem statisztikai, hanem analitikus levezetésekkel határozza meg a nem ismert gyártási és aktuális vastagságokat.
   A statisztikai elemzési módszer ismertetőjét és a statisztikai elemzés utolsó előtti futtatásának eredményeit a *3. melléklet* tartalmazza.
   A vizsgálati program legújabb tapasztalatai és a validálási mérések eredményei alapján véglegesített szakértői adatbázist átadjuk a T. Megbízónak. Azt is vállaljuk, hogy a közösen végzett validálást követően esetleg még módosuló, új paraméterekkel és új mérési adatokkal a statisztikai elemzés legfrissebb változatát biztosítani fogjuk a T. Megrendelőnek.

5. Az adatgyűjtésnél szerzett tapasztalatok és a tartályállomány statisztikai elemzése alapján, kifejezetten a károsodásanalízis szempontjaira építve kidolgoztuk a tartályok „károsodási osztályozási rendszerét”. A véglegesített változat részletes ismertetését a *4. melléklet* tartalmazza.

A szakértői tartályadatbázis (első változatának) elkészítése és a hozzá illeszkedő értékelési rendszer képezte az 1. munkaszakasz végső eredményét. Ennek segítségével pontosítottuk az anyagvizsgálati és az anyagmodellezési program szempontrendszerét, bemenő adatait és folytattuk az innovációs programot következő munkaszakaszok feladatainak elvégzésével.

4. A 2. munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. Állapotfelmérés. A tartályok műszaki állapotának és károsodási folyamatainak meghatározására

A kismintás károsodásanalízis reprezentativitási szabályai, valamint a közös szakmai megfontolások szerinti vizsgálati programot hajtottunk végre, értékelendő a leglényegesebb állapotrontó folyamatok – a mechanikai károsodások (üzemi igénybevétel okozta leromlási folyamatok és külső sérülés), valamint a külső és belső korrózió – hatását. A vizsgálatba az eredetileg tervezett 1-3 db tartály helyett 6 db tartályt vontunk be; adataikat és az egyes tartályokon elvégzett vizsgálatokat az *5. melléklet* tartalmazza. A kismintás károsodásanalízis keretében elvégzett vizsgálatok eredményeit az alábbiakban összegezzük.

4.1. A gáztartályok alapanyagának meghatározása és értékelése

Az összes megismert adat alapján a gáztartályok – az 1990-es évek elején alkalmazott német szabvány jelölésével – az St52-3N típusú alapanyagból készültek. A kismintás károsodásanalízis részeként elvégzett anyagelemzés minden esetben igazolta ezeket a gyártói adatokat. Az általunk elvégzett anyagelemzési eredményeket a *6. melléklet* tartalmazza.

Az edénygépkönyvi és a méréssel meghatározott kémiai összetételi adatok alapján megállapítható, hogy az St52-3N típusú acélok – a jelenleg érvényes MSZ EN 10025-2:2005 szabvány szerinti jelük: S355J2G3 – minden esetben kielégítik az összetételi követelményeket. Meg kell jegyezni, hogy a gyártás időpontjában több elemre nem a jelenleg érvényes összetételi korlát volt szabványosítva, azonban ennek ellenére az anyagok kielégítik a jelenlegi előírásokat.

4.2. A gáztartály-alapanyagok metallográfiai vizsgálata

A metallográfiai vizsgálatokat a roncsolásmentes vizsgálatok elvégzése után szétvágott tartályok köpenyéből és fenekéből kimunkált próbatesteken végeztük el. A mikroszerkezeti vizsgálatokhoz a mintákat hőre keményedő műgyantába ágyazva csiszoltuk, políroztuk, majd Nital-2 marószerrel marattuk.

A tartályok alapanyagairól készített metallográfiai képeken (7/1 – 7/8. ábra) a felhasznált acélra jellemző, soros, ferrit-perlites szövetszerkezet látható. A szemcseméret jellemzően az MSZ EN ISO 643:2003 szabvány szerinti 8-as és 9-es fokozatnak felel meg.

A vizsgálat az anyagok szövetszerkezetét és zárványosságát illetően semmilyen, a maradék élettartamot érintő, károsodási folyamatként értékelhető jelenséget nem tárt fel. A felülethez közeli zónák korróziójára is információt szolgáltatott a vizsgálat. A külső felületen, az alapozófesték alatt esetenként jelen van egy vékony reveréteg, amely meleghengerlési reve (esetleg „rozsdaátalakító” vegyszer terméke). A hengerlési reve jelenléte arra utal, hogy a gyártáskor a lemezek szemcseszórása elmaradt. A belső felületen egyenletes korrózió zajlik, helyenként kisebb bemaródással. A metallográfiai vizsgálat eredményeit részletesen a *7. melléklet* tartalmazza.

4.3. A hegesztett kötések metallográfiai vizsgálata

A hegesztett kötések állapotát 4 db szétvágott tartály hosszvarratain, körvarratain és szerelvényrögzítő varratain ellenőriztük makroszkópiai vizsgálattal és fémmikroszkópos metallográfiai vizsgálattal. A vizsgálat a varratkörnyezet geometriai jellemzőinek (pl. gyökátolvadás, geometriai varrathibák) és korróziós állapotának ellenőrzésére irányult. Mindkét szempont alapján a hegesztési varratokról megállapítható, hogy állapotuk semmilyen lényeges eltérést nem mutat az alapanyagokhoz képest.

A tompavarratok (8/1. ábra) szövetszerkezete rendben lévő. A körvarratoknál alkalmazott átlapolt kötések (8/2, 8/7 és 8/8. ábra) szövetszerkezeti állapota megfelelő. A fenékszoknya görgőzéssel behúzott nyakrésze és a köpenylemez közötti résben helyspecifikus korróziós fogyás nem észlelhető (8/5, 8/11 és 8/17. ábra). A tartálylábak hegesztett kötéseinek metallográfiai vizsgálata szerint (8/8.a, 8/3.b. ábra) mutatkozó, nem megfelelő beolvadási mélységű varratok a nem teljesen szakszerű kivitelezésre utalnak, de az ilyen típusú varratok nem jelentenek az intézkedési küszöböt meghaladó kockázatot a tartályok üzembiztonságára. A 8/8.b ábrán egy leeresztőcsonk varrata látható: a hegesztési varrat ez esetben is kívánnivalót hagy maga után, és figyelmeztet arra, hogy az időszakos vizsgálatoknál fontos a csonkok varratainak ellenőrzése. Ugyancsak lényeges ez a tapasztalat a kockázati hatásokhoz tartozóan a gyártók minősítésénél.

A hegesztett kötések vizsgálata során olyan szövetszerkezeti jelenséget nem észleltünk, amely a tartályok maradék élettartama szempontjából egyedi kockázati elemként lenne kezelendő. A vizsgálatok sorában ellenőriztük a behegesztett szerelvények varratának korróziós állapotát is. Gyártási eredetű varrathibák közül többfélét is feltártunk a metallográfiai vizsgálatok során, ezeket a roncsolásmentes vizsgálatoknál ismertetésekor példákkal szemléltettük. Sem a hosszvarratok, sem a körvarratok varratanyaga és hőhatásövezete nem mutat jelentősen eltérő korróziós fogyást, mint az alapanyag, a csonkok belső körvarratai azonban erősebben korrodálódtak.

A hegesztési varratok metallográfiai vizsgálatának eredményeit a *8. melléklet* tartalmazza.

4.4. A korróziós károsodások optikai és elektronmikroszkópos vizsgálata

A tartályok külső felületét festékréteg védi, amely egyes tartályoknál kétrétegű. A festékréteg általában jól tapad a meleghengerlési revére.

A tartályok belső korrózióját egyenletes, összességében csekély mértékű. Egyes helyeken kisméretű, néhány tíz mikrométer mélységű bemaródások alakultak ki, ami jellemző az ötvözetlen acélok lassú nedveskorróziós károsodására. A tartályok palástlemezein megfigyeltük, hogy a felső részen – ahol soha nincs folyadék fázis, csak a vizes nyomáspróba idején – és a tartály alján – amely viszont mindig a cseppfolyós gázzal és az abban szennyezőként előforduló vízzel érintkezik – gyakran eltérő a korróziós károsodás jellege és mértéke; ezt a kérdéskört ugyancsak tárgyaljuk az ultrahangos vizsgálatok ismertetésénél. A felületek korróziós állapotának vizsgálati eredményeit részletesen a *9. melléklet* tartalmazza.

A nagyszámú helyszíni ultrahangos vizsgálat alkalmával jelentős áttekintést szereztünk a külső és belső korróziós viszonyokat illetően; ezeket a tapasztalatainkat hasznosítottuk a *18. mellékletben* bemutatott új vizsgálati eljárás kidolgozásánál. A külsőkorróziós károsodások reprezentatív mintára vonatkozó áttekintését a *20. melléklet* ismerteti.

4.5. A korrózióstermékek és a korróziós ágensek elemzése EDS-mikroanalízissel

Pásztázó elektronmikroszkópban EDS-analízissel megvizsgáltuk a külső és a belső felületen képződött korrózióstermékeket. A korrózióstermékek morfológiája kissé eltér, de alkotóelemei lényegében azonosak: vas, oxigén, mangán, szilícium. A kén nyilvánvalóan a gázhoz adalékolt merkaptánból ered. A korrózióstermékek energiadiszperzív röntgenanalízisének (EDS) eredményeit részletesen a *10. melléklet* tartalmazza.

4.6. A korróziótermékek meghatározása röntgendiffrakciós fázisanalízissel

Röntgendiffrakciós fázisanalízissel (XRD) meghatároztuk (MTA Kémiai Kutatóközpont) a tartályokból vett korróziótermékek fázisait. A revében mintegy 20-30%-ot tesz ki a magnetit, 30-50%-ot a gőtit és ennek kb. a felét a lepidokrokit. Lényeges, hogy csak a magnetiten kívül csak a vas vizes korróziójában keletkező termékeket lehetett kimutatni, kéntartalmú korróziótermék (pl. szulfit, szulfát) nincs, tehát a korrózió fő kiváltó tényezője a víz. A magnetit azonosítása megerősíti azt az észrevételünket, amelyet a meleghengerlési reve jelenlétéről mondtunk a 4.2. szakaszban. A korróziótermékek röntgendiffrakciós (XRD-) analízisének eredményeit részletesen ugyancsak a *10. melléklet* tartalmazza.

4.7. Mechanikai vizsgálatok a gáztartályok alapanyagain és hegesztési varratain

Az elvégzett mechanikai vizsgálatokkal a tartályok anyagának szilárdsági, képlékenységi és szívóssági jellemzőit ellenőriztük, különösen lényegesnek tekintve az alakváltozó képességre és a ridegtöréssel szembeni ellenállásra. A hajlítóvizsgálatot pl. az előírásnál szigorúbban, 180°-ig végeztük, és a Charpy-féle ütővizsgálatot is a tartály legveszélyesebb terhelésének megfelelő feltételekhez illesztettük. A helyszíni keménységmérés alkalmazása lehetséges az állapotellenőrzésben, de ezt a mérést nem tartjuk indokoltnak a rendszeres felülvizsgálatban. A mechanikai vizsgálatok eredményeit részletesen a *11. melléklet* tartalmazza.

4.8. Radiográfiai vizsgálat a tartály kritikus szerkezeti elemein

A PÉBÉ-COOP által rendelkezésre bocsátott 6 db tartályon végeztünk radiográfiai vizsgálatot, amely egy tartálynál a hegesztési varratok 100%-át, a többinél pedig 25%-át érintette. Mivel az edénygépkönyvek nem tartalmaznak gyártási dokumentumokat, nincs lehetőség összehasonlítani az új és a régi eredményeket. A varratokban előfordulnak a mai előírások szerint „nem elfogadható” hibák is: ezek egyikét metallográfiai vizsgálattal feltártuk (12. melléklet). Kísérletet tettünk arra, hogy a tartályok hegesztési varratait gázzal töltött állapotukban is vizsgáljuk, de az eredmény azt mutatja, hogy sem cseppfolyós gázzal töltve, sem üresen, „két falon át” nem lehet értékelhető eredményt kapni.

Kijelenthető, hogy több tartály hegesztési varrataiban is előfordulhatnak a gyártási minősítéskor nem észlelt, „nem elfogadható” hibák. Azt, hogy ezek az üzembiztonságot mennyire veszélyeztetik, csak törésmechanikai értékeléssel és végeselemes számításokkal lehet megítélni; ezek elvégezhetők az innovációs program folytatása esetén. A radiográfiai vizsgálatok eredményeit a *12. melléklet* tartalmazza.

4.9. Ultrahangos vizsgálatok

Az ultrahangos hibakereső vizsgálatokat, valamint a pontszerű és pásztázó vastagságméréseket a következő tartálycsoportokon végeztünk:

- a szétvágásra kiválasztott tartályok a PÉBÉ-COOP telephelyén (4 db),
- a felszakítási vizsgálatra kiválasztott tartály (2 db),
- a szétvágott tartályok mintadarabjai,
- helyszíni vizsgálatok fogyasztóknál üzemelő tartályokon.

A megfelelő ultrahangos módszerek hatékonyak a varrathibák keresésére, illetve a falvastagság mérésére. A többszörös visszhang elvén működő készülékek képesek a bevonathatás kiküszöbölésére, ami meghatározó szerepet játszik a pontos mérésekben, mivel a bevonat vastagsága széles tartományban mozog: 50 – 450 mikrométer. Kettős visszhang alapú műszer hiányában örvényáramos rétegvastagság-mérő berendezés használata szükséges.

Az ultrahangos mérések eredményei és tapasztalatai alapján néhány lényeges következtetés levonható:

a) A palást és a fenék anyaga a belső korróziós fogyás tekintetében nem különbözik egymástól.

b) Esetenként a palást–fenék körvarratnál, közvetlenül a varrat mellett 2-4 tized mm-rel kisebb értékek mérhetők a palástón: ennek nem korróziós fogyás az oka, hanem gyártási műveletek következményeképpen elvékonyodott anyag (lásd pl. a 8/2.a. ábrát).

c) A szétdarabolt mintákon is és az üzemelő tartályokon végzett mérések egyaránt arra mutatnak, hogy a tartályok felső és alsó része között a falvastagság jellemzően mintegy 0,1-0,2 mm-rel eltér, és gyakori, hogy a felső részen mérhető kisebb érték.

Az ultrahangos vizsgálatok eredményeinek ellenőrzési módszerét részletesen ismerteti a *13. melléklet*.

4.10. Mágnesezhető poros vizsgálat a tartály kritikus szerkezeti elemein

A PÉBÉ-COOP telephelyén végzett mérések szerint ez az eljárás a működő tartályok helyszíni vizsgálatánál indokolatlan.

4.11. Akusztikus emissziós vizsgálat folyadékkal és vegyes töltettel

A négyszondás akusztikus emissziós vizsgálatokat csak vízzel töltött tartályokon végeztük el. Ezek a körülmények lényegesen növelik az eljárás érzékenységét a mai gyakorlatban földgázzal feltöltött tartályokon végzett kétszondás mérésekhez képest. Az akusztikus emissziós méréseket egyszeri nyomásfelfutással és ciklikusan növekedő nyomásfelfutással egyaránt elvégeztük, és hibajelzést *egyetlen alkalommal sem kaptunk*. Sem a 1. melléklet 12/4.c ábráján látható hiba, sem a mesterségesen bevitt nagy és mély hibák esetében, beleértve a felszakítási vizsgálatra előkészített tartályt is. Ennek az érzéketlenségnek nyilvánvalóan az az oka, hogy a meglévő hibák mentén az anyagban nem rideg jellegű, hasadásos, ezért nagy aktivitású akusztikus jeleket adó repedésterjedés, hanem rugalmas és esetleg képlékeny alakváltozás megy végbe.

Az akusztikus emissziós vizsgálatnak az itt tapasztalt érzéketlensége felveti a jelenlegi vizsgálati eljárások felülvizsgálatának kérdését. Álláspontunk szerint a földgázzal végzett AE-vizsgálat szilárdsági ellenőrzésre szükségtelen, egyedül a tömörségvizsgálat lehet hasznos. A hidraulikus nyomáspróba szilárdsági ellenőrzésre ugyancsak érzéketlen, ugyanakkor elkerülhetetlenül beviszi a tartályba a vizet, amely pedig a belső korrózió felgyorsulását okozza. Az akusztikus emissziós vizsgálatok eredményeit részletesen a *14. melléklet* ismerteti.

4.12. Fárasztóvizsgálat a töltés-ürítés okozta terhelés hatásának elemzésére

A pébégáztartályok üzemelése közben ciklikus töltésnek és lassú, szakaszos ürítésnek vannak kitéve. Eközben változik a belső nyomás, aminek hatására a tartály szerkezetében és anyagában változnak a mechanikai feszültségek is. Ennek az ismétlődő igénybevételnek egy modellkísérleteként, az akusztikus emissziós vizsgálat keretében ismétlődő nyomásfelfutási programot hajtottunk végre állandó amplitúdóval is és fokozatosan növekvő nyomásértékekkel is. A részletes terhelési paramétereket a *14. mellékletben* ismertettük.

A kísérlet értékeléseként megállapítottuk, hogy a vizes nyomáspróbához kapcsolt akusztikus emissziós vizsgálatok semmilyen hibajelet nem adtak.

Meg kell jegyezni, hogy a tartályok anyagának mechanikai tulajdonságai, a méretezési módszerek és az üzemi viszonyok között biztonsági szeleppel korlátozott belső nyomás közötti összefüggések alapján gyakorlatilag kizárható, hogy a tartályok anyaga mechanikai kifáradással károsodjon.

4.13. Felszakítási vizsgálat

Egy 5 m^3-es tartály (58758) és egy 3 m^3-es tartály (954501) felszakítási vizsgálatával pontos és nagy gyakorlati jelentőségű tapasztalatokat szereztünk a legveszélyesebb fajtájú, mesterségesen kialakított hibát tartalmazó tartály nyomásfelfutás közbeni viselkedéséről. A 954501-es tartály esetében is kísérletet tettünk a felszakításra, azonban e tartály felszakítási kísérlete nem járt sikerrel (a bemunkált hiba ellenére nem szakadt fel). A felszakítási kísérlet közben folyamatos diagnosztizálás zajlott a tartályon, és csak a felszakadást megelőző legutolsó pillanatokban keletkezett jól értékelhető akusztikus zaj.

Ezek a tapasztalatok jelentősen érintik az akusztikus emissziós vizsgálat értékelését, továbbá javítják a végeselemes modellezéssel nyert eredmények pontosságát. A felszakítási vizsgálat eredményeit részletesen a *15. melléklet* tartalmazza.

4.14. Termovíziós vizsgálat

A termovíziós (hőkamerás) vizsgálat célja annak ellenőrzése volt, hogy az eljárás alkalmas-e az acélszerkezet belső hibáinak észlelésére. A feltételezésünk szerint a tartály a gyors töltés / ürítés közben hőmérséklet-változást mutat, és ha ennek észlelhető hatása lenne, az elősegítené ezek meghatározását. A termovíziós vizsgálat elvégzése azt igazolta, hogy akár jelentős szerepet is játszhat a gáztartályok üzemeltetése során. A vizsgálati eljárás alkalmazási lehetőségeit illetően további kísérleteket javaslunk egyeztetni és elvégezni, mivel a kísérletek során alkalmazott 60 °C-os víz túl ideális feltételeket teremtett. A hőkamerás vizsgálat eredményeit részletesen a *16. melléklet* tartalmazza.

4.15. Fárasztóvizsgálat a teljes tartályon

A vizsgálati program előrehaladásával szerzett tapasztalatok alapján ezt a vizsgálatot töröltük a programból, ugyanis 6 db olyan tartályt tudtunk megvizsgálni. Ezek mechanikai vizsgálati eredményei, a végeselemes modellezés eredményei, valamint a tartályok üzemeltetési határállapotainak értékelése gyakorlatilag kizárttá tették a teljes szerkezeti kifáradás lényeges kockázati elemként való figyelembe vételét. Az eddigi üzemeltetői gyakorlatban az évente ötvenszer való töltés is csak mint nem kizárható maximum vetődött fel; a jellemző töltésszám inkább a < 10 / év tartományba esik.

4.16. Károsodási osztályozás: a károsodási osztályok meghatározása

A teljes elemzett tartályállományra, annak minden egyes tagjára a szakértői adatbázis meghatározza a KÁR károsodási számot (nagyobb KÁR nagyobb károsodást, veszélyeztetettséget jelent). Az 1426 db tartályt ennek alapján sorba lehet rendezni, és az így kapott sorszám adja minden tartálynak az ún. KÁRSOR károsodási sorszámát. A KÁROSZT károsodási osztályok számát négyben határoztuk meg (kisebb szám a kedvezőbb) a *4. mellékletben* ismertetett megfontolások alapján. A KÁROSZT károsodási osztályokba való besorolás alapját a 4. melléklet 4/2. ábrája adja. Az alábbi táblázatban összefoglaljuk azokat a paramétereket, amelyek a károsodási osztályokba sorolásnál a KÁR károsodási szám határértékeit és az egyes károsodási osztályokba tartozó tartályok mennyiségét jelzik (a táblázat az adatbázis 1426 elemmel feltöltött állapotára vonatkozik).

Károsodási osztályok (KÁROSZT) megállapítása					
A károsodási szám (KÁR) értékek jellegzetes tartományai szerint					
$KÁR_{MAX}$	59	61	64	Felülről nem korlátos	
$KÁR_{min}$	Alulról nem korlátos	59	61	64	
KÁROSZT =	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**Összesen**
Tartályok száma	**162**	**773**	**476**	**15**	**1426**

5. A harmadik munkaszakasz eredményeinek összefoglalása. A tartályok állapotfelmérési módszerének kidolgozása. A maradék élettartam meghatározási módszerének kidolgozása

Ebben a munkaszakaszban olyan roncsolásmentes vizsgálati eljárást kidolgozása volt a cél, amely az állapotromlási folyamatok ellenőrzésére egyaránt mellőzi a vizes nyomáspróbát és a gáztöltetes akusztikus emissziós vizsgálatot. A szóban forgó vizsgálati eljárások a jelenleg általánosan alkalmazott gyakorlat részét képezik, de a vizsgálati tapasztalatok arra mutatnak, hogy nagyon indokolt ezek alkalmazásának kritikai elemzése. Az új vizsgálati eljárás alapját képező kísérleteket „preparált", tudatosan bevitt hibákat tartalmazó lemezeken és teljes tartályokon lefolytatott vizsgálatok keretében végeztük el. Ugyancsak e munkaszakasz feladata volt a tartályok terheléseinek végeselemes modellezése.

5.1. Végeselemes feszültséganalízis a tartály kritikus szerkezeti egységein

A végeselemes modellezésnek lényeges szerepet szántunk, mivel olyan terhelési és károsodási feltételek elemzését teszi lehetővé, amelyet a fizikai szimulációval (nyomáspróbák sorozata, hibák bevitele, felszakítási kísérletek stb.) többnyire nem, vagy csak nagyon körülményesen lehetne elvégezni. A tanszék alvállalkozójaként a CAQA Kft. által végzett modellezés keretében egy teljes tartály végeselemes modelljét létrehoztuk, és ezen minden olyan terhelési feltételt szimuláltunk, amely az üzemi viszonyok közepette előadódhat. A végeselemes modellezés feltételeinek részletes leírását és eredményeit a *17. melléklet* tartalmazza.

5.2. A tartályok állapotának meghatározására szolgáló módszer

Lényegesnek tartottuk pontosan áttekinteni a jogszabályokba, szabályzatokba foglalt jelenlegi vizsgálati feltételrendszernek azokat az elemeit, amelyek meghatározzák a pébégáztartályokra vonatkozó időszakos és rendkívüli ellenőrzések feltételeit. A *18. melléklet* 1. szakasza ezek vonatkozó pontjait tekinti át:

- 23/2006 Kormányrendelet
- Nyomástartó Berendezések Műszaki-biztonsági Szabályzata
- 273/2009. (XII. 3.) Kormányrendelet.

Ezeket a jogszabályi feltételeket is figyelembe vételével dolgoztunk ki egy olyan új vizsgálati eljárást, amely a szakértői rendszer részeként, a károsodási osztályozási rendszerrel és annak maradékélettartam-becslési moduljával együttesen alkalmazva a jelenleg előírt vizsgálati módszereknél megbízhatóbb eredményt képes adni a pébégáztartályok állapotára, a további üzemeltetéssel kapcsolatos kérdésekre.

Az új vizsgálati eljárás alapját ultrahangos falvastagságmérés képezi, amelyet a tartálynak a belsőkorróziós és a külsőkorróziós károsodások szempontjából kitüntetett zónáira kell koncentrálni. Másféle vizsgálati adatra nincs szükség. A szakértői rendszer használatával végzett időszakos ellenőrzésekhez nem szükséges tehát sem a földgáz vagy saját közegű nyomáspróba, sem pedig a hidraulikus nyomáspróba. Az új eljárás részletes feltételeit, végrehajtásának és a szakértői rendszerrel való összehangolásának javasolt módját a *18. melléklet* 2. szakaszában foglaltuk össze.

5.3. A maradék élettartam meghatározási módszerének kidolgozása

A maradék élettartam meghatározási módszert a *4. mellékletben* ugyan ismertettük, de jelentősége miatt külön, kiemelve is áttekintjük. A közösen végrehajtott innovációs programban érintett tartályállományra vonatkozó eredményeket a károsodási osztályozási rendszer többi elemével való kapcsolatában külön is elemezzük a *19. mellékletben*.

6. Összegzés és javaslatok

A kutató-fejlesztő munka célkitűzéseinek megfelelően a PÉBÉ-COOP Kft.-vel és a velünk együttműködő ÁEF Laboratórium Kft.-vel közösen elvégeztük a pébégáztartályok állapotfelmérésével és maradék élettartamának meghatározásával összefüggő feladatokat, amelyek leglényegesebb következtetéseit az alábbiakban foglaljuk össze.

1. A pébégáztartályok állapotát meghatározó tényezők károsodásanalitikai, végeselemes és matematikai statisztikai elemzésével meghatároztuk a további üzemeltetésre érdemleges hatással lévő lényeges kockázati hatásokat. Erre alapozva kidolgoztunk a pébégáztartályok **károsodási osztályozási rendszerét**. Ez egy olyan szakértői rendszer, amely alkalmas a károsodási, másként veszélyeztettségi szint és a maradék élettartam becslésére. A szóban forgó szakértői rendszer a *cseppfolyós propán vagy bután gázt és ezek elegyeit tartalmazó, föld feletti üzemű, acél nyomástartó edényekre*[*] vonatkozik. A szakértői rendszer a jelen formájában egy önálló elektronikus adatbázisként működik, és feltöltöttsége alapján 1426 pébégáztartály adatait kezeli. Ez az állományi létszám tetszőlegesen bővíthető: kiterjeszthető úgy a jövőben gyártott, mint a jelenleg is üzemelő vagy/és felújításra váró tartályokra. Javasoljuk a T. Megbízónak, hogy ezt az adatbázist és a saját adatbázisait hozza közös platformra, és illessze be a pébégáztartályok időszakos ellenőrzéseinek rendszerébe.
2. Átfogó adatgyűjtést, értékelést és állapotfelmérést végeztünk a föld felett üzemelő tartályok 1426 elemű csoportján a tartályok állapotának és károsodási mechanizmusainak általános jellemzésére. Megállapítottuk, hogy a meghatározó károsodási folyamatok a következők: a belső korrózió, a külső korrózió és a falvastagságcsökkenéssel járó külső mechanikai sérülés.
   Egyéb mechanikai leromlási folyamat – pl. kifáradás, elridegedés, öregedés stb. – érdemlegesen nem károsítja a tartályokat.
3. A károsodási osztályozási rendszer részeként kidolgoztunk egy módszert a maradék élettartam becslésére. A becslés alapját a tartályok kritikus helyein mért lemezvastagsági adatok és a korróziós károsodási folyamat sebességének a mérési adatokon alapuló számítása képezi. Az élettartambecslés a kockázatminimalizálás érdekében konzervatív: gyártási és mérési adatok hiányában a szilárdsági számítások szerint meghatározott falvastagságnak a korróziós (1,0 mm) és gyártástechnológiai (0,5 mm) pótlékkal megnövelt értékét tekinti eredeti falvastagságnak (általában: 5,98 mm).
4. A pébégáztartályok időszakos és rendkívüli ellenőrzésére jelenleg alkalmazott felülvizsgálati módszereket értékelve az alábbi következtetésekre jutottunk:
   a. A ma általánosan elterjedt hidraulikus (víz közeggel végzett) nyomáspróba nem szolgáltat semmilyen érdemleges információt a tartályok jelentős mechanikai károsodása esetén sem. Tapasztalataink szerint a hidraulikus nyomáspróba során a tartályokba bevitt víz teljesen semmiképpen nem távolítható el maradéktalanul, még a szárítás ellenére sem. Emiatt a víz belső korrózió meghatározó korróziós ágense lesz az egyébként nem korrozív hatású gázban. A hidraulikus nyomáspróba ennek folytán a belsőkorróziós folyamat előidézőjévé és gyorsítójává válik.
   b. *A 6.4.a) szakaszban mondottak miatt a hidraulikus nyomáspróbát súlyos tartálykárosító hatású eseménynek kell tekinteni. Következésképpen a hidraulikus nyomáspróbának a beszüntetését javasoljuk.*

[*] A szakvélemény egészében és a mellékletekben az itt dőlt betűkkel kiemelt értelmezési kört rövidített formában szerepeltetjük „pébégáztartály”, „gáztartály”, „tartály”, pébétartály” néven.

c. A hidraulikus nyomáspróba mellőzésére a jogszabályi lehetőség eddig is adott volt: a 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelményeket tartalmazó „Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata" című dokumentum (2007. február 27.) V. rész 3.3.1. szakasza ugyanis kimondja, hogy „az ellenőrzés keretében végzett nyomáspróba alkalmas roncsolásmentes vizsgálattal helyettesíthető, ha a nyomáspróba /…/ az üzemmód miatt nem célszerű".
A jogszabályi változások további, új lehetőséget teremtettek a hidraulikus nyomáspróba mellőzésére, ugyanis a 273/2009. (2009. XII. 3.) Korm. rendelet 13. §-a kimondja: „… *A 10,0 m^3-nél kisebb űrtartalmú légtartályok, valamint a cseppfolyós propán-bután gázok és elegyeik tartályai esetében a belső szerkezeti vizsgálat és szilárdsági nyomáspróba helyettesíthető megbontás nélküli, egyéb vizsgálati módszerekkel is.*"

d. A saját közeggel vagy földgáz közeggel végzett akusztikus emissziós vizsgálatot, nyomáspróbát értékelve hangsúlyozzuk azt a tapasztalatunkat, hogy az akusztikus emissziós vizsgálat érzéketlennek bizonyult a durva hibák érzékelésére is. Ugyanakkor – szemben a hidraulikus nyomáspróbával – nem visz be a tartályba súlyosan károsító hatású vizet. Emiatt a földgázzal végzett akusztikus emissziós vizsgálatot szilárdsági ellenőrzésre eredménytelennek és szükségtelennek tartjuk, egyedül a tömörségvizsgálati jellege lehet hasznos a szerelvények vonatkozásában.

5. A pébégáztartályok felülvizsgálata és állapotértékelése keretében, *az időszakos ellenőrzések* megbízhatóságának növelésére kidolgoztunk egy tartálydiagnosztikai és állapotértékelési feladatra jól alkalmazható *új eljárást*:

a. Az új eljárás meghatározza az egyes tartályok vagy azok csoportjai károsodási, veszélyeztetettségi szintjét. Ennek alapján felállítja az időszakos ellenőrzésre javasolt tartályok „sürgősségi" sorrendjét. Emellett megadja az egyes tartályok becsült maradék élettartamát.

b. Az új eljárás a hagyományos szemrevételezés mellett ultrahangos falvastagságmérést ír elő a tartály kritikus pontjain. Az ultrahangos vizsgálat eredményei bekerülnek a károsodási osztályozási rendszerbe, és ez alapján pontosabbá válik a maradékélettartam-becslés az adott tartályokra és a teljes statisztikai mintára egyaránt.

c. Az új eljárásról elmondható, hogy a szakértői rendszerrel együtt alkalmazva megbízható becslést ad a nyomástartó edények károsodottságának, veszélyeztetettségének mértékére és maradék élettartamára, szemben a jelenleg alkalmazott vizsgálati eljárásokkal. A jelenleg alkalmazott (a 6.4. szakaszban tárgyalt) eljárásokról mindkét vonatkozásban – a károsodás / veszélyeztetettség mértéke és a maradék élettartam – meg kell állapítani, hogy semmilyen előrejelzést nem adnak a vizsgált pébégáztartályok károsodásának mértékéről és maradék élettartamáról, csak a további üzemben tartás lehetőségének kérdésére adnak igenlő vagy nemleges választ.
Az új eljárást ezért szakmailag megalapozottabbnak tartjuk az eddigieknél, amely feltétlenül megalapozottabb, megbízhatóbb eredményt ad az eddigiekben alkalmazott eljárásoknál.
Következésképpen az új eljárás alkalmazható a tartályok időszakos ellenőrzésének minden változatánál, és alkalmas az üzemelő tartályok estében a szilárdsági nyomáspróbák és a belső szerkezeti vizsgálat helyettesítésére.

d. Az új eljárást veszélytelennek, tartálykárosító hatásoktól mentesnek és főleg megbízhatóbbnak tartjuk az eddig alkalmazottaknál, tekintettel az eddigi vizsgálati módszerekről a 6.4. szakaszban megfogalmazottakra.

6. A maradék élettartam becslésére kidolgozott szakértői rendszer mérési adatokkal való folyamatos feltöltését, illetve az újabb szakmai tapasztalatok alapján való folyamatos fejlesztését célszerűnek tartjuk. Az előző pontban említett mérések eredményei folyamatosan beépülve a károsodási osztályozási rendszerbe annak osztályozási és becslési pontosságát is növelik. Az ezzel kapcsolatos feladatok végrehajtásában készen állunk a PÉBÉ-COOP Kft.-vel való hosszú távú együttműködésre.

Dr. Dévényi László
tanszékvezető egyetemi docens

Dr. Dobránszky János
tudományos főmunkatárs

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Tanszékvezető: Dr. Dévényi László Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366
Alapítva: 1889

Iktatószám: 288.376-3/2009 Ügyintéző: Dobránszky János 2009. december 22.

Hajdú István, ügyvezető igazgató úr és
Bertli Zoltán, műszaki igazgató úr részére

PÉBÉ-COOP Kft.

4200 Hajdúszoboszló, Ady Endre utca 87.

Telefon és telefax: +36 (52) 360-723, 273-213

MEGFELELŐSÉGI NYILATKOZAT

A 2009. május 15-i kutatási szerződésben foglaltaknak megfelelően befejeztük azt az a PÉBÉ-COOP Kft.-vel és a velünk együttműködő ÁEF Laboratórium Kft.-vel közös innovációs programot, amely a cseppfolyós propán vagy bután gázt és ezek elegyeit tartalmazó, föld feletti üzemű, acél nyomástartó edények (röviden: pébégáztartályok) állapotfelmérésére és a maradék élettartamuk becslésére alkalmas új módszer kifejlesztését irányozta elő. Az eredményeket kutatási jelentésben foglaltuk össze. A kutatási jelentés összefoglalójában javaslatot tettünk a kifejlesztett *szakértői rendszer* és a hozzá illeszkedő *új vizsgálati eljárás* bevezetésére. Külön is kiemeltük az új eljárás eredményességét a maradék élettartam kvantitatív becslésére, valamint megalapozottságát, műszaki megfelelőségét és alkalmasságát arra, hogy a jelenlegi gyakorlatban, széles körben alkalmazott szilárdsági nyomáspróbát és belső szerkezeti vizsgálatot az új eljárással helyettesítse.

Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a pébégáztartályok időszakos ellenőrzési rendszerében a hidraulikus nyomáspróbát károsnak tartjuk, következésképpen annak mellőzését javasoljuk. A saját közeggel vagy földgáz közeggel végzett akusztikus emissziós vizsgálatot érzéketlennek tartjuk az üzemelő tartályok szerkezeti hibáinak kimutatására, hasznosságát csak tömörségvizsgálati szempontból látjuk fennállónak.

A közösen a kifejlesztett műszaki szakértői rendszert és a hozzá kapcsolódó új vizsgálati eljárást eredményesnek, megalapozottnak, alkalmasnak és a jelenlegi előírásokban szereplő szilárdsági és belső szerkezeti vizsgálatoknál megbízhatóbb módszernek tartjuk a pébégáztartályok időszakos ellenőrzésére, károsodási mértékük és a maradék élettartamuk meghatározására.

Dr. Dévényi László
tanszékvezető egyetemi docens

Dr. Dobránszky János
tudományos főmunkatárs,
az innovációs program koordinátora

1. melléklet

A pébégáztartályok üzemeltetési dokumentumainak elemzése

A PÉBÉ-COOP által átadott összesítő táblázatok, minőségbiztosítási dokumentumok, valamint a tartályok üzemeltetői felülvizsgálatáról készült dokumentumok a tartályok üzemeltetésével és ellenőrzésével kapcsolatos minden eseményt rögzítenek, a kidolgozandó szakértői rendszernek megfelelő alapul szolgálnak. Minden átadott dokumentumot áttekintettünk, az azokban található műszaki megoldásokat és adatokat felhasználtuk a pébégáztartályok állapotértékelési szakértői rendszerének kidolgozásakor. Az elemzéseink során tapasztaltak alapján az egyes dokumentumokhoz az alábbiakban listázott észrevételeket fűzzük:

Összesítő Excel-adattáblázat (XLS fájl)

- Nincs megadva a gyártója: 24537, 24556, 62756, 971110 gyári számú tartályoknak. Természetesen a gyári számok rendszerének belső logikája alapján egyértelműen meghatározható volt a gyártó kiléte: 24537 és 24555 → FMF, 62756 → Thyssen, 971110 → Gönczi és Fia
- A listában 40 db tartályra nem volt megadva gyári szám. Ezeknek a tartályoknak van leltári számuk, és üzemelnek, ezért a túlnyomás-határoló szelep gyári számával kerültek be az adatbázisunkba.
- A listában 35 db tartályra nem volt megadva gyártási dátum; ezek gyártási évét a gyári szám alapján határoztuk meg.
- A teljes, a vevői adatokat is tartalmazó táblázat 64 oszlopban tartalmaz adatokat. Egyes oszlopok adatai célszerűtlen formában vannak megadva, pl. a vevő címe az irányítószámot, a helyiségnevet és az utcanevet is egybeömlesztve tartalmazza. Ezeket az adatbázis-fejlesztés során célszerű különválasztani.
- A dátumok formátuma nem felel meg az adatbázis funkciók működéséhez szükséges feltételeknek. Ezt az adatot is az adatbázis-fejlesztés során célszerű különválasztani.

„A nyomástartó edény általános adatai.doc”

- A „Geometriai jellemzők” angol megnevezéseként a „Feature” helyett a „Dimensions” kifejezést javasoljuk.

„Adattábla.doc”

- Az „Adattábla anyag: rozsdamentes” meghatározásnál pontosítani javasoljuk az anyagminőséget, pl. rozsdamentes acél, X5CrNi18-10

„Pébégáztároló tartály edénygépkönyv.doc”

- A „Geometriai jellemzők” angol megnevezéseként a „Feature” helyett a „Dimensions” kifejezést javasoljuk.
- A 4.1. szakaszban (Biztonsági értékelés) megadott korróziós hatások esetenként tévesen vannak meghatározva, ugyanis:
  i. kémiai korrózió (másként száraz korrózió) nem lép fel, ehhez ugyanis nagy hőmérséklet szükséges.
  ii. elektrokémiai korrózió (nedves korrózió) igenis fellép, mégpedig a teljes belső felületen és a külső felület védőbevonattal nem fedett felületein.
  iii. Feszültségi korrózió a hegesztési varratok és a lábak környezetében léphet fel, valószínűsége csekély.
  iv. Biolológiai (helyesen: mikrobás vagy mikrobiológiai) korrózió felléphet, főleg a föld alatti tartályoknál.
- A 4.2. szakaszban olvasható utasítást – „A mért adatok a méretezéskori számított falvastagságot mindig haladják meg, ellenkező esetben a tartályt javítani vagy selejtezni kell. A tervezett korróziós pótlék és a mért, a számított falvastagságon fölüli vastagság

aránya alapján határozható meg a következő vizsgálati ciklusidő” – javasoljuk a jelen kutatási jelentés következtetései szerint pontosítani, a 19. mellékletnek megfelelően.

- A 4.3. szakaszban meghatározott falvastagságmérési pontokra külön kitérünk a 18. mellékletben. Az ott javasolt módosításokat át kell vezetni a „TU-CE 3 A termék gyártása.doc” nevű dokumentumba is.
- A mérési hely azonosítására vonatkozóan a jelenleginél („a palástonaz „X” mm-ben mért hosszúsága és a szöghelyzet megadásával, pl. 1650,35 jelentése a dóm felőli végtől 1650 milliméterre 35°-os szögben”) egyértelműbb meghatározást tartunk szükségesnek. A mérési pontok megadása történhet felfestéssel, ami az egyetlen biztos módja a mérés ismételhetőségének. Ezt a kérdéskört is a 18. mellékletben tárgyaljuk.

„ULTRAHANGOS mérésl.doc” fájlok, pl. a 25460-as gyári számú, FMF- tartály

- A szóban forgó falvastagságmérési jegyzőkönyvekben is az előző pont szerint javasoljuk pontosítani a mérési helyek megadását.
- A 25460-as gyári számú tartály falvastagságmérési jegyzőkönyvében (dokumentumazonosító: UFM 25460) szereplő $s_{számított}$ és $s_{pótlékolt}$ értékek (1/1. ábra) nem egyeznek meg a 24183-as gyári számú, ugyancsak FMF által gyártott tartály tervezési dokumentációjában („5000 literes ürtartalmú 15,5 bar tervezési nyomású cseppfolyós gáztároló tartály, Rajzszám : PB – 05 – 00) található értékekkel, mely utóbbi: 4,56 mm.

	1	2	3	4
Szám vagy koordináta	2200,300	1/1; 1/2	2/1; 2/2	
Falvastagság	6,26	6,42; 6,96	6,52; 6,94	
Megjegyzés		Fenék; kis sugár	Fenék; kis sugár	

Értékelés: Palást: $s_{számított} = 4{,}84$ mm.; $s_{pótlékolt} = 5{,}84$ mm.
Fenék: $s_{számított} = 4{,}74$ mm.; $s_{pótlékolt} = 5{,}74$ mm.

Megjegyzés: A mért falvastagságok mindenütt nagyobb a pótlékoltnál. **Hivatkozás: Jóváhagyott 1250-00-P sz. terv**

1/1. ábra – A PÉBÉ-COOP „UFM 25460” dokumentumazonosító számú jegyzőkönyvének részlete (fájlnév: ULTRAHANGOS mérésl.doc; 2007. 06. 29 09:43)

Belső túlnyomással terhelt köpeny falvastagságának számítása az MSZ 13822/2 szerint

A köpeny külső átmérője: $D_k = 1250$ mm

Hosszvarrat szilárdsági tényezője: $v_h = 0{,}9$

Szükséges falvastagság pótlék:

- korrózió és erózió pótlék: $c_1 = 0{,}5$ mm
- félgyártmány negativ türését kiegyenlitő pótlék: $c_2 = 0{,}5$ mm
- gyártástechnológiai pótlék: $c_3 = 0$ mm

Falvastagságpótlék:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 1 \text{ mm}$$

Méretezési nyomás: $p = 1{,}56$ MPa

Szilárdságilag szükséges falvastagság:

$$s' = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot fm \cdot v_h + p} = \frac{1{,}56 \cdot 1250}{2 \cdot 236{,}6 \cdot 0{,}9 + 1{,}56} = 4{,}56 \text{ mm}$$

1/2. ábra – A 24183-as gyári számú tartály gyártási dokumentációjának részlete

– A jegyzőkönyvek „értékelés” szakaszában megadott $s_{számított}$ és $s_{pótlékolt}$ értékek tényleges értékei tekintetében olyan megoldás kidolgozását javasoljuk, amely feloldja a különféle előírások (pl. AD-Merkblatt B1, MSZ13822), a különféle tervezési nyomások, a különféle korróziós pótlékok és a különféle gyártók által meghatározott $s_{számított}$ és $s_{pótlékolt}$ értékek nagy számából adódó ellentmondást. Ezt a javaslatunkat a szakértői rendszer számítási és becslési moduljaiba beépítettük, és részletesen ismertetjük a 4. mellékletben.
Példaként a – kis túlzással kavalkádnak nevezhető – eltérésekre, az 1/1. táblázatban bemutatjuk néhány gépkönyv mellékleteiből az említett falvastagságokat:

Gyári szám	Gyártó	Hivatkozott szabvány	Nyomás	Falvast. pótlék	Korr. pótlék	$s_{szükséges}$ mm	$s_{tényleges}$ mm	$s_{szükséges}$ mm	$s_{tényleges}$ mm
						Fenék	Fenék	Köpeny	Köpeny
24183	FMF	AB Merkblatt B1*	15,6 bar	2 mm	–	4,05	–		
24183	FMF	AB Merkblatt B1*	19,5 bar	2 mm	–	3,00 **	–		
24183	FMF	MSZ 13822/2	15,6 bar	0,5 mm	0,5 mm			4,56	5,56
24183	FMF	MSZ 13822/4	15,6 bar	1 mm	0,5 mm	4,94	5,94***		
ÁEEF E-98/1/92		MSZ 13822/2	15,6 bar	–	1 mm			4,152	5,1
3046	Á4G	MSZ 13822/2	15,6 bar	–	1 mm			4,83	5,9
25436	FMF	MSZ 13822/2	14,5 bar	–	1 mm			4,24	5,24
25436	FMF	MSZ 13822/2	14,5 bar	–	1 mm	4,63	5,63		

* Az ÁEEF E-1371/1/94 dokumentumában tévesen „AB Merkblatt” szerepel a helyesen „AD-Merkblatt” megnevezés helyett.
** Az ÁEEF E-1371/1/94 dokumentumában helytelen számítással 3,00 mm van megadva, valójában ez az érték 4,57 mm.
*** A 0,5 mm korróziós pótlékot NEM adták hozzá a számítási képletben a szilárdságilag szükséges értékhez.

1/1. táblázat – A szilárdsági számítások és falvastagságpótlékok különféle változatai a gyártási dokumentációk alapján

„TU-CE 3 A termék gyártása.doc” fájl

– A 3.2.2. szakaszban (A tartály belső ellenőrzése) pontosítani és számszerűsíteni javasoljuk azt az utasítást, amely így szól: „A ténylegesen tapasztalt korrózió mértéke nem haladhatja meg azt, amit a méretezés során alapul vettek”.
Javasolt utasítás: „A korrózió következtében lecsökkent falvastagság nem lehet kevesebb, mint 4,50 mm”.

„nyomástartó edény külső szerkezeti vizsgálati adatlap 2009 (2).doc”
„NyE-KSzV-adatlap-2009.doc”
”NyE-KSzV-adatlap-2009_502613.doc”

– A „Kémiai korrózió-mentes”, a „Lyukkorrózió-mentes” és a „Foltkorrózió-mentes” rovatokat szabatosabb kifejezésekkel javasoljuk felváltani. A pontos megnevezéseket a vizsgálandó korróziófajta ismeretében lehet megadni, amelyekre a 20. mellékletben teszünk javaslatot példák segítségével.

„VESZÉLYELEMZÉS.doc”;
a nagy számú, ilyen nevű dokumentum mindegyikére érvényes megállapításként

– A korróziótípusok meghatározására vonatkozóan ugyanazok a javaslataink, mint amelyeket a „Pébégáztároló tartály edénygépkönyv.doc” esetében (a jelen 1. melléklet 1. oldalán) megfogalmaztunk.

2. melléklet

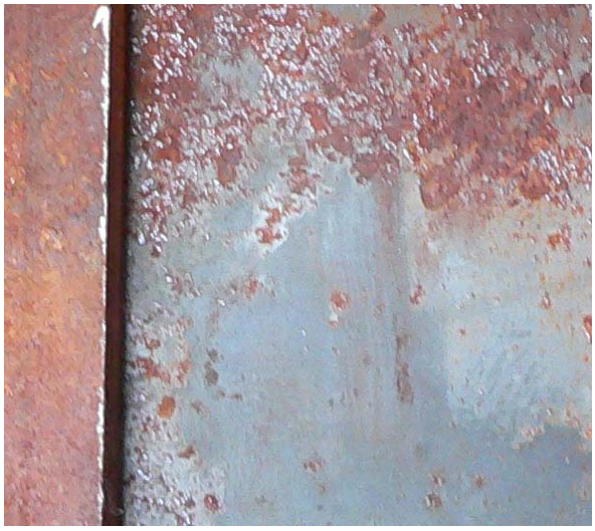
A pébégáztartályok gyártási dokumentumainak elemzése 3 m^3-es és 5 m^3-es, föld feletti tartályok gépkönyveinek értékelése

A tartályok gépkönyveit két szempontból értékeltük: milyen adathoz lehet jutni a gyártási falvastagságra és a korróziós pótlékra vonatkozóan. A lemezvastagság tekintetében a gépkönyvek a következő adattípusok valamelyikét tartalmazták:

- A falvastagság megadása az általános adatok fejezetben.
  Példa: a 24183-as gyári számú tartály gépkönyvében, az „1. Általános adatok” fejezetben, az „Alak és szerkezeti méretek” szakaszban: „Köpeny: Ø1250×6 /3 db/” és „Md. fenék: Ø1250×6 /2 db/”.
- A falvastagság megadása a gépkönyvhöz csatolt műszaki rajzon.
  Példa: a 2590-es gyári számú tartály gépkönyvében: „Köpenylemez, s_{min} = 5,9”.
- A falvastagság megadása a „felhasznált alap- és hozaganyagok” között.
  Példa: a 24183-as gyári számú tartály gépkönyvében, a 6. fejezetben: „Köpenylemez Lv. 6 / 3 db”.
  Példa: a 417696-os gyári számú tartály gépkönyvében, a 6. fejezetben a tartálypalást anyagának meghatározására adott az acéllemez gyártója által közölt kohászati adagszám, valamint a kiállított bizonylat száma és kelte: „adagszám: 19911”, „a bizonylat száma, kelte és az azt kiállító szerv megnevezése: 76848, 96.01.27.”. Lemezvastagsági adat azonban itt, a 6. fejezet táblázatában nem található.
- A felhasznált alapanyagokról mellékelt alapanyaggyártói műbizonylat.
  Példa: a 417696-os gyári számú tartály gépkönyvében, a 6. fejezetben a tartálypalást anyagának meghatározására adott az acéllemez gyártója – Rautaruukki – által kiállított bizonylat szerint: „Thickness 6.00”.

A felsoroltak közül valóban pontosnak tekinthető adatot kapni csak az olyan tartályokról lehetett, amelyek gépkönyve tartalmazta a köpeny és a fenekek acél alapanyagának gyártói műbizonylatát. Meg kell jegyezni azonban azt is, hogy nem zárható ki az olyan eset sem, amikor a gépkönyvben talált alapanyag-műbizonylaton szereplő lemezvastagságnál nagyobb vastagság mérhető a helyszíni vizsgálat során. A föld feletti tartályok gyártói közül csak a Krämer gépkönyveiben általános az alapanyag műbizonylata, a többi gyártó gépkönyvei általában nem tartalmazzák azt: az általunk megvizsgált 109 db gépkönyv közül összesen 8 db gépkönyvben találtunk alapanyaggyártói műbizonylatot.

Ugyancsak fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a gépkönyvben, sőt, az ahhoz csatolt műbizonylatban szereplő lemezvastagságnál kisebb vastagságú lemezek is felhasználásra kerülhettek. Példaként a 417696-os gyári számú tartály gépkönyvét említjük. Ebben a tartálypalást anyagát gyártó Rautaruukki által kiállított műbizonylatban 6.00 mm lemezvastagság van megadva, ugyanakkor kétséget kizáróan – méréssel – meghatároztuk, hogy ez az alapanyag *valójában 5,70 mm vastag* volt. Az eredeti lemezvastagságot a tartály szétvágásával kapott olyan lemezmintákon tudtuk megmérni, amelyek kívülről védőfesték bevonatot kaptak, belülről pedig semmilyen korróziós fogyás nem történt, hanem csak a fekete színű meleghengerlési reve fedte a lemez belső felületét (2/1. ábra).



2/1. ábra – Korrózióménes zóna a köpeny belső felületén

A gyártási lemezvastagsággal kapcsolatban végezetül fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a vastagsági méret az azonos adagból hengerelt táblák között, de akár egy lemeztáblán belül is változhat. Ennél jelentősebb eltérések forrása az, hogy a melegen hengerelt acéllemezek lemezvastagsági tűrésmezője gyakorlatilag a különféle pótlékok nagyságrendjébe esik, ami jelentősen kihat a falvastagság csökkenésével járó károsodási folyamatok eredményének becslésére, ha csak a névleges vastagsági méret ismert.

Jelenleg az ISD Dunaferr Zrt. a pébégáztartályok szempontjából lényeges termékeire a szélességtől függően ± 0,26 ÷ 0,31 +15%, azaz akár ± 0,35 mm vastagságtűrést ad meg a saját termékszabványában („a DASZ 03 tartalmazza – összhangban az EN 10051+A1 előírásával – a mérettűréseket” (http://www.dunaferr.hu/melegen_heng.pdf). Az 1990-es évek elején érvényben volt magyar szabvány ennél is nagyobb vastagságtűrést engedett meg (2/2. ábra):

MSZ 40—1985

MELEGEN HENGERELT, ACÉL DURVALEMEZ MÉRETEI

E szabvány tárgya a 3—100 mm vastag, melegen hengerelt acél durvalemez méretei, alak- és mérettűrései.
Nem tárgya a szabványnak az MSZ 4368 szerinti korrózió- és hőálló acéllemez, valamint a melegen hengerelt, csúszásgátló mintázatú acéllemez, amelynek az előírásait az MSZ 24 tartalmazza.

1. ALAK, MÉRETEK

1.1. A durvalemez méreteit a rendelésben kell előírni.
A durvalemez ajánlott méreteit az 1. táblázat tartalmazza.

Megjegyzés: Folytatólagos soron csak 3—12 mm vastag, legfeljebb 1500 mm széles és 12 000 mm hosszú durvalemez gyártható. Táblalemezsoron csak 8—100 mm vastag, legfeljebb 2600 mm széles durvalemez gyártható, a legnagyobb hosszúságot a vastagság és a szélesség ismeretében, legfeljebb 4000 kg tömegű lemezből kell 7,85 kg/dm³ fajlagos tömeggel kiszámítani. A 60 mm-es és annál vastagabb durvalemez normalizált állapotban legfeljebb 1600 mm szélességgel gyártható.

1.2. A durvalemez vastagságtűrése feleljen meg a 2. táblázat előírásainak.

2. táblázat

Névleges szélesség felett	Névleges szélesség -ig	1000	1000 1250	1250 1500	1500 1700	1700 1800	1800 2000	2000 2200	2200 2400	2400 2600
Névleges vastagság felett	Névleges vastagság -ig	A vastagság tűrése								
	3,5	±0,3	+0,4 −0,3	+0,4 −0,3	–	–	–	–	–	–
3,5	4,5	±0,4	+0,5 −0,4	+0,6 −0,4	–	–	–	–	–	–
4,5	5	+0,3 −0,5	+0,4 −0,5	±0.5	–	–	–	–	–	–
5	7	+0.3 −0,6	+0,4 −0,6	+0,5 −0,6	–	–	–	–	–	–
7	10	+0,2 −0,8	+0,3 −0,8	+0,4 −0,8	+0,5 −0,8	−0,6 −0,8	±0,8	+0,9 −0,8	+1,0 −0,8	+1,1 −0,8
10	25	–	+0,3 −0,8	+0,4 −0,8	+0,5 −0,8	+0,6 −0,8	±0,8	+0,9 −0,8	+1,0 −0,8	+1,2 −0,8
25	30	–	+0,3 −0,9	+0,4 −0,9	+0,5 −0,9	+0,6 −0,9	+0,8 −0,9	±0.9	+1,0 −0,9	+1,2 −0,9

2/2. ábra – A tartálygyártás kezdetén érvényben volt magyar szabványnak a vastagságtűréseket meghatározó részlete

A korróziós pótlékot illetően az egyes gyártók nagyon eltérő adatokat közölnek. Nem csak az jellemző, hogy tartályonként más a korróziós pótlék, de olykor egy gépkönyvön belül is találkozni lehet eltérő adatokkal.

Példák: A 24183-as tartály (gyártó: FMF) gépkönyvében a „2. Műszaki jellemzők és paraméterek” között 1,0 mm „korróziós, eróziós pótlék” van megadva. A műszaki rajzhoz mellékelt „műszaki leírás” 8. oldalán a pótlékokról az alábbiak szerepelnek a köpenyre vonatkozóan:

„Szükséges falvastagság pótlék:
- „korróziós pótlék: c1 = 0,5 mm
- „félgyártmány negatív tűrését kiegyenlítő pótlék: c2 = 0,5 mm
- „gyártástechnológiai pótlék: c3 = 0 mm

Falvastagságpótlék:

c = c1 + c2 + c3 = 1 mm”

Ugyanennek a műszaki leírásnak a 10. oldalán – az edényfenékre vonatkozóan – viszont az áll, hogy a falvastagságpótlék: c = 1 mm, a korróziós és eróziós pótlék: c1 = 0,5 mm, de csak a c = 1 mm értéket adják hozzá a szilárdságilag szükséges, 4,94 mm-nek számított értékhez.

A 954501-es tartályra (gyártó: Gönczi) falvastagságként az „Lv. 6 mm” adat szerepel, a korróziós pótlék 0,5 mm, de ugyanez a gyártó a 911355-ös tartálynál 1 mm korróziós pótlékot ad meg.

A teljes körű vizsgálati programba bevont tartályok vonatkozásában, az eddigiekben tárgyalt lényeges adatokat a 2/1. táblázatban foglaltuk össze.

Gyári szám és (BME-jel)	**2590 (A)**	**941355 (B)**	**24183 (C)**	**417696 (D)**	**954501 (E)**	**58758 (F)**
Gyártó	TGM (Á4G)	Gönczi és Fia	FMF	VTSZ	Gönczi és Fia	Thyssen
Gyártási év	1993	1994	1995	1996	1995	1992
Méret	3 m^3	5 m^3	5 m^3	3 m^3	3 m^3	5 m^3
Méretezési nyomás	15,6	16,0	15,6	15,6	15,6	15,6
Próbanyomás	20,3	20	19,5	20	20	20,3
Korróziós pótlék	1 mm	1 mm	1,0 / 0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
Acélokról műbizonylat	Nincs	Van	Nincs	Van	Nincs	Nincs
Anyagtulajdonságok	Van	Van	Van	Van	Van	Van
Bizonylatolt vastagság	–	6,0 mm	–	6,00 mm	–	–
*Eredeti vastagság**	*6,39 mm*	*6,30 mm*	*5,96 mm*	*5,70 mm*	–	–

** Mikrométerrel mérve a tartályok szétvágása után, a köpeny belső korróziótól mentes részén*

2/1. táblázat – A teljes körű vizsgálati programba bevont tartályok lényeges edénygépkönyvi jellemzői

Az edénygépkönyvek lemezvastagsági adatainak elemzéséből két végső következtetés vontunk le, amelyeket figyelembe vettünk a pébégáztartályok állapotértékelési rendszerének kidolgozásakor:
- Pontos gyártási lemezvastagsági adatokhoz jutni csak ritkán lehet, és ha a gépkönyv tartalmaz is alapanyag-műbizonylatot, az egyáltalán nem garancia arra, hogy valóban hiteles adatnak bizonyul egy műszeres mérésnél.
- A hazai gyártók a 6,0 mm-es gyártási előírás ellenére 5,7 – 6,5 mm vastag lemezből gyártották a tartályokat, a külföldi gyártók tartályainál a „min. 5,1 mm” előírás mellett 5,7–6,1 mm vastagságú alapanyagot használtak.

3. melléklet

I. A pébétartály-vizsgálat matematikai módszerei

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk azokat a matematikai statisztikai módszereket, amelyekkel a rendelkezésre álló és a munkafolyamat során keletkező adatokat értékeltük. A II. fejezet elemzési eredményei a szakértői rendszer első változatának adataiból származnak.

1. A matematikai módszerek leírásában használatos fogalmak értelmezése

A tartályokat diszkrét és folytonos leíró változókkal jellemezzük: $d_1, d_2, ..., d_k, x_1, ..., x_l$. A diszkrét változók egy végső halmazból veszik fel értékeit (pl. a tartály gyártója, űrtartalma), a folytonos változó eloszlásához pedig sűrűségfüggvény rendelhető (pl. a tartály élettartama, falvastagsága stb.). A folytonos változóknál a sűrűségfüggvény kevert, azaz több sűrűségfüggvény lineáris kombinációja. Az összes változóból képzett *n=k+l* dimenziós $\underline{y}$ vektort $\underline{y} = (d_1, d_2, ..., d_k, x_1, ..., x_l)$ *alakzatvektornak* fogjuk nevezni, amely az értékeit az *alakzattérben* veszi fel. Az $\underline{y}$ a modellben vektor valószínűségi változó, amihez rendelkezésünkre áll *N* elemű reprezentáns (azaz *N* tartály összes adata): $\underline{y}_1, \underline{y}_2, ..., \underline{y}_N$. Az összes tartály halmazát *populációnak* nevezzük, a reprezentációkból elkészített *n*×*N*-es mátrix az *adatmátrix*.

A populációból egy *M* (<<*N*) elemű *reprezentatív mintát* (egy tervezetten előállított részhalmazt) választunk ki, amelyen a további méréseket (vizsgálatokat) elvégezzük.

2. Adatbázis létrehozása

A rendelkezésre álló és az ezután keletkező adatokat tartalmazó digitális fájl, amelynek szerkezete elősegíti a kiértékelést. Célszerű Excel-fájlt használni, mert ezt könnyű más programok számára átkonvertálni. A statisztikai elemzéseket az SPSS programmal végezzük, ami speciális szerkezetben tárolja az adatokat, de Excelt tud fogadni és szolgáltatni is.

3. Az adatok statisztikai leírása

Az állomány szerkezetének megismeréséhez elengedhetetlen az *n* változó leíró statisztikákkal és grafikonokkal való jellemzése (átlagok, gyakoriságok, szórások, hisztogramok stb.). Az alapstatisztikák egyrészt kellenek a minta reprezentativitásának ellenőrzéséhez, és a mintából szerzett összefüggéseknek a populációra történő kiterjesztéséhez is.

4. Reprezentatív minta előállítása

A populáció egy kis elemszámú részhalmaza akkor tekinthető reprezentatív mintának, ha a minta statisztikái egyeznek a populáció összes elemén számolt statisztikákkal valamennyi változónál. Ez az alapja annak, hogy a mintán szerzett tapasztalatokat ki lehessen terjeszteni majd a teljes populációra számítható hibahatárokon belül. A reprezentatív minta előállítása két lépésben történik:

1. lépés: A populáció alakzatvektorainak besorolása homogén csoportokba (klaszterekbe) klaszteranalízissel. Az egy klaszterbe sorolt egyedek (tartályok) a változók alapján statisztikailag homogének, azaz a változók ugyanabból az eloszlásból származnak. Másrészt, két különböző klaszterhez tartozó egyed változói statisztikailag szignifikánsan különböző eloszlásokhoz tartoznak.

2. lépés: Minden klaszterből az elemszámmal arányosan véletlen számok segítségével sorsoljuk ki a mintába az elemeket. Az egyenletes eloszlású véletlen számok garantálják, hogy a mintába minden elem egyenlő eséllyel kerülhessen. Ha a mintavételezést így végezzük el, akkor a végső következtetések levonásakor (az eredmények kiterjesztésekor a teljes populációra) alkalmazhatjuk a standard statisztikai módszereket: próbákat, konfidencia intervallumokat, becsléseket stb.

5. Regressziós elemzések

A változók közötti függvénykapcsolatok feltárásának statisztikai eszköze a regresszióanalízis. Itt felmerülhet két változó közötti lineáris vagy nemlineáris regressziós elemzés, vagy több változó bevonásával végzett többváltozós lineáris regressziós elemzés egyaránt. A többváltozós elemzésnél szóba jöhetnek logisztikus módszerek is, ha diszkrét változók is szerepelnek az összefüggésben.

6. Faktoranalízis

A változók közötti kapcsolat leírásakor egy másik lehetséges statisztikai módszer a faktoranalízis. Ilyenkor az n változót jóval kevesebb k számú korrelálatlan faktorral helyettesítjük. A faktorok meghatározott lineáris kapcsolatban vannak a változókkal. Épp ez az alapja, hogy a változókat csoportosítani tudjuk aszerint, hogy a faktortérben egymáshoz közel vagy messze esnek. Az egymáshoz közeli változók lényegében azonos információt szolgáltatnak a tartályról, míg a távoliak az alakzattér más-más dimenzióját jellemzik.

7. Diszkriminanciaanalízis (osztályozás)

Tegyük fel, hogy a vizsgálat végén a reprezentatív minta elemeinek várható élettartamára megbízható becslést tudunk mondani. A diszkriminanciaanalízis módszerével lehet ez alapján a populáció összes elemére várható élettartamot becsülni. Természetesen konfidencia intervallum is adható a becsléshez.

II. A pébétartály-állomány matematikai statisztikai módszerekkel végzett elemzésének részletes ismertetése

Az alábbiakban részletesen ismertetjük a pébégáztartályok elemzett, mintegy 1400 darabból álló csoportjában az adatgyűjtés és a kismintás anyagvizsgálat nyomán kidolgozott szakértői rendszer ELSŐ VÁLTOZATÁNAK belső összefüggéseit, amelyek a 2009 szeptemberének végén meglévő adatokra épülnek.

Az első változat a tartályok gyártási falvastagságára vonatkozóan olyan adatokat tartalmaz, amelyek elsődleges forrása az edénygépkönyv, és még nincsenek benne feloldva azok az ellentmondások, amelyek a későbbiekben validált, egyedi ultrahangos mérések alkalmával mutattak rá arra, hogy a jelenlegi mért falvastagságok gyakran meghaladják a gyártási dokumentumokban megadott értékeket.

Az ultrahangos falvastagságmérések eredményeit a szakértői rendszerbe már beépítettük, amely alapján hamarosan elkészül a tartályállomány statisztikai elemzésének frissített, végleges változata.

1. Reprezentatív minta előállítása rétegzéssel

Egy adott statisztikai populációhoz reprezentatív mintát kell előállítani ahhoz, hogy korrekt, érvényes elemzést lehessen elvégezni. A minta teljes körű kielemzése után a populációra is érvényes megállapítások tehetők majd statisztikai következtetéssel. A mintának, mint cseppben a tenger, vissza kell tükröznie a sokaság törvényszerűségeit. Hogy minta reprezentatív, akkor a teljes populációra jellemző tagozódás (homogén csoportokra osztódás) a mintában is megjelenik. Tehát, ha a populációban jól elkülöníthető csoportok figyelhetők meg, akkor a mintában is meg kell jelenniük a csoportoknak ugyanakkora számban, és nagyjából ugyanakkora arányban. Ugyanakkor a reprezentativitáshoz az is kell, hogy a mintaelemek kiválasztásánál semmilyen tendencia, szisztematikusság nem érvényesülhet, azaz a mintaelemek véletlenszerűen legyenek kiválogatva. A rétegzett mintavételezési technikával reprezentatív mintához lehet jutni.

A minta elkészítésének első lépése a populáció homogén csoportjainak felismerése és azonosítása. Az egy csoportba sorolt egyedek statisztikailag azonos eloszlást követnek. A homogén csoportokat klaszterezéssel határozzuk meg.

A minta kiválasztásának második lépése az, amikor a homogén csoportokból véletlenszerűen, a csoportok arányait figyelembe véve választunk ki elemeket.

A jelenlegi tanulmányban elemzett populáció összesen 1491 db nyomástartó tartály, melyek mindegyikéről egy excel-mátrixban tárolva az alábbi adatokat használjuk fel:

- Gyártó cég neve
- A gyártás éve
- Törzsszám (sorszám)
- Hidraulikus nyomáspróbák nyomása
- Hidraulikus nyomáspróbák száma
- Falvastagság
- Élettartam (életkor)
- Űrtartalom (3 vagy 5 m^3)

A gyártó cégeket megbízhatóságuk alapján három csoportba soroltuk. Az átlagos, átlagnál jobb és az átlagnál rosszabb gyártási reputáció alapján. Az így keletkezett diszkrét változó neve: *gykockkod*. A gyártási éveket is három csoportba gyűjtöttük. A kezdeti évek, a kampányévek és a kitapasztalt évek kategóriái szerint. A változó neve: *evkockkod*. Az űrtartalom (m^3) 2 értéke szintén csoportképző tényező.

A folytonos változók (hidraulikus nyomáspróbák nyomása, hidraulikus nyomáspróbák száma, falvastagság és élettartam) alapján a klaszteranalízis módszerével egy további diszkrét, háromértékű változót hoztunk létre, melynek neve: *qcl*. Az egy klaszterbe sorolt tartályok adatvektorai a négydimenziós euklideszi térben egymáshoz közeli pontokba esnek, míg a különböző klaszterek elemeinek reprezentáns vektorai egymástól távoli pontokba mutatnak.

A diszkrét változók alapján elvileg 3*3*3*2=54 kategória jelölhető ki. A tartályok diszkrét változói alapján az alábbi képlettel meghatározható mindegyik tartály csoportszáma:

ertek= (gykockkod-1)+(evkockkod-1)*3+(m3-1)*9+(föld-1)*27+(qcl-1)*81.

A beágyazottság (*föld*) változót végül is nem használtuk fel, kiszűrtük őket a csoportosításnál, csak a földfeletti tartályokat tartottuk meg (összesen 1395-öt).

Az 54 csoport helyett az 1395 tartály, csupán 20 csoportba tömörült, nem az egyenletes eloszlás szerint. A tartályok 91%-a 15 csoporthoz tartozik:

Sorszám	klaszter	db	%	göngyölt %
1.	194	237	16,98925	16,98925
2.	113	193	13,83513	30,82437
3.	85	177	12,68817	43,51254
4.	111	120	8,602151	52,1147
5.	109	104	7,455197	59,56989
6.	192	94	6,738351	66,30824
7.	86	80	5,734767	72,04301
8.	167	76	5,448029	77,49104
9.	112	75	5,376344	82,86738
10.	82	68	4,874552	87,74194
11.	84	57	4,086022	91,82796
12.	197	37	2,65233	94,48029
13.	166	33	2,365591	96,84588
14.	193	20	1,433692	98,27957
15.	110	18	1,290323	99,56989
16.	83	2	0,143369	99,71326
17.	7	1	0,071685	99,78495
18.	108	1	0,071685	99,85663
19.	169	1	0,071685	99,92832
20.	196	1	0,071685	100

A klaszter címkék jelentését az alábbi táblázatból lehet visszafejteni:

klaszter	db	gykockod	evkockkod	qcl	m3	föld
7	1	2	3	1	3	FF
82	68	2	1	2	3	FF
83	2	3	1	2	3	FF
84	57	1	2	2	3	FF
85	177	2	2	2	3	FF
86	80	3	2	2	3	FF
108	1	1	1	2	5	FF
109	104	2	1	2	5	FF
110	18	3	1	2	5	FF
111	120	1	2	2	5	FF
112	75	2	2	2	5	FF
113	193	3	2	2	5	FF
166	33	2	2	3	3	FF
167	76	3	2	3	3	FF
169	1	2	3	3	3	FF
192	94	1	2	3	5	FF
193	20	2	2	3	5	FF
194	237	3	2	3	5	FF
196	1	2	3	3	5	FF
197	37	3	3	3	5	FF

A legnagyobb méretű klaszter tehát a 194-es címkéjű klaszter, 237 tartály tartozik hozzá, a legnagyobb kockázatú gyártóktól (gykockkod=3), a kampányévekben (evkockkod=2) gyártották őket, a hármas qcl (qcl=3) címkével rendelkeznek és 5 köbméteres a kapacitásuk. Azok a klaszterek, melyekhez csak egy, két tartály tartozik (a 7-es, 169-es, 196-os, 83-as és 108-as címkéjű klaszterek) külön megvizsgálandóak, hogy mi az oka annak, hogy a többségtől ennyire eltérőek.

A homogén csoportokból véletlen számok segítségével lehet elemeket a mintába soroltatni. Ha pl. egy csoportban az egyedek száma *c*, amely a teljes populáció elemeinek *r*-ed része, akkor a csoportból $k=[n*r]$ egyedet kell kisorsolni, ahol *n* jelöli a teljes mintaelem számot, [ ] az egészrész-függvény jele. (Az *n* mintaelem szám meghatározásánál gazdasági és más megfontolások is szerepet játszhatnak. Nyilván a nagy minta feldolgozása költségesebb, idő- és emberigényesebb.) Számítógép segítségével ezután előállítjuk a k db a (0, 1) intervallumon egyenletes eloszlású x_1, $x_{2, ..., } x_k$ véletlen számokat. Ezek segítségével a c elemű csoport $[x_i*c]$ sorszámú egyedeit jelöltük meg a mintába kerüléshez.

2. Az állomány diszkrét változóinak leíró statisztikái

Ebben a pontban az állomány diszkrét változóinak néhány fontos, jellemző statisztikáját adjuk meg. Az alábbi változókról van szó:

m3 - űrtartalom köbméterben

föld – beágyazottság (földfeletti vagy földalatti)

gyarto - A tartály gyártója

gyarev- A tartály gyártási éve

eltkor - Életkor

Statistics

		m3	föld	gyarto	gyarev	ELTKOR
N	Valid	1487	1487	1489	1485	1485
	Missing	4	4	2	6	6

A változók mindegyikében van néhány hiányzó (missing) érték.

m3

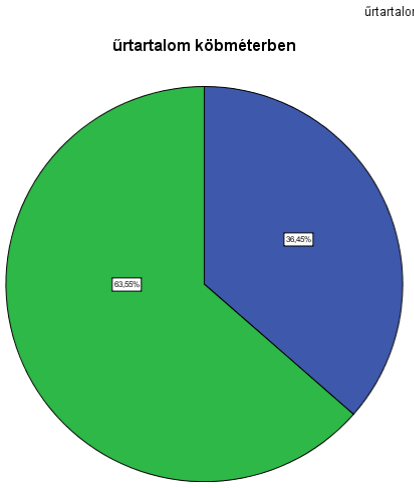
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	542	36,4	36,4	36,4
	5	945	63,4	63,6	100,0
	Total	1487	99,7	100,0	
Missing	0	4	,3		
Total		1491	100,0		

A tartályok nagyobbik része 5 köbméteres.

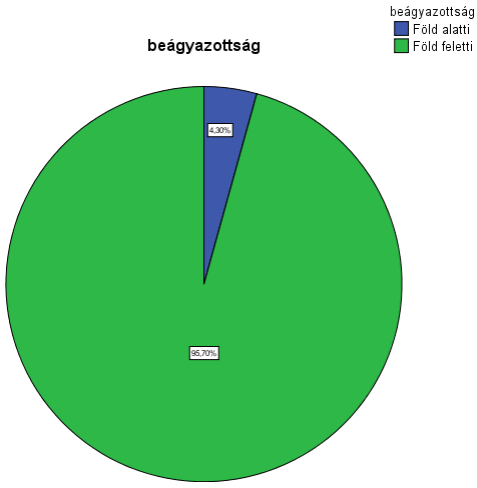
föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	64	4,3	4,3	4,3
	FF	1423	95,4	95,7	100,0
	Total	1487	99,7	100,0	
Missing	0	4	,3		
Total		1491	100,0		

A tartályok túlnyomó többsége földfeletti.



3/1. ábra



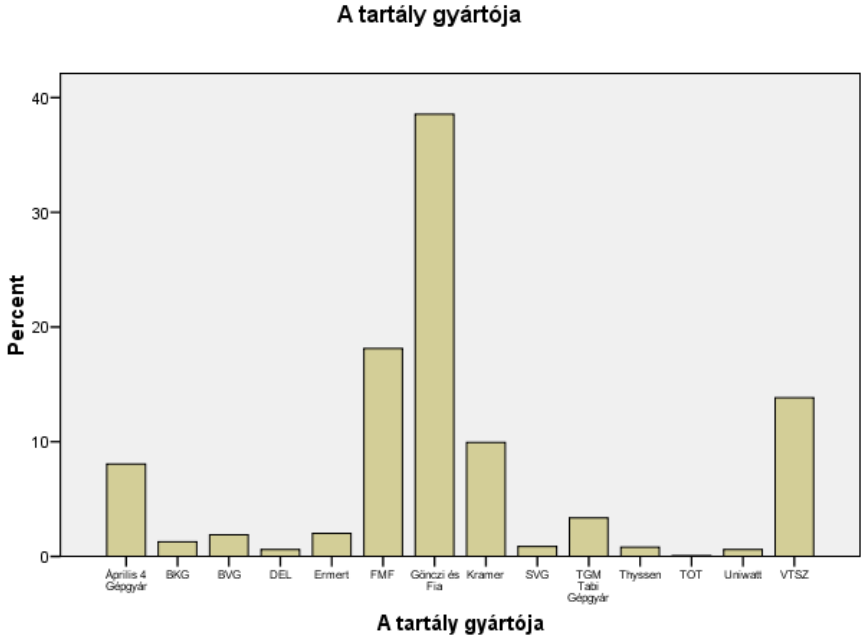
3/2. ábra

gyarto

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A4G	120	8,0	8,1	8,1
	BKG	19	1,3	1,3	9,3
	BVG	28	1,9	1,9	11,2
	DEL	9	,6	,6	11,8
	ERM	30	2,0	2,0	13,8
	FMF	270	18,1	18,1	32,0
	GF	574	38,5	38,5	70,5
	KRA	148	9,9	9,9	80,5
	SVG	13	,9	,9	81,3
	TGM	50	3,4	3,4	84,7
	THY	12	,8	,8	85,5
	TOT	1	,1	,1	85,6
	UNI	9	,6	,6	86,2
	VTSZ	206	13,8	13,8	100,0
	Total	1489	99,9	100,0	
Missing	0	2	,1		
Total		1491	100,0		

A gyártók jelentése:

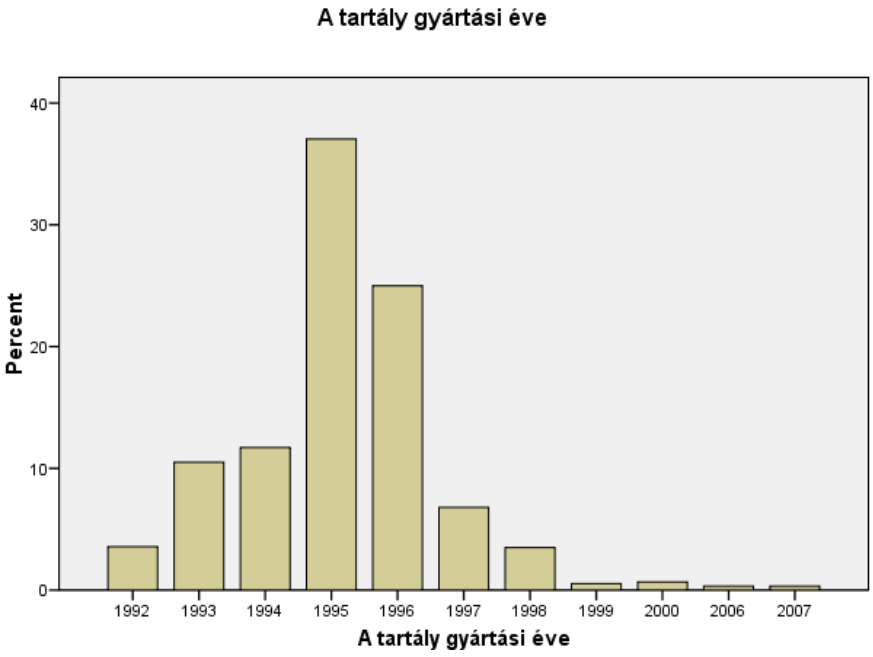
A4G	Április 4 Gépgyár
BKG	BKG
BVG	BVG
DEL	Deltagáz
ERM	Ermert
FMF	FMF
GF	Gönczi és Fia
KRA	Kramer
SVG	SVG
TGM	TGM Tabi Gépgyár
THY	Thyssen
UNI	Uniwatt
VTSZ	VTSZ



3/3. ábra

gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	53	3,6	3,6	3,6
	1993	156	10,5	10,5	14,1
	1994	174	11,7	11,7	25,8
	1995	550	36,9	37,0	62,8
	1996	371	24,9	25,0	87,8
	1997	101	6,8	6,8	94,6
	1998	52	3,5	3,5	98,1
	1999	8	,5	,5	98,7
	2000	10	,7	,7	99,3
	2006	5	,3	,3	99,7
	2007	5	,3	,3	100,0
	Total	1485	99,6	100,0	
Missing	0	6	,4		
Total		1491	100,0		

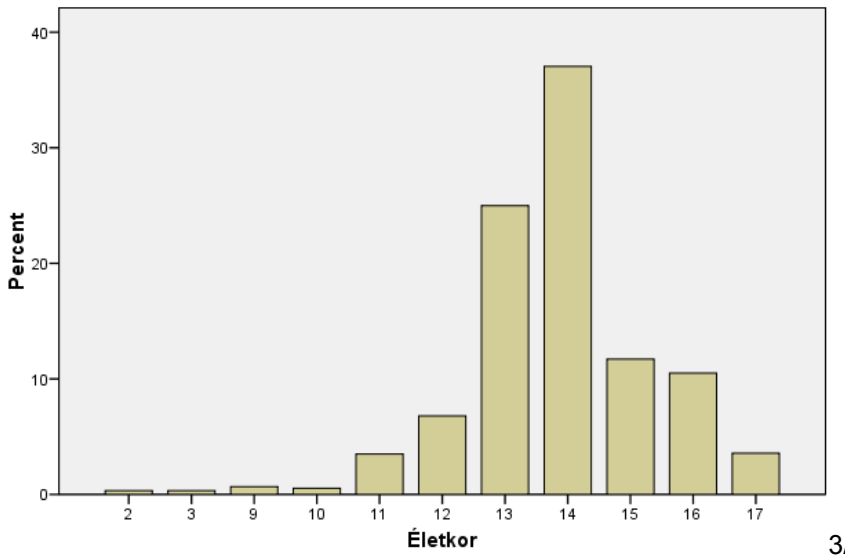


3/4. ábra

A tartályok több mint 60%-át 1995 és 1996-ban gyártották.

ELTKOR

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	5	,3	,3	,3
	3	5	,3	,3	,7
	9	10	,7	,7	1,3
	10	8	,5	,5	1,9
	11	52	3,5	3,5	5,4
	12	101	6,8	6,8	12,2
	13	371	24,9	25,0	37,2
	14	550	36,9	37,0	74,2
	15	174	11,7	11,7	85,9
	16	156	10,5	10,5	96,4
	17	53	3,6	3,6	100,0
	Total	1485	99,6	100,0	
Missing	2009	6	,4		
Total		1491	100,0		



3/5. ábra

3. A folytonos változók leíró statisztikái

ELTKOR - Életkor

HNYPNY - Hidraulikus nyomáspróbák nyomása

HNYPSZ - Hidraulikus nyomáspróbák száma

VASTAG - Gyártási falvastagság (névleges adat)

UHVASTMAX - Az ultrarövid hullámú falvastagságmérés maximuma

UHVASTMIN - Az ultrarövid hullámú falvastagságmérés minimuma

BECSVAST - Becsült falvastagság

FOGYAS - Évenkénti fogyás

(Az életkort közelítőleg folytonos változónak is lehet modellezni.)

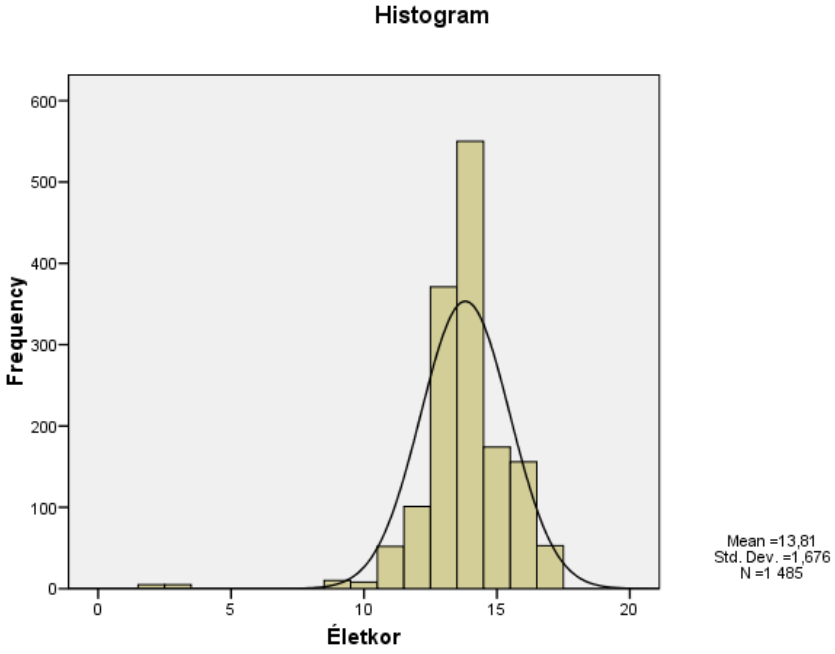
ELTKOR

N	Valid	1485
	Missing	6
Mean		13,81
Std. Deviation		1,676

Csak hat hiányzó adat van.

ELTKOR

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	5	,3	,3	,3
	3	5	,3	,3	,7
	9	10	,7	,7	1,3
	10	8	,5	,5	1,9
	11	52	3,5	3,5	5,4
	12	101	6,8	6,8	12,2
	13	371	24,9	25,0	37,2
	14	550	36,9	37,0	74,2
	15	174	11,7	11,7	85,9
	16	156	10,5	10,5	96,4
	17	53	3,6	3,6	100,0
	Total	1485	99,6	100,0	
Missing	2009	6	,4		
Total		1491	100,0		



3/6. ábra

Az eloszlás jól illeszkedik a normális eloszláshoz, de kissé balra ferdül.

HNYPNY

N	Valid	1463
	Missing	28
Mean		19,512
Std. Deviation		,1342

HNYPNY

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	18,2	2	,1	,1	,1
	18,3	1	,1	,1	,2
	19,5	1429	95,8	97,7	97,9
	19,6	1	,1	,1	97,9
	20,0	15	1,0	1,0	99,0
	20,3	14	,9	1,0	99,9
	22,5	1	,1	,1	100,0
	Total	1463	98,1	100,0	
Missing	,0	28	1,9		
Total		1491	100,0		

A tartályok túlnyomó többségét (95,8%-a) bar nyomással terhelték.

HNYPSZ

N	Valid	1491
	Missing	0
Mean		1,98
Std. Deviation		,355

HNYPSZ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	27	1,8	1,8	1,8
	1	27	1,8	1,8	3,6
	2	1384	92,8	92,8	96,4
	3	53	3,6	3,6	100,0
	Total	1491	100,0	100,0	

A tartályok 98,2%-a kétszer volt terhelésnek kitéve.

VASTAG

N	Valid	109
	Missing	1382
Mean		5,873
Std. Deviation		,4917

VASTAG

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5,1	24	1,6	22,0	22,0
	5,9	1	,1	,9	22,9
	6,0	74	5,0	67,9	90,8
	6,4	1	,1	,9	91,7
	6,5	5	,3	4,6	96,3
	7,0	3	,2	2,8	99,1
	8,0	1	,1	,9	100,0
	Total	109	7,3	100,0	
Missing	,0	1382	92,7		
Total		1491	100,0		

Csupán 7,3%-nál van értékelhető adat.

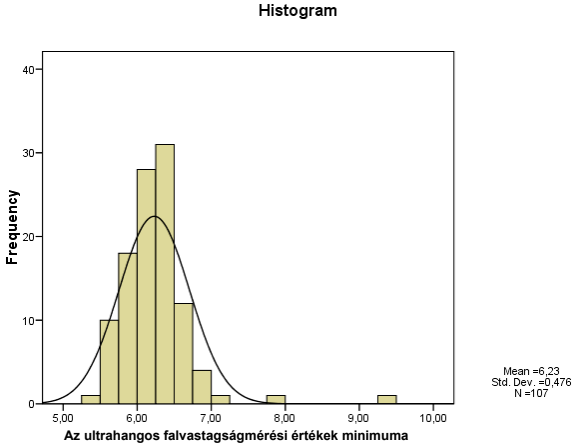
UHVASTMIN

N	Valid	107
	Missing	1384
Mean		6,2299
Std. Deviation		,47597

UHVASTMIN

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5,40	1	,1	,9	,9
	5,58	1	,1	,9	1,9
	5,60	1	,1	,9	2,8
	5,61	1	,1	,9	3,7
	5,62	1	,1	,9	4,7
	5,63	1	,1	,9	5,6
	5,65	1	,1	,9	6,5
	5,66	1	,1	,9	7,5
	5,69	1	,1	,9	8,4
	5,70	1	,1	,9	9,3
	5,73	1	,1	,9	10,3
	5,75	1	,1	,9	11,2
	5,78	1	,1	,9	12,1
	5,80	1	,1	,9	13,1
	5,84	1	,1	,9	14,0
	5,85	1	,1	,9	15,0
	5,87	2	,1	1,9	16,8
	5,89	1	,1	,9	17,8
	5,90	2	,1	1,9	19,6
	5,95	2	,1	1,9	21,5
	5,96	2	,1	1,9	23,4
	5,97	2	,1	1,9	25,2
	5,98	1	,1	,9	26,2
	5,99	1	,1	,9	27,1
	6,00	4	,3	3,7	30,8
	6,01	1	,1	,9	31,8
	6,02	1	,1	,9	32,7
	6,03	2	,1	1,9	34,6
	6,04	1	,1	,9	35,5
	6,05	1	,1	,9	36,4
	6,07	1	,1	,9	37,4
	6,08	1	,1	,9	38,3
	6,09	1	,1	,9	39,3
	6,10	4	,3	3,7	43,0
	6,12	1	,1	,9	43,9
	6,15	2	,1	1,9	45,8
	6,17	2	,1	1,9	47,7
	6,19	1	,1	,9	48,6
	6,20	4	,3	3,7	52,3
	6,23	1	,1	,9	53,3
	6,25	4	,3	3,7	57,0
	6,26	3	,2	2,8	59,8
	6,27	1	,1	,9	60,7
	6,29	2	,1	1,9	62,6
	6,30	1	,1	,9	63,6
	6,31	3	,2	2,8	66,4
	6,32	1	,1	,9	67,3
	6,33	2	,1	1,9	69,2
	6,34	1	,1	,9	70,1
	6,35	1	,1	,9	71,0
	6,38	2	,1	1,9	72,9
	6,39	1	,1	,9	73,8
	6,42	2	,1	1,9	75,7
	6,43	1	,1	,9	76,6
	6,45	1	,1	,9	77,6
	6,46	1	,1	,9	78,5
	6,47	3	,2	2,8	81,3
	6,48	1	,1	,9	82,2

	6,50	1	,1	,9	83,2
	6,51	1	,1	,9	84,1
	6,52	1	,1	,9	85,0
	6,54	1	,1	,9	86,0
	6,56	1	,1	,9	86,9
	6,60	1	,1	,9	87,9
	6,63	1	,1	,9	88,8
	6,66	1	,1	,9	89,7
	6,73	3	,2	2,8	92,5
	6,74	1	,1	,9	93,5
	6,76	1	,1	,9	94,4
	6,80	1	,1	,9	95,3
	6,83	1	,1	,9	96,3
	6,84	1	,1	,9	97,2
	7,10	1	,1	,9	98,1
	7,82	1	,1	,9	99,1
	9,40	1	,1	,9	100,0
	Total	107	7,2	100,0	
Missing	,00	1384	92,8		
Total		1491	100,0		



3/7. ábra

107 adat van ehhez a változóhoz. Az eloszlás jól illeszkedik a normális eloszláshoz, bár kissé jobbra ferdül.

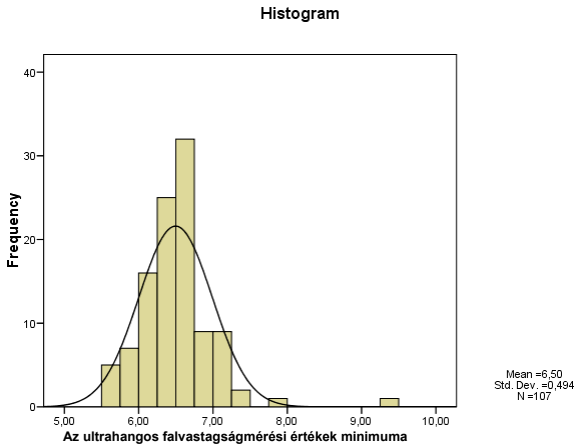
UHVASTMAX

	Valid	107
	Missing	1384
Mean		6,4966
Std. Deviation		,49393

UHVASTMAX

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5,61	1	,1	,9	,9
	5,63	1	,1	,9	1,9
	5,66	1	,1	,9	2,8
	5,70	1	,1	,9	3,7
	5,74	1	,1	,9	4,7
	5,75	1	,1	,9	5,6
	5,80	1	,1	,9	6,5
	5,83	1	,1	,9	7,5
	5,89	1	,1	,9	8,4
	5,90	1	,1	,9	9,3
	5,93	1	,1	,9	10,3
	5,99	1	,1	,9	11,2
	6,00	2	,1	1,9	13,1
	6,01	1	,1	,9	14,0
	6,05	2	,1	1,9	15,9

	6,07	1	,1	,9	16,8
	6,09	1	,1	,9	17,8
	6,13	2	,1	1,9	19,6
	6,15	1	,1	,9	20,6
	6,17	1	,1	,9	21,5
	6,18	1	,1	,9	22,4
	6,20	1	,1	,9	23,4
	6,22	2	,1	1,9	25,2
	6,24	1	,1	,9	26,2
	6,25	3	,2	2,8	29,0
	6,26	2	,1	1,9	30,8
	6,27	1	,1	,9	31,8
	6,29	1	,1	,9	32,7
	6,31	1	,1	,9	33,6
	6,32	1	,1	,9	34,6
	6,33	1	,1	,9	35,5
	6,35	1	,1	,9	36,4
	6,38	2	,1	1,9	38,3
	6,39	1	,1	,9	39,3
	6,40	3	,2	2,8	42,1
	6,41	1	,1	,9	43,0
	6,42	1	,1	,9	43,9
	6,43	1	,1	,9	44,9
	6,44	1	,1	,9	45,8
	6,48	3	,2	2,8	48,6
	6,49	1	,1	,9	49,5
	6,50	2	,1	1,9	51,4
	6,51	2	,1	1,9	53,3
	6,52	1	,1	,9	54,2
	6,54	3	,2	2,8	57,0
	6,55	1	,1	,9	57,9
	6,56	3	,2	2,8	60,7
	6,59	3	,2	2,8	63,6
	6,60	5	,3	4,7	68,2
	6,62	1	,1	,9	69,2
	6,65	2	,1	1,9	71,0
	6,68	3	,2	2,8	73,8
	6,69	1	,1	,9	74,8
	6,70	3	,2	2,8	77,6
	6,73	2	,1	1,9	79,4
	6,76	2	,1	1,9	81,3
	6,79	1	,1	,9	82,2
	6,80	2	,1	1,9	84,1
	6,82	1	,1	,9	85,0
	6,86	1	,1	,9	86,0
	6,93	1	,1	,9	86,9
	6,97	1	,1	,9	87,9
	7,02	1	,1	,9	88,8
	7,05	2	,1	1,9	90,7
	7,07	1	,1	,9	91,6
	7,10	2	,1	1,9	93,5
	7,12	1	,1	,9	94,4
	7,15	1	,1	,9	95,3
	7,21	1	,1	,9	96,3
	7,29	1	,1	,9	97,2
	7,34	1	,1	,9	98,1
	7,92	1	,1	,9	99,1
	9,40	1	,1	,9	100,0
	Total	107	7,2	100,0	
Missing	,00	1384	92,8		
Total		1491	100,0		



3/8. ábra

107 adat van ehhez a változóhoz. Az eloszlás jól illeszkedik a normális eloszláshoz, bár kissé jobbra ferdül.

BECSVAST

N	Valid	106
	Missing	1385
Mean		6,6509
Std. Deviation		,50318

BECSVAST

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	6,00	15	1,0	14,2	14,2
	6,50	54	3,6	50,9	65,1
	7,00	34	2,3	32,1	97,2
	8,00	2	,1	1,9	99,1
	10,00	1	,1	,9	100,0
	Total	106	7,1	100,0	
Missing	,00	1384	92,8		
	System	1	,1		
	Total	1385	92,9		
Total		1491	100,0		

4. A változók eloszlása a gyártó cégek szerinti csoportosításban.

Ebben a pontban közöljük a különböző gyártók tartályainak jellemzőit: milyen az évek, űrtartalom és beágyazottság szerinti eloszlásuk.

A4G – Április 4 Gépgyár, gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	48	40,0	40,3	40,3
	1993	54	45,0	45,4	85,7
	1994	15	12,5	12,6	98,3
	1995	1	,8	,8	99,2
	1998	1	,8	,8	100,0
	Total	119	99,2	100,0	
Missing	0	1	,8		
Total		120	100,0		

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	46	38,3	38,3	38,3
	5	74	61,7	61,7	100,0
	Total	120	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	120	100,0	100,0	100,0

BKG gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1995	15	78,9	88,2	88,2
	1996	1	5,3	5,9	94,1
	1998	1	5,3	5,9	100,0
	Total	17	89,5	100,0	
Missing	0	2	10,5		
Total		19	100,0		

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	18	94,7	94,7	94,7
	5	1	5,3	5,3	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	19	100,0	100,0	100,0

BVG gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1994	1	3,6	3,6	3,6
	1995	27	96,4	96,4	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	17	60,7	60,7	60,7
	5	11	39,3	39,3	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	28	100,0	100,0	100,0

DEL – Deltagáz gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2006	4	44,4	44,4	44,4
	2007	5	55,6	55,6	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	8	88,9	88,9	88,9
	5	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	9	100,0	100,0	100,0

ERM – Ermert gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	1	3,3	3,3	3,3
	1993	17	56,7	56,7	60,0
	1994	3	10,0	10,0	70,0
	1995	9	30,0	30,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	2	6,7	6,7	6,7
	5	28	93,3	93,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	30	100,0	100,0	100,0

FMF gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1993	1	,4	,4	,4
	1994	17	6,3	6,3	6,7
	1995	141	52,2	52,2	58,9
	1996	97	35,9	35,9	94,8
	1997	7	2,6	2,6	97,4
	1998	7	2,6	2,6	100,0
	Total	270	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	48	17,8	18,0	18,0
	5	219	81,1	82,0	100,0
	Total	267	98,9	100,0	
Missing	0	3	1,1		
Total		270	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	20	7,4	7,5	7,5
	FF	247	91,5	92,5	100,0
	Total	267	98,9	100,0	
Missing	0	3	1,1		
Total		270	100,0		

GF – Gönczi és Fia gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1994	62	10,8	10,8	10,8
	1995	141	24,6	24,6	35,4
	1996	220	38,3	38,3	73,7
	1997	93	16,2	16,2	89,9
	1998	40	7,0	7,0	96,9
	1999	8	1,4	1,4	98,3
	2000	10	1,7	1,7	100,0
	Total	574	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	166	28,9	28,9	28,9
	5	408	71,1	71,1	100,0
	Total	574	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	17	3,0	3,0	3,0
	FF	557	97,0	97,0	100,0
	Total	574	100,0	100,0	

KRA – Kramer gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1993	76	51,4	51,4	51,4
	1994	28	18,9	18,9	70,3
	1995	40	27,0	27,0	97,3
	1996	1	,7	,7	98,0
	1997	1	,7	,7	98,6
	1998	1	,7	,7	99,3
	2006	1	,7	,7	100,0
	Total	148	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	57	38,5	38,5	38,5
	5	91	61,5	61,5	100,0
	Total	148	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	3	2,0	2,0	2,0
	FF	145	98,0	98,0	100,0
	Total	148	100,0	100,0	

SVG gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1995	13	100,0	100,0	100,0

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5	13	100,0	100,0	100,0

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	13	100,0	100,0	100,0

TGM – Tabi Gépgyár gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1993	2	4,0	4,0	4,0
	1994	8	16,0	16,0	20,0
	1995	40	80,0	80,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	2	4,0	4,1	4,1
	5	47	94,0	95,9	100,0
	Total	49	98,0	100,0	
Missing	0	1	2,0		
Total		50	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	49	98,0	100,0	100,0
Missing	0	1	2,0		
Total		50	100,0		

THY – Thyssen gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	4	33,3	33,3	33,3
	1993	6	50,0	50,0	83,3
	1998	2	16,7	16,7	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5	12	100,0	100,0	100,0

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	12	100,0	100,0	100,0

UNI – Uniwatt gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1996	9	100,0	100,0	100,0

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5	9	100,0	100,0	100,0

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	9	100,0	100,0	100,0

VTSZ gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1994	40	19,4	19,4	19,4
	1995	123	59,7	59,7	79,1
	1996	43	20,9	20,9	100,0
	Total	206	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	177	85,9	85,9	85,9
	5	29	14,1	14,1	100,0
	Total	206	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	3	1,5	1,5	1,5
	FF	203	98,5	98,5	100,0
	Total	206	100,0	100,0	

5. A gyártó és gyártási év kereszttáblái

Az alábbi három táblázatban a gyártó és a gyártási év kereszttábláit tekinthetjük meg. Az első táblázatban a százalékos adat az összadatra, a másodikban „sorösszesenre”, a harmadikban az „oszlopösszesenre” vonatkozik. (Pl. Az első cellában álló 48 tartály a összes tartály (1485 db) 3,2%-a, az A4G gépgyár összesen legyártott 119 tartályának 40,3%-a, ami az 1992-ben legyártott összesen 53 tartály 90,6%-a.)

gyarto * gyarev Crosstabulation

		gyarev											Total
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2006	2007	
A4G	Count	48	54	15	1	0	0	1	0	0	0	0	119
	% within gyarto	40,3%	45,4%	12,6%	,8%	,0%	,0%	,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	90,6%	34,6%	8,6%	,2%	,0%	,0%	1,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	8,0%
	% of Total	3,2%	3,6%	1,0%	,1%	,0%	,0%	,1%	,0%	,0%	,0%	,0%	8,0%
BKG	Count	0	0	0	15	1	0	1	0	0	0	0	17
	% within gyarto	,0%	,0%	,0%	88,2%	5,9%	,0%	5,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	,0%	2,7%	,3%	,0%	1,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	1,1%
	% of Total	,0%	,0%	,0%	1,0%	,1%	,0%	,1%	,0%	,0%	,0%	,0%	1,1%
BVG	Count	0	0	1	27	0	0	0	0	0	0	0	28
	% within gyarto	,0%	,0%	3,6%	96,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	,6%	4,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	1,9%
	% of Total	,0%	,0%	,1%	1,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	1,9%
DEL	Count	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	9
	% within gyarto	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	44,4%	55,6%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	80,0%	100,0%	,6%
	% of Total	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,3%	,3%	,6%
ERM	Count	1	17	3	9	0	0	0	0	0	0	0	30
	% within gyarto	3,3%	56,7%	10,0%	30,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	1,9%	10,9%	1,7%	1,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	2,0%
	% of Total	,1%	1,1%	,2%	,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	2,0%
FMF	Count	0	1	17	141	97	7	7	0	0	0	0	270
	% within gyarto	,0%	,4%	6,3%	52,2%	35,9%	2,6%	2,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,6%	9,8%	25,6%	26,1%	6,9%	13,5%	,0%	,0%	,0%	,0%	18,2%
	% of Total	,0%	,1%	1,1%	9,5%	6,5%	,5%	,5%	,0%	,0%	,0%	,0%	18,2%
GF	Count	0	0	62	141	220	93	40	8	10	0	0	574
	% within gyarto	,0%	,0%	10,8%	24,6%	38,3%	16,2%	7,0%	1,4%	1,7%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	35,6%	25,6%	59,3%	92,1%	76,9%	100,0%	100,0%	,0%	,0%	38,7%
	% of Total	,0%	,0%	4,2%	9,5%	14,8%	6,3%	2,7%	,5%	,7%	,0%	,0%	38,7%
KRA	Count	0	76	28	40	1	1	1	0	0	1	0	148
	% within gyarto	,0%	51,4%	18,9%	27,0%	,7%	,7%	,7%	,0%	,0%	,7%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	48,7%	16,1%	7,3%	,3%	1,0%	1,9%	,0%	,0%	20,0%	,0%	10,0%
	% of Total	,0%	5,1%	1,9%	2,7%	,1%	,1%	,1%	,0%	,0%	,1%	,0%	10,0%
SVG	Count	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	13
	% within gyarto	,0%	,0%	,0%	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	,0%	2,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,9%
	% of Total	,0%	,0%	,0%	,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,9%
TGM	Count	0	2	8	40	0	0	0	0	0	0	0	50
	% within gyarto	,0%	4,0%	16,0%	80,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	1,3%	4,6%	7,3%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	3,4%
	% of Total	,0%	,1%	,5%	2,7%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	3,4%
THY	Count	4	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	12
	% within gyarto	33,3%	50,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	16,7%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	7,5%	3,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	3,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,8%
	% of Total	,3%	,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,1%	,0%	,0%	,0%	,0%	,8%
UNI	Count	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	9
	% within gyarto	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	,0%	,0%	2,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,6%
	% of Total	,0%	,0%	,0%	,0%	,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,6%
VTSZ	Count	0	0	40	123	43	0	0	0	0	0	0	206
	% within gyarto	,0%	,0%	19,4%	59,7%	20,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	100,0%
	% within gyarev	,0%	,0%	23,0%	22,4%	11,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	13,9%
	% of Total	,0%	,0%	2,7%	8,3%	2,9%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	13,9%
	Count	53	156	174	550	371	101	52	8	10	5	5	1485
	% within gyarto	3,6%	10,5%	11,7%	37,0%	25,0%	6,8%	3,5%	,5%	,7%	,3%	,3%	100,0%
	% within gyarev	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% of Total	3,6%	10,5%	11,7%	37,0%	25,0%	6,8%	3,5%	,5%	,7%	,3%	,3%	100,0%

6. A gyártó és az űrtartalom kereszttáblája

Az alábbi táblázatból megtudhatjuk, melyik gyártó milyen arányban gyártott 3 és 5 köbméteres tartályokat.

gyarto * m3 Crosstabulation

			m3		Total
			3	5	
gyarto	A4G	Count	46	74	**120**
		% within gyarto	38,3%	61,7%	**100,0%**
		% within m3	8,5%	7,8%	**8,1%**
		% of Total	3,1%	5,0%	**8,1%**
	BKG	Count	18	1	**19**
		% within gyarto	94,7%	5,3%	**100,0%**
		% within m3	3,3%	,1%	**1,3%**
		% of Total	1,2%	,1%	**1,3%**
	BVG	Count	17	11	**28**
		% within gyarto	60,7%	39,3%	**100,0%**
		% within m3	3,1%	1,2%	**1,9%**
		% of Total	1,1%	,7%	**1,9%**
	DEL	Count	8	1	**9**
		% within gyarto	88,9%	11,1%	**100,0%**
		% within m3	1,5%	,1%	**,6%**
		% of Total	,5%	,1%	**,6%**
	ERM	Count	2	28	**30**
		% within gyarto	6,7%	93,3%	**100,0%**
		% within m3	,4%	3,0%	**2,0%**
		% of Total	,1%	1,9%	**2,0%**
	FMF	Count	48	219	**267**
		% within gyarto	18,0%	82,0%	**100,0%**
		% within m3	8,9%	23,2%	**18,0%**
		% of Total	3,2%	14,7%	**18,0%**
	GF	Count	166	408	**574**
		% within gyarto	28,9%	71,1%	**100,0%**
		% within m3	30,6%	43,3%	**38,7%**
		% of Total	11,2%	27,5%	**38,7%**
	KRA	Count	57	91	**148**
		% within gyarto	38,5%	61,5%	**100,0%**
		% within m3	10,5%	9,7%	**10,0%**
		% of Total	3,8%	6,1%	**10,0%**
	SVG	Count	0	13	**13**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within m3	,0%	1,4%	**,9%**
		% of Total	,0%	,9%	**,9%**
	TGM	Count	2	47	**49**
		% within gyarto	4,1%	95,9%	**100,0%**
		% within m3	,4%	5,0%	**3,3%**
		% of Total	,1%	3,2%	**3,3%**
	THY	Count	0	12	**12**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within m3	,0%	1,3%	**,8%**
		% of Total	,0%	,8%	**,8%**
	TOT	Count	1	0	**1**
		% within gyarto	100,0%	,0%	**100,0%**
		% within m3	,2%	,0%	**,1%**
		% of Total	,1%	,0%	**,1%**
	UNI	Count	0	9	**9**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within m3	,0%	1,0%	**,6%**
		% of Total	,0%	,6%	**,6%**
	VTSZ	Count	177	29	**206**
		% within gyarto	85,9%	14,1%	**100,0%**
		% within m3	32,7%	3,1%	**13,9%**
		% of Total	11,9%	2,0%	**13,9%**
Total		**Count**	**542**	**943**	**1485**
		% within gyarto	**36,5%**	**63,5%**	**100,0%**
		% within m3	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**
		% of Total	**36,5%**	**63,5%**	**100,0%**

7. Gyártó és a beágyazottság kereszttáblája

Az alábbi táblázat a gyártó és a gyártási beágyazottság kereszttáblája.

gyarto * föld Crosstabulation

			föld		Total
			FA	FF	FA
gyarto	A4G	Count	0	120	**120**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	8,4%	**8,1%**
		% of Total	,0%	8,1%	**8,1%**
	BKG	Count	0	19	**19**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	1,3%	**1,3%**
		% of Total	,0%	1,3%	**1,3%**
	BVG	Count	0	28	**28**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	2,0%	**1,9%**
		% of Total	,0%	1,9%	**1,9%**
	DEL	Count	9	0	**9**
		% within gyarto	100,0%	,0%	**100,0%**
		% within föld	14,1%	,0%	**,6%**
		% of Total	,6%	,0%	**,6%**
	ERM	Count	0	30	**30**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	2,1%	**2,0%**
		% of Total	,0%	2,0%	**2,0%**
	FMF	Count	20	247	**267**
		% within gyarto	7,5%	92,5%	**100,0%**
		% within föld	31,3%	17,4%	**18,0%**
		% of Total	1,3%	16,6%	**18,0%**
	GF	Count	17	557	**574**
		% within gyarto	3,0%	97,0%	**100,0%**
		% within föld	26,6%	39,2%	**38,7%**
		% of Total	1,1%	37,5%	**38,7%**
	KRA	Count	3	145	**148**
		% within gyarto	2,0%	98,0%	**100,0%**
		% within föld	4,7%	10,2%	**10,0%**
		% of Total	,2%	9,8%	**10,0%**
	SVG	Count	0	13	**13**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	,9%	**,9%**
		% of Total	,0%	,9%	**,9%**
	TGM	Count	0	49	**49**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	3,4%	**3,3%**
		% of Total	,0%	3,3%	**3,3%**
	THY	Count	12	0	**12**
		% within gyarto	100,0%	,0%	**100,0%**
		% within föld	18,8%	,0%	**,8%**
		% of Total	,8%	,0%	**,8%**
	TOT	Count	0	1	**1**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	,1%	**,1%**
		% of Total	,0%	,1%	**,1%**
	UNI	Count	0	9	**9**
		% within gyarto	,0%	100,0%	**100,0%**
		% within föld	,0%	,6%	**,6%**
		% of Total	,0%	,6%	**,6%**
	VTSZ	Count	3	203	**206**
		% within gyarto	1,5%	98,5%	**100,0%**
		% within föld	4,7%	14,3%	**13,9%**
		% of Total	,2%	13,7%	**13,9%**
Total		**Count**	**64**	**1421**	**1485**
		% within gyarto	**4,3%**	**95,7%**	**100,0%**
		% within föld	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**
		% of Total	**4,3%**	**95,7%**	**100,0%**

8. Gyártó és a falvastagság kereszttáblája

Az alábbi táblázat a gyártó és a gyártási falvastagság kereszttáblája.

gyarto * VASTAG Crosstabulation

		VASTAG							Total
		5,1	5,9	6,0	6,4	6,5	7,0	8,0	
A4G	Count	0	0	21	0	0	0	0	**21**
	% within gyarto	,0%	,0%	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	28,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	**19,3%**
	% of Total	,0%	,0%	19,3%	,0%	,0%	,0%	,0%	**19,3%**
BKG	Count	0	0	1	0	0	2	0	**3**
	% within gyarto	,0%	,0%	33,3%	,0%	,0%	66,7%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	1,4%	,0%	,0%	66,7%	,0%	**2,8%**
	% of Total	,0%	,0%	,9%	,0%	,0%	1,8%	,0%	**2,8%**
BVG	Count	0	0	4	0	0	1	0	**5**
	% within gyarto	,0%	,0%	80,0%	,0%	,0%	20,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	5,4%	,0%	,0%	33,3%	,0%	**4,6%**
	% of Total	,0%	,0%	3,7%	,0%	,0%	,9%	,0%	**4,6%**
DEL	Count	3	0	0	0	0	0	0	**3**
	% within gyarto	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	12,5%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**2,8%**
	% of Total	2,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**2,8%**
ERM	Count	7	0	0	0	0	0	0	**7**
	% within gyarto	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	29,2%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**6,4%**
	% of Total	6,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**6,4%**
FMF	Count	0	0	21	0	1	0	1	**23**
	% within gyarto	,0%	,0%	91,3%	,0%	4,3%	,0%	4,3%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	28,4%	,0%	20,0%	,0%	100,0%	**21,1%**
	% of Total	,0%	,0%	19,3%	,0%	,9%	,0%	,9%	**21,1%**
GF	Count	0	0	11	0	2	0	0	**13**
	% within gyarto	,0%	,0%	84,6%	,0%	15,4%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	14,9%	,0%	40,0%	,0%	,0%	**11,9%**
	% of Total	,0%	,0%	10,1%	,0%	1,8%	,0%	,0%	**11,9%**
KRA	Count	7	0	2	1	0	0	0	**10**
	% within gyarto	70,0%	,0%	20,0%	10,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	29,2%	,0%	2,7%	100,0%	,0%	,0%	,0%	**9,2%**
	% of Total	6,4%	,0%	1,8%	,9%	,0%	,0%	,0%	**9,2%**
TGM	Count	0	1	5	0	0	0	0	**6**
	% within gyarto	,0%	16,7%	83,3%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	100,0%	6,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	**5,5%**
	% of Total	,0%	,9%	4,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	**5,5%**
THY	Count	7	0	0	0	0	0	0	**7**
	% within gyarto	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	29,2%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**6,4%**
	% of Total	6,4%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**6,4%**
UNI	Count	0	0	5	0	0	0	0	**5**
	% within gyarto	,0%	,0%	100,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	6,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	**4,6%**
	% of Total	,0%	,0%	4,6%	,0%	,0%	,0%	,0%	**4,6%**
VTSZ	Count	0	0	4	0	2	0	0	**6**
	% within gyarto	,0%	,0%	66,7%	,0%	33,3%	,0%	,0%	**100,0%**
	% within VASTAG	,0%	,0%	5,4%	,0%	40,0%	,0%	,0%	**5,5%**
	% of Total	,0%	,0%	3,7%	,0%	1,8%	,0%	,0%	**5,5%**
Total	**Count**	**24**	**1**	**74**	**1**	**5**	**3**	**1**	**109**
	% within gyarto	**22,0%**	**,9%**	**67,9%**	**,9%**	**4,6%**	**2,8%**	**,9%**	**100,0%**
	% within VASTAG	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**
	% of Total	**22,0%**	**,9%**	**67,9%**	**,9%**	**4,6%**	**2,8%**	**,9%**	**100,0%**

9. Kockázati osztályokon a változók eloszlása

A gyártó kockázati kategóriái és a gyártási év kockázati kategóriái szerint elvileg 9 csoport képezhető. A **gykockkod** változó 1 a **gykockazat** változó pedig 0,8, ha a gyártó cég BVG, FMF vagy THY, A **gykockkod** változó és a **gykockazat** változó értéke 3 illetve 1,2, ha a gyártó cég ERM, GF, SVG vagy TGM, egyébként az értékek 2 illetve 1 lesznek.

Hatástényező-járulék, 1-hez adódik		
-0,2	**0**	**0,2**
BVG	A4G	ERM
FMF	BKG	GF
THY	DEL	SVG
	KRA	TGM
	UNI	
	VTSZ	

Az **evkockod** változó 1, ha a gyártási év 1994 előtt volt, 2 ha 1994 és 1997 között gyártották, 3 ha 1997 után gyártották. A **evkockazat** változó értékeit az alábbi táblázat mutatja.

Gyártási év: minőség, kapkodás		
1,2	1992-1993	előttiek
1,4	1994-1997	után
1	1997	utániak

A 9 csoport eszerint (gykock=i, evkock=j), i=1,2,3.

gykockkod	evkockkod	gyak	szazalek
1	1	11,00	,70
2	1	178,00	11,90
3	1	20,00	1,30
1	2	290,00	19,50
2	2	317,00	21,30
3	2	589,00	39,50
1	3	9,00	,60
2	3	19,00	1,30
3	3	58,00	3,90

A legnagyobb csoport a (3, 2) csoport, 589 tartállyal (39,5%).

Az alábbi táblázatokban az olvasható, hogy az egyes csoportokban milyen a mért falvastagság átlaga és szórása:

kockklaszter		UHVASTMIN	UHVASTMAX	BECSVAST	FOGYAS
(1, 1)	Mean				,0000
	Std. Deviation				,00000
	N				11
(2, 1)	Mean	6,3863	6,6281	6,8125	,0024
	Std. Deviation	,58035	,60139	,51235	,00891
	N	16	16	16	178
(3, 1)	Mean	5,4000	6,4000	6,0000	,0019
	Std. Deviation	.	.	.	,00839
	N	1	1	1	20
(1, 2)	Mean	6,0341	6,3670	6,4630	,0029
	Std. Deviation	,19355	,39250	,27477	,01078
	N	27	27	27	290
(2, 2)	Mean	6,1655	6,4795	6,5455	,0019
	Std. Deviation	,34183	,39800	,37509	,00802
	N	22	22	22	317
(3, 2)	Mean	6,2590	6,4962	6,7143	,0016
	Std. Deviation	,29100	,33342	,37090	,00781
	N	29	29	28	588
(1, 3)	Mean				,0000
	Std. Deviation				,00000
	N				9
(2, 3)	Mean	6,8157	6,8829	7,2857	,0034
	Std. Deviation	1,18688	1,15623	1,21988	,01458
	N	7	7	7	19
(3, 3)	Mean	6,2480	6,3320	6,5000	,0020
	Std. Deviation	,13755	,10498	,00000	,00740
	N	5	5	5	58
Total	Mean	6,2299	6,4966	6,6509	,0020
	Std. Deviation	,47597	,49393	,50318	,00869
	N	107	107	106	1490

Bizonyos klaszterekhez nem tartozik (pl. az (1, 1) és (1, 3) klaszterekhez) mérési adat.

10. A károsodási szám szerinti eloszlások

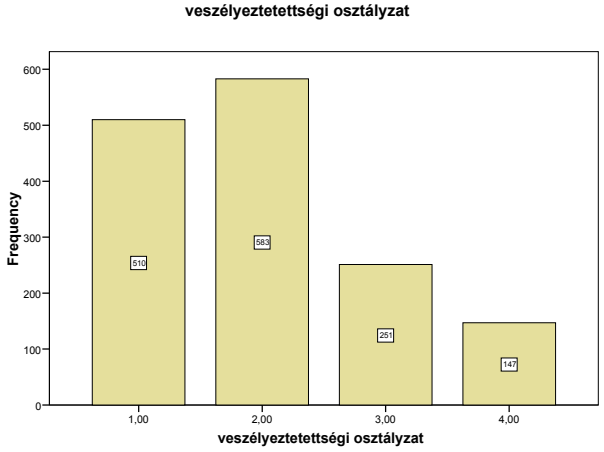
A károsodási szám (ksz) alapján 4 csoportot lehet kialakítani:

36,14705882	**4**
122,3590031	**3**
122,9354737	**2**
123,3354737	**1**

Az új csoportazonosító a VO (veszélyeztetettségi osztályzat) változó. Ennek statisztikái:

vo

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,00	510	34,2	34,2	34,2
	2,00	583	39,1	39,1	73,3
	3,00	251	16,8	16,8	90,1
	4,00	147	9,9	9,9	100,0
	Total	1491	100,0	100,0	



3/9. ábra

A veszélyeztetettségi osztályzat és kockázati klaszterek együttes eloszlása:

		Veszélyeztetettségi osztályzat				Total
		1	2	3	4	1,00
kockklaszter	(1, 1)	1	4	6	0	11
	(2, 1)	41	97	25	15	178
	(3, 1)	15	0	5	0	20
	(1, 2)	0	220	20	50	290
	(2, 2)	4	262	17	34	317
	(3, 2)	449	0	106	34	589
	(1, 3)	0	0	7	2	9
	(2, 3)	0	0	12	7	19
	(3, 3)	0	0	53	5	58
Total		510	583	251	147	1491

Az 1-es Veszélyeztetettségi osztályzattal rendelkező tartályok statisztikai eloszlásai:

VO=1

gyarto

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A4G	41	8,0	8,0	8,0
	BKG	2	,4	,4	8,4
	ERM	23	4,5	4,5	12,9
	GF	391	76,7	76,7	89,6
	SVG	9	1,8	1,8	91,4
	TGM	41	8,0	8,0	99,4
	THY	1	,2	,2	99,6
	VTSZ	2	,4	,4	100,0
	Total	510	100,0	100,0	

gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	42	8,2	8,2	8,2
	1993	15	2,9	2,9	11,2
	1994	61	12,0	12,0	23,1
	1995	186	36,5	36,5	59,6
	1996	206	40,4	40,4	100,0
	Total	510	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	1	,2	,2	,2
	FF	509	99,8	99,8	100,0
	Total	510	100,0	100,0	

ELTKOR

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	13	206	40,4	40,4	40,4
	14	186	36,5	36,5	76,9
	15	61	12,0	12,0	88,8
	16	15	2,9	2,9	91,8
	17	42	8,2	8,2	100,0
	Total	510	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	176	34,5	34,5	34,5
	5	334	65,5	65,5	100,0
	Total	510	100,0	100,0	

VO=2 gyarto

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A4G	43	7,4	7,4	7,4
	BKG	10	1,7	1,7	9,1
	BVG	21	3,6	3,6	12,7
	FMF	200	34,3	34,3	47,0
	KRA	126	21,6	21,6	68,6
	THY	3	,5	,5	69,1
	UNI	1	,2	,2	69,3
	VTSZ	179	30,7	30,7	100,0
	Total	583	100,0	100,0	

gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1993	101	17,3	17,3	17,3
	1994	70	12,0	12,0	29,3
	1995	300	51,5	51,5	80,8
	1996	112	19,2	19,2	100,0
	Total	583	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	264	45,3	45,3	45,3
	5	319	54,7	54,7	100,0
	Total	583	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	18	3,1	3,1	3,1
	FF	565	96,9	96,9	100,0
	Total	583	100,0	100,0	

VO=3 gyarto

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A4G	19	7,6	7,6	7,6
	BKG	1	,4	,4	8,0
	BVG	1	,4	,4	8,4
	DEL	9	3,6	3,6	12,0
	ERM	7	2,8	2,8	14,7
	FMF	24	9,6	9,6	24,3
	GF	148	59,0	59,0	83,3
	KRA	13	5,2	5,2	88,4
	SVG	4	1,6	1,6	90,0
	TGM	5	2,0	2,0	92,0
	THY	8	3,2	3,2	95,2
	UNI	5	2,0	2,0	97,2
	VTSZ	7	2,8	2,8	100,0
	Total	251	100,0	100,0	

gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	7	2,8	2,8	2,8
	1993	29	11,6	11,6	14,3
	1994	18	7,2	7,2	21,5
	1995	19	7,6	7,6	29,1
	1996	14	5,6	5,6	34,7
	1997	92	36,7	36,7	71,3
	1998	45	17,9	17,9	89,2
	1999	7	2,8	2,8	92,0
	2000	10	4,0	4,0	96,0
	2006	5	2,0	2,0	98,0
	2007	5	2,0	2,0	100,0
	Total	251	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	41	16,3	16,4	16,4
	FF	209	83,3	83,6	100,0
	Total	250	99,6	100,0	
Missing	0	1	,4		
Total		251	100,0		

ELTKOR

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	5	2,0	2,0	2,0
	3	5	2,0	2,0	4,0
	9	10	4,0	4,0	8,0
	10	7	2,8	2,8	10,8
	11	45	17,9	17,9	28,7
	12	92	36,7	36,7	65,3
	13	14	5,6	5,6	70,9
	14	19	7,6	7,6	78,5
	15	18	7,2	7,2	85,7
	16	29	11,6	11,6	97,2
	17	7	2,8	2,8	100,0
	Total	251	100,0	100,0	

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	51	20,3	20,4	20,4
	5	199	79,3	79,6	100,0
	Total	250	99,6	100,0	
Missing	0	1	,4		
Total		251	100,0		

VO=4 gyarto

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A4G	17	11,6	11,7	11,7
	BKG	6	4,1	4,1	15,9
	BVG	6	4,1	4,1	20,0
	FMF	46	31,3	31,7	51,7
	GF	35	23,8	24,1	75,9
	KRA	9	6,1	6,2	82,1
	TGM	4	2,7	2,8	84,8
	TOT	1	,7	,7	85,5
	UNI	3	2,0	2,1	87,6
	VTSZ	18	12,2	12,4	100,0
	Total	145	98,6	100,0	
Missing	0	2	1,4		
Total		147	100,0		

gyarev

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1992	4	2,7	2,8	2,8
	1993	11	7,5	7,8	10,6
	1994	25	17,0	17,7	28,4
	1995	45	30,6	31,9	60,3
	1996	39	26,5	27,7	87,9
	1997	9	6,1	6,4	94,3
	1998	7	4,8	5,0	99,3
	1999	1	,7	,7	100,0
	Total	141	95,9	100,0	
Missing	0	6	4,1		
Total		147	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	4	2,7	2,8	2,8
	FF	140	95,2	97,2	100,0
	Total	144	98,0	100,0	
Missing	0	3	2,0		
Total		147	100,0		

ELTKOR

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	10	1	,7	,7	,7
	11	7	4,8	5,0	5,7
	12	9	6,1	6,4	12,1
	13	39	26,5	27,7	39,7
	14	45	30,6	31,9	71,6
	15	25	17,0	17,7	89,4
	16	11	7,5	7,8	97,2
	17	4	2,7	2,8	100,0
	Total	141	95,9	100,0	
Missing	2009	6	4,1		
Total		147	100,0		

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	51	34,7	35,4	35,4
	5	93	63,3	64,6	100,0
	Total	144	98,0	100,0	
Missing	0	3	2,0		
Total		147	100,0		

11. Nyomástartó edények homogén csoportokba osztása klaszterezéssel

A nyomástartó edényekről (tartályokról) az adatbázisból az alábbi folytonos és diszkrét (azaz kategória) változókat használjuk a csoportosításhoz.

A változó neve	**A változó jelentése**	**A változó típusa**
ELTKOR	A tartály üzembeállítása óta eltelt évek száma	Folytonos
HNYPNY	Hidraulikus nyomáspróba nyomása	Folytonos
HNYPSZ	Hidraulikus nyomáspróbák száma	Folytonos
VASTAG	Névleges falvastagság	Folytonos
gykock	A gyártási kockázat	Diszkrét
evkock	A gyártási év kockázata	Diszkrét
fk	Földfeletti/földalatti	Diszkrét
mk	Űrtartalom	Diszkrét

Folytonosnak akkor tekintünk egy változót, ha elvileg egy intervallum bármely pontjában felveheti az értékeit. Diszkrét változó lehetséges értékei egy véges halmazt alkotnak.

A csoportosításkor első lépésben klaszterezzük az állományt a HNYPNY, HNYPSZ, ELTKOR folytonos változó alapján a k-közép módszerrel az Euklideszi-metrika szerint. A VASTAG változóból csak 107 értékes adat áll rendelkezésre, ami leszűkítené a csoportosításba bevonható tartályok számát. A kialakított klaszterek száma 3. Így keletkezik egy qcl nevű diszkrét változó, melynek lehetséges értékei: 1, 2 és 3. Az értékeknek nincs önálló jelentésük és jelentőségük. Az azonos qcl címkéjű tartályok folytonos jellemzői egymáshoz közel esnek a háromdimenziós Euklideszi térben, vagyis a folytonos változók alapján az egy klaszterbe tartozó tartályok homogénnek tekinthetők.

A klaszterezés eredménye:

Final Cluster Centers

	Cluster		
	1	2	3
ELTKOR	3	15	13
HNYPNY	19,5	19,5	19,5
HNYPSZ	1	2	2

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	10,000
	2	918,000
	3	535,000
Valid		1463,000
Missing		28,000

A csoportosítás második lépése az, hogy a diszkrét változók segítségével képezzük az

ertek=(gykockkod-1)+(evkockkod-1)*3+(fk-1)*9+(mk-1)*27+(qcl-1)*81

változót, amivel minden 5 elemű kategória-kombinációhoz hozzárendelünk egy azonosító címkét. Elvileg 3*3*2*2*3=108 5 elemű kategória-kombináció lehetséges.

Természetesen, a lehetséges címkéken az eloszlás nem egyenletes, esetünkben a tartályok 57%-a csak 5 címkéhez sorolódik, 88%-a 11 címkéhez, 96 %-a 17 címkéhez sorolódik és összesen 35 címkéhez tartozik csak legalább egy tartály. Az egy címkéhez tartozó tartályok veszélyeztetettség szempontjából azonosnak tekintendők.

Következő lépés az, hogy a homogén csoportok veszélyeztetettségét lemérjük vagy kikövetkeztessük megfelelő statisztikai pontossággal.

12. Klaszterezés az évkockázat és a gyártási kockázat alapján

A gyártó kockázati kategóriái és a gyártási év kockázati kategóriái szerint 9 csoportra (klaszterre) lehet bontani az állományt. Az első táblázat a KSZ változó átlagait, szórásait mutatja a klasztereken a második a klaszterek méreteinek eloszlását mutatja.

A klaszterek jelentése:

gykock=1, evkock=1, klaszter=0

gykock=1, evkock=2, klaszter=3

gykock=1, evkock=3, klaszter=6

gykock=2, evkock=1, klaszter=1

gykock=2, evkock=2, klaszter=4

gykock=2, evkock=3, klaszter=7

gykock=3, evkock=1, klaszter=2

gykock=3, evkock=2, klaszter=5

gykock=3, evkock=3, klaszter=8

Report ksz

klaszter	Mean	N	Std. Deviation
,00	83,5182	11	37,96603
1,00	77,9034	178	129,21840
2,00	104,0050	20	34,42657
3,00	73,7814	290	133,23031
4,00	84,6732	317	121,32482
5,00	97,6326	589	103,37234
6,00	93,7778	9	41,30417
7,00	21,1895	19	134,29977
8,00	84,8190	58	127,95625
Total	86,3684	1491	117,44048

A klaszterek kockázati számainak átlagai, elemszámai és kockázati szám szórásai (A kockázati szám az (3,1) klaszterben a legnagyobb, az (2,3)-ban a legkisebb.)

klaszter

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	,00	11	,7	,7	,7
	1,00	178	11,9	11,9	12,7
	2,00	20	1,3	1,3	14,0
	3,00	290	19,5	19,5	33,5
	4,00	317	21,3	21,3	54,7
	5,00	589	39,5	39,5	94,2
	6,00	9	,6	,6	94,8
	7,00	19	1,3	1,3	96,1
	8,00	58	3,9	3,9	100,0
	Total	1491	100,0	100,0	

A klaszterek elemszámai, százalékos eloszlásuk.

13. Diszkriminanciaanalízis

A diszkriminanciaanalízis módszerével megvizsgálható, hogy a változók segítségével mennyire lehet a klasztereket beazonosítani (felismerni). Az eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza:

Classification Results: a 50,4% of original grouped cases correctly classified.

			Predicted Group Membership						Total
		ertek1	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	8,00	1,00
Original	Count	1,00	172	0	0	6	0	0	178
		2,00	19	1	0	0	0	0	20
		3,00	0	2	164	19	105	0	290
		4,00	0	3	173	83	58	0	317
		5,00	0	1	196	71	321	0	589
		8,00	0	0	0	0	47	11	58
	%	1,00	96,6	,0	,0	3,4	,0	,0	100,0
		2,00	95,0	5,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		3,00	,0	,7	56,6	6,6	36,2	,0	100,0
		4,00	,0	,9	54,6	26,2	18,3	,0	100,0
		5,00	,0	,2	33,3	12,1	54,5	,0	100,0
		8,00	,0	,0	,0	,0	81,0	19,0	100,0

Az eredmények lényege, hogy a HNYPNY, HNYPSZ, BECSVAS, ELTKOR változók alapján a klaszterek 50,4%-át lehet beazonosítani. Miután a 2-es, 4-es és 8-as klaszter felismerése igen gyenge, a diszkriminanciaanalízis eredménye negatív. A klaszterek nem a nevezett folytonos változók szerint keletkeznek.

14. A klaszterek leíró statisztikái

Megtekinthető, hogy az egyes klasztereken milyen a folytonos (ELTKOR, HNYPNY, HNYPSZ, BECSVAST) és diszkrét változók (m3, föld) eloszlása.

Report

ertek1		ELTKOR	HNYPNY	HNYPSZ	BECSVAST
,00	Mean	16,36	19,382	2,36	
	N	11	11	11	
	Std. Deviation	,505	,3920	,505	
1,00	Mean	16,27	19,521	2,21	6,8125
	N	178	173	178	16
	Std. Deviation	,445	,1132	,582	,51235
2,00	Mean	16,05	19,580	2,05	6,0000
	N	20	20	20	1
	Std. Deviation	,224	,2462	,224	.
3,00	Mean	13,68	19,516	1,98	6,4630
	N	290	287	290	27
	Std. Deviation	,626	,2093	,203	,27477
4,00	Mean	14,09	19,518	1,96	6,5455
	N	317	310	317	22
	Std. Deviation	,663	,1118	,294	,37509
5,00	Mean	13,43	19,508	1,99	6,7143
	N	589	587	589	28
	Std. Deviation	,900	,0684	,116	,37090
6,00	Mean	11,00	19,356	2,00	
	N	9	9	9	
	Std. Deviation	,000	,4333	,000	
7,00	Mean	4,46	19,500	,74	7,2857
	N	13	12	19	7
	Std. Deviation	3,755	,0000	,653	1,21988
8,00	Mean	10,52	19,509	1,60	6,5000
	N	58	54	58	5
	Std. Deviation	,778	,0680	,591	,00000
Total	Mean	13,81	19,512	1,98	6,6509
	N	1485	1463	1491	106
	Std. Deviation	1,676	,1342	,355	,50318

A klaszterekben HNYPNY, HNYPSZ, BECSVAST, ELTKOR változók átlagai, szórásai.

Klaszter=0, gykockkod=1, evkockkod=1

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	542	36,4	36,4	36,4
	5	945	63,4	63,6	100,0
	Total	1487	99,7	100,0	
Missing	0	4	,3		
Total		1491	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	64	4,3	4,3	4,3
	FF	1423	95,4	95,7	100,0
	Total	1487	99,7	100,0	
Missing	0	4	,3		
Total		1491	100,0		

Klaszter=1, gykockkod=2, evkockkod=1

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	73	41,0	41,0	41,0
	5	105	59,0	59,0	100,0
	Total	178	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	1	,6	,6	,6
	FF	177	99,4	99,4	100,0
	Total	178	100,0	100,0	

Klaszter=2, gykockkod=3, evkockkod=1

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	61	21,0	21,3	21,3
	5	226	77,9	78,7	100,0
	Total	287	99,0	100,0	
Missing	0	3	1,0		
Total		290	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	13	4,5	4,5	4,5
	FF	274	94,5	95,5	100,0
	Total	287	99,0	100,0	
Missing	0	3	1,0		
Total		290	100,0		

Klaszter=3, gykockkod=1, evkockkod=2

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	219	69,1	69,1	69,1
	5	98	30,9	30,9	100,0
	Total	317	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	5	1,6	1,6	1,6
	FF	312	98,4	98,4	100,0
	Total	317	100,0	100,0	

Klaszter=4, gykockkod=2, evkockkod=2

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	157	26,7	26,7	26,7
	5	431	73,2	73,3	100,0
	Total	588	99,8	100,0	
Missing	0	1	,2		
Total		589	100,0		

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FF	588	99,8	100,0	100,0
Missing	0	1	,2		
Total		589	100,0		

Klaszter=5, gykockkod=3, evkockkod=2

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	4	44,4	44,4	44,4
	5	5	55,6	55,6	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	9	100,0	100,0	100,0

Klaszter=6, gykockkod=1, evkockkod=3

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	15	78,9	78,9	78,9
	5	4	21,1	21,1	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	9	47,4	47,4	47,4
	FF	10	52,6	52,6	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Klaszter=7, gykockkod=2, evkockkod=3

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	15	78,9	78,9	78,9
	5	4	21,1	21,1	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	9	47,4	47,4	47,4
	FF	10	52,6	52,6	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Klaszter=8, gykockkod=2, evkockkod=3

m3

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	11	19,0	19,0	19,0
	5	47	81,0	81,0	100,0
	Total	58	100,0	100,0	

föld

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	FA	17	29,3	29,3	29,3
	FF	41	70,7	70,7	100,0
	Total	58	100,0	100,0	

15. Regressziós vizsgálat a folytonos változók és a mért falvastagság között

Az UHVASTMIN (mért falvastagság) változót lineáris regresszióval szeretnénk kifejezni az ELTKOR, HNYPNY, HNYPSZ és VASTAG (névleges vastagság) folytonos változók segítségével. A regressziós illesztés eredményei:

Warnings

For models with dependent variable UHVASTMIN, the following variables are constants or have missing correlations: HNYPSZ. They will be deleted from the analysis.

A HNYPSZ változót ki kell vennünk a modellből, mert a azoknál a tartályoknál, ahol történt uh-mérés, a HNYPSZ változó konstans, azaz 0 a szórás.

Variables Entered/Removed(b)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	VASTAG, HNYPNY, ELTKOR(a)	.	Enter

a = All requested variables entered, b = Dependent Variable: UHVASTMIN

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,984(a)	,968	,921	,23870

a Predictors: (Constant), VASTAG, HNYPNY, ELTKOR

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,471	3	1,157	20,309	,047(a)
	Residual	,114	2	,057		
	Total	3,585	5			

a Predictors: (Constant), VASTAG, HNYPNY, ELTKOR

b Dependent Variable: UHVASTMIN

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-13,694	8,681		-1,577	,255
	ELTKOR	,332	,066	,942	5,063	,037
	HNYPNY	,049	,354	,020	,140	,902
	VASTAG	2,531	,370	1,389	6,840	,021

a Dependent Variable: UHVASTMIN

A regresszió jó lett, a meghatározottsági együttható 96,8%. A HNYPNY és a konstans (constant) értéke nem szignifikáns az összefüggésben. Az életkor és a vastagság pozitív korrelációban van a UHVASTMIN változóval. A fenti összefüggés szerint jó esély van arra, hogy a még nem mért tartályok esetén pontos becslést adhassunk az UHVASTMIN értékekre!

4. melléklet

A pébégáztartályok maradék élettartamát befolyásoló tényezők károsodási osztályozási rendszere

A kutatási szerződés első részfeladatában elvégeztük a pébégáztartályok műszaki és üzemeltetési adatainak összegyűjtését és rendszerezését, amely munka alapvetően a PÉBÉ-COOP Kft.-től kapott elektronikus dokumentumokban megkapott adatoknak egy szakértői adatbázisba való rendezését jelentette. Az adatbázis elkészítésével egyidejűleg reprezentatív mintavételezéssel tanulmányoztuk több, mint száz tartály edénygépkönyvét. Ezek alapján 2009 júniusának végére elkészült a szakértői adatbázis első változata, amely alkalmas volt arra, hogy meghatározzuk az állapotfelmérési és a modellezési munkaszakaszban érintett tartályok halmazát, és elkezdjük ezek vizsgálatát.

Mindeközben folyamatosan gyűjtöttük a gyártói, az üzemeltetői és az anyagvizsgálati tapasztalatokat. Ezeket mérlegelve lehetett kialakítani és folyamatosan pontosítani az innovációs program fő célkitűzéseként kidolgozandó műszaki szakértői rendszert, az ún. ***károsodási osztályozási rendszert (KOR)***. A károsodási osztályozási rendszer (KOR*) tehát a tartályok károsodási mértékének értékelésére és osztályokba sorolására szolgáló állapotértékelési és osztályozási rendszer, amely rendeltetése szerint biztosítani tudja a PÉBÉ-COOP Kft. által üzemeltetett tartályállományra a következő lehetőségeket:

- A pébégáztartályoknak a mechanikai és korróziós károsodási folyamatokon alapuló állapotértékelését.
- A folyamatosan keletkező anyagvizsgálati eredmények figyelembevételét.
- Az egyes tartályok károsodási mértékének számszerűsített becslését.
- A tartályok károsodási mértéke alapján veszélyeztetettségi / károsodási osztályokba sorolásukat, megteremtve ezzel a karbantartási tevékenység számára lényeges mintavételezés és visszacsatolás átfogó feltételrendszerét.
- Végül a KOR lehetővé teszi az egyes tartályokra, valamint a tartályok tetszőleges csoportjaira vonatkozóan a maradék élettartam meghatározását.

1. A károsodási osztályozási rendszerben (KOR) figyelembe vett adatok

A károsodási osztályozási rendszer (KOR) a tartálygyártás és -üzemeltetés mérnöki alapadataira, roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgálati eredményekre és azok műszaki-kritikai értékelésére épül.

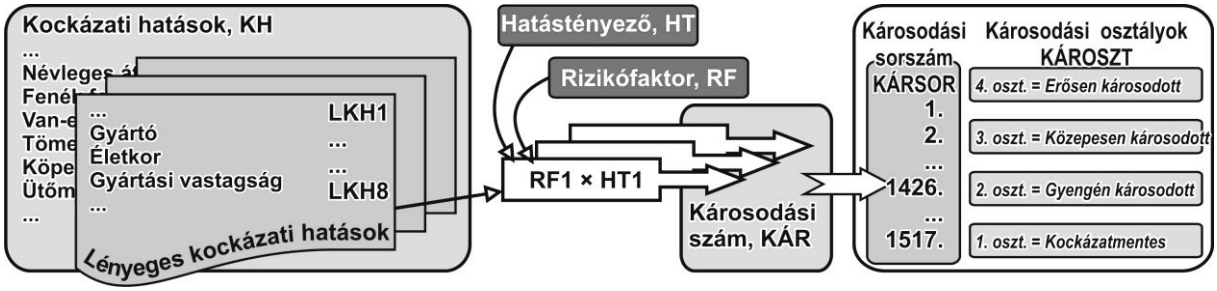
a) A pébégáztartályok műszaki adatai: méretek, alapanyagok, a tartályok gyártásával és üzembe helyezésével kapcsolatos adatok.
b) A pébégáztartályok üzemeltetői adatai: üzemtani adatok, felülvizsgálati adatok, karbantartási adatok.
c) A pébégáztartályok végeselemes módszerrel elkészített terhelési modellezésének eredményei: a töltések, a nyomáspróbák, az üzemszerű elmozdulások és a különféle méretű felületi hibák hatásának elemzése.
d) Az innovációs programban végzett állapotfelmérés eredményei: helyszíni anyagvizsgálatok, reprezentatív minták, teljes körű mechanikai és korróziós állapotfelmérése.

A KOR azonban informatikailag még nem valódi adatbázis. Csak akkor működhet igazán hatékonyan, ha a méréseken alapuló bemeneti adatai folyamatosan bővülnek, de főleg, ha minden olyan adatot „valódi” adatbázisba integrál, amely a PÉBÉ-COOP Kft. üzemeltetői gyakorlatában fontos. Éppen ezért itt is javasoljuk, hogy az üzemeltetői feladatokhoz szükséges informatikai rendszer és a KOR egységes adatbázisba legyen építve.

* A jelen mellékletben gyakran alkalmazunk rövidítéseket a szakértői rendszer egyes összetevőinek megnevezésénél. Ennek az az oka, hogy az elektronikus adatbázisban ezekkel a rövidítésekkel jelöljük őket.

2. A károsodási osztályozási rendszer (KOR) összetevői

A károsodási osztályozási rendszer (KOR) felépítését a 4/1. ábra szemlélteti.



4/1. ábra – A károsodási osztályozási rendszer felépítésének vázlata

a) A szakértői munka kezdetén meghatároztuk a pébégáztartályok károsodási folyamatára hatással lévő tényezőket, ezek az ún. ***kockázati hatások (KH)***.
Az alábbi táblázat tartalmazza a károsodási osztályozási rendszer (KOR) felépítése során felmerült azon jellemzőket, amelyek figyelembevételére bármilyen indok felmerült. Közöttük vannak egymástól nem független kockázati hatások is. A kockázati hatások közé besorolt különféle tényezők száma 66 volt, de hangsúlyozni kívánjuk, hogy ez a szám akár jelentősen is bővülhet vagy szűkülhet, ha módosítunk az értékelés szempontrendszerén. A **vastagított betűvel** kiemelt tényezőket a KOR figyelembe veszi.

Kockázati hatás megnevezése	Kockázati hatás megnevezése
1. **Gyártó**	34. Össztömeg üzemben
2. **Gyártási év**	35. Üzemi nyomás
3. **Életkor (korrózió)**	36. Fenék Rm
4. Hidraulikus nyomáspróba nyomása	37. Fenék Si-%
5. **Hidraulikus nyomáspróbák száma**	38. Fenék Al-%
6. **Üzemi környezet (korrózió)**	39. Palást Rm
7. **Milyen hatások érték?**	40. Palást Si-%
8. **Hányszor javították és miért?**	41. Palást Al-%
9. **Falvastagság**	42. Méretezési szabvány
10. **Ultrahangos vizsgálat éve**	43. **Volt-e átfestve?**
11. **UH-vizsgálat 1. helyen**	44. Gyártási dátum
12. **UH-vizsgálat 2. helyen**	45. Tervezési nyomás
13. **UH-vizsgálat 3. helyen**	46. Fenékanyag műbizonylat száma
14. **UH-vizsgálat 4. helyen**	47. Palástanyag műbizonylat száma
15. Téli töltések száma	48. Varratgeometriai eltérések
16. Nyári töltések száma	49. Tartály ovalitása
17. **Névleges átmérő**	50. Tartály horpadása
18. Fenék folyáshatár	51. Tartály alkotótól való eltérése
19. Palást folyáshatár	52. Hosszvarrat gyökéhez használt eljárás
20. Van-e eltérési engedély	53. Hosszvarrat gyökéhez használt hegesztőanyag
21. Tömeg vízzel töltve	54. Hosszvarrat gyökvarratnál a védőgáz
22. Fenék anyaga	55. Hosszvarrat gyökénél használt fedőpor
23. Fenék ütőmunka -20°C	56. Hosszvarrat gyökénél használt fedett ívű huzal
24. Fenék nyúlás A5	57. Nyomáspróba / tömörségi próba nyomása
25. Palást anyaga	58. Nyomáspróba / tömörségi próba közege
26. Palást ütőmunka -20°C	59. Veszélyességi mutató
27. Palást nyúlás A5	60. Mekkora a lábtámasztás vastagsága?
28. Falvastagságpótlék	61. Mekkora a lábtámasztás hossza?
29. Engedélyezési nyomás	62. Milyen a lábtámasztás hegesztése?
30. Lábkialakítás	63. **Milyen állapotban van most?**
31. Térfogat	64. Milyen hibák szoktak előfordulni belül?
32. Névleges palásthossz	65. Milyen hibák szoktak előfordulni kívül?
33. Üres tömeg	66. Selejtezés éve

b) A KOR adatbázisába bevitt KH kockázati hatások mindegyikéhez adatot kell rendelni, amely adat a tartályok gyártási és üzemeltetési dokumentumaiból, karbantartási vagy vizsgálati adataiból származhat. A KH kockázati hatások számának gyarapítása viszonylag gyorsan megvalósítható, de egyáltalán nem kívánatos. Nem csak az kell, hogy gátat szabjon a felhasználni kívánt tényezők száma kordában tartásának, hogy általában nem könnyű valós adatokhoz jutni, de a józan szakmai megfontolás is.

c) A KH kockázati hatásokat a KOR rendszerszerűen értékeli. A jelenlegi értékelési módszert szakértői viták sorozata alakította ki, amelyet könnyű módosítani, mivel a szakértői rendszerbe módosítható paraméterekkel épülnek be annak alkotóelemei. Az egyes KH kockázati hatásokat elsőként fontosság szerint rangsoroltuk (hierarchia), és csak a legfontosabbnak ítélt KH kockázati hatásokat vittük tovább a számítási modulokba.

d) Az a) pontban említett és felsorolt *KH kockázati hatások* – összesen 66 db vetődött fel az elemzés során – közül kiválasztottuk a károsodási folyamatra lényeges hatást gyakorló, ún. ***lényeges kockázati hatásokat (LKH)***, amelyek száma nyolc (8). Ezeket oly módon rangsoroltuk, hogy a sorrendjük növekvő, erősödő károsodási hatást jelent.

e) A fontossági sorba rendezett LKH lényeges kockázati hatásokhoz külön-külön hozzárendeltünk egy-egy ún. ***hatástényezőt (HT)***. A hatástényező értéke egy meghatározott intervallumon belül mozoghat: ***hatástényező-intervallum (HTI)***. A hatástényező azt fejezi ki, hogy egy adott kockázati hatás mennyire erősen járul hozzá a tartály károsodásának folyamatához. A kevésbé jelentős kockázatúnak ítélt LKH-nál a HT értékek tartománya is kisebb, mint az erős kockázatúnak tekintett LKH-nál.

f) Az egyes kockázati hatásokhoz végül egy kockázati súlyszámot, másként ***rizikófaktort (RF)*** is rendeltünk, amely a károsodási jelentőség, fontosság mértékét hivatott megjeleníteni – nem feltétlenül lineáris rendszerben. A konkrét értékek hozzárendelését a 4. fejezetben indokoljuk mind a nyolc HT hatástényezőre. Az RF rizikófaktor növekvő értékei jelentenek nagyobb kockázatot, veszélyt, maradékélettartam-csökkentő hatást.

	Lényeges kockázati hatások, LKH	Hatástényező intervalluma, HTI	Rizikófaktor RF
1.	A tartályok gyártási minősége („kapkodás” a gyártás idején)	1,0 / 1,5 / 2,0	2
2.	A gyártó minősítése	1,0 / 1,5 / 2,0	2
3.	A tartályt ért mechanikai hatások	1,0 + n·0,5	2
4.	A tartály külső korróziós viszonyai	1,0 + n·1,0	3
5.	A tartályok életkora (korróziós idő)	1,0 – 3,0	3
6.	Hidraulikus nyomáspróbák száma a tartály üzemi élettartamán	1,0 + n·1,0	3
7.	A tényleges gyártási falvastagság	-n – 4,0	5
8.	Tényleges, mért falvastagság (ultrahangos méréssel)	1 – 5	9

g) A konkrét HT-értékek meghatározásának módja a nyolc LKH hatástényezőjére.

- HT1 = A tartályok gyártási minősége:
  Azt a körülményt fejezi ki, hogy a tartálygyártás első időszakában (1994 előtt) kevesebb volt a gyártók tapasztalata, míg 1994-95-ben eléggé feszített ütemű volt a termelés, és ez az általános minőséget is érinthette.
  A HT1 a szakértői rendszerbe már beépített adat, de paraméterei módosíthatók.
- HT2 = A gyártó minősítése:
  A gyártókat három csoportba soroltuk a várható minőség szubjektív szempontjai alapján. Az átlagostól jobb minősítést kapott a BVG, az FMF és a Thyssen, gyengébbet az Ermert, a Gönczi és Fia, az SVG és a Total.
  Az adatok a rendszerbe be vannak építve. Új gyártó esetén el kell végezni a gyártó minősítését, és a három kategória egyikébe való besorolását (lásd:).
- HT3 = A tartályt ért mechanikai hatások:
  A tartály szállításakor és karbantartásakor végzett emelések, valamint a helyszínen

bekövetkező alapsüllyedések számát veszi figyelembe.
A HT3 értékeire a rendszer jelenleg semmilyen adatot nem tartalmaz. Az adatok gyűjtését és bevitelét a rendszerbe a továbbiakban szükséges biztosítani.

- HT4 = A tartály külső korróziós viszonyai:
  Indirekt módon veszi figyelembe az értékelőrendszer a külső korróziót azzal, hogy a helyi vagy teljes újrafestést igénylő javításhoz rendeli a hatástényezőt.
  Ebben a vonatkozásban a rendszer jelenleg nem tartalmaz egyedi adatokat; azok gyűjtését és bevitelét a továbbiakban biztosítani szükséges.
  A külső korrózió miatt helyileg újrafestett tartályokon a falvastagság ultrahangos mérési pontjait ki kell egészíteni a külső korrózió miatt kezelt rész mérésével.
- HT5 = A tartályok életkora (korróziós idő):
  A belső korrózionak való kitettségi idővel arányos hatását veszi figyelembe.
  A rendszer a tartályok életkorából számolja az adatokat.
- HT6 = Hidraulikus nyomáspróbák száma a tartály üzemi élettartamán:
  A hidraulikus nyomáspróbák alkalmával megkerülhetetlenül a tartályba kerülő és részben ott maradó víz korróziós hatását veszi figyelembe.
  Jelenleg az életkorból számolt adat szerepel a rendszerben.
- HT7 = A tényleges gyártási falvastagság a köpenyre:
  A gyártási falvastagság mint korróziós kiindulópont lényeges szerepet játszik. A kisebb gyártási falvastagsággal készült tartályok egyenletes korrózióssebességet feltételezve előbb fognak el a S_{KELL} szilárdságilag elvárt minimális vastagságig.
  Az edénygépkönyvek adatainak használhatatlansága miatt ezt az adatot a meglévő és frissen szerzett mérési adatok és a matematikai statisztikai elemzés alapján határoztuk meg. HT7 = 0, ha az eredeti vastagság 6,5 mm. Ha ennél nagyobb az eredeti vastagság, abban az esetben HT7 negatív értékeket is felvehet.
- HT8 = Tényleges, mért falvastagság (ultrahangos méréssel):
  Valós adatként ez a mérési adat nyújtja a legpontosabb információt a köpeny és a fenék vastagságáról, ezért ennek a hatástényezőnek adtuk a legnagyobb értéket is és rizikófaktort is.
  A jelenlegi rendszerben úgy van megoldva az ismétlődő mérések adatainak figyelembevétele, hogy azokat ismétlődő rekordként (új sor), az ismétlődést jelölő külön azonosítóval visszük be az adatbázisba.

3. Az egyes tartályok és a teljes pébégáztartály-állomány károsodási állapotának meghatározása

a) Minden egyes pébégáztartályhoz az adatbázis egy ún. ***károsodási számot (KÁR)*** rendel. A KÁR károsodási szám származtatásának módja:

$$\text{KÁR} = \sum \left(\text{RF}_i \cdot \text{HTi} \right)$$

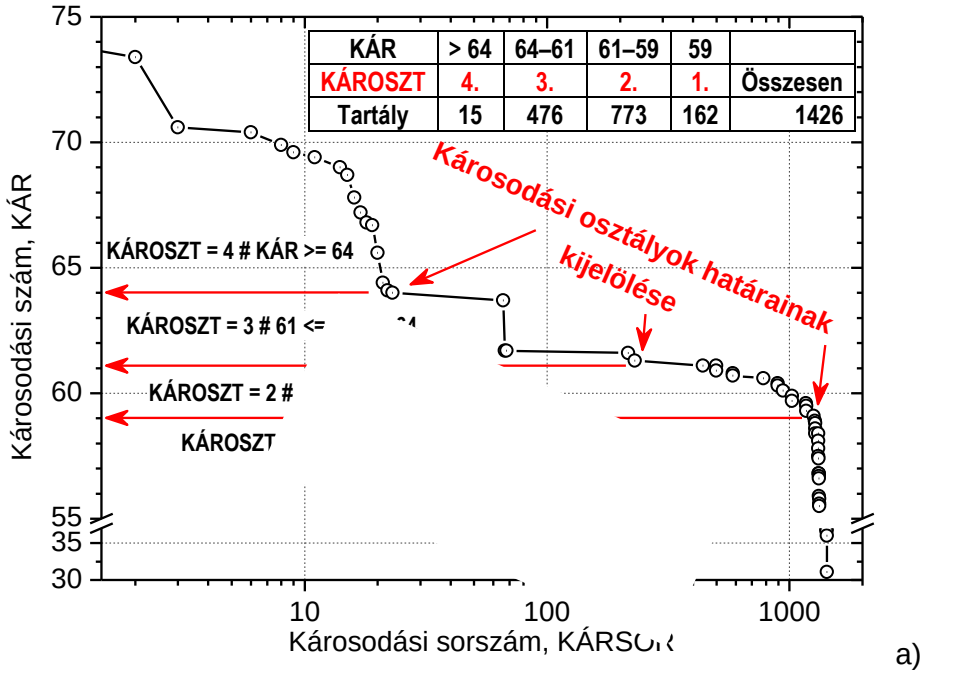
Jelenleg i=1…8, azaz a 8 db LKH lényeges kockázati hatáshoz van egy-egy HT hatástényező rendelve, RF pedig annak a saját rizikófaktora.

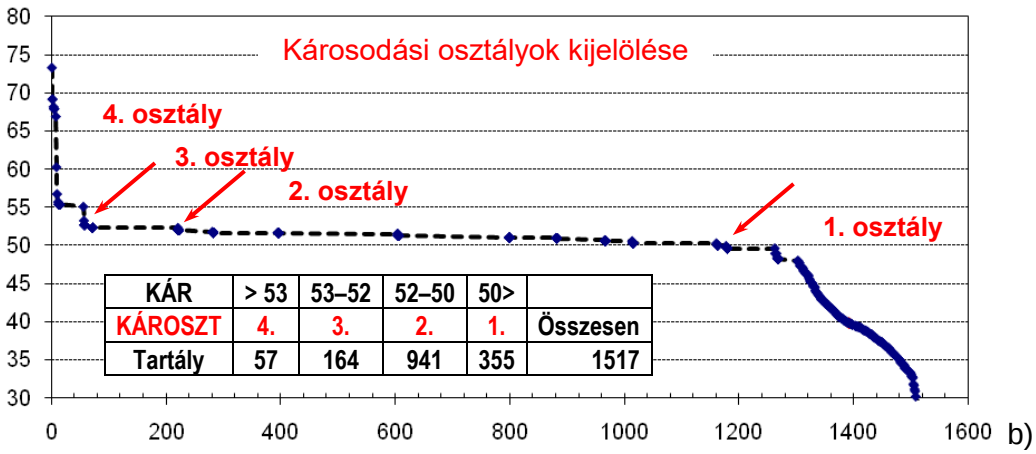
b) A KÁR károsodási szám kifejezi minden egyes tartály károsodási állapotát. Legkisebb értéke $\text{KÁR}_{min} \approx 24$, amely érték egy ideális és vadonatúj tartályhoz lenne rendelhető (ha annak eredeti, gyártási lemezvastagsága nem nagyobb 6,5 mm-nél). A KÁR növekvő értékei egyre romló állapotot, egyre nagyobb károsodási mértéket és – általában, de nem feltétlenül (!) – egyre kisebb maradék élettartamot fejeznek ki.

c) A KÁR károsodási szám értéke nem alkalmas arra, hogy a becsült károsodási mértéket érzékletesen kifejezze, mivel értéke nagyban függ a tetszőlegesen megválasztható HTI és RF értékektől. Ennek a kiküszöbölése érdekében bevezettük az ún. ***normált károsodási számot (KÁR%)***, amely az adatbázisban lévő tartályok egészénél a KÁR-értékek tartományát egy 100-as skálára vetíti, normálja. Ennek megfelelően minden tartály károsodási mértékét a legerősebben károsodott tartályhoz viszonyítja ez a mutatószám.

d) A KÁR károsodási számok alapján adódik egy sorrend a tartályok között. A rangsorban elfoglalt hely az ún. ***károsodási sorszám (KÁRSOR)***, amelynek a növekvő értékei csökkenő „károsodottságot”, „veszélyeztetettséget”, „kockázatot” jelentenek. A legnagyobb KÁR értékhez tartozik a KÁRSOR = 1 károsodási sorszám: amely tartály ezt a pozíciót foglalja el, az tekinthető a leginkább károsodott, veszélyeztetett tartálynak.

e) A KÁR károsodási szám és a KÁRSOR károsodási sorszám alapján a tartályokat ***károsodási osztályokba[1] (KÁROSZT)*** soroltuk, mégpedig négy (4) osztályba. A károsodási osztályba sorolás alapja a 4/2.a ábrán bemutatott szakaszolás a károsodási szám értéke szerint. Ez a csoportosítás a KÁR értéktartományát három, szignifikánsnak tekintett határérték mentén történik, a határértékek megállapítása a diagram szignifikáns lépcsőinek kijelölésével történik. Az adatbázisnak a 1426 rekordot – ebből 122 tartálynál ultrahangos mérési adatokat – tartalmazó alapváltozatánál a szignifikáns lépcsők értéke: 59, 61 és 64. Az 1517 rekordra bővített – 1511 tartályból 213 tartálynak vannak mérési adatai, 6 tartály kétszer mérve – adatbázisra vonatkozóan a 4/2.b ábra mutatja a módosított károsodásiosztály-határokat.
A károsodás szempontjából leginkább veszélyeztetett tartályok tartoznak a 4. károsodási osztályba.





4/2. ábra – A károsodási osztályok meghatározása a KÁRSOR-KÁR diagramon az alapadatbázisra és a bővített adatbázisra (a felső diagram abszcisszái logaritmikus léptékben vannak ábrázolva, ezért tűnik nagynak az eltérés a két diagram között)

[1] Ezek nem tévesztendők össze a 23/2006KR-ben definiált „veszélyességi osztályokkal”

4. A lényeges kockázati hatások (LKH) rizikófaktorának (RF) indokolása

Minden egyes kockázati hatáshoz (KH) egy kockázati súlyszámot, másként rizikófaktort (RF) is rendeltünk. Ez a tényező a károsodási jelentőség, fontosság mértékét hivatott megjeleníteni. Az RF1, RF2 … RF8 konkrét értékének hozzárendelését alapos szakmai mérlegelés után, de végső soron mégis önkényesen határoztuk meg. A cél az volt, hogy kifejezzük a nyolc LKH között a potenciális károsodások szempontjából meglévő jelentős különbségeket. Lényegében három csoportot képeztünk a nyolc LKH-ból. 3-3 esetben határoztunk meg RF=2, illetve RF=3 értékű rizikófaktort, míg a falvastagságértékeken alapuló, két további LKH lényegesen nagyobb rizikófaktorral került be a szakértői rendszerbe azért, hogy ezzel is kifejezzük a károsodási részfolyamatok közül a belső korrózió ténylegesen észlelt mértékének meghatározó jellegét.

- RF1, a tartályok gyártási minősége: RF = 2.
- RF2, a gyártó minősítése: RF = 2.
- RF3, a tartályt ért mechanikai hatások: RF = 2.
- RF4, a tartály külső korróziós viszonyai: RF = 3.
- RF5, a tartályok életkora (korróziós idő): RF = 3.
- RF6, a hidraulikus nyomáspróbák száma a tartály üzemi élettartamán: RF = 3.
- RF7, a tényleges gyártási falvastagság a köpenyre: RF = 5.
- RF8, a tényleges, mért falvastagság (ultrahangos méréssel): RF = 9.

5. A tartályok károsodási mértékét számító modul felépítése és működése a szakértői rendszerben; a HT hatástényezők értékének számítása

5.1. A szakértői rendszer számítási moduljának felépítése

A szakértői rendszer számítási modulja egy Microsoft Excel alapokra helyezett adatbázis*, mely tartalmazza a tartályok legfontosabb gyártási és műszaki adatait, illetve ezen adatokat feldolgozza és értékeli is. Az adatbázist megnyitása után 12 munkalapot láthatunk, melyek közül egy (’Adatok’) tartalmazza a tartályok adatait, az adatokból számolt „Hatástényezőket” és egyéb mutatószámokat, egy munkalappal információkat kérhetünk le a tartályokról, a többi munkalap pedig az egyes számításokhoz kapcsolódó paramétereket tartalmazza. A munkalapok sorrendben a következők:

- Információs lap — Információk lekérése tetszőleges tartályról, valamint a 300 legveszélyeztetettebb tartály listázása
- Adatok — A tartályok adatait tartalmazó adatbázis.
- GYAREV — A tartály gyártási éve szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- GYARTO — A tartály gyártója szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- HATASOK — A tartályt ért hatások szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- KORRKULSO — A tartály külső korróziós állapota szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- ELETKOR — A tartály életkora szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- HNYPSZ — A tartályon elvégzett hidraulikus nyomáspróbák száma szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- VASTGY — A tartály gyártási falvastagsága szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.

* Noha informatikai értelemben nem adatbázis a KOR adatkezelési és számítási modulja, továbbiakban így nevezzük

- VASTMA — A tartály mai falvastagsága szerinti HT meghatározásához szükséges algoritmus paraméterei.
- Rizikófaktorok — Az egyes LKH-khoz rendelt rizikófaktorok bevitele itt történhet.
- Számítások — Statisztikai elemzésekhez szükséges adatok és diagramok.

5.2. Az „Információs lap” használata

Az ’Információs lap’ segítségével bármely tartály legfőbb adatait kérhetjük le. A munkafüzeten csak egy cellába engedélyezett az adatbevitel. E cellába a tartály gyári számát beírva megkapjuk a tartály alapadatait és a tartály maradék élettartamára vonatkozó adatokat:

- Gyártó
- Gyártási év
- Életkor
- Űrtartalom
- Károsodási szám
- Normált károsodási szám
- Károsodási sorszám
- Károsodási osztály
- Relatív életkor
- Teljes élettartam
- Utolsó UH-vizsgálat éve
- Becsült maradék élettartam

Az ’Információs lap’ munkalap ezen túl még tájékoztatást ad az adatbázisban szereplő legnagyobb károsodási számmal rendelkező, legrövidebb maradék élettartamú és legnagyobb korróziós sebességű tartályról.

A munkalap alján látható „A 300 legveszélyeztetettebb tartály listázása” nyomógomb hatására az adatbázisból aktuálisan legveszélyeztetettebb 300 tartály gyári száma kerül listázásra a munkalap jobb oldalán. E tartályok relatív életkorát, károsodási osztályát és a rajtuk elvégzett utolsó ultrahangos falvastagságmérés évét láthatjuk a gyári számok mellett.

5.3. Az ’Adatok’ munkalap

Az ’Adatok’ munkalap tartalmazza az egyes tartályok adatait, illetve az ezen adatokból számított HT értékeket és a további számításokkal meghatározott „Károsodási számot”, „Károsodási sorszámot” és a tartály „Károsodási osztályát”. Az adatbázis fejléce alatt – a 12. sortól kezdve – minden egyes sor egy tartály adatait tartalmazza. Az oszlopok közül a fehér színű cellák a kézzel bevitt adatokat, a szürke cellák a számított adatokat, míg a színes cellák a tartály maradék élettartama és károsodási besorolása szempontjából legfontosabb adatokat tartalmazzák. A tartályok adatainak módosítása a fehér cellákban található adatok átírásával lehetséges. Az adatbázis ekkor újraszámítja a teljes adatbázis értékelését.

Az ’Adatok’ munkalap B oszlopa a tartály adatbázisban elfoglalt sorszámát, a D a tartály gyártási számát jelzi (ahol ez nem volt ismert, ott a túlnyomás-határoló szelep gyári számát). A C oszlop egy adott tartály ismétlődéseinek számát jelzi: így, külön rekordba (sorba) írva vihetők be ismételten vizsgált tartály új mérési adatai. A további oszlopokban találhatjuk a KOR saját változóit, amelyek a következők:

- Károsodási szám (KÁR)
- Normált károsodási szám (KÁR%)
- Károsodási sorszám (KÁRSOR)
- Károsodási osztály (KÁROSZT)
- Maradék élettartam (MÉG)
- Teljes élettartam (IDŐ)
- Relatív életkor (RÉK)

A további oszlopokban a tartály egyes adatait és az azok alapján számított HT értékeket, és a számítások műszakilag fontosabb részeredményeit találjuk.

Az adatbázis a tartály károsodási mértékét, veszélyeztetettségét a „hatástényezők” alapján számítja ki. A tartály veszélyeztetettségét a „károsodási szám” (KÁR) mutatja. A KÁR számítása az egyes adatok alapján számolt HT-k súlyozott összegéből számítható:

$$\text{KÁR} = \sum_{i=1}^{8} \text{RF}_i \cdot \text{HT}_i \text{ , ahol:}$$

- HT_i : Valamely paraméter szerinti (*i*-edik) hatástényező
- RF_i : Valamely paraméter szerinti (*i*-edik) „rizikófaktor”.

Az egyes hatástényezőkhöz tartozó „rizikófaktor” értékek az adott paramétert tartalmazó oszlop fejlécében és az adott HT számításához tartozó paraméterek munkalapján is láthatók. Az így számított „károsodási számok” alapján a tartályok sorba rendezhetők károsodásuk becsült mértéke – vagy másként veszélyeztetettségük – szerint. Az így sorba rendezett tartályok sorszáma a „károsodási sorszám”. A „károsodási szám” és a „károsodási sorszám” alapján 4 osztályba soroltuk a tartályokat. Az egyes „károsodási osztályok” határait jelző „károsodási számokat” a ’Számítások’ munkalapon láthatjuk (A5-H10).

A „normált károsodási szám” az adott tartály százalékos károsodását jelzi a táblázatban található legnagyobb és legkisebb „károsodási számhoz” viszonyítva, az alábbi képlettel:

$$\text{KÁR}\% = \frac{\text{KÁR} - \text{KÁR}_{\min}}{(\text{KÁR}_{\max} - \text{KÁR}_{\min})} \cdot 100, \text{ ahol:}$$

- $\text{KÁR}\%$: az adott tartály „normált károsodási száma”,
- KÁR : az adott tartály „károsodási száma”,
- $\text{KÁR}_{\min}$: az adatbázisban szereplő legkisebb „károsodási szám”,
- $\text{KÁR}_{\max}$: az adatbázisban szereplő legnagyobb „károsodási szám”.
- A károsodási sorszám (KÁRSOR, károsodási osztály (KÁROSZT), maradék élettartam (MÉG), teljes élettartam (IDŐ), relatív életkor (RÉK) rendszerváltozók vagy a KÁR értékeire, vagy pedig annak egyes összetevőire épülnek, ezért előbb ezeket ismertetjük, amazokat pedig a 6. fejezet tárgyalja.

5.4. Az egyes „hatástényezők számítása

5.4.1. Gyártási év szerinti hatástényező, HT1

A gyártási év szerint három csoportba soroltuk az egyes tartályokat. A besorolást a szerint végeztük, hogy az adott évben, hazánkban mennyi tartályt gyártottak éves szinten, és a „dömpingszerű” gyártás, illetve az addig kialakult gyártói tapasztalat hogyan befolyásolta a tartályok minőségét. A három időszak határait jelző évek a ’GYAREV’ munkalap „Gyártási év: minőség, kapkodás” című táblázatában láthatók. A hatástényező meghatározása az alapján történik, hogy az egyes időszakokhoz rendelt hatástényező-járulékot 1-hez hozzáadjuk, így megkapva az adott időszakhoz tartozó hatástényezőt. Képlettel:

$$\text{HT1} = 1 + \text{HJ}_{\text{GYAREV1}} \text{ (ha } \text{ÉV}_{\text{GYAREV}} < \text{ÉV}_{\text{GYAREVmin}})$$

$$+ \text{HJ}_{\text{GYAREV3}} \text{ (ha } \text{ÉV}_{\text{GYAREVmin}} \le \text{ÉV}_{\text{GYAREV}} \le \text{ÉV}_{\text{GYAREVmax}})$$

$$+ \text{HJ}_{\text{GYAREV2}} \text{ (ha } \text{ÉV}_{\text{GYAREVmax}} \le \text{ÉV}_{\text{GYAREV}}), \text{ ahol:}$$

- HT1: a gyártási év szerinti hatástényező,
- $\text{HJ}_{\text{GYAREV1}}$: az első gyártási időszakhoz tartozó hatástényező-járulék,
- $\text{HJ}_{\text{GYAREV2}}$: a második gyártási időszakhoz tartozó hatástényező-járulék,
- $\text{HJ}_{\text{GYAREV3}}$: a harmadik gyártási időszakhoz tartozó hatástényező-járulék,
- $\text{ÉV}_{\text{GYAREVmin}}$: az első időszak végét és második időszak elejét jelző évszám,
- $\text{ÉV}_{\text{GYAREVmax}}$: a második időszak végét és harmadik időszak elejét jelző évszám.

A ’GYAREV’ munkalapon mind a hatástényezőjárulék ($HJ_{GYAREV1-2-3}$ jelenleg 0,5; 1,0; 0), mind pedig az egyes időszakokat elválasztó évek ($ÉV_{GYAREVmin}$; $ÉV_{GYAREVmax}$ jelenleg 1995 és 1997) változtathatók. Amennyiben a hatástényező-járulékot változtatjuk, csak át kell írni az eddig megadott értéket. Amennyiben valamely korszak határát jelző évet változtatjuk, akkor az évet kell átírni, ügyelve arra, hogy az algoritmus szigorú matematikai relációk alapján dolgozik. A táblázatban az egyes évekhez tartozó relációk a megadott évek mellett láthatók a „Gyártási év: minőség, kapkodás” táblázatban.

5.4.2. Gyártó szerinti hatástényező, HT2

A gyártókat az általuk képviselt gyártástechnológiai szint alapján három csoportba soroltuk. A csoportokat a ’GYARTO’ munkalapon láthatjuk. A munkalapon ezen kívül megtalálhatjuk a hatástényező-alapértékét (HA_{GYARTO}; jelenleg 1,5) és a hatástényező-járulékot (HJ_{GYARTO}; jelenleg 0,5) is. A gyártók neveit az áttekinthetőség kedvéért rövidített formában ábrázoltuk. Az egyes gyártók neve mellett jobbra látható az a rövidítés, mellyel az adatbázis dolgozik. Az adatbázis e táblázatban megadott rövidítéseket keresi és egyezés esetén a „Rövid név” mellett megadott „gyártó értékelése” szerint, amennyiben a gyártó:

1. besorolású, a hatástényező-járulékot kivonja a hatástényező alapértékéből; $HT2 = HA_{GYARTO} - HJ_{GYARTO}$
2. besorolású, a hatástényező a hatástényező alapértékével lesz azonos; $HT2 = HA_{GYARTO}$
3. besorolású, a hatástényező-járulékothozzáadja a hatástényező alapértékéhez; $HT2 = HA_{GYARTO} + HJ_{GYARTO}$, ahol:

- HT2: Gyártó szerinti hatástényező,
- HA_{GYARTO}: Gyártók minősítéséhez alkalmazott hatástényező-alapérték,
- HJ_{GYARTO}: Gyártók minősítéséhez alkalmazott „Hatástényező járulék”.

A ’GYARTO’ munkalapon mind a gyártók besorolása, mind a hatástényező-alapértéke, mind pedig a hatástényező-járulék értékek változtathatók. Amennyiben a hatástényező-alapértékét vagy a hatástényező-járulékot kívánjuk megváltoztatni, csak át kell írni a táblázat felett megadott értéket. Amennyiben egy gyártót helyezünk át más csoportba, akkor a gyártó rövid neve mellett a besorolást (1, 2 vagy 3) kell megváltoztatni. Amennyiben új gyártót kívánunk felvenni az adatbázisba, akkor folytatólagosan kell beírni az új gyártó nevét, rövid nevét és besorolását a ’GYARTO’ munkalap táblázatának megfelelő oszlopaiba. A gyártói nevek csak a színesen kiemelt táblázatterületig bővíthetők.

5.4.3. Mechanikai behatások szerinti hatástényező számítása, HT3

A mechanikai behatások szerinti hatástényező (HT3) a tartályon végzett emelések és esetleges tartály láb megsüllyedések károsító hatását veszi figyelembe. A hatástényező számítási algoritmusa a tartályon végzett emelések számát a ’HATASOK’ munkalapon „Mechanikai hatások” című táblázatban megadott, „minden emelésért” adott hatástényező járulék (HJ_{emel}) értékkel szorozza, és hozzáadja a láb megsüllyedések számának és a „minden süllyedésért” adott hatástényező járulék ($HJ_{sullyed}$) értékének a szorzatát, és ezen kívül hozzáad még 1-et. Képlettel:

$HT3 = 1 + N_{emel} HJ_{emel} + N_{sullyed} HJ_{sullyed}$, ahol:

- HT3: Mechanikai behatások szerinti hatástényező,
- N_{emel}: Tartályon végzett emelések száma,
- $N_{sullyed}$: Tartályláb megsüllyedések száma,
- HJ_{emel}: Minden emeléshez felszámolt „Hatástényező járulék”,
- $HJ_{sullyed}$: Minden lábsüllyedéshez felszámolt „Hatástényező járulék”.

A ’HATASOK’ munkalapon a „Mechanikai hatások” című táblázatban látható, emeléshez illetve láb megsüllyedéséhez tartozó „hatástényező járulékok” értékei módosíthatók, a korábbi értékek átírásával.

5.4.4. A tartály külső korróziós viszonyai szerinti hatástényező, HT4

A tartály külső korróziós viszonyai alapján számolt hatástényező (HT4) a külső korróziós viszonyok általános hatását[2] veszi figyelembe. Az algoritmus a szerint számol, hogy a tartályt hányszor festették újra külső korrózió megjelenése miatt. A hatástényező számítási algoritmusa a ’KORRKULSO’ munkalapon „A tartály külső korróziós viszonyai” című táblázatban megadott „Festésenkénti hatástényező növekmény” értéket szorozza meg az újrafestések számával és hozzáad 1-et. Képlettel:

$HT4 = 1 + N_{fest} HJ_{KORRKU}$, ahol:

- HT4: külső korróziós viszonyok szerinti hatástényező,
- N_{fest}: tartályon végzett, külső korrózió miatti újrafestések száma,
- HJ_{KORRKU}: újrafestésekhez rendelt „Hatástényező járulék”.

A ’KORRKULSO’ munkalapon „A tartály külső korróziós viszonyai” című táblázatban látható hatástényező-járulékértéke (HJ_{KORRKU}) módosítható, a korábbi érték átírásával.

5.4.5. A tartály életkora szerinti hatástényező, HT5

A tartályok kora szerinti hatástényező (HT5) az egyes tartályok kora miatti hosszabb vagy rövidebb korróziós kitettséget veszi figyelembe. A hatástényező számítási algoritmusához tartozó paraméterek az 'ELETKOR' munkalapon láthatók a „Tartály kora, korróziós oldalról” című táblázatban. A hatástényező a szerint kerül megállapításra, hogy a táblázat aktuálisan legfiatalabb illetve aktuálisan legöregebb tartálya közötti időskálán hol helyezkedik el az adott tartály. Az 'ELETKOR' munkalapon a legfiatalabb és legöregebb tartály kora meg is tekinthető.

Az algoritmus lineáris interpolációval számítja ki az adott tartály hatástényező értékét. Az algoritmus a „Tartály kora, korróziós oldalról” című táblázatban megadott, "legfiatalabb és legöregebb tartály hatástényező értéke" és e tartályok kora alapján végzi el a lineáris interpolációs függvény meredekségének és eltolásának számítását. Ezekkel a paraméterekkel a hatástényező értéke a következő képlettel számolható:

$HT5 = m_{ELETKOR} \cdot t_{Ü} + b_{ELETKOR}$, ahol:

- HT5: a tartály üzemi életkora szerinti hatástényező,
- m_{ELTKOR}: az interpolációs függvény meredeksége:
  $$m_{ELETKOR} = \frac{HT5_{max} - HT5_{min}}{t_{ü\,max} - t_{ü\,min}},$$
- b_{ELTKOR}: az interpolációs függvény eltolása:
  $$b_{ELTKOR} = HT5_{max} - m_{ELTKOR} \cdot t_{Ü\,max},$$
- $t_{Ü}$: a tartály üzemideje (életkora) években,
- $HT5_{min}$ a legfiatalabb tartály hatástényező értéke,
- $HT5_{max}$ a legöregebb tartály hatástényező értéke,
- $t_{Ümax}$ a legöregebb tartály kora években,
- $t_{Ümin}$ a legfiatalabb tartály kora években.

Az ’ELTKOR’ munkalapon a legfiatalabb és legöregebb tartályhoz rendelt hatástényező érték ($HT5_{min}$; $HT5_{max}$) manuálisan is beállítható. Ehhez csak át kell írni az eddig megadott hatástényező értéket a „Tartály kora, korróziós szempontból” című táblázatban.

5.4.6. Hidraulikus nyomáspróbák száma szerinti hatástényező, HT6

Az egyes tartályokon elvégzett hidraulikus nyomáspróbák száma szerinti hatástényező (HT6) a hidraulikus nyomáspróbák tartályt károsító hatását veszik figyelembe. A hatástényé-

[2] A külső korrózió okozta mérhető falvastagság-csökkenés a HT8 értékében jelenik meg

ző számítási algoritmusa a ’HNYPSZ’ munkalapon a „Hidraulikus nyomáspróbák száma” című táblázatban megadott hatástényező járulék értékét (HJ_{HNYPSZ}) szorozza meg az adott tartályon elvégzett hidraulikus nyomáspróbák számával (N_{HNYPSZ}), majd hozzáad 1-et. Képlettel:

$HT6 = 1 + N_{HNYPSZ} HJ_{HNYPSZ}$, ahol:

- HT6: a hidraulikus nyomáspróbák száma szerinti hatástényező,
- N_{HNYPSZ}: a tartályon végzett, hidraulikus nyomáspróbák száma,
- HJ_{HNYPSZ}: a hidraulikus nyomáspróbákhoz rendelt „Hatástényező járulék”.

A ’HNYPSZ’ munkalapon a „Hidraulikus nyomáspróbák száma” című táblázatban látható hatástényező járulék értéke módosítható, a korábbi érték átírásával.

5.4.7. A tartály eredeti falvastagsága szerinti hatástényező számítása, HT7

A tartályok S_0 gyártási falvastagságát a bizonylatolt gépkönyvi (S_{GK}), illetve az ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) alapján határozza meg a KOR. Mivel nagyon kevés gépkönyv tartalmaz műbizonylattal hitelesített gyártási lemezvastagság értéket, ennek a fontos adatnak a meghatározására, a mérési adatokra támaszkodó becslési eljárást alkalmazunk, amely figyelembe veszi a műbizonylati és a vastagságmérési adatok meglétét és értékét.

Abban az esetben, ha nincs sem műbizonylatolt gépkönyvi adat (S_{GK}), sem ultrahangos mérési adat (S_{UH}), a tervezési névleges vastagság ($S_{100\%}$ = 6,0 mm) értékét veszi alapul a rendszer. Ez az érték az első ultrahangos vizsgálatig marad érvényben. Amennyiben a gépkönyvi adat nagyobb, mint a maximális mért falvastagságok, a KOR a gépkönyvi adatot veszi eredetinek. Tehát:

$S_0 = S_{100\%}$ = 6 mm, ha nem áll rendelkezésre sem műbizonylatolt gépkönyvi, sem UH-mérési adat,

$S_0 = S_{GK}$ ha nem áll rendelkezésre UH-mérési adat, de van műbizonylatolt gépkönyvi adat, VAGY a műbizonylatolt gépkönyvi adat nagyobb maximális fémes vastagságnál (S_{Fmax}).

Ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}), de nincs bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság, akkor a maximális mért vastagságból számolja a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon:

1. Az S_{UH} adatokból képezzük az S_{Fmax} legnagyobb és az S_{Fmin} legkisebb fémes vastagság különbségét – vastagságeltérés – minden mért tartályra: $DS_{UH} = S_{F_{max}} - S_{F_{min}}$.
2. Képezzük az összes mért tartály DS_{UH} vastagságeltérésének átlagát, a $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérést, amely 219 tartály mérési adataiból: 0,1855 mm.
3. A $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérés és a mért tartályok átlagos életkorának ($\lfloor t_{Ü_{mért}} \rfloor$) hányadosaként képezzük a $DS_{BÉ}$ becsült éves falvastagságfogyást: $DS_{BÉ} = \frac{[DS_{UH}]}{\lfloor t_{Ü_{mért}} \rfloor}$, amelynek értéke 219 tartály mérési adataiból: 0,0122 mm.
4. Képezzük a becsült eredeti (gyártási) vastagságot: $S_0 = S_{F_{MAX}} + [DS_{UH}]$.
5. Végül, ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) is és létezik bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság is, DE ez utóbbi kisebb, mint az ultrahangos mérések legnagyobb értéke, abban az esetben a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon határozza meg: $S_0 = S_{F_{MAX}} + DS_{BÉ} \cdot t_Ü$.

Az eredeti falvastagságot a fenti öt mód valamelyikével megbízhatóan, a biztonságot is szem előtt tartva lehet megbecsülni. Ez az érték a továbbiakban lényeges szerepet játszik a maradék élettartam meghatározásánál.

A tartály gyártási falvastagsága szerinti hatástényező (HT7) a tartály mechanikai szilárdsága szempontjából értékeli a gyártási falvastagságot. A hatástényező számítási alapját a kazánformulával számítható, mechanikailag minimálisan szükséges falvastagság adja. A kazánformulához köthető számítási paraméterek és részeredmények a ’VASTGY’ munkalap „Falvastagság szerinti HT paraméterei” című táblázatában találhatók. A táblázat 1250 mm átmérőjű és a paraméterek között megadott üzemi nyomású tartály minimálisan megkövetelt falvastagságát számolja (biztonsági tényező és varratjósági fok figyelembevételével). A számítási algoritmus feltételez egy 100%-os falvastagságot ($S_{100\%}$), mely a legtöbb tartály esetén a névleges „Lv. 6” → 6,0 mm-es gépkönyvi gyártási falvastagsággal egyezik meg. A szilárdságilag szükséges, minimális falvastagság számítási képlete a következő:

$$S_{KELL} = \frac{D \cdot p}{2\sigma_{meg}}$$, ahol:

- S_{KELL}: mechanikailag megengedett minimális falvastagság (mm),
- $D_{név}$: általános (tervezési) tartályátmérő (mm),
- p: üzemi nyomás (MPa),
- σ_{meg}: megengedett feszültség (MPa), $\sigma_{meg} = n \cdot u \cdot R_e$,
- *n*: biztonsági tényező,
- *u*: a hosszvarrat jósági tényezője,
- Re: az St52-3N acél minimálisan megkövetelt folyáshatára.

A hatástényező számítása a ’VASTGY’ munkalap „Falvastagság szerinti HT paraméterei” című táblázatában előre megadott, minimális és 100%-os ($S_{100\%}$) falvastagságokhoz tartozó, hatástényező értékek ($HT7_{min}$; $HT7_{max}$) alapján inter- avagy extrapolációval történik. Amennyiben a kérdéses tartály gyártási falvastagsága a mechanikailag megengedett minimális és a 100%-osnak vett falvastagság között helyezkedik el, interpolációval kerül meghatározásra a hatástényező értéke, amennyiben az említett falvastagság-tartományon kívül esik a kérdéses tartály falvastagsága, extrapolációval számítódik a hatástényező. Az interpoláció a következő függvény szerint történik:

$$HT7 = (m_{VASTGY} S_0 + b_{VASTGY}) \cdot v$$, ahol:

- HT7: a gyártási falvastagsághoz (S_0) rendelt hatástényező,
- S_0: a tartály gyártási falvastagsága (mm),
- m_{VASTGY}: az interpolációs függvény meredeksége, $m_{VASTGY} = \frac{HT7_{max} - HT7_{min}}{S_{100\%} - S_{KELL}}$,
- b_{VASTGY}: az interpolációs függvény eltolása, $b_{VASTGY} = HT7_{max} - m_{VASTGY} S_{100\%}$,
- $HT7_{min}$: a szilárdságilag megengedett minimális falvastagsághoz (S_{KELL}) rendelt hatástényező,
- $HT7_{max}$: a 100%-os falvastagsághoz ($S_{100\%}$) rendelt hatástényező,
- *v*: a tartály névleges átmérőjéhez rendelt arányszám; $v = \frac{D_{névleges}}{D}$.

A HT7 számítási algoritmusa csak úgy ad az 1250 mm átmérőjű tartályoktól eltérő esetekre megfelelő hatástényezőt, ha az algoritmus kiegészül a *v* korrekciós szorzóval, mely az adott tartály névleges átmérője (ha van ilyen adat, és az különbözik 1250 mm-től) és az általánosnak tekintett 1250 mm-es átmérő közötti arányszámmal korrigálja a számítást.

A ’VASTGY’ munkalapon a „Falvastagság szerinti HT paraméterei” című táblázatban látható számítási paraméterek változtathatók. Megadható a 100%-osnak tekintett falvastagság ($S_{100\%}$), a tartály anyagának folyáshatára (R_{eL}), a számításhoz alkalmazott biztonsági tényező (*n*) és varrat jósági fok (*u*) értéke. Megadható továbbá a tartályok általánosnak tekintett átmérője (D) és az interpolációs számításhoz szükséges kezdő adatként a minimális és a 100%-os falvastagsághoz rendelt hatástényezők ($HT7_{min}$; $HT7_{max}$) értékei.

5.4.8. A falvastagság korróziós fogyása szerinti hatástényező számítása, HT8

A tartályok korróziós fogyását veszi figyelembe az ultrahangos vastagságmérési adatokon alapuló hatástényező (HT8). A tartályokon a felmérés illetve korábbi időszakos vizsgálatok során elvégzett ultrahangos falvastagságmérések alapján számítható az évenkénti korróziós fogyás illetve becsülhető a maradék élettartam, a szilárdságilag megengedet minimális falvastagságot mint kritikus vastagságértéket feltételezve. A hatástényező értéke az „éves fogyás” és a „maradék élettartam” szerinti hatástényezők ($HT8_{korr}$; $HT8_{év}$) összegeként adódik. Mindkét hatástényezőrész 0,5-től 2,5-ig terjedő értéket vehet fel. Amennyiben az „éves fogyás” nem számítható mérési adat alapján, akkor egy 1,5-ös közepes hatástényező érték kerül megállapításra. A falvastagság korróziós fogyása alapján meghatározott hatástényező (HT8) számítása a következő képlettel történik:

$$HT8 = HT8_{korr} + HT8_{év}$$, ahol:

- HT8: a falvastagság korróziós fogyásához rendelt hatástényező,
- $HT8_{korr}$: a korróziós fogyás sebességéhez rendelt hatástényező,
- $HT8_{év}$: a belsőkorróziós fogyásból becsült maradék élettartamhoz rendelt hatástényező.

A hatástényező számításához elsőként az ultrahangos falvastagságmérések alapján számolt minimális fémes falvastagságérték (S_{Fmin}) ismerete szükséges. Az ’Adatok’ munkalap VASTMA tartománya figyelembe veszi, hogy a mérés festékrétegen keresztüli mérésre alkalmas műszerrel, vagy annak a hatását nem korrigáló műszerrel és azt kiegészítő rétegvastagság-mérővel történt-e. Ha a műszer tudja kezelni a festékréteg zavaró hatását – az ’Adatok’ munkalapon az AF mező értéke ilyenkor ’2’ –, a táblázat a köpenyen mért adatok minimumát veszi S_{Fmin} mértékadó minimális fémes vastagságnak. Ha a mérés festékréteg hatását nem kompenzáló műszerrel történt – az AF mező értéke ilyenkor ’1’ –, a táblázat korrigálja a mért falvastagságértékeket a rétegvastagság-mérő műszer S_{BEV} mérési adata – a BA mező értéke – alapján. A korrekciós algoritmus etalon darabokon történt kalibráció alapján került kidolgozásra: [(S_{BEV}–0,1)×2] korrekciós értékkel (ahol S_{BEV} a festékréteg mért vastagsága) csökkenti az ultrahangos vizsgálat során mért minimális falvastagság értéket.

A külső korrózió hatásának figyelembevétele

Az ultrahangos falvastagságmérés során, amennyiben külső korróziós nyom is található, a korróziós folton elvégzett mérés eredményéből meghatározásra kerül a külső korróziós fogyás mértéke is. A korróziós folton elvégzett mérés eredményét levonva az ép bevonatú részeken végzett mérésekből számított maximális fémes falvastagság értékéből – a legrosszabb esetet feltételezve – a külső korróziós fogyás mértékét kapjuk. A rendszer csak abban az esetben vesz figyelembe külső korróziós fogyást, ha történt mérés korróziós folton, és ott a mért értékek legkisebbike nem haladja meg az ép bevonatú helyeken mért maximális fémes vastagságot. Képlettel:

$$S_{max} = \max(S_{UH1} \rightarrow S_{UH10}) - 2(S_{bev} - 0{,}1)$$

$$S_{min} = \min(S_{UH1} \rightarrow S_{UH10}) - 2(S_{bev} - 0{,}1) - dS_{kül}$$

$$dS_{kül} = S_{max} - \min(S_{UH15}; S_{UH16})$$, ahol:

- S_{min}: az ultrahangos falvastagságmérés alapján meghatározott minimális fémes falvastagság (mm),
- S_{max}: az ultrahangos falvastagságmérés alapján meghatározott maximális fémes falvastagság (mm),
- S_{UHx}: az ultrahangos falvastagságmérés során, a bevonat rétegvastagságát figyelembe nem vevő műszerrel (pulse-echo mérés) mért értékek (mm),
- $S_{UHkorrfolt}$: az ultrahangos falvastagságmérés során a külső korróziós folton végzett mérések eredményei (mm),

– S_{bev}: festékréteg-vastagság mérő műszerrel mért tartálybevonat vastagság (mm).

Amennyiben a mérés olyan ultrahangos falvastagságmérő berendezéssel történt, mely figyelembe veszi a bevonat zavaró hatását:

$$S_{min} = \min(S_{UH1} \rightarrow S_{UH6}) - dS_{kül}$$

A tartályok korróziós vastagságcsökkenése (S_{korr}) a minimális fémes vastagság ismeretében a gyártási falvastagság és a fémes falvastagság különbségeként adódik. Az éves korróziós fogyás a tartály korróziós fogyása és a tartály méréskori életkora hányadosaként adódik. A fémes vastagság és az éves korróziós fogyás ismeretében számítható a mechanikailag minimálisan megengedett falvastagságig történő korróziós fogyáshoz szükséges évek száma, ami a tartály maradék élettartamát adja meg. Képletekkel:

$$S_{korr} = S_0 - S_{min} - dS_{kül}\text{, valamint } F_{korr} = \frac{S_{korr}}{ÉV_{UH} - ÉV_{GYART}}\text{, ahol:}$$

– S_{korr}: a tartály korróziós falvastagság csökkenése (mm),
– F_{korr}: a tartály évenkénti korróziós fogyása (mm/év),
– $ÉV_{UH}$: Az utolsó elvégzett ultrahangos falvastagságmérés éve,
– $ÉV_{GYART}$: a tartály gyártási éve.

A korróziós fogyást figyelembe vevő hatástényező a korrózió sebességéhez (éves korróziós fogyás) rendelt hatástényező ($HT8_{korr}$), illetve a maradék élettartamhoz rendelt hatástényező ($HT8_{év}$) összegeként adódik. A korróziós fogyáshoz rendelt hatástényező az éves korróziós fogyás függvényében határozza meg hatástényezőt. A számítás feltételez egy legkisebb, értékelt, még számításba vehető korróziós fogyást ($F_{korrmin}$) és egy legnagyobb, értékelt, még számításba vehető korróziós fogyást ($F_{korrmax}$). A legkisebb értékelt és legnagyobb értékelt évenkénti korróziós fogyáshoz előre meghatározott hatástényezők ($HT8_{korrmin}$; $HT8_{korrmax}$) alapján, lineáris interpolációval kerül megadásra egy adott tartály évenkénti korróziós fogyásához tartozó hatástényező.

Amennyiben a kérdéses tartály évenkénti korróziós fogyása kívül esik a legkisebb értékelt és legnagyobb értékelt, számításba vehető korróziós fogyáson, az algoritmus a legkisebb értékelt avagy a legnagyobb értékelt korróziós fogyáshoz kijelölt hatástényező értéket adja, a szerint, hogy a korróziós fogyás az előre megadott legkisebb értékelt érték alatt vagy a legnagyobb értékelt fogyás felett volt. A számításhoz szükséges paramétereket a ’VASTMA’ munkalap „Falvastagság korróziós fogyása” című táblázata tartalmazza. E paraméterek (legkisebb értékelt fogyás $F_{korrmin}$, legnagyobb értékelt fogyás $F_{korrmax}$ és az ezekhez rendelt hatástényezők: $HT8_{korrmin}$; $HT8_{korrmax}$) módosíthatók a táblázatban az adott paraméter átírásával. Képlettel:

1. Ha $F_{korr} \le F_{korr\,min}$ akkor $HT8_{korr} = HT8_{korr\,min}$.
2. Ha $F_{korr\,min} < F_{korr} < F_{korr\,max}$ akkor $HT8_{korr} = m_{korr}F_{korr} + b_{korr}$.
3. Ha $F_{korr\,max} \le F_{korr}$ akkor $HT8_{korr} = HT8_{korr\,max}$, ahol:

– m_{korr}: Az évenkénti korróziós fogyáshoz rendelt hatástényezőt megállapító lineáris interpolációs egyenes meredeksége $m_{korr} = \frac{HT8_{korr\,max} - HT8_{korr\,min}}{F_{korr\,max} - F_{korr\,min}}$,
– b_{korr}: Az évenkénti korróziós fogyáshoz rendelt hatástényezőt megállapító lineáris interpolációs egyenes eltolása $b_{korr} = HT8_{korr\,max} - m_{korr}F_{korr\,max}$.

A becsült élettartamhoz tartozó hatástényező számítása a korróziós fogyáshoz tartozó hatástényező ($HT8_{év}$) számításához hasonlóan történik. A maradék élettartamhoz tartozó hatástényező lineáris interpolációval kerül meghatározásra egy, „alsó korhatár” ($ET_{évmin}$) és „felső korhatár” ($ET_{évmax}$), illetve az ezekhez előre meghatározott hatástényezők ($HT8_{évmin}$; $HT8_{évmax}$)) ismeretében. E „korhatárok” közötti becsült maradék élettartam esetén lineáris in-

terpoláció adja a hatástényezőt, míg a rövidebb élettartamú tartályok az „alsó korhatár”-hoz tartozó, a „felső korhatár”-nál hosszabb becsült élettartamú tartályok pedig a „felső korhatár”-hoz tartozó hatástényező értéket kapják. A számítási paramétereket a ’VASTMA’ munkalap „Falvastagság korróziós fogyása” című táblázata tartalmazza. Képlettel:

1. Ha $ET \le ET_{év\,\min}$ akkor $HT8_{év} = HT8_{év\,\min}$.
2. Ha $ET_{év\,\min} < ET < ET_{év\,\max}$ akkor $HT8_{év} = m_{év} ET + b_{év}$.
3. Ha $ET_{év\,\max} \le ET$ akkor $HT8_{év} = HT8_{év\,\max}$, ahol:

– $m_{év}$: A tartály becsült maradék élettartamához rendelt hatástényezőt megállapító lineáris interpolációs egyenes meredeksége $m_{év} = \dfrac{HT8_{év\,\max} - HT8_{év\,\min}}{ET_{év\,\max} - ET_{év\,\min}}$,

– $b_{év}$: A tartály becsült maradék élettartamához rendelt hatástényezőt megállapító lineáris interpolációs egyenes eltolása $b_{év} = HT8_{év\,\max} - m_{év} ET_{év\,\max}$.

Az ultrahangos vizsgálatok alapján meghatározott HT8 hatástényező (VASTMA) a korróziós fogyás hatástényezőjének és a becsült élettartam hatástényezőjének összegeként adódik: $HT8 = HT8_{korr} + HT8_{év}$. Jelenleg az inaktív $HT8_{év}$ miatt: HT8 =2$HT8_{korr}$.

6. A maradék élettartam becslésére szolgáló számítási modul leírása

Az 5. fejezetben bemutattuk, hogy a nyolc LKH hatástényezőjének súlyozott összege milyen összefüggések alapján adja a KÁR károsodási számot. Ennek értékei olvashatók az ’Adatok’ munkalap ’C’ oszlopában (4/3. ábra). Az áttekintés és az ellenőrzés érdekében, a munkalapon sötétzöld háttérben olvashatók az adott oszlop („mező”) adatainak statisztikai és „holléti” információi, valamint a ’11.’ sor („rekord”) szolgál arra, hogy tetszőleges adatok bevitelével teszteljük a rendszer működését.

A KÁR% normált károsodási szám értelmezését már bemutattuk a korábbiakban (5.3. szakasz), a továbbiakban pedig a maradék élettartam becslésére szolgáló számítási modul működési elveit összegezzük.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	KOR --- A PÉBÉ-COOP Kft. pébégáztartályainak károsodási osztályozási rendszere												Összesítő és maradékélettart		
2					LKH, lényeges kockázati hatások rizikófaktora (RF) ----> ----> ---->										RF= 2
3	Oszlopfejléc	Sorszám (gy.sz-é)	Ismétlődés	Gyári szám v. TNYhat gyárisz.	Károsodási szám	Normált károsodási szám	Károsodási sorszám	Károsodási osztály	Maradék élettartam (év)	Teljes élettartam (év)	Relatív élethor	m3	Gyártási év (minőség)	Gyártási dátum	HT1
4		SOR	ISMÉT	GYÁRI	KÁR	KÁRSZ%	KÁRSOR	KÁROSZT	MÉG	IDŐ	RÉK	M3	GYÁRÉV	GYÁRDÁTUM	HT1
5	MAX	1498	2	991283	73,3	100,0	1517	4	402,3	422,3	60,8	5	2006	2006-01-01	2,0
6	min	1	1	747	16,6	0,0	1	1	11,6	29,6	4,7	3	1990	1990-01-01	1,0
7	Átlag				49,7	58,3	704	1,90	64,0	79,0	20,0	4	1995	1995-01-06	1,8
8	Db	1522	1522	1517	1522	1522	1522	1522	1522	1522	1522	1517	1517	1517	1522
9	Hol a mini?	B12	C12	D12	E184	F184	G870	H12	I870	J870	K184	L34	M184	N184	O187
10	Hol a MAXI?	B1528	C49	D1484	E870	F870	G184	H468	I184	J184	K870	L12	M550	N550	O74
11	Próbaadatok	0	1	1	39,1	39,6	1415	1	12,9	13,9	7,2	0	2009	2009-01-01	1,0
12		1	1	747	39,1	39,6	1415	1	117,0	134,96	13,3	5	1992	1992-01-01	1,5
13		2	1	769	50,1	59,1	1162	2	55,5	73,51	24,5	5	1992	1992-01-01	1,5
14		3	1	777	55,4	68,4	14	3	54,3	72,29	24,9	5	1992	1992-01-01	1,5
15		4	1	786	55,4	68,4	14	3	54,3	72,29	24,9	5	1992	1992-01-01	1,5
16		5	1	795	55,4	68,4	14	3	54,3	72,29	24,9	5	1992	1992-01-01	1,5
17		6	1	825	55,4	68,4	14	3	54,3	72,29	24,9	5	1992	1992-01-01	1,5
18		7	1	849	55,4	68,4	14	3	54,3	72,29	24,9	5	1992	1992-01-01	1,5
19		8	1	897	37,2	36,3	1451	1	122,3	140,27	12,8	5	1992	1992-01-01	1,5
20		9	1	903	51,7	61,9	282	2	55,3	72,29	23,6	5	1993	1993-01-01	1,5
21		10	1	906	51,7	61,9	282	2	55,3	72,29	23,6	5	1993	1993-01-01	1,5

Információs lap | Adatok | GYAREV | GYARTO | HATASOK | KORRKULSO | ELETKOR | HNYPSZ | VASTGY | VASTMA | Rizikófaktorok | Számítások

4/3. ábra – Az ’Adatok’ munkalap részlete

6.1. A károsodási sorszám, KÁRSOR (’Adatok’ munkalap ’G’ oszlop)

Amint a 3.d. szakaszban bemutattuk, a károsodási sorszám azonos a KÁR értékek szerint sorba rendezett listán elfoglalt sorszámmal. A legnagyobb KÁR értékhez tartozik a KÁRSOR = 1 érték.

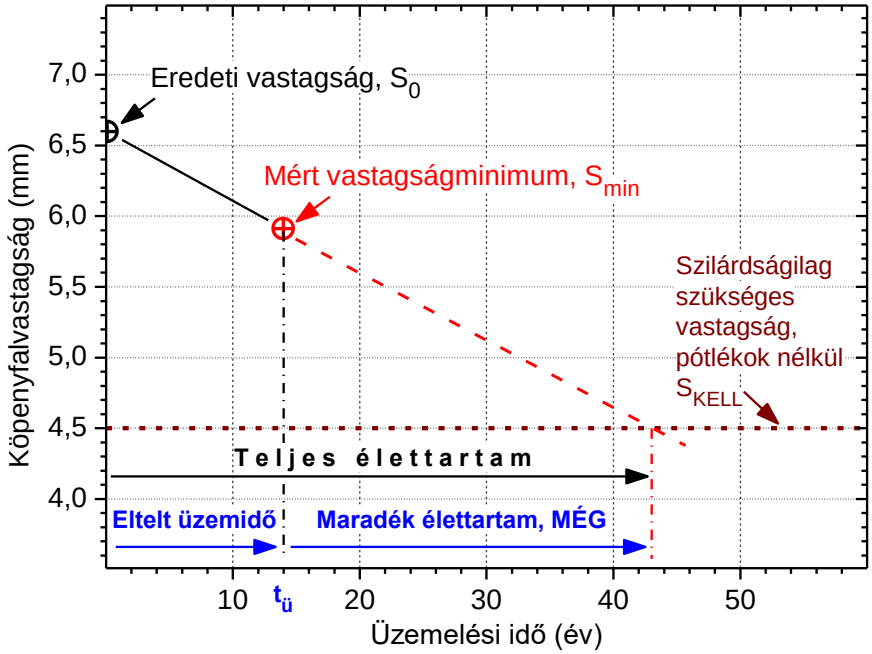
6.2. Károsodási osztály, KÁROSZT (’Adatok’ munkalap ’H’ oszlop)

A károsodási osztályokba való besorolás elvét és módszerét a 3.e. szakaszban ismertettük. A csoportok számának (4) meghatározása az eloszlás jellegéhez igazodva és gyakorlati példákat is mérlegelve, de önkényesen történt. A mérési eredmények számának növekedésével javasoljuk a jelenleg alkalmazott csoportosítás módszerének folyamatos pontosítását. A 4/2. ábrán bemutattuk, hogy milyen megoszlás alakul ki az adatbázisban szereplő tartályokra a négy károsodási / veszélyeztetettségi osztályok között az adatbázis kétféle feltöltöttségi szintjén. Az osztályba sorolás algoritmizálásához szükséges matematikai elemzéseket jelenleg végezzük, azt utólag, a következő fejlesztésnél illesztjük a KOR-hoz.

6.3. Maradék élettartam, MÉG (’Adatok’ munkalap ’I’ oszlop)

A maradék élettartam (MÉG) becslésére a KOR egy viszonylag egyszerű számítási modult tartalmaz. Mivel mechanikai jellegű károsodási folyamatok a vizsgálati eredmények szerint nem kimutathatók, a maradék élettartamot csak egyetlen időfüggő paraméterhez, a korróziós eredetű dS falvastagság-csökkenéshez rendeli. A modell figyelembe veszi az esetleges külső korrózió megjelenésének falvastagságcsökkentő hatását és az ultrahangos falvastagságmérések alapján számolt éves belső korróziós fogyásból becsüli a tartály maradék élettartamát. A fenék erősen változó gyártási vastagsága és a köpeny nagyobb mechanikai terhelése miatt a köpeny alapanyagának vastagságát tekintjük mértékadónak.

Ideális esetben a falvastagság-csökkenésből és a tartály életkorából meghatározható a korrózióssebesség: $v_{korr} = dS / t_{ü}$. A dS falvastagság-csökkenést az S_0 gyártási vastagság és az ultrahangos mérésből származó S_{min} legkisebb mért vastagság különbsége jelenti: $dS = S_0 – S_{min}$. A tartály addig üzemelhet, ameddig anyagának csökkenő vastagsága el nem éri az S_{KELL} szilárdságilag szükséges értéket (4/4. ábra).



4/4. ábra – A maradékélettartam-becslési modul elvi vázlata

A helyzet azonban egyáltalán nem ideális: csak kivételesen ismert az S_0 gyártási lemezvastagság és kevés mérési adat áll rendelkezésre. Emiatt szükségessé vált egy olyan számítási módszer, amely a meglévő gépkönyvi adatokból és mérési eredményekből elfogadható pontosságú becslést ad az S_0 eredeti, gyártáskori falvastagságra és így a belső korrózió sebességére (v_{korr}). Az S_0 becslésénél figyelembe vett változatokat az 5.4.7. szakaszban ismertettük; azok egyike biztosan alkalmas az S_0 meghatározására. Mérési adatból immár számítható a dS falvastagság-csökkenés, és a tartály életkorából a korrózióssebesség is a 4/4. ábra szerint. Mérési adat híján az ismert mérések átlaga lesz a dS’ becsült vastagságcsökkenés. Az ebből számított éves átlagos fogyás 219 mérésből számolva: 0,021 mm.

6.4. Teljes élettartam, IDŐ (’Adatok’ munkalap ’J’ oszlop)

Az IDŐ teljes élettartam a MÉG maradék élettartam és a $t_Ü$ eltelt üzemidő összege.

6.5. Relatív életkor, RÉK (’Adatok’ munkalap ’K’ oszlop)

Valamely tartály relatív életkora a becsült teljes élettartamon (IDŐ) belül a tartály tényleges életkora által meghatározott százalékos életkort jelöli. A frissen gyártott tartály így 0%-os relatív életkorú, a 100%-os relatív életkorú tartály pedig korróziós fogyása miatt elérte az S_{KELL} mechanikailag megengedett legkisebb falvastagságot; képlettel kifejezve:

$$\text{RÉK} = \frac{t_Ü}{\text{IDŐ}} \cdot 100, \text{ ahol:}$$

- *RÉK*: az adott tartály relatív életkora,
- $t_Ü$: a tartály üzemideje (életkora) években,
- *IDŐ*: az adott tartály teljes becsült életkora.

A maradék élettartamnak az adatbázis alapváltozójával, a KÁR károsodási számmal való kapcsolatát bemutató diagramokat a 19. mellékletbe szerkesztettük.

5. melléklet

A kismintás károsodásanalízis keretében megvizsgált pébégáztartályok adatai

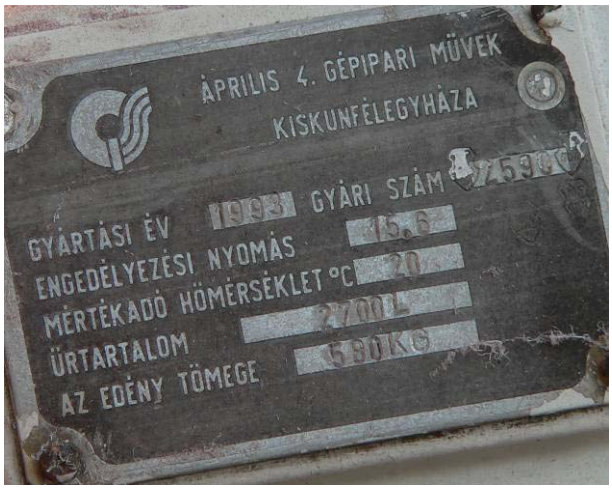
A vizsgálati programban hat darab tartály széles körű vizsgálatát végeztük el. Az 5/1. táblázat tartalmazza az egyes tartályokon legfontosabb adatait és az elvégzett vizsgálatokat.

Gyári szám	2590	941355	24183	417696	954501	58758
Vizsgálati jele	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Gyártó	TGM (Á4G)	Gönczi	FMF	VTSZ	Gönczi	Thyssen
Gyártási év	1993	1994	1995	1996	1995	1992
Méret	3 m^3	5 m^3	5 m^3	3 m^3	3 m^3	5 m^3
Radiográfia	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Ultrahangos	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Akusztikus emissziós	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Darabolás	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem	Nem
Felszakítás	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Igen
Mechanikai vizsgálatok	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem	Nem
Kémiai összetétel						
Metallográfia	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem	Nem

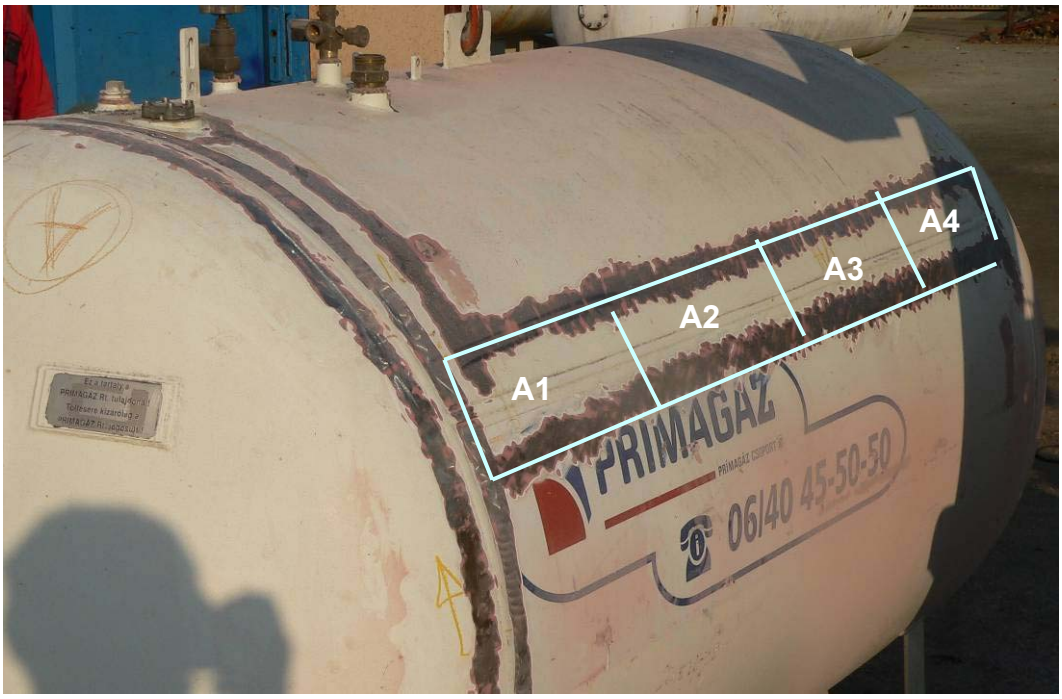
5/1. táblázat – A teljes körű vizsgálati programban érintett tartályok legfontosabb adatai és a rajtuk elvégzett vizsgálatok

A továbbiakban bemutatjuk a feldarabolt és a felszakítási vizsgálatban vizsgált tartályok vágási vázlatát és a és mintavételezési jelöléseit.

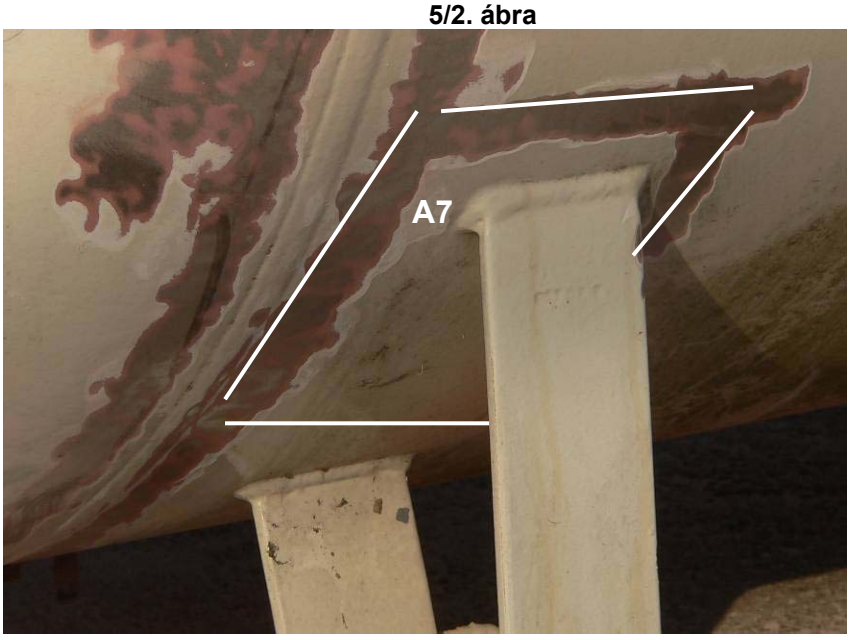
„A” jelű tartály: , Április 4 Gépipari Művek, gyári szám: 2590, gyártási év: 1993.



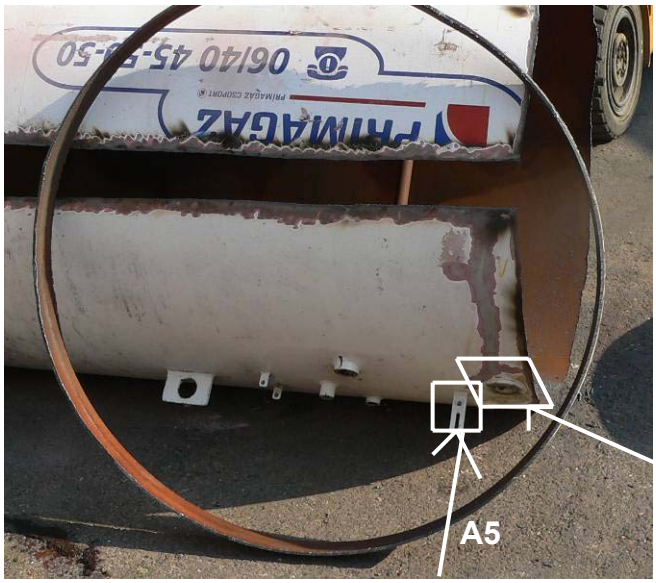
5/1. ábra



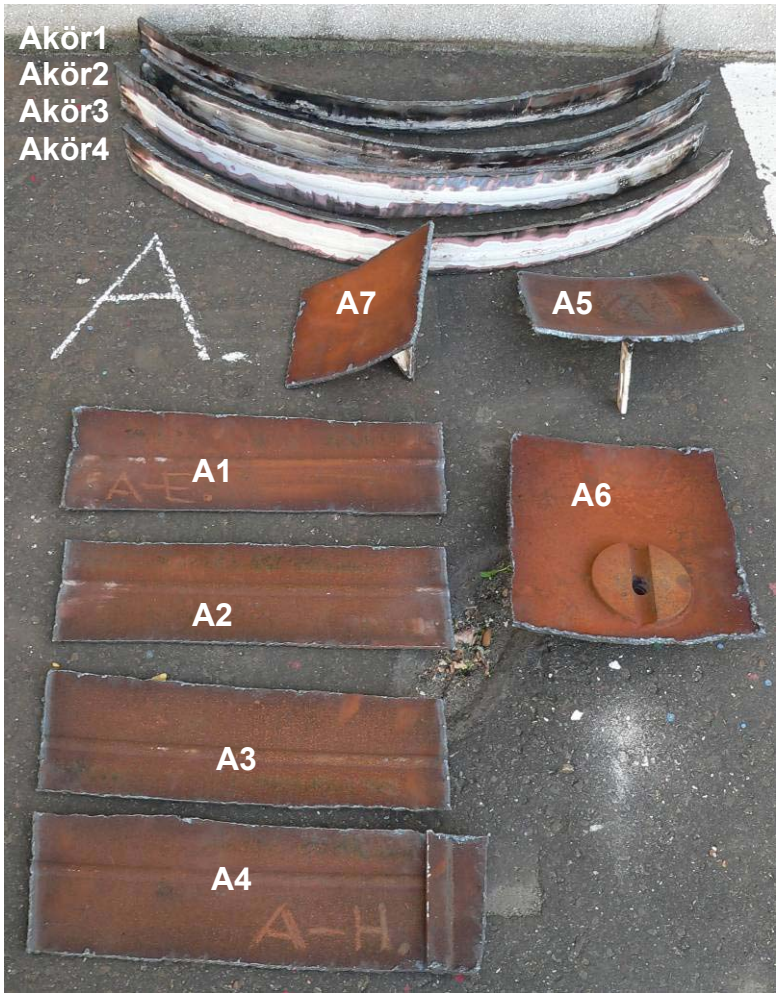
5/2. ábra



5/3. ábra

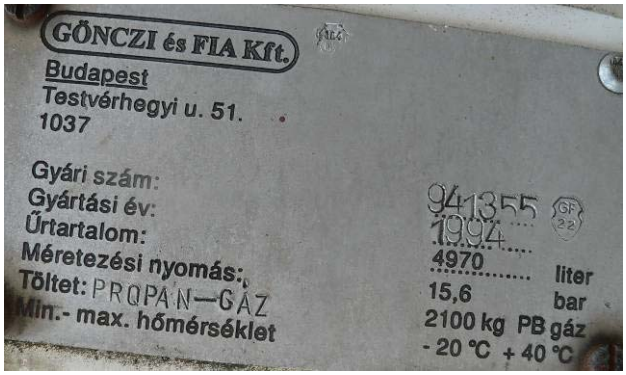


5/4. ábra



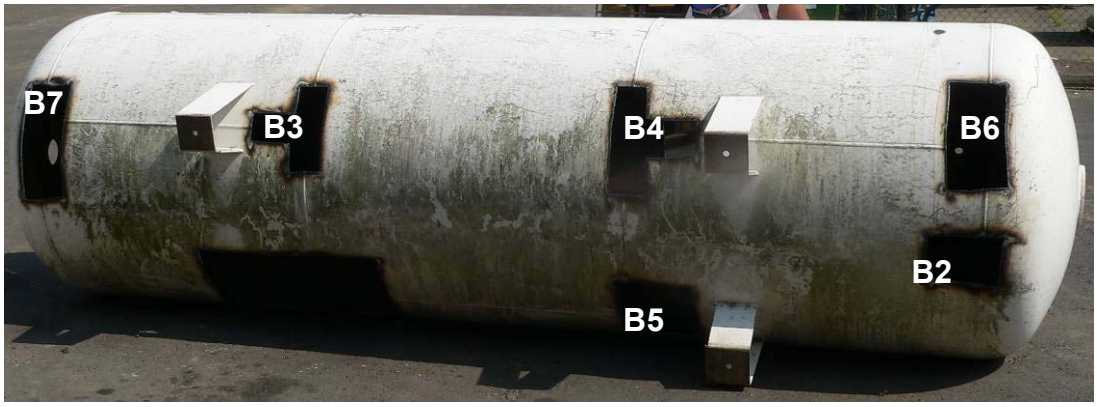
5/5. ábra

„B” tartály: Gönczi és Fia Kft., gyári szám: 941355, gyártási év: 1994.



5/6. ábra

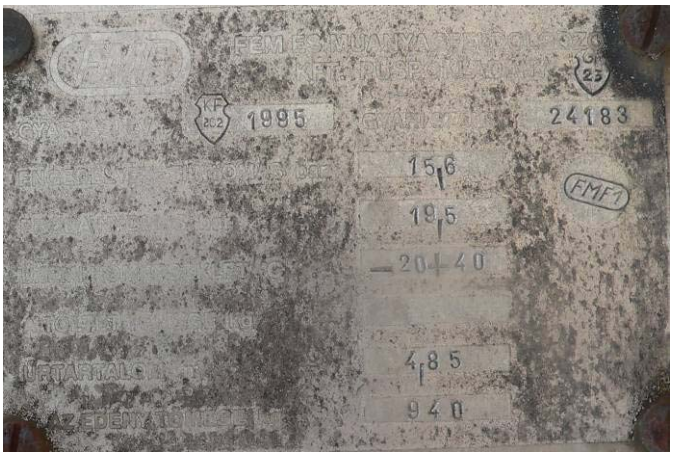
5/7. ábra



5/8. ábra

5/9. ábra

„C” tartály: FMF, gyári szám: 24183, gyártási év: 1995

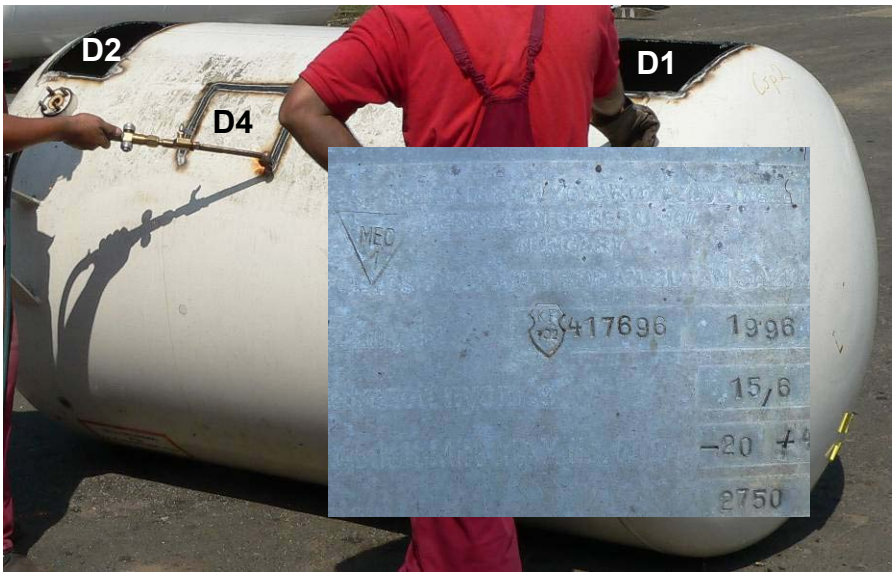


5/10. ábra

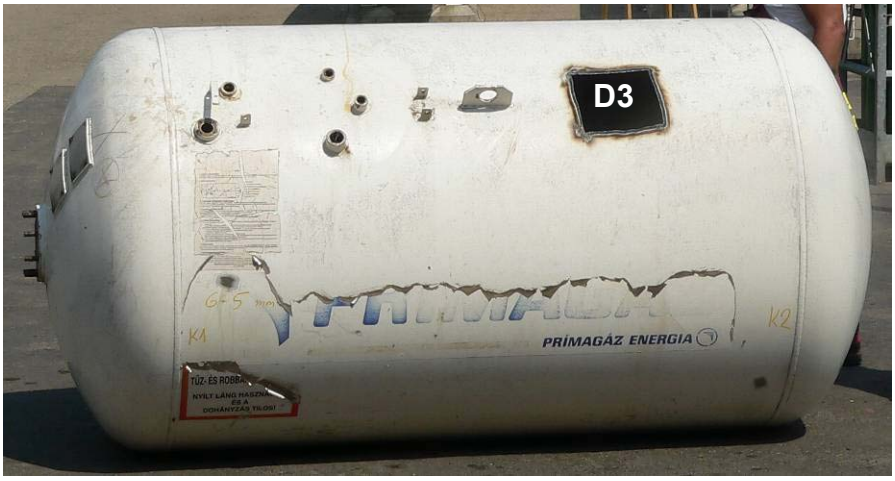
5/11. ábra

5/12. ábra

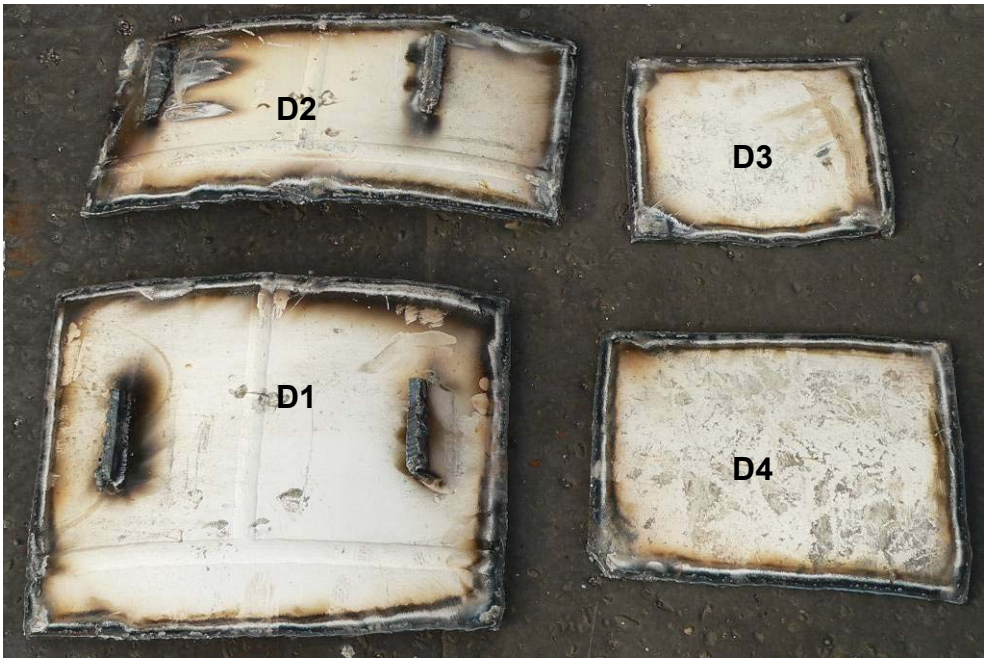
„D” tartály: VTSZ, gyári szám: 417696, gyártási év: 1996.



5/13. ábra



5/14. ábra



5/15. ábra

„E” jelű tartály, gyártó: Gönci és Fia Kft., gyári szám: 954501, gyártási év: 1995.

5/16. ábra

5/17. ábra

A Pébé-Coop telephelyén végzett vizsgálatok közben

5/18. ábra

A TVK-ban végzett felszakítási vizsgálat közben

„F” jelű tartály, gyártó: Thyssen, gyári szám: 58758, gyártási év: 1992.

5/19. ábra – A tartály adattáblája

5/20. ábra – A tartály a felszakítási kísérlet helyére szállítás előtt

5/21. ábra – A tartály a felszakítási kísérlet után

6. melléklet

A megvizsgált pébégáztartályok anyaga

A vizsgálati programban négy tartály palástanyagának kémiai összetételét határoztuk meg. Az eredményeket a 6/1. ábrán látható jegyzőkönyvmásolat, valamint a szabványos, a gépkönyvekben megadott és a mért adatokat összehasonlító 6/1. táblázat tartalmazza.

ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.
1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Telefon / fax: **319-3181** Telefon: **309-2621** Mobil: **06(309) 598-290** E-mail**: labor@aef.hu**
A Nemzeti Akkreditáló Testület által akkreditált vizsgáló laboratórium

VEGYELEMZÉSI JEGYZŐKÖNYV
Test Report of Chemical Analysis

Témafelelős / Executive**: Fodor Olivér**
Munkaszám / Work no**.: 6685**
Hivatkozási szám / No**: L-377/2009**
A vizsgálat kelte / Date of test**: 2009. szept. 10.**
Géptípus / Instrument**: Spektrotest**

Megrendelő / Customer**: BME**
Ügyintéző / Executive**: Dobránszky János**
Hivatkozási szám / No**.:**
Megrendelés kelte / Date of order**: szept. 2.**

Tárgy/Subject: PB tartályok

Vizsgálati eredmények

Minta	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%	Co%	Cu%	Nb%	Ti%	V%	W%
A5 (2590)	0,131	0,413	1,31	0,014	0,009	0,032	< 0,003	0,021	0,038	< 0,0009	0,016	< 0,005	0,019	0,006	< 0,040
B8 (941355)	0,083	0,210	0,91	0,011	0,010	0,034	< 0,003	0,019	0,027	< 0,0009	0,039	0,030	0,002	0,006	< 0,040
C3 (24183)	0,134	0,436	0,99	0,010	0,012	0,027	< 0,003	0,016	0,067	< 0,0009	0,056	< 0,005	0,002	0,005	< 0,040
D4 (417696)	0,097	0,191	1,35	0,009	0,014	0,035	< 0,003	0,032	0,041	< 0,0009	0,018	0,012	0,002	0,017	< 0,040

A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak. / Test results valid for only tested pieces
Eredmények tömegszázalékban / Datas in weight percent)

....
vizsgálatot végezte / examined by ellenőrizte / accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható. ./This certificate may only be copied in its entire length
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük./We keep the tested work pieces with us for 60 days only, unless otherwise agreed

6/1. ábra – Az alapanyagok kémiai összetételének vizsgálati eredményei

		C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
MSZ EN 10025-2:2005		**max. 0,20**	**max. 0,55**	**max. 1,60**	**max. 0,025**	**max. 0,025**	**min. 0,02**	**max. 0,55**
2590-A	Gépkönyv	0,16	0,41	1,41	0,016	0,005	0,31	–
	Mérés	0,131	0,413	1,31	0,014	0,009	0,038	0,016
941355-B	Gépkönyv	0,11	0,34	1,36	0,013	0,008	0,031	–
	Mérés	0,083	0,210	0,91	0,011	0,010	0,027	0,039
24183-C	Gépkönyv	0,17	0,43	1,02	0,012	0,010	0,056	–
	Mérés	0,134	0,436	0,99	0,010	0,012	0,067	0,056
417696-D	Gépkönyv	0,16	0,30	1,35	0,016	0,011	0,049	–
	Mérés	0,097	0,191	1,35	0,009	0,014	0,041	0,018

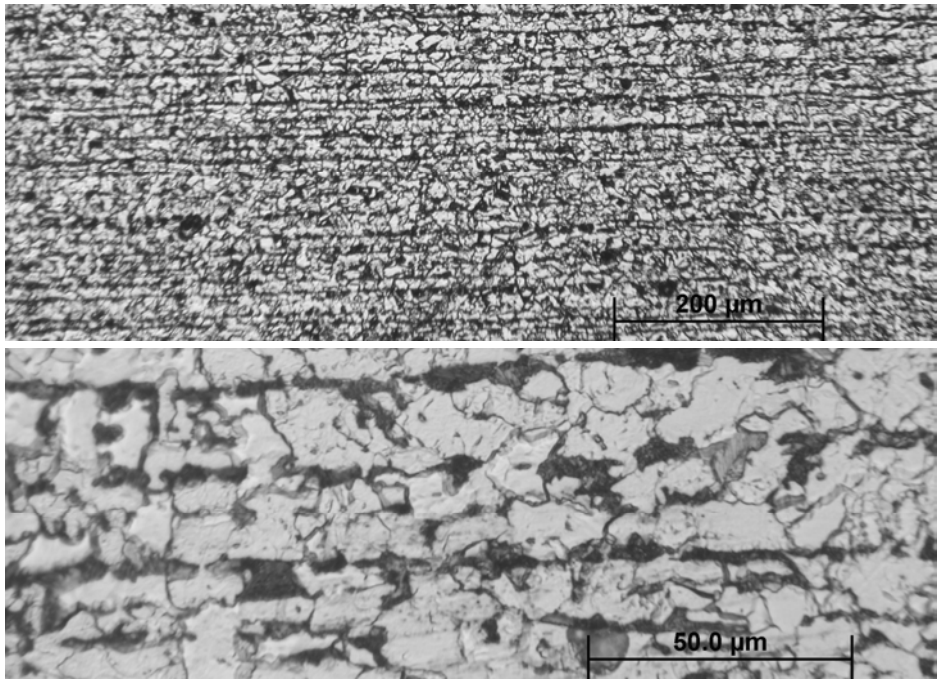
6/1. táblázat – A szabványos, a gépkönyvi és a mért adatok összehasonlítása

7. melléklet

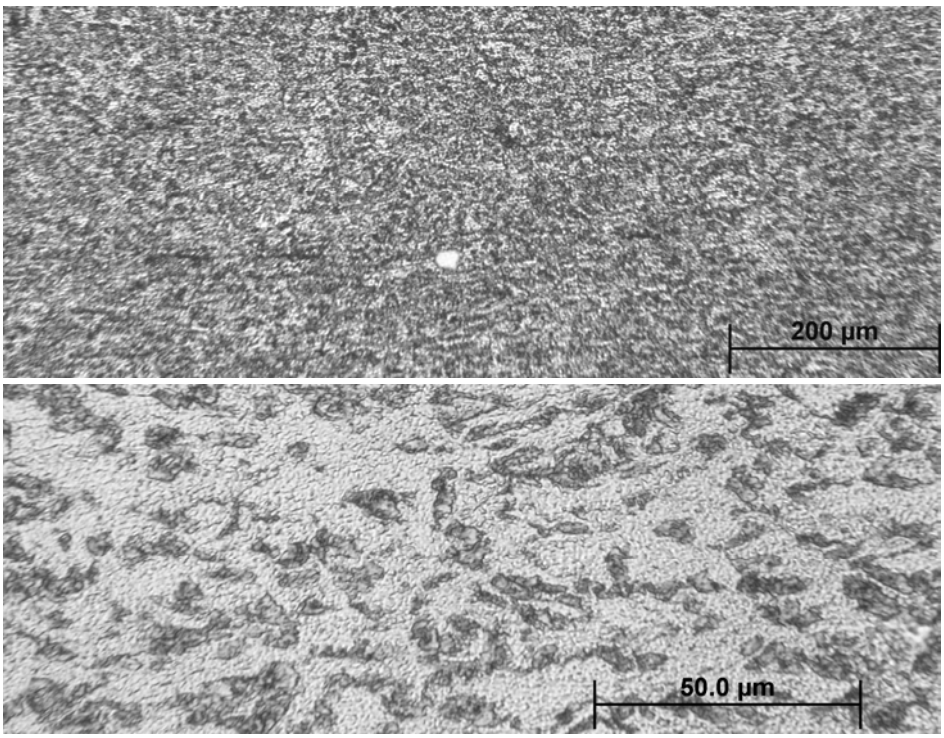
A pébégáztartályok anyagának (köpeny és domborított fenék) metallográfiai vizsgálata

A metallográfiai vizsgálatokat a szétvágott tartályok köpenyéből és fenekéből kimunkált próbatesteken végeztük el. A makro- és mikroszerkezet állapotát jellemző szövetképeket tartályonként csoportosítva mutatjuk be.

1. A 2590 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

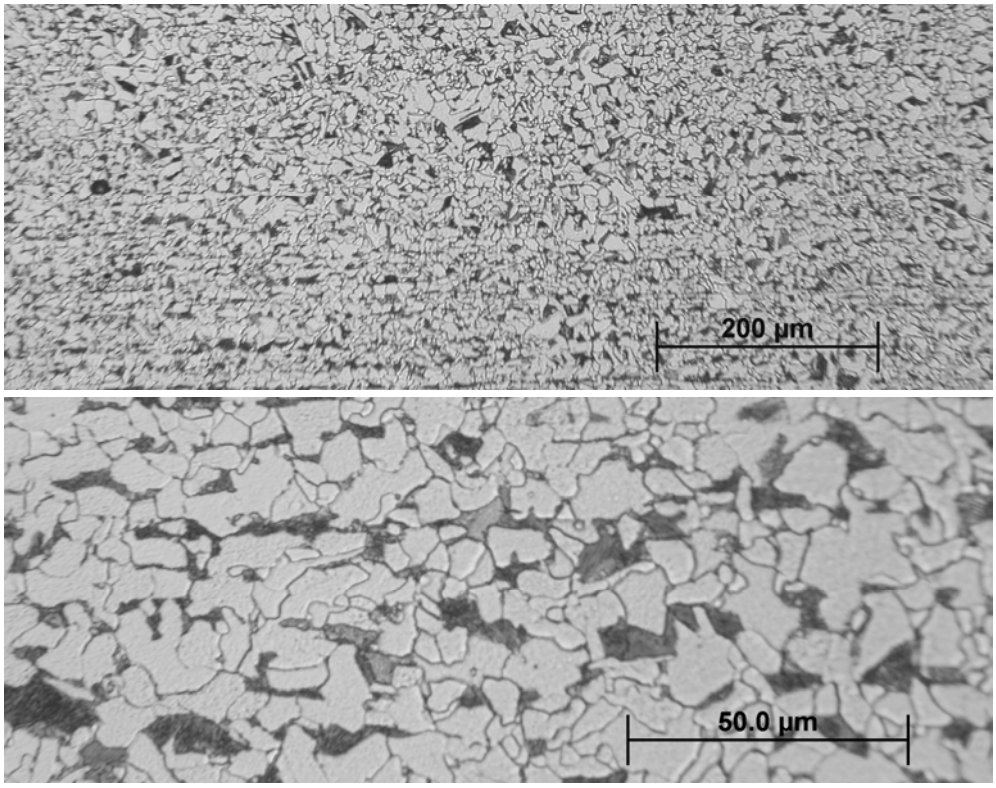


7/1. ábra – A palást alapanyagának szövetszerkezete

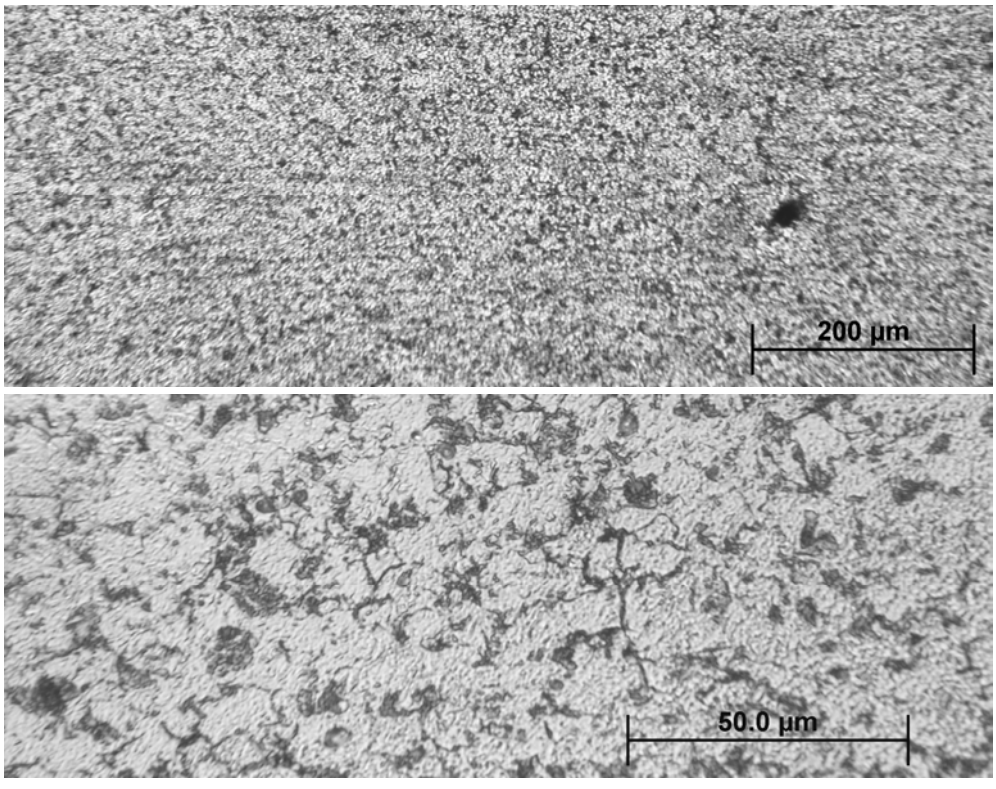


7/2. ábra – A tartályfenék alapanyagának szövetszerkezete

2. A 941355 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

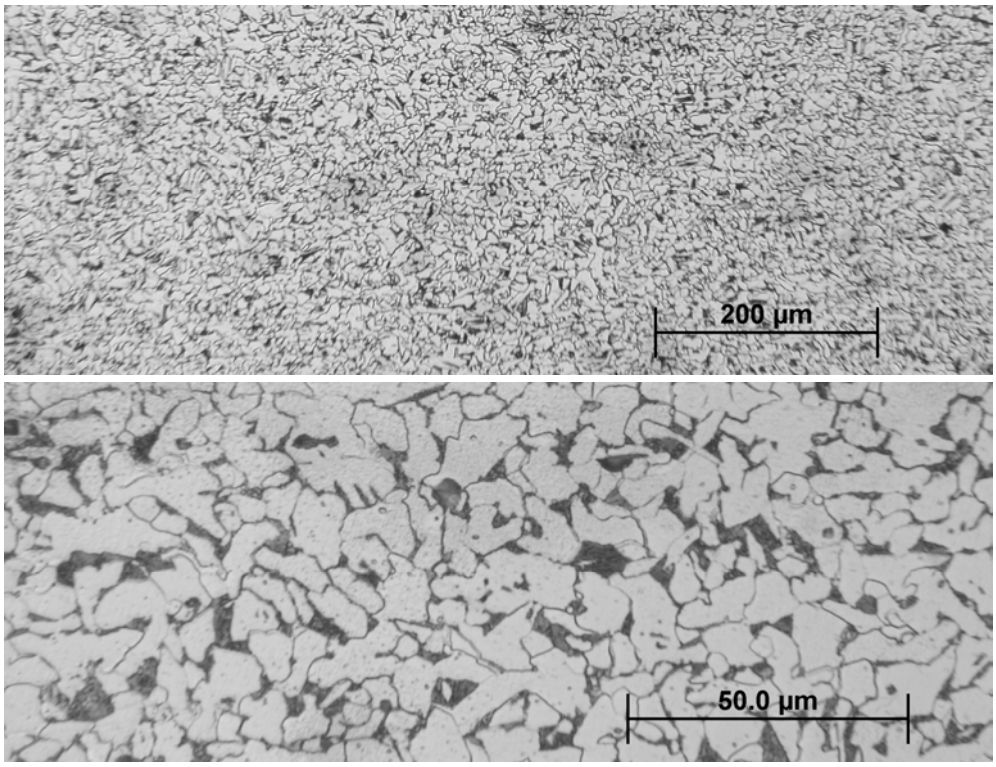


7/3. ábra – A palást alapanyagának szövetszerkezete

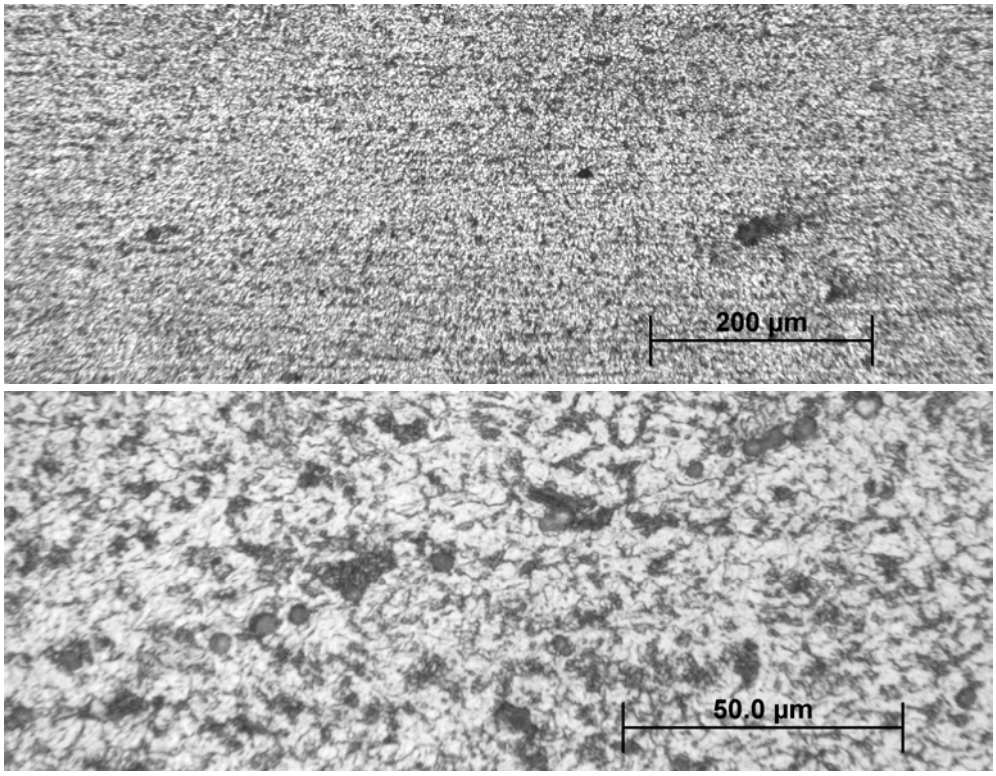


7/4. ábra – A tartályfenék alapanyagának szövetszerkezete

3. A 24183 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

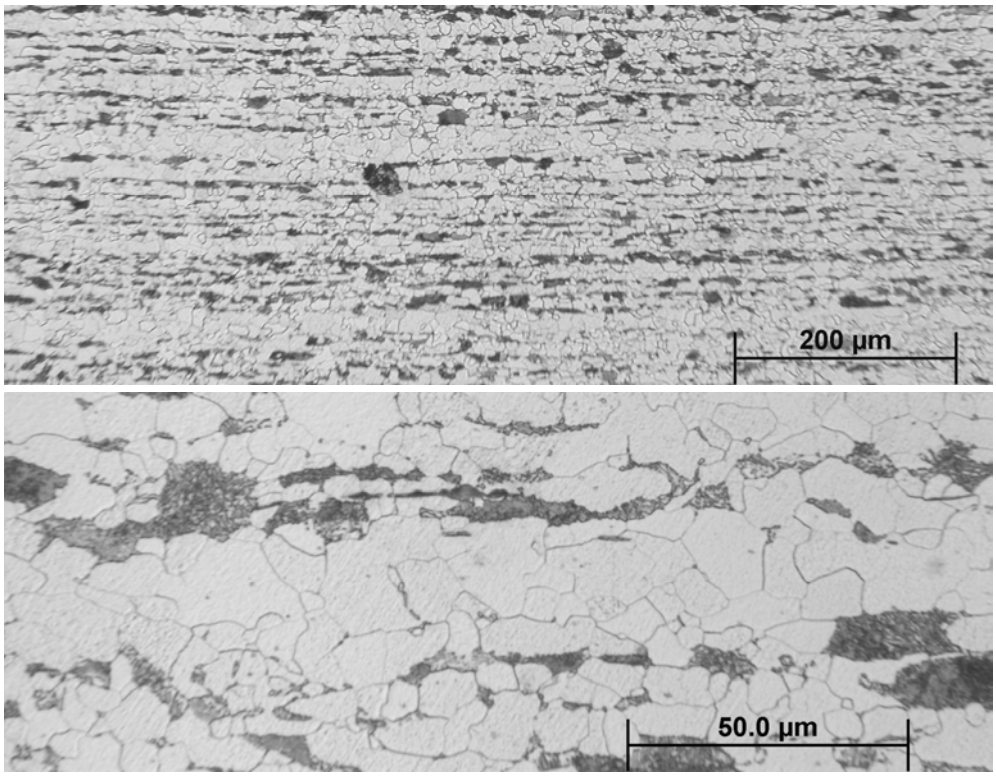


7/5. ábra – A palást alapanyagának szövetszerkezete

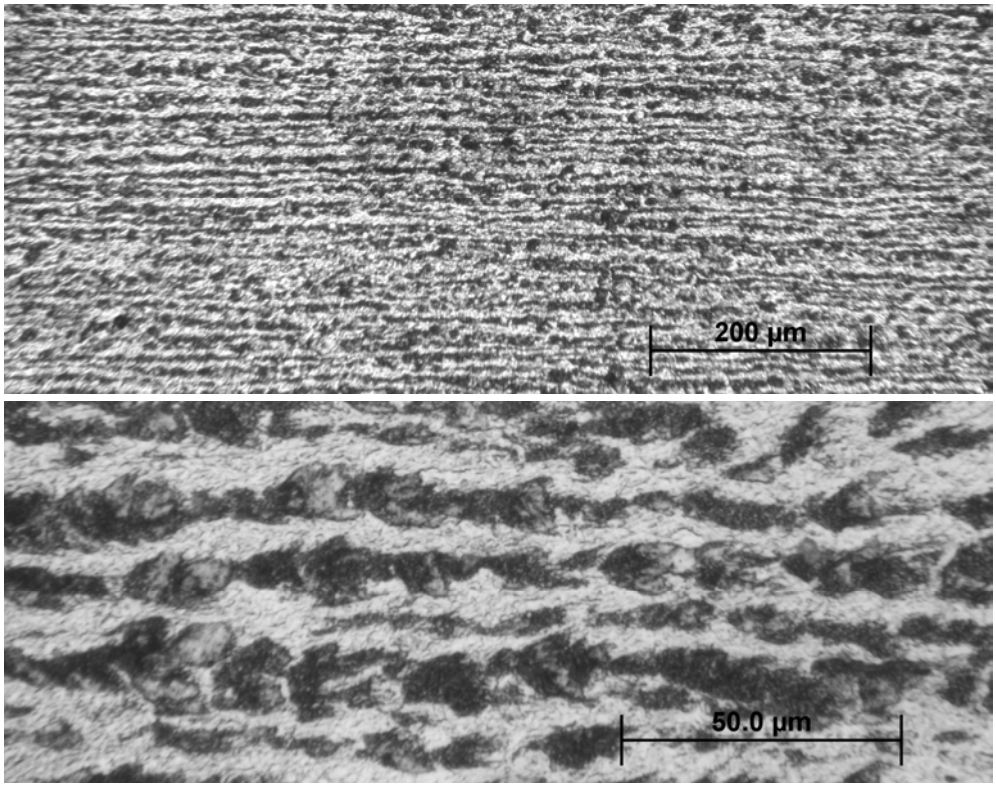


7/6. ábra – A tartályfenék alapanyagának szövetszerkezete

4. A 417696 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata



7/7. ábra – A palást alapanyagának szövetszerkezete



7/8. ábra – A tartályfenék szövetszerkezete

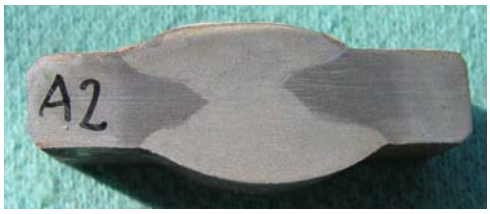
8. melléklet

A pébégáztartályok hegesztett kötéseinek metallográfiai vizsgálata

A metallográfiai vizsgálatokat a szétvágott tartályok hegesztett kötéseiből kimunkált próbatesteken végeztük. A makro- és mikroszerkezet vizsgálatát a belső korrózió hatásának feltárására összpontosítottuk.

1. A 2590 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

a)



b)

c)

d)

8/1. ábra – A köpeny hosszvarratának keresztmetszeti képei

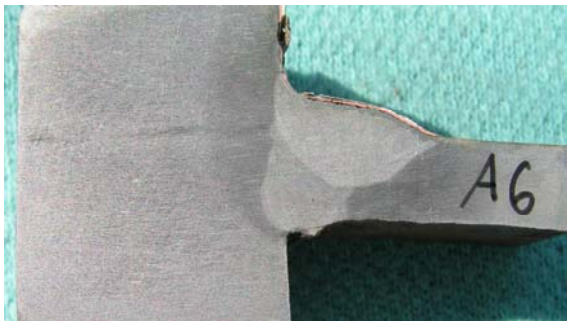
a)

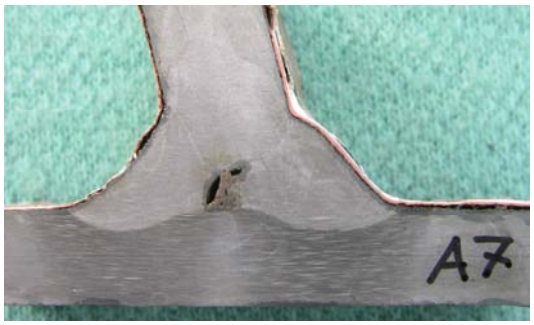
b)

c)

d)

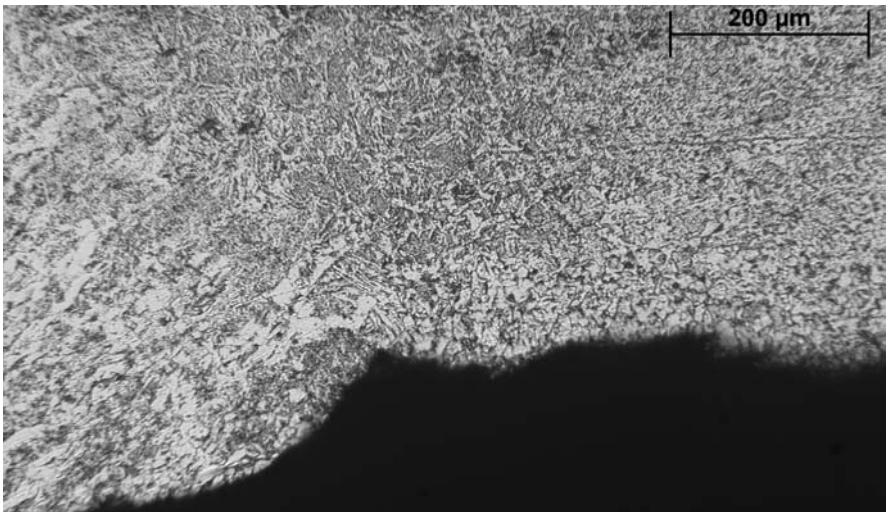
8/2. ábra – A köpeny és a fenék körvarratának keresztmetszeti képei

a) 

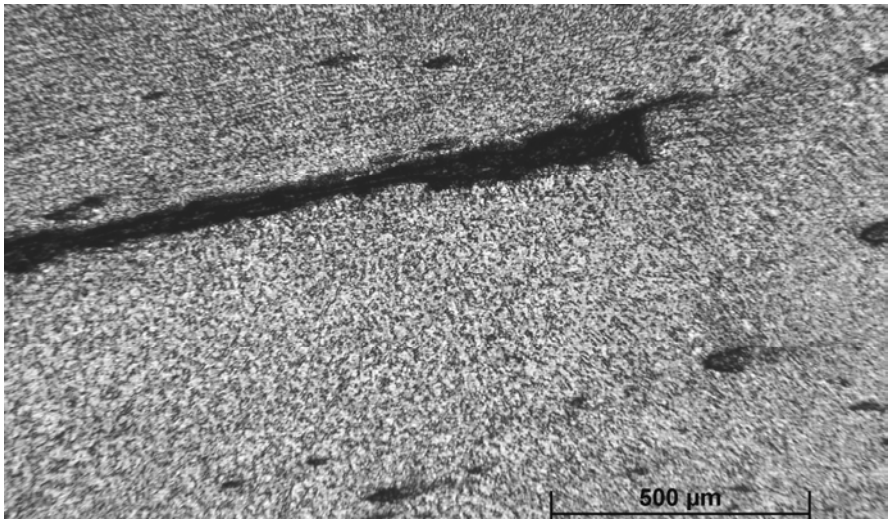


b)

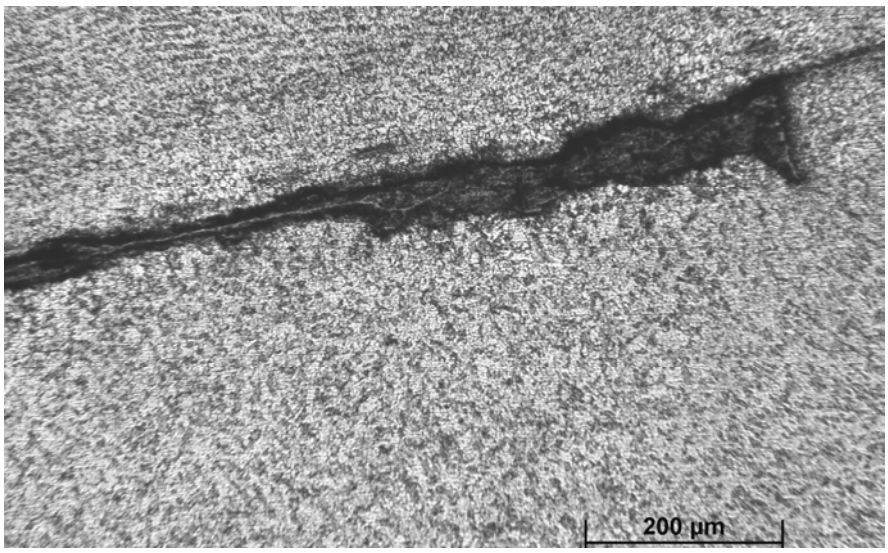
8/3. ábra – A folyadékszintmérő műszer csonkjának (a) és a tartálylábnak a rögzítésére szolgáló hegesztett kötés (b) keresztmetszeti képe



8/4. ábra – A hosszvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/1.a. ábrán látható



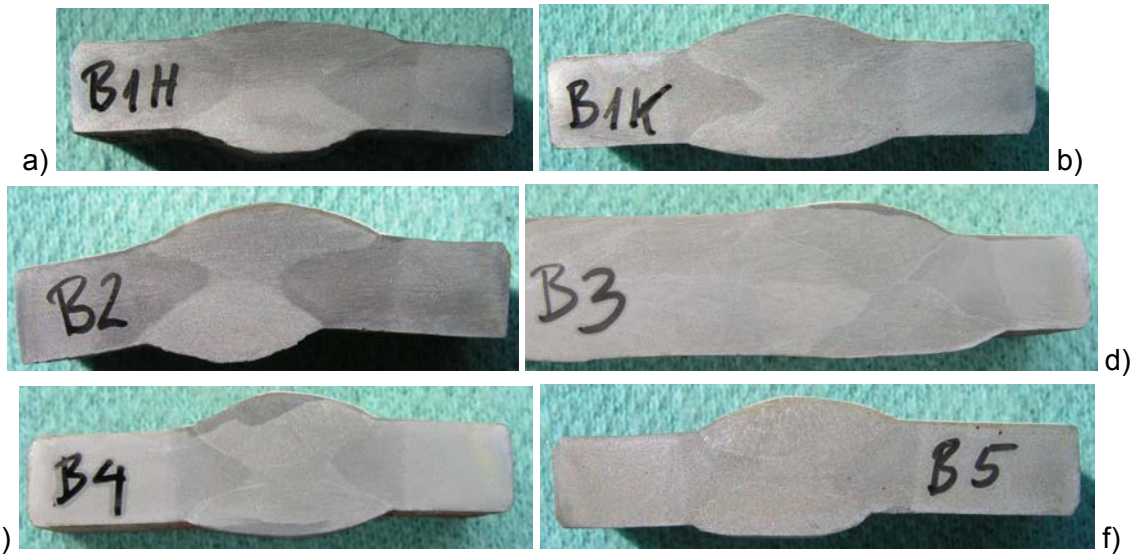
a)



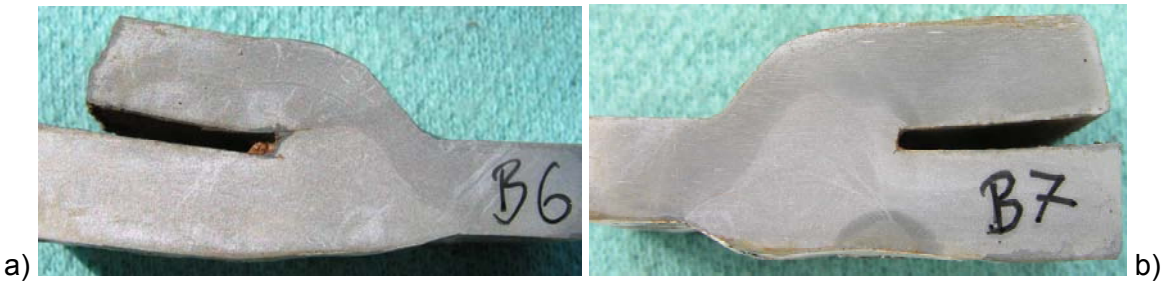
b)

8/5. ábra – A tartályfenék-körvarrat részlete.
A vizsgált minta makrofotója a 8/3.a. ábrán látható

2. A 941355 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

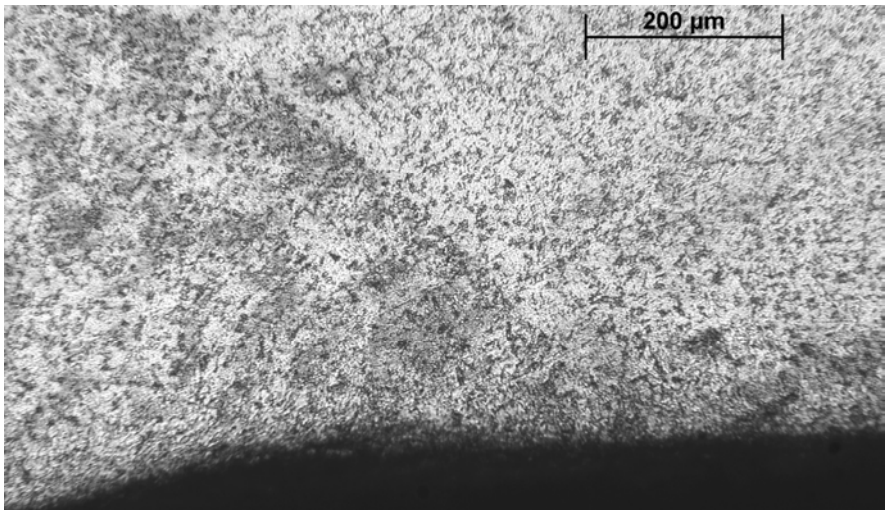


8/6. ábra – A köpeny hosszvarratainak és körvarratainak keresztmetszeti képe

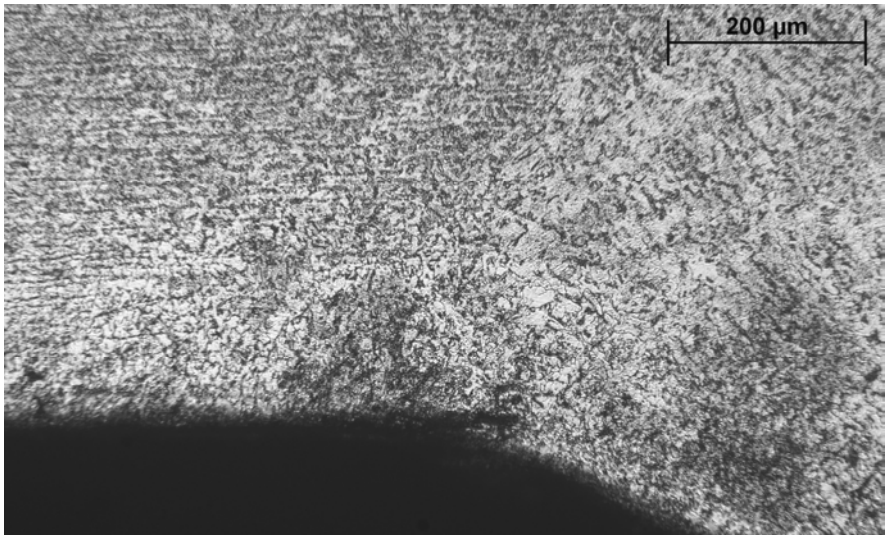


8/7. ábra – A köpeny és az edényfenék körvarratának keresztmetszeti képei

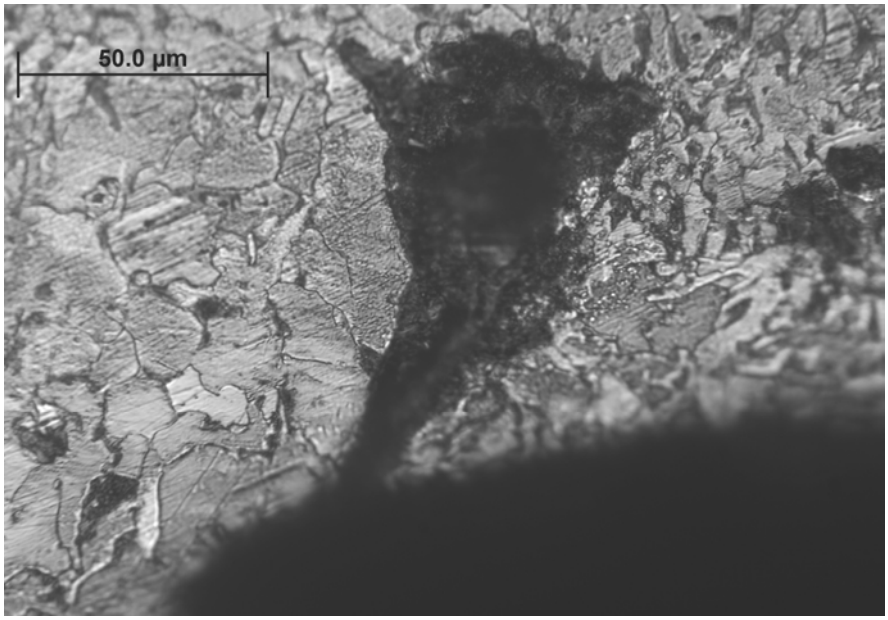
8/8. ábra – A tartályláb (a) és a leeresztőcsonk varratának (b) környezete



8/9. ábra – A hosszvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/6.a. ábrán látható

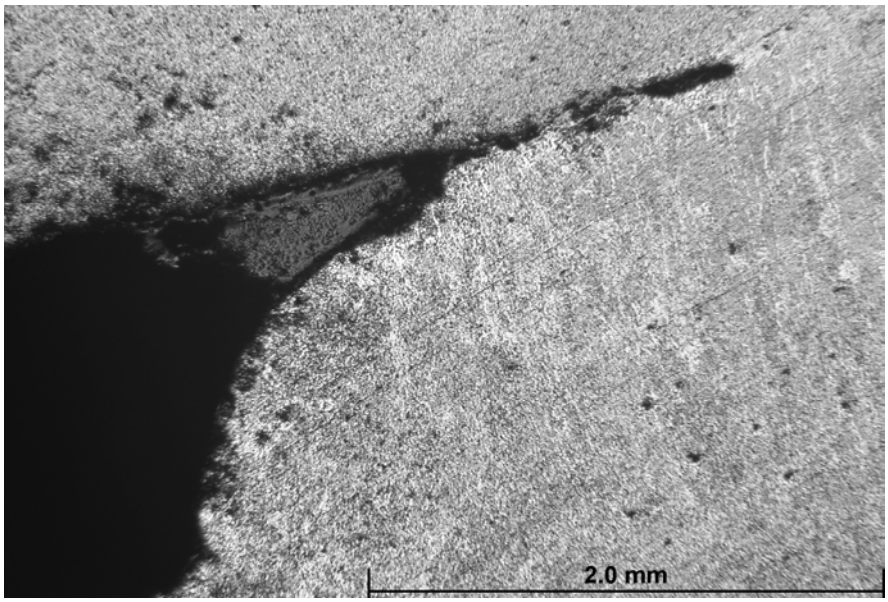


a)

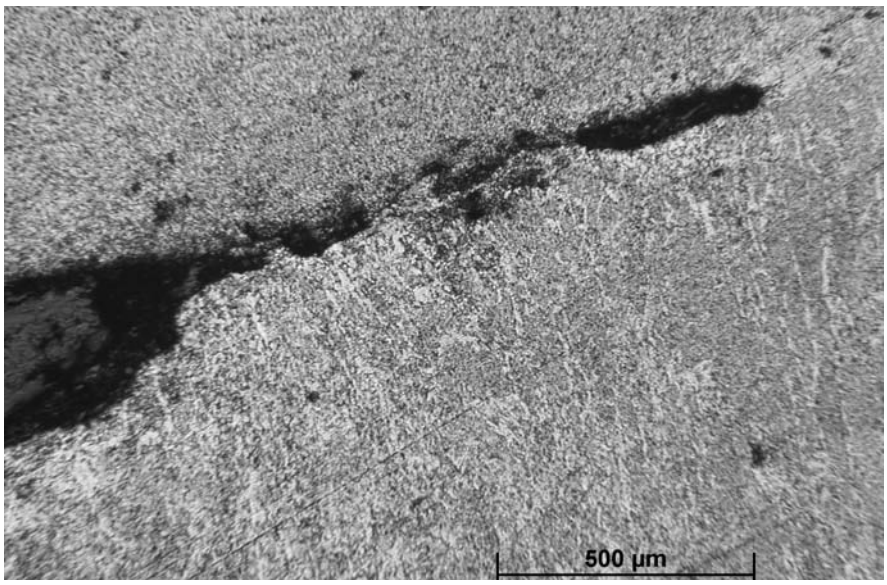


b)

8/10. ábra – A körvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/6.e. ábrán látható

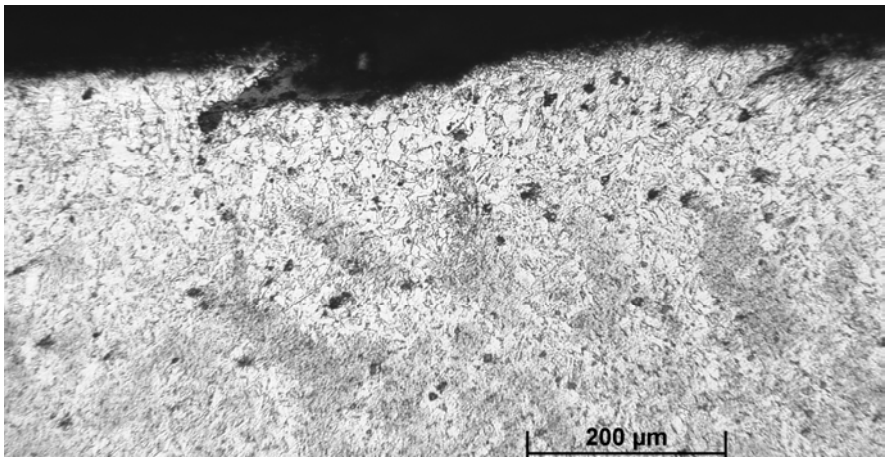


a)



b)

8/11. ábra – A körvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/7.a. ábrán látható

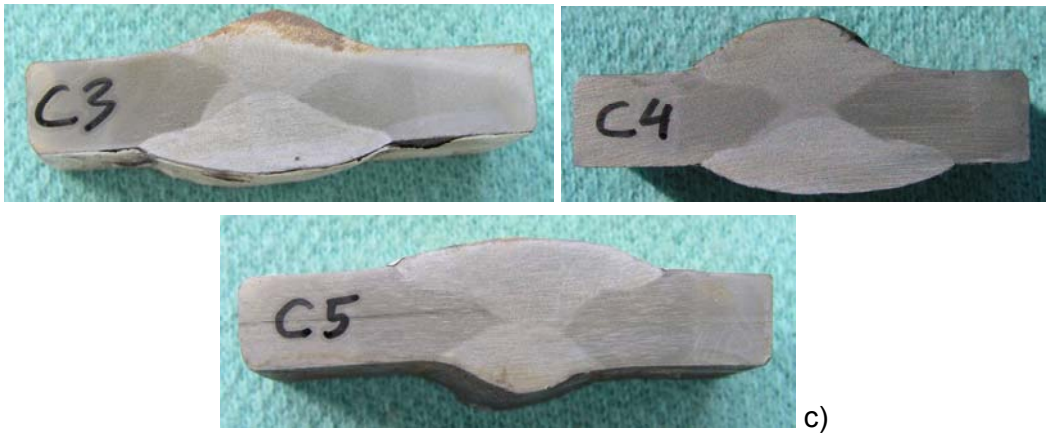


8/12. ábra – A belső palástfelület részlete a fenék körvarrata mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/7.a. ábrán látható

3. A 24183 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata

a) b) c) d)

8/13. ábra – A varrattalálkozások környezetének makroszerkezete



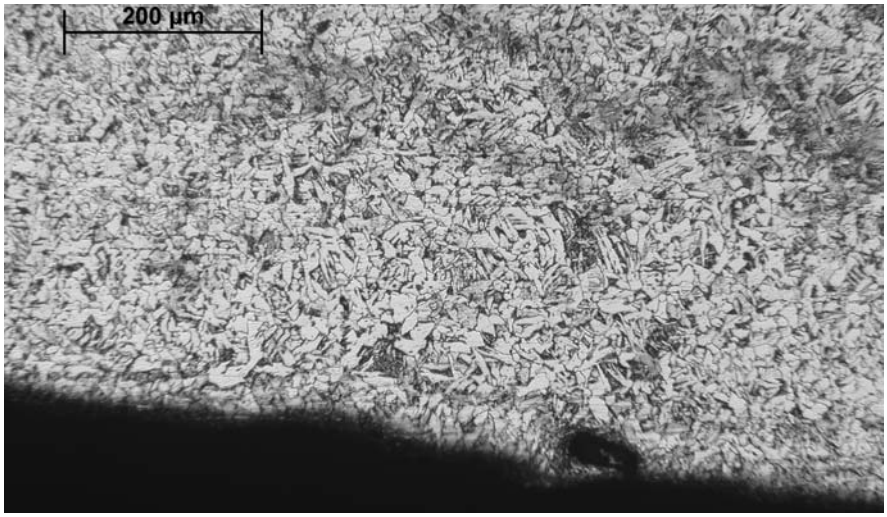
a) b) c)

8/14. ábra – A köpeny és hosszvarratainak (a, b) körvarratának (c) keresztmetszeti képe

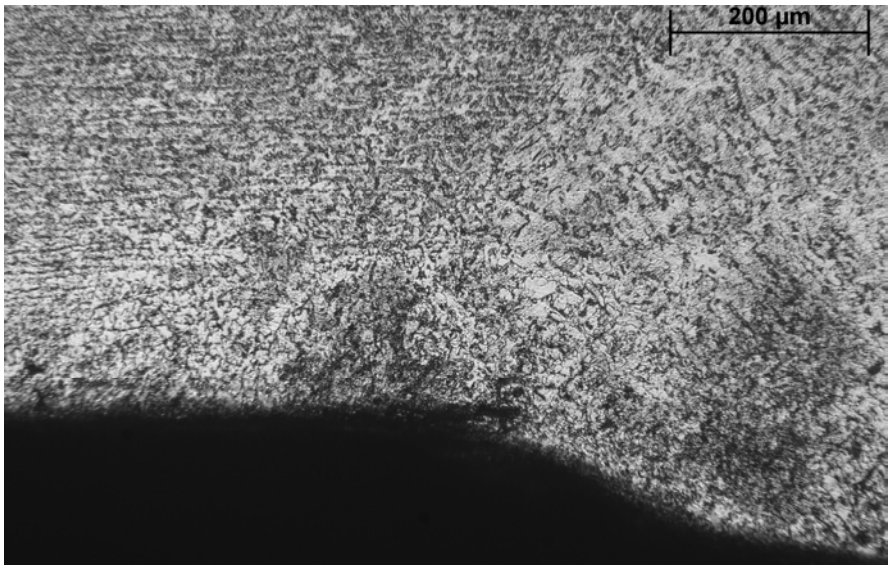
a) b)

a) b)

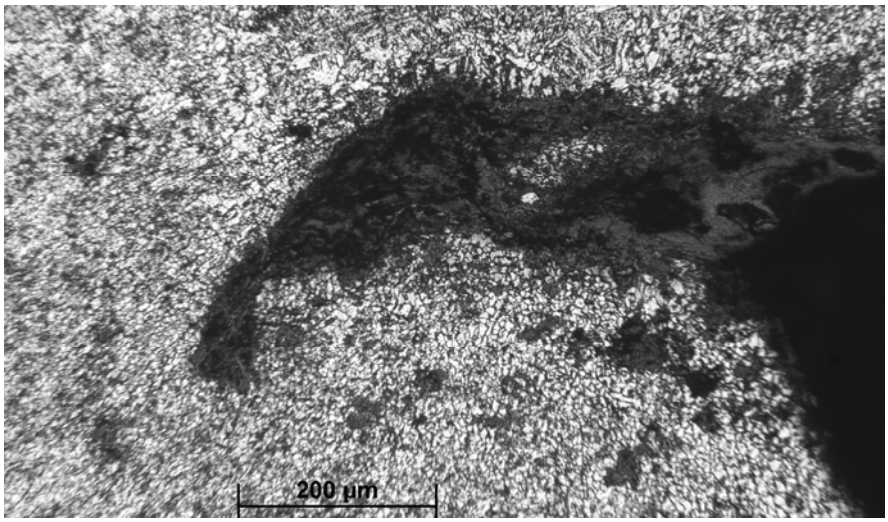
8/15. ábra – A köpeny és az edényfenék körvarratának keresztmetszeti képe



8/16. ábra – A hosszvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/14.b. ábrán látható

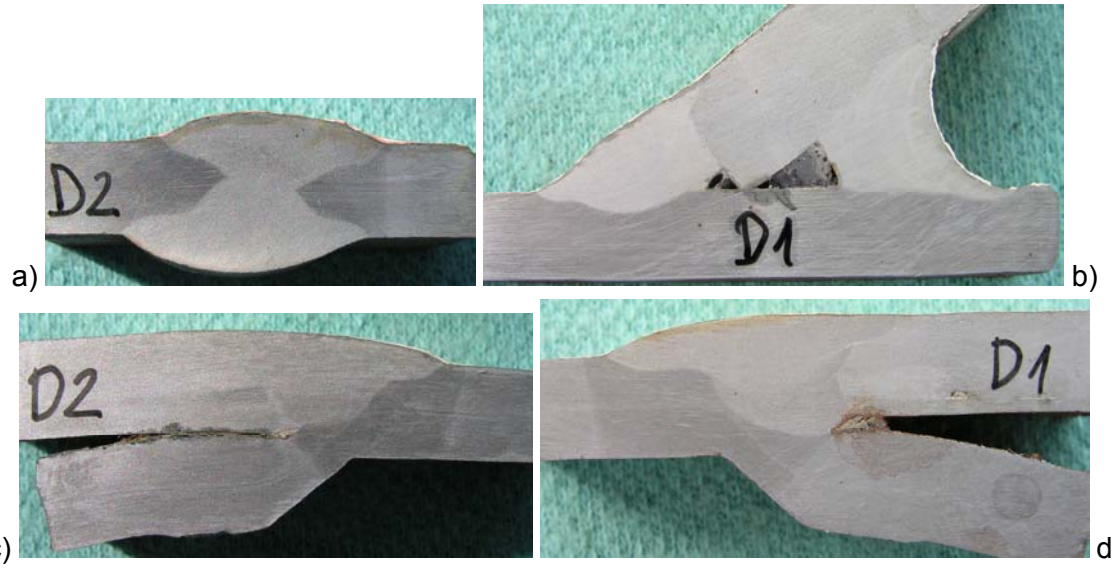


a)

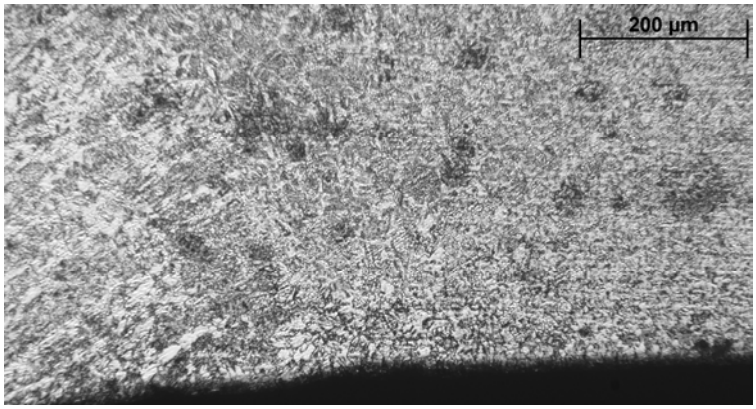


8/17. ábra – A körvarrat részlete a gyökdudor mellett (a) és a perem illeszkedésénél (b)
A vizsgált minta makrofotója a 8/15.a. ábrán látható

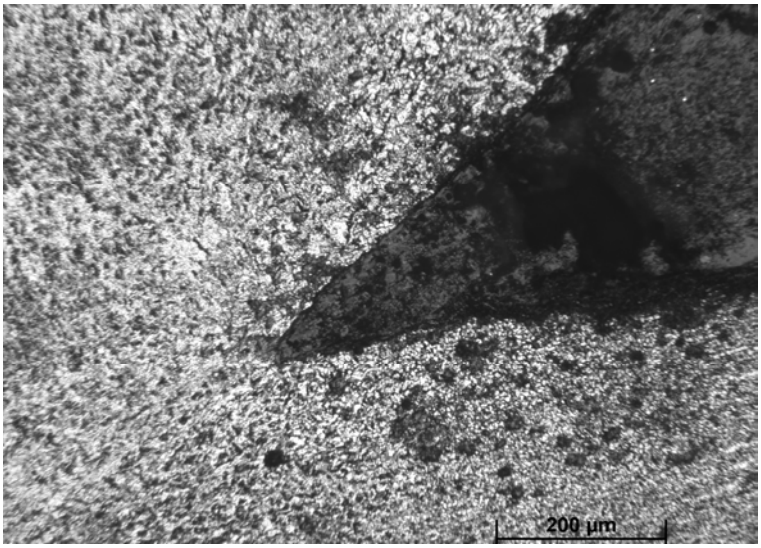
4. A 417696 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata



8/18. ábra – A hosszvarrat (a), a tartályláb (b)
és az edényfenék körvarratainak (c, d) keresztmetszeti képe

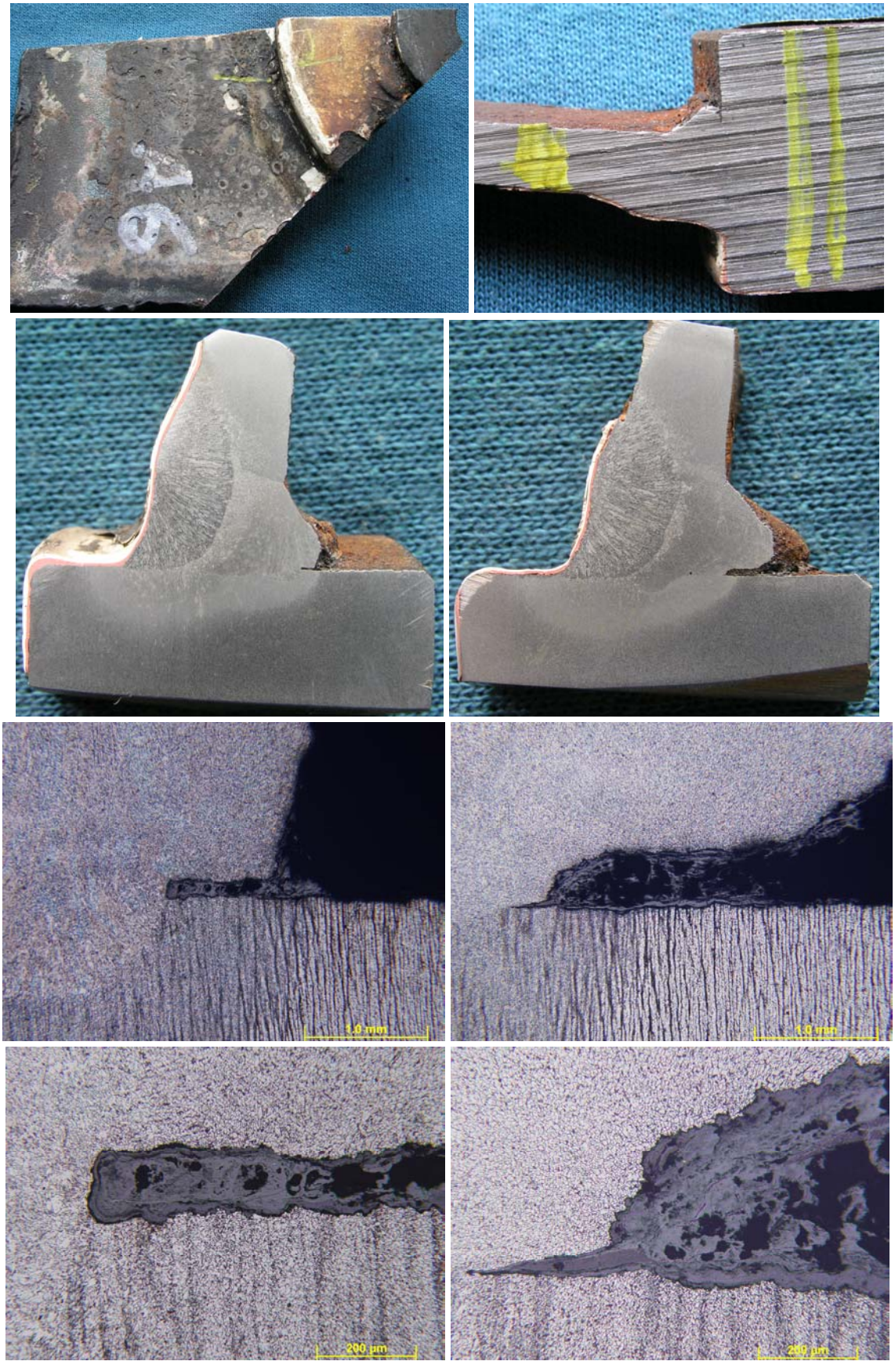


8/19. ábra – A hosszvarrat részlete a gyökdudor mellett.
A vizsgált minta makrofotója a 8/18.a. ábrán látható



8/20. ábra – A körvarrat részlete.
A vizsgált minta makrofotója a 8/18.d. ábrán látható

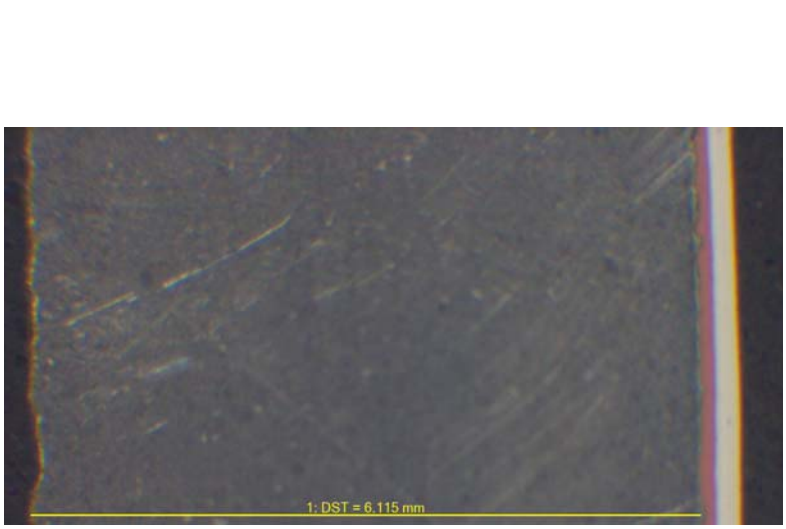
5. Hegesztett perem varratának metallográfiai vizsgálata a 2590-es tartályon

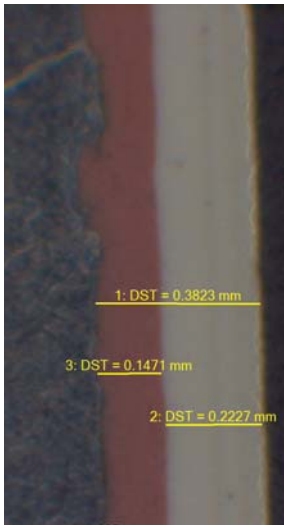


9. melléklet

A pébégáztartályok korróziós károsodásának metallográfiai vizsgálata

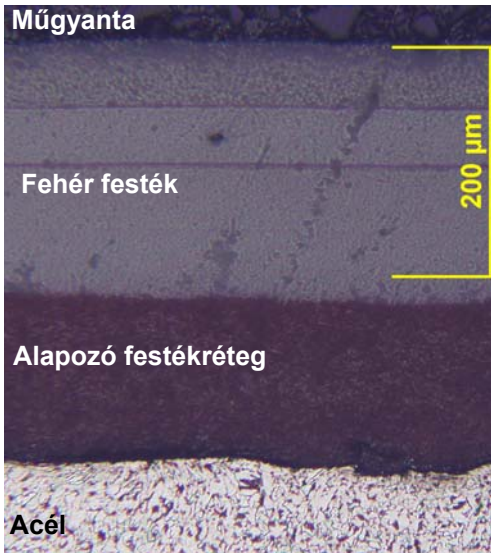
1. A 2590 gyári számú tartály korróziójának metallográfiai vizsgálata

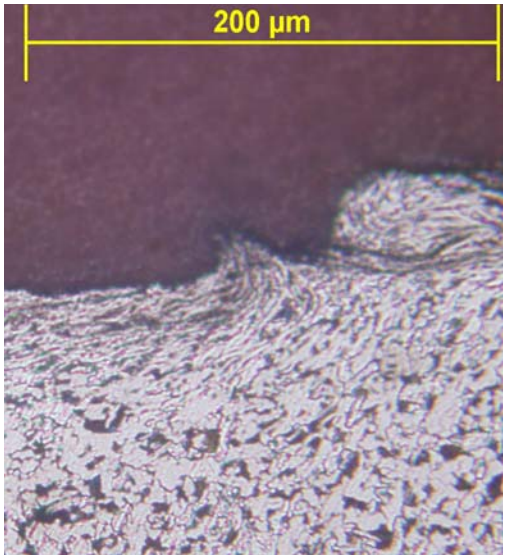
a) 



b)

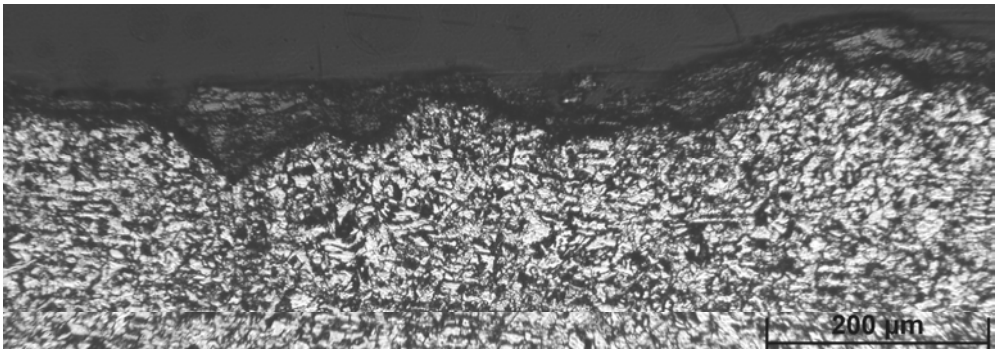
7/1. ábra – 2590 tartály, alsó rész, palást, teljes metszet (a), külső oldal (b) (minta: AK3)

a) 

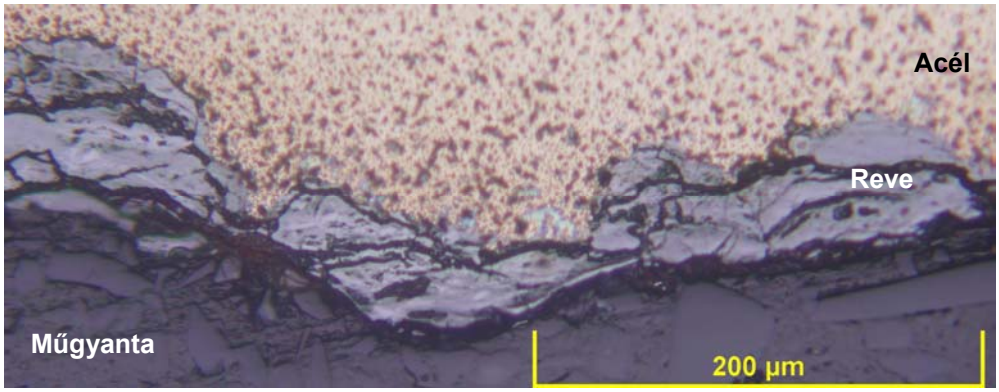


b)

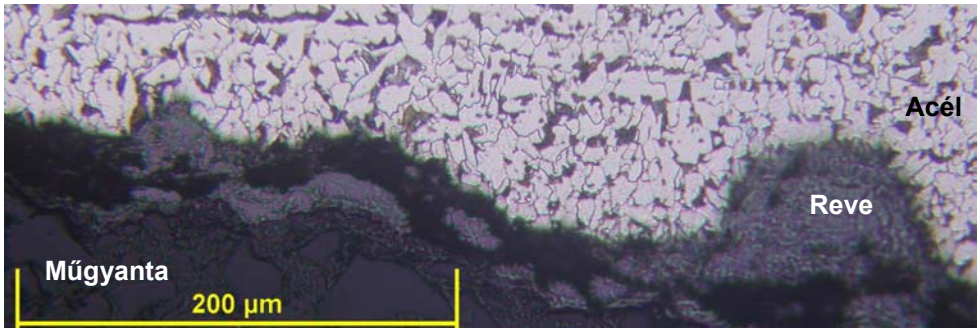
7/2. ábra – 2590 tartály, alsó rész, palást, külső oldal (minta: AK3)



7/3. ábra – 2590 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: AK3)

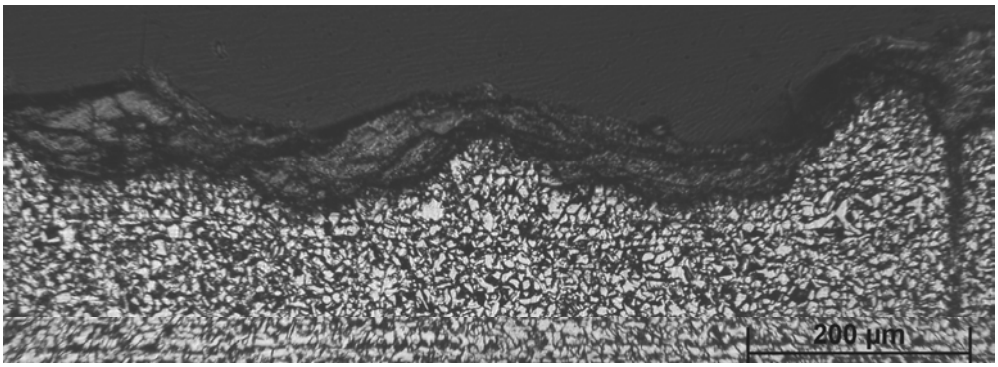


a)



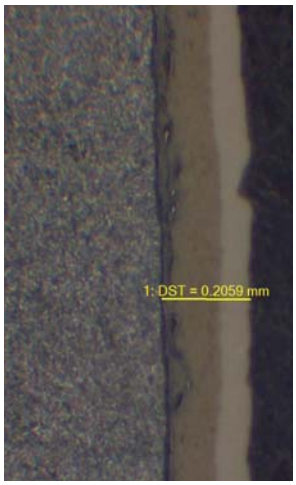
b)

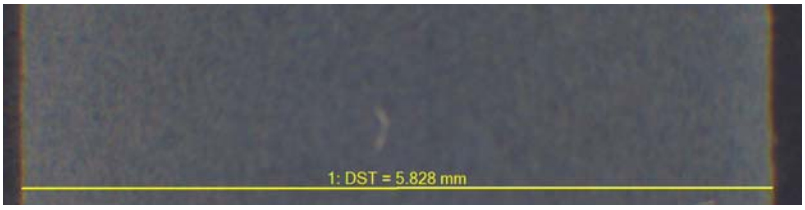
7/4. ábra – 2590 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: AK3)



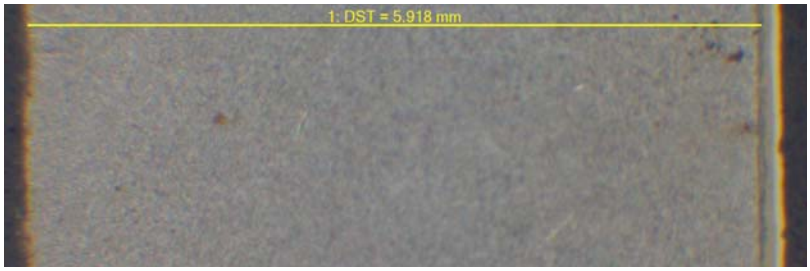
7/5. ábra – 2590 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: A5)

2. A 941355 gyári számú tartály korróziójának metallográfiai vizsgálata

a)


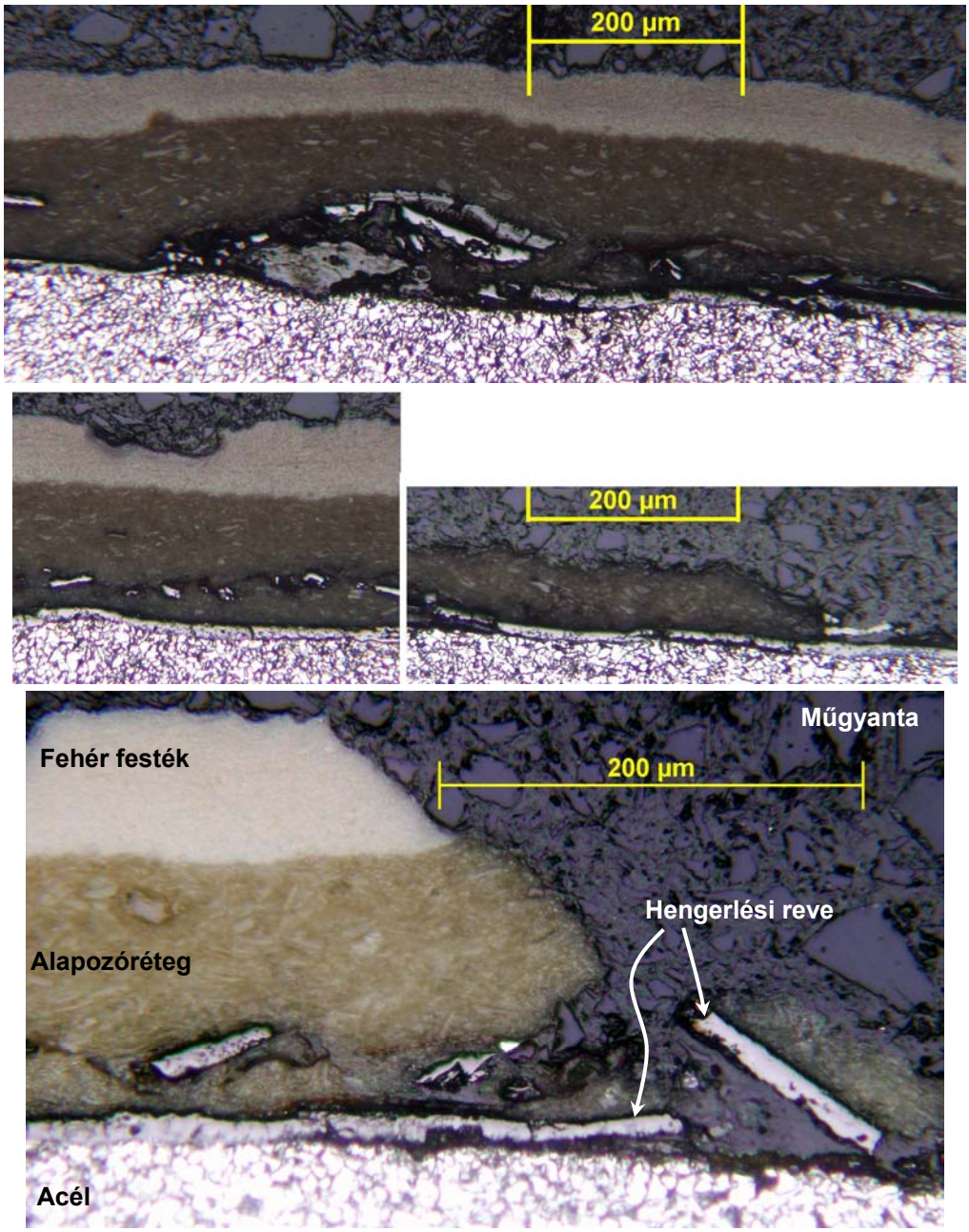


b)

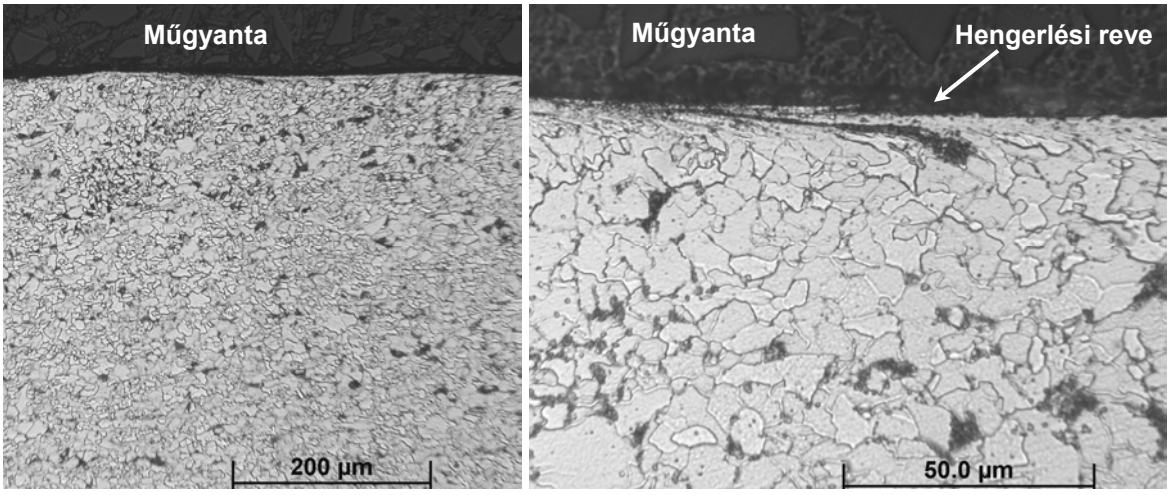


c)

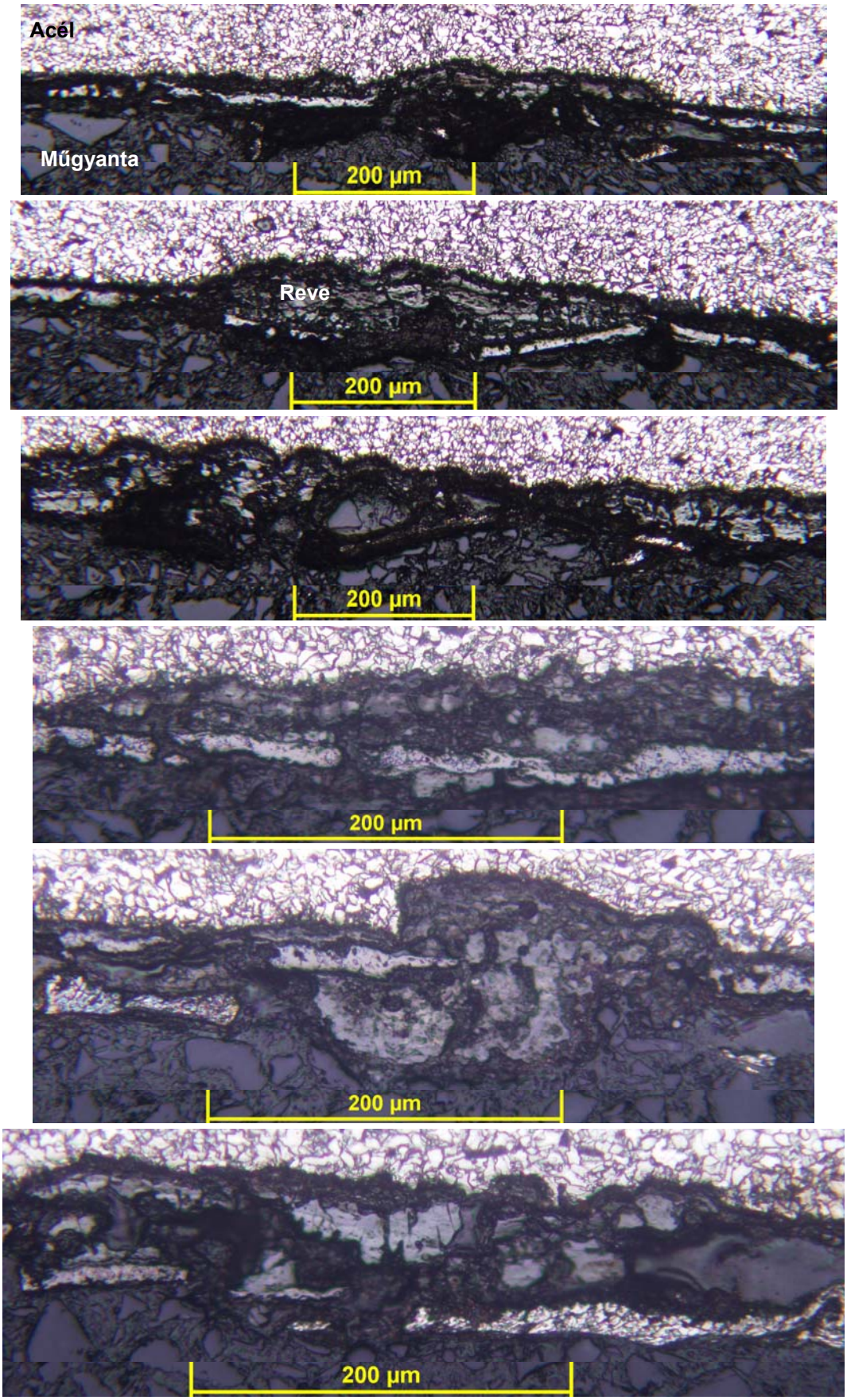
7/6. ábra – 941355 tartály, felső rész, palást, külső oldal (a), metszet (b, c) (minta: B8)



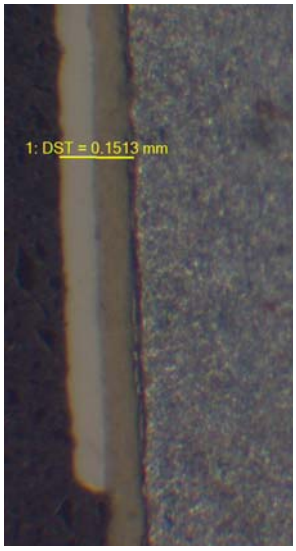
7/7. ábra – 941355 tartály, felső rész, palást, külső oldal (minta: B8)

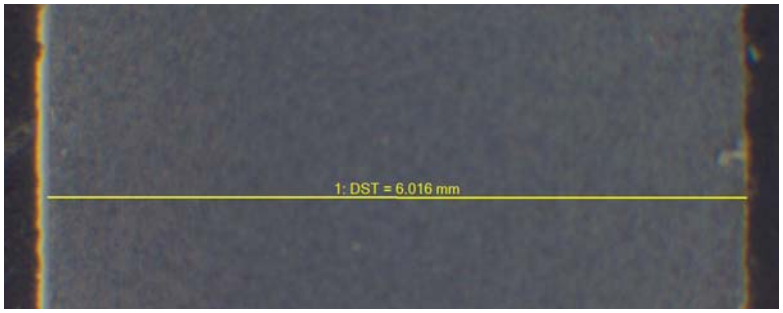


7/8. ábra – 941355 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: B8)

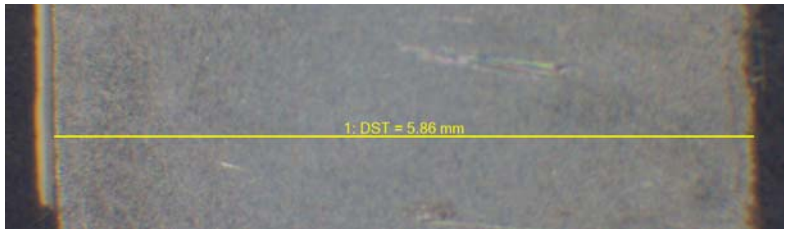


7/9. ábra – 941355 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: B8)

a) 

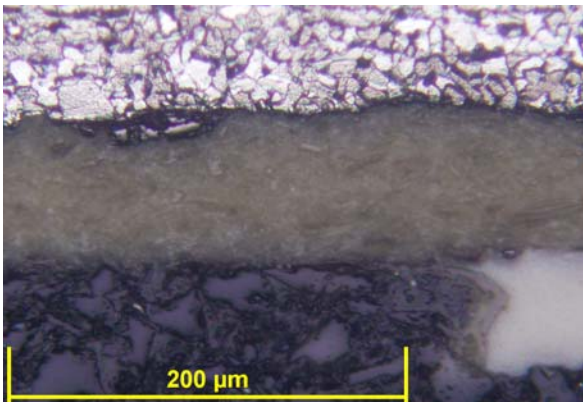


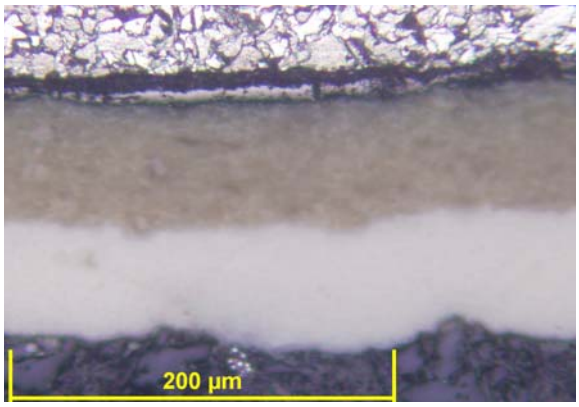
b)

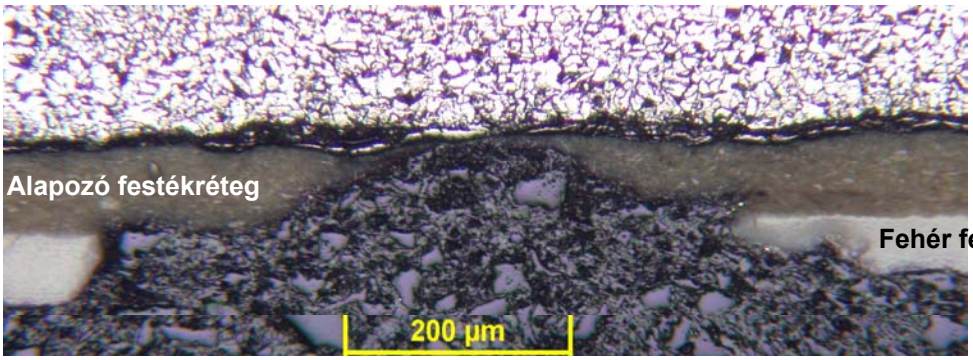


c)

7/10. ábra – 941355 tartály, alsó rész, palást, külső oldal (a), metszet (b, c) (minta: B7)

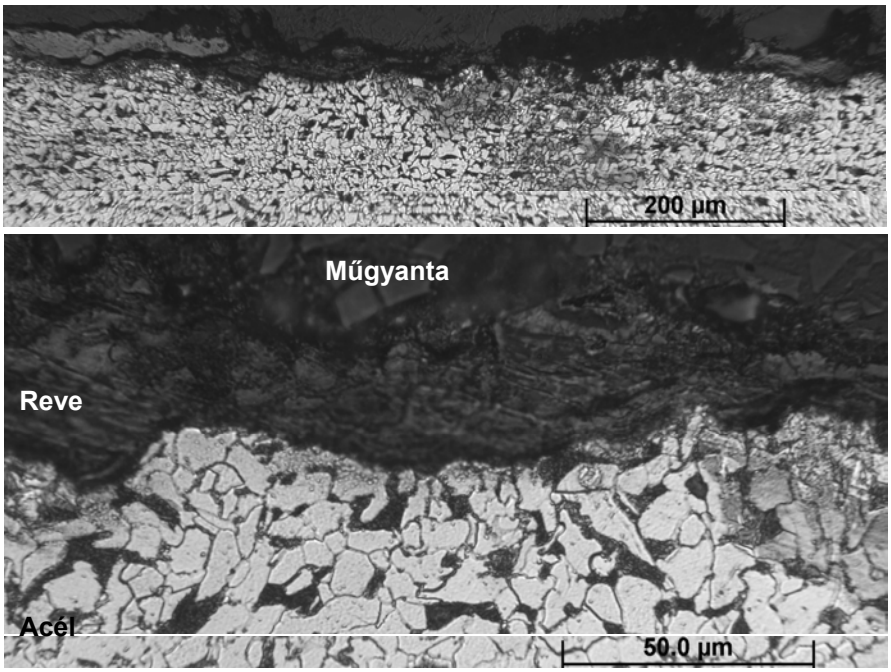




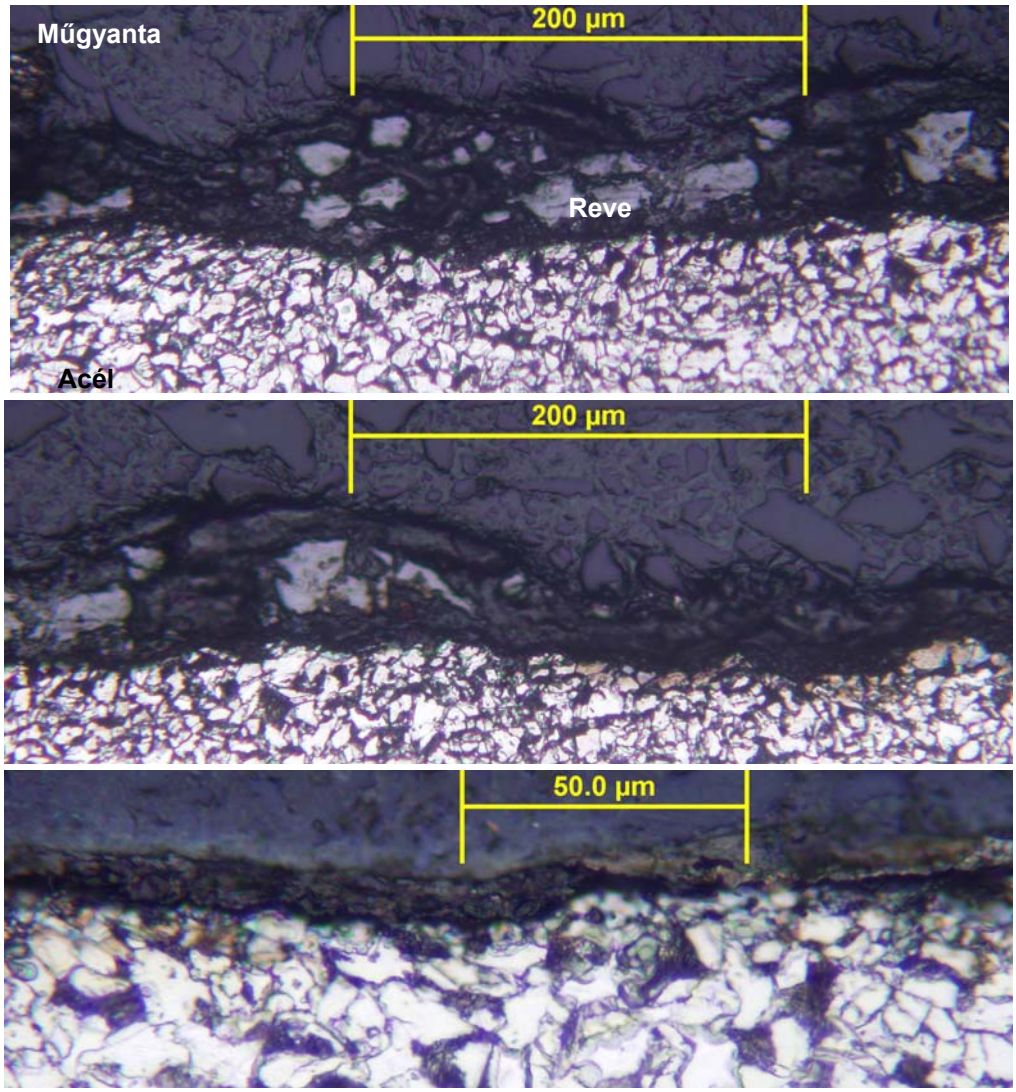
a) 

a)

7/11. ábra – 941355 tartály, alsó rész, palást, külső oldal (minta: B7)

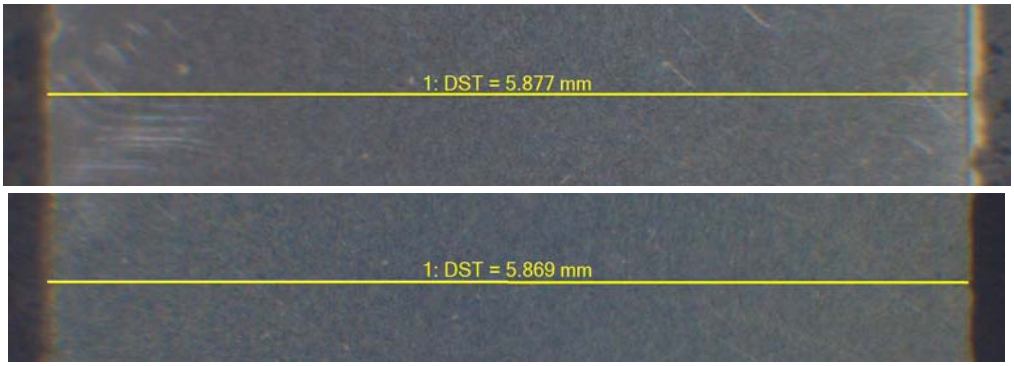


7/12. ábra – 941355 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: B7)

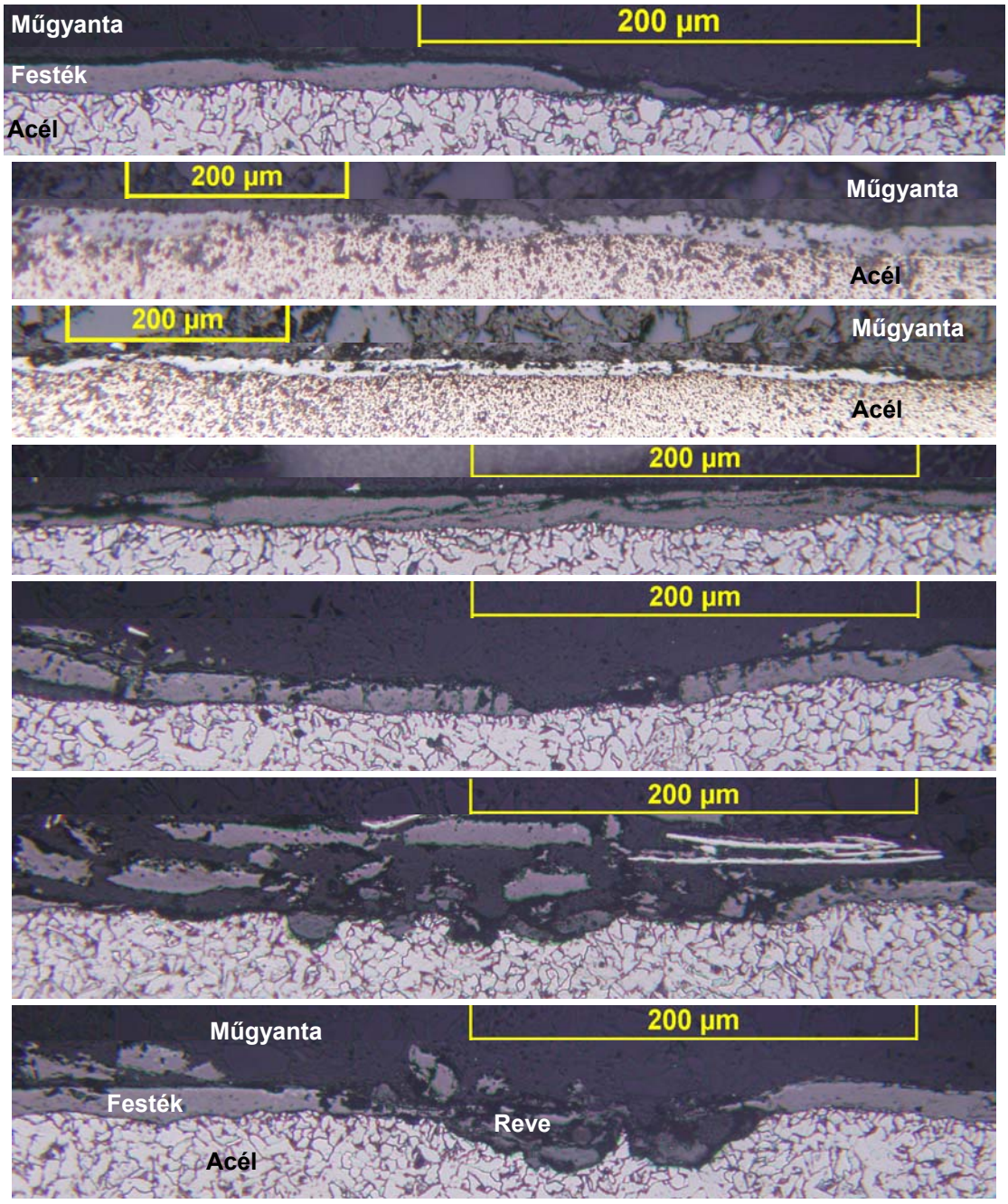


7/13. ábra – 941355 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: B7)

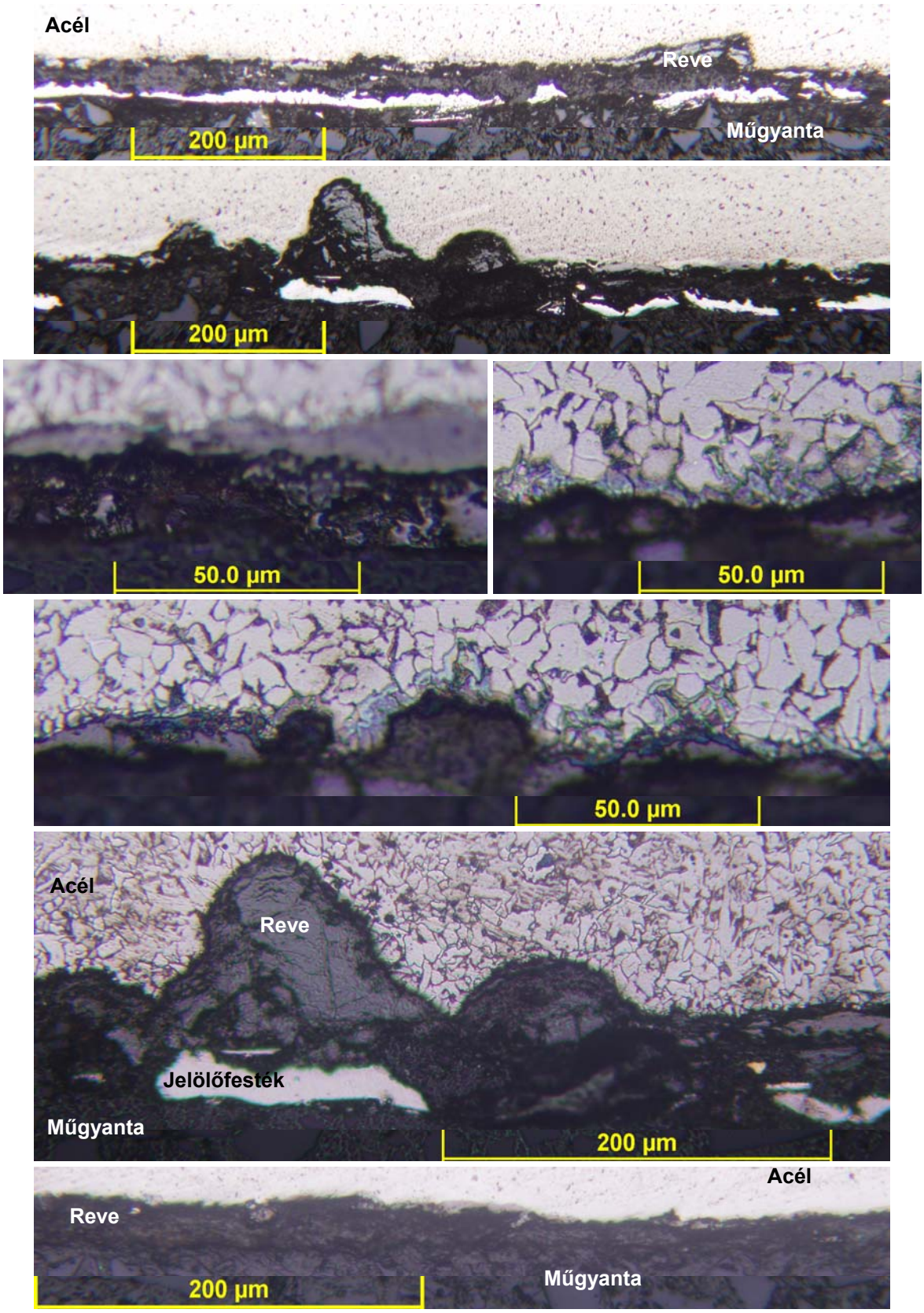
3. A 24183 gyári számú tartály korróziójának metallográfiai vizsgálata



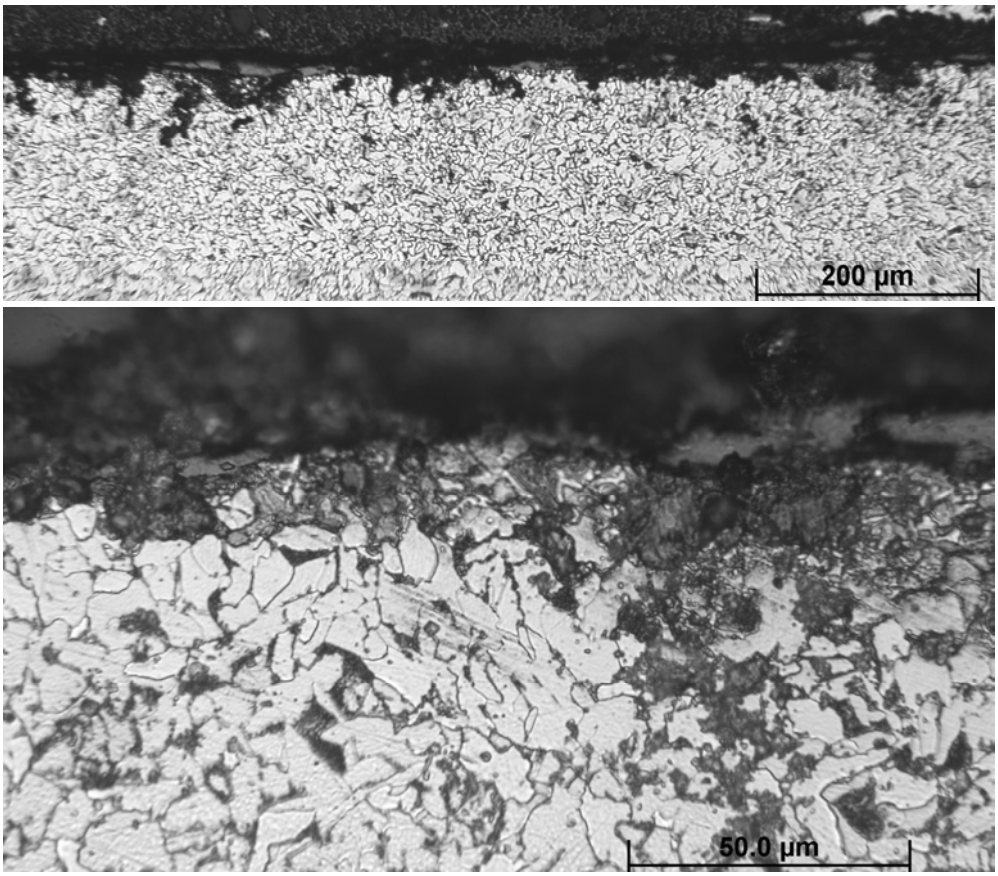
7/14. ábra – 24183 tartály, felső rész, palást, teljes keresztmetszet (minta: C3)



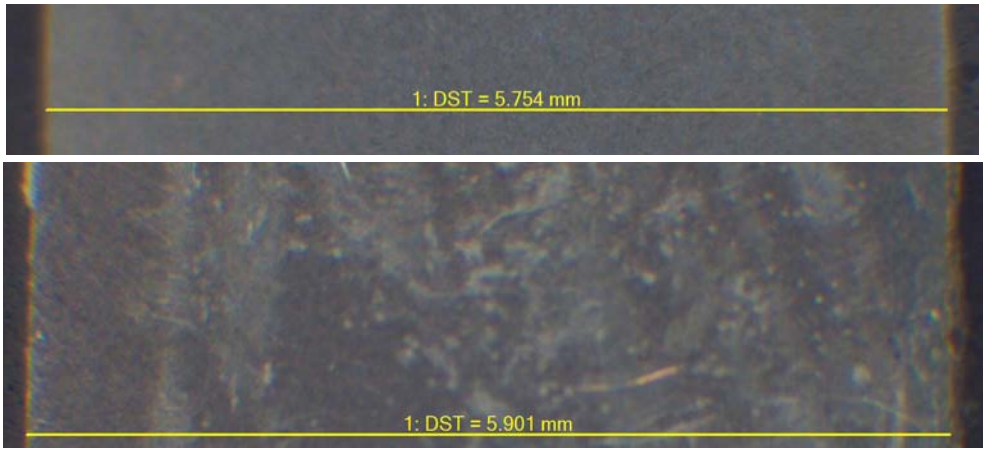
7/15. ábra – 24183 tartály, felső rész, palást, külső oldal (minta: C3)



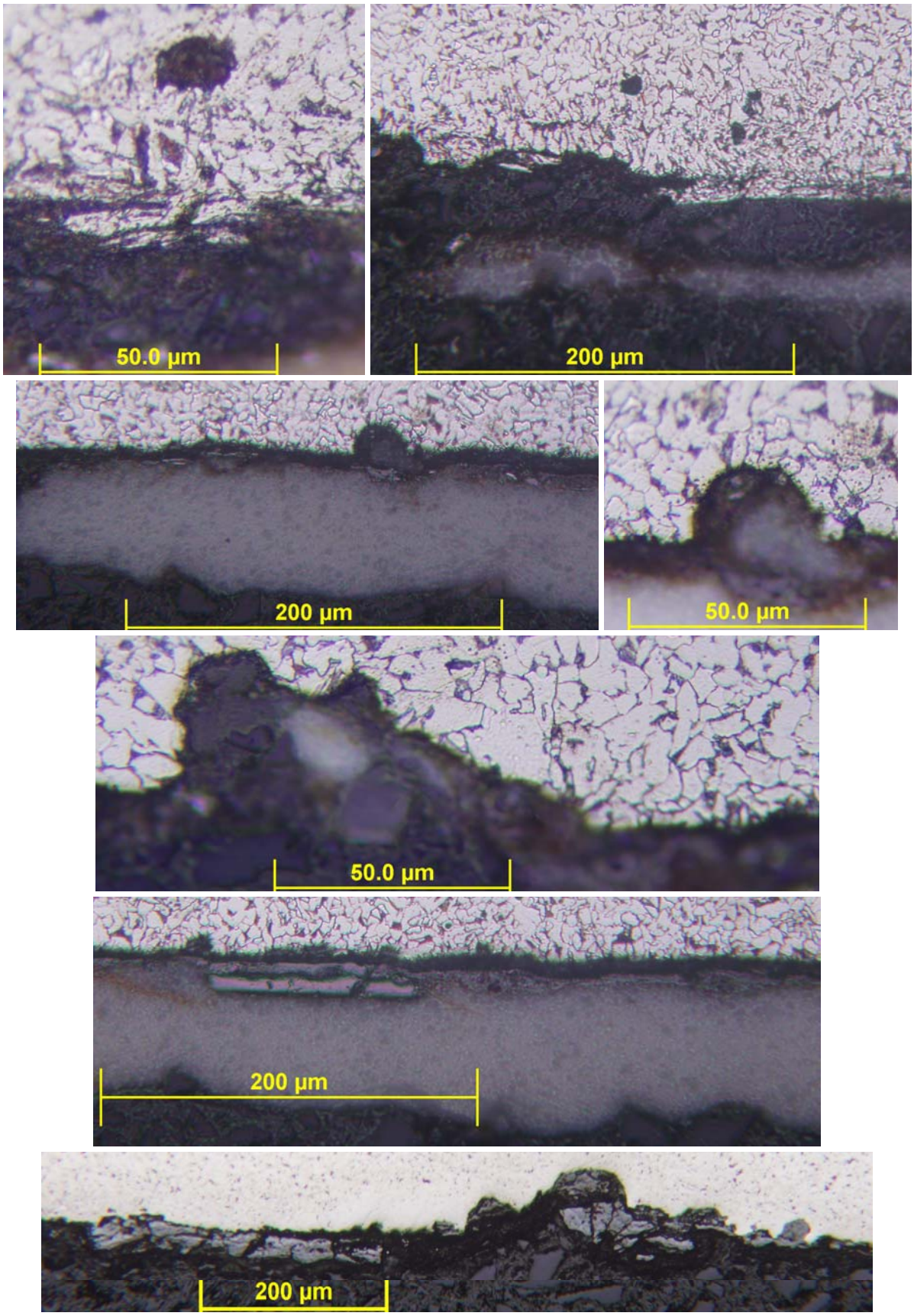
7/16. ábra – 24183 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: C3)



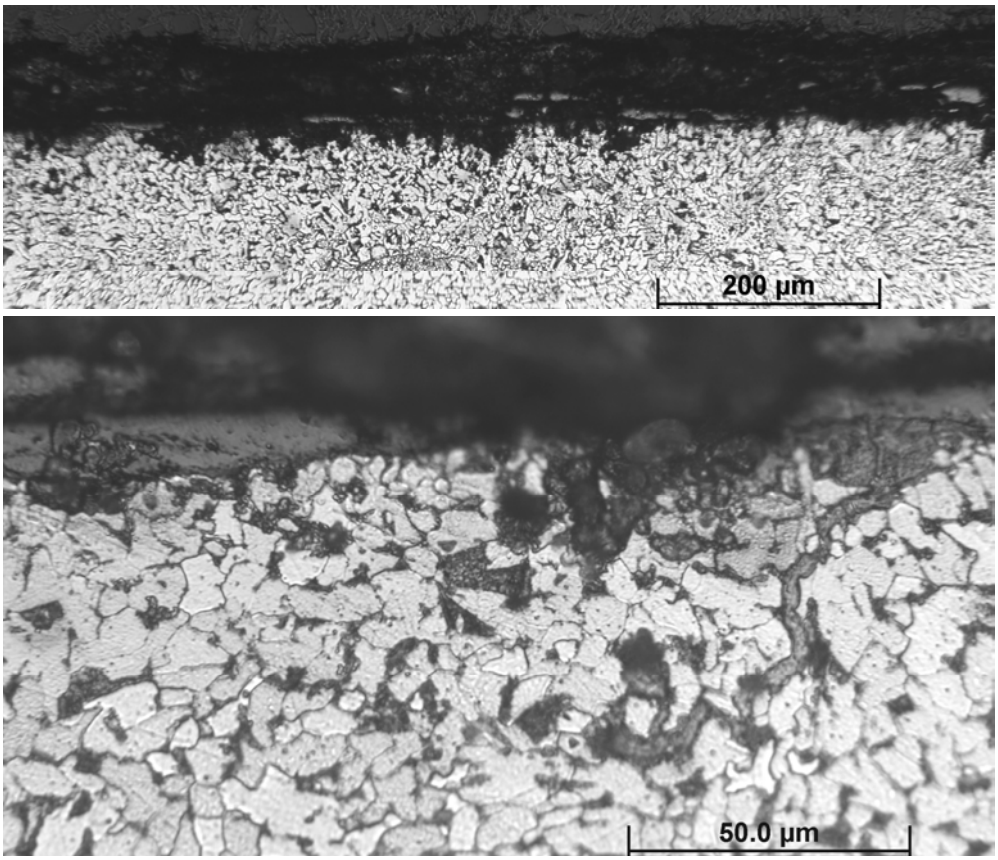
7/17. ábra – 24183 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: C3)



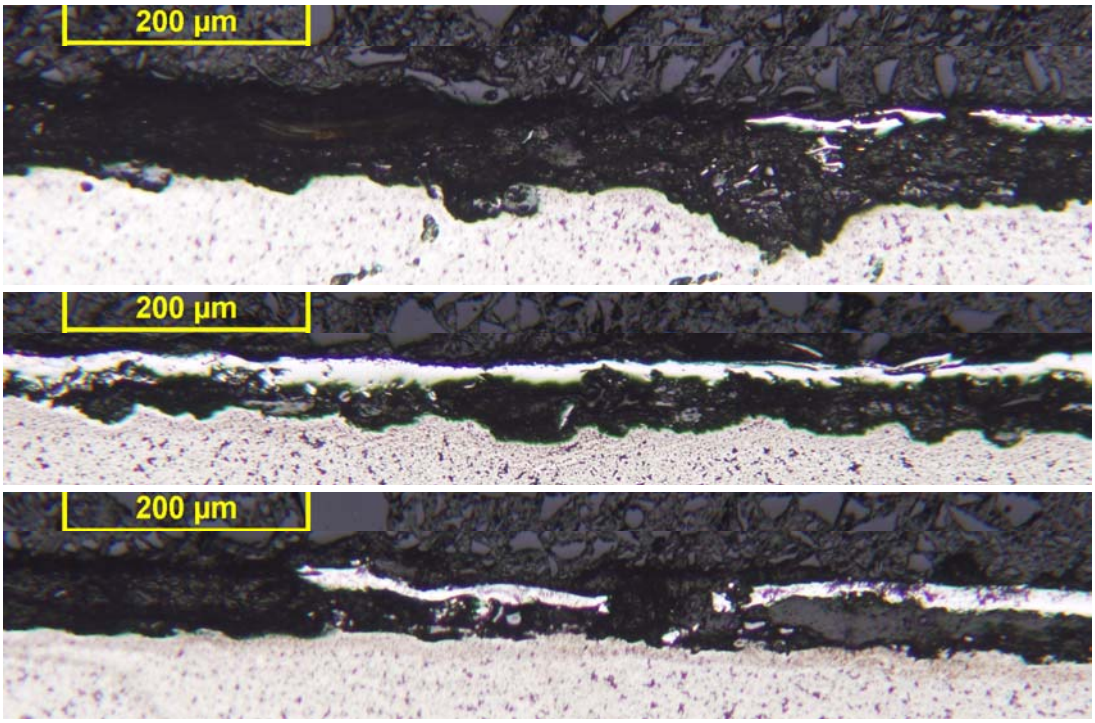
7/18. ábra – 24183 tartály, alsó rész, palást, teljes keresztmetszet (minta: C4)



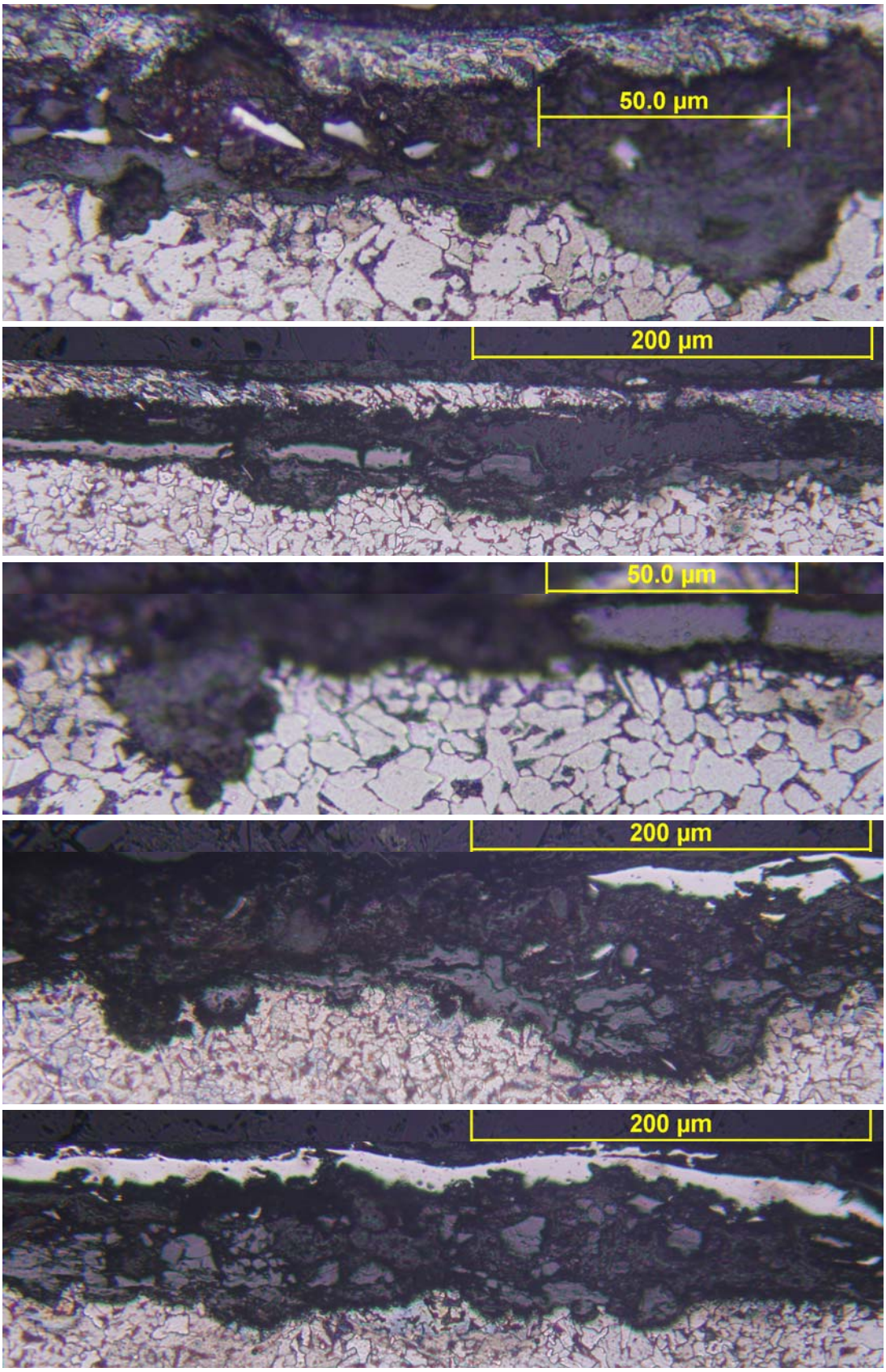
7/19. ábra – 24183 tartály, alsó rész, palást, külső oldal (minta: C4)



7/20. ábra – 24183 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: C4)

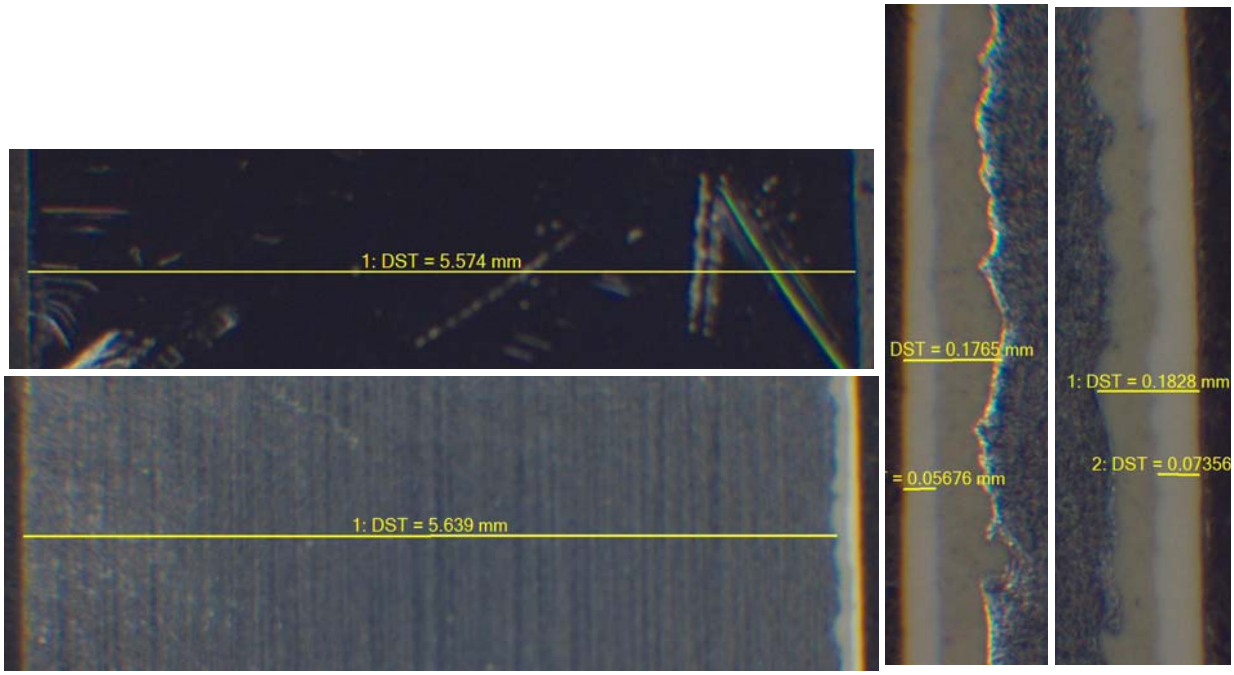


7/21. ábra – 24183 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: C4)

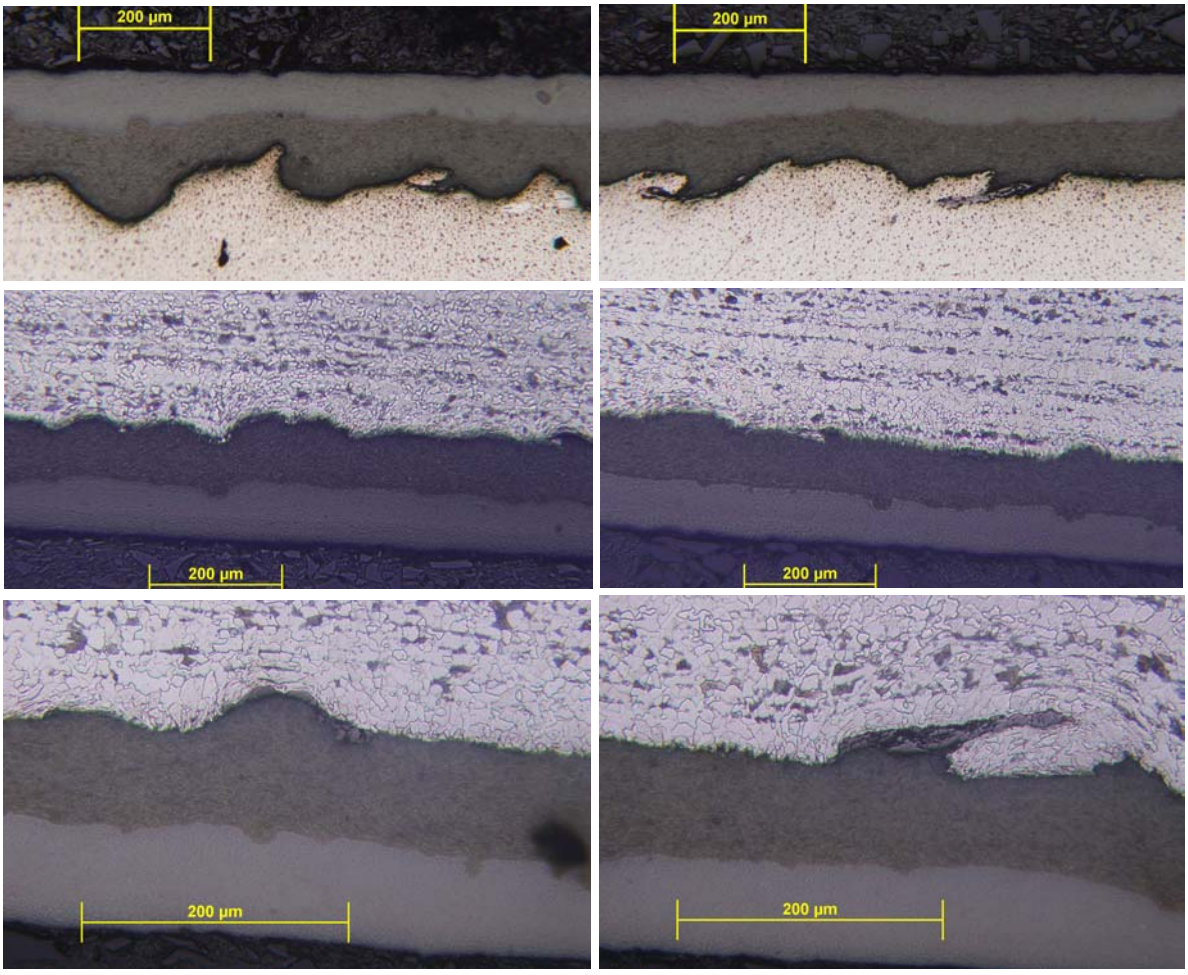


7/22. ábra – 24183 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: C4)

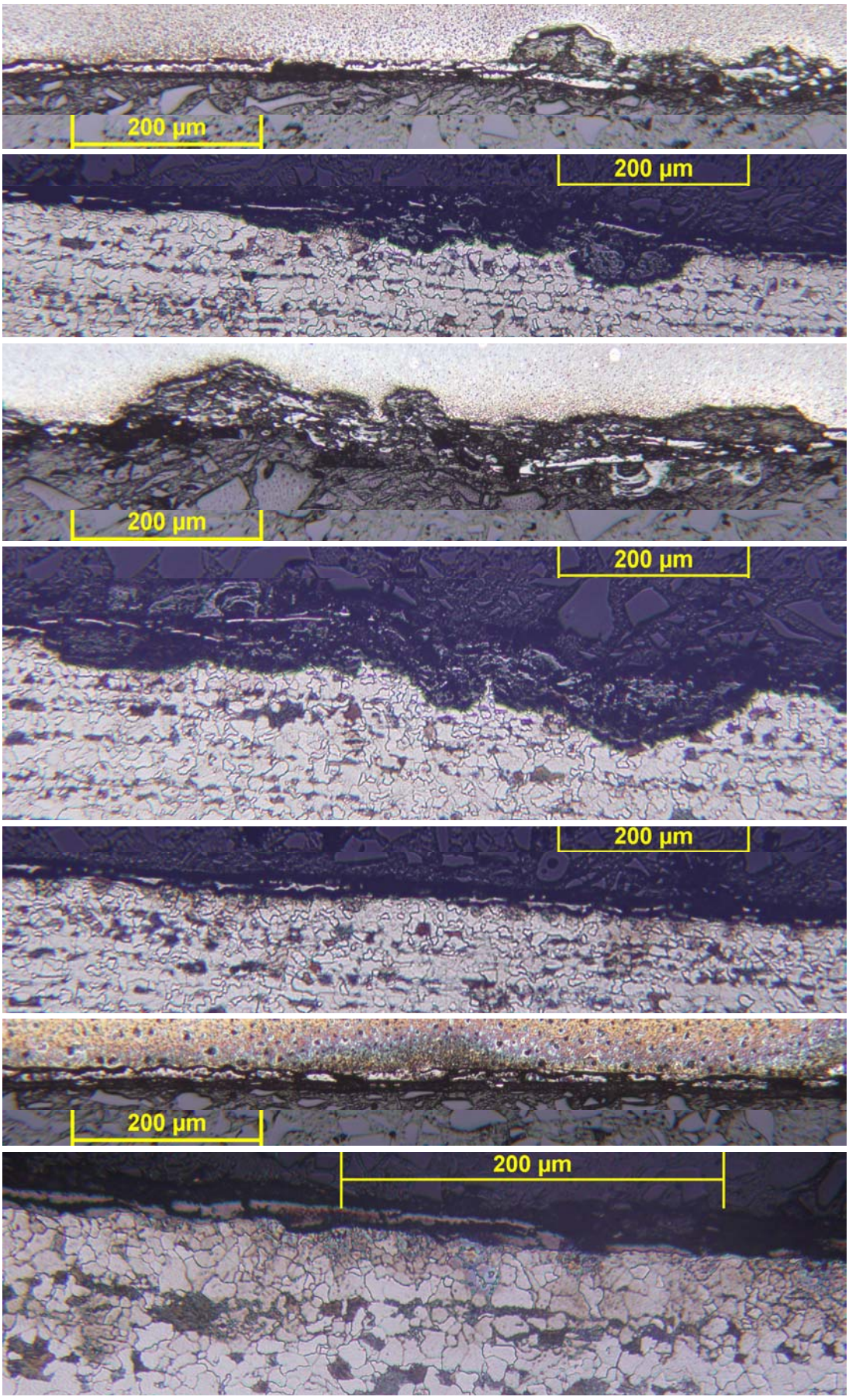
4. A 417696 gyári számú tartály metallográfiai vizsgálata



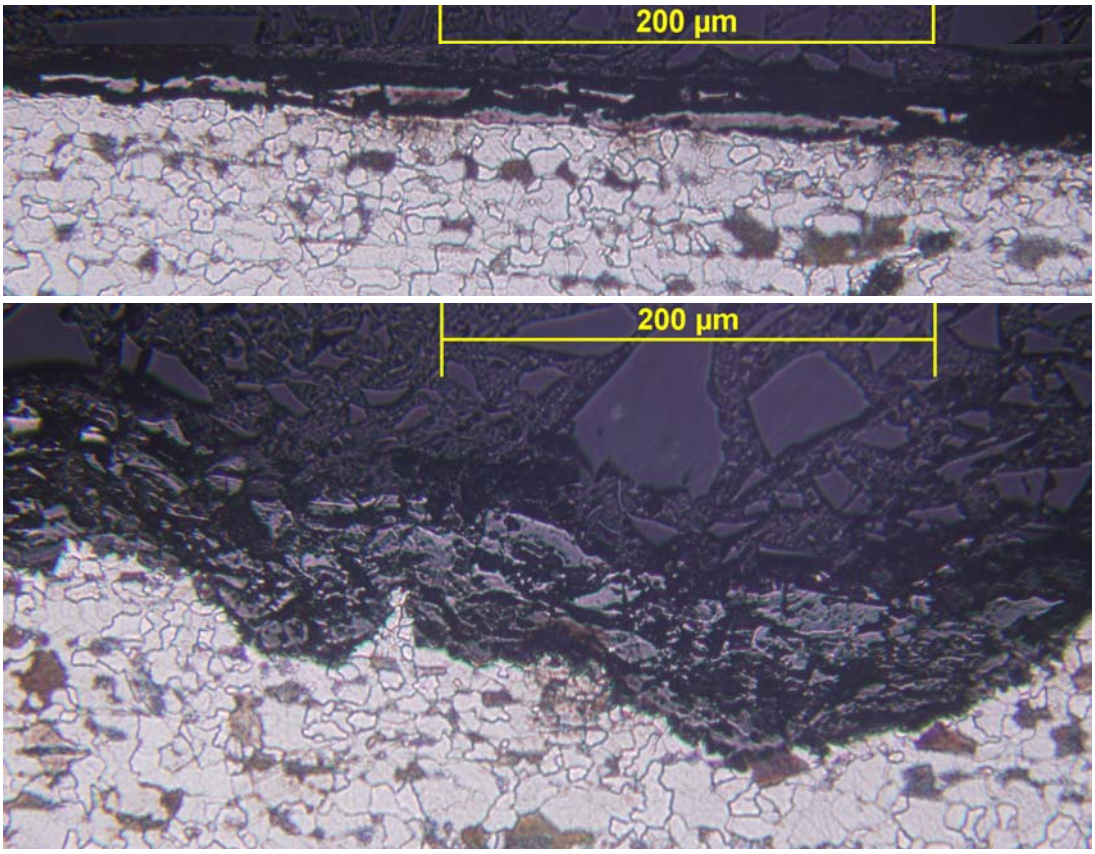
7/23. ábra – 417696 tartály, felső rész, palást, teljes metszet és külső oldal (minta: D3)



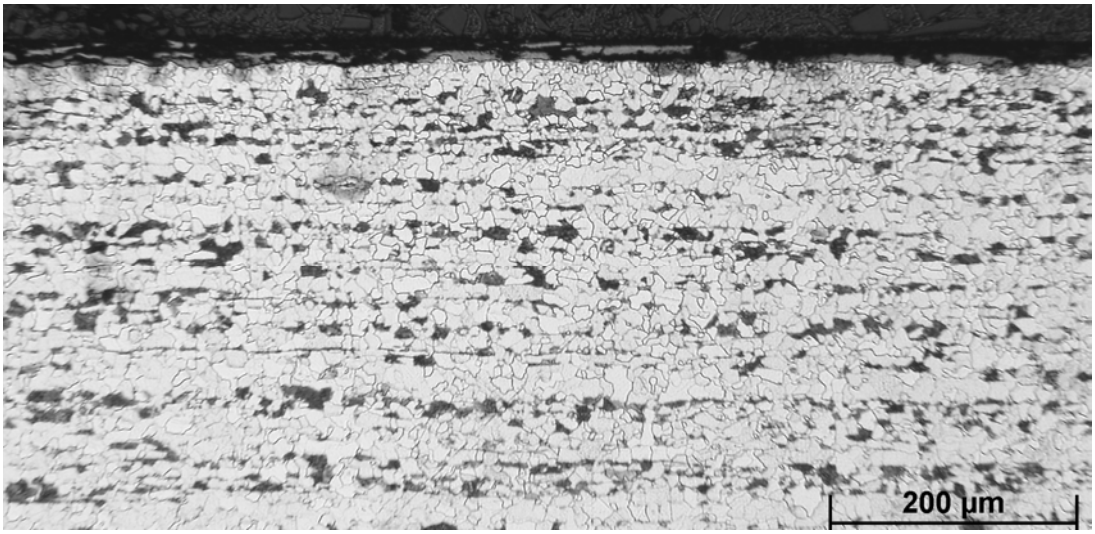
7/24. ábra – 417696 tartály, felső rész, palást, külső oldal (minta: D3)



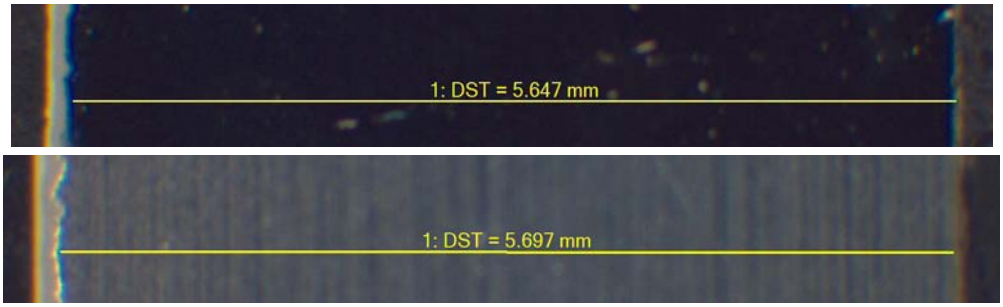
7/25. ábra – 417696 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: D3)



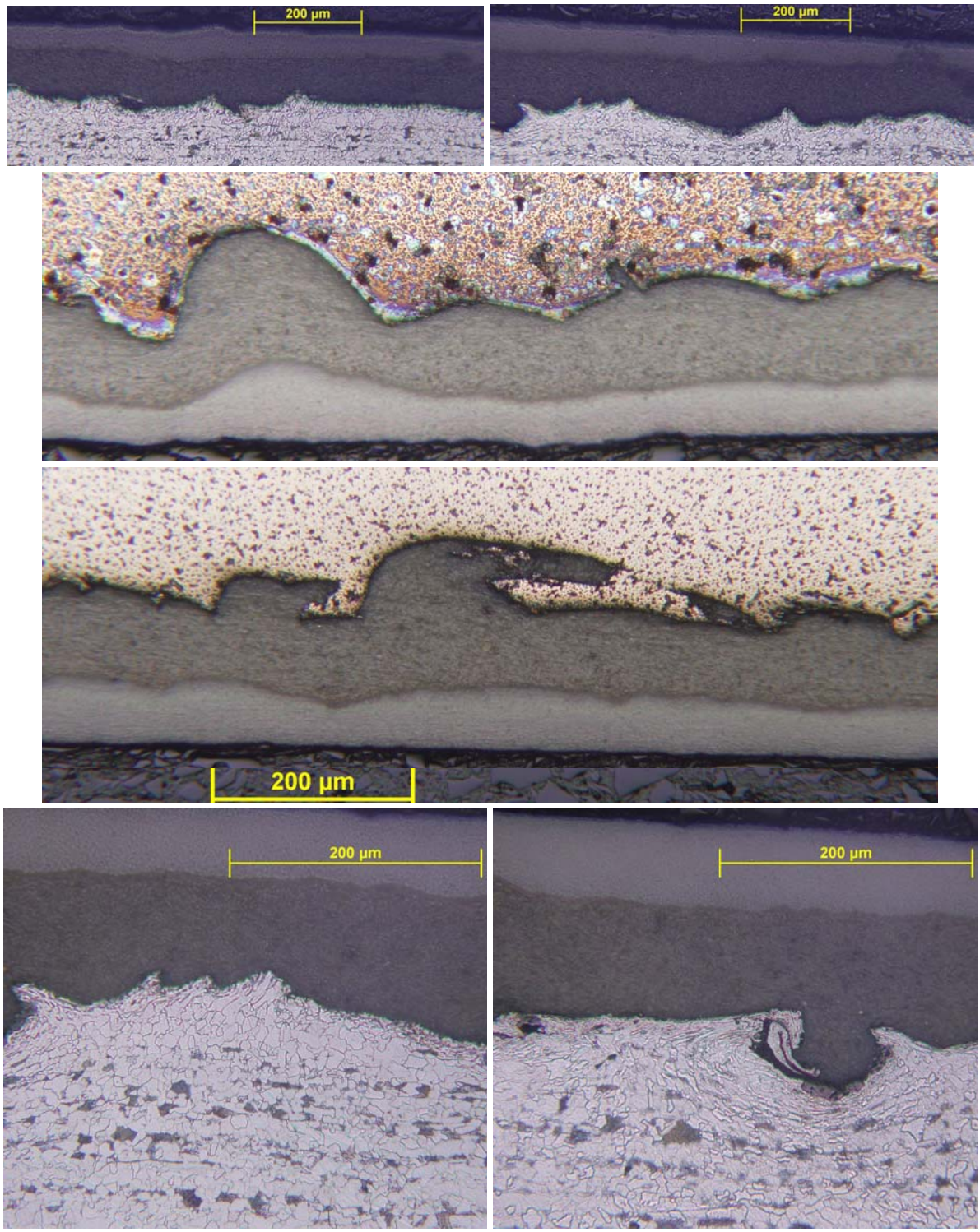
7/26. ábra – 417696 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: D3)



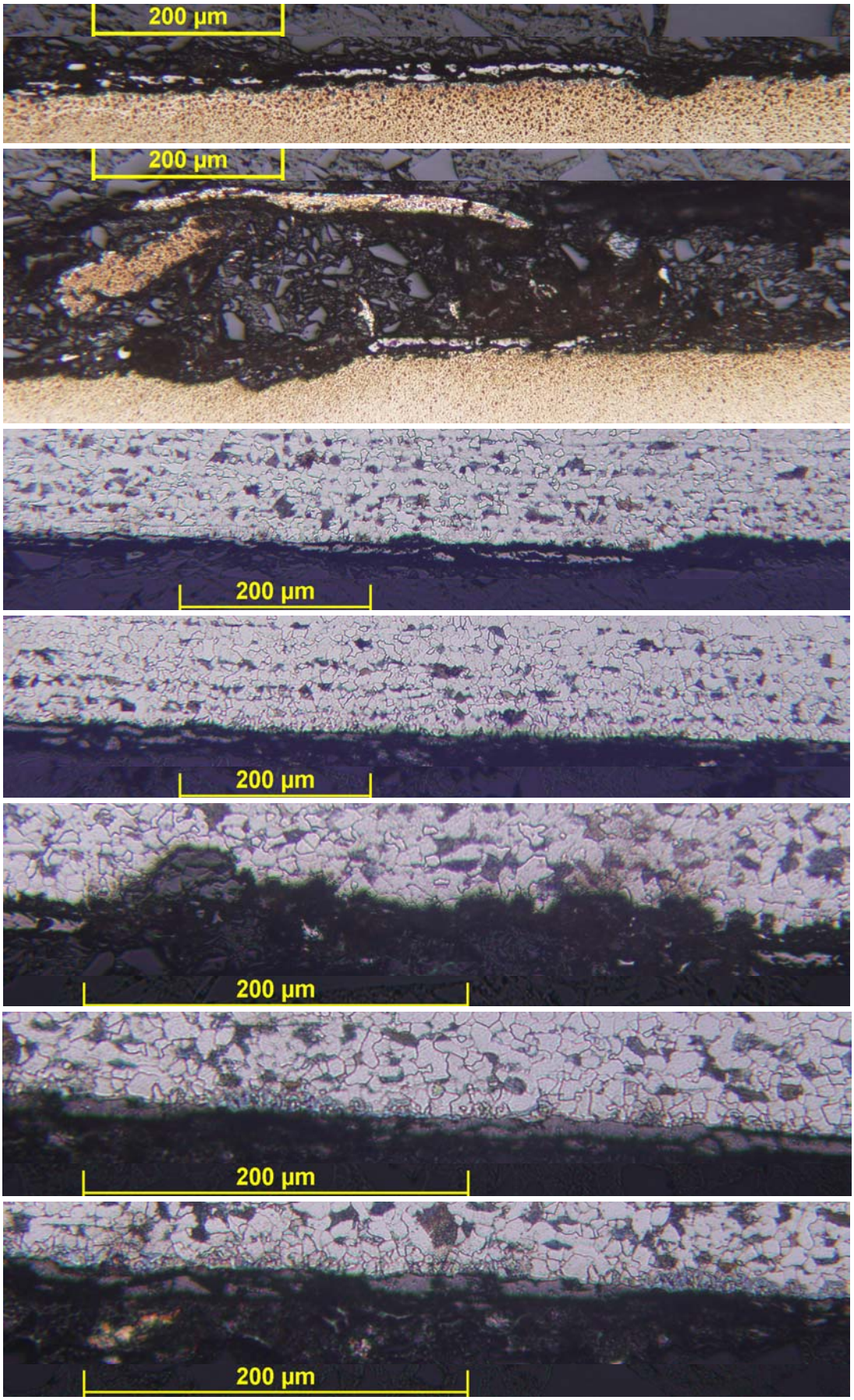
7/27. ábra – 417696 tartály, felső rész, palást, belső oldal (minta: D3)



7/28. ábra – 417696 tartály, alsó rész, palást, teljes metszet (minta: D4)



7/29. ábra – 417696 tartály, alsó rész, palást, külső oldal (minta: D4)



7/30. ábra – 417696 tartály, alsó rész, palást, belső oldal (minta: D4)

7/31. ábra – A szétdarabolt négy pébégáztartály köpenyének felső és alsó részéből származó vizsgálati minták a külső oldali és a belső oldali korróziós viszonyok vizsgálatához (méretük ~ 25×25 mm)

10. melléklet

A pébégáztartályok belső felületén képződött korróziótermék vizsgálata

A PÉBÉ-COOP telephelyén mintát vettünk két pébégáztartályból, amelyek gyári száma: 24183 és 954501. A mintavétel a tartály vizes átmosását követően összegyűjtött revéből történt. Ennek kiszárítása után a két minta kémiai összetételét és fázisösszetételét pásztázó elektronmikroszkópban EDS-analízissel és röntgendiffrakciós (XRD) analízissel határoztuk meg. Az EDS-analízissel 5-5 db mérést végeztük. A vizsgálati eredményeket a 10/1. táblázat és a 10/2. táblázat tartalmazza.

	Vas	**Mangán**	**Szilícium**	**Oxigén**	**Kén**
Tartály gyári száma: 24183	30-40%	1-2%	1-2%	~ 60-65%	1-2%
Tartály gyári száma: 954501	30-60%	1-2%	1-2%	~ 35-60%	1-2%

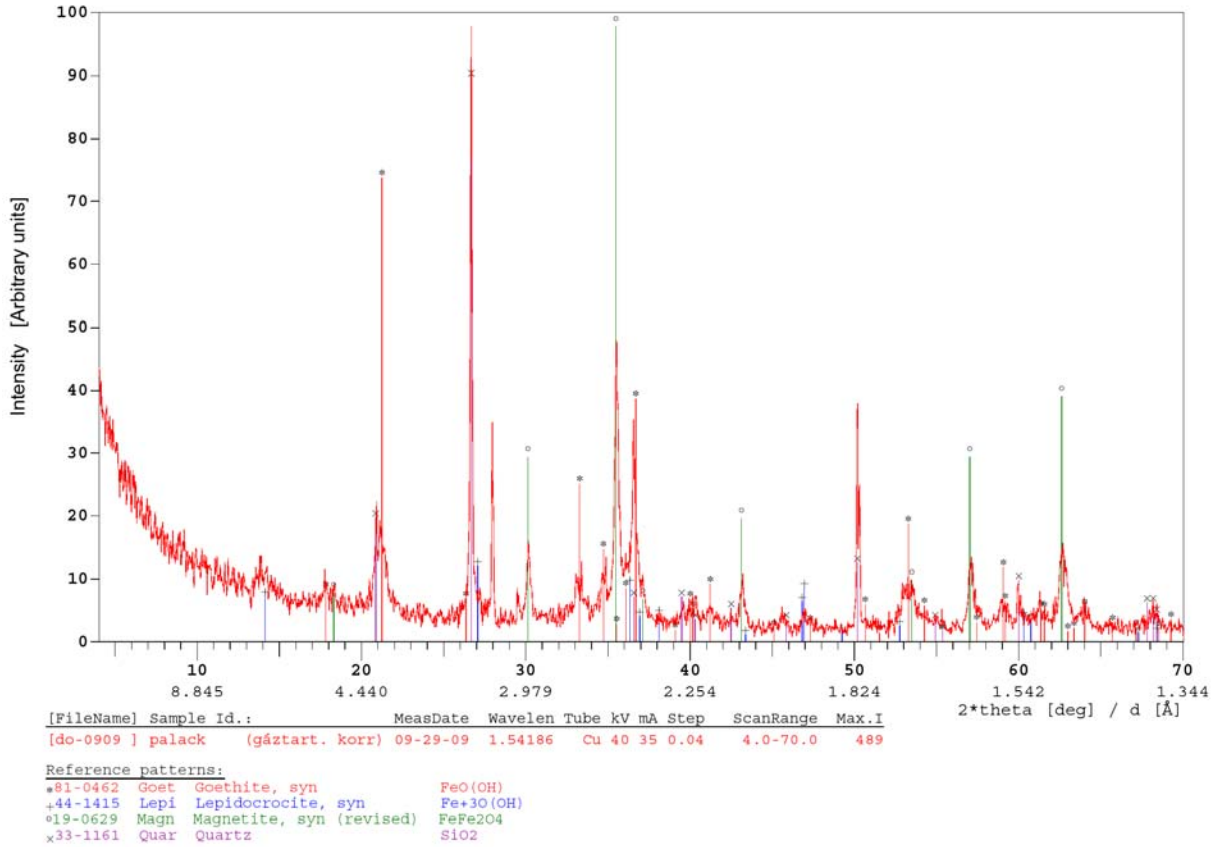
10/1. táblázat – Az EDS-analízis eredményei

	Gőtit α-FeO(OH)	Lepidokrokit γ-FeO(OH)	Magnetit Fe_3O_4	Kvarc SiO_2	Nemkristályos alkotó
24183	25%	10%	20%	25%	20%
954501	50%	20%	30%	–	–

10/2. táblázat – Az XRD-analízis eredménye (a diffraktogramok a következő oldalakon láthatók)

A vizsgálati eredményekből kitűnik, hogy a revében jelentős a magnetit mennyisége. A magnetit nedveskorróziós viszonyok között nem tud létrejönni, ezért csak a meleghengerlési reve lehet a forrása. A kvarc jelenlétére az a magyarázat, hogy a kimosott tartályból vett minta kiszárítása közben a szél homokkal szórta be a szárítóedényt.

XRD Lab - Chemical Research Centre



[FileName]	Sample Id.:		MeasDate	Wavelen	Tube	kV	mA	Step	ScanRange	Max.I
[do-0909]	palack	(gáztart. korr)	09-29-09	1.54186	Cu	40	35	0.04	4.0-70.0	489

Reference patterns:

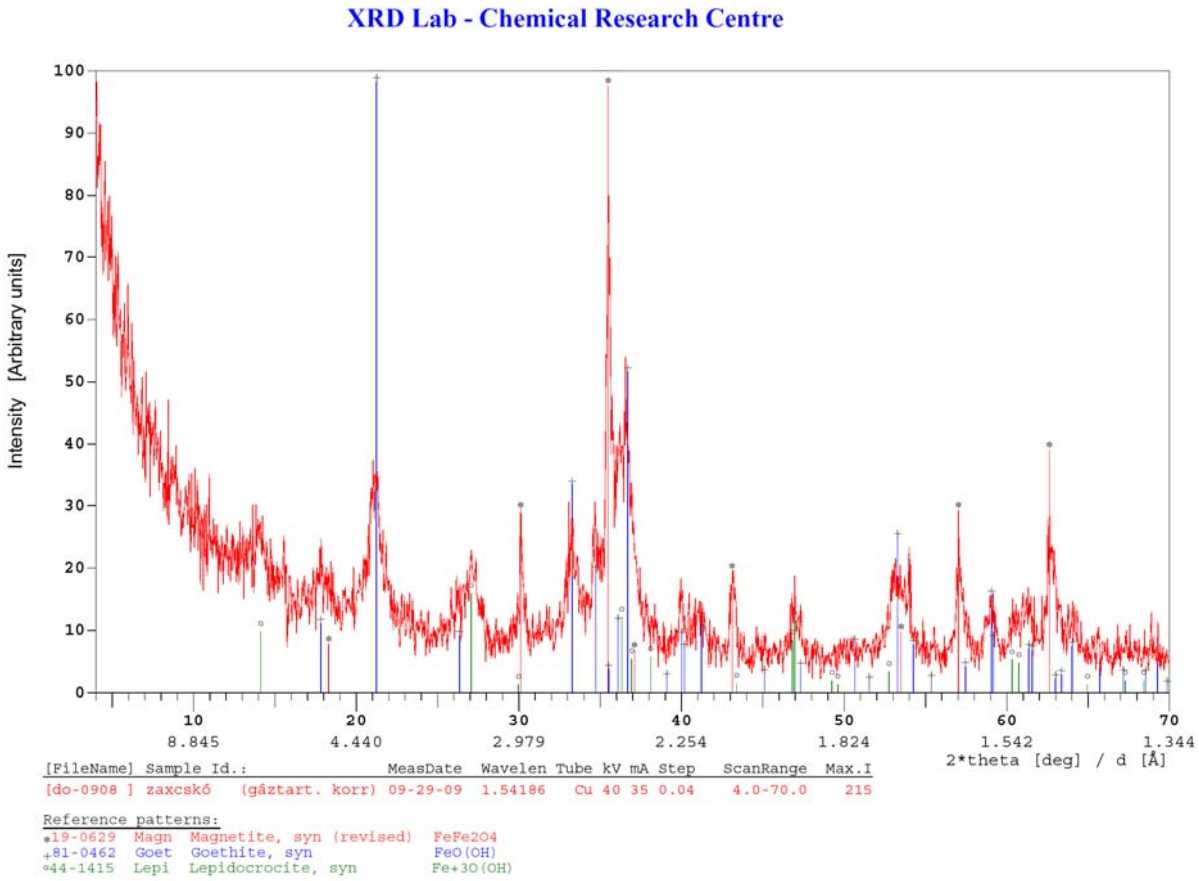
*81-0462	Goet	Goethite, syn	FeO(OH)
+44-1415	Lepi	Lepidocrocite, syn	Fe+3O(OH)
o19-0629	Magn	Magnetite, syn (revised)	FeFe2O4
x33-1161	Quar	Quartz	SiO2

[DO-0909] palack (gáztart. korr)

Phase%	**SUM** **80.00**	**Goet** **25.00**	**Lepi** **10.00**	**Magn** **20.00**	**Quar** **25.00**
Fe_2O_3%	52.14	22.47	8.99	20.69	
SiO_2%	25.00				25.00
H_2O%	3.55	2.53	1.01		
LOI %	2.86	2.53	1.01	-0.69	0.00
Orient.	[r]	1.00		1.00	1.00
Shape	[exp]	1.50	1.50	1.50	1.50
FWHM:	[0.11]	0.40	0.30	0.20	0.10
xSize	[nm]	34	52	110	>1000
pSize	[um]	3.0	3.0	3.0	3.0
MAC	(CuKa)	197.7	197.7	226.0	34.5
I/Ic		2.96	1.20	4.90	3.60

Profile R	=	0.20
Chi square	=	1.68
Full Scale (obs)	=	489 counts
Full Scale(calc)	=	489 counts
2theta offset	=	0.04 deg

10/1. ábra – A 24183 gyári számú tartályból vett korróziótermék-minta röntgendiffraktogramja



[DO-0908] zaxcskó (gáztart. korr)

	SUM	Magn	Goet	Lepi
Phase%	**100.00**	**30.00**	**50.00**	**20.00**
Fe_2O_3%	93.94	31.04	44.93	17.97
H_2O%	7.10		5.07	2.03
LOI %	6.06	-1.04	5.07	2.03
Orient.	[r]	1.00	1.00	
Shape	[exp]	1.50	1.50	1.50
FWHM:	[0.11]	0.20	0.50	0.50
xSize	[nm]	110	25	25
pSize	[um]	3.0	3.0	3.0
MAC	(CuKa)	226.0	197.7	197.7
I/Ic		4.90	2.96	1.20

Profile R =	0.20
Chi square =	1.53
Full Scale (obs) =	215 counts
Full Scale(calc) =	187 counts
2theta offset =	0.0 deg

10/2. ábra – A 954501gyári számú tartályból vett korróziótermék-minta röntgendiffraktogramja

11. melléklet

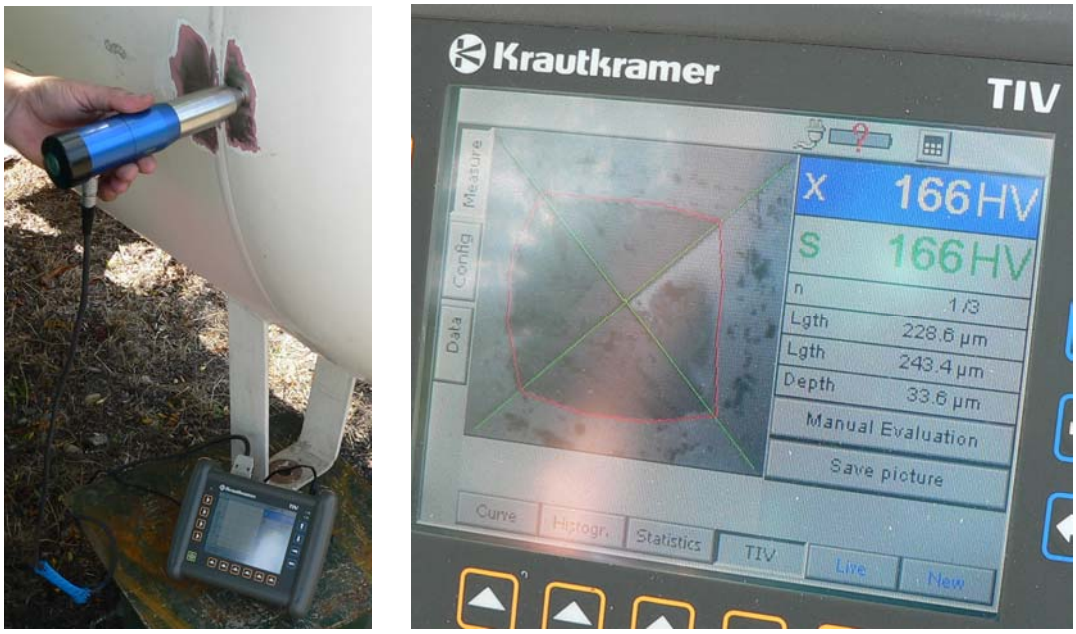
A pébégáztartályok anyagának mechanikai vizsgálata

A mechanikai vizsgálatok keretében a következő vizsgálatokat végeztük el a szétdarabolt tartályok hengeres köpenyéből kimunkált próbatesteken:

- Helyszíni keménységmérés,
- ütővizsgálat –20, –40 és –60°C-on,
- hegesztett kötések hajlítóvizsgálata,
- hegesztett kötések szakítóvizsgálata,
- az alapanyagok szakítóvizsgálata.

1. Helyszíni keménységmérés

A helyszíni keménységmérést a PÉBÉ-COOP telephelyén végeztük Krautkramer TIV berendezéssel a palást és a fenék festékrétegtől megtisztított felületein (11/1. ábra). A 954501-es tartályon végeztünk teljes körű (minden lemezre kiterjedő) vizsgálatot, amelynek eredményei a 11/1. táblázatban olvashatók. A varratdudor lemunkálásával a hegesztett kötések varratának és hőhatásövezetének keménységét varrattípusonként ellenőriztük, és egyetlen esetben sem találtunk 200HV-nál nagyobb keménységet.



11/1. ábra – A helyszíni keménységmérés

Gyári szám: 954501	Keménységek (HV)		
Fenék 2F	178	183	186
Palást 2E	155	162	166
Palást 2D	153	156	151
Palást 1C	187	173	178
Palást 1B	188	159	159
Falást 1A	185	160	189

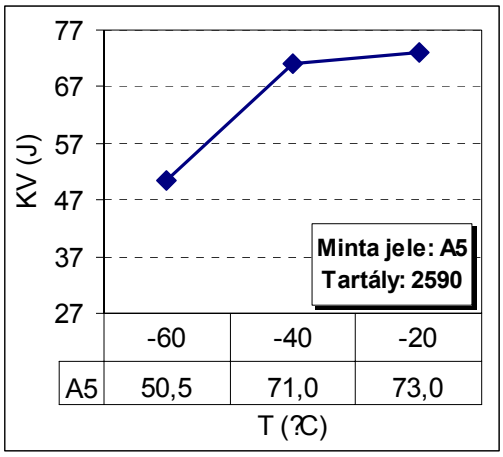
11/1. táblázat – A helyszíni keménységmérés eredményei

2. Ütővizsgálat

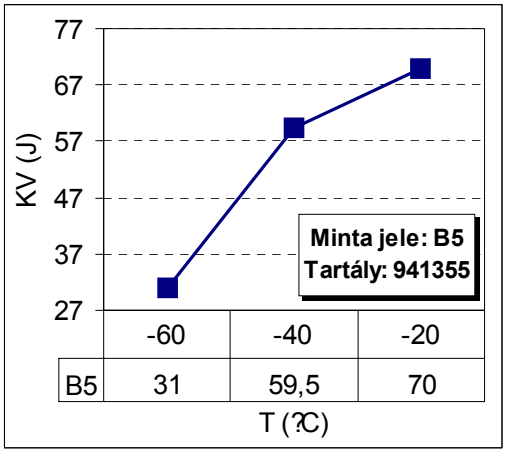
Az ütővizsgálatra vonatkozóan az St52-3N alapanyag és mai szabványos megfelelője esetében –20°C-on elvégzendő vizsgálat van előírva, és az ütőmunka-követelmény 27 J értékben van meghatározva. A már 15-18 évet üzemelt tartályok palástanyagának szívósságát az előírtnál szigorúbb vizsgálati körülményekkel is ellenőriztük, ezért a -20°C mellett (6-6 db próbatest) -40°C-on (2-2 db próbatest) és -60°C-on (2-2 db próbatest) is elvégeztük a vizsgálatot. Az eredményeket diagramokon adjuk meg, az értékpontok a mérési eredmények átlagaiként vannak ábrázolva a 11/2. ábrán. Az ütővizsgálatot az ÁEF Laboratórium végezte.

Az eredmények értékeléseként kijelenthető, hogy a tartályok alapanyagainak képlékenységi tulajdonságai messzemenően kielégítik a ma érvényes szabványokban előírtakat, sőt igen jelentős szívósságot mutatnak még –60°C-on is.

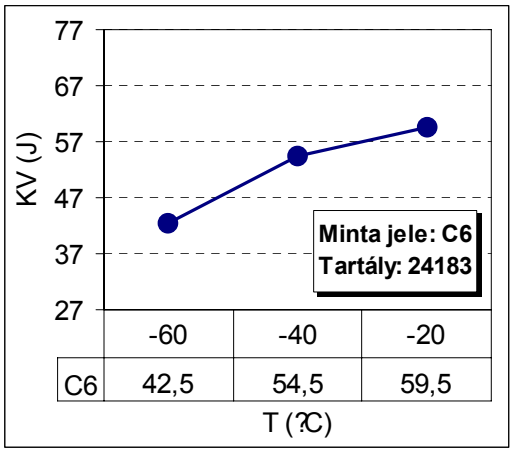
a)



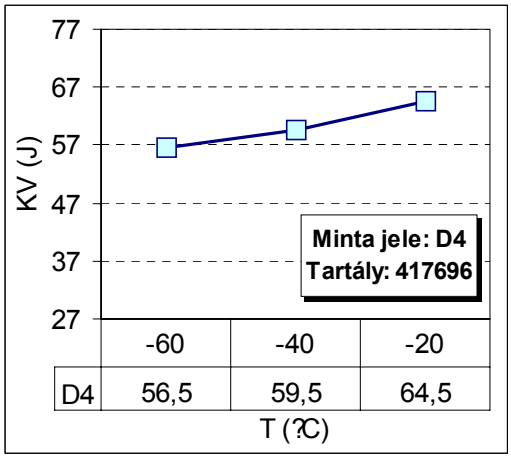
b)



c)



d)



11/2. ábra – Az ütővizsgálat eredményei diagramon és táblázatosan megadva

3. Hajlítóvizsgálat

A hajlítóvizsgálatot az ÁEF Laboratórium végezte, a vizsgálati jegyzőkönyv másolata a 11/3. ábrán látható.

ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.
1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: 319-3181 **Tel**: 309-2621 **Mobil**: 06(309) 598-290 **E-mail**: labor@aef.hu
A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben NAT-1-0827/2005 számon akkreditált Vizsgáló Laboratórium

HAJLÍTÓVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Bend Test Certificate

Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Munkaszám/Work No.: 6685
Hivatkozási szám/Ref. no. : L-377/2009
Beérkezés kelte/Date of income: 2009.08.02.
A vizsgálat kelte/Date of test: 2009.09.29.
Géptípus/Machine type:EU40

Megrendelő/Customer: BME
Ügyintéző/Executive: Dobránszky János
Hivatkozási szám/Ref. no.: -
Megrendelés kelte/Date of order:.
Vizsgálati előírás/Standard Nr.: MSZ EN 910:1999

Tárgy/Subject: PB tartályok vizsgálata

Jel Mark	Szélesség Width	Vastagság Thickness	Hajlítótüske Plunger diam.	Hajlítási szög Bending angle	Gyökoldal Root bend	Koronaoldal Face bend	Megjegyzés Remarks
	mm		∅ mm	degree (°)			Tartály
A1	19,6	6,4	12	180	OK	-	2590
A1	19,1	6,2	12	180	-	OK	2590
A2	19,6	6,5	12	180	OK	-	2590
A2	19,8	6,3	12	180	-	OK	2590
A3	20,0	6,3	12	180	OK	-	2590
A3	20,0	6,2	12	180	-	OK	2590
A4	19,8	6,3	12	180	OK	-	2590
A4	19,2	6,2	12	180	-	OK	2590
B1H	20,6	6,0	12	180	OK	-	941355
B1H	19,7	6,0	12	180	-	OK	941355
B1K	20,0	5,8	12	180	OK	-	941355
B1K	19,6	5,8	12	180	-	OK	941355
B2	19,7	5,7	12	180	OK	-	941355
B2	19,2	5,3	12	180	-	OK	941355
B6	20,4	5,4	12	180	OK	-	941355
B6	19,4	5,2	12	180	-	OK	941355
C4	18,9	5,7	12	180	OK	-	24183
C4	19,3	6,0	12	180	-	OK	24183
C5	18,8	5,9	12	180	OK	-	24183
C5	19,0	5,8	12	180	-	OK	24183
C6Y	18,9	6,1	12	180	OK	-	24183
C6Y	18,8	5,9	12	180	-	OK	24183

A vizsgálati eredmények a megvizsgált egyedre vonatkoznak

..... vizsgálatot végezte/examined by

..... ellenőrizte/accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

:D:\DOKU-2009\Apa-2009\PÉBÉCOOP\ÁEF-anyagok\hajiító-pdf.doc

1/1
Oldalszám:

11/3. ábra – A hegesztett kötések hajlítóvizsgálati jegyzőkönyve (OK = megfelel).
Hosszvarratok jele: A1, A2, A3, A4, B1H, C5
Körvarratok jele: B1K, B2, B6, C4, C6Y

4. Szakítóvizsgálat

A hegesztett kötések és az alapanyagok szakítóvizsgálatát az ÁEF Laboratórium végezte, a vizsgálati jegyzőkönyvet a jelen melléklet tartalmazza. Az eredmények értékeléseként kijelenthető, hogy a tartályok alapanyagainak szilárdsági és nyúlási tulajdonságai kielégítik a ma érvényes szabványokban előírtakat.

ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.
1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: 319-3181 **Tel**: 309-2621 **Mobil**: 06(309) 598-290 **E-mail**: labor@aef.hu
A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben NAT-1-0827/2005 számon akkreditált Vizsgáló Laboratórium

SZAKÍTÓVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV
Tensile Test Report

Témafelelős/Executive: Fodor Olivér ..... Megrendelő/Customer:BME ..... Terhelési fokozat/Load grade: 0-40 kN
Munkaszám/Work No.: 6685 ..... Ügyintéző/Executive: Dobránszky János ..... Nyúlásmérés/Elong. meas.: kézi
Hivatkozási szám/Ref. no.: L-377/2009 ..... Hivatkozási szám/Ref. no.: - ..... Hőmérséklet/Temperature: szoba
Beérkezés kelte/Date of income: 2009.08.02..... Megrendelés kelte/Date of order:..... Géptip/Machine type: EU 40
Tárgy/Subject: PB tartályok vizsgálata ..... Vizsg. előírás/Standard: MSZ EN 10002

A próba jele Mark	Anyagminőség Material	A próbatest méretei Dimensions of specimens										Terhelés a folyáshatáron Load at YP	Maximális erő Max. load	Folyáshatár Yield strength	Szakítószilárdság Tensile strength	Szakadási nyúlás Reduction of area	Kontrakció Contraction	Megjegyzés Remarks
		Szakítás előtt / Before fracture					Szakítás után / After fracture											
		Átmérő Diam.	Szélesség Width	Vastagság Thick.	Keresztmetszet Cross section	Jeltáv Mark dist.	Átmérő Diam.	Szél. Width	Vast. Thickn.	Keresztmetszet Cross section	Jeltáv Mark distance	F_e	F_m	$R_e/R_{p0.2}$	R_m	A_5	Z	Szakadás helye
		mm	mm	mm	mm²	mm	mm	mm	mm	mm²	mm	kN	kN	N/mm²	N/mm²	%	%	
A4	St52-3		10,36	6,35	65,8	45					56,7		34,3		521	26,0		alapanyag
B1H	St52-3		10,26	5,8	59,5	45					55,8		30,5		513	24,0		alapanyag
B1K	St52-3		10,3	5,7	58,7	45					55,5		30,5		520	23,3		alapanyag
B2	St52-3		10,5	5,6	58,8	45					55,9		29,7		505	24,2		alapanyag
B6	St52-3		9,8	5,7	55,9	40					50,2		29,3		525	25,5		alapanyag
C4			10,1	5,7	57,6	45					56,9		29,5		512	26,4		varratban
C5			10,3	5,6	57,7	45					55,7		29,1		505	23,8		alapanyag
C6Y			10,4	5,6	58,2	45					55,1		28,8		495	22,4		alapanyag

A vizsgálat kelte/Date of test: 2009. szeptember 24.
A vizsgálati eredmények a megvizsgált egyedre vonatkoznak

.....
vizsgálatot végezte
examined by

.....
ellenőrizte
accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

Bizonylat száma:D:\DOKU-2009\Apa-2009\PÉBÉCOOP\ÁEF-anyagok\laposszakító-pdf.doc 37404/

Oldalszám: 1/1

11/4. ábra – A hegesztett kötések szakítóvizsgálati jegyzőkönyve.
Hosszvarratok jele: A4, B1H, C5
Körvarratok jele: B1K, B2, B6, C4, C6Y

AEF LABORATÓRIUM

ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.
1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: 319-3181 Tel: 309-2621 Mobil: 06(309) 598-290 E-mail: labor@aef.hu
A Nemzeti Akkreditálási Testület által akkreditált Vizsgáló Laboratórium

SZAKÍTÓVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV
Tensile Test Report

Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Munkaszám/Work No.:6821
Hivatkozási szám/No.: L-494/2009
Beérkezés kelte/Date: 2009.12.14.
Tárgy/Subject: tartálylemez

Megrendelő/Customer: PB COOP
Ügyintéző/Executive
Hivatkozási szám/No
Megrendelés kelte/Date of order: 2009.
Vizsg. előírás/Standard No: MSZ EN 10002

Terhelési fokozat/Load grade:III. (0-100 kN)
Nyúlásmérés/Elong. meas.: kézi
Hőmérséklet/Temperature:20°C
Géptíp/Machine type.: EDZ-20

A próba jele / Mark	Anyagminőség / Material	A próbatest méretei: Dimensions of specimens – Szakítás előtt/Before fracture: Átmérő Diam.	Szélesség Width	Vastagság Thick.	Ker. metsz. Cross section	Jeltáv Mark dist.	Szakítás után/After fracture: Átmérő Diam.	Szél. Width	Vast. Thickn.	Ker. metsz. Cross section	Jeltáv Mark distance	Terhelés a folyáshatáron Load at yield point	Max.terh erő Max.load	Folyás-határ Yield strength	Szakítószilárdság Tensile strength	Szak. nyúlás Elongation	Kontrakció Contraction	Szakadás helye Place of fracture
		mm	mm	mm	mm^2	mm	mm	mm	mm	mm^2	mm	kN	kN	$R_{p0,2}$ N/mm^2	R_m N/mm^2	A_5 %	Z %	
AGH			19,9	6,8	136,3	65					81,8	46,2	67,0	339	491	25,8		
AGK			18,8	6,3	118,8	60					76,0	42,5	63,0	358	530	26,7		
C1H			19,6	6,1	119,4	60					75,1	40,0	61,5	335	515	25,2		
C1K			20,4	6,2	126,1	65					79,7	48,1	66,0	381	523	22,6		
B4H			19,9	6,1	122,0	60					74,4	53,8	66,5	441	545	24,0		
B4K			19,0	6,2	118,6	60					74,1	48,0	60,0	405	506	23,5		
D1H			19,8	5,9	117,2	60					74,2	41,2	54,5	352	465	23,7		
D1K			20,4	5,9	119,2	60					74,5	38,5	55,5	323	466	24,2		

A vizsgálat kelte/Date of test: 2009.12.15.
A vizsgálati eredmények a megvizsgált egyedre vonatkoznak

vizsgálatot végezte
examined by

ellenőrizte
accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

Bizonylat száma: 37404/

D:\2009\2009 november\6821 PB Coop\2009.12.15\szakító jkv..doc

Oldalszám: 1/1

11/5. ábra – A hengeres köpeny alapanyagok szakítóvizsgálati jegyzőkönyve
A tartály hossztengelye mentén kimunkált próbatestek jele: A6H, B4H, C1H, D1H
A tartály hossztengelyére merőlegesen kimunkált próbatestek jele: A6K, B4K, C1K, D1K

A szakítóvizsgálat eredményeit az edénygépkönyvekben található eredményekkel együtt a 11/2. táblázat tartalmazza.

Gyári szám	Adat forrása	Folyáshatár MPa	Szakítószilárdság MPa	Nyúlás %
	St52-3N S355J2G3	> 355	490 - 610	> 22 (H) > 20 (K)
2590	Gépkönyv	422	569	29
	Hossz	**339**	491	25,8
	Kereszt	358	530	26,7
941355	Gépkönyv	474	552	28,8
	Hossz	441	545	24,0
	Kereszt	405	506	23,6
24183	Gépkönyv	394	551	27,2
	Hossz	**335**	515	25,2
	Kereszt	381	523	22,6
417696	Gépkönyv	355	490	29
	Hossz	**352**	465	23,7
	Kereszt	**323**	466	24,2

11/2. táblázat – A tartályok alapanyagainak szakítóvizsgálati eredményei. A **vastagon** kiemelt eredmények elmeradnak a szabványos minimumoktól

12. melléklet

A pébégáztartályok radiográfiai vizsgálata

A radiográfiai vizsgálatot az ÁEF Laboratórium alvállalkozója végezte, a vizsgálati jegyzőkönyveket és néhány varrathiba kijelölt helyét a jelen melléklet tartalmazza.

Gyári szám Méret	Varrat jele	Hossz	Vizsgált hossz	Hibás hossz	Hibatípus	Vizsgált %	Hiba %	Hiba % teljes
58758	H1	180	180			100	0	0
5 m3	H2	180	180	1	2011 (H2/K1 csp.)	100	0,56	0,56
	K1	395	395			100	0	0
	K2	395	395			100	0	0
	K3	395	395			100	0	0
24183	H1	1500	17			1,13	0,00	0,00
5 m3	H2	550	20			3,64	0,00	0,00
	H3	1500	17			1,13	0,00	0,00
	K1	395	22			5,57	0,00	0,00
	K2	395	22			5,57	0,00	0,00
	K3	395	22	2	3011 (41-43)	5,57	9,09	0,51
	K4	395	22	1	2011, 2015 (csp.)	5,57	4,55	0,25
9413155	H1	1200	17			1,42	0,00	0,00
5 m3	H2	1200	18			1,50	0,00	0,00
	H3	1200	17			1,42	0,00	0,00
	K1	395	20			5,06	0,00	0,00
	K2	395	42			10,63	0,00	0,00
	K3	395	43			10,89	0,00	0,00
	K4	395	22			5,57	0,00	0,00
417696	H1	220	34	12	3011 (41-43)	15,45	35,29	5,45
3 m3	K1	395	21			5,32	0,00	0,00
	K2	395	22	5	a. hiány (18-21, 29-31)	5,57	22,73	1,27
954501	H1	110	18			16,36	0,00	0,00
3 m3	H2	110	18			16,36	0,00	0,00
	K1	395	22			5,57	0,00	0,00
	K3	395	23			5,82	0,00	0,00
	K3	395	22			5,57	0,00	0,00
2590	H1	220	34			15,45	0,00	0,00
3 m3	K1	395	21			5,32	0,00	0,00
	K2	395	22			5,57	0,00	0,00

A vizsgálatok Ir192 izotóppal történtek. Képminőségi osztály MSZ EN 462-3 szerint legalább B. Értékelési előírás MSZ EN 12517 1. szint. A nem megfelelőség ellenére az észlelet és regisztrált hibák, (amelyek a vonatkozó előírások szerint nem megengedhetőek), élettartamra gyakorolt hatása elhanyagolható.

12/1. táblázat – A radiográfiai vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

Radiografiai vizsgálati jegyzőkönyv

Radiographic Test Report

RT

(1/1)

1116 Budapest Fehérvári út 130.
Tel: 06-1-2035893; Fax: 06-1-2053983
www.minell.hu
A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben a
NAT-1-1030/2006 regisztrálási számon
akkreditált vizsgáló laboratórium

Munkaszám: *Customer No.:*	P00654	**Jegyzőkönyv** *Testreport No.:*	RT16045\1 **Megrendelő száma:** *Purchaser No.:* -
Megrendelő: *Purchaser:*	AÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.	**Munkaszáma:** *Customer No.:*	-
Vizsgált objektum: *Project:*	417696 gyári számú 3 m3-es gáztartály		
Vizsgálat tárgya: *Object:*	Hossz- és körvarratok vizsgálata		
Vizsgálat helye: *Place:*	Hajdúszoboszló	**Időpontja:** *Date:*	2009.08.06.
Rajzszám: *Drawing No.:*	vizsg.terj.: részleges	**Anyagminőség:** *Material:*	ST52-3
Vizsgálati terjedelem: *Test range:*	0 %	**Hőkezelés:** *Heat treatment:*	-
Hegesztési eljárás[1]: *Welding procedure:*	-	**Varrat alak[1]:** *Welding shape:*	BW

Vizsgálati adatok *(Parameter of test)*

Értékelési előírás: *Specification:*	EN 12517:2004 1. szint	**Képminőség osztály:** *Image class:*	EN 462-3:2000/B-osztály	**Sugárforrás:** *Source:*	Ir 192 isotope
Átvételi szint: *Acceptance criteria:*	1. szint	**Képminőség jelző:[2]** *Image quality indicator:*	10 FE EN	**Sugárforrás mérete:** *Focal spot:*	1,8x2,0 **mm**
Vizsgálati előírás: *NDT specification:*	EN 1435 B	**Film típusa:** *Film type:*	FUJI IX 80 Pb	**Aktivitás:** *Activity:*	555 **GBq** 15 **Ci** **kV** **mA**
Radiográfiai osztály: *Test class:*	EN 1435:2004/A-osztály	**Film kidolgozás:** *Film makin up:*	Gépi	**Expozíciós idő:** *Exposure time:*	0,9 **min.**
Vizsgáló: *Operator:*	Dobai Attila, RT20101010103 Soltész Ádám, --	**Vizsgálati elrendezés:** *Exposure arrangement:*	6.1.2. - 1.	**Film-fókusz távolság:** *Source-surface distance:*	1200 **mm**

Vizsgálati darab jelölése *(Marking):* A "0" és az azonosító szám a varrat mellett festékkel jelölve

Vizsgálati eredmények *(Result of Test)*

Film jelölés *Film identification*	**Méret(mm)** *Dimension*	**Hegesztőjel** *Welder mark*	**Értékelt filmhossz (cm)** *Film lengh*	**Értékelt eltérések[5]** *Imperfections*	**Feketedés[3]** *min. Density*	**Képminőség[2]** *Image quality*	**Minősítés[6]** *Classification*	**Megjegyzés** *Remark*
K1	Lv6,3	-	14-35	2011	3,3	13	M	
K1/H1	Lv6,3	-	0-18	2011	3,2	13	M	
K2	Ø1200x6,3	-	14-36	*	3,5	13	NM	* Az átrmeneti zónában jelentős mélységű anyaghiány látható! Jav.: 18-21; 29-31
K2/H1	Ø1200x6,3	-	160-176	3011	3,5	13	NM	Jav.: 162-174

1-MSZ EN ISO 4063 és EN 22553 jelöléseivel.
2 -MSZ EN 462-3 szabvány szerint látható legvékonyabb huzal sorszáma.
3 - Az értékelt szakaszok közül a legvilágosabb rész feketedési értéke.
4-Az MSZ EN 1435 6.1 ábrák számaival megadva.
5-Az eltérések az MSZ EN ISO 6520-1 kódszámaival.
100: repedések; 200:gázok; 300:szilárd zárványok; 400:kötéshiba gyökhiba; 500:felületi hiba;600:egyéb hiba;FH: filmhiba.
6 - Minősítés: M (A)-megfelel; NM (R)-nem felel meg; K (C)-kontoll vizsgálat szükséges.
1 - Number to EN ISO 4063 and EN 22553.
2 - Number of image quality. 3-Density.
4 - Exp.arrangem. from EN 1435 app.6.1 Flg. No.
5-Imperfections to EN ISO 6520-1.
100:craks;200:gas porosity; 300:slag inclusion; 400: lack; 500:external lack; 600:other lack.
6 - M (A)-accept; NM (R)- reject, K (C)-controllest.

A vizsgálati jegyzőkönyv csak a megvizsgált egyedekre vonatkozik, és csak teljes terjedelemben másolható.
This Test Report only refers to the examined items and it can be only copied in full.

Értékelő: *Operator:*	Dobai Attila, RT20101010103		**Ellenőrizte:** *Inspector:*
Aláírása: *Signature:*			**Aláírása:** *Signature:*
Kelt: *Date:*	Sajókersztúr,	2009.08.07.	**Kelt:** *Date:*

12/1. ábra – A 417696 gyári számú tartály radiográfiai vizsgálati jegyzőkönyve

Radiografiai vizsgálati jegyzőkönyv

RT

Radiographic Test Report

(1/1)

1116 Budapest Fehérvári út 130.
Tel: 06-1-2035893; Fax: 06-1-2053983
www.minell.hu
A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben a
NAT-1-1030/2006 regisztrálási számon
akkreditált vizsgáló laboratórium

Munkaszám: *Customer No.:*	P00654	**Jegyzőkönyv** ~~*Testreport No.:*~~ RT16044\1	**Megrendelő száma:** *Purchaser No.:* -
Megrendelő: *Purchaser:*	AÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.	**Munkaszáma:** *Customer No.:*	-
Vizsgált objektum: *Project:*	2590 gyári számú 3 m3-es gáztartály		
Vizsgálat tárgya: *Object:*	Hossz- és körvarratok vizsgálata		
Vizsgálat helye: *Place:*	Hajdúszoboszló	**Időpontja:** *Date:*	2009.08.06.
Rajzszám: *Drawing No.:*	vizsg.terj.: részleges	**Anyagminőség:** *Material:*	ST52-3
Vizsgálati terjedelem: *Test range:*	0 %	**Hőkezelés:** *Heat treatment:*	-
Hegesztési eljárás[1]: *Welding procedure:*	-	**Varrat alak[1]:** *Welding shape:*	BW

Vizsgálati adatok *(Parameter of test)*

Értékelési előírás: *Specification:*	EN 12517:2004 1. szint	**Képminőség osztály:** *Image class:*	EN 462-3:2000/B-osztály	**Sugárforrás:** *Source:*	Ir 192 isotope
Átvételi szint: *Acceptance criteria:*	1. szint	**Képminőség jelző:[2]** *Image quality indicator:*	10 FE EN	**Sugárforrás mérete:** *Focal spot:*	1,8x2,0 **mm**
Vizsgálati előírás: *NDT specification:*	EN 1435 B	**Film típusa:** *Film type:*	FUJI IX 80 Pb	**Aktivitás:** *Activity:*	555 **GBq** 15 **Ci** **kV** **mA**
Radiográfiai osztály: *Test class:*	EN 1435:2004/A-osztály	**Film kidolgozás:** *Film makin up:*	Gépi	**Expozíciós idő:** *Exposure time:*	0,9 **min.**
Vizsgáló: *Operator:*	Dobai Attila, RT20101010103 Soltész Ádám, --	**Vizsgálati elrendezés[4]:** *Exposure arrangement:*	6.1.2. - 1.	**Film-fókusz távolság:** *Source-surface distance:*	1200 **mm**

Vizsgálati darab jelölése *(Marking):* A "0" és az azonosító szám a varrat mellett festékkel jelölve

Vizsgálati eredmények *(Result of Test)*

Film jelölés *Film identification*	Méret(mm) *Dimension*	Hegesztőjel *Welder mark*	Értékelt filmhossz (cm) *Film lengh*	Értékelt eltérések[5] *Imperfections*	Feketedés *min. Density*	Képminőség *Image quality*	Minősítés[6] *Classification*	Megjegyzés *Remark*
K1	Lv6,3	-	14-36	-	3,7	13	M	A szalag belevetült a varratba!
K1/H1	Lv6,3	-	0-16	-	3,5	13	M	A szalag belevetült a varratba!
K2	Ø1200x6,3	-	14-34	-	3,0	13	M	
K2/H1	Ø1200x6,3	-	162-178	-	2,8	13	M	FH.

1-MSZ EN ISO 4063 és EN 22553 jelöléseivel.
2 -MSZ EN 462-3 szabvány szerint látható legvékonyabb huzal sorszáma.
3 - Az értékelt szakaszok közül a legvilágosabb rész feketedési értéke.
4-Az MSZ EN 1435 6.1 ábrák számaival megadva.
5-Az eltérések az MSZ EN ISO 6520-1 kódszámaival.
100: repedések; 200:gázok; 300:szilárd zárványok; 400:kötéshiba gyökhiba; 500:felületi hiba;600:egyéb hiba;FH: filmhiba.
6 - Minősítés: M (A)-megfelel; NM (R)-nem felel meg; K (C)-kontoll vizsgálat szükséges.
1 - Number to EN ISO 4063 and EN 22553.
2 - Number of image quality. 3-Density.
4 - Exp.arrangem. from EN 1435 app.6.1 Flg. No.
5-Imperfections to EN ISO 6520-1.
100:craks;200:gas porosity; 300:slag inclusion; 400: lack; 500:external lack; 600:other lack.
6 - M (A)-accept; NM (R)- reject, K (C)-controllest.

A vizsgálati jegyzőkönyv csak a megvizsgált egyedekre vonatkozik, és csak teljes terjedelemben másolható.
This Test Report only refers to the examined items and it can be only copied in full.

Értékelő: *Operator:* Dobai Attila, RT20101010103	**Ellenőrizte:** *Inspector:*
Aláírása: *Signature:*	**Aláírása:** *Signature:*
Kelt: *Date:* Sajókersztúr, 2009.08.07.	**Kelt:** *Date:*

12/2. ábra – A 2590 gyári számú tartály radiográfiai vizsgálati jegyzőkönyve

Radiografiai vizsgálati jegyzőkönyv

RT

Radiographic Test Report

(1/1)

1116 Budapest Fehérvári út 130.
Tel: 06-1-2035893; Fax: 06-1-2053983
www.minell.hu
A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben a
NAT-1-1030/2006 regisztrálási számon
akkreditált vizsgáló laboratórium

Munkaszám: *Customer No.:*	P00654	**Jegyzőkönyv** *Testreport No.:* RT16042\1	**Megrendelő száma:** *Purchaser No.:* -
Megrendelő: *Purchaser:*	AÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.	**Munkaszáma:** *Customer No.:*	-
Vizsgált objektum: *Project:*	954501 gyári számú 3 m3-es gáztartály		
Vizsgálat tárgya: *Object:*	Hossz- és körvarratok vizsgálata		
Vizsgálat helye: *Place:*	Hajdúszoboszló	**Időpontja:** *Date:*	2009.08.06.
Rajzszám: *Drawing No.:*	vizsg.terj.: részleges	**Anyagminőség:** *Material:*	ST52-3
Vizsgálati terjedelem: *Test range:*	0 %	**Hőkezelés:** *Heat treatment:*	-
Hegesztési eljárás[1]: *Welding procedure:*	-	**Varrat alak[1]:** *Welding shape:*	BW

Vizsgálati adatok *(Parameter of test)*

Értékelési előírás: *Specification:*	EN 12517:2004 1. szint	**Képminőség osztály:** *Image class:*	EN 462-3:2000/B-osztály	**Sugárforrás:** *Source:*	Ir 192 isotope
Átvételi szint: *Acceptance criteria:*	1. szint	**Képminőség jelző:[2]** *Image quality indicator:*	10 FE EN	**Sugárforrás mérete:** *Focal spot:*	1,8x2,0 mm
Vizsgálati előírás: *NDT specification:*	EN 1435 B	**Film típusa:** *Film type:*	FUJI IX 80 Pb	**Aktivitás:** *Activity:*	555 GBq 15 Ci kV mA
Radiográfiai osztály: *Test class:*	EN 1435:2004/A-osztály	**Film kidolgozás:** *Film makin up:*	Gépi	**Expozíciós idő:** *Exposure time:*	0,9 min.
Vizsgáló: *Operator:*	Dobai Attila, RT20101010103 Soltész Ádám, --	**Vizsgálati elrendezés[4]:** *Exposure arrangement:*	6.1.2. - 1.	**Film-fókusz távolság:** *Source-surface distance:*	1200 mm

Vizsgálati darab jelölése *(Marking):* A "0" és az azonosító szám a varrat mellett festékkel jelölve

Vizsgálati eredmények *(Result of Test)*

Film jelölés *Film identification*	Méret(mm) *Dimension*	Hegesztőjel *Welder mark*	Értékelt filmhossz (cm) *Film lengh*	Értékelt eltérések[5] *Imperfections*	Feketedés[3] min. *Density*	Képminőség[2] *Image quality*	Minősítés[6] *Classification*	Megjegyzés *Remark*
K1	Lv6,3	-	16-38	-	3,5	13	M	
K1/H1	Lv6,3	-	0-18	-	3,5	13	M	
K2	Ø1200x6,3	-	11-34	-	3,2	13	M	
K2/H2	Ø1200x6,3	-	-2-0-16	5012	3,2	13	M	
K3	Ø1200x6,3	-	16-38	-	3,2	13	M	
K3/H2	Ø1200x6,3	-	29-46	-	3,3	13	M	

1-MSZ EN ISO 4063 és EN 22553 jelöléseivel.
2 -MSZ EN 462-3 szabvány szerint látható legvékonyabb huzal sorszáma.
3 - Az értékelt szakaszok közül a legvilágosabb rész feketedési értéke.
4-Az MSZ EN 1435 6.1 ábrák számaival megadva.
5-Az eltérések az MSZ EN ISO 6520-1 kódszámaival.
100: repedések; 200:gázok; 300:szilárd zárványok;
400:kötéshiba gyökhiba; 500:felületi hiba;600:egyéb hiba;FH: filmhiba.
6 - Minősítés: M (A)-megfelel; NM (R)-nem felel meg;
K (C)-kontoll vizsgálat szükséges.
1 - Number to EN ISO 4063 and EN 22553.
2 - Number of image quality. 3-Density.
4 - Exp.arrangem. from EN 1435 app.6.1 Flg. No.
5-Imperfections to EN ISO 6520-1.
100:craks;200:gas porosity; 300:slag inclusion; 400: lack; 500:external lack; 600:other lack.
6 - M (A)-accept; NM (R)- reject, K (C)-controllest.

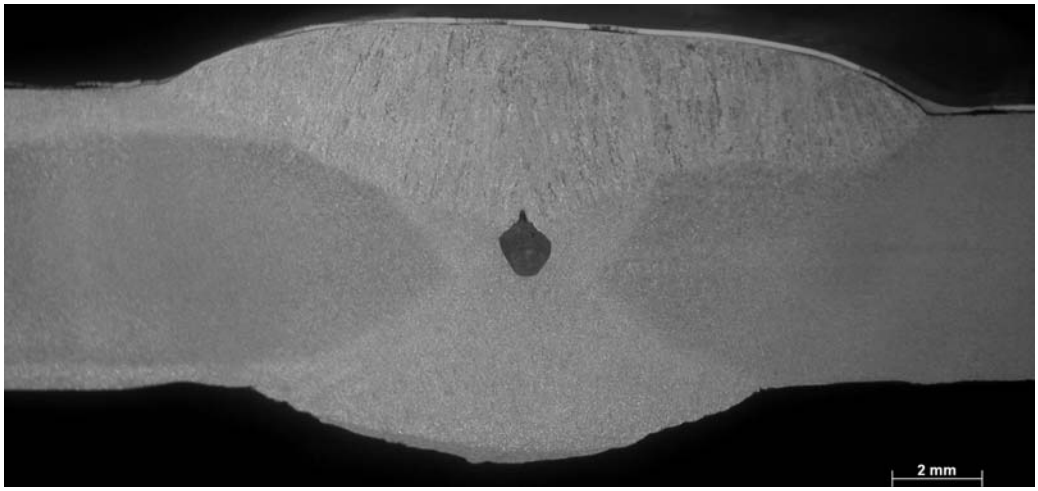
A vizsgálati jegyzőkönyv csak a megvizsgált egyedekre vonatkozik, és csak teljes terjedelemben másolható.
This Test Report only refers to the examined items and it can be only copied in full.

Értékelő: *Operator:*	Dobai Attila, RT20101010103	**Ellenőrizte:** *Inspector:*
Aláírása: *Signature:*		**Aláírása:** *Signature:*
Kelt: *Date:*	Sajókersztúr, 2009.08.07.	**Kelt:** *Date:*

12/3. ábra – A 954501 gyári számú tartály radiográfiai vizsgálati jegyzőkönyve

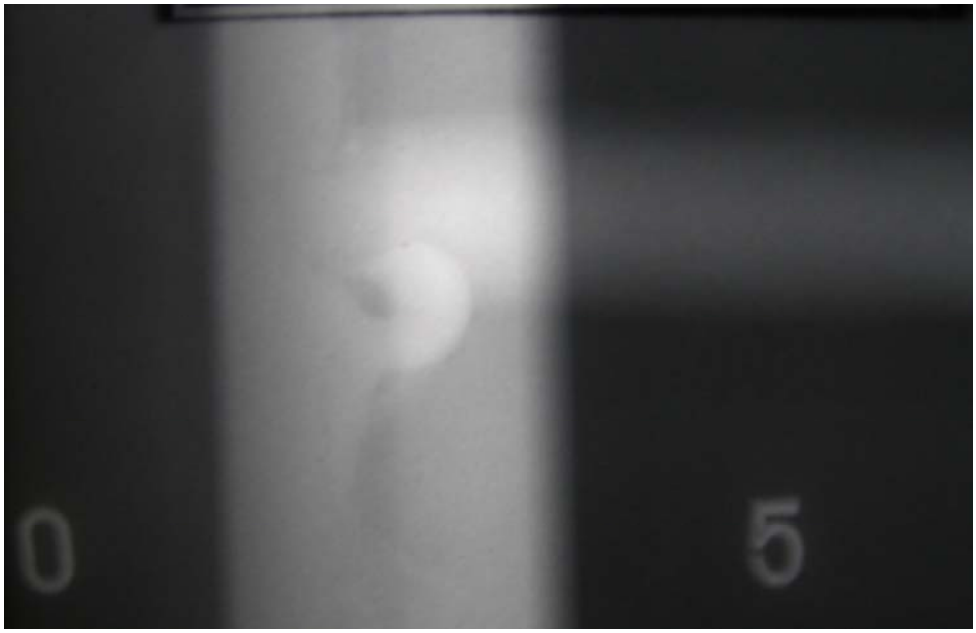
a)

b)



c)

12/4. ábra – A 24183 gyári számú tartály H2 és K3 körvarratában a radiográfiai vizsgálat során észlelt gyökhiba / salakzárvány helye a vizsgálati mintadarabon és metallográfiai keresztcsiszolati képe a hiba feltárása után



12/5. ábra – Gázzárvány az 58758 gyári számú tartály varrattalálkozásánál

13. melléklet

A pébégáztartályok ultrahangos vizsgálata

A PÉBÉ-COOP munkatársai és az általunk végzett ultrahangos falvastagságmérések eredményei bekerültek a szakértői adatbázisba. Mivel a pébégáztartályok állapotának korrózió miatti romlását a falvastagságméréssel lehet ellenőrizni, kitüntetett jelentőséggel bír az ultrahangos mérések megbízhatósága.

1. Az ultrahangos falvastagságmérési eredmények ellenőrzése

A kiválasztott tartályokon elvégzett ultrahangos vizsgálatok két mérésből álltak, ugyanis a „*Sonatest B-GAGE*” műszerrel külön mértük a tartály festékréteggel együtt mért vastagságát és külön rétegvastagság-mérő készülékkel vizsgáltuk a tartályon található védőfesték rétegvastagságát. A tartály falvastagságát így a két mérési érték különbségéből képeztük. A „*Dakota PR-8V*” ultrahangos falvastagságmérő berendezéssel pedig közvetlenül a fémfal vastagságát mértük a festékrétegeken keresztül.

Ahhoz, hogy az ellenőrző vizsgálatot ne befolyásolja a tartályokon, illetve az ellenőrzésnél vizsgált festékanyag minősége, két eltérő festésű („szürke” és „vörös” alapozó) tartályból is kiemeltünk mintalemezt az ellenőrző vizsgálathoz. A mintalemezeken három felületet alakítottunk ki. Az 1. ellenőrző felületen meghagytuk az eredeti festést, a 2. ellenőrző felületen eltávolítottuk a festékréteget, de az alapozó réteget érintetlenül hagytuk, míg a 3. ellenőrző felület esetében a teljes festékréteget eltávolítottuk. Az így előkészített ellenőrző mintákról készült felvételek a 13/1. és a 13/2. ábrán láthatók.

13/1. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérés ellenőrző mintája (szürke alapozó)

13/2. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérés ellenőrző mintája (vörös alapozó)

Az előkészített ellenőrző mintákon elvégzett ultrahangos falvastagságmérés eredményeit mechanikus mérésekkel ellenőriztük. A mechanikus méréseket ezredmilliméter pontosságú mikrométerrel végeztükl, az ultrahangos mérések mérési pontjaival megegyező helyeken. A két különböző műszerrel is elvégzett ultrahangos falvastagságmérés és a mechanikus vastagságmérések átlagos eredményei a 13/1-2. táblázatban láthatók.

Szürke alapozó				
	UH-mérés (mm)	UH-mérés (mm)	Mechanikus mérés (mm)	Bevonat rétegvastagság (µm)
Műszer	Sonatest B-GAGE	Dakota PR-8V	Mikrométer	Quanix 1500
Festett	5,78	5,69	5,83	154,8
Alapozott	5,67	5,70	5,77	97,2
Fémtiszta	5,55	5,52	5,67	0,00

13/1. táblázat – Az ultrahangos és a mechanikus vastagságmérés eredményei
(a megadott értékek 6-6 mérés átlagát jelentik)

Vörös alapozó				
	UH-mérés (mm)	UH-mérés (mm)	Mechanikus mérés (mm)	Bevonat rétegvastagság (µm)
Műszer	Sonatest B-GAGE	Dakota PR-8V	Mikrométer	Quanix 1500
Festett	6,95	6,28	6,72	333,50
Alapozott	6,37	6,33	6,46	78,60
Fémtiszta	6,10	6,32	6,34	0,00

13/2. táblázat – Az ultrahangos és a mechanikus vastagságmérés eredményei
(a megadott értékek 6-6 mérés átlagát jelentik)

13/3. ábra – A mérésekhez és a kalibrációhoz használt műszerek

Az ultrahangos falvastagságmérés érzékenységének ellenőrzésére egy műhibákat tartalmazó etalont készítettünk. Az etalont szintén egy tartályból kiemelt lemezmintából alakítottuk ki, hogy a tartályokon alkalmazott festés egyezzen az etalon festékrétegeivel. Az etalon belső oldalán különböző átmérőjű és mélységű zsákfuratokat és különböző szélességű és mélységű bemetszéseket alakítottunk ki (13/3. ábra).

13/4. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérés ellenőrzéséhez alkalmazott műhiba etalon

A zsákfuratok átmérője 3 – 6 – 9 mm, minden átmérőt 1 – 2,5 – 4,5 mm mélységben is kimunkáltuk. A bemetszések szélessége 1,0 és 2,5 mm, mindkettőt elkészítettük 2 és 4 mm-es mélységben is. Az egyes hibahelyeken, a falvastagságmérésnél is alkalmazott ultrahangos mérőfejjel mérve, a 13/3. és 13/4. táblázat szerinti falvastagságok mérhetők.

Etalon furatok			
	UH vastagság (mm)		
	Ø3	Ø6	Ø9
1,0 mm mély	6,3	5,7	6,1
2,5 mm mély	6,2	4,7	6,2
4,5 m mély	6,2	3,9	3,4

13/3. táblázat – A műhibákat tartalmazó etalon furatainál
Sonatest B-GAGE ultrahangos falvastagságmérővel mért értékek

Etalon bemetszések		
	UH vastagság (mm)	
	2 mm mély	4 mm mély
1,0 mm széles	4,8	2,8
2,5 mm széles	5,6	3,7

13/4. táblázat – A műhibákat tartalmazó etalon bemetszéseinél
Sonatest B-GAGE ultrahangos falvastagságmérővel mért értékek

2. A későbbiekben szétdarabolt tartályokon végzett ultrahangos vizsgálatok eredményei

A 954501-es tartályon a három körvarrat köpenylemezekre eső oldalán, összesen négy körív mentén, 90°-onkénti elosztásban mértük a falvastagságot.

13/5. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérés nyomvonalai és mérési pontjai a körvarratok mentén; a 4. mérési pont a tartály másik oldalára esik. A fenéklemezeket egy főkör mentén, 16 mérési ponton mértük: a vastagságkülönbség esetenként elérte a 0,5-0,7 mm-t a mélyhúzáskor elvékonyodott középső rész (5,90 mm) és a vastag szoknyarész (6,56 mm) között

Mérés helye	„B” vonal Körvarrat mellett / varrattól távol	„C” vonal Körvarrat mellett / varrattól távol	„D” vonal Körvarrat mellett / varrattól távol	„E” vonal Körvarrat mellett / varrattól távol	„F” vonal Szoknya
1.	7,1 / 6,8	6,40 / 6,29	6,33 / 6,26	6,28 / 6,29	
2.	6,8 / 6,6	6,38 / 6,22 (6,36 / 6,22)	6,35 / 6,30	6,45 / 6,41	7,06
3.	6,22 / 6,18 (leürítőcsonknál: 6,37; 6,15)	6,31 / 6,09 (5,93 lecsiszolva)	6,16 / 6,13 (5,97 lecsiszolva)	6,24 / 6,24	
4.	6,4 / 6,2	6,52 / 6,4	6,42 / 6,4	6,52 / 6,50 (lecsiszolva: 5,95 / 5,93)	
További mérési pontok					
5.		4. pont mellett és le van csiszolva: 5,88 / 5,87	a H és K varrat találkozásánál: 5,80 / 6,30 5,47		
6.		a hosszvarrat alsó és felső részén: 6,4 / 6,4; 6,4 / 6,4	a H és K varrat találkozásánál, 5,45 / 6,07 6,28		
7.			4. pont mellett lecsiszolva: 5,93 / 5,93		

13/5. táblázat – A 954501-es tartály lemezein mért falvastagságok

A 417696-os tartály

A 417696-os tartályon a két körvarrat mindkét oldalán egy körív mentén, 90°-onkénti elosztásban mértük a falvastagságot. A fenéklemezeken egy főkör mentén a lehetőségekhez képest egyenletesen elosztva következtek a mérési helyek fentről lefelé.

Mérés helye	Fenék 1	Palást		Fenék 2
	A	B Varrat mellett / távol	C Varrat mellett / távol	
1.	6,51	5,60 / 5,6		
2.	6,55	5,59 / 5,59		
3.	6,49	5,55 / 5,58	5,60 / 5,62	
4.	6,22	5,58 / 5,60	5,59 / 5,63	
	További mérési pontok			
5.	6,03	5,60 / 5,62 sarokban: 4,96*	5,32 / 5,63	6,10
6.	6,39	5,01 / 5,58 sarokban. 5,01*	5,63 / 5,38	6,60
7.	6,37		a hosszvarratnál alul és felül: 5,66, 5,48	6,56
8.	6,40			6,56
9.	6,44			
10.	6,44			
11.	6,42			
12.	6,59			
13.	6,57			
14.	6,41			
15.	6,50			
16.	6,30			

13/6. táblázat – A 417696-os tartály lemezein mért falvastagságok

A hossz- és körvarratoknál fent 5,4, lenn 5,6 mm a vastagság.

A későbbiekben ezt a tartályt is szétdaraboltuk („D”) jelű tartály, és a 2. mellékletben bemutatott módszerrel megállapítottuk, hogy a köpeny eredeti, gyártási lemezvastagsága 5,70 mm volt.

3. A szétdarabolt tartályok lemezmintáin végzett ultrahangos vizsgálatok eredményei

A szétdarabolt tartályok kivágott lemezein elvégzett falvastagságmérések és festékréteg-vastagságmérések eredményeit az alábbi táblázatok tartalmazzák. Mivel a mérést a Sonatest műszerrel végeztük, a „Fémes vastagság” oszlopban megadjuk a kalibráció alapján számított értékeket.

A tartály gyári száma	**2590**	**941355**	**24183**	**417696**
Vizsgálati jele	**(A)**	**(B)**	**(C)**	**(D)**

Lemezminta	Fent / lent	Festékvastagság (µm)	Mért vastagság (mm)	Fémes vastagság (mm)
A1		354	7,2	6,69
A2		352	7,2	6,70
A3		373	7,2	6,65
A4		427	7,3	6,65
Ak1				
Ak2		198	7,3	7,10
Ak3		510	7,6	6,78
Ak4		524	7,5	6,65
A5	Fent	476	7,4	6,65
A6	Fent	500	7,4	6,60
A7	Lent	594	7,3	6,31

Lemezminta	Fent / lent	Festékvastagság (µm)	Mért vastagság (mm)	Fémes vastagság (mm)
B1		176	6,4	6,25
B2	Lent	208	6,4	6,18
B3		182	6,4	6,24
B4		118	6,2	6,16
B5		156	6,3	6,19
B6		137	6,2	6,13
B7	Lent	194	6,4	6,21
B8	Fent	203	6,5	6,29

Lemezminta	Fent / lent	Festékvastagság (µm)	Mért vastagság (mm)	Fémes vastagság (mm)
C1		164	6,9	6,77
C2		182	6,2	6,04
C3	Fent	103	6,4	6,39
C4	Lent	130	6,2	6,14
C5		185	6,3	6,13
C6		126	6,2	6,15

Lemezminta	Fent / lent	Festékvastagság (µm)	Mért vastagság (mm)	Fémes vastagság (mm)
D1		162	6,0	5,88
D2		191	6,1	5,92
D3	Fent	166	6,2	6,07
D4	Lent	130	6,0	5,94

13/7. táblázat – A tartályok kivágott lemezmintáin mért falvastagságok

14. melléklet

A pébégáztartályok akusztikus emissziós vizsgálata

1. A 954501 gyártási számú, 3 m^3-es PB-tartály akusztikus emissziós vizsgálata

A vizsgálat 2009. augusztus 26-án, Hajdúszoboszlón a PÉBÉ-COOP telephelyén történt. A vizsgálat során a tartály 0-tól 26,5 bar-ig lett folyamatosan terhelve, ~ 10 bar/perc sebességgel, 5 perc nyomástartással 26,5 bar-on.

A nyomásemelés és az AE vizsgálat négyszer lett megismételve egymás után. Az első két nyomásemelést követően a palástón axiális irányban, kb. 400 mm hosszon, 2,5-3 mm mély, 1-1,5 mm lekerekítési sugarú műhiba lett bemunkálva.

A nyomásemelés sebessége, illetve, hogy közben nyomáson tartási szünetek nem lettek alkalmazva, a nyomásfokozó szivattyú sajátosságából adódtak. A műhiba kimunkálása kézzel történt.

Az akusztikus emissziós vizsgálat AED 40 típusú, csatornánként független négycsatornás készülékkel történt, a vezérlő, illetve kiértékelő program 4.3.0.408-as volt. A beállítás lebegő Threshold 17 dB-es jelszinttel, logaritmuserősítéssel. A nyomástávadó jele 1 s-onként került rögzítésre. A vizsgálati eredmények kiértékelése során az ún. szakaszelemzést alkalmaztuk, mind a 4 mérés során, valamint minden egyes mérésre 2-2 amplitúdó szűrési feltételt is végeztünk. Az így rendelkezésre álló eredményeket Excell táblázatban foglaltuk össze (12 db táblázat).

A szakaszelemzés 3 részben történt, 0-16 bar, 16 bar – maximális nyomás és nyomáson tartás idejére (a 16 bar-os nyomás névleges üzemi nyomásnak felel meg).

A szakaszelemzések során rögzítve lettek csatornánként és szakaszonként a beütések (Hit) számai és gyakorisága percenként (Hitmin), a nyomásegységenkénti beütések (Hitpar1), a jelek amplitúdó maximumai (Ampmax), az átlagos (AVGAmp) értékei és oszlopdiagramja. A szűrések megválasztása a következő volt S1- nagyobb 50 dB-es jelek, S2- nagyobb, mint 60 dB-es jelek.

A 4 mérés rendszere a következő szakaszelemzésnek felel meg:

954501_2	A – szűrés nélkül AS1 – 50dB-es szűréssel AS2 – 60 dB-es szűréssel	I. vizsgálat	műhiba nélkül
954501_3	B – szűrés nélkül BS1 – 50 db-es szűréssel BS2 – 60 db-es szűréssel	II. vizsgálat	
954501_R1	C – szűrés nélkül CS1 – 50 dB-es szűréssel CS2 – 60 dB-es szűréssel	III. vizsgálat	műhibával
954501_R2	D – szűrés nélkül DS1 – 50dB-es szűréssel DS2 – 60dB-es szűréssel	IV. vizsgálat	

A szakaszelemzések alapján megállapíthatók a következők:

Az [összefoglalás] táblázatban megfigyelhető, hogy az összesemények száma, a szűrt mezőkben (-S1 és – S2) jelentős kisebb darabszámúak, vagy nagyobb energiájú jelek (50 illetve 60 dB felettiek) csak kevés számban fordulnak elő. A mérések során a 3-as számú érzékelő jelentősen kevesebb számú jelet regisztrált, ezt a tartályon elfoglalt helye nem indokolja. Miután az A mérési sorozatban 60 dB-nél nagyobb jeleket a 3 csatorna nem rögzített, így valószínűleg érzéketlenségét, a mérés nem megfelelő előkészítése okozta – rossz csatolás, rossz beállítás, vagy hardver hiba (ezt a helyszínen kellett volna korrigálni).

Meg lehet figyelni a Kaiser-effektus hatását (ismételt nyomásemelés hatására kevesebb jel) az A és B illetve C és D méréseknél is, különösen a szűrt eredményeknél. Ez természetes, mivel a kisebb energiájú jelek a töltészajból is adódnak.

A műhiba nélküli szűrt összesemény számokat a következő táblázat foglalja össze:

	db		db
AS1	**1521**	CS1	**1967**
BS1	**1859**	DS1	**1253**
AS2	75	CS2	27
BS2	78	DS2	56

Az AS1, BS1 eredményekhez képest növekedést mutat a CS1 eredmény. A DS1 eredménye viszonylag kicsi, amely a Kaiser-effektus hatása lehet.

Az SZ szűrési eredmények nagyon kis darabszámúak.

A C és D sorozatú mérések előtt bemunkált műhiba környezetében a terhelés hatására nagy valószínűséggel képlékeny alakváltozás is megindult, azonban ez igen kis térfogatra kellett, hogy korlátozódjon. Ebből adódik, hogy az előző táblázat adatai viszonylag kis (vastagon szedett) darabszám-növekedést mutatnak.

14/1. ábra – A 954501-es tartály az AE-méréshez készített külső bemetszéssel

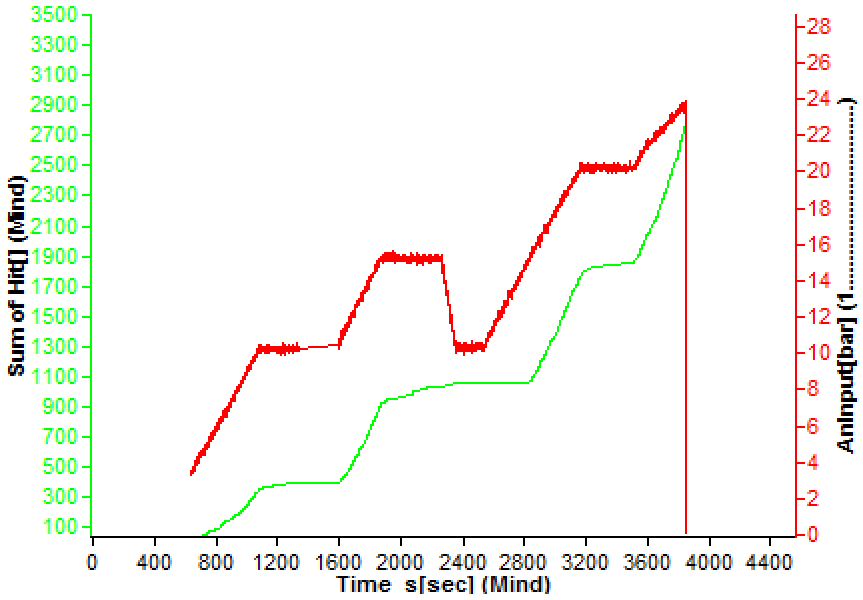
2. További tartályok akusztikus emissziós vizsgálata

Az 5. mellékletben megadott 6 db gáztartályból a többi 5 tartály mindegyikén elvégeztük az akusztikus emissziós vizsgálatot hidraulikus nyomáspróba keretében. A vizsgálati feltételek azonosak voltak az 1. szakaszban leírtakkal, azonban azzal az eltéréssel, hogy nem készítettünk mesterséges bemetszéseket a tartály palástjára.

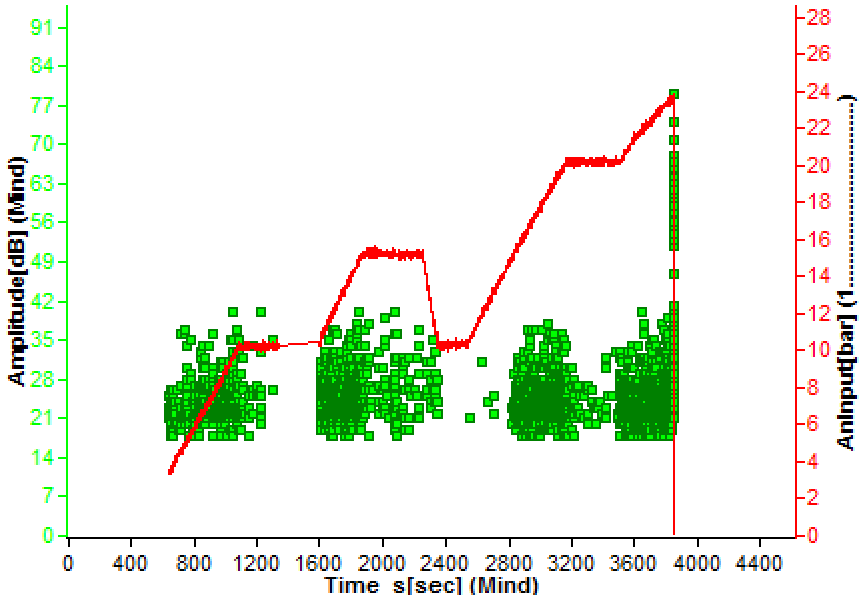
Mivel a szóban forgó 5 db tartály egyikénél sem keletkezett a vizsgálat során olyan mérési eredmény, amely a tartályok vagy a hegesztési varratok anyagában lévő hibákkal bármiféle kapcsolatba hozható lett volna, az öt további vizsgálat részletes ismertetését mellőzzük, viszont ismertetjük két tartály felszakítási vizsgálata közben végzett akusztikus emissziós vizsgálat eredményeit.

3. Az 58758 gyártási számú, 5 m3-es tartály akusztikus emissziós vizsgálata

A tartály felrepesztése során 4 db érzékélőfejjel történt az akusztikus emissziós vizsgálat. A 14/2. és 14/3. ábrákon a vizsgálat lényegesebb diagramjai találhatóak. A tartályba bemunkált műhiba nagysága kb. 850 mm hosszú és 3,2 mm mély, 0,3-0,5 mm-es lekerekítési sugárral (15. melléklet, 15/2. ábra).



14/2. ábra – Idő függvényében az összeseménys zám és a nyomásváltozás



14/3. ábra – Idő függvényében az amplitúdók értéke és a nyomás változása

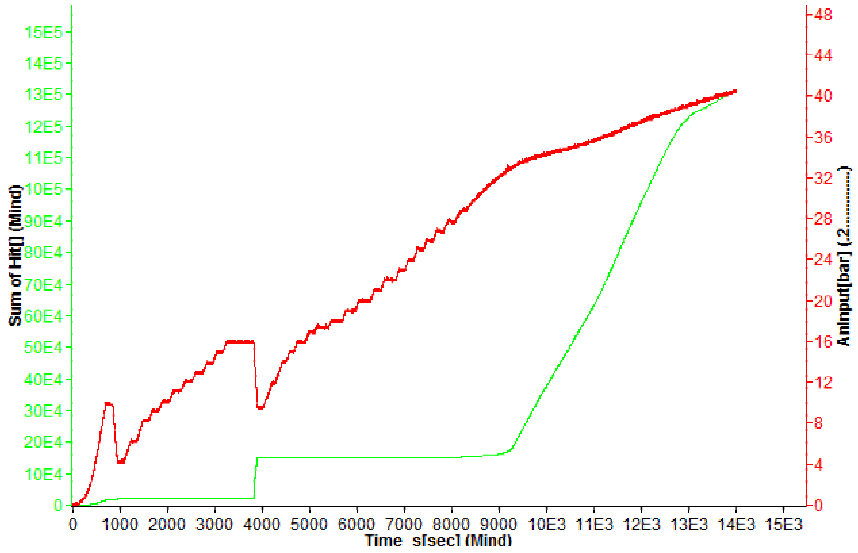
Az akusztikus emissziós vizsgálat eredményeinek alapján megállapítható, hogy a nyomás növekedés során az érzékelt jelek az ilyenkor szokásos ütemben érkeztek. A jelek intenzitásai a vizsgálat során feltűnően kis értékeket mutattak. A felrepedés előtti utolsó szakaszban a rögzített jelek darabszáma enyhén növekedett, illetve a repedés terjedése során azok amplitúdói jelentősen nagyobbak lettek.

4. A 954501 gyártási számú, 3 m^3-es tartály akusztikus emissziós vizsgálata

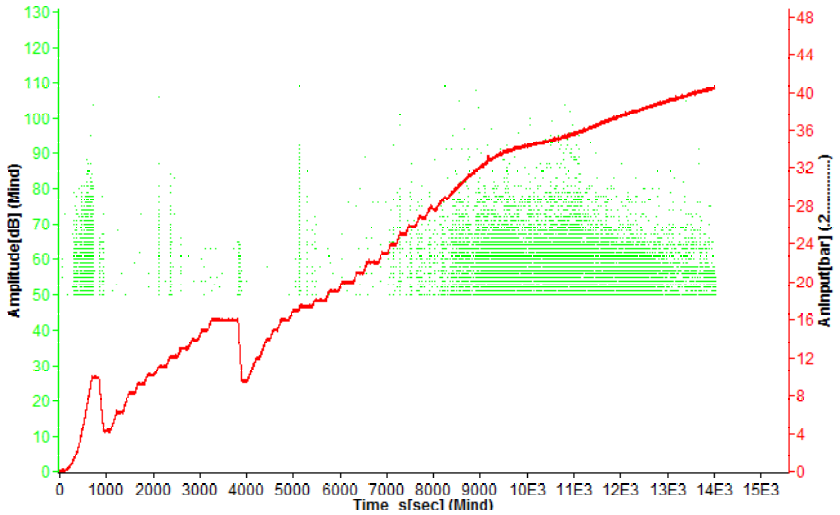
A tartály palástjába a kb. 250×300 mm területű, hozzávetőlegesen fél falvastagságig történő bemunkálás történt, modellezve egy nagyobb kiterjedésű korróziós fogyást. A korábbi, a paláston elhelyezkedő hosszirányú bemunkálás hegesztéssel meg lett szüntetve.

A vizsgálat 4 db akusztikus emissziós érzékelővel történt. A vizsgálat során a tartály több mint 40 bar nyomáson sem szakadt fel.

A mérés két jellegzetes diagramját mutatja a 14/4. és a 14/5. ábra.



14/4. ábra – Az időfüggvényében az összeseményszám és a nyomásváltozás



14/5. ábra – Idő függvényében az amplitúdók értéke és a nyomás változása

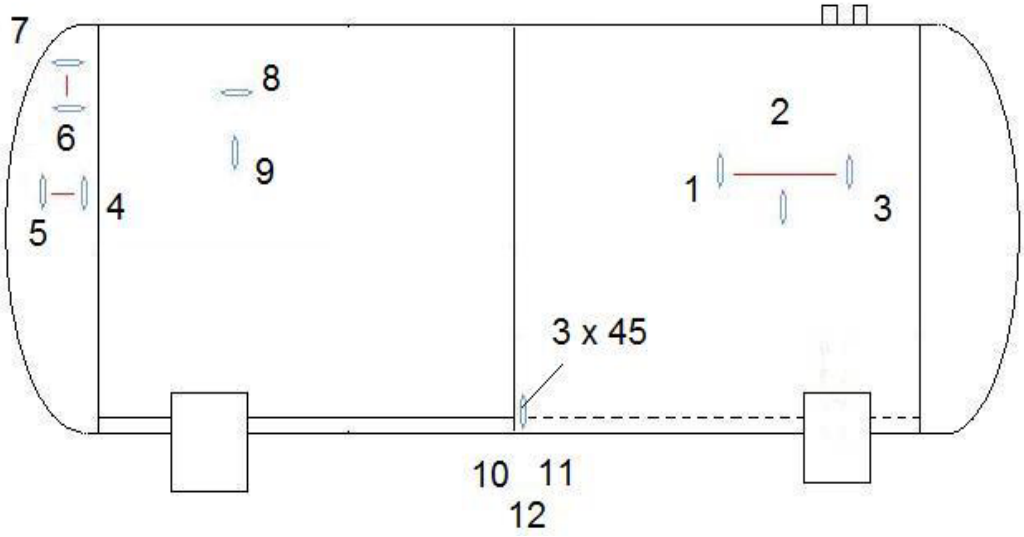
A vizsgálat utolsó szakaszában jelentős területen képlékeny alakváltozás játszódott le a tartályban, ez a vizsgálat során az érzékelt akusztikus emissziós jelek darabszámában és intenzitásuk kismértékű növekedésében is megmutatkoztak.

15. melléklet

A pébégáztartály felszakítás közbeni alakváltozásának mérése

Az 58758 gyártási számú tartály felszakítási vizsgálata

1992-ben készült Thyssen-gyártmányú, 5 m^3-es pébégáztartály akusztikus emissziós vizsgálata során a tartályon az 15/1. ábrának megfelelően 12 db nyúlásmérő bélyeg került elhelyezésre.



15/1. ábra – Az 58758 gyári számú tartályon a nyúlásmérő bélyegek elhelyezése

A nyúlásmérő bélyegek közül az első három a paláston hosszirányba bemunkált hiba környezetébe kerültek, a hiba két végéhez illetve annak közepéhez. A műhiba nagysága kb. 850 mm és 3,2 mm, mély 0,3-0,5 mm-es lekerekítési sugárral (15/2. ábra).

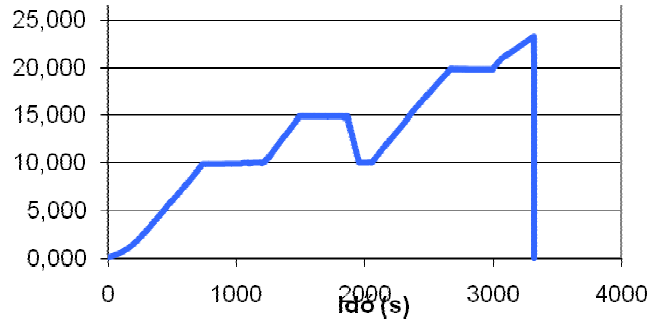
15/2. ábra – A kb. 850 mm hosszú 3,2 mm mély műhiba

A tartály egyik mélydomború fenekén axiális illetve radiális irányba elhelyezett kb. 100 mm hosszú és szintén 3,2 mm mély bemunkált hibák végpontjaihoz kerültek a 4. és 5. illetve 6. és 7. nyúlásmérő bélyegek.

A 8. bélyeg a hosszirányba a 9. bélyeg tangenciális irányba a palást hibamentes helyén került felragasztásra, megfelelő távolságra a műhibáktól, a varratoktól és a csonkoktól illetve az alátámasztásoktól.

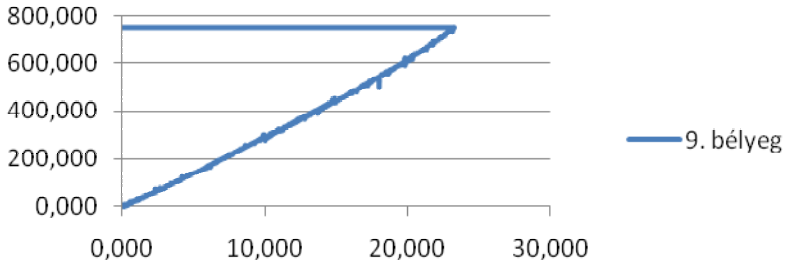
A 10, 11 és 12-es jelzésű bélyeg egy úgynevezett, rozetta (120°-os elhelyezésű bélyegcsoport) volt, amely a kör- és hosszvarrat találkozásának közelébe lett elhelyezve. A radiológiai vizsgálatok szerint a hegesztési csomópontban a 12/4. ábrán bemutatott hiba volt.

A felrepesztési vizsgálat során az X/3. ábrán látható módon változott a nyomás az idő függvényében. A tartály felrepedése 24 bar nyomásnál történt meg.

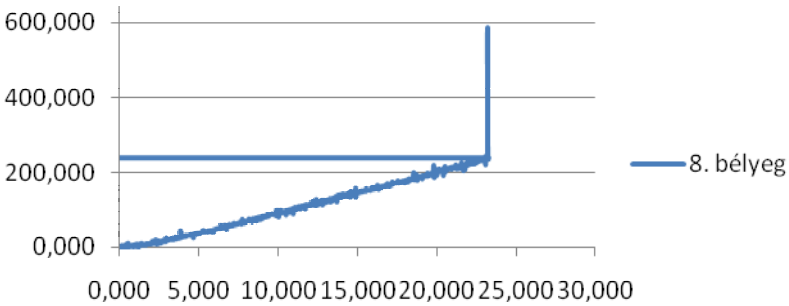


15/3. ábra – Az 58758 gyári számú tartály felszakítási vizsgálatának idő-nyomás görbéje

Az 15/4. és az 15. ábra a tangenciális és axiális irányokban mért nyúlásokat mutatja a nyomás függvényében, a várakozásoknak megfelelően a tangenciális irányban a nagyobb feszültség következtében nagyobb nyúlás volt tapasztalható, maradó képlékeny alakváltozás nélkül.

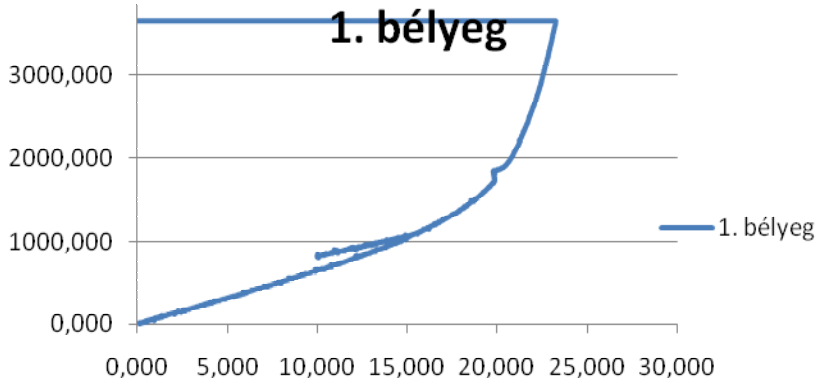


15/4.ábra – A 9. nyúlásmérő bélyeg; palást tangenciális irány

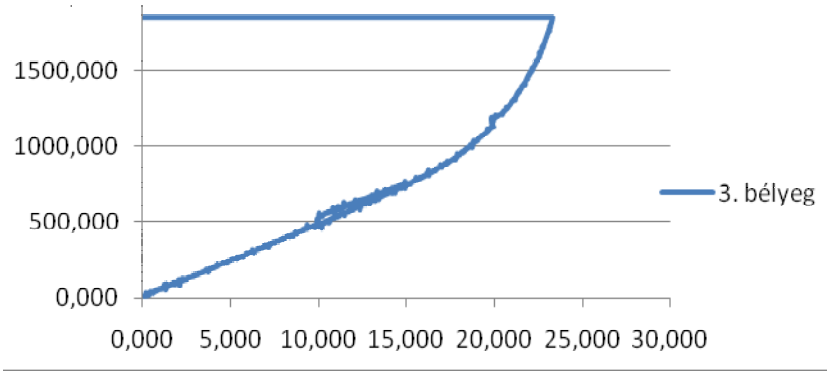


15/5.ábra – A 8. nyúlásmérő bélyeg; palást axiális irány

A palástba munkált műhiba környezetében elhelyezett nyúlásmérő bélyegek mérési eredményei a 15/6. és a 15/7. ábrákon láthatók (a 2. bélyeg adatai nem értékelhetőek ragasztási hiba miatt). A bélyegek tangenciális irányba voltak elhelyezve.



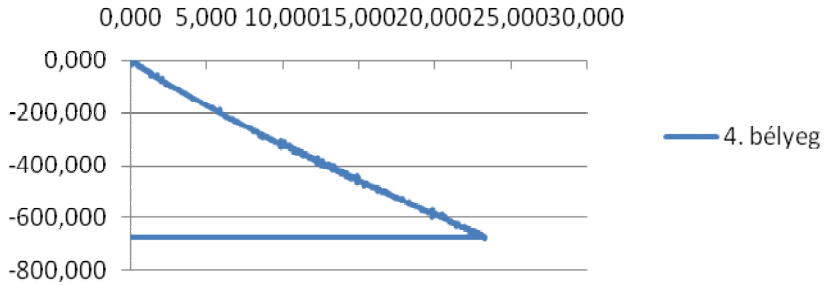
15/6.ábra – Az 1. nyúlásmérő bélyeg; műhiba vége tangenciális irány



15/7.ábra – A 3. nyúlásmérő bélyeg; műhiba középrész

A 15/6. és a 15/7. ábrákból megállapítható, a keletkezett hiszterézisgörbékből, hogy már 15 bar nyomásnál maradó alakváltozás volt tapasztalható. Ez különösebben nem meglepő a műhiba viszonylagos nagy mérete miatt.

A mélydomború edényfenéken elhelyezett műhibák környezetében elhelyezett nyúlás mérőbélyegek a felszakításig nem mutattak képlékeny alakváltozásra utaló hiszterézist. A 15/8. ábrán a 4, nyúlásmérő bélyeg által rögzített nyúlások figyelhetők, az adott helyen szokásos negatív nyúlással.



15/8. ábra – A 3. nyúlásmérő bélyeg; fenék hiba, tangenciális irány

A csomópont környezetében alkalmazott nyúlásmérő bélyegek sem mutattak képlékeny alakváltozást a csomópontban lévő hiba ellenére.

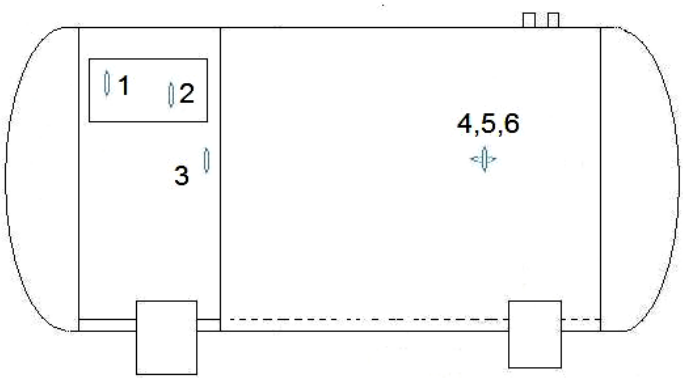
A vizsgált tartály a nagy méretű, (fél falvastagságot meghaladó mélység), a szokásos próbanyomást meghaladó, több mint 24 bar nyomásnál szakadt fel. A képlékeny alakváltozás is csak a műhiba környezetében jelentkezett alacsonyabb terhelésnél (15 bar), ami kb. megegyezik az üzemi nyomással.

A felszakadás az előre bemunkált műhibából indult, jellemzően képlékeny töréssel. A felszakadt palástot az 15/9.a ábra, a felszakadás végpontját az 15/9.b ábra mutatja.

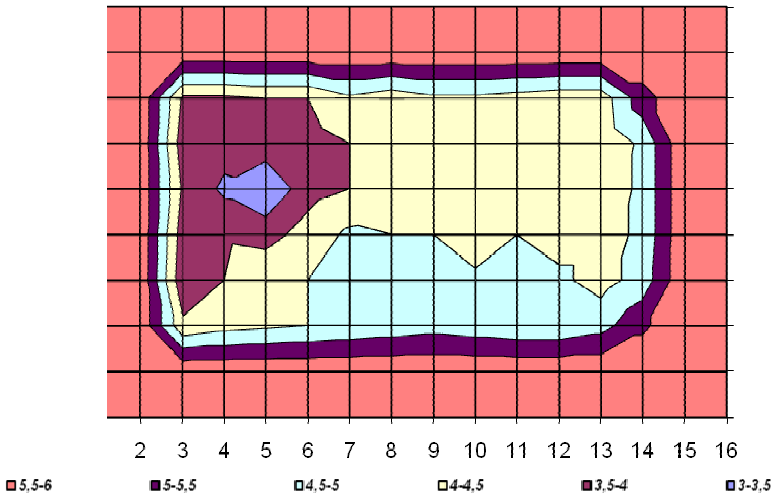
15/9. ábra – Az 58758 gyári számú tartály felrepedése

A 954501 gyártási számú tartály felszakítási vizsgálata

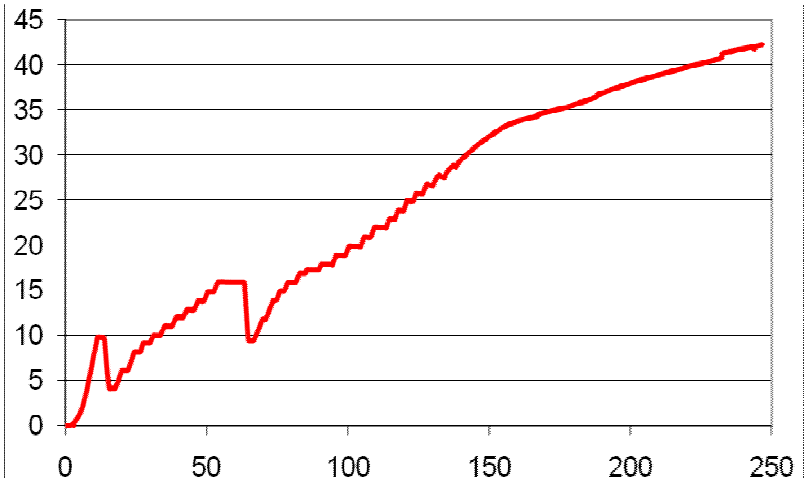
A 954501 gyártási számú, 1995-ben készült, Gönczi és Fia-gyártmányú, 3 m^3-es pébégáztartály akusztikus emissziós vizsgálata során a tartályon, a 15/10. ábrának megfelelően 6 db nyúlásmérő bélyeg lett elhelyezve. Az 1 és 2 jelzésű nyúlásmérő bélyegek a palástonkialakított, kb. 200×300 mm-es elvékonyított tartományon tangenciális irányban helyezkedtek el. Az elvékonyítás mértékét az 15/11. ábra mutatja. A 3-as bélyeg az eredeti vastagságú palástontangenciális irányban volt felragasztva. A 4, 5, 6 bélyegek távol az elvékonyítástól együtt, 120°-os rozettában kerültek a palástra. A vizsgálat során a 15/12. ábrán bemutatottak szerint változott a nyomás az idő függvényében.



15/10. ábra - A nyúlásmérő bélyegek elhelyezése az 58758 gyári számú tartályon

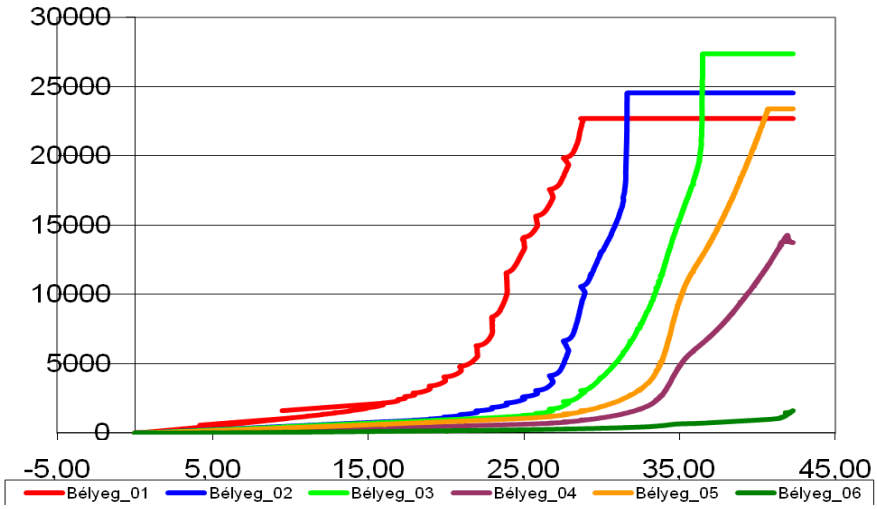


15/11. ábra – Az elvékonyított tartomány vázlata



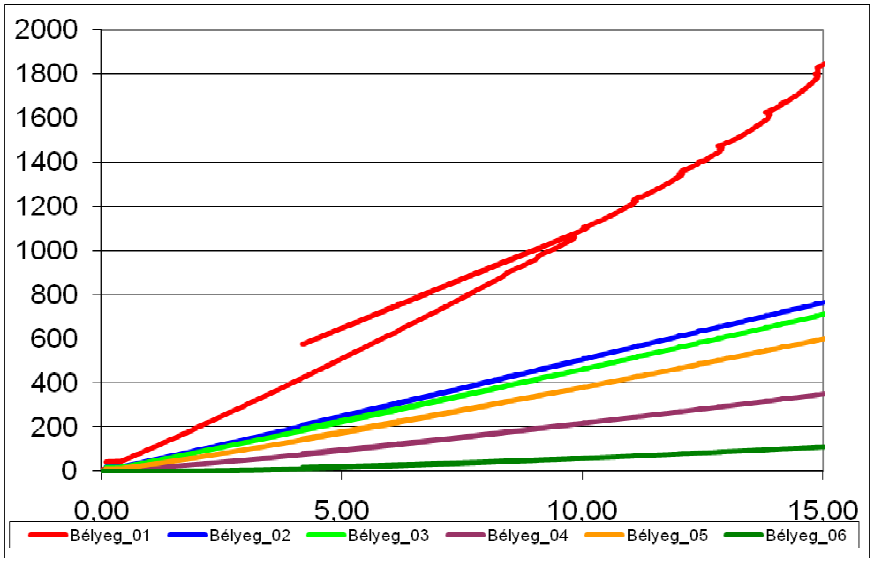
X/12. ábra - A 954501 gyári számú tartály vizsgálatának idő-nyomás görbéje

A vizsgálat során közel 43 bar nyomást sikerült megvalósítani, úgy hogy a tartály nem repedt fel. A 15/13. ábra az összes nyúlásmérő bélyeg által rögzítetett eredményt ábrázolja a nyomás függvényében.



15/13. ábra – Az 1-6 bélyegek nyúlása a nyomás függvényében

A 15/14. ábrán a nyúlásmérő bélyegek által rögzített nyúlások a nyomásemelés első szakaszának (0 – 15 bar) függvényében láthatók.



X/14. ábra – Nyúlások értékei 0-tól 15 bar-ig.

A 15/13. és 15/14. ábrák diagramjai alapján megállapítható, hogy az 1 jelű bélyeggel ellenőrzött tartományban a maradó alakváltozás már 10 bar környékén kialakult, a 2 jelű bélyegnél pedig 16-17 bar között. A többi bélyeg a maradó alakváltozást 25 bar-nál nagyobb terhelésnél rögzítette. A közel 43 bar terhelést a nyúlásmérő bélyegek nem tudták végigkövetni, az 1 jelű bélyeg már a 28 bar nyomáshoz tartozó nyúlásnál elszakadt.

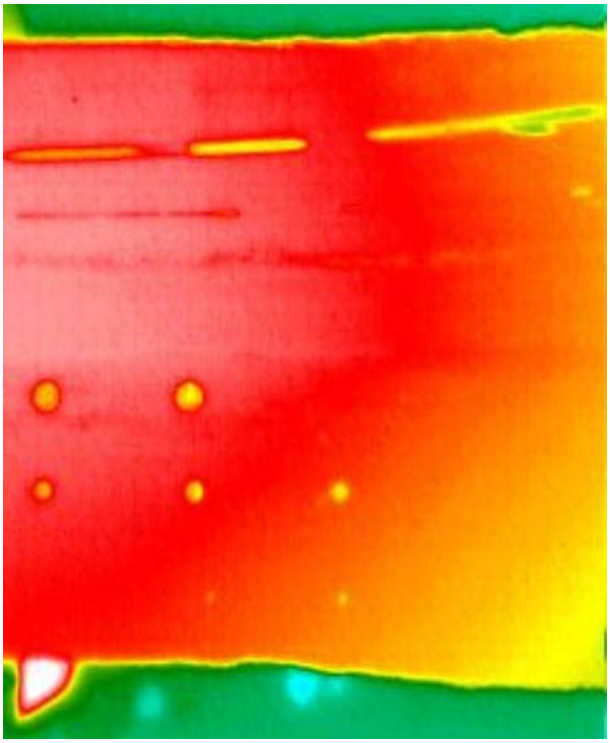
16. melléklet

A pébégáztartályok hőkamerás (termovíziós) vizsgálata

A vizsgálatot a BME Járműgyártás és -javítás tanszéke hőkamerájával végeztük. A szobahőmérsékletű, közel függőleges helyzetben tartott lemez belső, 16/1.a. ábrán látható oldalára, kb. 60°C-os vizet öntöttünk, miközben az átellenes oldalról hőkamerával rögzítettük a 16/1.b. ábrán látható képet.

A bemunkált hibák képe jól kirajzolódik a képen, ami arra utal, hogy a termovíziós vizsgálat alkalmas lehet minden olyan esetben a tartály vagy a szerelvények ellenőrzésére, amikor a tartály belső és külső oldala között hőáramlás lép fel.

a)



b)

16/1. ábra – A vizsgálati próbadarab (a) és a hőkamerás képe (b)

17. melléklet

5 m^3 térfogatú propán-bután földfeletti gáztartály kritikus szerkezeti egységeinél elvégzett szilárdsági számítások eredményei

Az alábbi szakvéleményt a BME ATT alvállalkozójaként a CAQA Kft. készítette

Perbál, 2009. szeptember 20.

A PÉBÉCOOP Kft. (Megrendelő) és a BME-ATT (Vállalkozó) között 2009. június 2-án megkötött szerződés feladatai közül az *"5 m^3 térfogatú propán-bután földfeletti gáztartályok szilárdsági tulajdonságai, gömbszerű- és repedésszerű meghibásodások hatásai"* tárgykörről az alábbiakban számolunk be:

1. A gáztartályhoz kapcsolódó rajzok és műszaki adatok

1.1 ábra
Egy GÖNCZI és FIA típusú, 5 m^3 térfogatú gáztartály képe

Egy – a Megrendelő területén elfekvő GÖNCZI és FIA típusú-, 5 m^3 térfogatú – propán-bután földfeletti gáztartály (továbbiakban: gáztartály) képét az **1.1 ábra** szemlélteti. A szilárdsági elemzés tárgyát egy ilyen tartály képezi.

1.1. A gáztartályhoz kapcsolódó rajzok

A gáztartályhoz kapcsolódó – Megrendelő által a Vállalkozó rendelkezésére bocsátott – rajzok az alábbiak:

- A GÖNCZI és FIA típusú-, propán, propán-bután földfeletti tartály rajza (Rajzszám: GT-108 / 1996. okt. 14.)
- A GÖNCZI és FIA típusú-, propán, propán-bután tartály alkatrészek rajzai (Rajzszám: Cs 102 / 1996. okt. 14.)

1.2. A gáztartályhoz kapcsolódó jellemző műszaki adatok

A GT-108 számú rajzon megadott jellemző műszaki adatok:

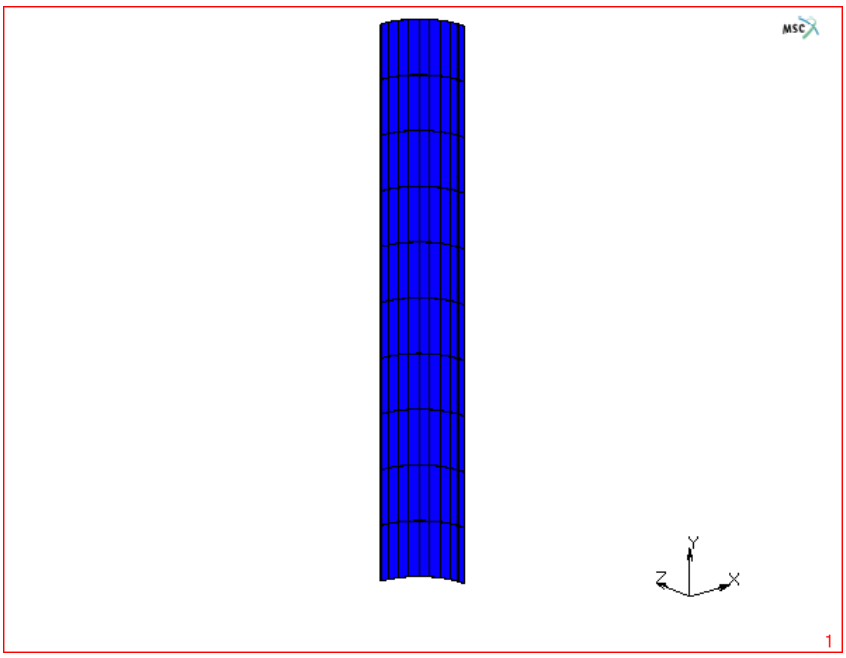
- Tervezési nyomás: 16 bar (1.6 MPa)
- Üzemi nyomás: 15,6 bar (1.56 MPa)
- Próbanyomás vízzel: 20 bar (2 MPa)
- Tömítettségi nyomáspróba: 15 bar (1,5 MPa)
- Mértékadó hőmérséklet: 20°C
- Üzemi hőmérséklet: -20°C + 50°C
- Össztömeg üresen: 988 kg
- Össztömeg 85% töltettel: 3233 kg
- Össztömeg vízzel: 5958 kg
- Űrtartalom: 4970 l
- Varrat jóságfok: 0,9

- Anyag: St 52-3 DIN 17100

A jellemző műszaki adatok:
- Üzemi nyomás: 13,0 bar (1.3 MPa)
- Próbanyomás vízzel: 22,3 bar (2,23 MPa)
- Gáztöltet sűrűsége: 0,55 kg/dm^3
- Víztöltet sűrűsége: 1,0 kg/dm^3
- Vasanyag sűrűsége: 7,86 kg/dm^3
- Betonanyag sűrűsége: 2,3 kg/dm^3
- Beton alaplap méretei: 2,49 x 1,2 x 0,08 m
- Beton prizmák méretei alul: 0,5 x 0,5 m
- Beton prizmák méretei fölül: 0,25 x 0,25 m
- Beton prizmák magassága: 0,08 m

2. Egy vékonyfalú csőfeladat összehasonlító szilárdsági eredményei, a számítások hibája

A későbbiekben bemutatott – bonyolult geometriák esetében is elvégzett – számítások hibáinak bemutatása végett az elemzés kezdetén elvégeztük egy mintapélda számításait, hogy az eredményeket összehasonlíthassuk a gyakorlatban alkalmazott (kazán-formulaként ismert) analóg egyenleteinek eredményeivel.
A **2.1 ábra** szemlélteti a mintafeladatként alkalmazott vékonyfalú negyed csőrészlet képét.
A csőrészlet magassága: 10 m. A belső sugár mérete: 1 m. A falvastagság mérete: 10 mm.
(Az elemzett fekvő tartály belső sugármérete: 619 mm. A falvastagsága: 6 mm.)



2.1 ábra
A 10 mm falvastagságú-, 1 m sugarú-, 10 m magas mintafeladat (negyed csőrészlet) képe

2.1. A számításokhoz alkalmazott program:

A számításokat az MSC MARC végeselem program 2005 r3 változatával végeztük el.

2.2. A vékonyfalú csőfeladat számítás felosztásának alapadatai:

Elemszám: 180
Csomópontszám: 330

2.3. A vékonyfalú csőfeladat számításánál alkalmazott anyagtulajdonságok

Anyagtulajdonság: izotróp
Rugalmassági modulus: E = 205940 MPa
Poisson tényező: $\mu = 0,3$
Anyagsűrűség: $\rho = 7,86$ kg/dm^3

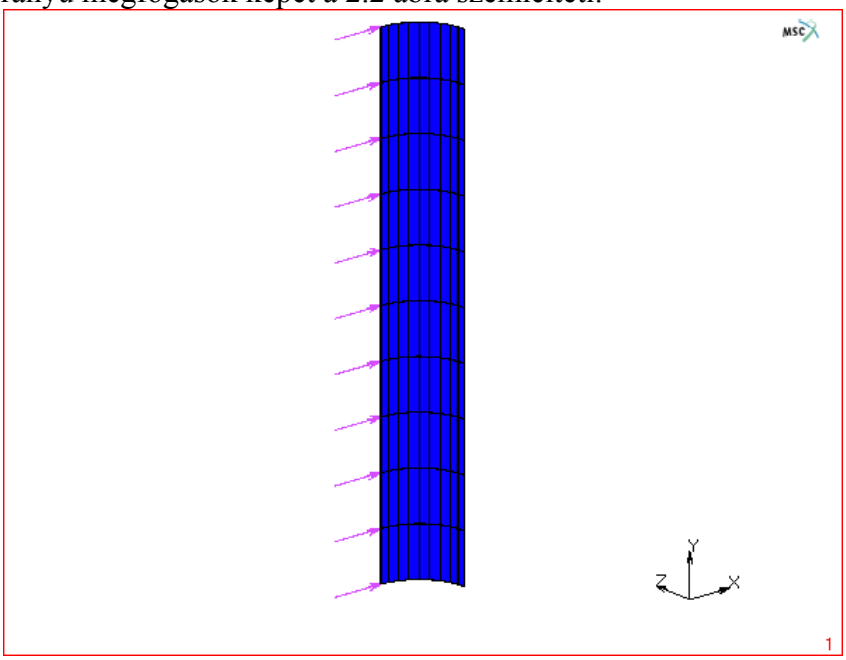
2.4. A vékonyfalú csőfeladat számításánál megadott peremfeltételek

A vékonyfalú csőfeladat számításánál alkalmazott peremfeltételek az analóg modellnek felelnek meg. Ezek az alábbiak:

- A csőszelet megfogása X irányban (**2.2 ábra**)
- A csőszelet megfogása Z irányban (**2.3 ábra**)
- A csőszelet megfogása Y irányban (**2.5 ábra**)
- A csőszelet belső nyomása sugárirányban (**2.6 ábra**)
- A csőszelet hidrosztatikus nyomása sugárirányban (**2.7 ábra**)
- A csőszelet súlyából (a gravitáció hatására) kiadódó terhelés tengelyirányban (**2.8 ábra**)

2.4.1. A csőszelet megfogása X irányban

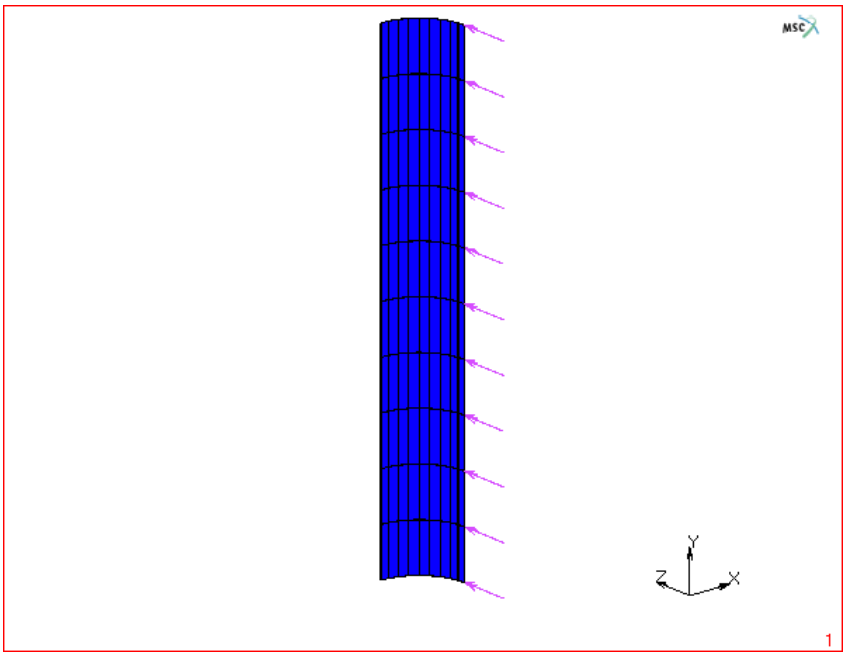
Szimmetria okok miatt a feszültségek meghatározásához a mintafeladat negyed cső egyik oldalán az X irányú megfogások képét a 2.2 ábra szemlélteti.



2.2 ábra
A negyed cső csomópontjainak X tengely irányú megfogása

2.4.2. A csőszelet megfogása Z irányban

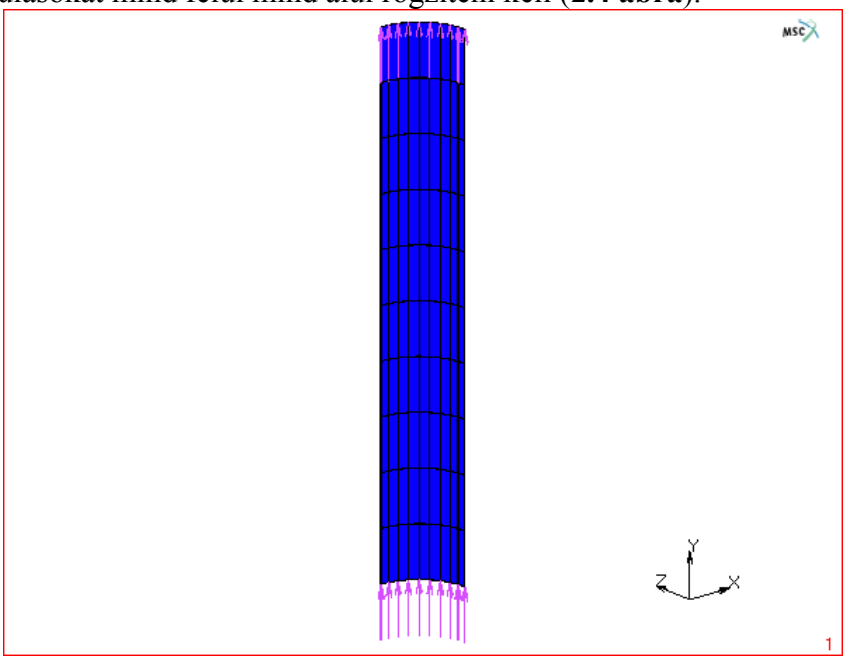
A mintafeladat negyed cső másik oldalán a Z irányú megfogások helyeit az 2.3 ábra mutatja be.



2.3 ábra
A negyed cső csomópontjainak Z tengely irányú megfogása

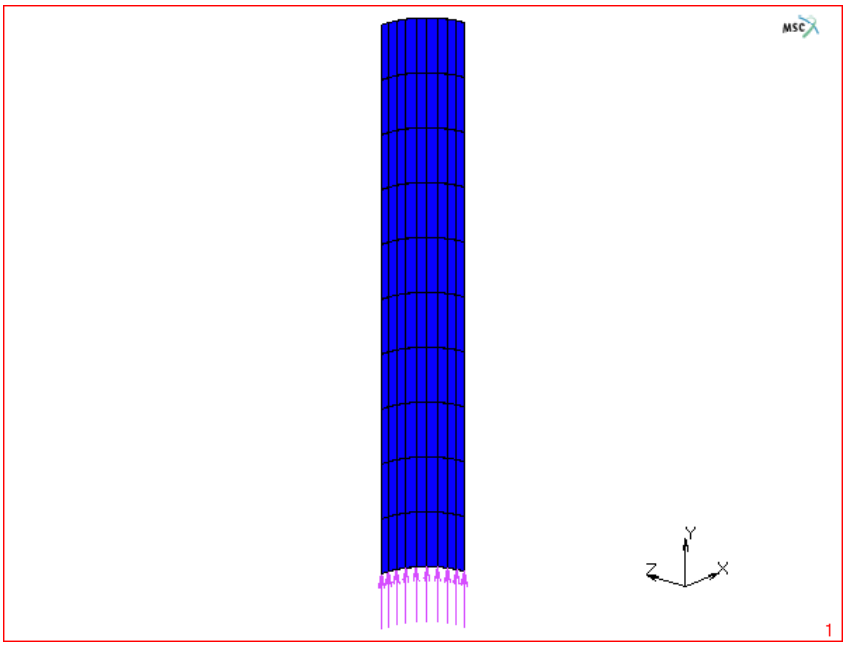
2.4.3. A csőszelet megfogása Y irányban

Az analóg összefüggéseknél kiadódó feszültségek számításához a mintafeladatnál az Y irányú elmozdulásokat mind felül mind alul rögzíteni kell (**2.4 ábra**).



2.4 ábra
A negyed cső csomópontjainak Y tengely irányú megfogása alul és felül az analóg feszültségek számításához

A hidrosztatikus terhelés és a súlyterhelés figyelembevételéhez az Y irányú megfogások csak alul indokoltak (2.5 ábra).

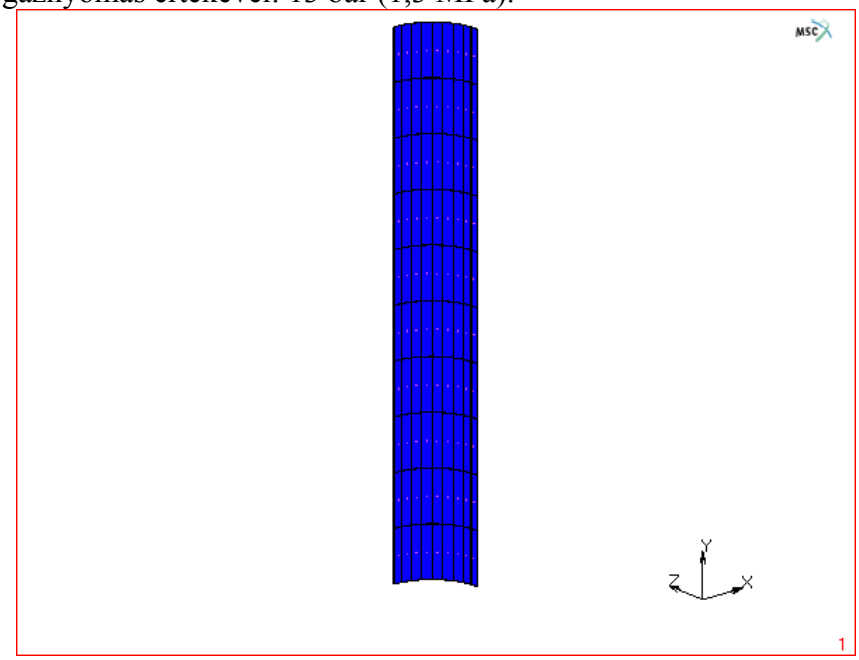


2.5 ábra
A negyed cső csomópontjainak Y tengely irányú megfogása alul a súlyterhelés és a hidrosztatikai nyomás számításához

2.4.4. A csőszelet belső nyomása sugárirányban

A belső nyomás jellegű terhelés a cső belső felületén sugárirányba hat (2.6 ábra). A terhelések helye a belső felületek (2.6 ábra) súlypontjaiban láthatók.

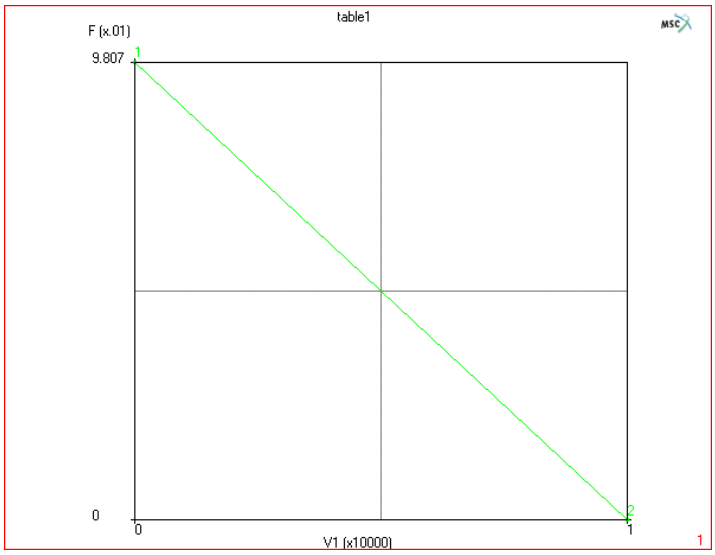
A mintafeladatnál megadott belső nyomás értéke megegyezik az elemzett tartálynál figyelembe vett gáznyomás értékével: 13 bar (1,3 MPa).



2.6 ábra
A nyomások megjelenítése a negyed cső belső felületeinek súlypontjaiban

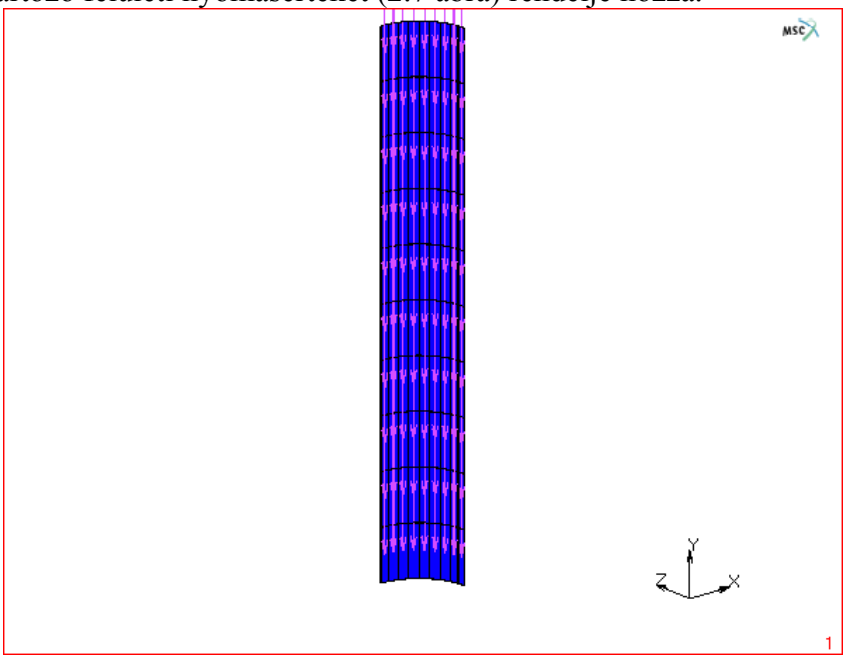
2.4.5. A csőszelet hidrosztatikus nyomása sugárirányban

A hidrosztatikus nyomás is a cső belső felületén a felületekre merőleges (az oldalfalon: sugár) irányban hat (2.6 ábra). A terhelések helye ugyancsak a belső felületek (2.6 ábra) középpontjaiban látható.



2.7 ábra
A negyed cső hidrosztatikus nyomásának változása a magasság függvényében.

A megadott belső nyomás értéke lineáris módon függ a magasságtól (2.7 ábra).
10 m magasságban a nyomásérték 0 bar (0 MPa).
0 méter magasságban a nyomás értéke: 1 bar (0.09807 MPa).
A hidrosztatikus nyomásfüggvény értékét a 10 m magas vízoszlop mentén a 2.7 ábra szemlélteti.
A program paraméterei úgy lettek beállítva, hogy a hidrosztatikus nyomással terhelt felületeknél a program vizsgálja a felület súlypontjának magasságát és a felületre a megfelelő magassághoz tartozó felületi nyomásértéket (2.7 ábra) rendelje hozzá.



2.8 ábra
A negyed cső gravitációból adódó súlyterhelésének megadása.

2.4.6. A csőszelet súlyából (a gravitáció hatására) kiadódó terhelés tengelyirányban

A gravitáció által meghatározott súlyterhelés az elemek tömege (anyagsűrűség: ρ = 7,86 kg/dm^3) és a nehézségi gyorsulás értéke (g = 9,80665 m/s^2) által meghatározott (2.8 ábra).
A program a gravitáció hatását függőleges irányban automatikusan hozzárendeli minden térbeli elem súlypontjához.

2.5. A vékonyfalú csőfeladat számított analóg eredményei

A kazán-formula szerint a vékonyfalú csövek belsejében ébredő tangenciális feszültség a (2.1) egyenlettel határozható meg. Az egyenletben látható, hogy p = 13 bar belső nyomás, R = 1000 mm belső sugár és s = 10 mm falvastagság esetén a tangenciális feszültség értéke (az R/s = 100 viszonyszám következtében): 130 MPa.

A számítás figyelmen kívül hagyja mind a hidrosztatikus terhelésből adódó hatást, mind a súlyterhelés következményét.

$$\sigma_t = \sigma_1 = \frac{R}{s} \cdot p = \frac{1000}{10} \cdot 1{,}3 = 130 \ [\text{MPa}] \qquad (2.1)$$

A radiális feszültség (2.2) a cső belső oldalán megegyezik a belső nyomás értékével (σ_{rb} = -1,3 MPa). A radiális feszültség a külső felületen: σ_{rk} = 0 MPa.

$$\sigma_{rb} = \sigma_3 = -p = -1{,}3 \ [\text{MPa}] \qquad (2.2)$$

A tengelyirányú feszültség (2.3) rögzített Z irányú elmozdulás esetén (2.4 ábra)

belül

$$\sigma_{zb} = \sigma_{2b} = \mu \cdot (\sigma_t + \sigma_{rb}) = 0{,}3 \cdot (130 - 1{,}3) = 38{,}61 \ [\text{MPa}]$$

kívül

$$\sigma_{zk} = \sigma_{2k} = \mu \cdot (\sigma_t + \sigma_{rb}) = 0{,}3 \cdot (130 - 0) = 39 \ [\text{MPa}] \qquad (2.3)$$

A csőív mentén változó feszültségek összehasonlítására a gyakorlatban leginkább alkalmazott Huber-Mises-Henky féle összehasonlító feszültséget (2.4) választottuk.

Az összehasonlító feszültségek számított értékei:

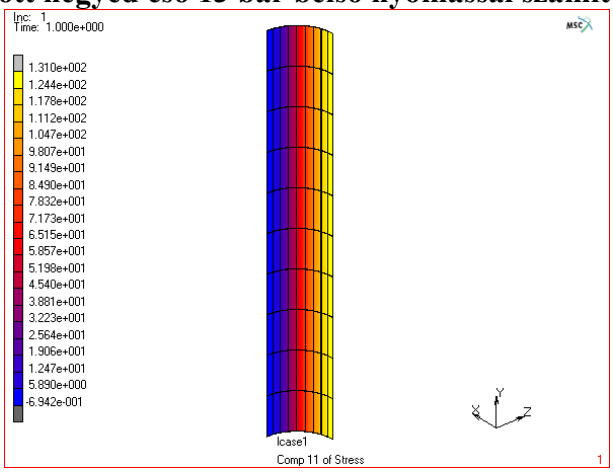
belül

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_t - \sigma_z)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2\right]} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(91{,}39)^2 + (131{,}3)^2 + (39{,}91)^2\right]} = 116{,}59 \ [\text{MPa}]$$

kívül (2.4)

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_t - \sigma_z)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2\right]} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(91)^2 + (130)^2 + (39)^2\right]} = 115{,}55 \ [\text{MPa}]$$

2.6. A két végén befogott negyed cső 13 bar belső nyomással számított feszültségértékei



2.9 ábra

A negyed cső σ_x feszültségeinek képe

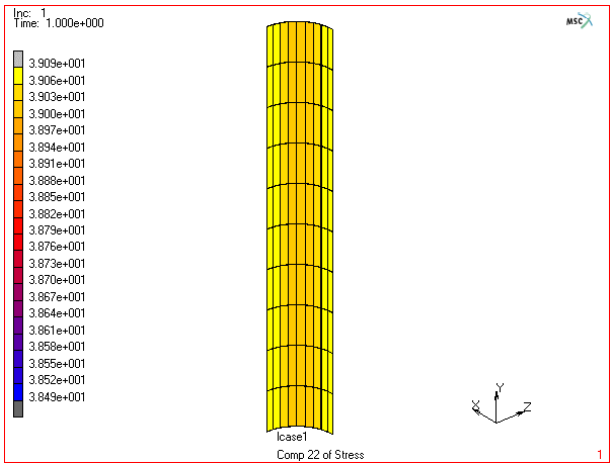
A két végén befogott (2.4 ábra) csőfeladat VEM módszerrel számított σ_x feszültségértékeit mutatja az **2.9 ábra**.

A tangenciális feszültség értéke a cső-falvastagság közepén: 129,939 MPa (ami jól egyezik az elméleti (130 MPa) értékkel.

A számított tangenciális feszültség értéke a cső belső felületén: 130,995 MPa.

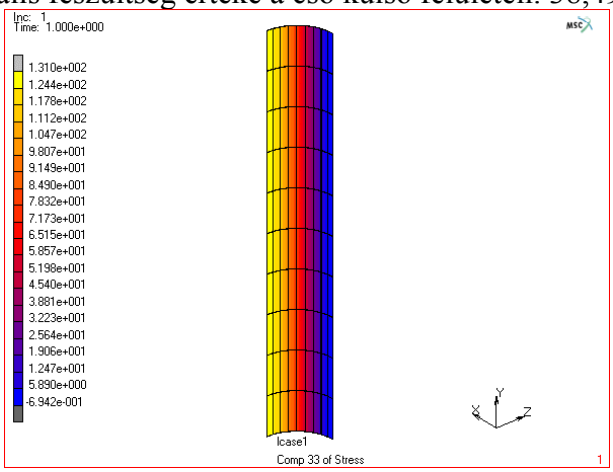
A számított tangenciális feszültség értéke a cső külső felületén: 128,901 MPa.

A két végén befogott (2.4 ábra) csőfeladat VEM módszerrel számított σ_y feszültségértékeit a **2.10 ábra** szemlélteti.



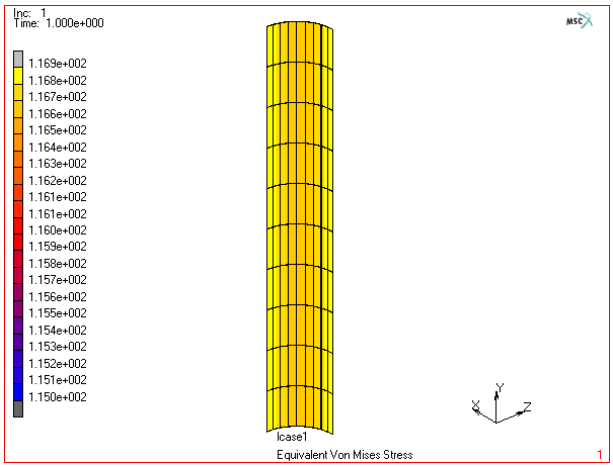
2.10 ábra
A negyed cső σ_y feszültségeinek képe

A tengelyirányú feszültség értéke a cső-falvastagság közepén: 38,79 MPa.
A számított tangenciális feszültség értéke a cső belső felületén: 39,09 MPa.
A számított tangenciális feszültség értéke a cső külső felületén: 38,49 MPa.



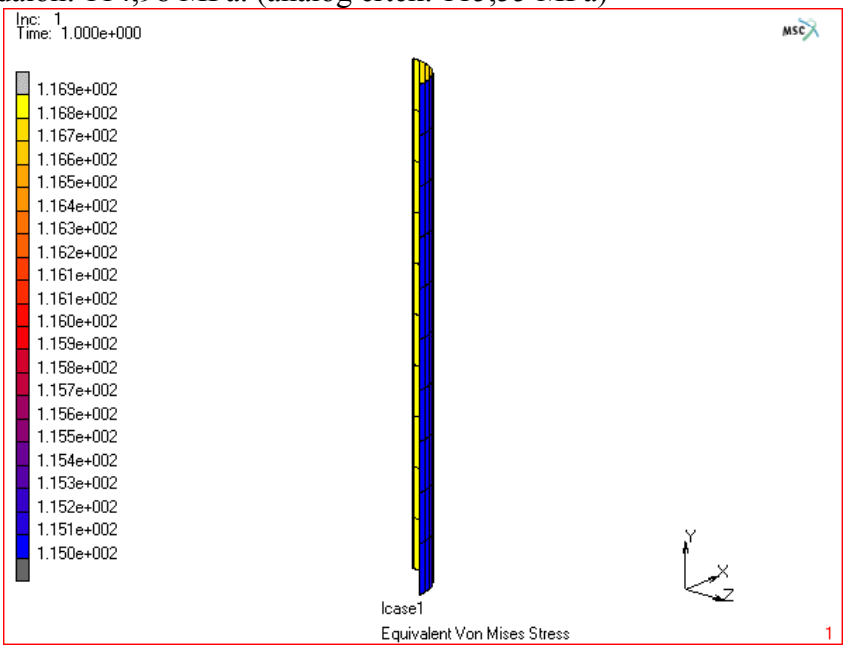
2.11 ábra
A negyed cső σ_z feszültségeinek képe

A két végén befogott (2.4 ábra) csőfeladat VEM módszerrel számított σ_z feszültségértékei megegyeznek a σ_x feszültségekkel (**2.11 ábra**), a helyzetük 90°-ban eltolt.
A két végén befogott (2.4 ábra) csőfeladat VEM módszerrel számított σ_i összehasonlító feszültségértékei (**2.12 ábra**) a belső oldalon egyenletesek.



2.12 ábra
A negyed cső σ_i feszültségeinek képe belül

A számított σ_i összehasonlító feszültségek értékei (**2.13 ábra**):
- a belső oldalon: 116,93 MPa (analóg érték: 116,59 MPa),
- a falvastagság közepén: 115,95 MPa (analóg érték: 116,06 MPa σ_z = 38,81 és σ_r = -0,65 értékekkel), és
- a külső oldalon: 114,98 MPa. (analóg érték: 115,55 MPa)



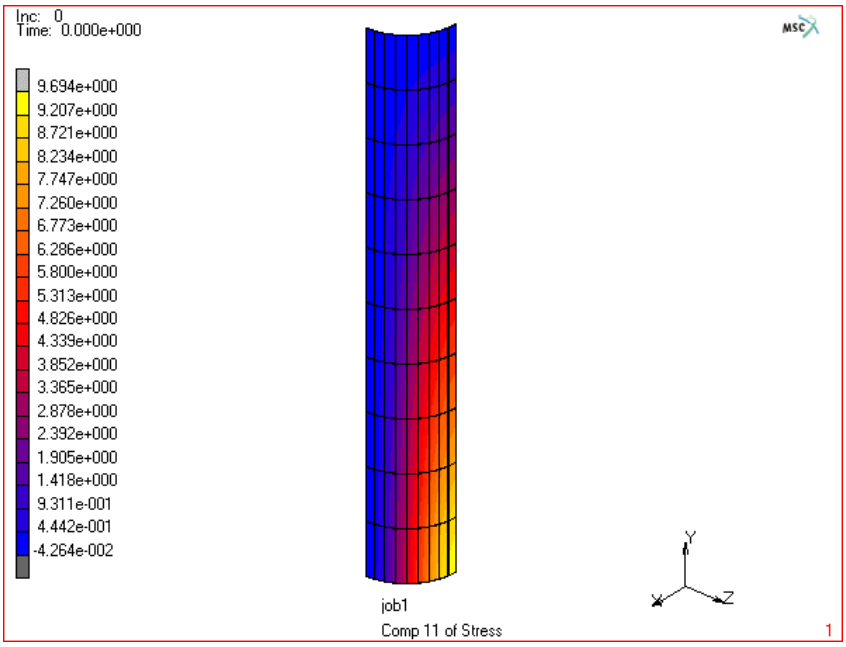
2.13 ábra
A negyed cső σ_i feszültségeinek képe kívül és belül

2.7. A hidrosztatikus nyomással számított VEM eredmények

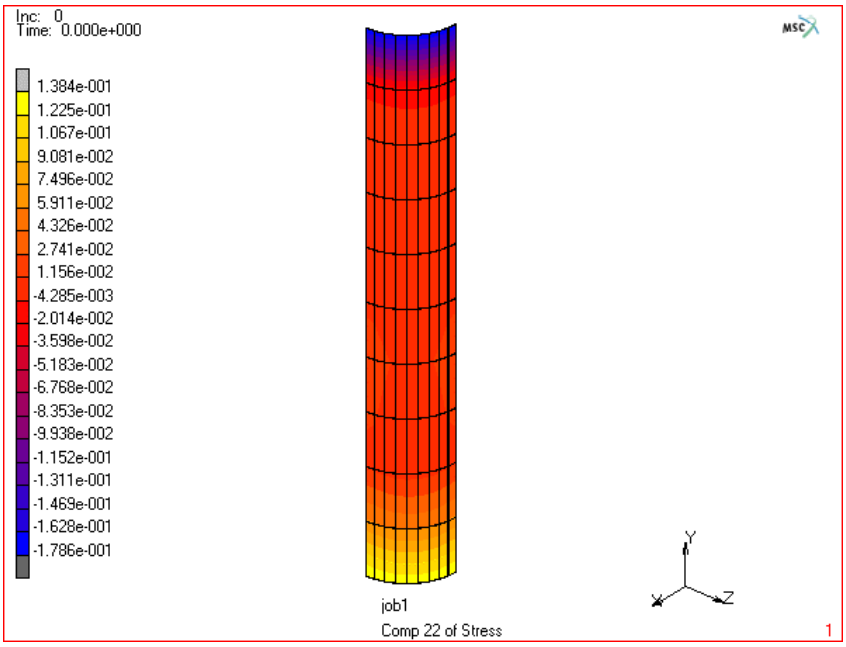
A 10 m magas csőben elhelyezkedő vízmennyiség alsó tartományában 1 bar (0.0980665 MPa) nyomás lép fel. Ez a nyomásérték az alsó tartományban – a (2.5) egyenlet szerint – 9.81 MPa tangenciális feszültséget ébreszt.

$$\sigma_t = \frac{R}{s} \cdot p_h = \frac{1000}{10} \cdot 0{,}0981 = 9.81 \ [\text{MPa}] \qquad (2.5)$$

A σ_t feszültségérték a magasság függvényében lineárisan csökken.

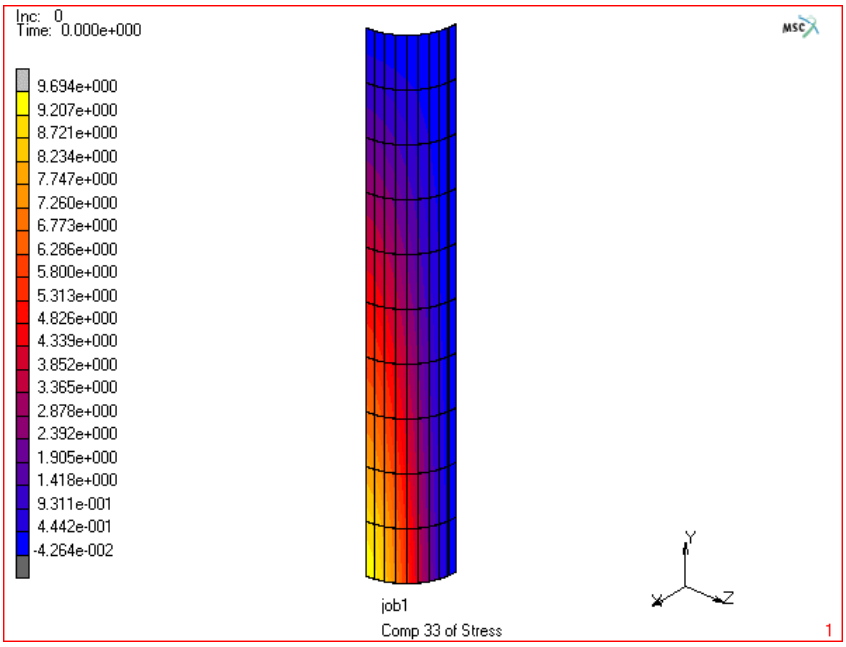


2.14 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_x feszültségeinek képe hidrosztatikus nyomásterhelésnél

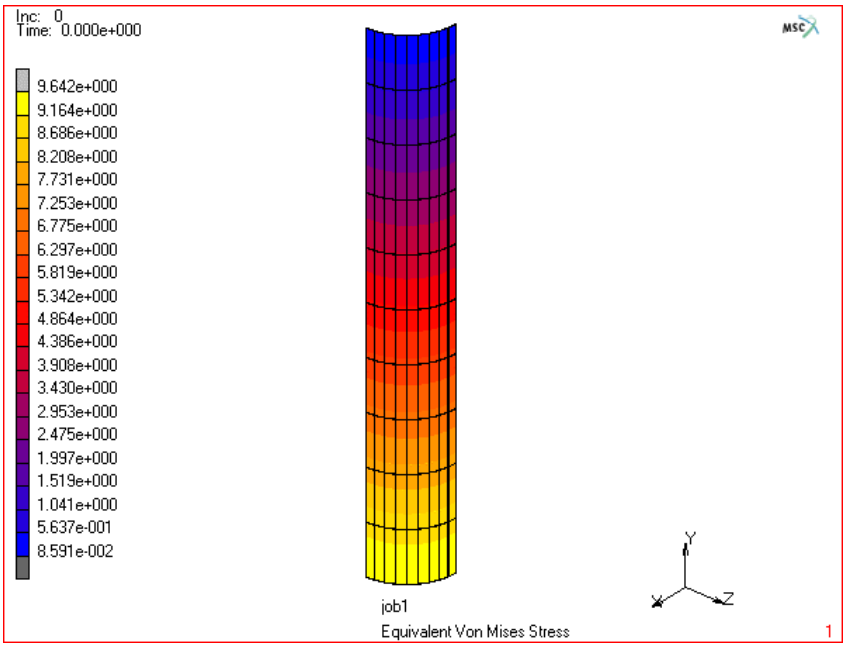


2.15 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_y feszültségeinek képe hidrosztatikus nyomás-terhelésnél

A fent bemutatott mintafeladat VEM módszerrel számított – a Z tengelyre merőleges irányban elhelyezkedő – σ_x feszültségértékeit mutatja az **2.14 ábra** hidrosztatikus nyomás-terhelésnél.
Mivel a cső felül Y irányban szabadon mozoghat, a σ_y feszültségértékek legnagyobb értéke a cső alján: 0,1384 MPa (**2.15 ábra**).
A σ_x feszültségértékekkel egyező számeredmény látható az X tengelyre merőleges σ_z feszültségértékek esetében is (**2.16 ábra**).



2.16 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_z feszültségeinek képe hidrosztatikus nyomás-terhelésnél

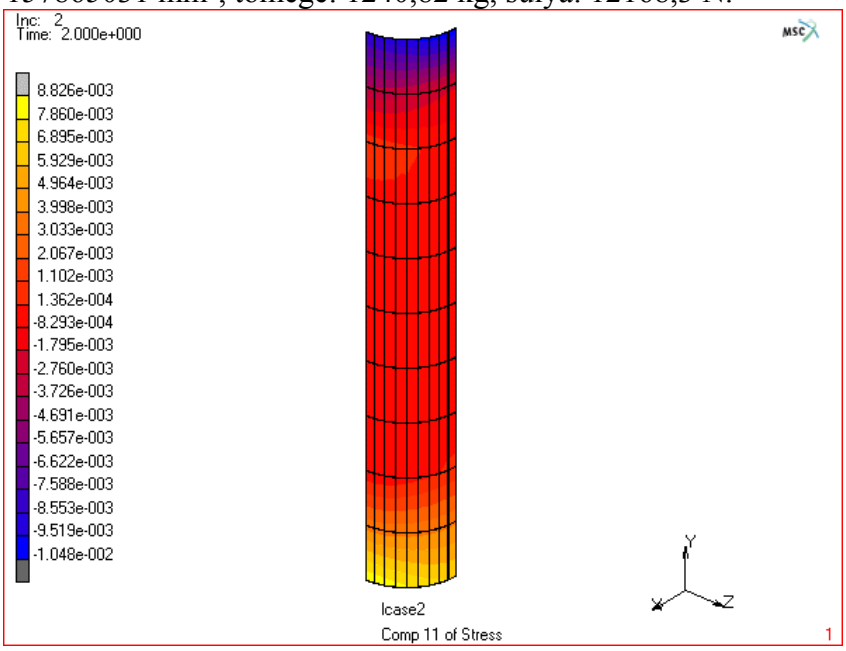


2.17 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_i feszültségeinek képe hidrosztatikus nyomás-terhelésnél

A csőfeladat σ_i összehasonlító feszültségértékei (**2.17 ábra**) a függőleges irányban növekvő tangenciális feszültségekhez közeli eredmények.
A (2.5) összefüggés alapján a legnagyobb tangenciális feszültség 9,81 MPa kellene legyen. Ehhez képest a legnagyobb számított tangenciális feszültség értékek kissé elmaradnak az elméleti értéktől ($\sigma_x = \sigma_z$ = 9,694 MPa.). 9,694 / 9,81 = 98,82% Az eltérés 1,18%.
Az eltérés a nagyméretű elemek súlypontjaiban keletkezett eredmények csomópontra történő extrapolálásából adódik ki. Az elemek méretének csökkenése, vagy az elemek számának növekedése a hiba mértékét csökkenti.

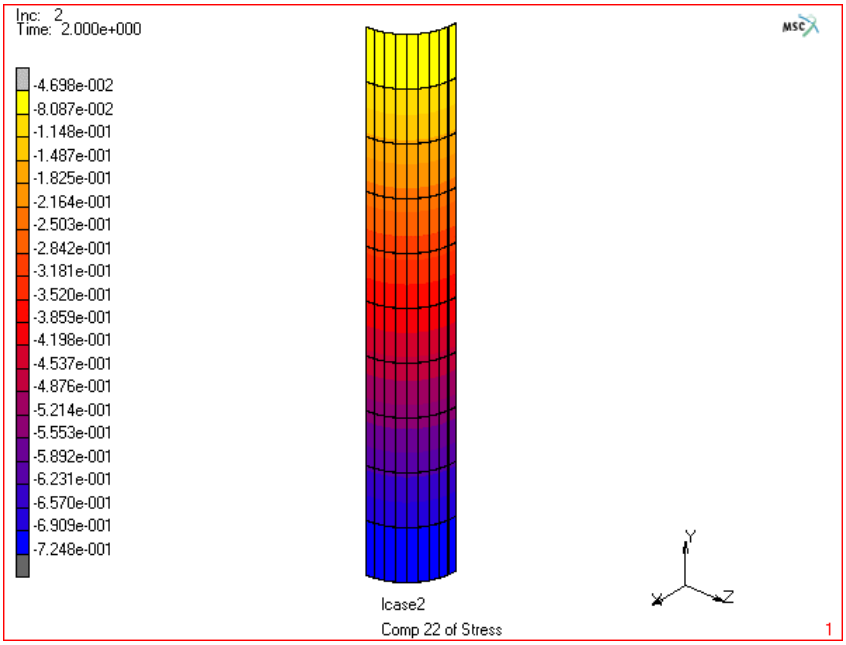
2.8. A gravitációval számított VEM eredmények

A h =10 m magas, R = 1 m belső átmérőjű, s = 10 mm vastag negyed cső alapfelülete: 15786.5 mm^2, térfogata: 157865031 mm^3, tömege: 1240,82 kg, súlya: 12168,3 N.



2.18 ábra

A mintafeladat negyed cső σ_x feszültségeinek képe a gravitációs terhelésnél



2.19 ábra

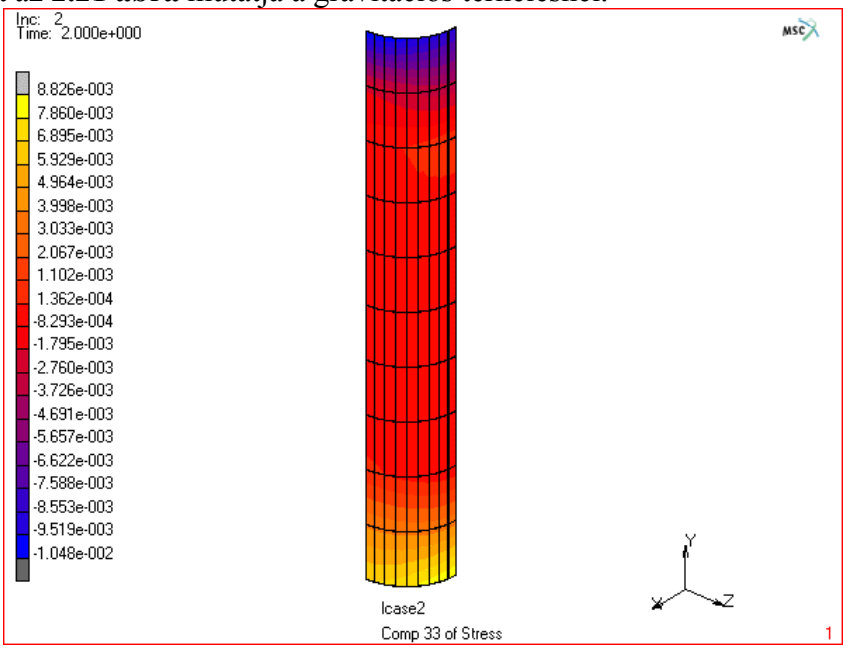
A mintafeladat negyed cső σ_y feszültségeinek képe a gravitációs terhelésnél

A fenti adatok alapján az alsó felületet 0,7708 MPa függőleges nyomóterhelés éri.

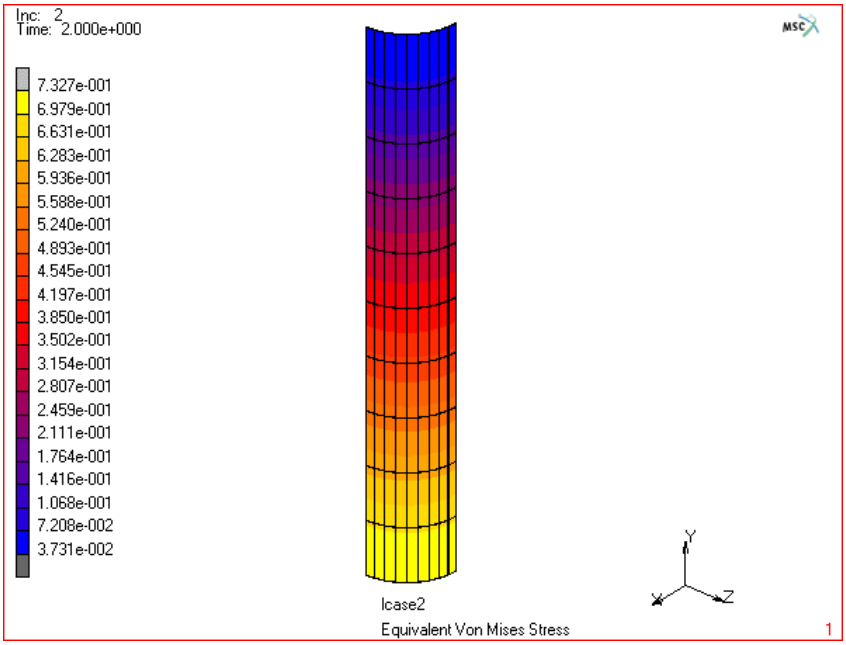
$$\sigma_{y\,max} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{12168,3}{15786,5} = 0.7708 \ [\text{MPa}] \qquad (2.6)$$

A σ_y feszültségérték a magasság függvényében felfelé lineárisan csökken.

A fent bemutatott csőfeladatnál a VEM módszerrel számított σ_x feszültségértékeket a **2.18 ábra**, a σ_y feszültségértékeket a **2.19 ábra**, a σ_z feszültségértékeket **2.20 ábra** és a σ_i feszültségértékeket az **2.21 ábra** mutatja a gravitációs terhelésnél.



2.20 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_z feszültségeinek képe a gravitációs terhelésnél



2.21 ábra
A mintafeladat negyed cső σ_i feszültségeinek képe a gravitációs terhelésnél

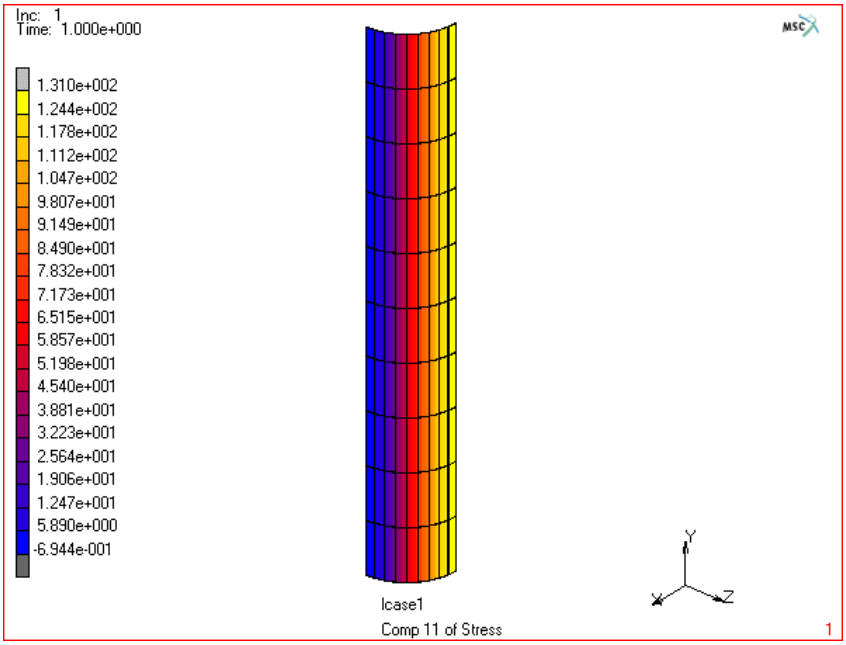
A csőfeladat σ_i összehasonlító feszültségértékei (2.21 ábra) a függőleges irányban növekvő tengelyirányú σ_y feszültségek abszolút értékéhez (2.19 ábra) közeli eredmények.
A (2.6) összefüggés alapján a legnagyobb tengelyirányú feszültség kör alakú alapterület esetén 0,7708 MPa.

A modell a körívet kilenc darab egyenes szakasszal közelíti meg. Ezek együttes alapfelülete: 15706 mm^2. Az alapterülettel arányosan csökken azonban a súlyterhelés is. Ezért a (2.7) egyenlet a (2.6) egyenlet eredményével megegyező.

$$\sigma_{y\,max} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{12106{,}2}{15706} = 0.7708 \ [\mathrm{MPa}] \qquad (2.7)$$

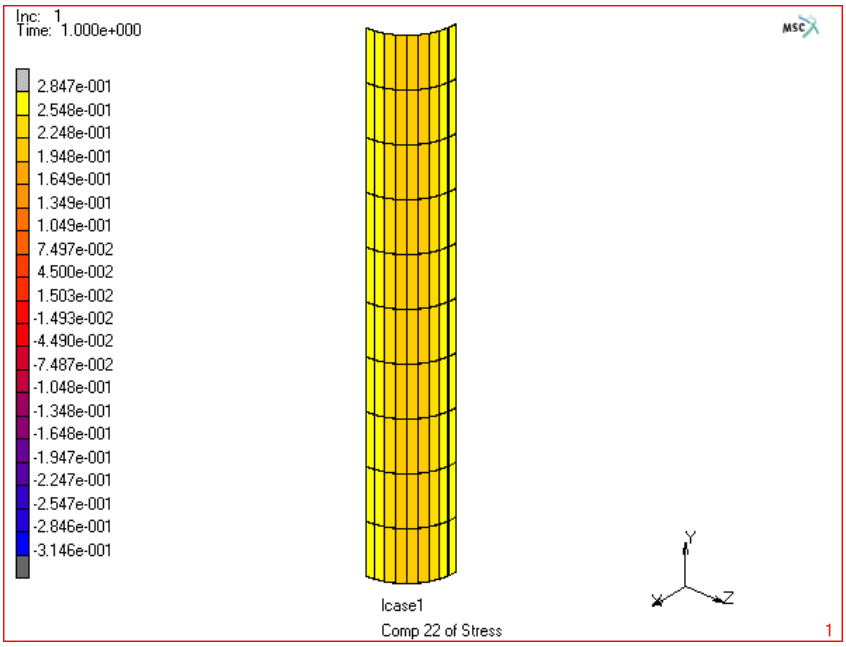
A legnagyobb számított tengelyirányú feszültség értékek elmaradása az elméleti értéktől (σ_y = 0,7248 MPa.). 0,7248 / 0,7708 = 94% Az eltérés 6%.
Az eltérés a nagyméretű elemek súlypontjaiban keletkezett eredmények extrapolálásából adóik ki. Az elemek méretének csökkenése, vagy az elemek számának növekedése a hiba mértékét csökkenti.
A σ_i összehasonlító feszültség döntő része a függőleges irányú súlyterhelésből származik.
A 10 m magas vas anyag súlyából adódó összehasonlító feszültség (0,732 MPa) a hidrosztatikus nyomásból adódó összehasonlító feszültségnek (9,642 MPa) 7,6%-a.

2.9. Az alsó felületén álló, 13 bar belső gáznyomással terhelt negyed cső számított eredményei

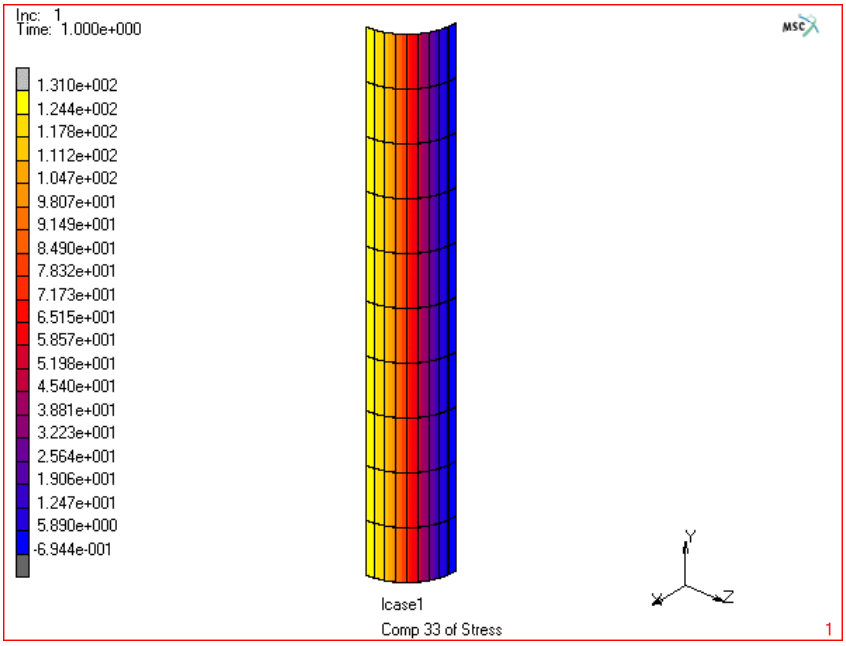


2.22 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_x feszültségeinek képe
13 bar belső nyomás terhelésnél

Az alsó felén alátámasztott felületű csőfeladat abban tér el a mindkét oldalon befogott – fent tárgyalt feladattól, hogy a tengelyirányú σ_y feszültségértékek elhanyagolhatók.
Ennél a megoldásnál mind a hidrosztatikus nyomás, mind a gravitáció hatása hiányzik.
Kizárólag a 13 bar (1,3 MPa) belső nyomás hatására keletkezett σ_x feszültségértékeket a **2.22 ábra**, a σ_y feszültségértékeket a **2.23 ábra**, a σ_z feszültségértékeket a **2.24 ábra** és a σ_i feszültségértékeket a **2.25 ábra** szemlélteti.
Az ábrák adatainak elemzésekor láthatóvá válik, hogy belső felületnél fellépő maximális σ_i összehasonlító feszültség (σ_i = 131,2 MPa) lényegében a tangenciális feszültségeket ($\sigma_x = \sigma_z$ = 131 MPa) tartalmazza.

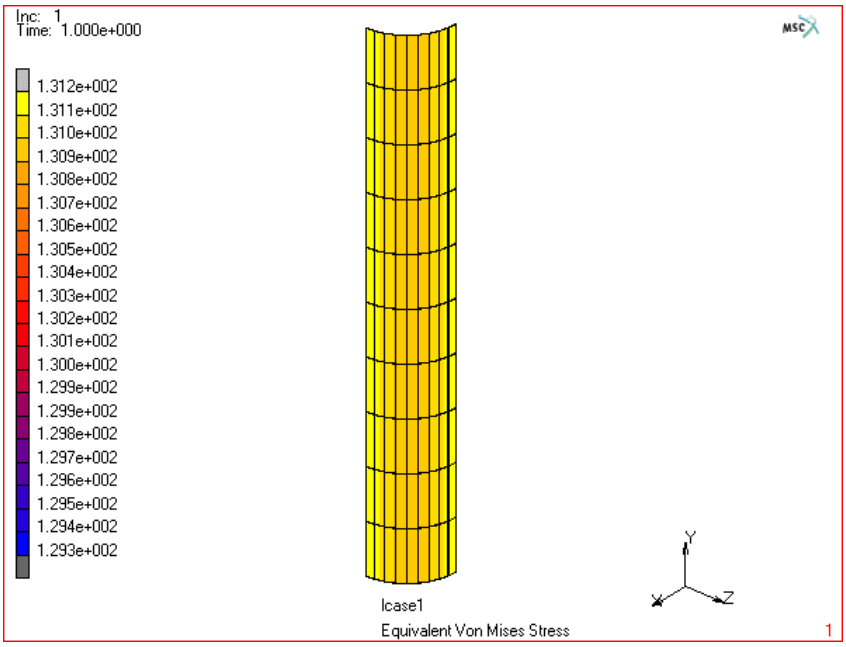


2.23 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_y feszültségeinek képe
13 bar belső nyomásterhelésnél



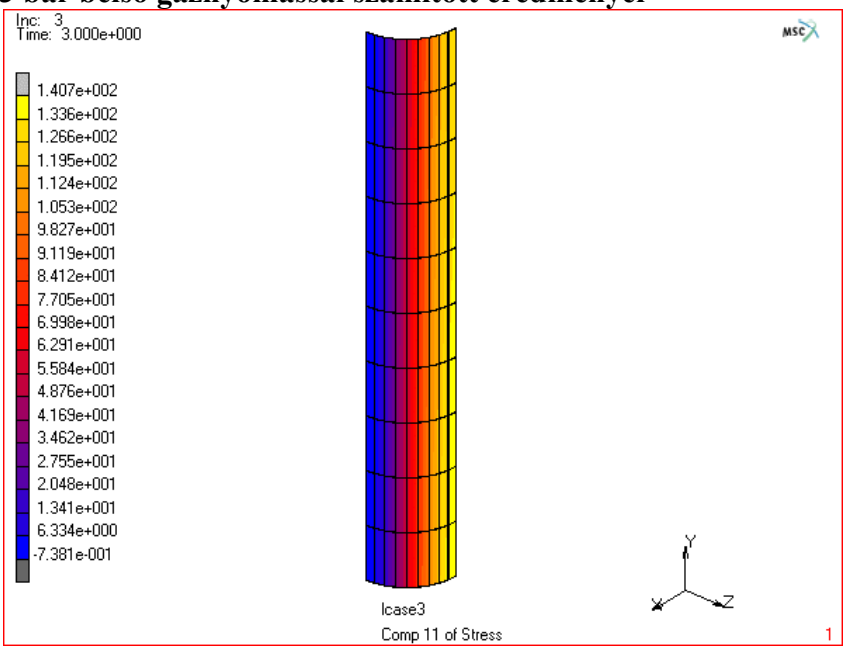
2.24 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_z feszültségeinek képe
13 bar belső nyomásterhelésnél

A 10 m magas vízoszlopból kiadódó alsó nyomás (9,694 MPa) értéke a tangenciális feszültségeknek (131 MPa) 7,4%-a. 1 m magas vízoszlop esetén ez az érték: 0,74%-ra csökken.



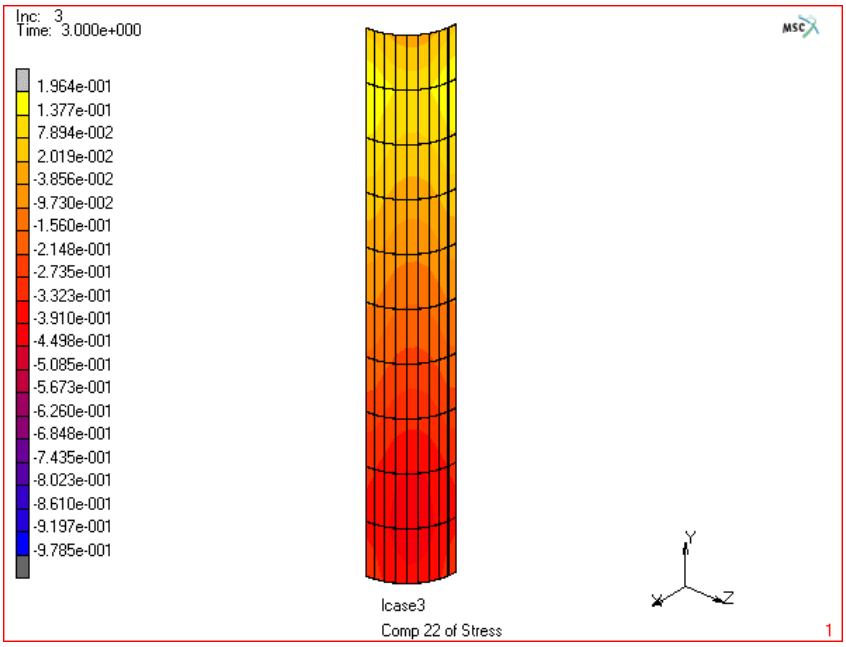
2.25 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_i feszültségeinek képe
13 bar belső nyomásterhelésnél

2.10. Az alsó felületén álló, 10 m magas negyed cső gravitációval, víz hidrosztatikus nyomásával és 13 bar belső gáznyomással számított eredményei



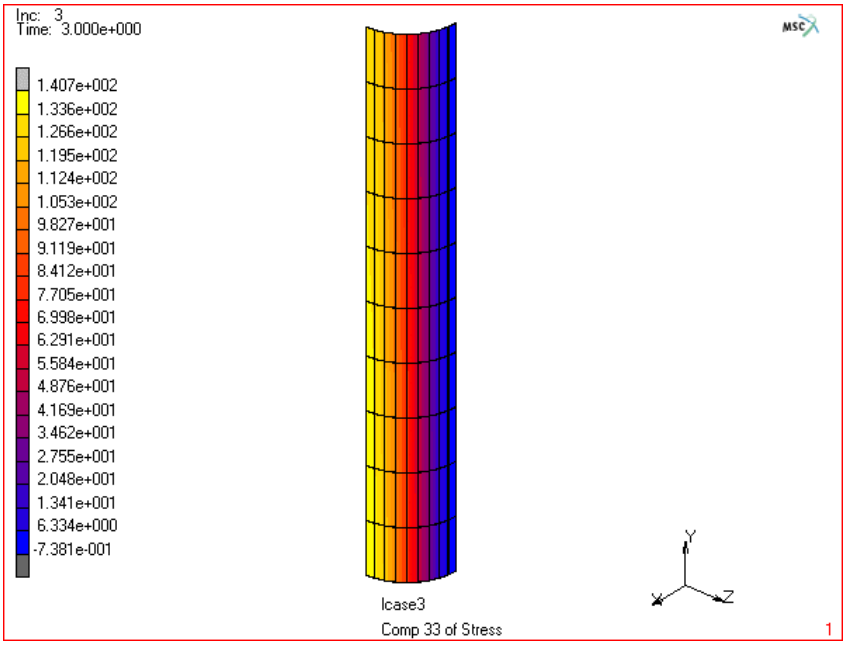
2.26 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_x feszültségeinek képe 13 bar belső nyomás, gravitációs és hidrosztatikus terhelésnél

Az alsó felén alátámasztott felületű, 10 m magas vízoszlop hidrosztatikus nyomásával, saját súlyával és 13 bar belső nyomással is terhelt csőfeladat esetén a keletkezett σ_x feszültségértékeket az **2.26 ábra**, a σ_y feszültségértékeket az **2.27 ábra**, a σ_z feszültségértékeket **2.28 ábra** és a σ_i feszültségértékeket az **2.29 ábra** szemlélteti.



2.27 ábra

Az alsó felületén álló negyed cső σ_y feszültségeinek képe 13 bar belső nyomás, gravitációs és hidrosztatikus terhelésnél



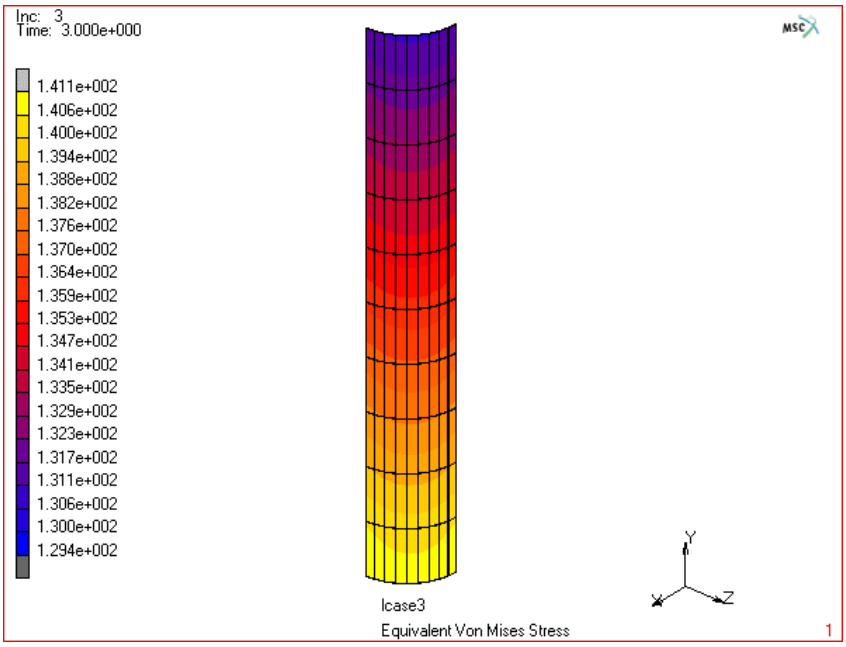
2.28 ábra

Az alsó felületén álló negyed cső σ_z feszültségeinek képe 13 bar belső nyomás, gravitációs és hidrosztatikus terhelésnél

Az ábrák adatainak elemzésekor láthatóvá válik, hogy az alsó belső felületnél fellépő maximális σ_i összehasonlító feszültség (σ_i = 141,1 MPa) jelentős részét a tangenciális feszültségek ($\sigma_x = \sigma_z$ = 140,7 MPa) teszik ki.

A 10 m magas vízoszlopból kiadódó alsó tangenciális nyomásnövekedés (9,694 MPa) értéke a tangenciális feszültségeknek (140,7 MPa) 6,9%-a.

(1 m magas vízoszlop esetén ez az érték: 0,69%-ra csökken.)



2.29 ábra
Az alsó felületén álló negyed cső σ_i feszültségeinek képe 13 bar belső nyomás, gravitációs és hidrosztatikus terhelésnél

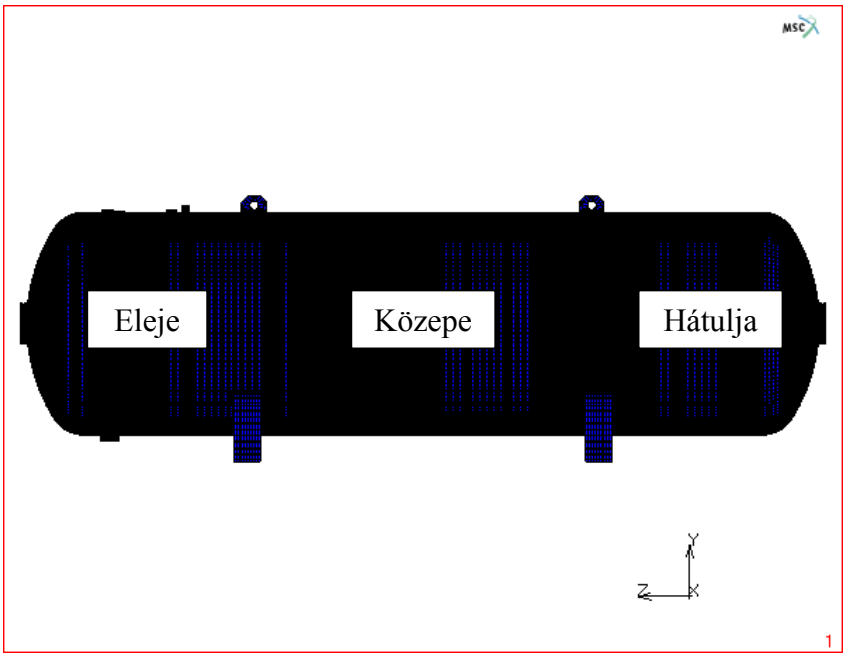
A fentiek alapján megállapítható, hogy a függőlegesen álló negyed cső teljes terhelésének túlnyomó része 13 bar belső nyomás esetén már a tangenciális feszültségek hatásából adódik ki. A tangenciális feszültségek hatásához képest mind a hidrosztatikus terhelésből adódó terhelés, mind a súlyterhelés hatására fellépő terhelés gyakorlatilag elhanyagolható.
Ennek ellenére a modellezett gáztartály esetében mind a hidrosztatikus terhelés, mind a súlyterhelés hatása jelen volt.

3. Hibamentes gáztartály igénybevétele különböző terhelések figyelembevételénél

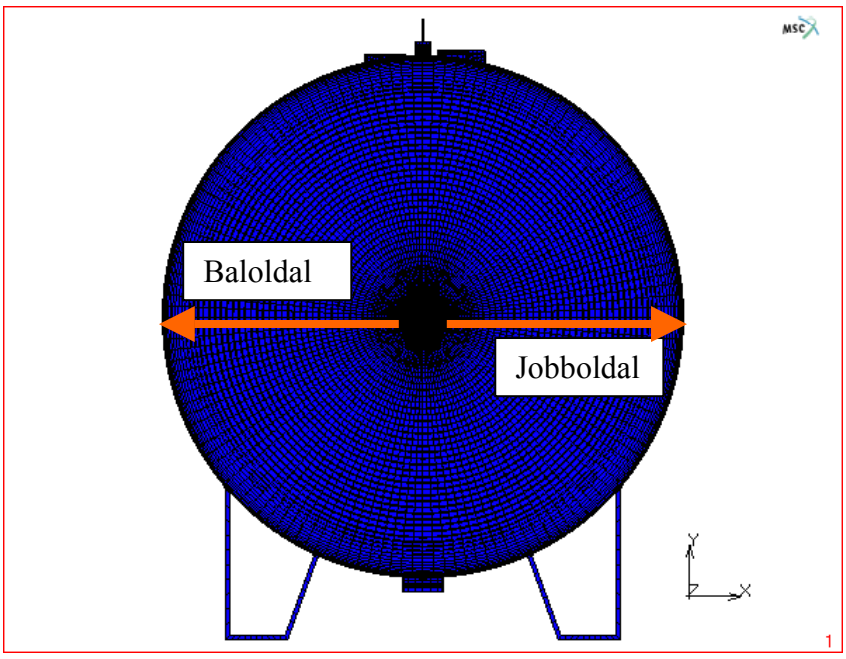
Az előző fejezetben bemutatott mintapéldánál látható volt, hogy a 13 bar (1,3 MPa) belső nyomásnál már a tartály falában fellépő tangenciális feszültségek a mértékadók.
Különösen figyelemreméltó ez a tapasztalat akkor, ha tudatában vagyunk annak, hogy a vízzel történő nyomáspróbáknál ez a belső nyomás 22,3 bar (2,23 MPa) értéken történnek.
Az 1,715 szeres feszültségnövekedés hatása jelentős.
Az 5 m^3-es fekvő gáztartály belső magassága 1,238 m. A hidrosztatikus nyomás a tartály alsó pontján víztöltet esetében sem haladja meg az 0,125 bar (0.0125 MPa) értéket. Ez a nyomásnövekedés kisebb, mint a 13 bar 1%-a.
A tartály geometriája bonyolult. Ezért a kész tartály modellje esetében is indokolt az eredményt befolyásoló egyes tényezők (geometria, belső nyomás, hidrosztatikus nyomás, gravitáció, hibák) egyedi és együttes hatásának elemzése.

3.1. A hibamentes gáztartály geometriája

A feladatok megoldásai között vannak olyanok, amelyek különböző hibák hatását vizsgálni hivatottak.
Az összehasonlíthatóság végett először szükséges azonban a hibamentes tartály feszültségeinek meghatározása.
A gáztartály VEM modelljét kívülről oldalnézetben a **3.1 ábra**, elölnézetben a **3.2 ábra**, axonometrikus formában az **3.3 ábra** szemlélteti. Mivel a gáztartály elemei apró méretűek, a tartály látszati képei csak demonstratív jellegűek.



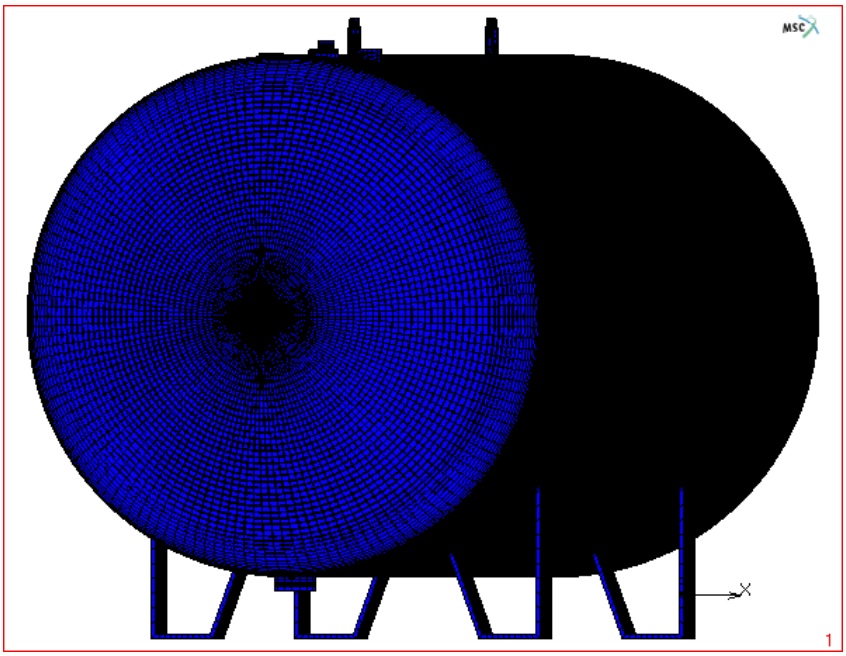
3.1 ábra
A gáztartály külső oldalnézete



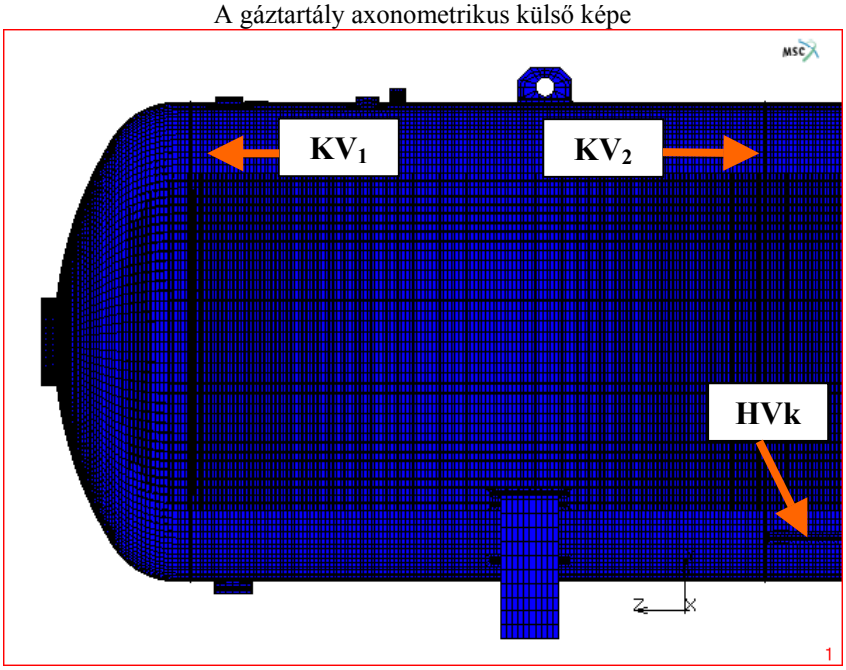
3.2 ábra
A gáztartály külső elölnézete

A 3.1 ábra szemlélteti, hogy a továbbiakban a tartály elejeként a tartálynak arra a részre hivatkozunk, amelyen a felső csonkok helyezkednek el.
A tartály közepére hivatkozás a két láb közötti tartományra utal.
A tartály hátuljára hivatkozás a tartály csonkok nélküli felére utal.
Az 3.2 ábra szemlélteti, hogy a továbbiakban a tartály baloldalaként arra az oldalra hivatkozunk, amely a csonkokat tartalmazó féllel szemben állva a baloldalon helyezkedik el.
A baloldal tartalmazza a folyadék elvételre hivatott – a tartály aljáig lenyúló – C_3 jelzésű csonkot.

Jobboldalként említjük a folyadék töltésére hivatott – 90°-ban elgörbült – C_5 jelzésű csonkot tartalmazó oldalt.



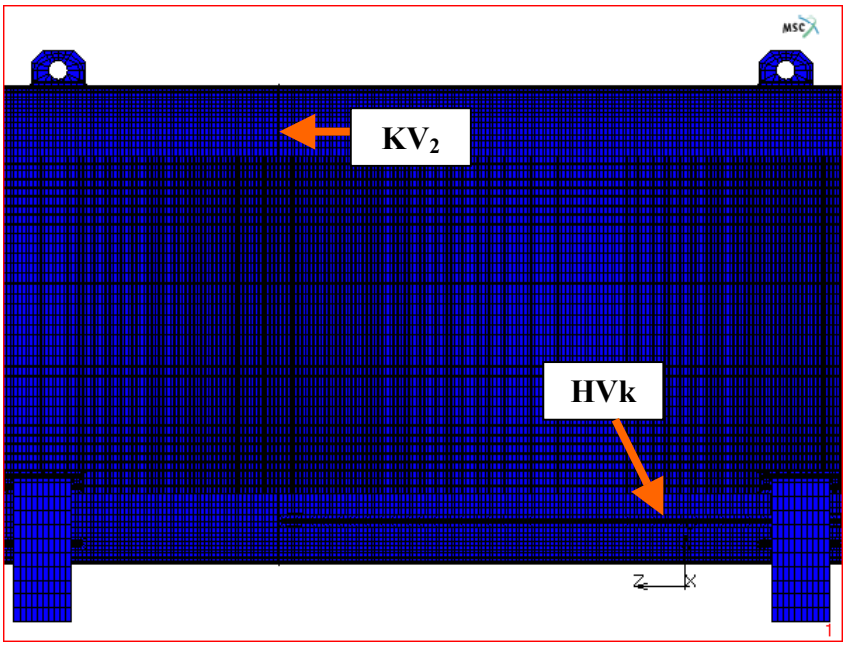
3.3 ábra
A gáztartály axonometrikus külső képe



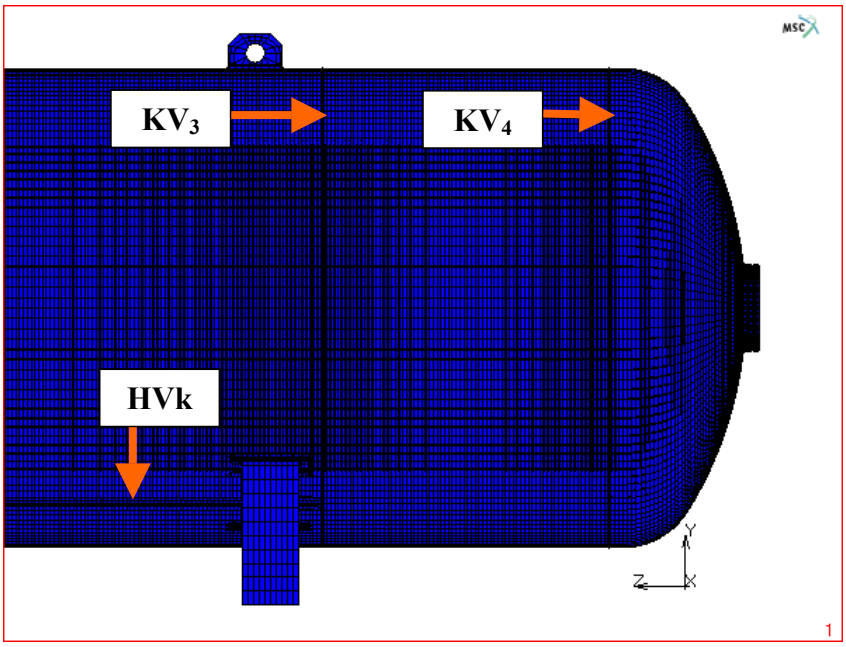
3.4 ábra
A gáztartály jobb oldala kívül, elöl

A gáztartály jobb oldalán a külső megjelenést szemlélteti oldalnézetben a **3.4 ábra**, a **3.5 ábra** és a **3.6 ábra** is. Az ábrákon KV_1, KV_2, KV_3 és KV_4 jelöléssel a körvarratok helyei láthatók. Az indexelés elölről hátrafelé növekszik.
Az ábrákon látható a HVk jelölés a középső tartományban elhelyezkedő hosszvarrat helyére utal.

KV_2

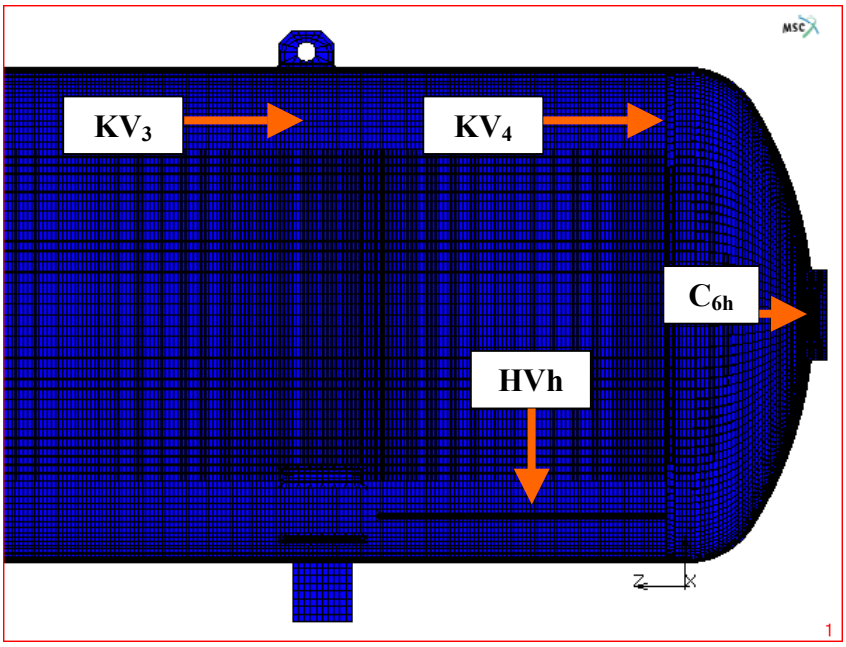


3.5 ábra
A gáztartály jobb oldala kívül, középen

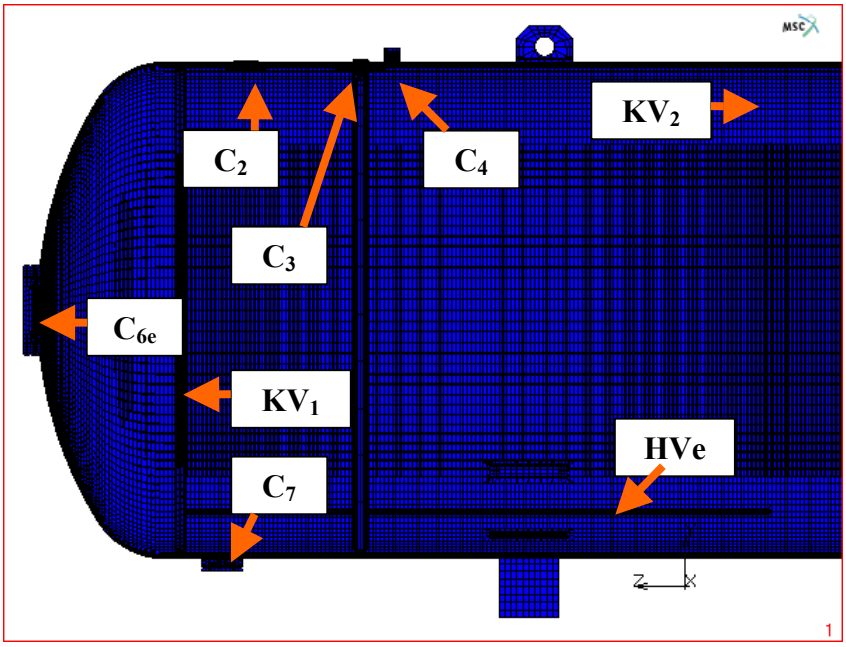


3.6 ábra
A gáztartály jobb oldala kívül, hátul

A **3.7 ábra** és a **3.8 ábra** a tartály baloldala hátuljának és elejének geometriáját mutatja be belülről.
A **3.9 ábra** és a **3.10 ábra** a tartály jobboldala hátuljának és elejének geometriáját szemlélteti belülről.
Az ábrákban a körvarratok jelölésén kívül megjelenik a HVe és a HVh jelölés is, amelyek a baloldalon elöl és hátul elhelyezett hosszvarratok helyzetére utalnak.

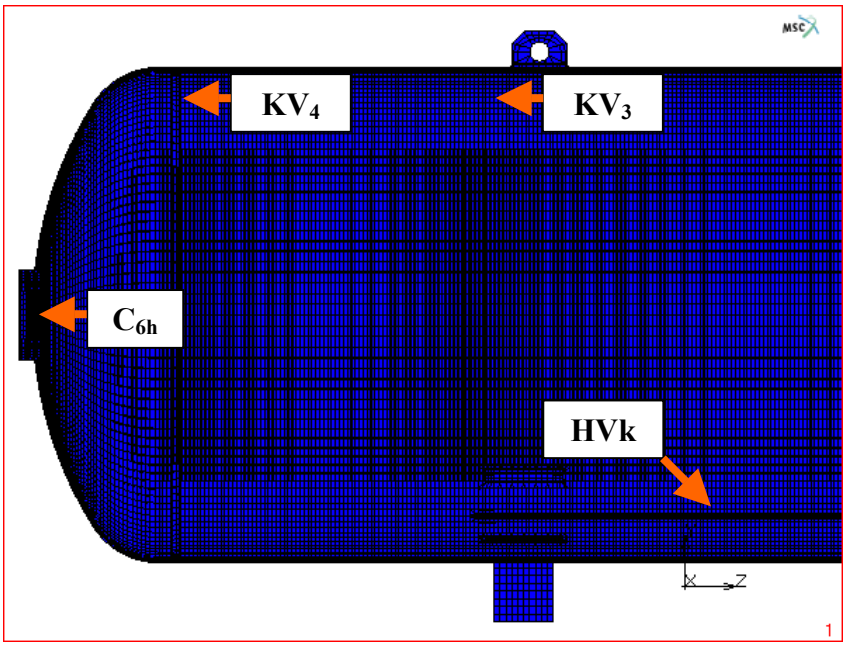


3.7 ábra
A gáztartály bal oldala belül, hátul

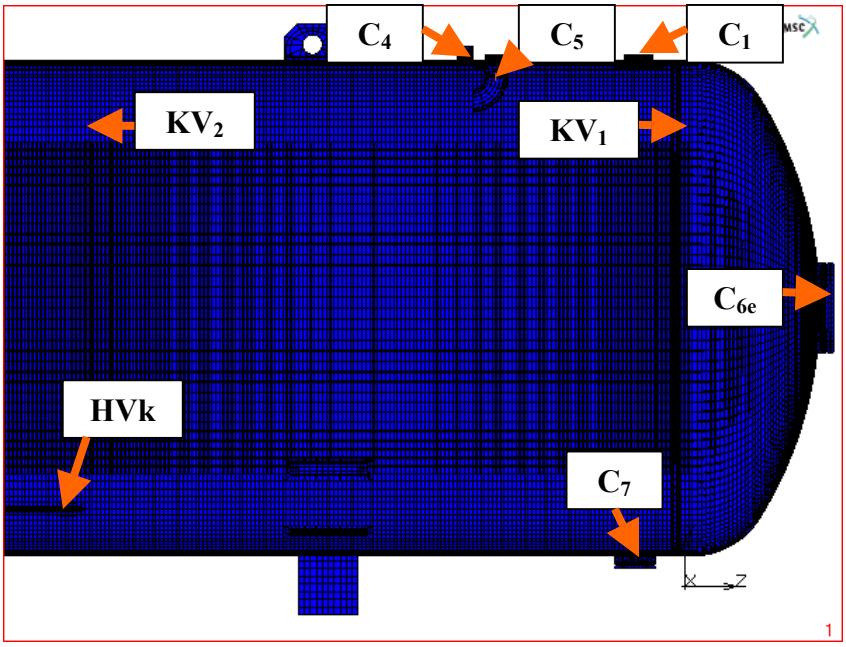


3.8 ábra
A gáztartály bal oldala belül, elől

A **3.8 ábra** és a **3.10 ábra** mutatja be a tartályon elhelyezkedő csonkok pozícióit.
A baloldalon (3.8 ábra) helyezkedik el a biztonsági szelep csonk (C_2), a folyadék elvétel csonk (C_3).
A jobboldalon (3.10 ábra) található szintjelző csonk (C_1) és a folyadéktöltő csonk (C_5).
Középen kapott helyet a gázelvétel csonk (C_4), a két vizsgáló csonk (C_{6e} és C_{6h}) és az ürítő csonk (C_7), ezért ezek egyik felét a 3.8 ábra másik felét a 3.10 ábra tartalmazza.



3.9 ábra
A gáztartály jobb oldala belül, hátul



3.10 ábra
A gáztartály jobb oldala belül, elől

3.2. A hibamentes gáztartály számításánál alkalmazott anyagtulajdonságok

Az anyagtulajdonságok a tartály feszültségeinek elemzésénél megegyeznek a mintafeladat anyagtulajdonságaival.
Az anyag izotróp.
Rugalmassági modulus: E = 205940 MPa.
Poisson tényező: $\mu = 0{,}3$.
A tartály anyagsűrűsége: $\rho = 7{,}86$ kg/dm^3

3.3. A hibamentes gáztartály szimmetriája

A tartály – a csonkok elhelyezésének különbözőségétől eltekintve – szimmetrikus.
Az X tengelyre merőleges – függőleges – szimmetriasíkkal a baloldal és a jobboldal kettéválasztható, ami mind a két oldalon az elemszám növelési lehetőségét eredményezi.

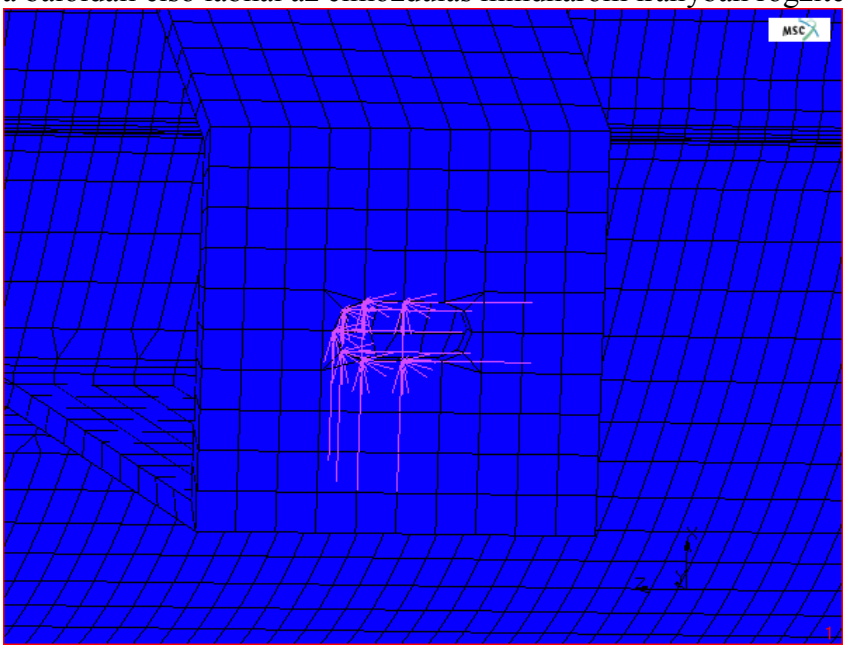
3.4. A hibamentes gáztartály számításánál megadott peremfeltételek

A hibamentes gáztartály szilárdsági elemzéshez a peremfeltételek megadásával az alábbi feladatváltozatok keletkeztek:

- Az üres tartályhoz tartozó peremfeltételek, ahol a tartály üres és az acélanyagra csak a gravitáció hat.
- A magasság 10%-áig folyékony gázzal töltött állapothoz tartozó peremfeltételek, ahol a tartályban 123,8 mm magas folyadék van és a gáznyomás: 13 bar (1,3 MPa).
- A magasság 85%-áig folyékony gázzal töltött állapothoz tartozó peremfeltételek, ahol a tartályban 975 mm magas folyadék van és a gáznyomás: 13 bar (1,3 MPa).
- A magasság 100%-áig vízzel töltött állapothoz tartozó peremfeltételek, ahol a tartályban 1238 mm magas víz van és a víznyomás: 22,3 bar (2,23 MPa).

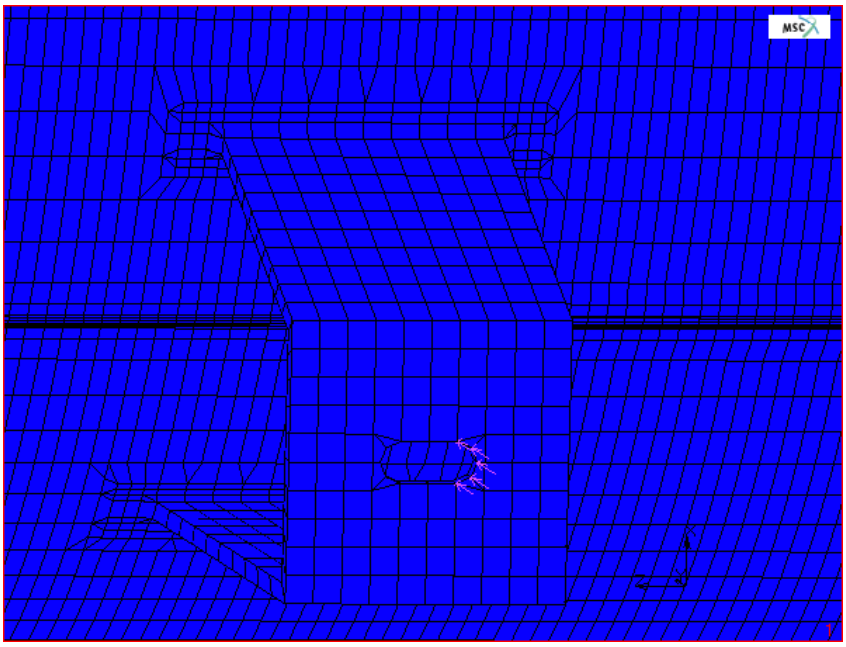
3.4.1. Minden tartálynál megadott azonos peremfeltételek

Az első lábak furatainál a láb alsó felületén elől lévő csomópontok rögzítése X, Y és Z irányban a csavarszorításokat modellezi. Az **3.11 ábra** nyilai azokra a csomópontokra mutatnak, amelyeknél a baloldali első lábnál az elmozdulás mindhárom irányban rögzített (0 értékű).

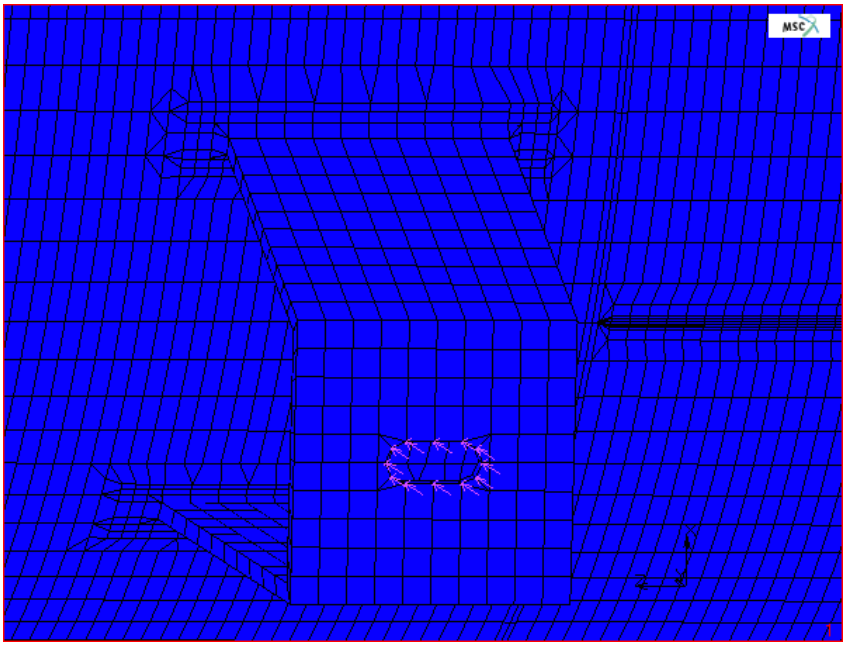


3.11 ábra
A baloldali első láb furatánál az elől lévő csomópontok rögzítése X, Y és Z irányban

Az első lábak alsó felületénél a többi csomópontban, és a hátsó lábak alsó felületénél az összes csomópontban csak a függőleges (Y) irány rögzített, ami azt modellezi, hogy a tartály folyamatosan a beton alap tetején marad. Függőlegesen nem mozdul el.
A **3.12 ábra** a baloldali első láb alsó felületén azoknak a csomópontokat szemlélteti, amelyeknél csak az Y irányú elmozdulás értéke nulla.
A baloldali hátsó lábaknál a **3.13 ábra** nyilai mutatják, hogy a láb alsó felületén a lyuk környezetében minden csomópont Y irányú elmozdulásának értéke nulla.
A szimmetriasík hatása a modelleknél úgy vehető figyelembe, hogy a függőleges szimmetriasíkban elhelyezkedő összes csomópont helyzetét a síkra merőleges (X) irányban rögzítjük.

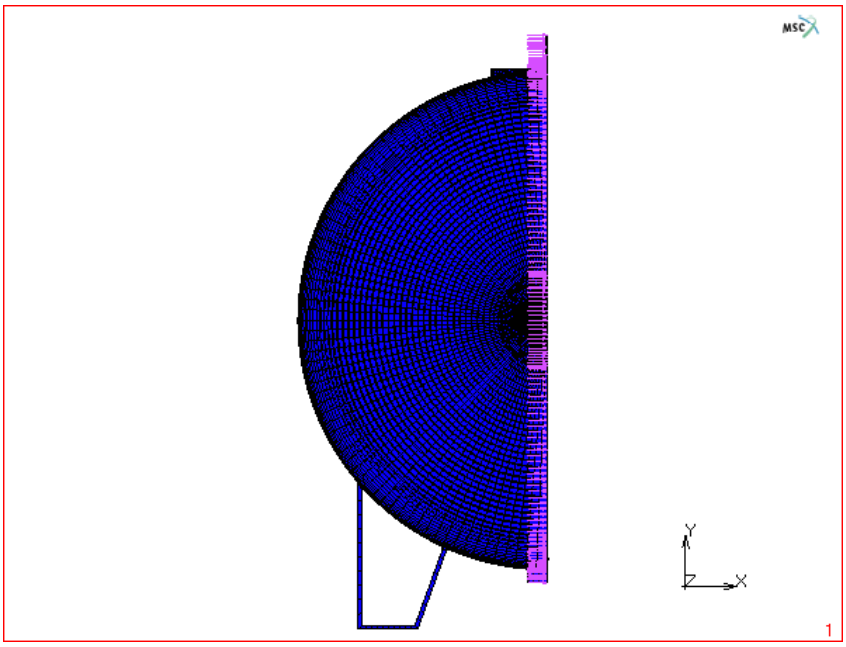


3.12 ábra
A baloldali első láb furatánál a hátul lévő csomópontok rögzítése a függőleges (Y) irányban

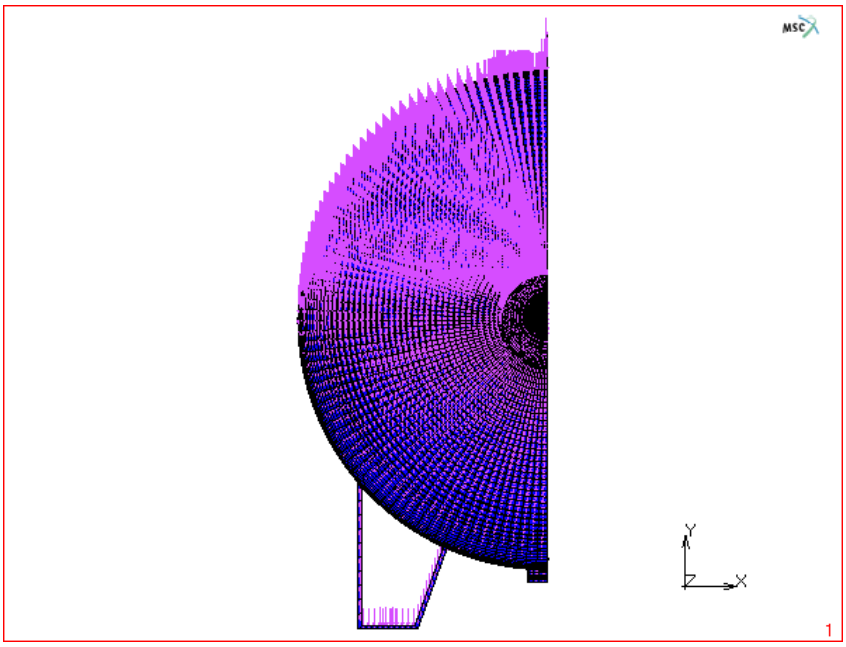


3.13 ábra
A baloldali hátsó láb furatánál a hátul lévő csomópontok rögzítése a függőleges (Y) irányban

A szimmetria sík pontjaira mutató vízszintes (X irányú) nyilakat a tartály bal oldalánál a **3.14 ábra** szemlélteti.
Minden megoldott feladatnál figyelembe vettük a tartály összes geometriai elemének súlypontjában érvényesülő elemtömeg és a nehézségi gyorsulás szorzataként kiadódó elemi súlyok hatását.



3.14 ábra
A vízszintes (X) irányban rögzített szimmetriapontok helyzete a gáztartály bal oldalán



3.15 ábra
Az elemek súlypontjára mutató – Y irányban a nehézségi gyorsulást figyelembe vevő – nyilak képei

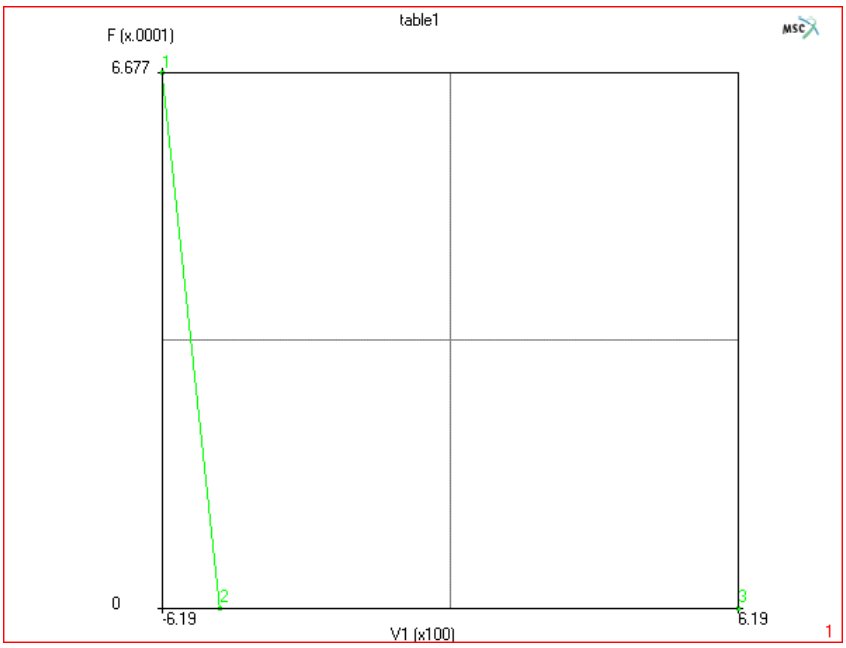
Az **3.15 ábra** az elemek súlypontjára mutató – Y irányban a nehézségi gyorsulást figyelembe vevő – nyilak képeit szemlélteti.
A fent ismertetett peremfeltételek mindegyikét minden feladat megoldásánál ugyanúgy figyelembe vettük.

3.4.2. Az üres tartálynál megadott peremfeltételek

Az üres tartályhoz tartozó peremfeltételeknél a tartály üres és az acélanyagra csak a gravitáció hat. Ezek a peremfeltételek megegyeznek a 3.4.1 pontnál bemutatott peremfeltételekkel.
Az elemek súlyának meghatározásánál a gravitáció $\rho = 7{,}86$ kg/dm^3.
Az elemek súlyának meghatározásánál a nehézségi gyorsulás $g = 9{,}80665$ m/s^2.
Az alábbiakban a feladatonként az egymástól eltérő peremfeltételeket ismertetjük.

3.4.3. A tartály peremfeltételei gáznyomás és 10% töltöttség feltételezésénél

Ennél a feladatnál egyrészt azt kell figyelembe venni, hogy a tartálynak van állandó belső gáznyomása, ami 13,0 bar (1.3 MPa). Ez a nyomás minden belső felület súlypontjában, sugárirányban van figyelembe véve.
A 10% töltöttség feltételezése azt jelenti, hogy a 2*619 = 1238 mm belső magasságú tartályban 10% (azaz 123,8 mm) magasságú hidrosztatikus folyadéknyomás keletkezik.
A 123,8 mm magasság helye az Y = -495,2 mm értéknél található.
A gáz sűrűsége: 0,55 kg/dm^3.
A 123,8 mm magasságú (Y = -619 mm pozíciójú) folyékony gáz hidrosztatikus nyomása: 6,677 10^{-4} MPa
A 0 mm magasságú (Y = -495,2 mm pozíciójú) folyékony gáz hidrosztatikus nyomása: 0 MPa.



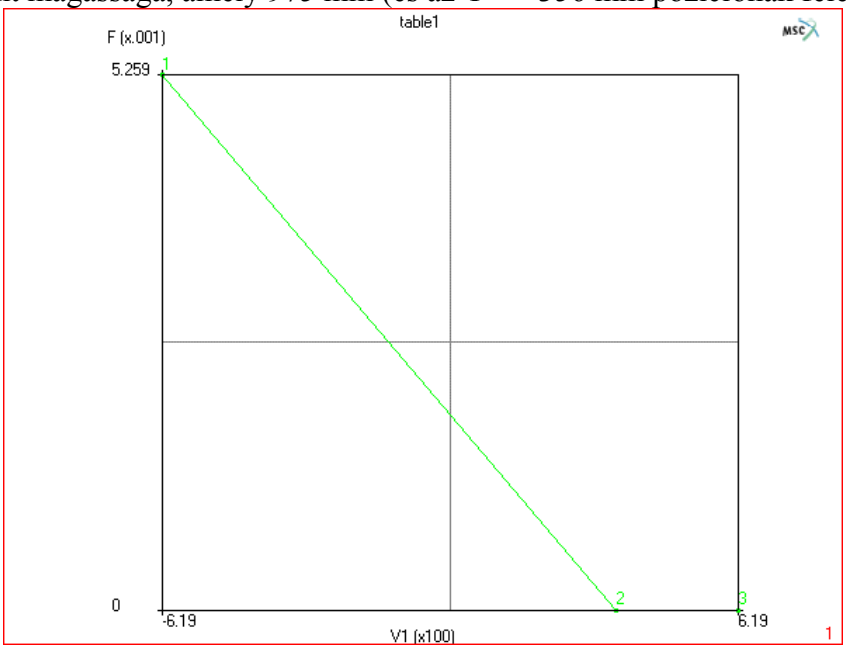
3.16 ábra
A hidrosztatikus nyomás magasság függése a 10%-ig folyékony gázzal töltött tartálynál

Ennek a magasság függvényében változó hidrosztatikus nyomásnak a függvényét az **3.16 ábra** mutatja be. Az ábrában látható, hogy a -495,2 és +619 mm magasságintervallumban a hidrosztatikus nyomás nincs figyelembe véve (az értéke: 0 MPa). A -619 és -495,2 mm intervallumban a hidrosztatikus nyomás a magasság függvényében lineárisan nő, bár a hidrosztatikus nyomás értéke a tartály alján a 13 bar (1,3 MPa) gáznyomáshoz képest így is elhanyagolhatóan kicsi.

3.4.4. A tartály peremfeltételei gáznyomás és 85% töltöttség feltételezésénél

Ennél a feladatnál is egyrészt azt kell figyelembe venni, hogy a tartálynak van állandó belső gáznyomása, ami 13,0 bar (1.3 MPa).

A 85% töltöttség feltételezése azt jelenti, hogy a 2*619 = 1238 mm belső magasságú tartályban 85% folyadék van. A rajz alapján a 85% folyadék szintnek a tartály tetejétől lefelé mért 263 mm magasságérték felel meg. Az 1238 mm teljes magasság és a 263 mm különbsége a folyadékszint magassága, amely 975 mm (és az Y = +356 mm pozíciónak felel meg).

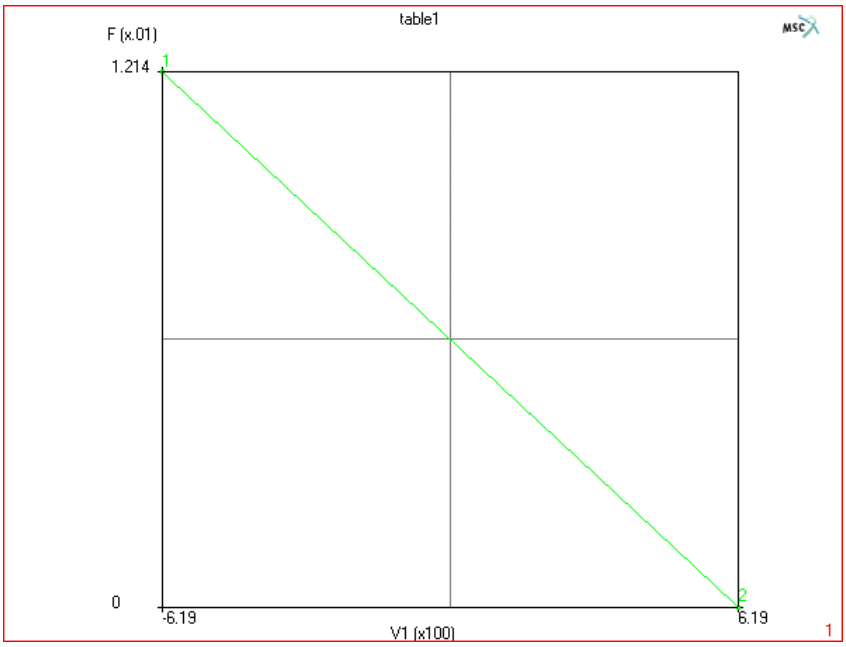


3.17 ábra
A hidrosztatikus nyomás magasság függése a 85%-ig folyékony gázzal töltött tartálynál

A 85% folyadékszintnek 78,75% magasságszint felel meg.
A gáz sűrűsége: 0,55 kg/dm^3.
A 975 mm magasságú (Y = +356 mm pozíciójú) folyékony gáz hidrosztatikus nyomása: 5,259 10^{-3} MPa. (A 10%-ban töltött tartály hidrosztatikus nyomásának 7.8756 szerese.)
Ennek a magasság függvényében változó hidrosztatikus nyomásnak a függvényét az **3.17 ábra** mutatja be. Az ábrában látható, hogy a +356 és +619 mm magasságintervallumban a hidrosztatikus nyomás nincs figyelembe véve (az értéke: 0 MPa).
A -619 és +356 mm intervallumban a hidrosztatikus nyomás a magasság függvényében lineárisan nő, bár a hidrosztatikus nyomás értéke a tartály alján a 13 bar (1,3 MPa) gáznyomáshoz képest ebben az esetben is elhanyagolhatóan kicsi.

3.4.5. A tartály peremfeltételei víznyomás és 100% töltöttség feltételezésénél

Ennél a feladatnál a próbanyomáskor fellépő állandó belső víznyomás: 22,3 bar (2,23 MPa). Lényegesen (1,715-ször) nagyobb, mint a gáznyomás.
A 100% töltöttség feltételezése azt jelenti, hogy a 2*619 = 1238 mm belső magasságú tartály tele van vízzel.
A víz sűrűsége: 1,0 kg/dm^3. (1,818-szorosa a gáz sűrűségének.)
A 1238 mm magasságú (Y = -619 mm pozíciójú) víz hidrosztatikus nyomása: 1,214 10^{-2} MPa. (A tele tartály hidrosztatikus nyomásának 2,31 szerese.)
Ennek a magasság függvényében változó hidrosztatikus nyomásnak a függvényét a **3.18 ábra** mutatja be. Az ábrában látható, hogy a -619 és +619 mm intervallumban a hidrosztatikus nyomás a magasság függvényében lineárisan nő.
A hidrosztatikus nyomás értéke a tartály alján (1,214 10^{-2} MPa) a 22,3 bar (2,23 MPa) víznyomáshoz képest ebben az esetben is elhanyagolhatóan kicsi.



3.18 ábra
A hidrosztatikus nyomás magasság függése vízzel töltött tartálynál

3.5. A hibamentes gáztartály igénybevételei

A hibamentes gáztartály szilárdsági elemzéshez a fenti peremfeltételek megadásával a szakvéleményben az alábbi eredményeket jelenítjük meg:

- Az üres tartályhoz tartozó (a gravitációból adódó) feszültségek.
- A 10% magasságú folyékony gáz és a 13 bar gáznyomás hatására keletkező feszültségek
- A 78,75% magasságú folyékony gáz és a 13 bar gáznyomás hatására keletkező feszültségek
- A 100% magasságú víz és a 22,3 bar víznyomás hatására keletkező feszültségek

A komplex igénybevételek együttes hatását a tartály elmozdulásinak felnagyításával szemléltetjük.

Az eredmények számszerű összehasonlítását a σ_i összehasonlító feszültségek értékei alapján végezzük el.

3.5.1. A tartály igénybevétele üresen (csak a gravitáció figyelembevételével)

Csak a gravitációval terhelt tartály elmozdulásainak 1000 szeres felnagyításával a tartály alakjának megváltozását oldalnézetben a **3.19 ábra** és elölnézetben a **3.20 ábra** szemlélteti.

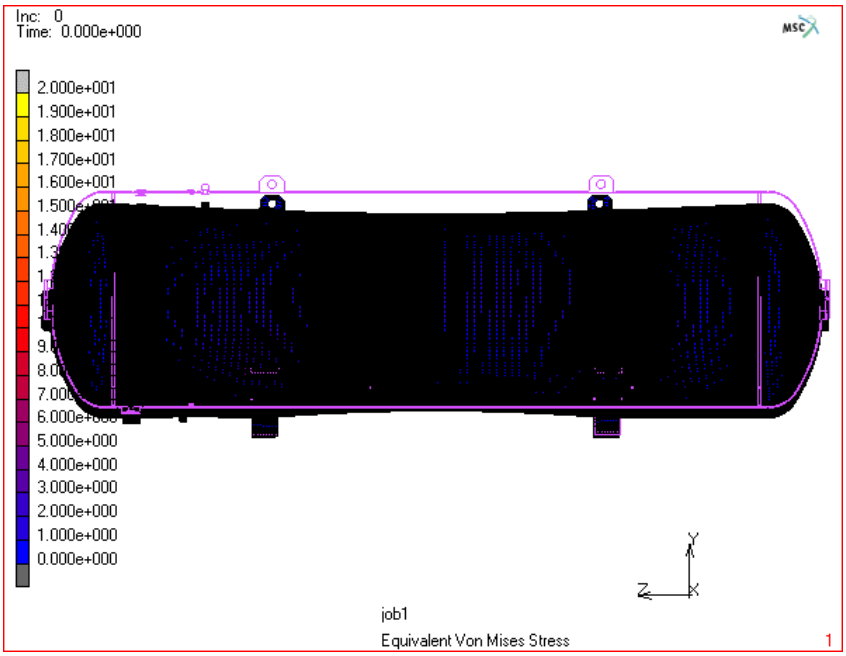
A tartály legnagyobb feszültségértékei a lábak környezetében jelentkeznek.

A maximális egyenértékű feszültség 20,44 MPa, amely a lábak megfogásainál található.

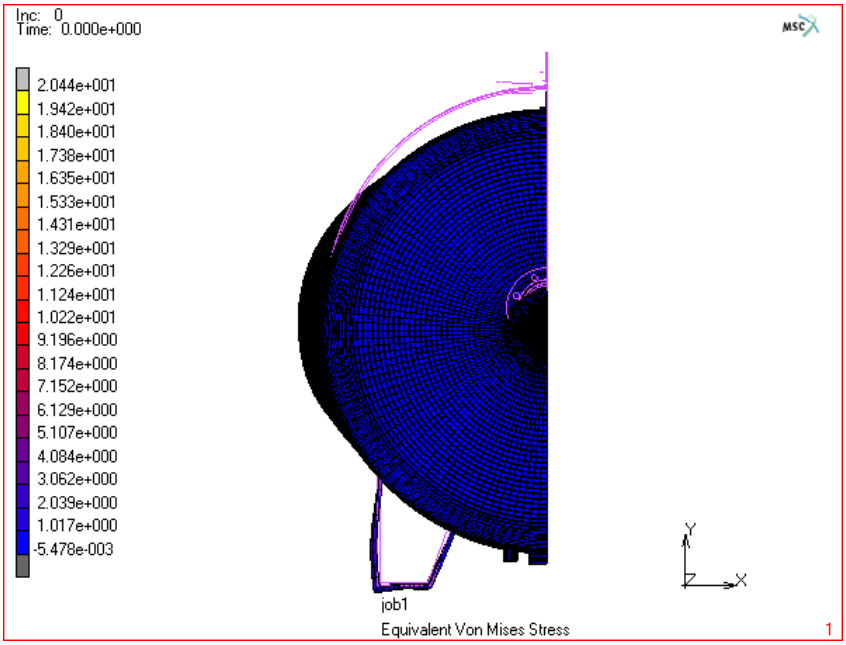
A lábak összehasonlító feszültsége 1 MPa körüli érték (**3.21 ábra** és **3.22 ábra**).

A lábak és a tartályköpeny találkozásánál az összehasonlító feszültségek értéke a tartály külső részén, a belső oldalon: 5-6 MPa, a külső oldalon: 10-12 MPa.

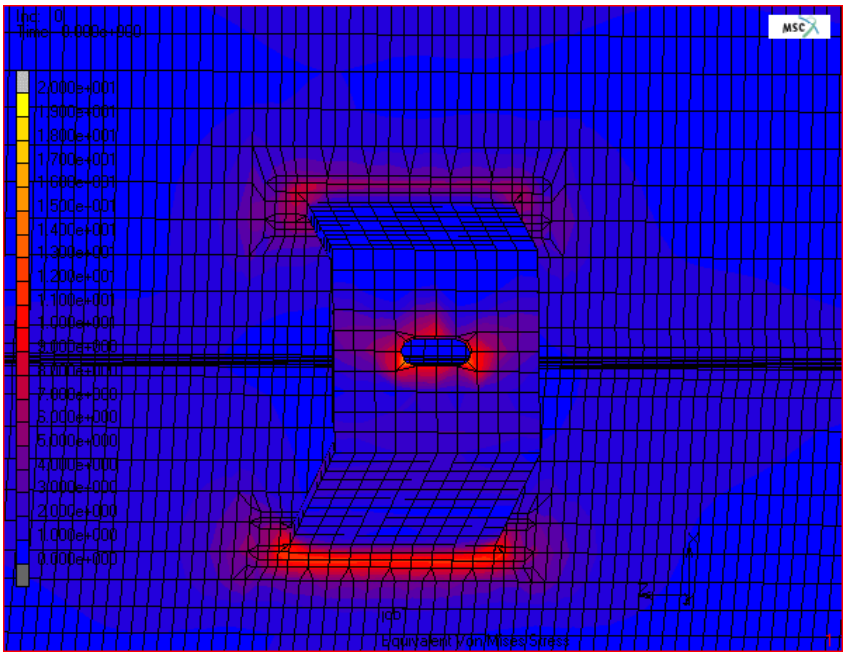
Az összehasonlító feszültségek a tartály belső felületén 2-3 MPa értékkel kisebbek, mint a külső felületeknél (**3.23 ábra** és **3.24 ábra**).



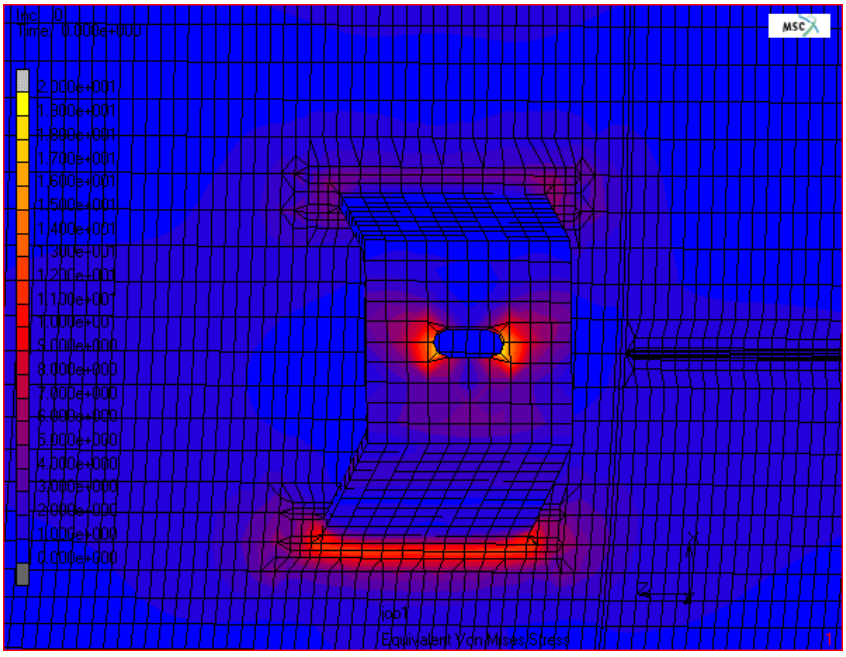
3.19 ábra
A tartály elmozdulásai oldalnézetben 1000 szeres nagyítással



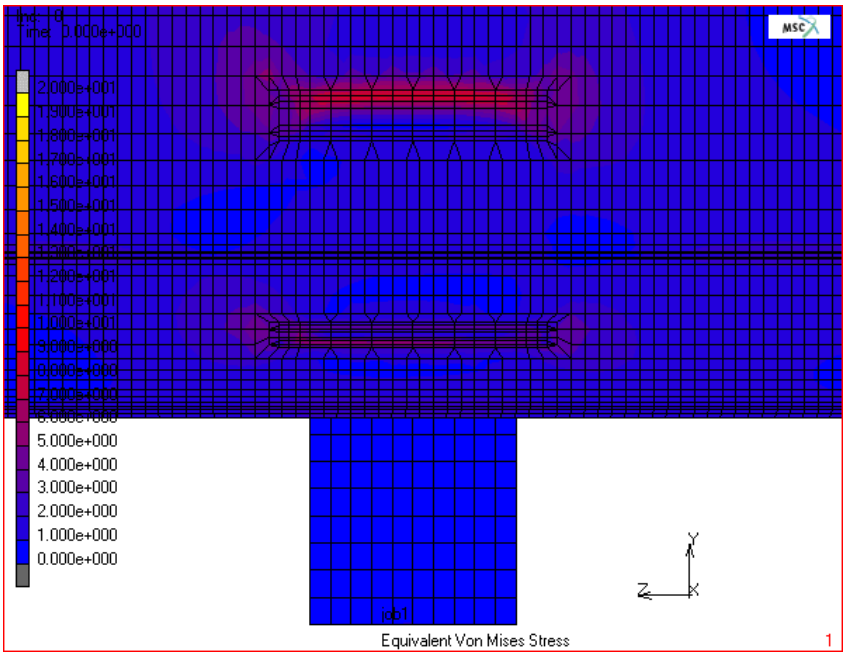
3.20 ábra
A tartály elmozdulásai elölnézetben 1000 szeres nagyítással



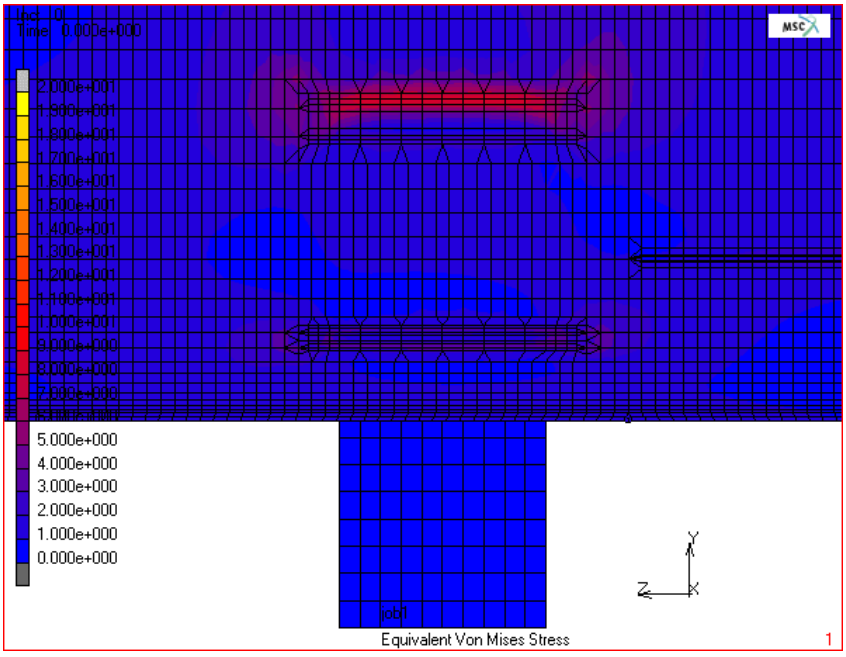
3.21 ábra
A σ_i összehasonlító feszültségek képe baloldali első láb környezetében kívülről, alulról



3.22 ábra
A σ_i összehasonlító feszültségek képe baloldali hátsó láb környezetében kívülről, alulról



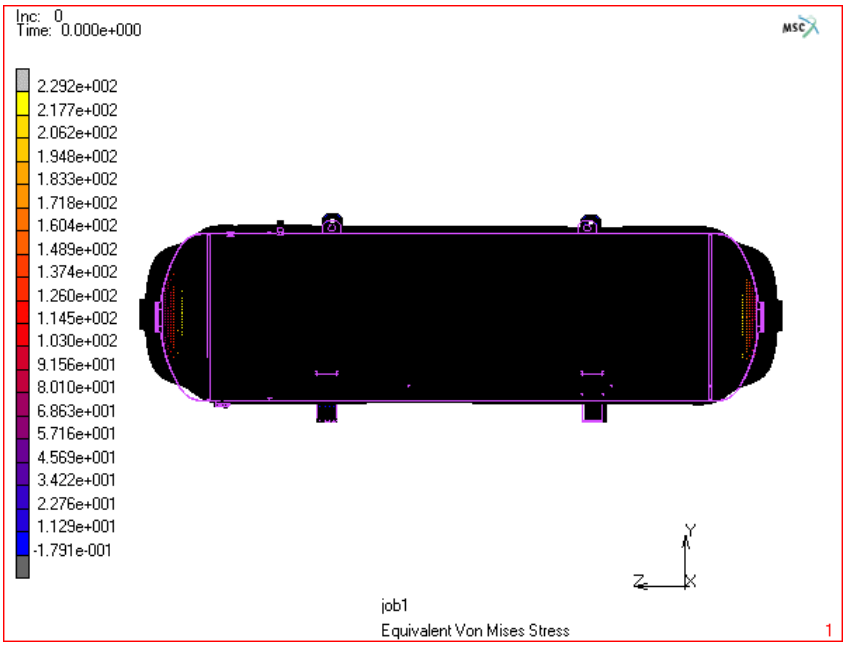
3.23 ábra
A σ_i összehasonlító feszültségek képe baloldali első láb környezetében a tartály belsejében



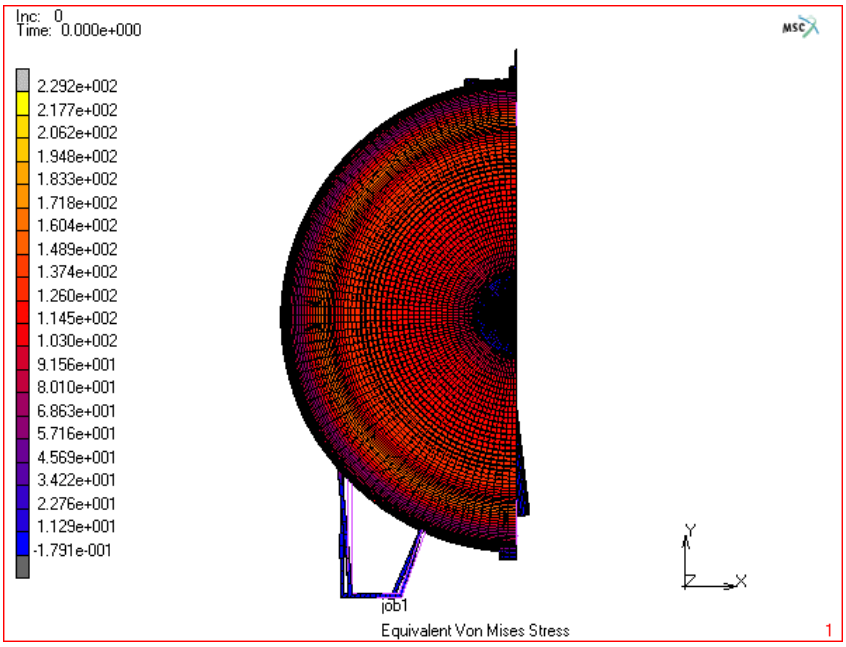
3.24 ábra
A σ_i összehasonlító feszültségek képe baloldali hátsó láb környezetében a tartály belsejében

3.5.2. A tartály igénybevétele gáznyomás és 10% töltöttség feltételezésével

A 10% magas folyékony gázzal és a 13 bar belső gáznyomással terhelt tartály elmozdulásainak 100 szoros felnagyításával a tartály alakjának megváltozását oldalnézetben a **3.25 ábra** és elölnézetben a **3.26 ábra** szemlélteti.



3.25 ábra
A 10% magasan töltött tartály elmozdulásai oldalnézetben 100 szoros nagyítással

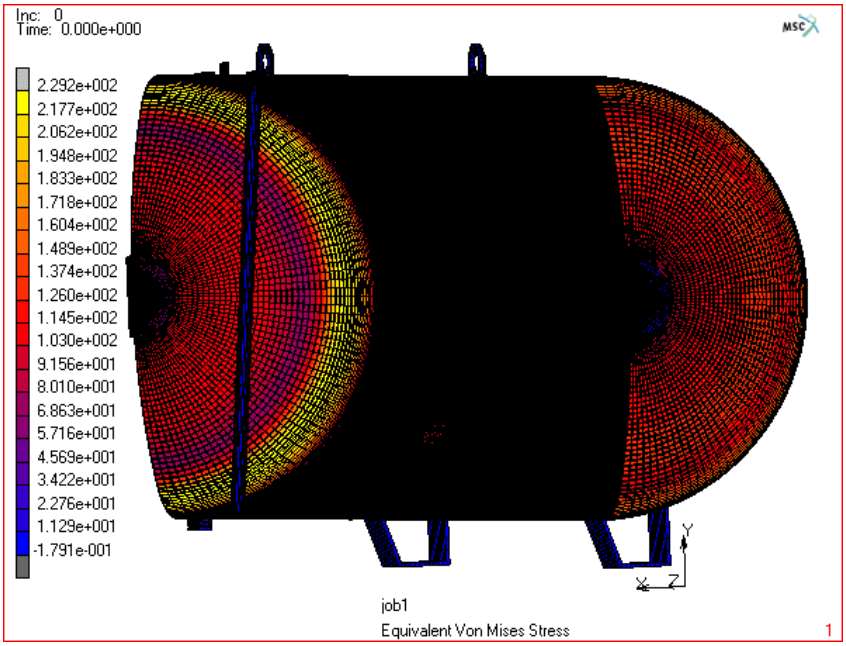


3.26 ábra
A 10% magasan töltött tartály elmozdulásai elölnézetben 100 szoros nagyítással

A tartály deformációja a13 bar belső nyomás miatt lényegesen megváltozott.
Az elmozdulások (3.25 ábra és 3.26 ábra) egy nagyságrenddel megnőttek és a tartály belső méretei nagyobbak lettek.
A tartály legnagyobb feszültségértékei a fedelek belső felületénél jelentkeztek (a 45° palástszög környezetében). A maximális egyenértékű feszültség (**3.27 ábra**): 229 MPa.
A köpeny és a fenékfelületek egyenértékű feszültségértékeit kigyűjtve az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat
A 10% töltöttségű gáztartály feszültségértékei

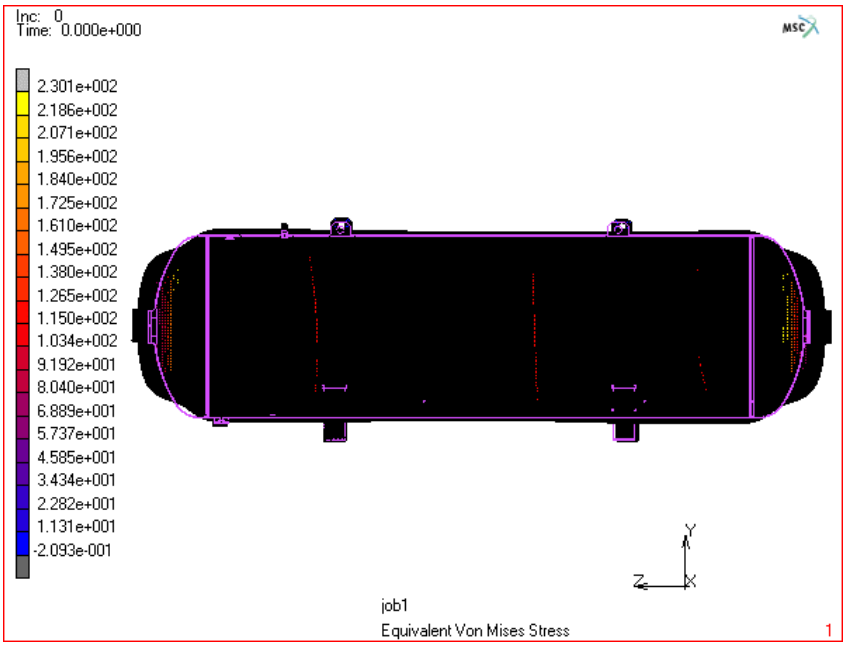
Helyjelölés			σ_i [MPa]
Köpeny	Belül	Felül	117
Köpeny	Belül	Középen	117
Köpeny	Belül	Alul	118
Köpeny	Kívül	Felül	116
Köpeny	Kívül	Középen	116
Köpeny	Kívül	Alul	116
Fenék	Belül	Felül	229
Fenék	Belül	Középen	228
Fenék	Belül	Alul	228
Fenék	Kívül	Felül	153
Fenék	Kívül	Középen	153
Fenék	Kívül	Alul	153



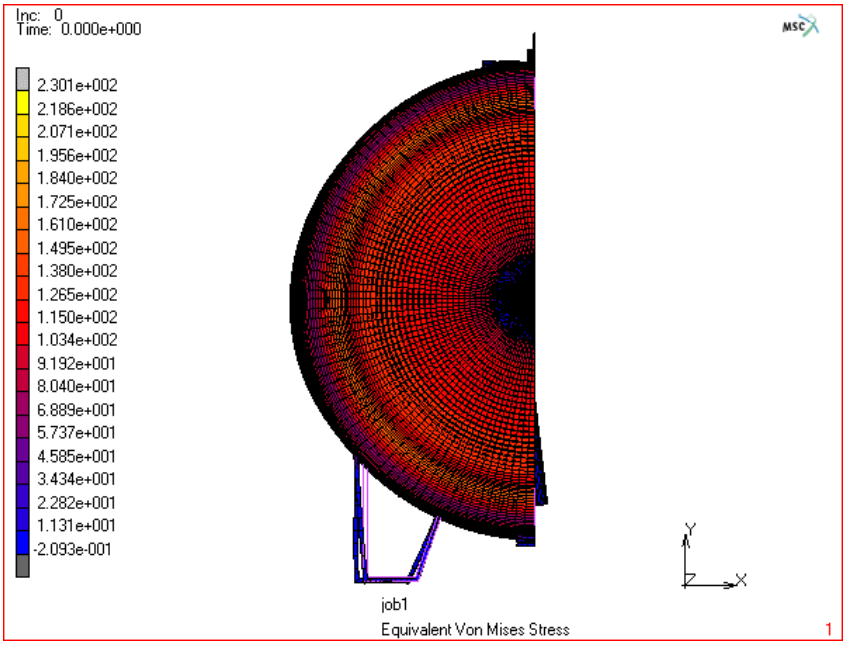
3.27 ábra
A 10%-ban töltött tartály σ_i feszültségei

3.5.3. A tartály igénybevétele gáznyomás és 85% töltöttség feltételezésével

A 78,75% magasságú (85%-ban) folyékony gázzal töltött- és a 13 bar belső gáznyomással terhelt tartály elmozdulásainak 100 szoros felnagyításával a tartály alakjának megváltozását oldalnézetben a **3.28 ábra** és elölnézetben a **3.29 ábra** szemlélteti.

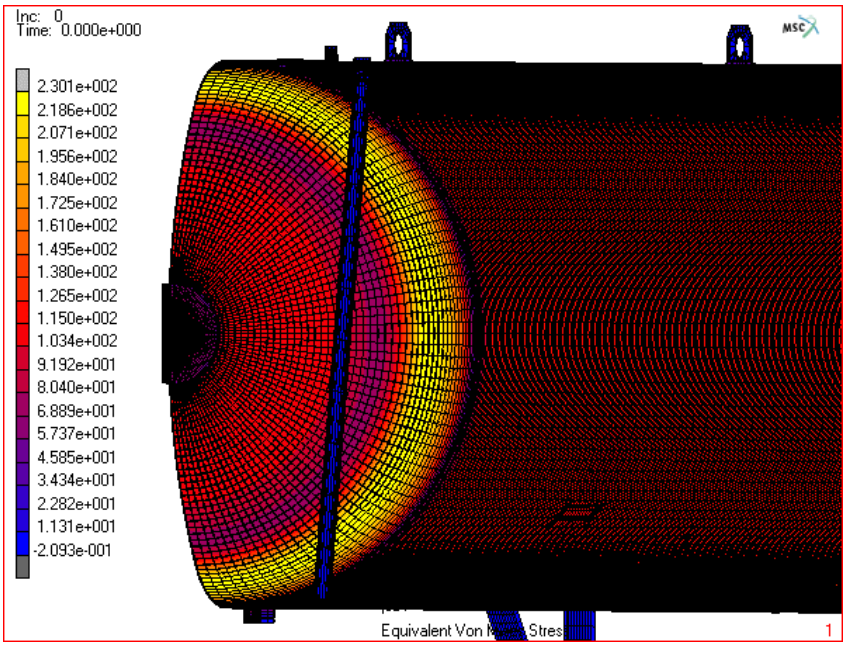


3.28 ábra
A 85%-ra töltött tartály elmozdulásai oldalnézetben 100 szoros nagyítással



3.29 ábra
A 85%-ra töltött tartály elmozdulásai elölnézetben 100 szoros nagyítással

A tartály deformációja a13 bar belső nyomás miatt hasonló a 10%-ban töltött tartályéhoz.
A tartály legnagyobb feszültségértékei a fedelek belső felületénél jelentkeztek (a 45° palástszög környezetében). A maximális egyenértékű feszültség (**3.30 ábra**): 230,1 MPa.
A köpeny és a fenékfelületek egyenértékű feszültségértékeit kigyűjtve az **2. táblázat** tartalmazza.



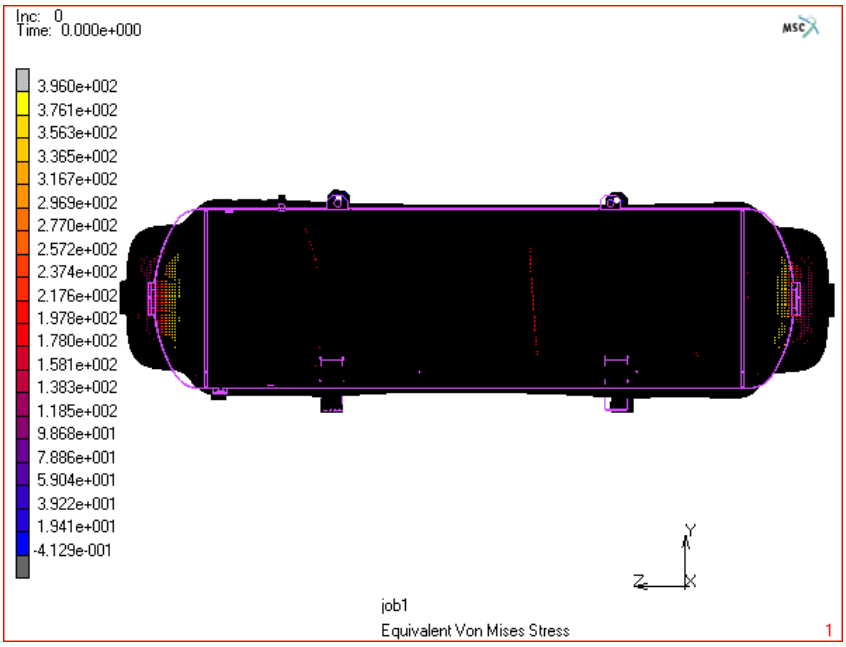
3.30 ábra
A 85%-ra töltött tartály elmozdulásai elölnézetben 100 szoros nagyítással

2. táblázat
A 85% töltöttségű gáztartály feszültségértékei

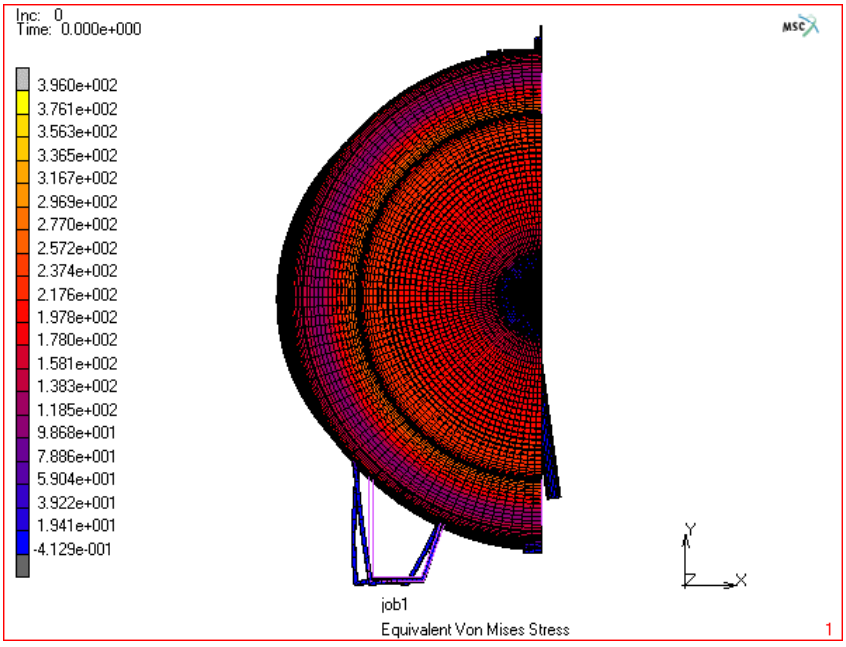
Helyjelölés			σ_i [MPa]
Köpeny	Belül	Felül	118
Köpeny	Belül	Középen	117
Köpeny	Belül	Alul	116
Köpeny	Kívül	Felül	115
Köpeny	Kívül	Középen	117
Köpeny	Kívül	Alul	116
Fenék	Belül	Felül	229
Fenék	Belül	Középen	228
Fenék	Belül	Alul	228
Fenék	Kívül	Felül	152
Fenék	Kívül	Középen	154
Fenék	Kívül	Alul	152

3.5.4. A tartály igénybevétele 100% töltöttség és víznyomás feltételezésével

A nyomáspróbák alkalmával 100%-ban vízzel töltött- és a 22,3 bar belső víznyomással terhelt tartály elmozdulásainak 100 szoros felnagyításával a tartály alakjának megváltozását oldalnézetben a **3.31 ábra** és elölnézetben a **3.32 ábra** szemlélteti.

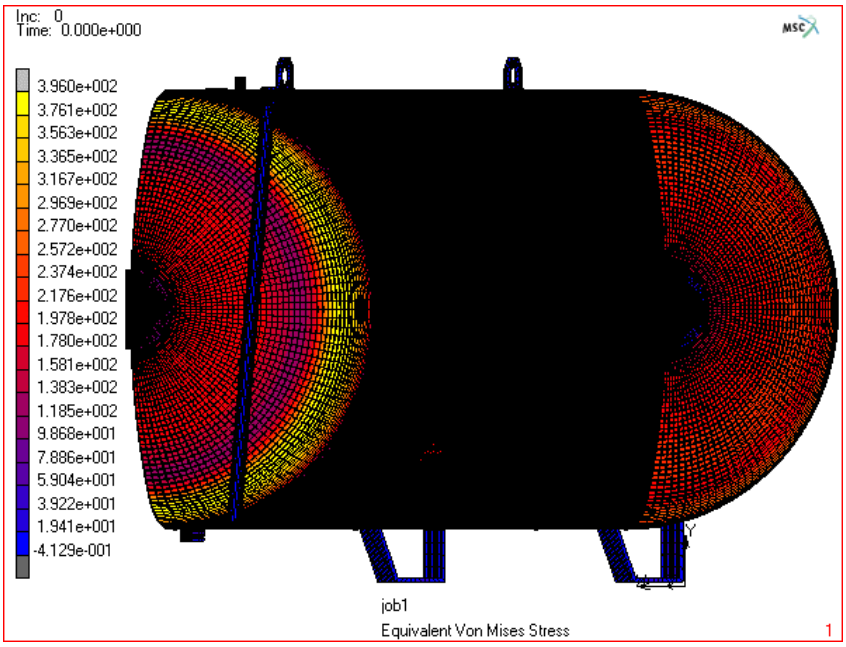


3.31 ábra
A vízzel töltött tartály elmozdulásai oldalnézetben 100 szoros nagyítással



3.32 ábra
A vízzel töltött tartály elmozdulásai elölnézetben 100 szoros nagyítással

A tartály deformációja a 13 bar-ról 22,3 bar-ra történő belső nyomásnövekedés miatt lényegesen nagyobb, mint a gázzal töltött tartályoké.
A tartály legnagyobb feszültségértékei a fedelek belső felületénél jelentkeztek (a 45° palástszög környezetében). A maximális egyenértékű feszültség (**3.33 ábra**): 396 MPa.



3.33 ábra
A vízzel töltött tartály σ_i feszültségei

A köpeny és a fenékfelületek egyenértékű feszültségértékeit kigyűjtve az **3. táblázat** tartalmazza.

3. táblázat
A vízzel töltött és 22,3 bar nyomású tartály feszültségértékei

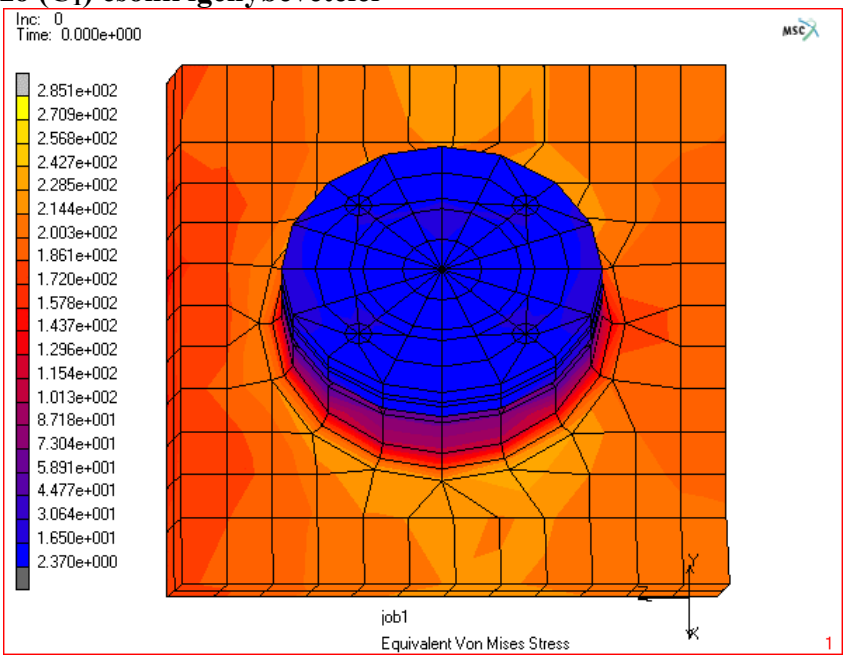
Helyjelölés			σ_i [MPa]
Köpeny	Belül	Felül	202
Köpeny	Belül	Középen	200
Köpeny	Belül	Alul	199
Köpeny	Kívül	Felül	198
Köpeny	Kívül	Középen	201
Köpeny	Kívül	Alul	199
Fenék	Belül	Felül	392
Fenék	Belül	Középen	396
Fenék	Belül	Alul	391
Fenék	Kívül	Felül	263
Fenék	Kívül	Középen	265
Fenék	Kívül	Alul	261

A vízzel nyomott tartályban a 22,3/13 = 1,715 szeres nyomásnövekedés hatására a maximális egyenértékű feszültség a köpenynél 200/117 = 1,709 szeresére, a fenéknél 396/229 = 1,729 szeresére növekedett.

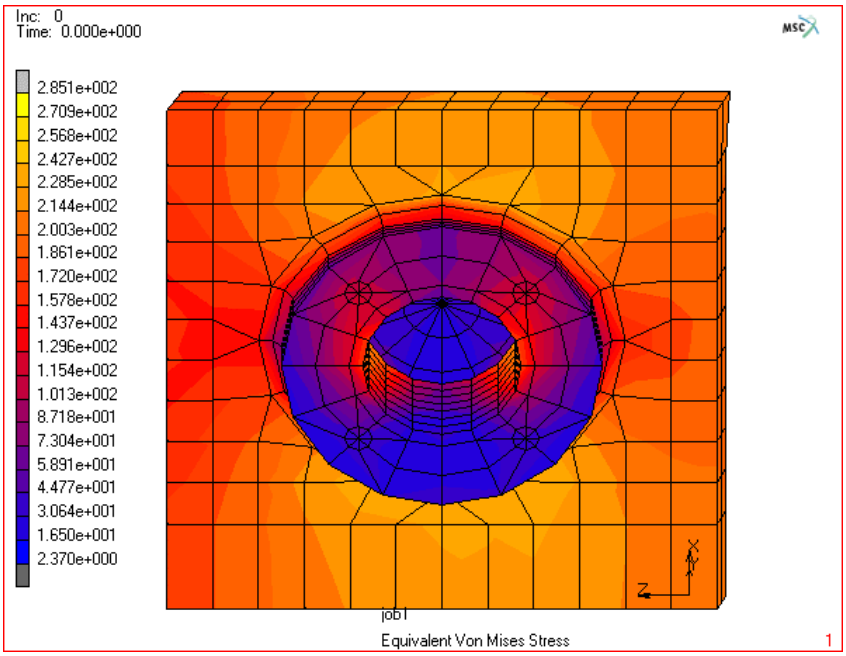
4. A gáztartály kritikus szerkezeti egységeinek igénybevételei

A gáztartály kritikus szerkezeti egységei a gáztartályon elhelyezkedő lábak és csonkok valamint a kör- és hosszvarratok.
A gáztartály kritikus szerkezeti egységeinek elemzését a legnagyobb terhelésű (a vízzel töltött, 22,3 bar próbanyomású) állapotban végezzük el.

4.1. A szintjelző (C_1) csonk igénybevételei



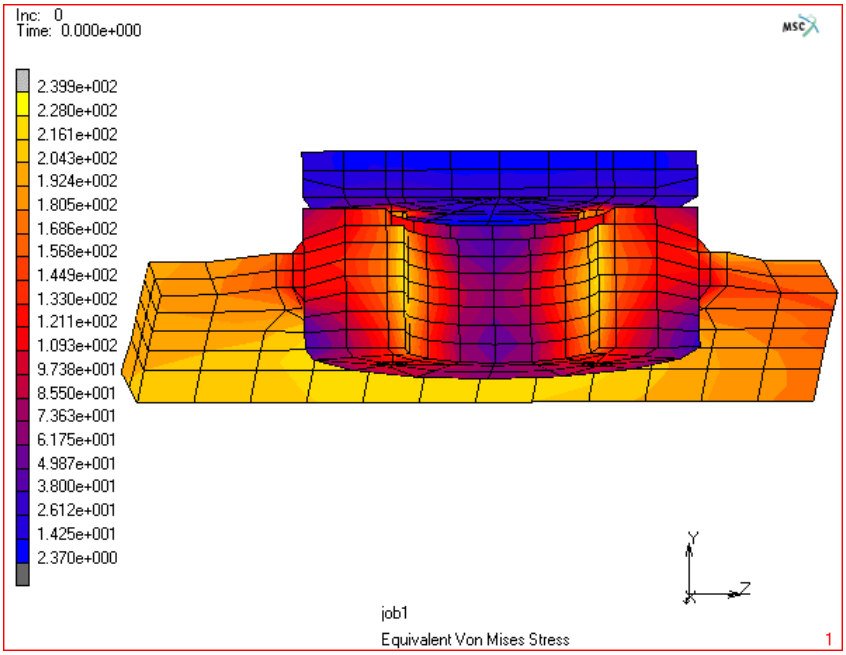
4.1 ábra
A szintjelző csonk (C_1) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe felülről



4.2 ábra
A szintjelző csonk (C_1) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe alulról

A szintjelző (C_1) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit kívülről, felülről a **4.1 ábra** szemlélteti.

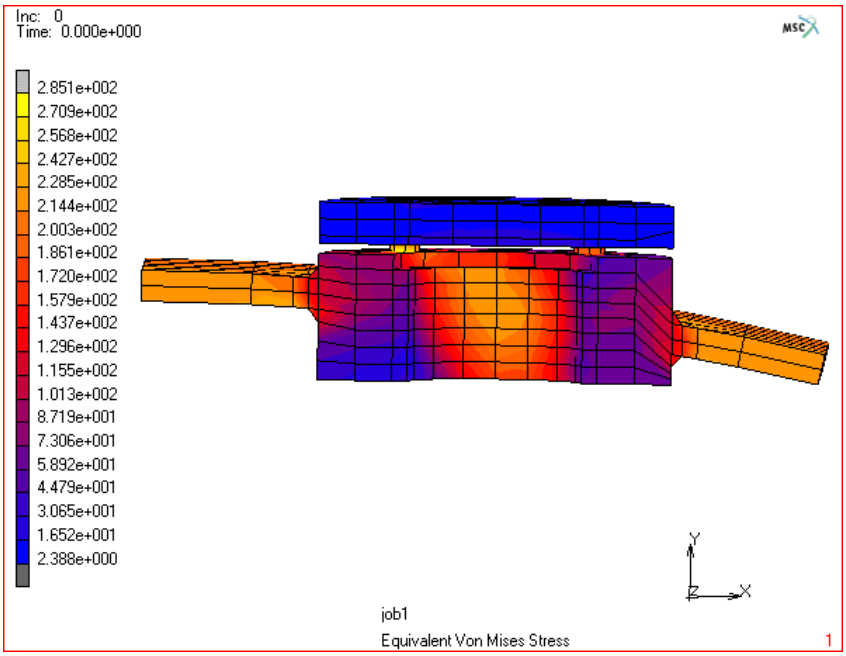
A szintjelző (C_1) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit belülről, alulról az **4.2 ábra** mutatja be.



4.3 ábra

A szintjelző csonk (C_1) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-Z síkmetszetnél

A szintjelző (C_1) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a Z síkkal középen elmetszett állapotban a **4.3 ábra** mutatja be. A furat bal oldalán σ_i = 230 MPa. A jobb oldalán σ_i = 223 MPa.



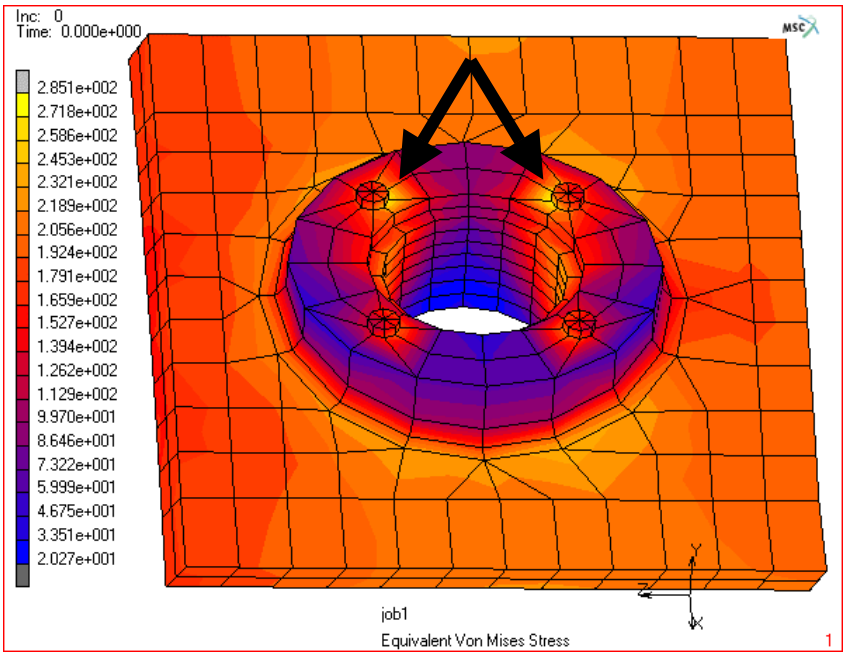
4.4 ábra

A szintjelző csonk (C_1) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-X síkmetszetnél

A **4.4 ábra** a szintjelző (C_1) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és az X síkkal középen elmetszett állapotban ábrázolja.

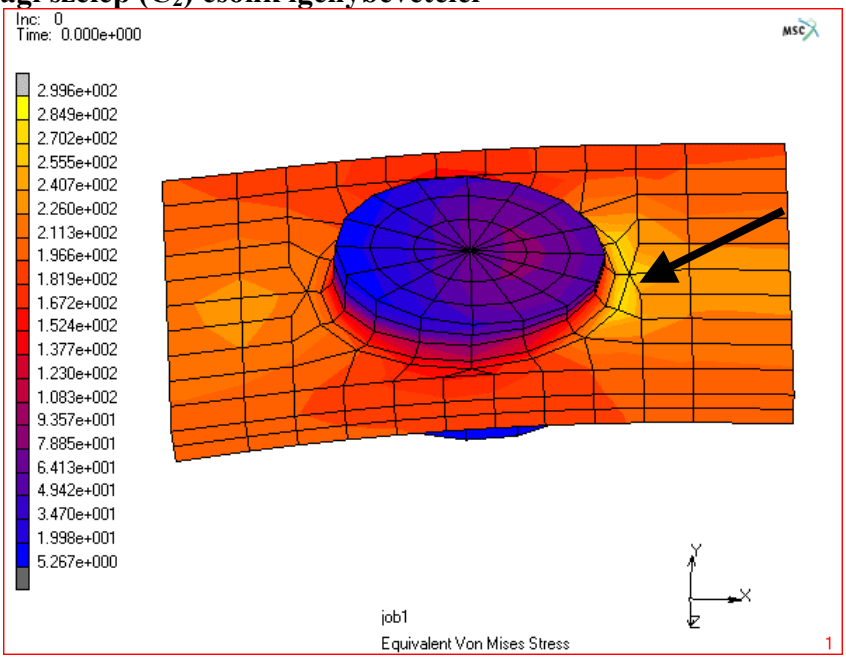
A **4.5 ábra** a szintjelző (C_1) csonknál azt a környezetet mutatja be, ahol az egyenértékű feszültség maximuma látható. Ez a környezet a tartály tetejéhez közelebb eső két csavar tövé-

nél van. (A helyekre az ábrában a nyilak mutatnak.) A jobb oldalon σ_i = 285 MPa, a bal oldalon σ_i =278 MPa.

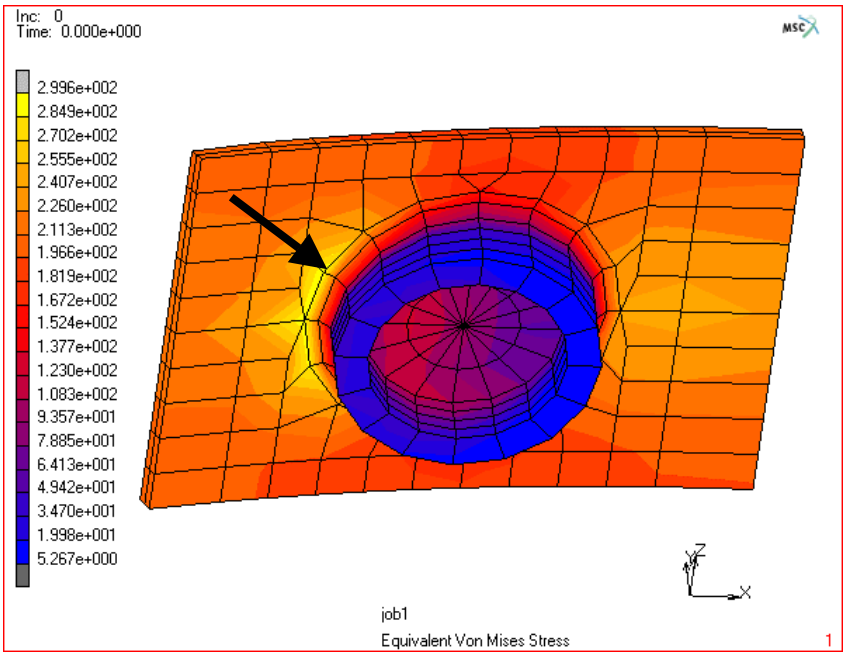


4.5 ábra
A szintjelző csonk (C_1) maximális σ_i egyenértékű feszültségei a csavarok tövénél

4.2. A biztonsági szelep (C_2) csonk igénybevételei



4.6 ábra
A biztonsági szelep csonk (C_2) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe felülről



4.7 ábra

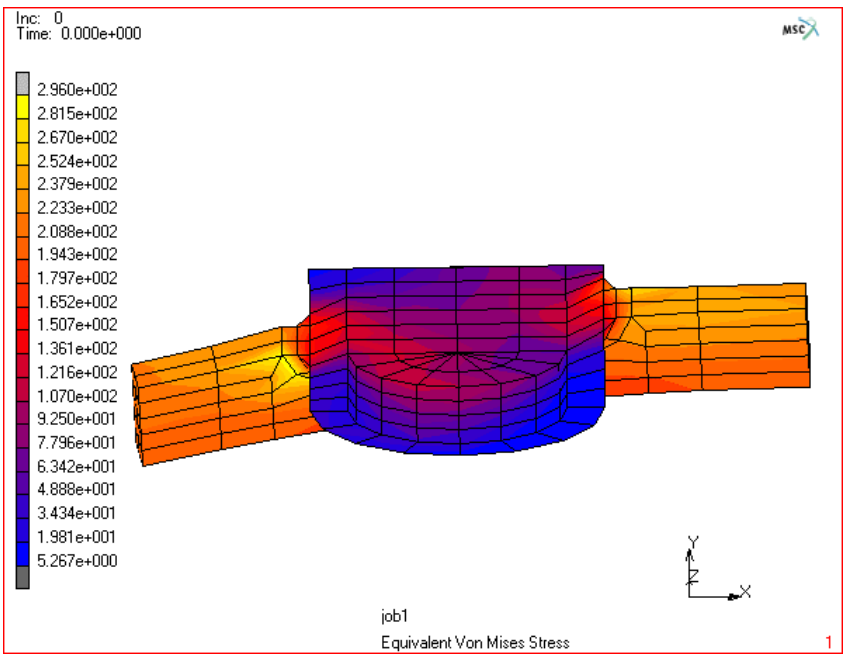
A biztonsági szelep csonk (C_2) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe alulról

A biztonsági szelep (C_2) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit kívülről, felülről a **4.6 ábra** szemlélteti.

A legnagyobb egyenértékű feszültség a külső felületen a nyíllal jelzett helyen (4.6 ábra): 284 MPa.

A biztonsági szelep (C_2) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit belülről, alulról az **4.7 ábra** mutatja be.

A legnagyobb egyenértékű feszültség a belső felületen a nyíllal jelzett helyen (4.7 ábra): 296 MPa.

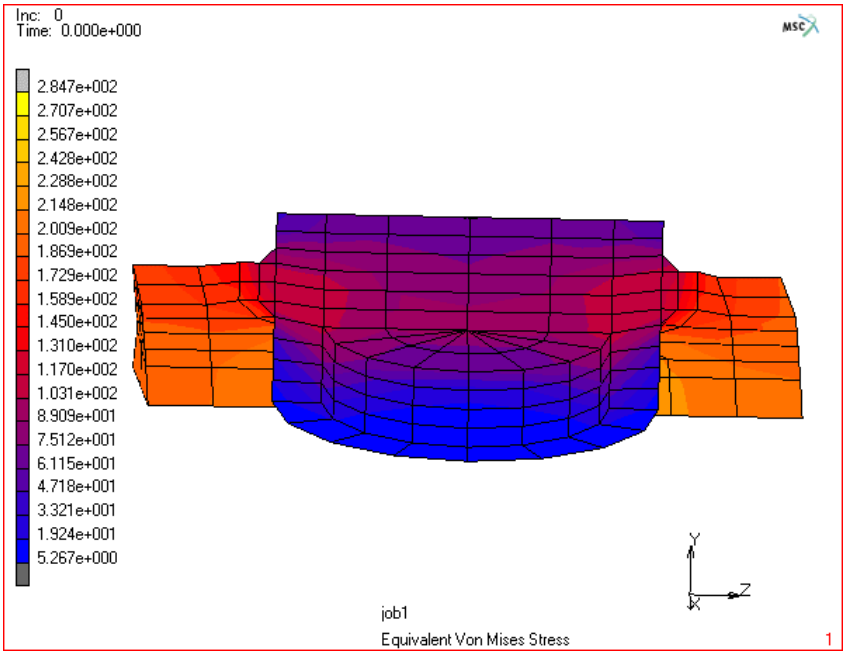


4.8 ábra

A biztonsági szelep csonk (C_2) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-X síkmetszetnél

A biztonsági szelep (C_2) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a X síkkal középen elmetszett állapotban a **4.8 ábra** mutatja be.

A biztonsági szelep (C_2) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a Z síkkal középen elmetszett állapotban a **4.9 ábra** szemlélteti.



4.9 ábra
A biztonsági szelep csonk (C_2) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-Z síkmetszetnél

4.3. A folyadék elvétel (C_3) csonk igénybevételei

A folyadék elvétel (C_3) csonkból kiinduló csődarab vége (**4.10 ábra**) és a tartály alja közötti távolság 10 mm.

A folyadék elvétel (C_3) csonkból kiinduló csődarab kívül és belül is ugyanakkora (22,3 bar) belső nyomással terhelt. Ezért csővezetékben jelentős mértékű feszültség nem ébred.

A folyadék elvétel (C_3) csonk külső felületének egyenértékű feszültségeit a **4.11 ábra** mutatja be. A csonknál a maximális feszültség helyét a nyíl mutatja. Értéke: 266 MPa.

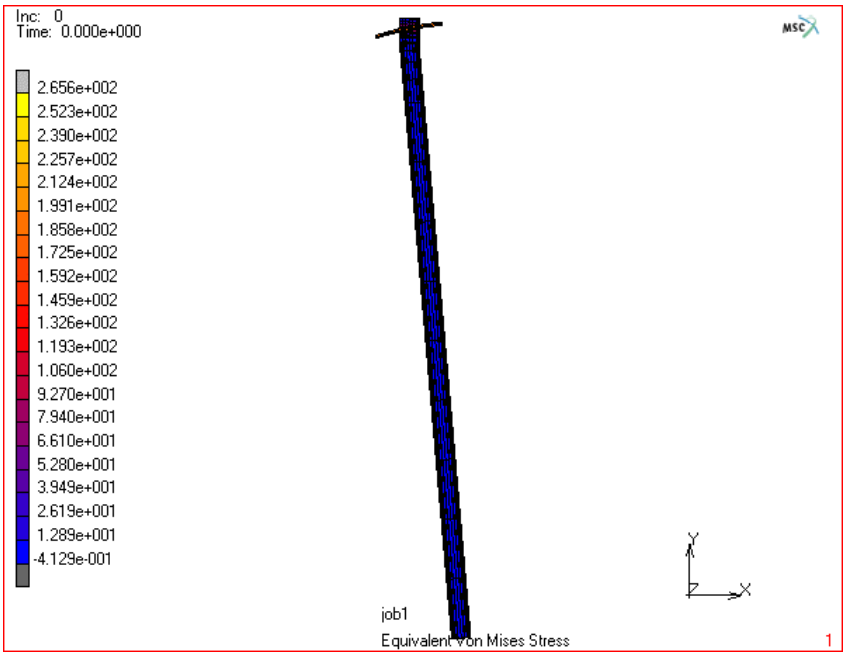
A túloldali egyenértékű feszültség értéke: 264 MPa.

A folyadék elvétel (C_3) csonk belső felületének egyenértékű feszültségeit a **4.12 ábra** mutatja be. A csonknál a maximális feszültség helyét a nyíl mutatja. Értéke: 253 MPa.

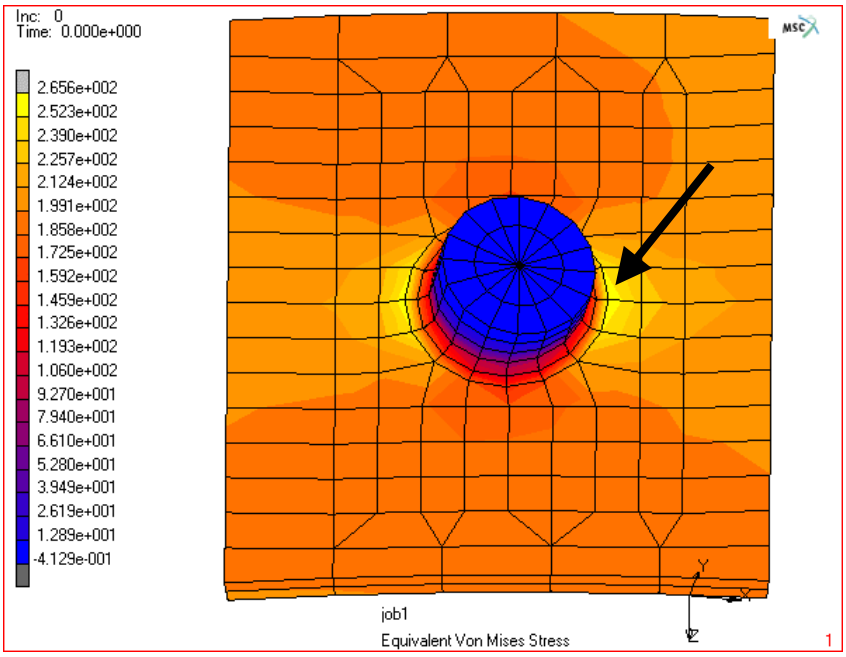
A túloldali egyenértékű feszültség értéke: 252 MPa.

A folyadék elvétel (C_3) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a X síkkal középen elmetszett állapotban a **4.8 ábra** mutatja be.

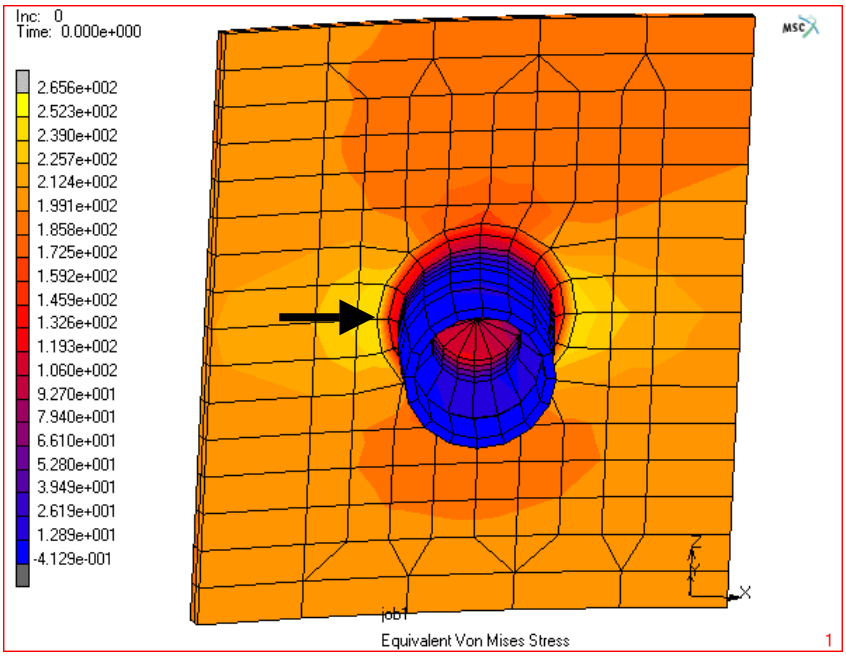
A folyadék elvétel (C_3) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a Z síkkal középen elmetszett állapotban a **4.9 ábra** szemlélteti.



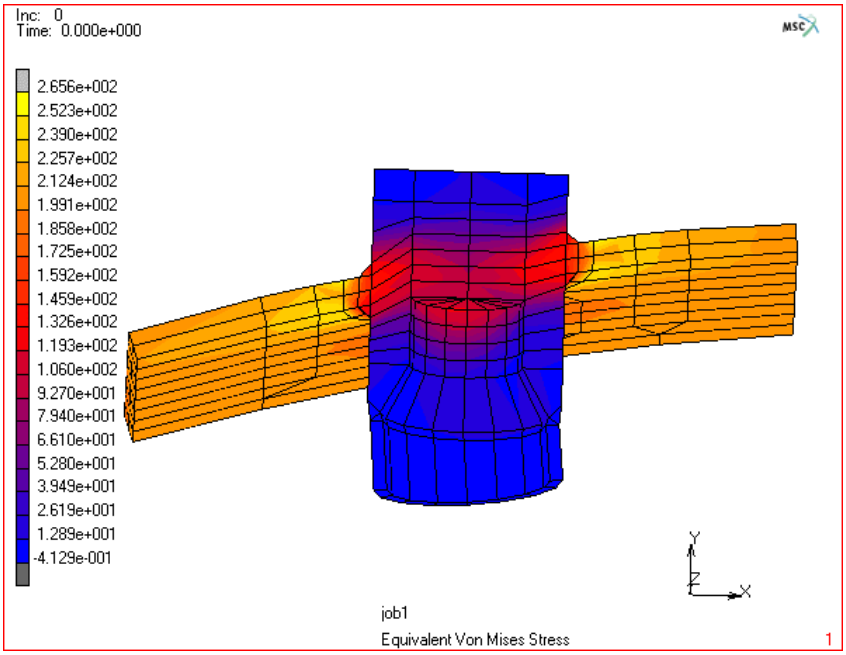
4.10 ábra
A folyadék elvétel (C_3) csonk csővezetékdarabjának képe



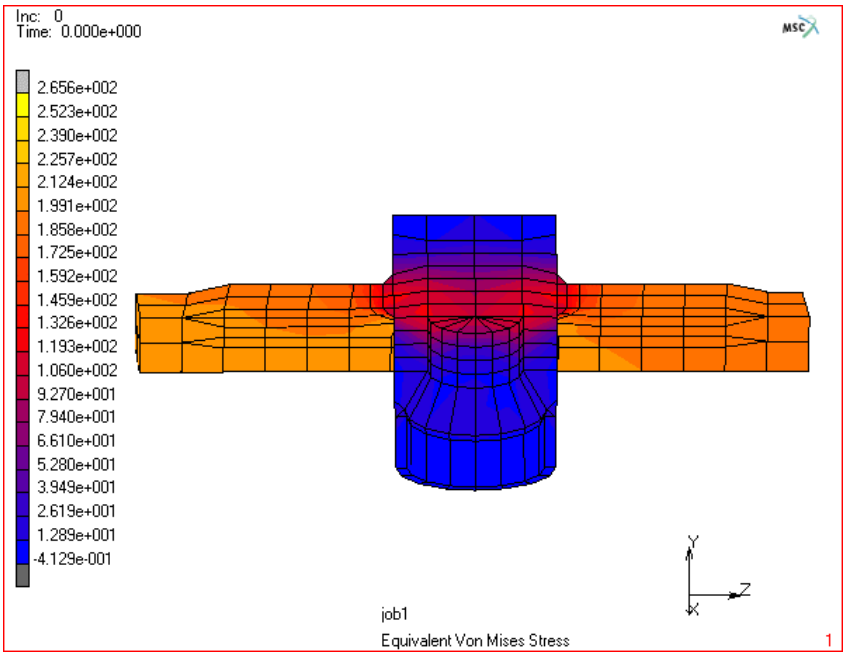
4.11 ábra
A folyadék elvétel (C_3) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről



4.12 ábra
A folyadék elvétel (C_3) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről



4.13 ábra
A folyadék elvétel (C_3) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-X síkmetszetnél

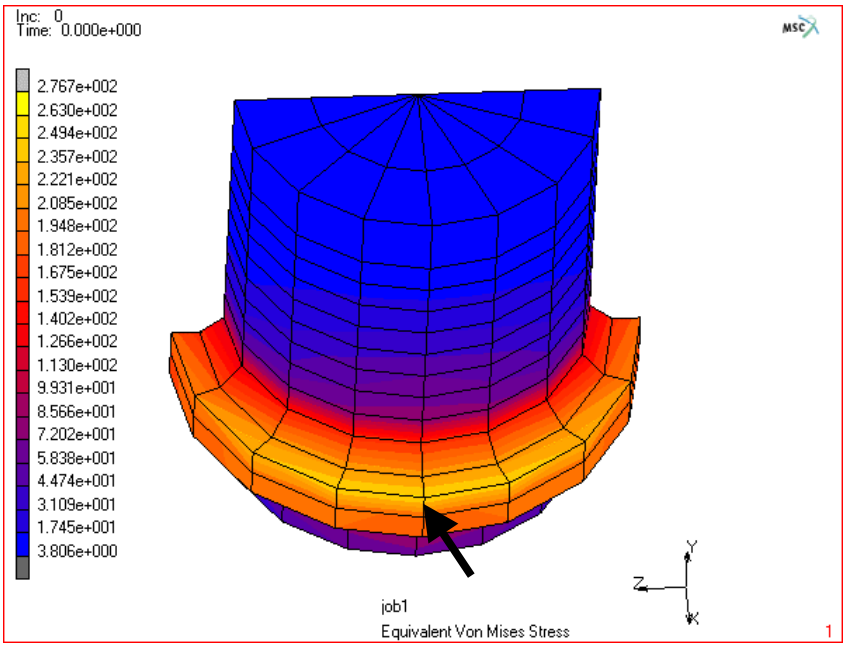


4.14 ábra

A folyadék elvétel (C_3) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-Z síkmetszetnél

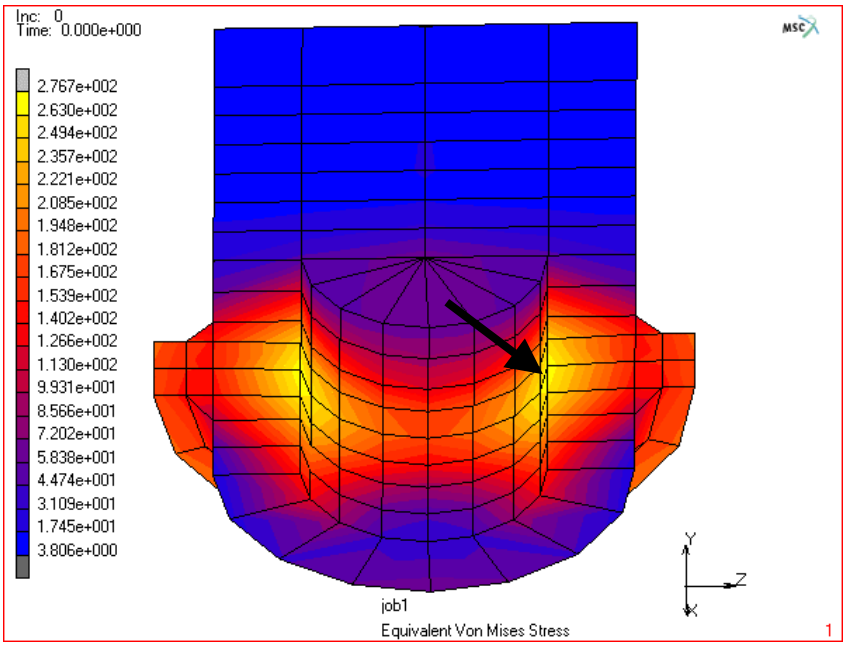
4.4. A gázelvétel (C_4) csonk igénybevételei

A gázelvétel (C_4) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit kívülről, felülről a **4.15 ábra** szemlélteti. A nyíllal jelölt helyen van a maximális egyenértékű feszültség, melynek értéke 252 MPa.



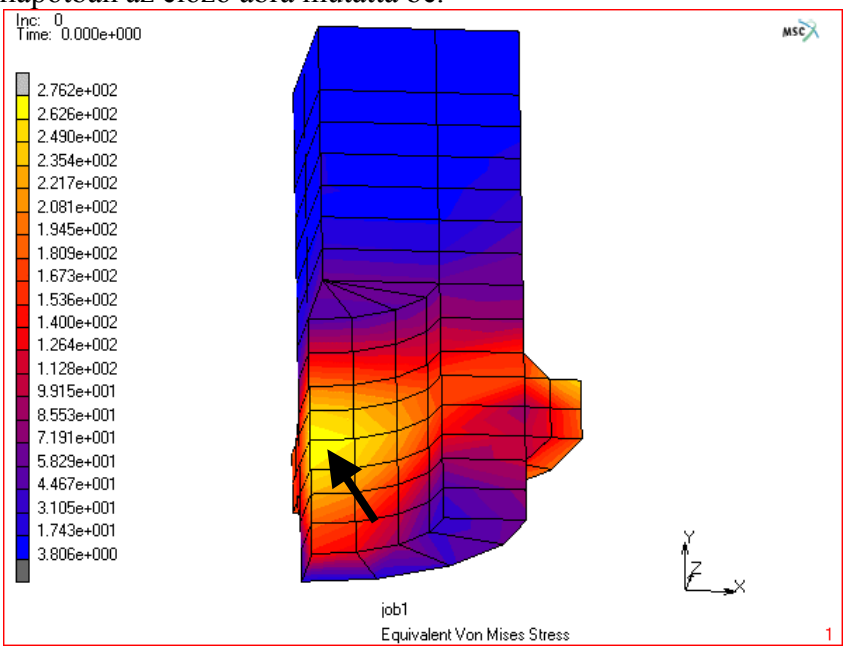
4.15 ábra

A gázelvétel csonk (C_4) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről, felülről



4.16 ábra
A gázelvétel csonk (C_4) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről, alulról

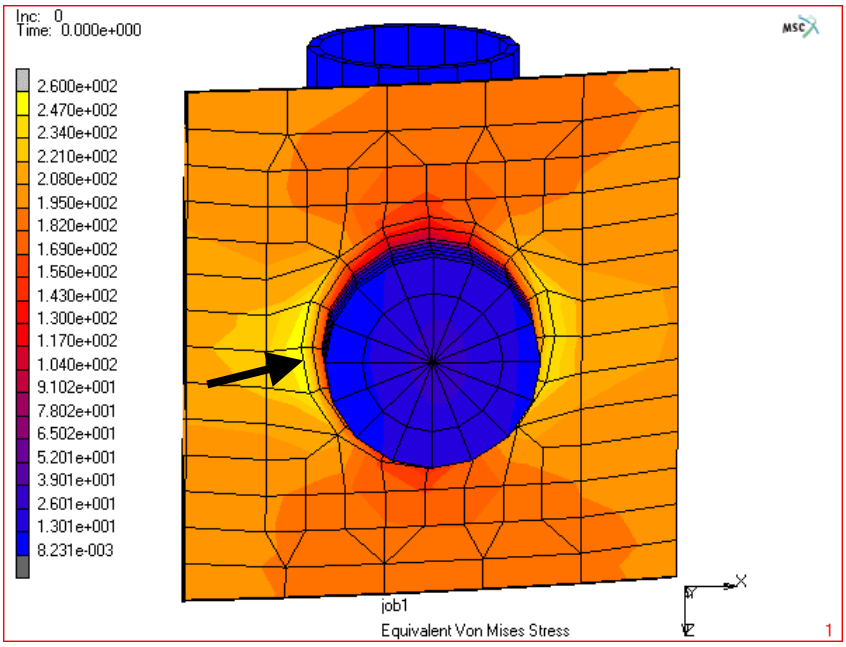
A gázelvétel (C_4) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit belülről, alulról a **4.16 ábra** szemlélteti. A nyíllal jelölt helyen van a maximális egyenértékű feszültség, melynek értéke: 277 MPa.
A gázelvétel (C_4) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a Z síkkal középen elmetszett állapotban az előző ábra mutatta be.



4.17 ábra
A gázelvétel csonk (C_4) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az Y-X síkmetszetnél

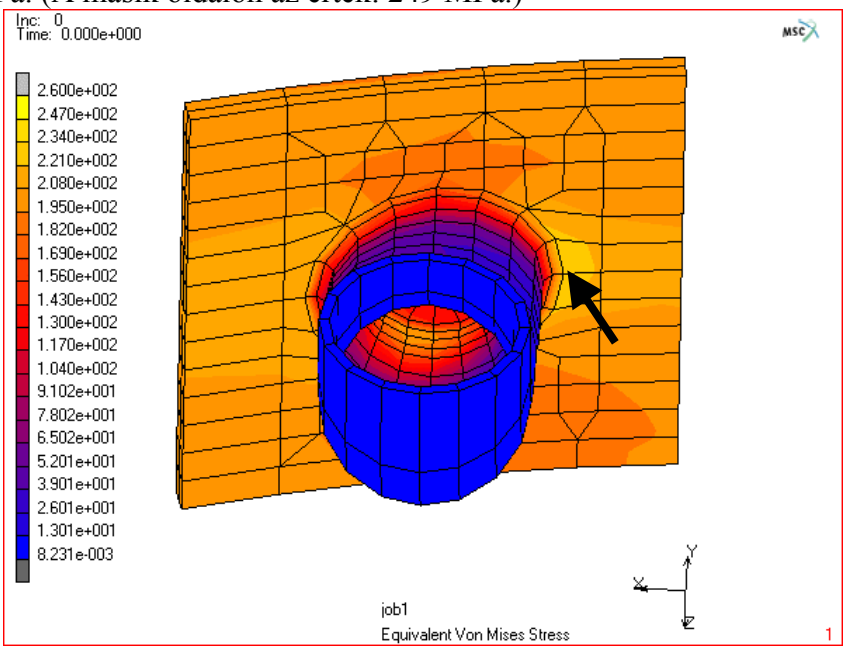
A **4.17 ábra** a gázelvétel csonk (C_4) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és az X síkkal középen is elmetszett állapotban ábrázolja.
A maximális egyenértékű feszültség értéke: 276 MPa.

4.5. A folyadéktöltő (C_5) csonk igénybevételei



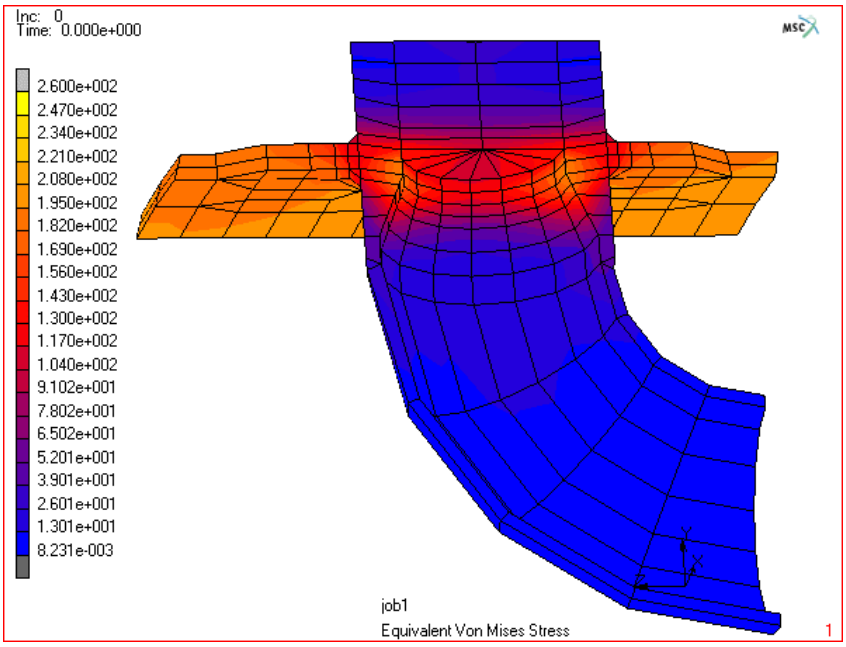
4.18 ábra
A folyadéktöltő csonk (C_5) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe felülről

A folyadéktöltő (C_5) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit kívülről, felülről a **4.18 ábra** szemlélteti. A nyíllal jelölt helyen van a maximális egyenértékű feszültség, melynek értéke 260 MPa. (A másik oldalon az érték: 249 MPa.)



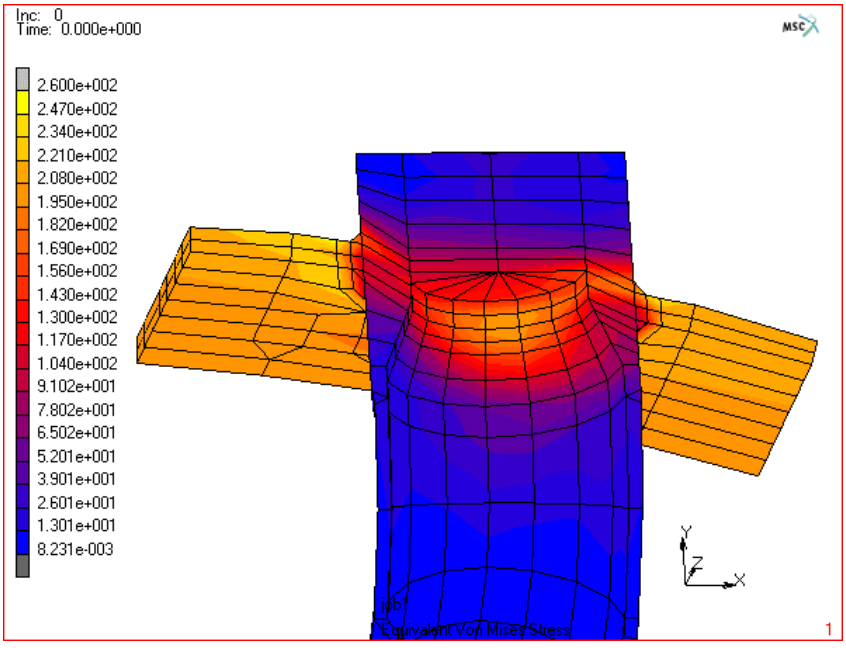
4.19 ábra
A folyadéktöltő csonk (C_5) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe alulról

A folyadéktöltő (C_5) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit belülről, alulról a **4.19 ábra** szemlélteti. A nyíllal jelölt helyen az egyenértékű feszültség értéke 231 MPa.
A folyadéktöltő (C_5) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és a Z síkkal középen elmetszett állapotban az **4.20 ábra** mutatja be.



4.20 ábra
A folyadéktöltő csonk (C_5) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe Y-Z síkmetszetnél

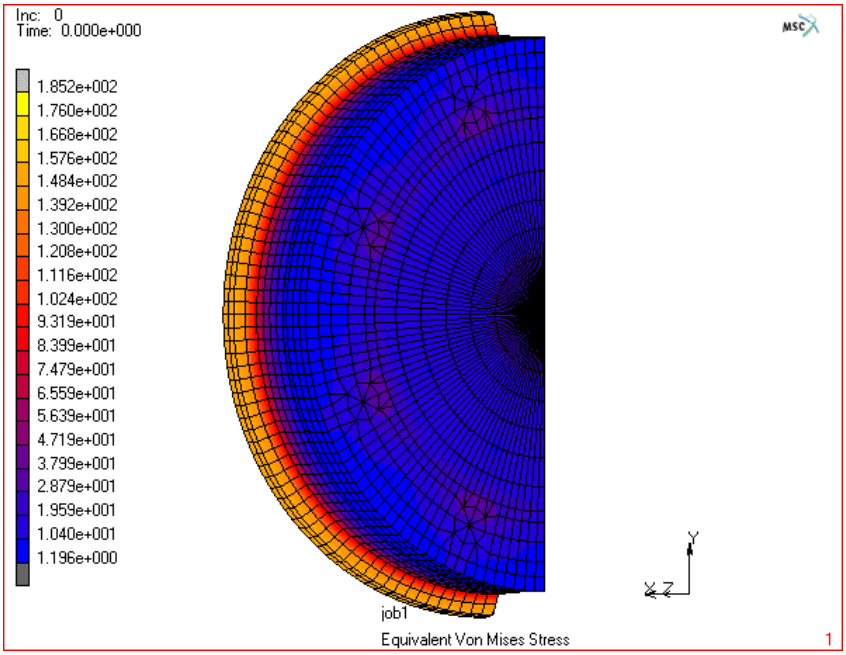
Az **4.21 ábra** a folyadéktöltő (C_5) csonk és környezete egyenértékű feszültségeit az Y és az X síkkal középen elmetszett állapotban ábrázolja.



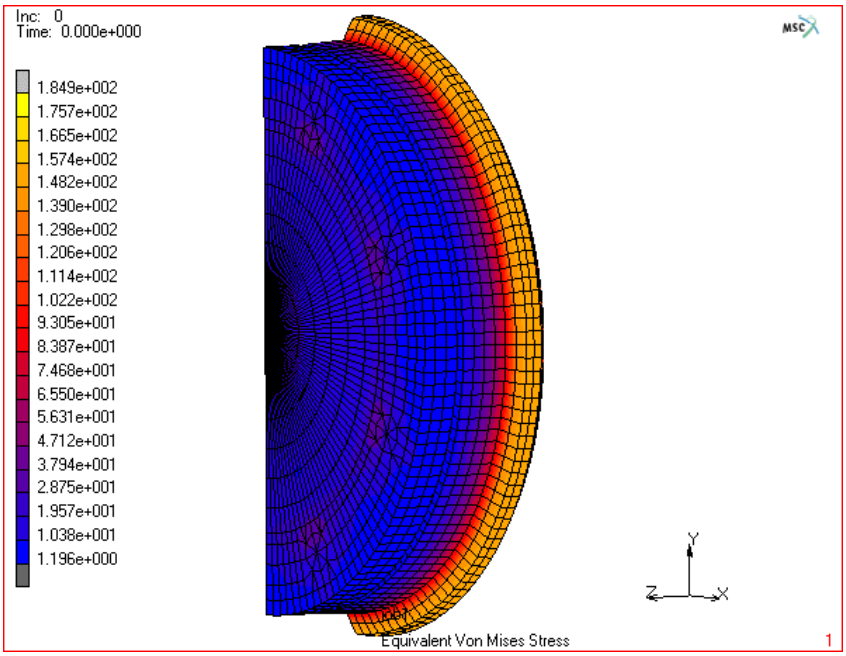
4.21 ábra
A folyadéktöltő csonk (C_5) σ_i egyenértékű feszültségeinek képe Y-X síkmetszetnél

4.6. A vizsgáló (C_6) csonk igénybevételei

Az hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit a külső felületen a **4.22 ábra** szemlélteti. A maximális feszültség értéke a külső felületen: alul és felül 156 MPa, oldalt 155 MPa.



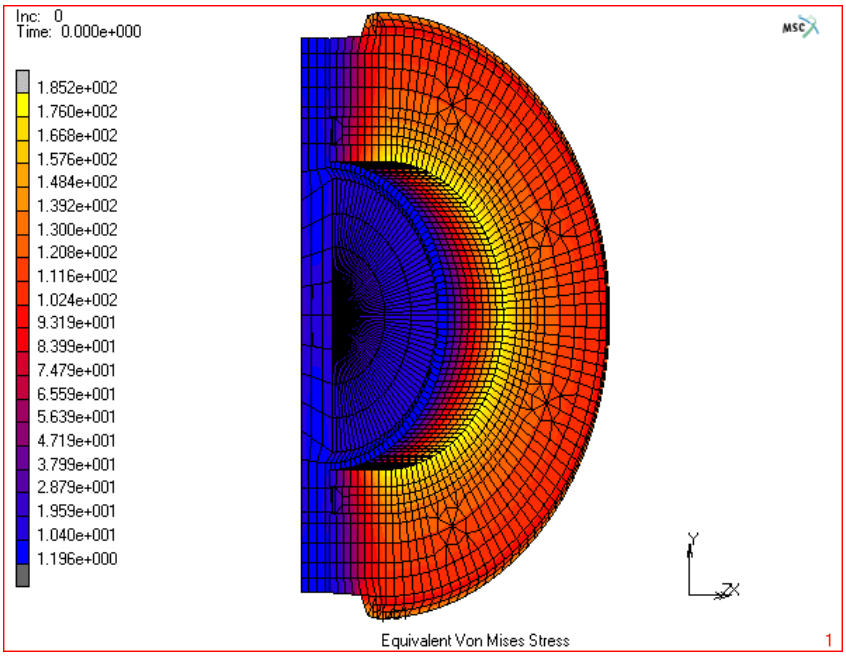
4.22 ábra
A hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i feszültségeinek elhelyezkedése kívül



4.23 ábra
Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről

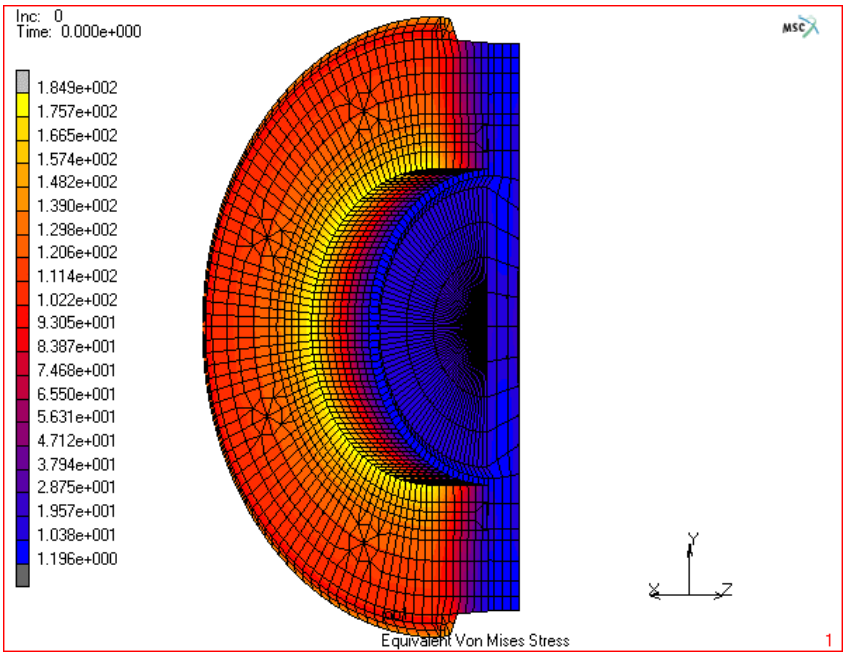
Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit a külső felületen a **4.23 ábra** mutatja be. A maximális feszültség értéke a külső felületen: alul és felül 156 MPa, oldalt 155 MPa.

A hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit a belső felületen a **4.24 ábra** szemlélteti. A maximális σ_i egyenértékű feszültség értéke a belső ív mentén alul a legnagyobb: 185,2 MPa. Felül 185,1MPa, oldalt 183 MPa.



4.24 ábra
A hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

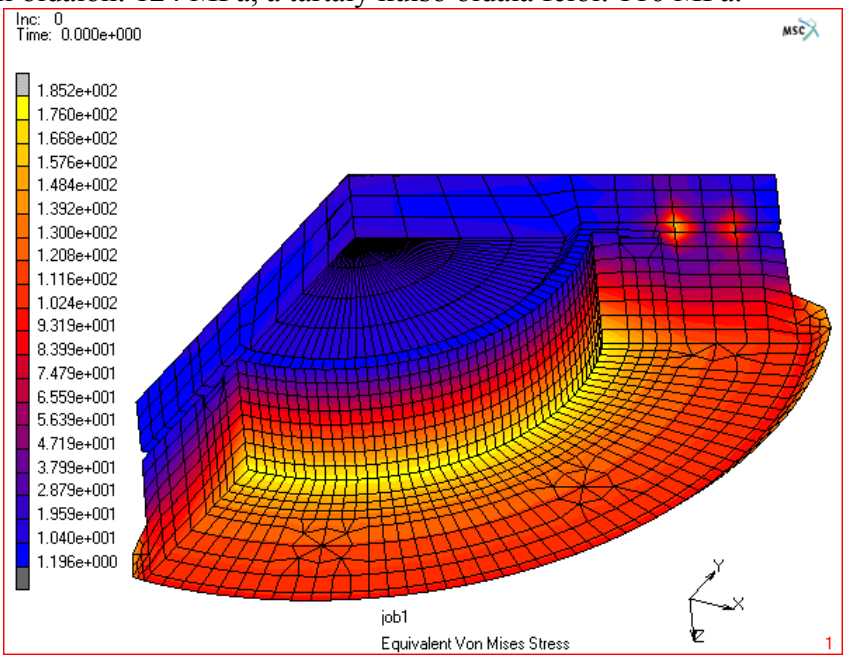
Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit a belső felületen a **4.25 ábra** mutatja be. A maximális feszültség értéke a külső felületen: alul 184,9 MPa, felül 184,8 MPa, oldalt 183 MPa.



4.25 ábra
Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

A vizsgáló (C_6) csonkok fedelét csavarok tartják. A hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit az egyik csavar metszeténél a **4.26 ábra** szemlélteti. A maximális feszültség a csavarnak a tartály tengelye felé eső oldalán a tartály felöli részen: 163 MPa, a tartály külső

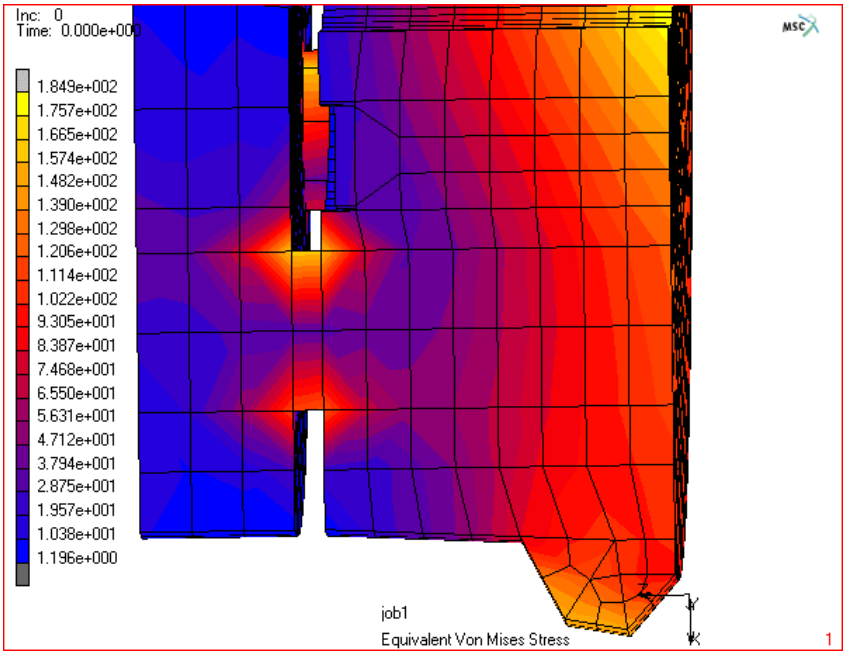
oldala felöli részen: 164 MPa. Az egyenértékű feszültség a csavarnak a külső részén a tartály közepe felöli oldalon: 124 MPa, a tartály külső oldala felöl: 116 MPa.



4.26 ábra

A hátsó vizsgáló (C_{6h}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az egyik csavarmetszetnél

Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit az egyik csavar metszeténél a **4.27 ábra** mutatja meg. A maximális feszültség a csavarnak a tartály tengelye felé eső oldalán a tartály felöli részen: 163 MPa, a tartály külső oldala felöli részen: 164 MPa. Az egyenértékű feszültség a csavarnak a külső részén a tartály közepe felöli oldalon: 124 MPa, a tartály külső oldala felöl: 116 MPa.

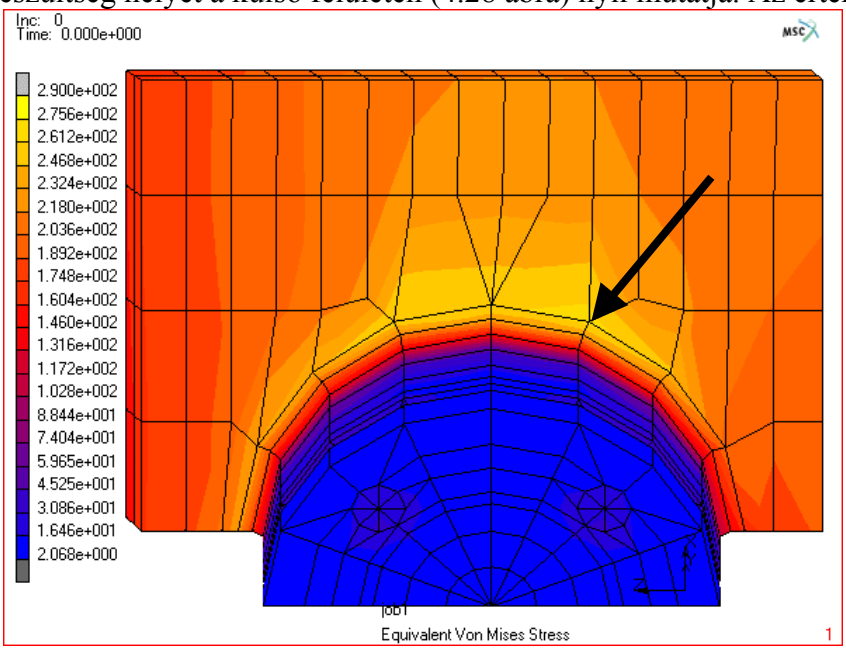


4.27 ábra

Az első vizsgáló (C_{6e}) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az egyik csavarmetszetnél

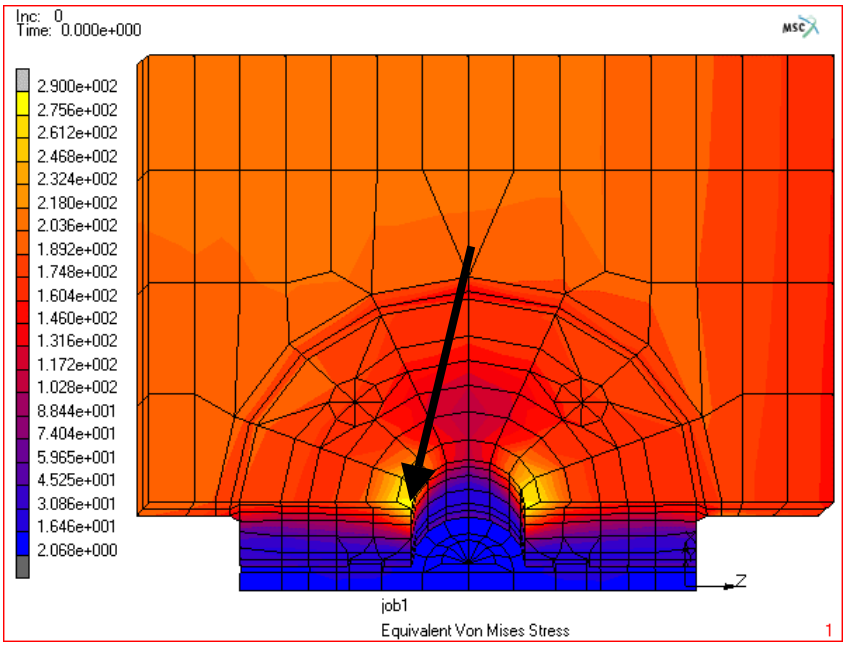
4.7. Az ürítő (C_7) csonk igénybevételei

Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit a külső felületen a **4.28 ábra** szemlélteti. A maximális feszültség helyét a külső felületen (4.28 ábra) nyíl mutatja. Az értéke: 268 MPa.



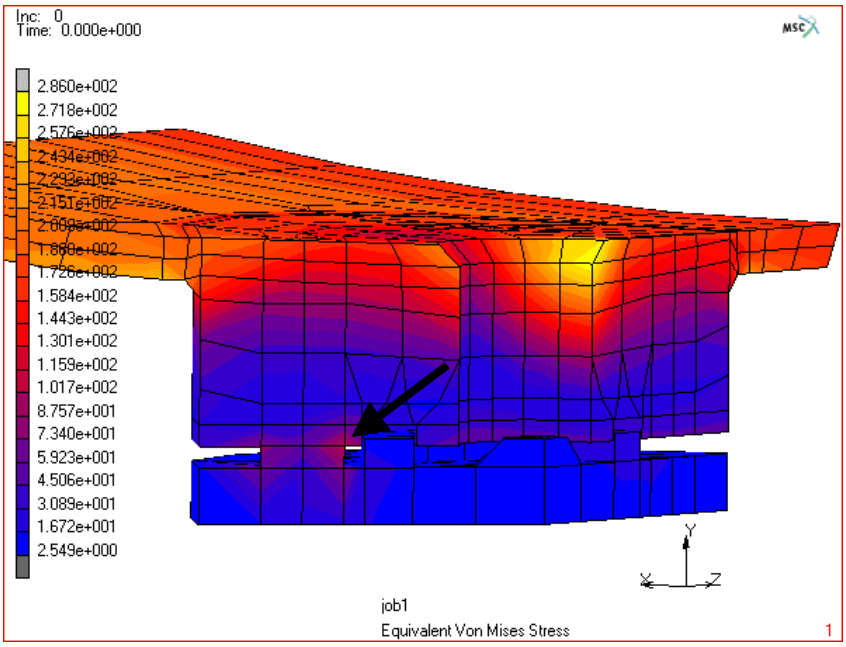
4.28 ábra
Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívül

Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségmaximuma a belső felületen a furat letörésének szélénél, a nyíllal jelzett helyen van (**4.29 ábra**). A maximális feszültség (a nyíl által mutatott helyen): 290 MPa. A furat túloldalán a feszültség értéke: 286 MPa.



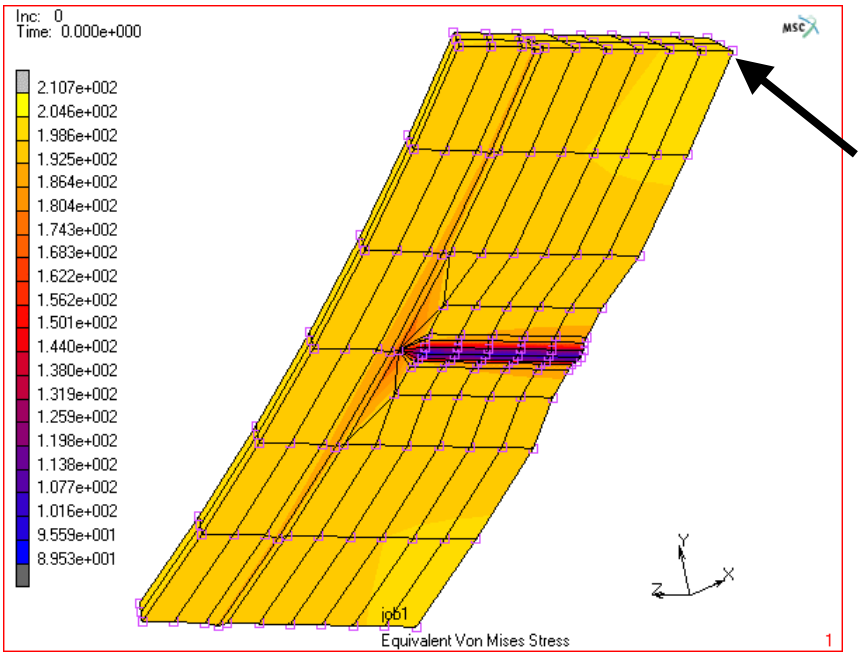
4.29 ábra
Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belül

Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségeit az egyik csavar metszeténél a **4.30 ábra** mutatja meg. A 4.30 ábra által mutatott képen a maximális feszültség a leeresztő nyílás belső felületénél: 286 MPa. A maximális feszültség a csavar felső részén belül (a nyíl által mutatott helyen): 110 MPa a csavar felső részén kívül: 79 MPa.



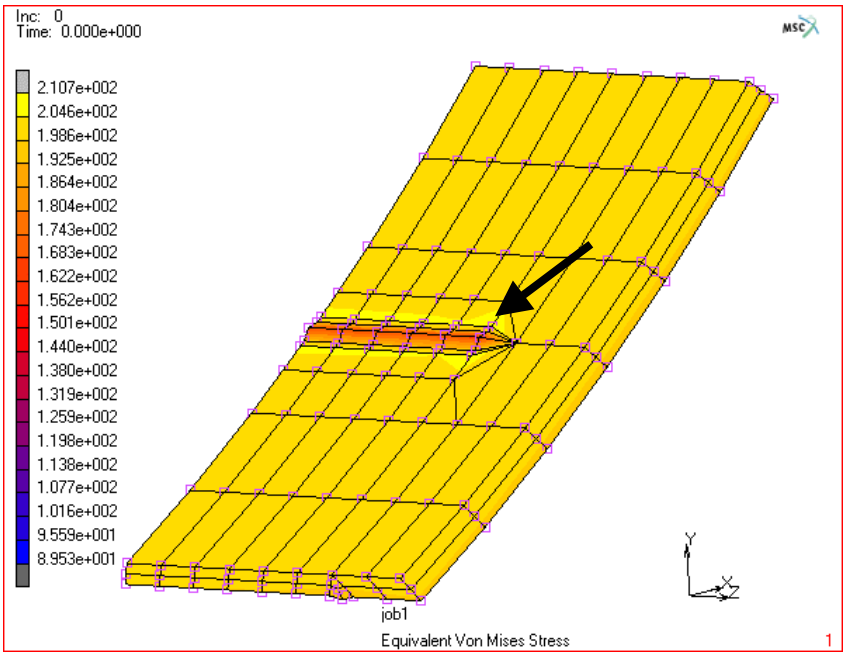
4.30 ábra
Az ürítő (C_7) csonk σ_i egyenértékű feszültségeinek képe az egyik csavarmetszetnél

4.8. A középső körvarratok és hosszvarratok igénybevételei



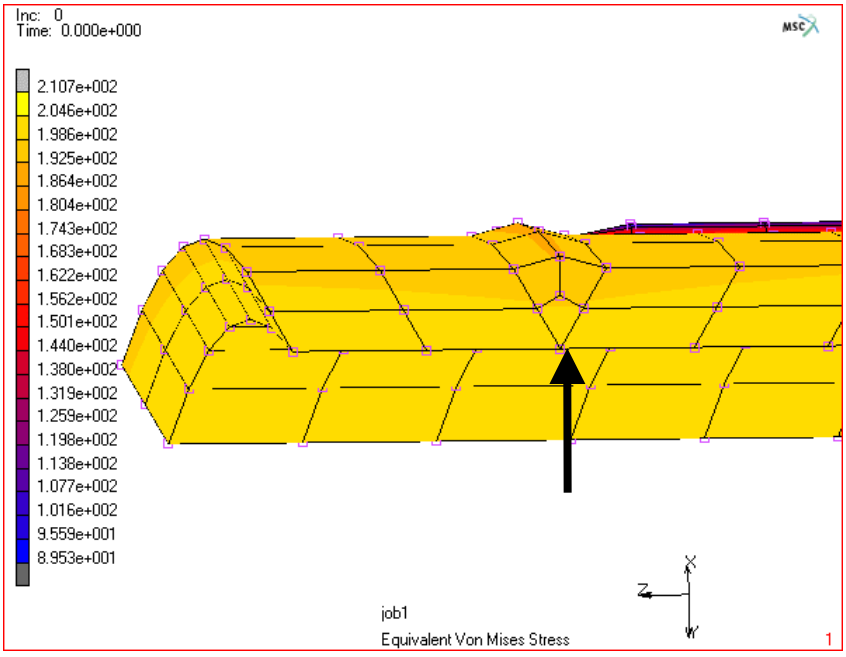
4.31 ábra
A jobboldali középső varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről

A **4.31 ábra** szemlélteti a jobboldali középső varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képét kívülről. A legnagyobb feszültség a kivágott szegmens szélén található (a nyíllal jelzett helyen). Értéke: 199 MPa.



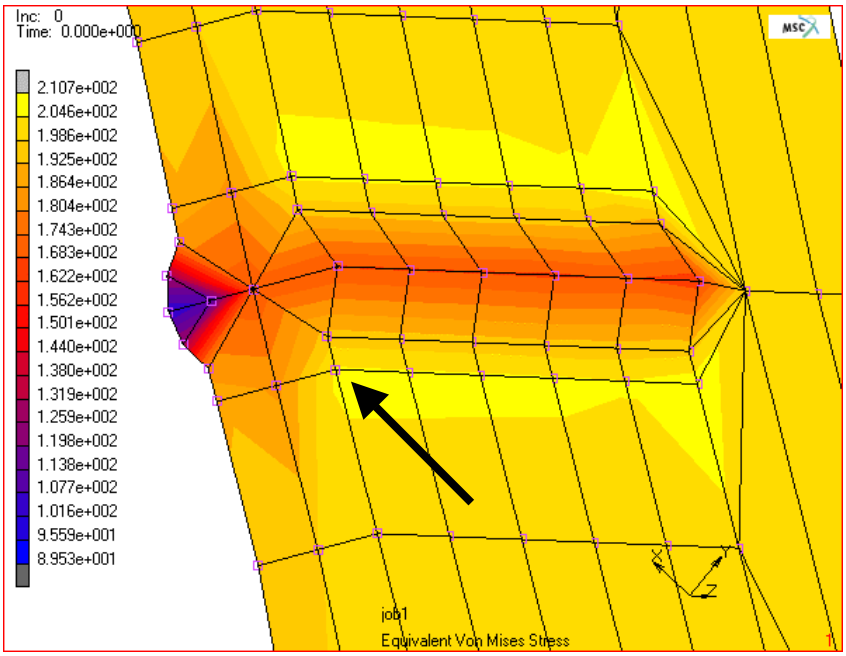
4.32 ábra
A jobboldali középső varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

A **4.32 ábra** mutatja a jobboldali középső varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képét belülről. A maximális feszültség a találkozási pont szélén: 211 MPa. Ugyanazon a helyen, a másik oldalon a σ_i feszültség értéke: 209 MPa. (A varrattól távolabb, a varratmentes tartományban a σ_i feszültség értéke a tartály belső felületén: 203 MPa, középen: 201 MPa, a tartály külső felületén: 198 MPa.



4.33 ábra
A körvarrat metszet σ_i egyenértékű feszültségeinek képe

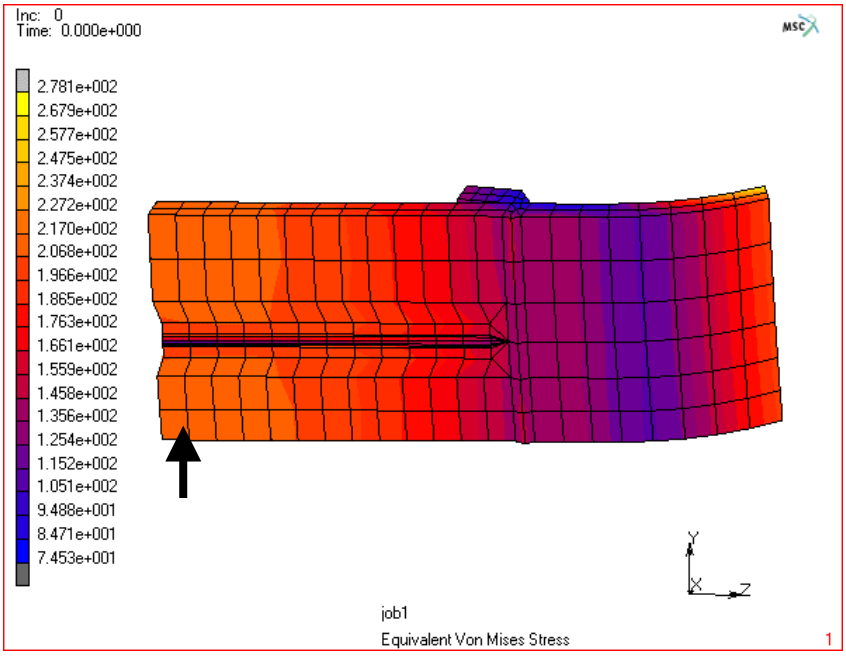
A **4.33 ábra** a jobboldali középső körvarrat metszetének σ_i egyenértékű feszültségét mutatja be. A keresztmetszetben a legnagyobb feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 202 MPa.



4.34 ábra
A hosszvarrat metszet σ_i egyenértékű feszültségeinek képe

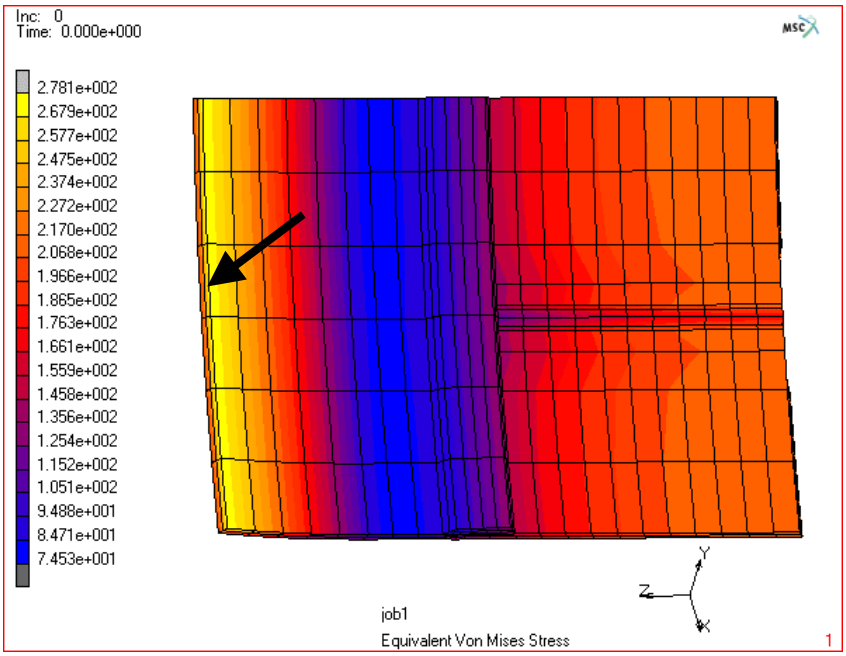
A **4.34 ábra** a jobboldali középső hosszvarrat metszetének σ_i egyenértékű feszültségét mutatja be. A keresztmetszet belső szélénél a legnagyobb feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 206 MPa.

4.9. A fenékrögzítő körvarratok igénybevételei



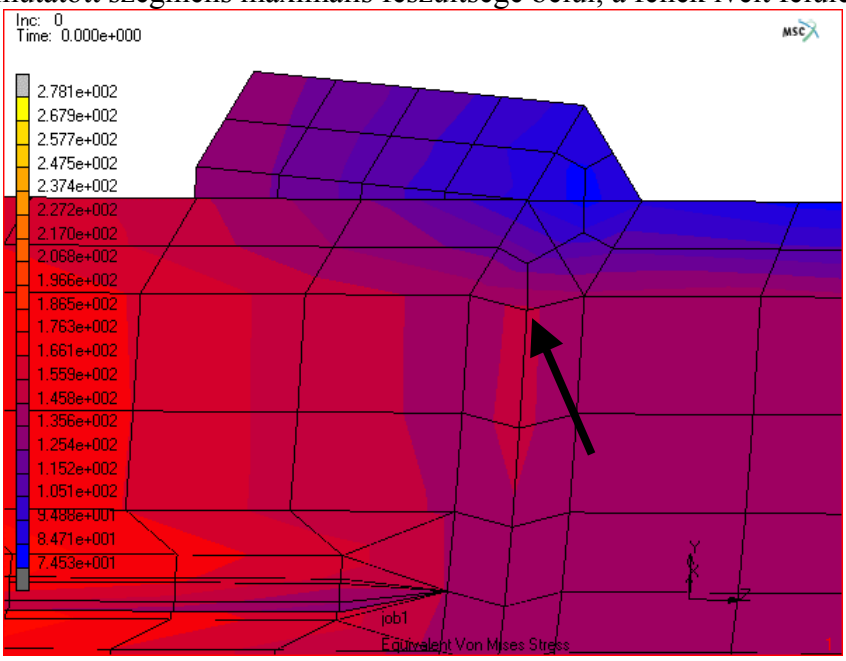
4.35 ábra
A baloldali első varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről

A **4.35 ábra** szemlélteti a jobboldali középső varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képét kívülről. A legnagyobb feszültség kívül a kivágott szegmens szélén található (a nyíllal jelzett helyen). Értéke: 211 MPa.



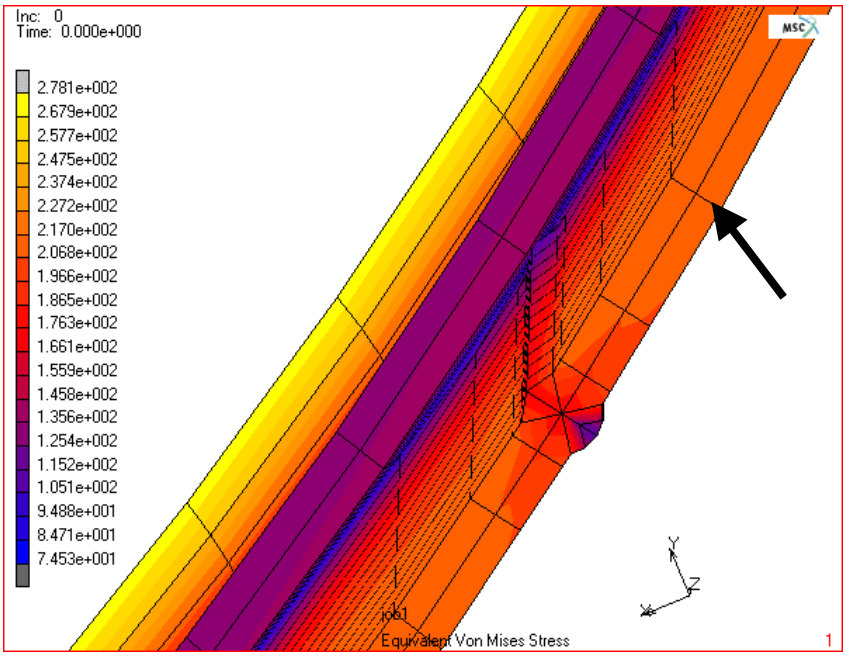
4.36 ábra
A baloldali első varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

A **4.36 ábra** mutatja a baldali első varrattalálkozás σ_i egyenértékű feszültségeinek képét belülről. A bemutatott szegmens maximális feszültsége belül, a fenék ívelt felületén: 278 MPa.



4.37 ábra
Az első fenék körvarrat-metszeténél a σ_i egyenértékű feszültségek képe

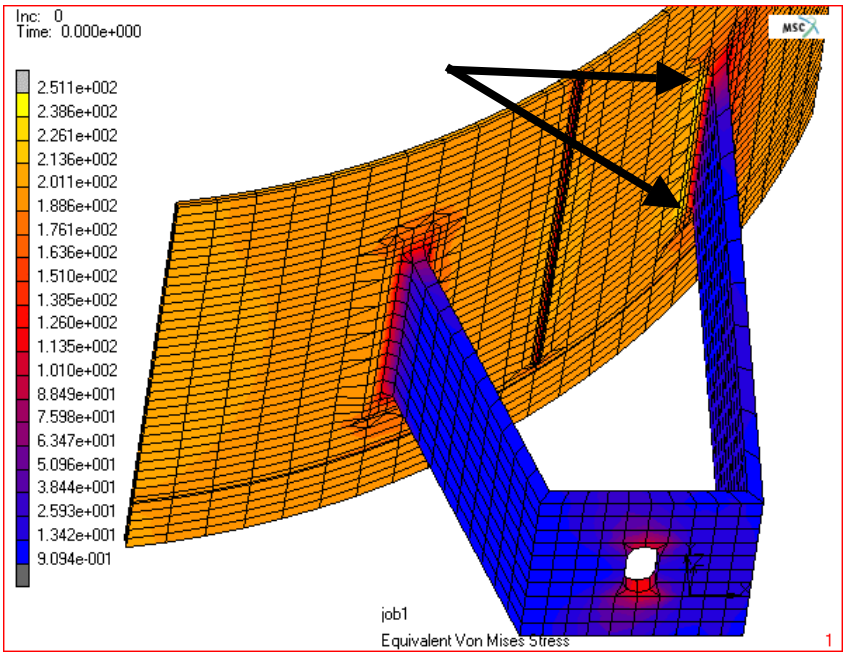
A **4.37 ábra** az első körvarrat metszetének σ_i egyenértékű feszültségét mutatja be. A keresztmetszetben a legnagyobb feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 149 MPa.



4.38 ábra
A fenék körvarrattól induló hosszvarrat-metszet σ_i egyenértékű feszültségeinek képe

A **4.38 ábra** a baloldali első körvarratból induló hosszvarrat metszetének σ_i egyenértékű feszültségét mutatja be. A keresztmetszet belső szélénél a legnagyobb feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen) a tartály belső felületén: 214 MPa, középen: 212 MPa, a tartály külső felületén: 210 MPa.

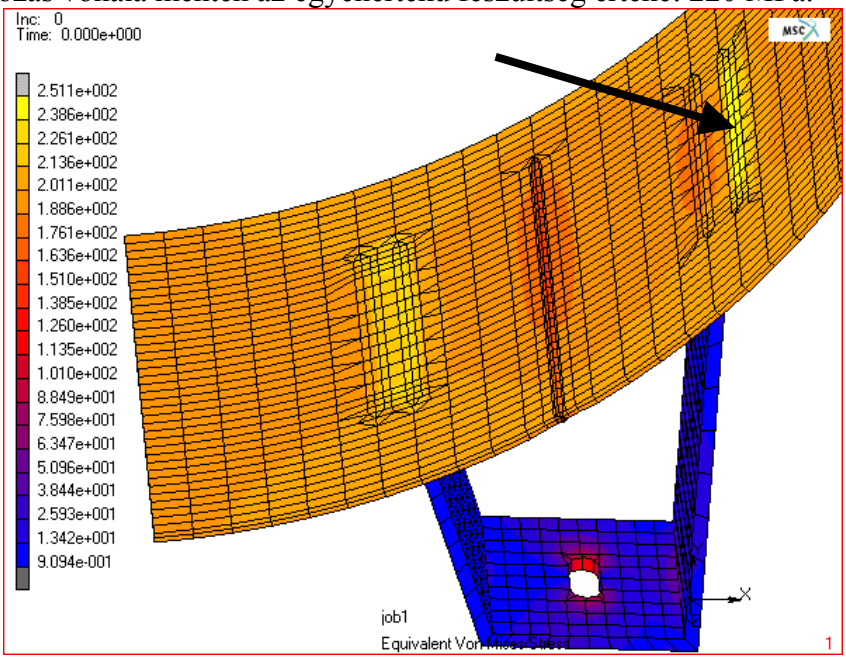
4.10. A tartálylábak igénybevételei a beton alapra felállított állapotban



4.39 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről

A **4.39 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti kívülről. A legnagyobb feszültség a láb külső része alatt, a lábcsatlakozás két szélénél, a tartály

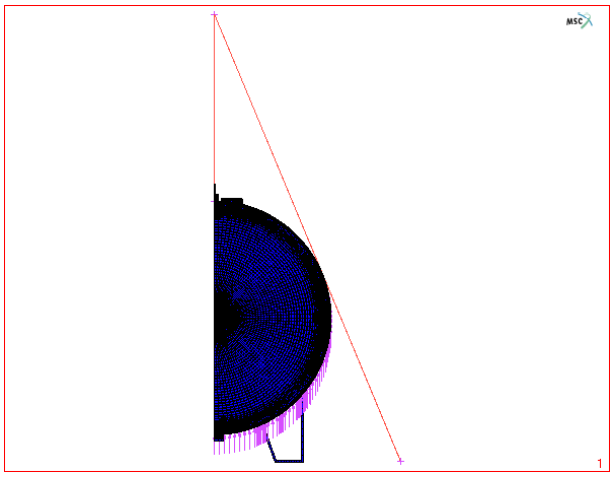
falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 234 MPa. A kétoldali maximumérték között a lábcsatlakozás vonala mentén az egyenértékű feszültség értéke: 220 MPa.



4.40 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

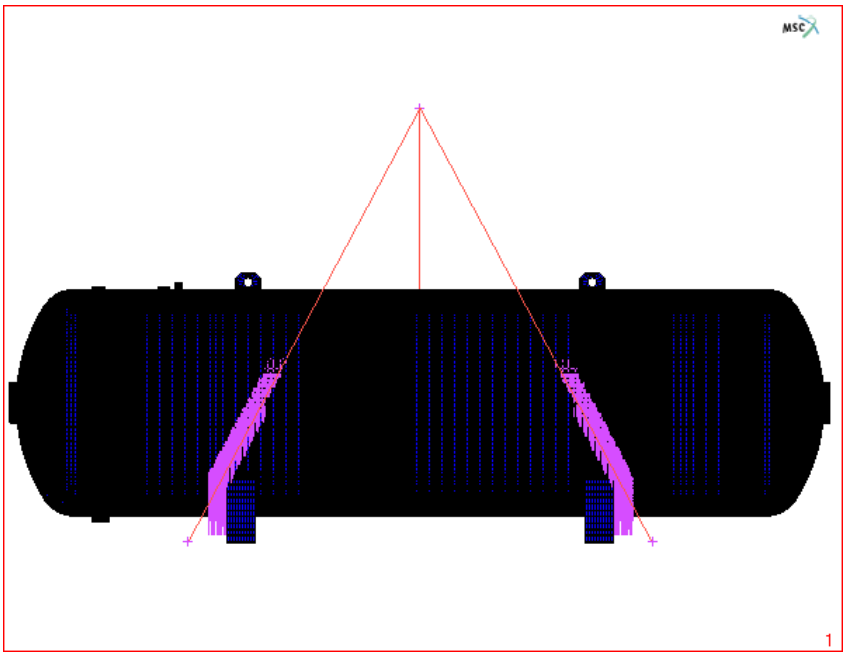
A **4.40 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti belülről. A legnagyobb feszültség a láb külső része felett, a lábcsatlakozás felső szélénél, a tartály falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 251 MPa. A láb alsó részénél az egyenértékű feszültség értéke: 237 MPa.

4.11. A tartálylábak igénybevételei (betonlap nélküli és betonlappal együtt végrehajtott) hevederes emelés esetén

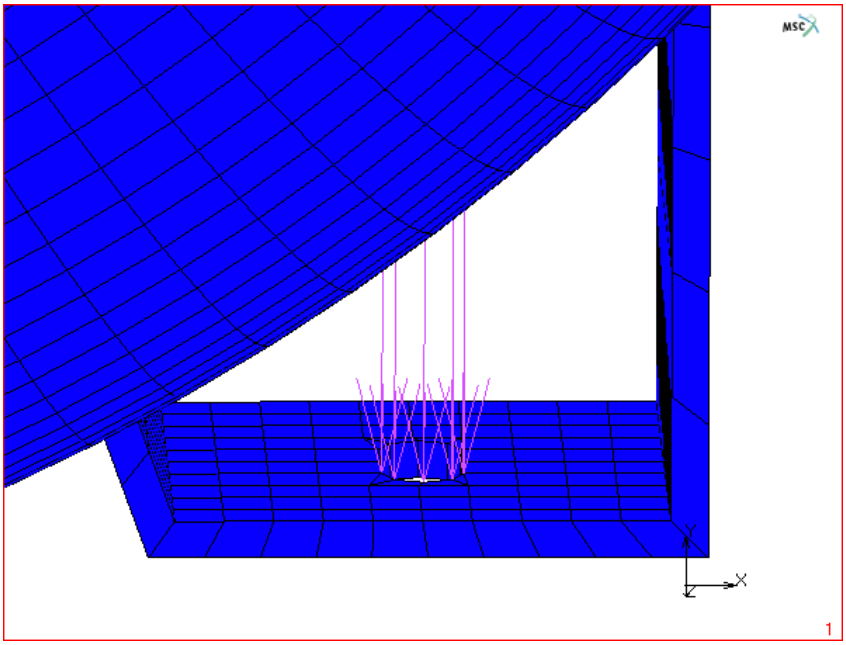


4.41 ábra
A heveder elhelyezését szimbolizáló peremfeltételek képe elölről

A tartályok emelése több esetben a tartály lábaihoz kívülről támaszkodó – a tartály teteje felett középen egy pontban összefogott – hevederrel történik (**4.41 ábra** és **4.42 ábra**).



4.42 ábra
A heveder elhelyezését szimbolizáló peremfeltételek képe oldalról



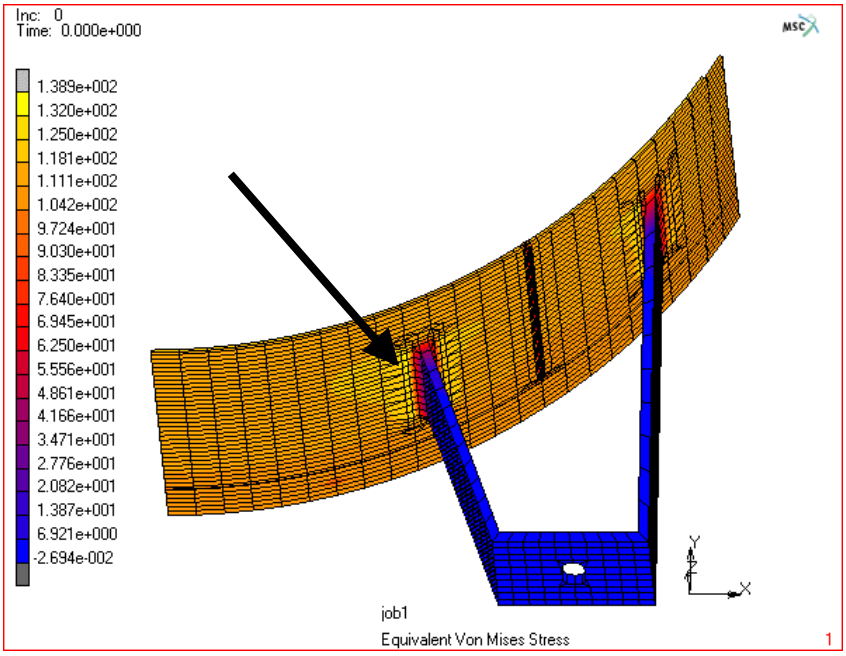
4.43 ábra
A beton terhelését figyelembe vevő egyik ponterő képe oldalról

A lábakra erősíthető beton terhelését figyelembe vétele a láb első ívére helyezett ponterők alkalmazásával történt. A ponterők elhelyezkedését a lábon a **4.43 ábra** szemlélteti.

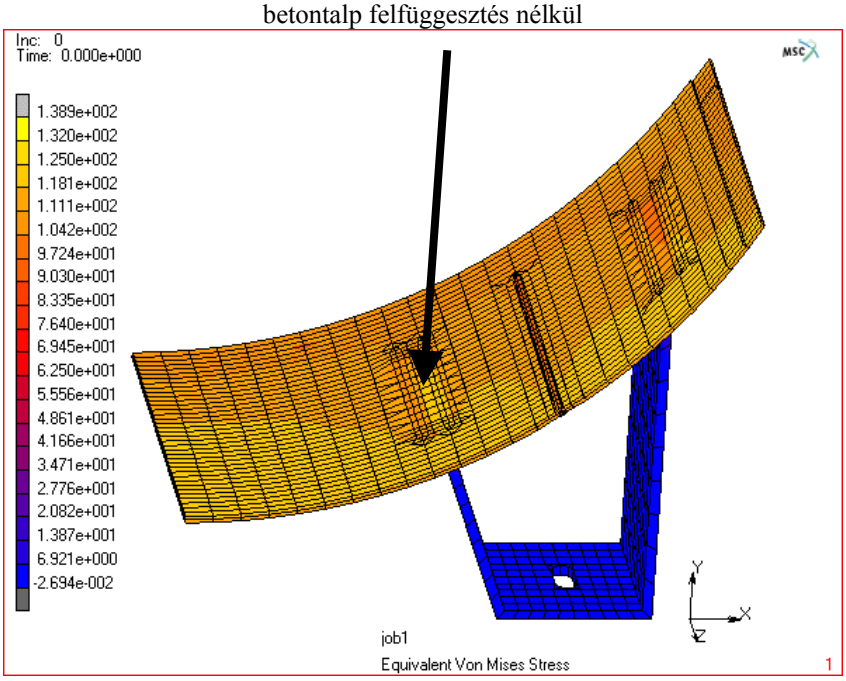
4.11.1 A tartályláb igénybevétele a betonlap rögzítése nélkül

A **4.44 ábra** kívülről, és a **4.45 ábra** belülről mutatja be a jobboldali hátsó láb környezetének terhelését abban az esetben, amikor a lábak nincsenek a betonalaphoz rögzítve. (Ebben az esetben a ponterők (4.43 ábra) értéke: 0 MPa.

A **4.44 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti kívülről felcsavarozott betontalp nélküli esetben. A legnagyobb feszültség a belső láb külső része alatt, a lábcsatlakozás szélénél, a tartály falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 138,9 MPa



4.44 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről betontalp felfüggesztés nélkül



4.45 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről betontalp felfüggesztés nélkül

A **4.45 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti belülről betontalp felfüggesztés nélküli esetben. A legnagyobb feszültség az alsó lábrész belső része felett, a lábcsatlakozás felső szélénél, a tartály falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 123 MPa. A láb furatának terhelt részén az egyenértékű feszültség értéke: 0 MPa.

4.11.2 A tartályláb igénybevétele a betonlap felrögzítésével

Elvégeztük a számításokat arra az esetre is, amikor a tele tartály lábaira a betonlap fel van csavarozva, és mind a négy lábat a betontalp súlya egyenletesen lefelé húzza.

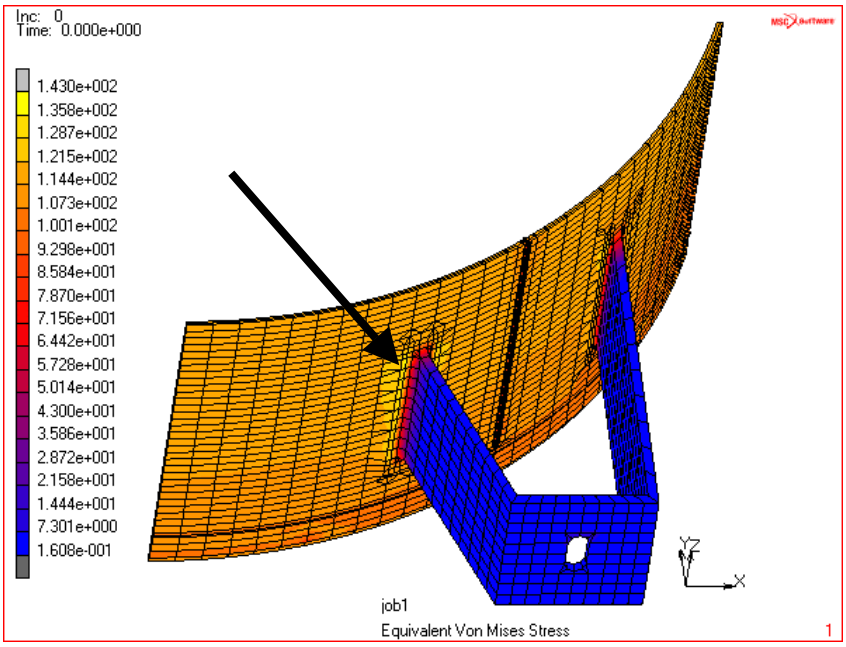
A **4. táblázat**ban szerepelnek a betontalp geometriai adatai és a betontalp súlyadatai. A táblázat utolsó sorában láthatók a számításoknál a csavar rögzítés környezetében – öt pontban (4.43 ábra) – elhelyezett ponterők értékei.

4. táblázat
A beton alaplap terhelés adatai

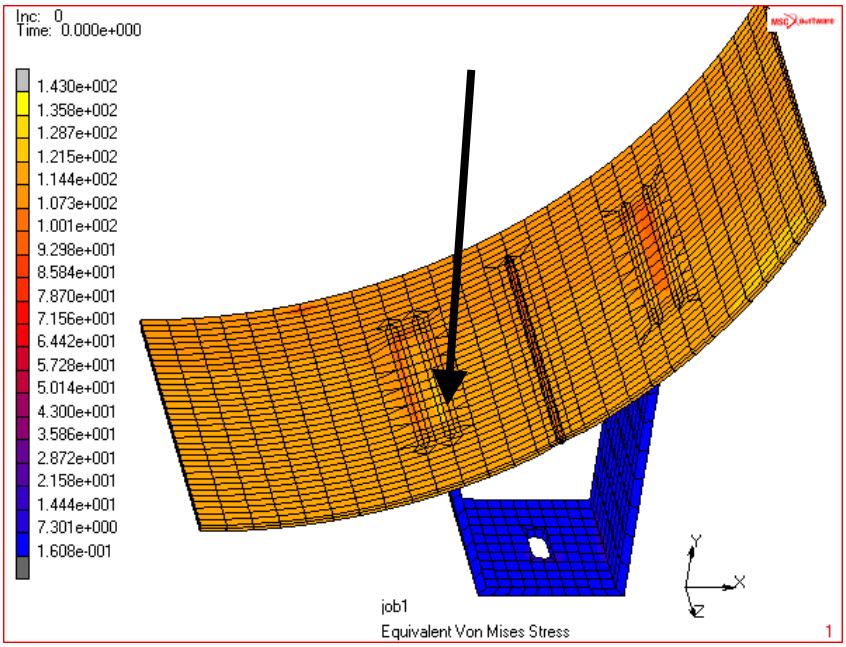
Alaplap hossza [m]	2.49
Alaplap szélessége [m]	1.2
Alaplap vastagsága [m]	0.08
Alaplap térfogata [m^3]	0.239
Csonkagúla magassága [m]	0.08
Csonkagúla alsó oldala [m]	0.5
Csonkagúla alsó területe [m^2]	0.25
Csonkagúla felső oldala [m]	0.25
Csonkagúla felső területe [m^2]	0.0625
1 db csonkagúla térfogata [m^3]	0.01167
4 db csonkagúla térfogata [m^3]	0.04667
Együttes térfogat [m^3]	0.285707
Beton sűrűség [kg/m^3]	2300
Beton tömeg [kg]	657.125
Gravitáció [m/s^2]	9.807
Négy lábra jutó erő [N]	6444
Egy lábra jutó erő [N]	1611
Egy lábpontra jutó erő [N]	322.2

A **4.46 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti kívülről a felcsavarozott betontalp esetén. A legnagyobb feszültség a belső láb külső része alatt, a lábcsatlakozás szélénél, a tartály falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 143 MPa.

A **4.47 ábra** a jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képét szemlélteti belülről a felcsavarozott betontalp esetén. A legnagyobb feszültség az alsó lábrész belső része felett, a lábcsatlakozás felső szélénél, a tartály falában lép fel. Értéke (a nyíllal jelzett helyen): 124 MPa. A láb furatának terhelt részén az egyenértékű feszültség értéke: 16 MPa.



4.46 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe kívülről



4.47 ábra
A jobboldali hátsó tartályláb σ_i egyenértékű feszültségeinek képe belülről

5. A gáztartály igénybevételének megváltozása félgömbalakú- és repedésjellegű geometriai hibák esetén

Várható, hogy a gáztartály igénybevétele különböző hibák jelenléte esetén – a hibák környezetében – megváltozik. félgömbalakú- és repedésjellegű geometriai hibák esetén

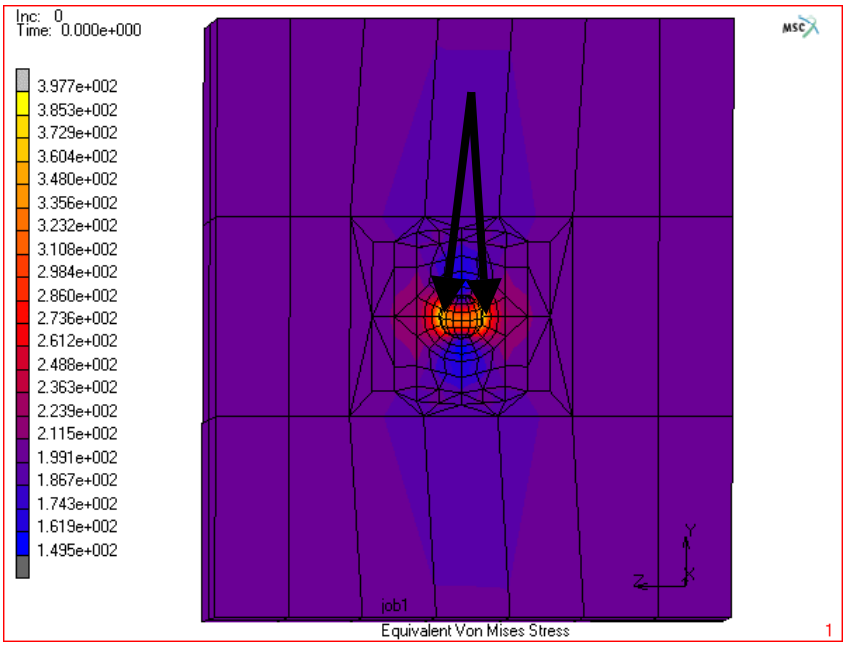
5.1. Félgömbalakú geometriai hibák hatása tartályfal egyenértékű feszültségére

A számítások a 22,3 bar (2.23 MPa) víznyomás eseteire készültek el.

A 13 bar (1.3 MPa) gáznyomás alkalmazása esetében a számított feszültségértékek 13 / 22,3 = 58.30% értékkel arányosan csökkennek.
A szilárdsági elemzéshez alkalmazott hibák jellemző adatai:

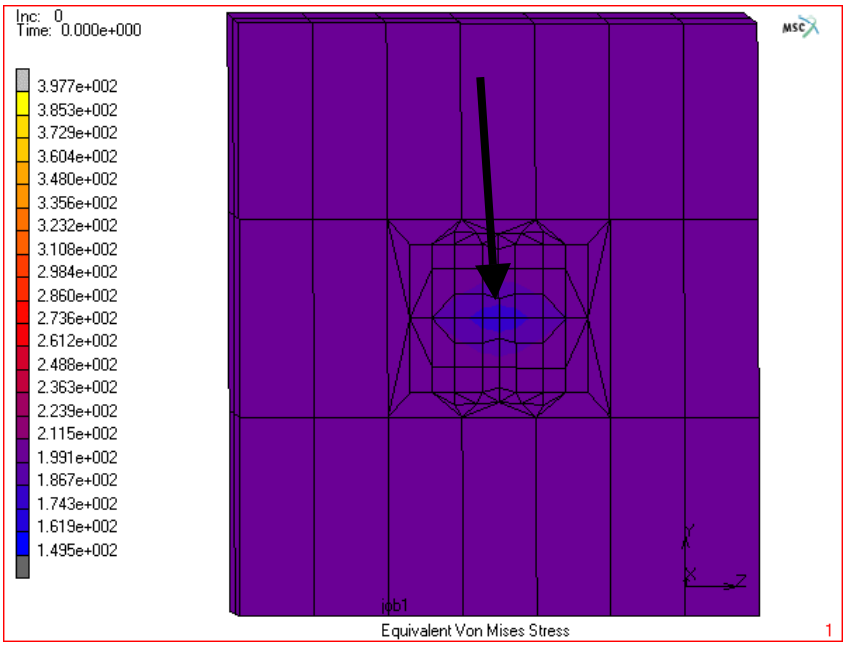
- 1 db önálló félgömbhiba (R = 3 mm) a gáztartály külső felületén középen
- 1 db önálló félgömbhiba (R = 3 mm) a gáztartály belső felületén a fenék maximális feszültségének környezetében
- 25 db csoportos félgömbhiba (R = 3 mm) a gáztartály külső felületén középen

5.1.1. Önálló félgömbhiba (R = 3 mm) a gáztartály külső felületén középen

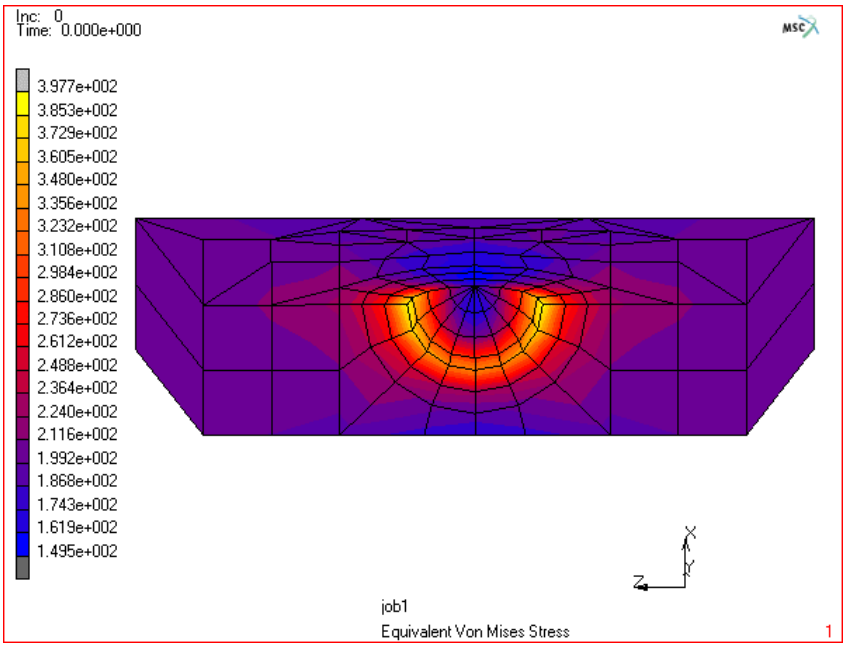


5.1 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy – a tartály falán kívül középen elhelyezett – önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetében kívülről nézve

A legnagyobb egyenértékű feszültség a külső felületen (**5.1 ábra**) a hiba tengelyirányú széleinél látható (a nyilakkal jelzett helyeknél). Értéke: 398 MPa. A külső felületen a legkisebb egyenértékű feszültség a hiba külső felületén tangenciális irányban (Y) jelenik meg. Értéke: 177 MPa.
A legnagyobb egyenértékű feszültség a belső felületen (**5.2 ábra**) a tartály falában ébred. Értéke: 200 MPa. A belső felületen a legkisebb egyenértékű feszültség a hiba közepénél:: 175 MPa.
A σ_i egyenértékű feszültségek képét a gömb alakú hiba hosszirányú metszeténél (a tartály közepén) az **5.3 ábra** mutatja be.



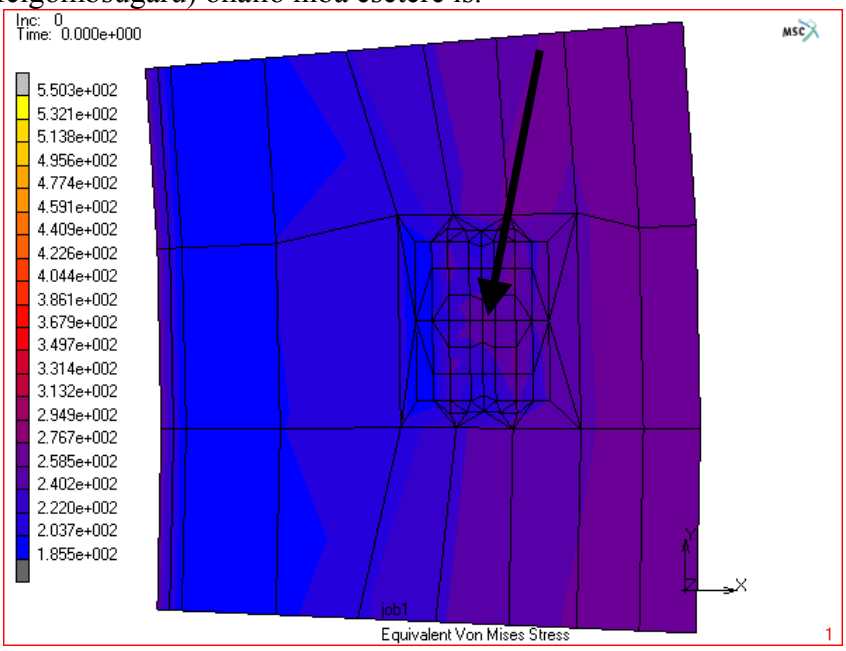
5.2 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy – a tartály falán kívül középen elhelyezett – önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetében belülről nézve



5.3 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe a gömb alakú hiba hosszirányú metszeténél (a tartály közepén)

5.1.2. **Önálló félgömbhiba (R = 3 mm) a gáztartály fenék középső belső felületén** (a legnagyobb igénybevétel helyén)

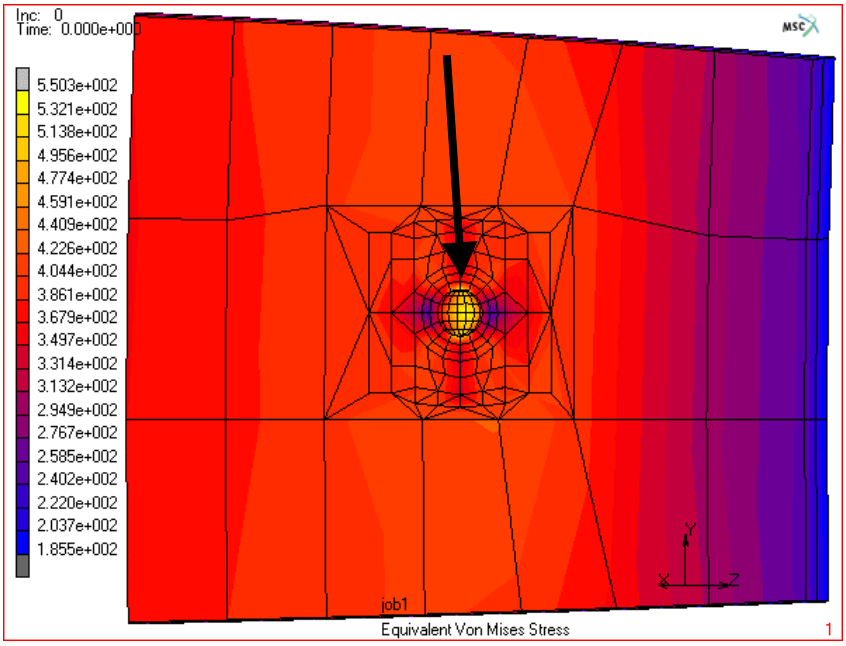
Az összehasonlíthatóság végett elvégeztük a számításokat a tartály jobb oldalán, elöl (a maximális egyenértékű feszültség tartományába eső) 45° szög környezetében, belül elhelyezett, (R = 3 mm félgömbsugarú) önálló hiba esetére is.



5.4 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy – a fenék falán (45°-nál) belül elhelyezett – önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetében kívülről nézve

A külső felületen (**5.4 ábra**) a hiba aljánál (a nyíllal jelzett helynél) az egyenértékű feszültség értéke: 262 MPa.

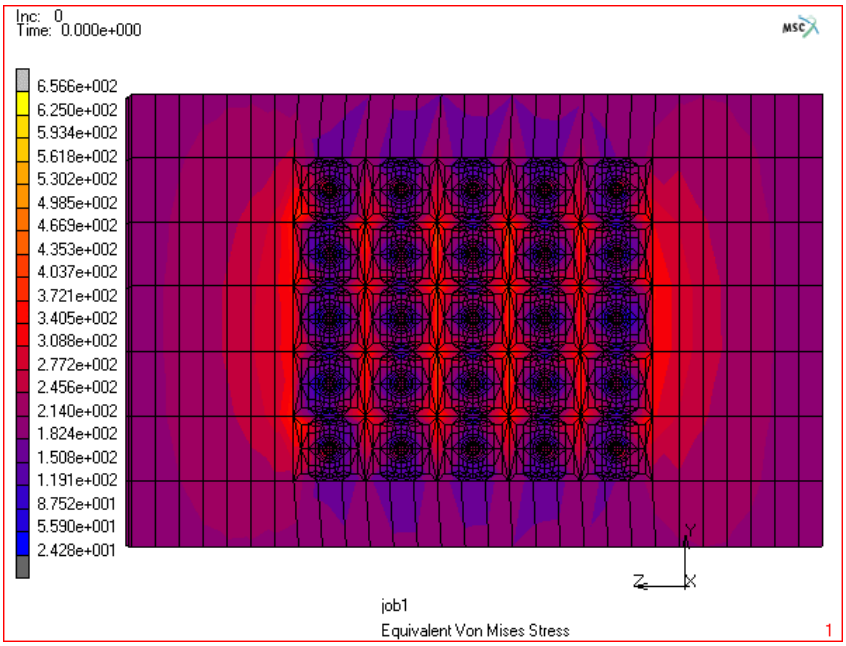


5.5 ábra

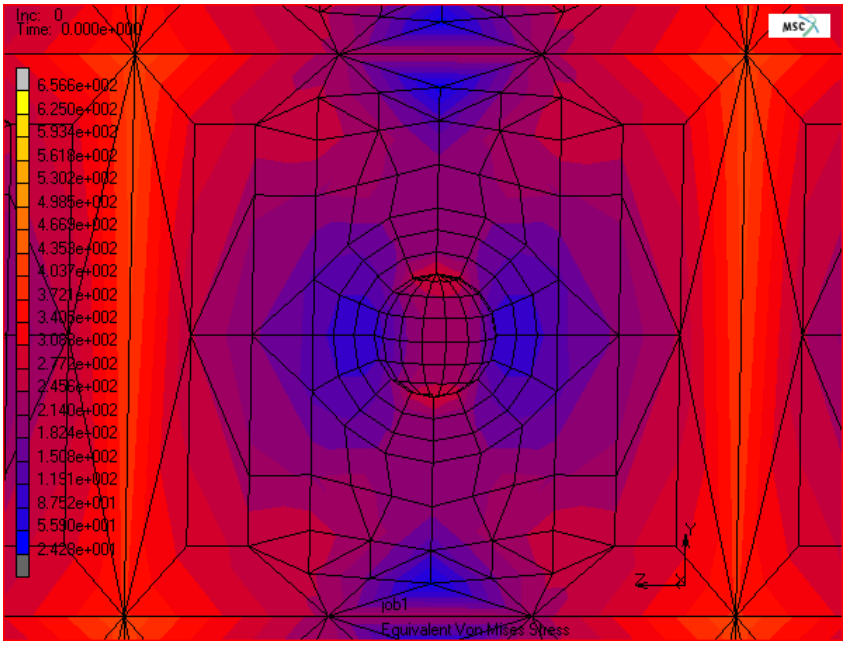
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy – a fenék falán (45°-nál) belül elhelyezett – önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetében belülről nézve

A legnagyobb egyenértékű feszültség a belső felületen (**5.5 ábra**) a hiba tangenciális irányú széleinél látható (a nyíllal jelzett helynél). Értéke: 550 MPa. A szemben lévő oldalon: 548 MPa.
A belső felületen, a gömbhiba szélén tengelyirányban (a maximális feszültségek irányára merőlegesen) az egyenértékű feszültség értéke: 350 MPa.

5.1.3. Csoportos (5 x 5 db) félgömbhibák (R = 3 mm) a gáztartály külső felületén középen



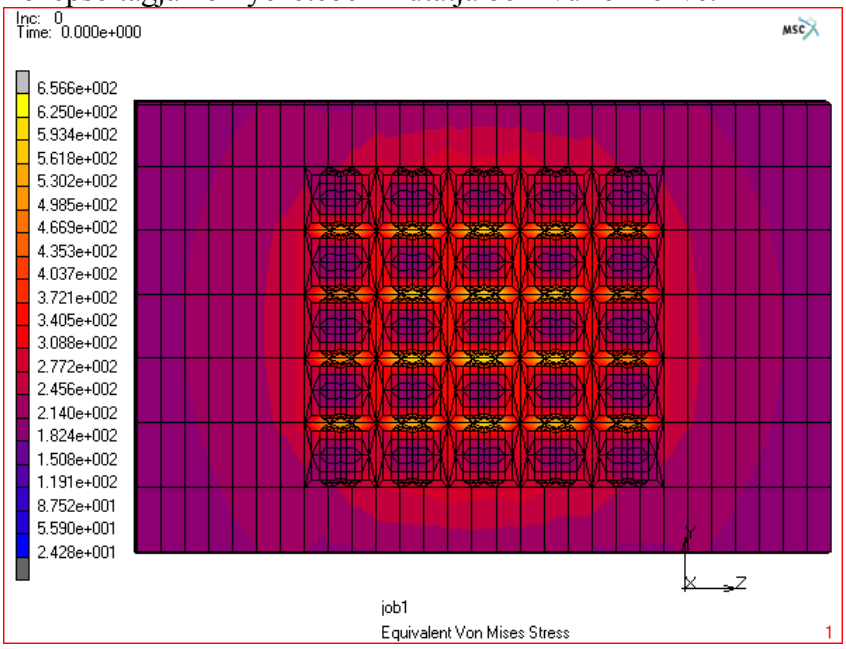
5.6 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport környezetében – kívülről nézve



5.7 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport középső tagja környezetében – kívülről nézve

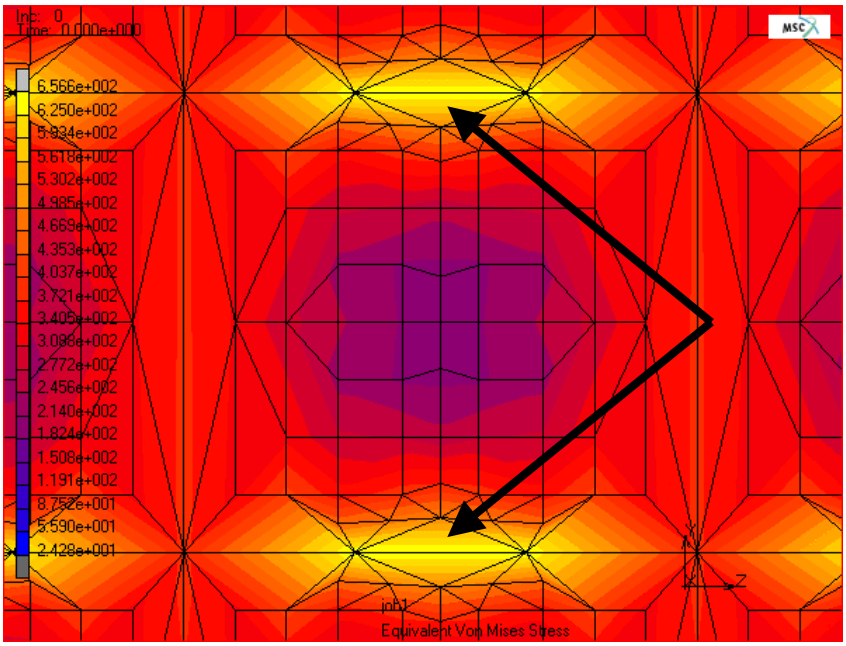
Az **5.6 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport környezetében – kívülről nézve.

Az **5.7 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét a 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport középső tagja környezetében mutatja be kívülről nézve.



5.8 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport környezetében – belülről nézve



5.9 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport középső tagja környezetében – belülről nézve

Az **5.8 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti – a tartály falán kívül középen elhelyezett, 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport környezetében –belülről nézve.

Az **5.9 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét a 25 db (R = 3 mm méretű) félgömbhibából álló csoport középső tagja környezetében mutatja be belülről nézve.

A maximális egyenértékű feszültség értéke a nyilakkal jelölt helyeken (5.9 ábra), a gömbhibák között tengelyirányban lép fel. Értéke: 657 MPa

5.2. Félgömb alakú hibák lemunkálásából keletkező, helyi falvastagság-vékonyodás hatása tartályfal egyenértékű feszültségére

A falvastagság vékonyodással számított megoldások modellezik a hibák közvetlen környezetében elvégezhető egyenletes lemunkálások után bekövetkező állapotot.

A számítások ezeknél a feladatoknál is 22,3 bar (2.23 MPa) víznyomás eseteire készültek el.

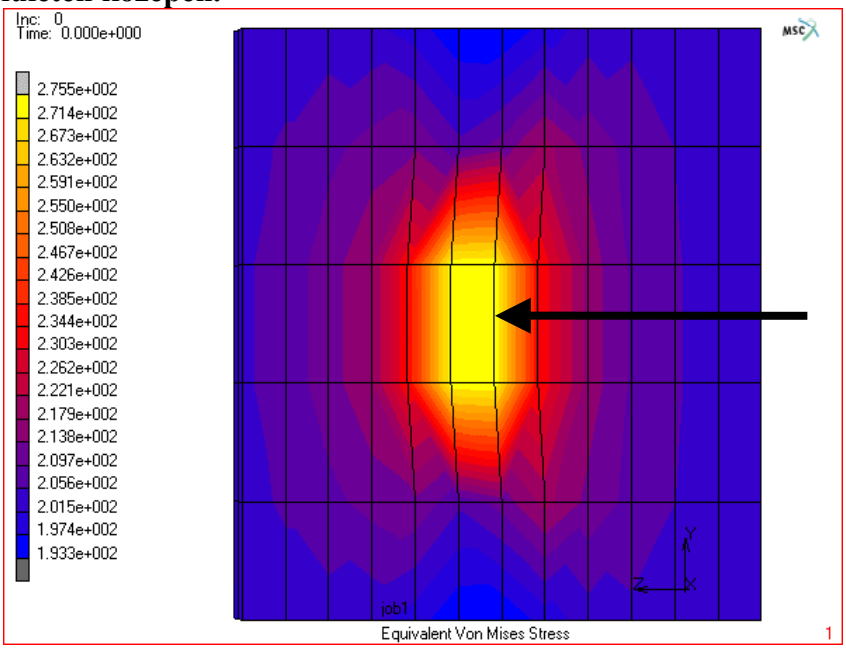
A 13 bar (1.3 MPa) gáznyomás alkalmazása esetében a számított feszültségértékek 13 / 22,3 = 58.30% értékkel arányosan csökkennek.

A szilárdsági elemzéshez alkalmazott hibák jellemző adatai:

- 1 db önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetének lemunkálása 10x27 mm területű felületen, 3 mm mélyen, a gáztartály külső felületén középen
- 1 db önálló félgömbhiba (R = 3 mm) környezetének lemunkálása 10x27 mm területű felületen, 3 mm mélyen, a gáztartály belső felületén a fenék maximális feszültségének környezetében
- Csoportos félgömbhiba (R = 3 mm) lemunkálása 150x135 mm területű felületen a gáztartály külső felületén, középen.

A 3 mm mély lemunkálások középen helyezkednek el és a külső felülettel párhuzamosak. A lemunkált terület szélei és a külső felület között egy-egy elem méretű ferde az összekötő síkfelületek helyezkednek el.

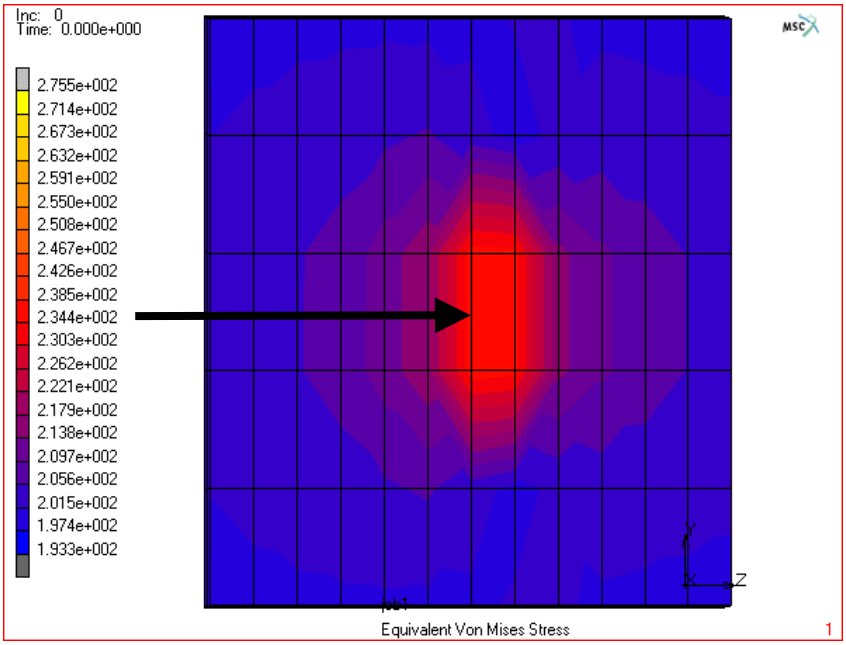
5.2.1. Önálló (3 mm mély) 10 x 27 mm méretű lemunkálás ferde szélekkel a gáztartály külső felületén középen.



5.10 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a hengerfalon, középen, kívül elvégzett – a 10x27 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, kívülről nézve

Az **5.10 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti a hengerfalon, középen, kívül elvégzett – a 10x10 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, kívülről nézve. A nyíllal jelölt helyen (5.10 ábra) az egyenértékű feszültség értéke: 276 MPa.

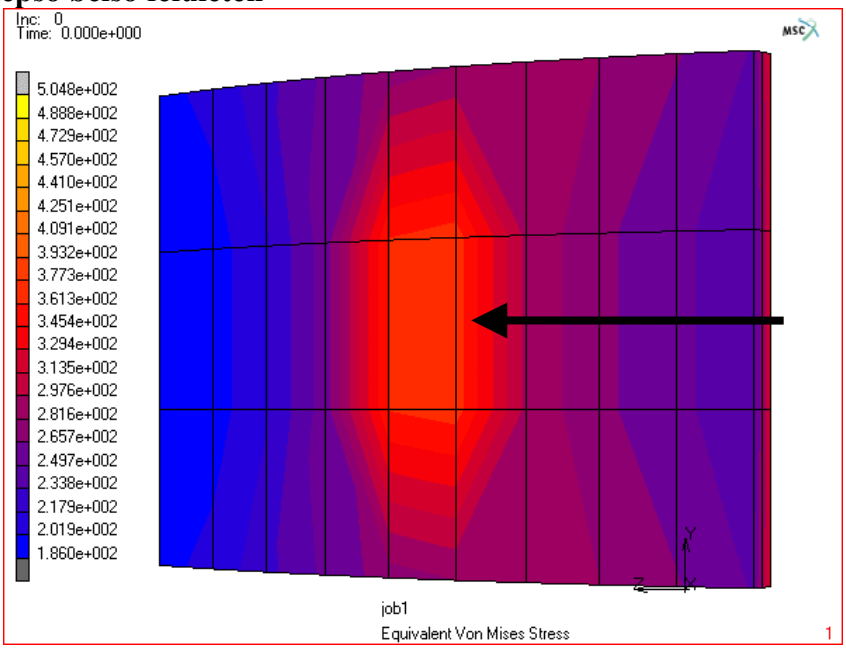


5.11 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a hengerfalon, középen, kívül elvégzett – a 10x27 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, belülről nézve

Az **5.11 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be a hengerfalon, középen, kívül elvégzett – a 10x10 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, belülről nézve. A nyíllal jelölt helyen (5.11 ábra) az egyenértékű feszültség értéke: 237 MPa.

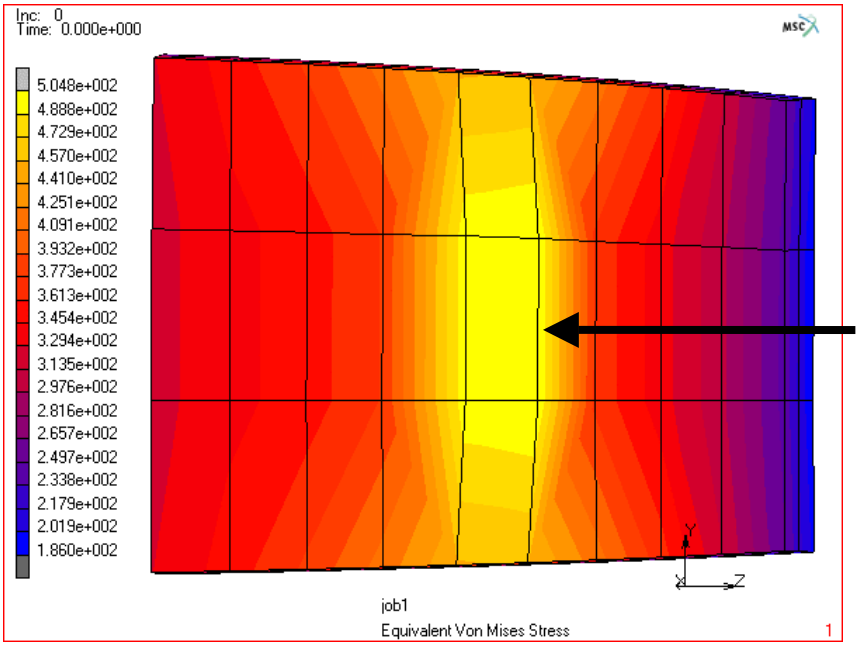
5.2.2. Önálló (3 mm mély) 10 x 27 mm méretű lemunkálás ferde szélekkel a gáztartály fenék középső belső felületén



5.12 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a fenéken, középen, belül elvégzett – a 10x27 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) 45°-os lemunkálás környezetében, kívülről nézve

Az **5.12 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti a feneken, középen, belül elvégzett – a 10x10 mm területű-, 3 mm maradó falvastagságú-, 45°-os – lemunkálás környezetében, kívülről nézve. A nyíllal jelzett helyen az egyenértékű feszültség értéke: 369 MPa.



5.13 ábra

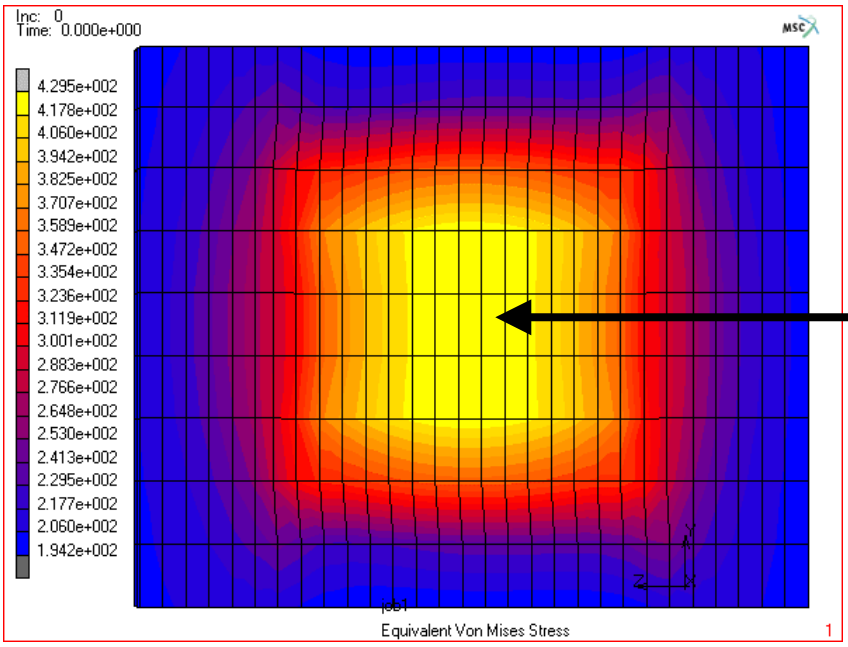
A σ_i egyenértékű feszültségek képe a feneken, középen, belül elvégzett – a 10x27 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) 45°-os lemunkálás környezetében, belülről nézve

Az **5.13 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be a feneken, középen, belül elvégzett – a 10x10 mm területű-, 3 mm maradó falvastagságú-, 45°-os – lemunkálás környezetében, belülről nézve. A nyíllal jelzett helyen az egyenértékű feszültség értéke: 505 MPa, ami a külső oldalon ébredő egyenértékű feszültség 1,37 szerese.

5.2.3. A csoportos (3 mm mély) félgömbhiba 150 x 135 mm méretű lemunkálása ferde szélekkel, a gáztartály külső felületén középen.

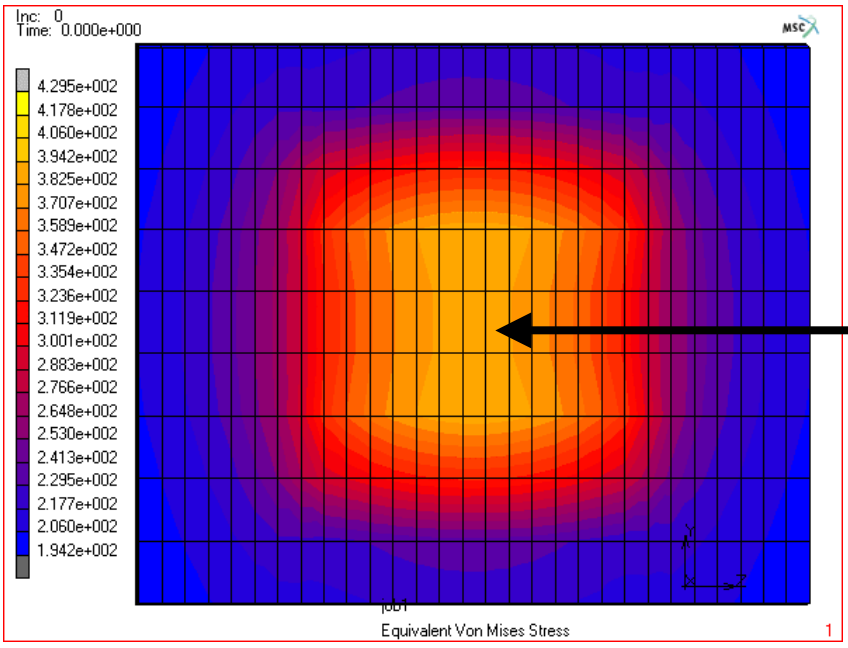
Az **5.14 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti a feneken, középen, kívül elvégzett – 150x135 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, kívülről nézve. A maximális egyenértékű feszültség középen, a nyíllal jelzett helyen (5.14 ábra): 430 MPa.

Az **5.15 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét a feneken, középen, kívül elvégzett – 150x135 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében mutatja be, belülről nézve. Az egyenértékű feszültség értéke középen, a nyíllal jelzett helyen (5.15 ábra): 390 MPa, ami a belső oldalon ébredő egyenértékű feszültség 0,91 szerese.



5.14 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a feneken, középen, kívül elvégzett – 150x135 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, kívülről nézve



5.15 ábra

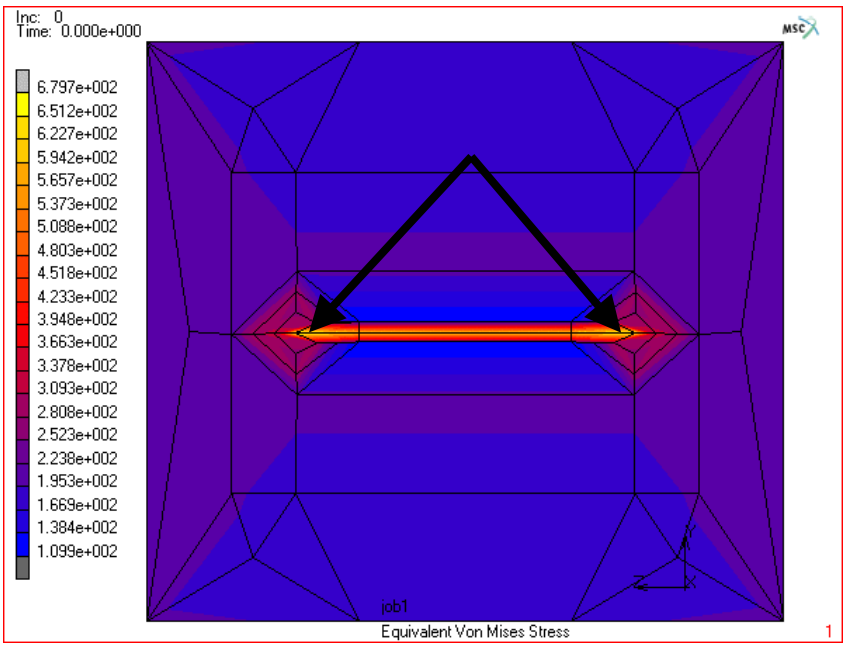
A σ_i egyenértékű feszültségek képe a feneken, középen, kívül elvégzett – 150x135 mm területű – (3 mm maradó falvastagságú) lemunkálás környezetében, belülről nézve

5.3. Repedés alakú hibák hatása a tartályfal egyenértékű feszültségére

A szimmetrikus jellegű gömbszerű hibák és a gömbszerű hibák lemunkálásának elemzése után célszerű a repedés jellegű hibák hatásának vizsgálata is.
A repedés jellegű hibákkal történt számítások a 22,3 bar (2.23 MPa) víznyomás eseteire készültek el.
A 13 bar (1.3 MPa) gáznyomás alkalmazása esetében a számított feszültségértékek 13 / 22,3 = 58.30% értékkel arányosan csökkennek.
A szilárdsági elemzéshez alkalmazott hibák jellemző adatai:

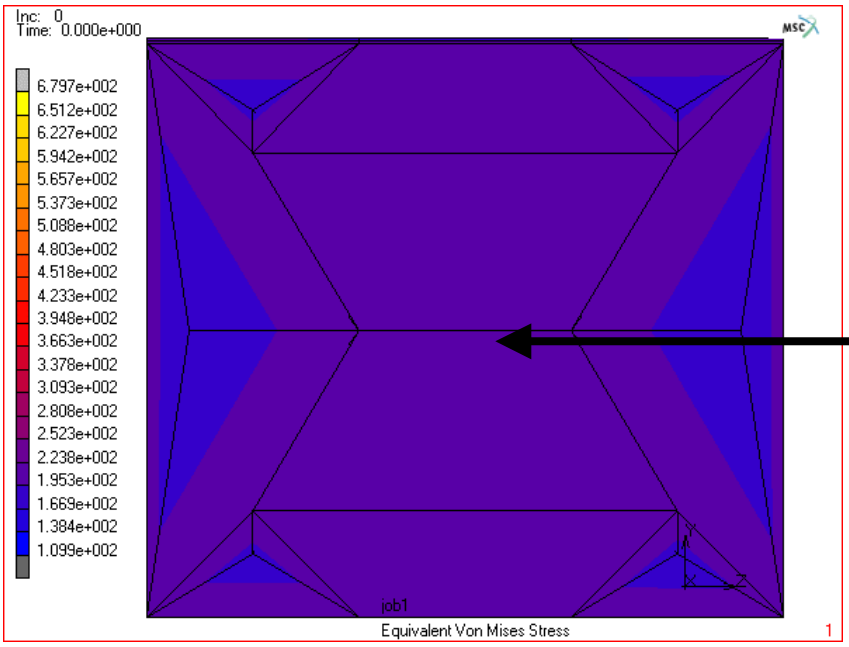
- 1 db 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, tengelyirányú önálló repedés a gáztartály külső felületén középen
- 1 db 70 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, tengelyirányú önálló repedés a gáztartály külső felületén középen
- 1 db 700 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, tengelyirányú önálló repedés a gáztartály külső felületén középen
- 1 db 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély a gáztartály belső felületén a fenék maximális feszültségének környezetében a tengelyiránnyal párhuzamos vetülettel
- 1 db 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély a gáztartály belső felületén a fenék maximális feszültségének környezetében a tengelyirányra merőleges vetülettel

5.3.1. Önálló (1 mm széles, 3 mm mély és 10 mm hosszú) tengelyirányú repedés a gáztartály külső felületén középen



5.16 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve

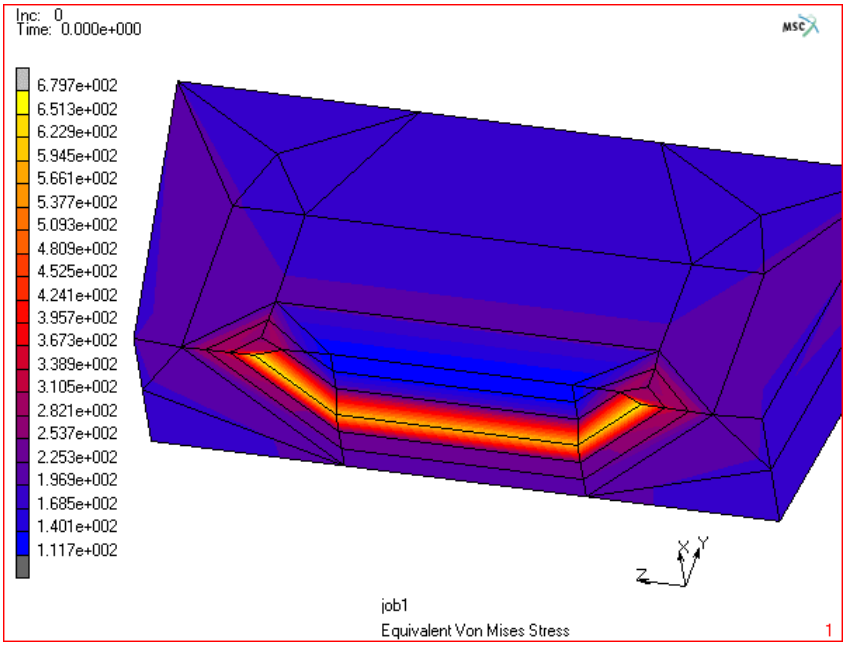
Az **5.16 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke a repedés két szélénél (a nyíllal jelzett helyeknél): 679 MPa. Az 5.16 ábra által mutatott tartályfal részlet sarkaiban, a tartály külső felületén, az egyenértékű feszültségek értéke:197 MPa.



5.17 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve

Az **5.17 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke középen (a nyíllal jelzett helyen): 201 MPa. Az 5.17 ábra által mutatott tartályfal részlet sarkaiban, a tartály belső felületén, az egyenértékű feszültségek értéke:198 MPa.

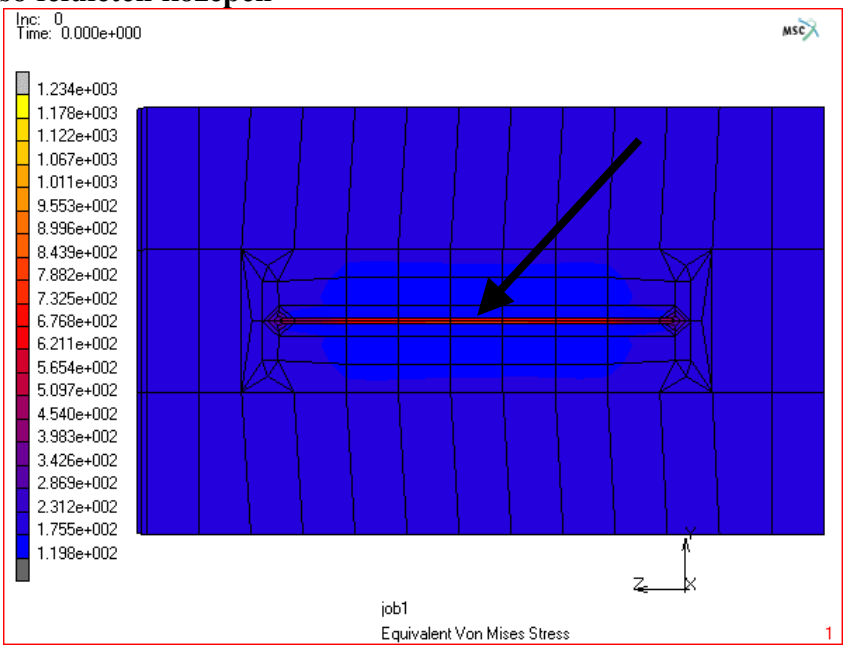


5.18 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés hosszirányú metszeténél (a tartály közepén)

Az **5.18 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek elhelyezkedését szemlélteti a repedés hosszirányú metszetén ábrázolva. Az ábrán látható, hogy a repedés alján az egyenértékű feszültség a repedés két széléhez közeli érték.

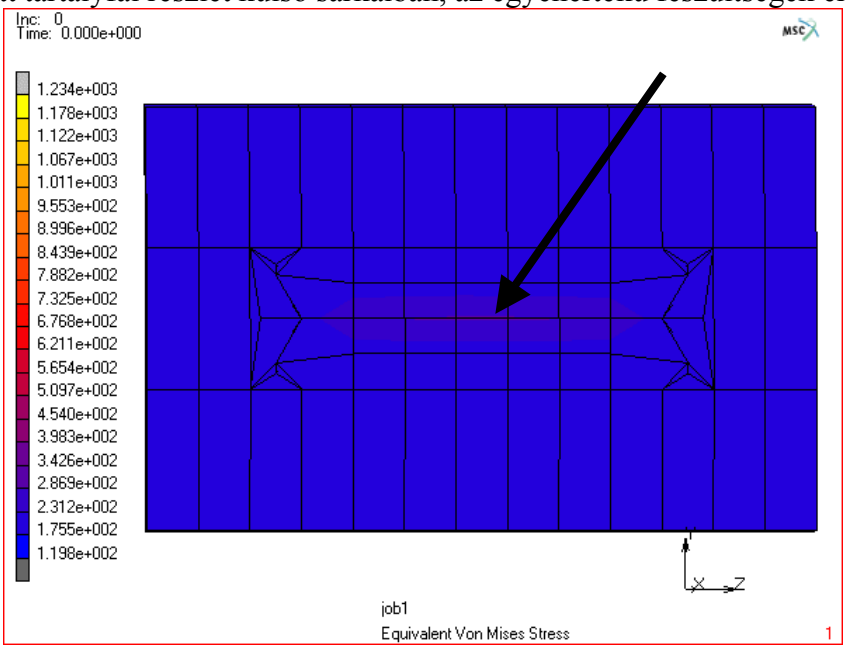
5.3.2. Önálló (1 mm széles, 3 mm mély és 70 mm hosszú) tengelyirányú repedés a gáztartály külső felületén középen



5.19 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 70 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve

Az **5.19 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be egy 70 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke középen (a nyíllal jelzett helyen): 1234 MPa. Az 5.19 ábra által mutatott tartályfal részlet külső sarkaiban, az egyenértékű feszültségek értéke:204 MPa.

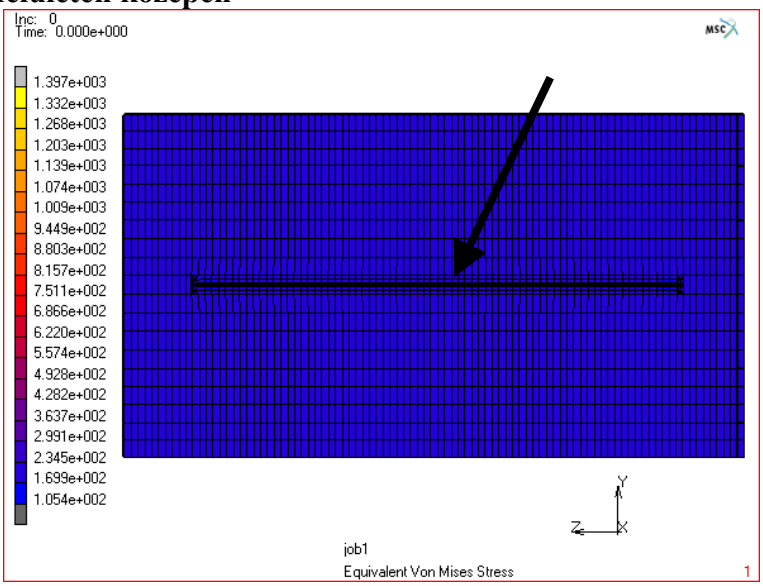


5.20 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 70 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve

Az **5.20 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti a 70 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke középen (a nyíllal jelzett helyen): 292 MPa. Az 5.20 ábra által mutatott tartályfal részlet belső sarkaiban, az egyenértékű feszültségek értéke:200 MPa.

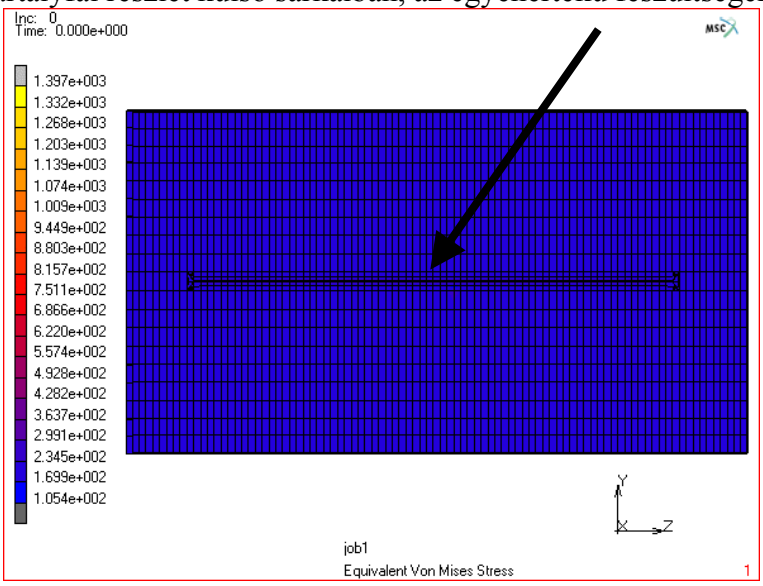
5.3.3. Önálló (1 mm széles, 3 mm mély és 700 mm hosszú) tengelyirányú repedés a gáztartály külső felületén közepén



5.21 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 700 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve

Az **5.21 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be egy 700 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, kívülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke középen (a nyíllal jelzett helyen): 1397 MPa. Az 5.21 ábra által mutatott tartályfal részlet külső sarkaiban, az egyenértékű feszültségek értéke:200 MPa.

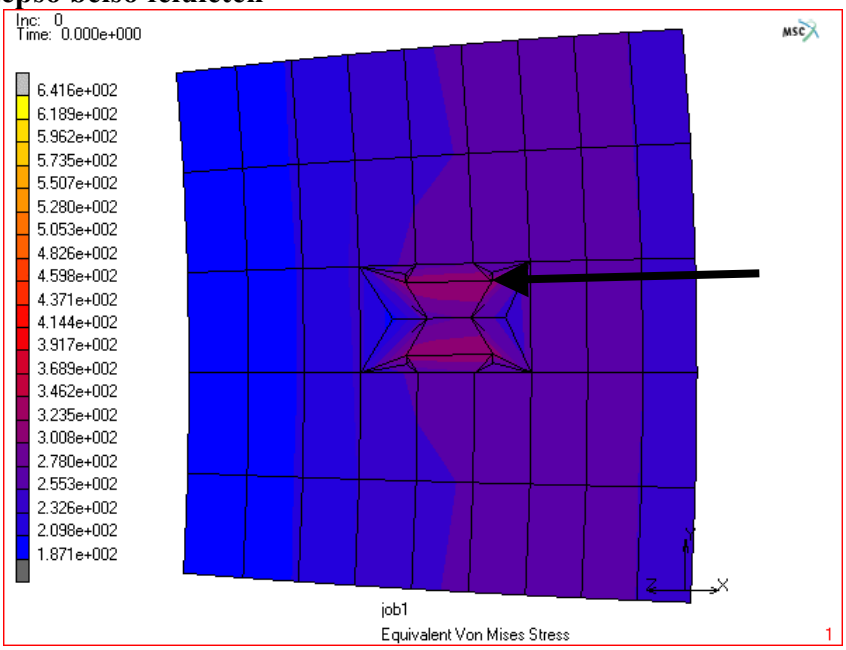


5.22 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 700 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve

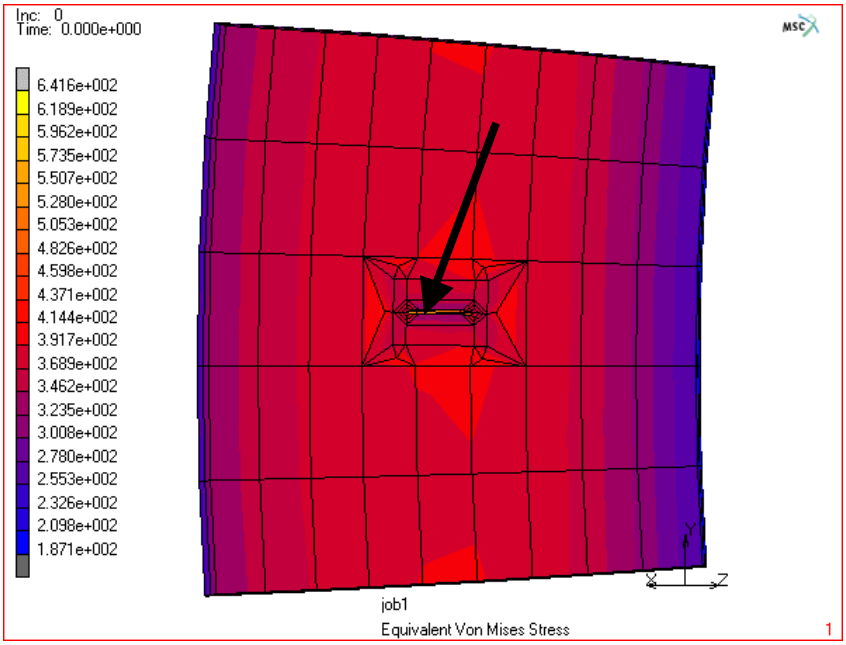
Az **5.22 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be a 700 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély hosszirányú repedés környezetében, a tartály közepén, belülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke középen (a nyíllal jelzett helyen): 311 MPa. Az 5.22 ábra által mutatott tartályfal részlet belső sarkaiban, az egyenértékű feszültségek értéke:202 MPa.

5.3.4. Önálló (1 mm széles, 3 mm mély és 10 mm hosszú) ív menti repedés a gáztartály fenék középső belső felületén



5.23 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély ív menti repedés környezetében, a fenék középső külső felületén, kívülről nézve



5.24 ábra

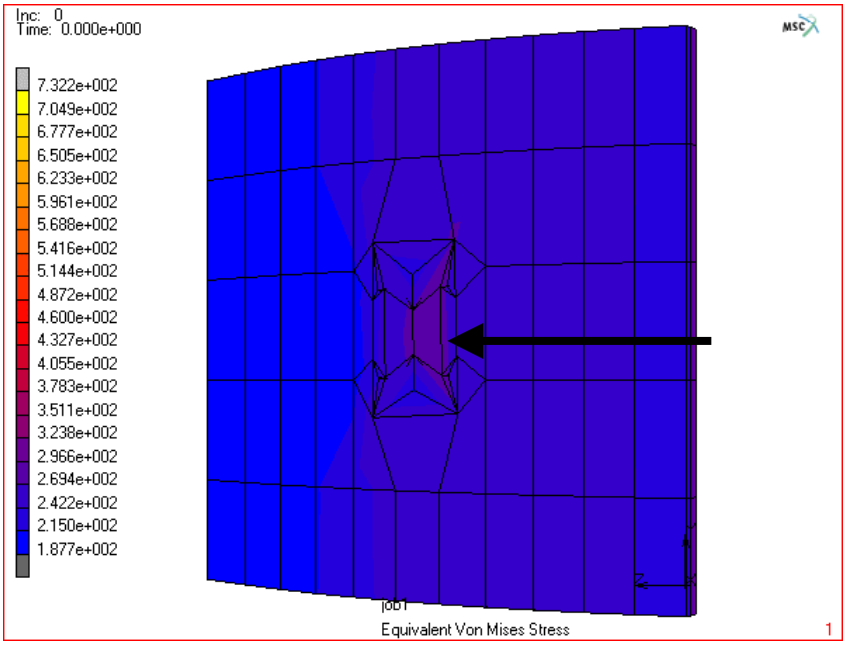
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély ív menti repedés környezetében, a fenék középső belső felületén, belülről nézve

Az **5.23 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, a fenék íve menti repedés környezetében, (ahol a repedés vetülete a fekvő tartály tengelyének irányába esik) a fenék középső külső felületén, kívülről nézve.

Az egyenértékű feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 325 MPa. Az ellenkező oldalon az egyenértékű feszültség értéke: 320 MPa. Az 5.23 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 187 MPa, a jobboldali sarkokban: 242 MPa.
Az **5.24 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be a 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, a fenék íve menti repedés környezetében, a fenék középső belső felületén, belülről nézve.
A maximális egyenértékű feszültségérték a repedés bal széléhez közel, a repedés aljánál (a nyílnál): 642 MPa. Az egyenértékű feszültségérték a repedés jobb széléhez közel, a repedés aljánál: 628 MPa. Az 5.24 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 333 MPa, a jobboldali sarkokban: 254 MPa.

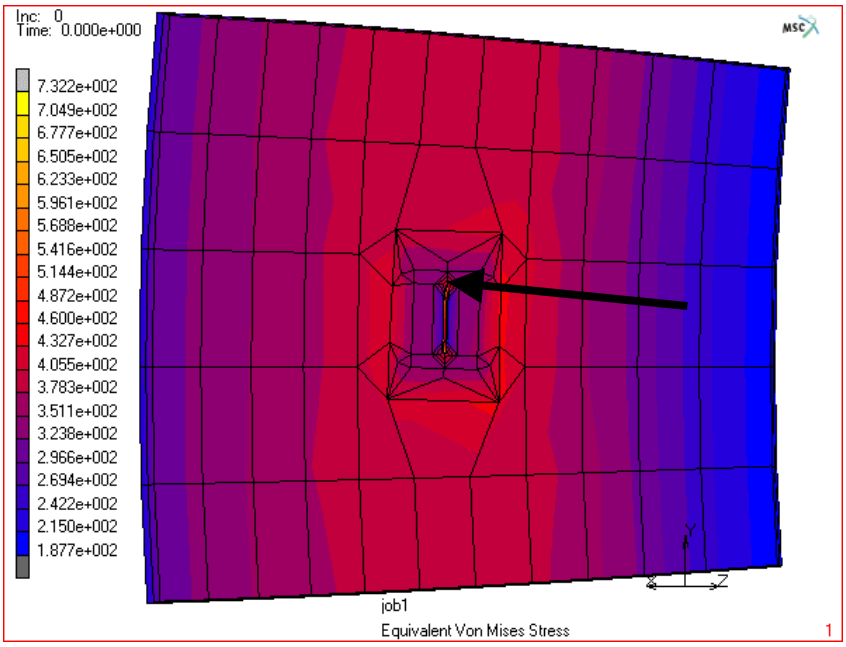
5.3.5. Önálló (1 mm széles, 3 mm mély és 10 mm hosszú) ívre merőleges repedés a gáztartály fenék középső belső felületén

Az **5.25 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, a fenék ívére merőleges (tangenciális irányú) repedés környezetében, (ahol a repedés vetülete a függőleges tengely irányába esik) a fenék középső külső felületén, kívülről nézve.
Az egyenértékű feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 283 MPa. Az 5.25 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 196 MPa, a jobboldali sarkokban: 225 MPa.



5.25 ábra
A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, ívre merőleges repedés környezetében, a fenék középső belső felületén, kívülről nézve

Az **5.26 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be a 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, a fenék íve menti repedés környezetében, a fenék középső belső felületén, belülről nézve.
A maximális egyenértékű feszültségérték a repedés felső részénél, a repedés felső sarkában (a nyílnál): 732 MPa. Az egyenértékű feszültség a repedés alsó részénél (a repedés alsó sarkában): 710 MPa. Az 5.26 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 308 MPa, a jobboldali sarkokban: 194 MPa.



5.26 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe egy 10 mm hosszú, 1 mm széles, 3 mm mély, ívre merőleges repedés környezetében, a fenék középső belső felületén, belülről nézve

5.4. Repedés alakú hibák lemunkálásából keletkező, helyi falvastagság-vékonyodás hatása tartályfal egyenértékű feszültségére

A fent bemutatott repedés alakú hibák lemunkálásakor ugyanúgy a repedés aljának megfelelő méretű helyi falvastagság-vékonyodás következik be, mint a félgömb alakú hibák esetében.

A szakvéleményben szereplő megoldások az alábbiak:

- Önálló (3 mm mély és 10 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen
- Önálló (3 mm mély és 70 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen
- Önálló (3 mm mély és 700 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen
- Önálló (3 mm mély) 10 x 27 mm méretű lemunkálás ferde szélekkel a gáztartály fenék középső belső felületén (a legnagyobb igénybevétel helyén)

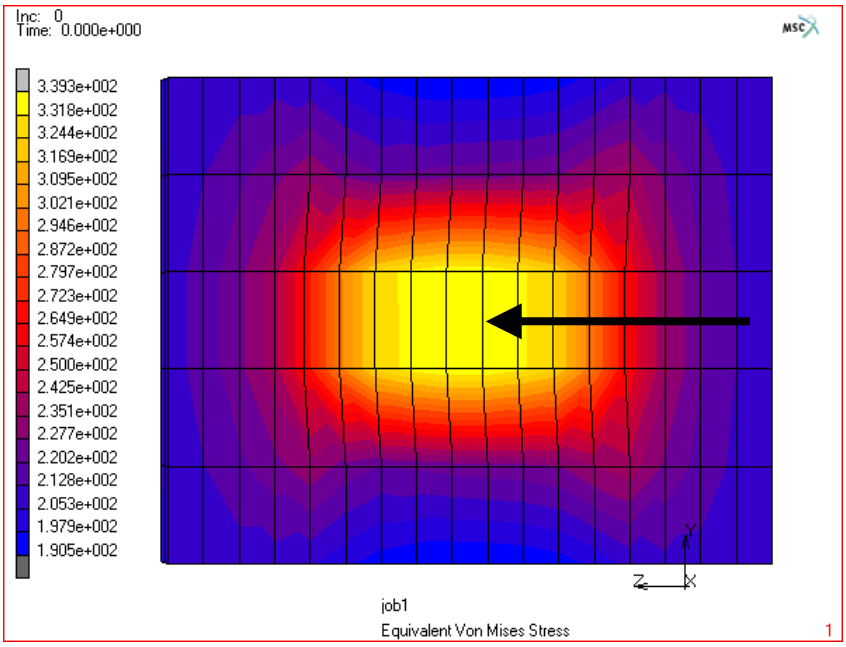
5.4.1. Önálló (3 mm mély és 10 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen

Ez az eset megegyezik az 5.2.1 pontban már bemutatott változattal.

5.4.2. Önálló (3 mm mély és 70 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen

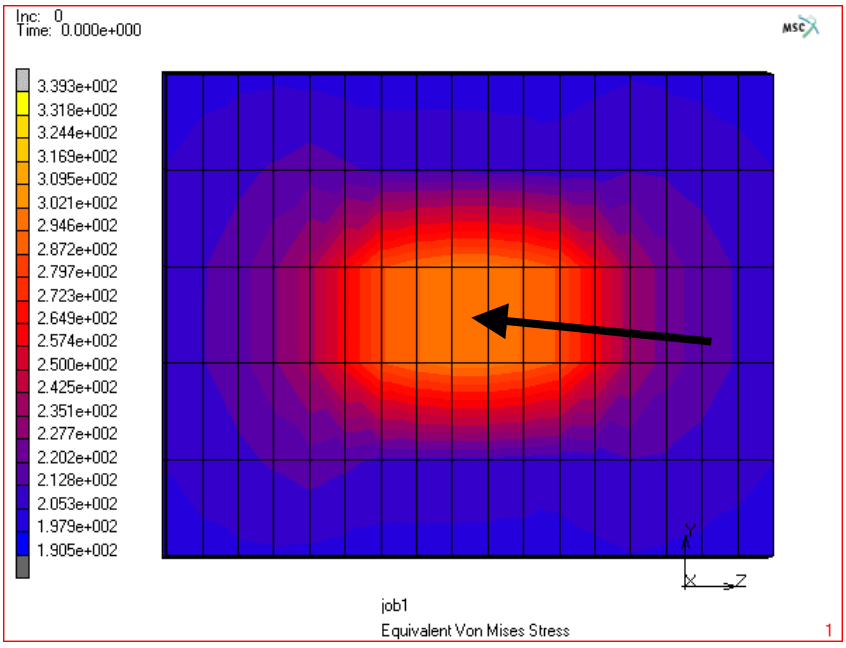
Az **5.27 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét szemlélteti egy 70x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, kívülről nézve.

Az egyenértékű feszültség értéke (a nyíllal jelzett helyen): 339 MPa. Az 5.27 ábra által mutatott tartályfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 206 MPa, a jobboldali sarkokban ugyancsak: 206 MPa.



5.27 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a 70x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, kívülről nézve

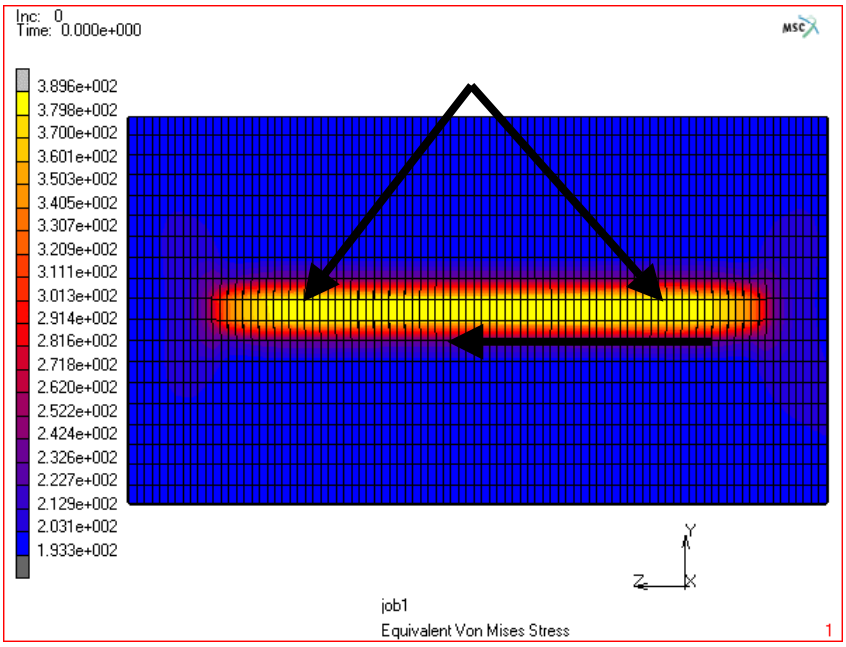


5.28 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a 70x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, belülről nézve

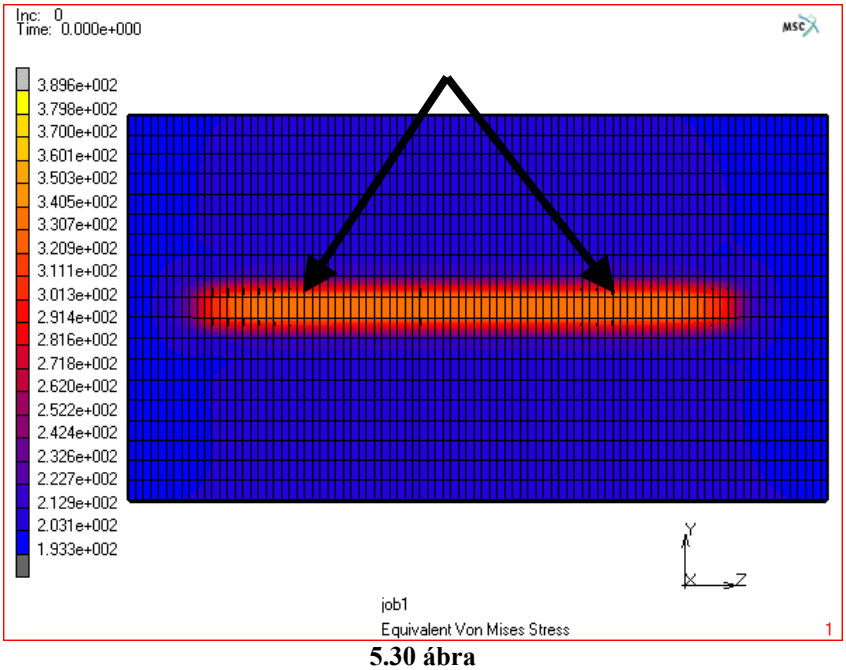
Az **5.28 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be 70x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, belülről nézve.
Az egyenértékű feszültségérték a nyílnál: 298 MPa. Az 5.28 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 202 MPa, a jobboldali sarkokban is: 202 MPa.

5.4.3. Önálló (3 mm mély és 700 x 27 mm méretű) lemunkálás a gáztartály külső felületén középen



5.29 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a 700x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, kívülről nézve



5.30 ábra

A σ_i egyenértékű feszültségek képe a 700x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, belülről nézve

Az **5.29 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képe a 700x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, kívülről nézve.

Az egyenértékű feszültség értéke – a nyíllal jelzett helyen – felül 389 MPa, alul 387 MPa. Az egyenértékű feszültség értéke középen felül 387 MPa, alul 385 MPa.
Az 5.29 ábra által mutatott tartályfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 201 MPa, a jobboldali sarkokban ugyancsak: 201 MPa.

Az **5.30 ábra** a σ_i egyenértékű feszültségek képét mutatja be 700x27 mm hosszú méretű felületi lemunkálás esetén a tartály külső felületén, középen, belülről nézve.
Az egyenértékű feszültségérték a nyílnál felül 337 MPa, alul 336 MPa.
Az egyenértékű feszültségértékek középen felül 335 MPa, alul 334 MPa.
Az 5.30 ábra által mutatott fenékfal részlet baloldali sarkaiban az egyenértékű feszültségek értéke: 202 MPa, a jobboldali sarkokban is: 202 MPa.

5.4.4. Önálló (3 mm mély) 10 x 27 mm méretű lemunkálás ferde szélekkel a gáztartály fenék középső belső felületén (a legnagyobb igénybevétel helyén)

Ez az eset megegyezik az 5.2.2 pontban már bemutatott változattal.

18. melléklet

A pébégáztartályok károsodási állapotának meghatározására szolgáló módszer

1. A jogszabályokba, szabályzatokba foglalt jelenlegi vizsgálati előírások

A pébégáztartályok üzemeltetői jogszabályi előírások alapján végzik feladataikat, amelyeknek az innovációs program szempontjából lényeges pontjait röviden ismertetjük. A következő jogszabályok rendelkeznek a pébégáztartályok[1] üzemeltetőinek tevékenységéről:

- 1993. évi XLVIII. törvény a bányászatról,
- 1997. évi XII. törvény a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény módosításáról és kiegészítéséről,
- 203/1998. (XII. 19.) Kormányrendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról,
- 2004. évi CXXXVIII. törvény a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény módosításáról,
- 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet a nyomástartó és töltőlétesítmények műszaki-biztonsági hatósági felügyeletéről (a továbbiakban: 63/2004GKM),
- 106/2005. (VI. 16.) Kormányrendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról szóló 203/1998. (XII. 19.) Kormányrendelet módosításáról,
- 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó egyes nyomástartó berendezések hatósági felügyeletéről (a továbbiakban: 23/2006KR),
- Nyomástartó Berendezések Műszaki-Biztonsági Szabályzata. A 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelmények. (2007. február 27.), (a továbbiakban: NyBMBSz)
- A fogyasztóknál elhelyezett, cseppfolyósított propán-butángázos nyomástartó berendezések műszaki követelményei. A NyBMBSz 2. számú melléklete a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet és a Nyomástartó Berendezések Műszaki-Biztonsági Szabályzata végrehajtásához. (2007. február 27.) (a továbbiakban: FECsPBNyBMK),
- 273/2009. (XII. 3.) Kormányrendelet a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó egyes nyomástartó berendezések hatósági felügyeletéről szóló 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet módosításáról. (a továbbiakban

A jogszabályokból a következő előírásokat emeljük ki, amelyek a különféle állapotértékelési vizsgálatok végzésére vonatkozóan kiemelten figyelembe veendők:

i. A 23/2006KR 16. § (1) bekezdése szerint „A nyomástartó berendezéseket időszakos felülvizsgálat alá kell vonni, amelynek különösen a következő biztonsági követelmények teljesülésére kell kiterjedni: a) a korróziós állapot, a korrózió elleni védelem vizsgálata, b) a falvastagság vizsgálata méréssel /…/”.
ii. A 23/2006KR 16. § (2) bekezdése előírja, hogy „/…/ a külső és belső szerkezeti vizsgálatot legalább 5 évenként, a szilárdsági nyomáspróbával történő vizsgálatot legalább 10 évenként kell elvégezni. A 10,0 m^3-nél kisebb űrtartalmú légtartályokat, valamint a cseppfolyós propán-bután gázok és elegyeik tartályait 10 évenként kell belső szerkezeti vizsgálat alá vetni.”

[1] A szakvélemény egészében és a mellékletekben az itt dőlt betűkkel kiemelt értelmezési kört rövidített formában szerepeltetjük „pébégáztartály”, „gáztartály”, „tartály”, „pébétartály” néven. Pontos jelentésük: *cseppfolyós propán- vagy butángáz és ezek elegyeinek tárolására alkalmas, 10 m^3-nél kisebb űrtartalmú, föld feletti üzemeltetésű, acél nyomástartó edény*.

iii. A 23/2006KR 2. melléklet 2.3. pontja szerint a dokumentáció részét képező „…rajz-dokumentációnak tartalmaznia kell /…/ a korrózió, az erózió és a belső vizsgálhatóság figyelembevételével a falvastagság-mérési helyeket (ultrahangos falvastagság-mérési térkép)”.

iv. Jelenleg a pébégáztartályok időszakos felülvizsgálatára több, rendszeres időközönként elvégzendő vizsgálati módszert is meghatároznak a vonatkozó jogszabályok és hatósági előírások, nevezetesen[2]:

- ***Belső ellenőrzés**:* a hatósági felügyelet alá tartozó létesítmény berendezései belső szerkezeti állapotának általában szemrevételezéses átvizsgálása a berendezés üzemen kívüli, környezeti hőmérsékletű, tiszta és nyitott állapotában. A belső ellenőrzés során egyúttal külső ellenőrzést is kell tartani.
- ***Külső ellenőrzés*:** a hatósági felügyelet alá tartozó létesítmény berendezéseinek kívülről hozzáférhető részeire, tartozékaira és biztonsági szerelvényeire is kiterjedő, általában szemrevételezésen és működési próbákon alapuló, üzemelés közben végrehajtott ellenőrzése.
- ***Szilárdsági ellenőrzés**:* a berendezés – műszaki dokumentációban megadott mértékű – nyomás terheléssel végrehajtott ellenőrzése.
- ***Időszakos ellenőrzés (időszakos felülvizsgálat)**:* a tartály ellenőrzési tervnek megfelelő külső és belső, valamint szilárdsági ellenőrzése.
- ***Szilárdsági (hidraulikus) nyomáspróba**:* az ellenőrizni kívánt tartályt próbanyomás alá helyezik annak igazolására, hogy az megfelel a belső túlnyomással szembeni mechanikai szilárdság követelményeinek. Általában vízzel vagy indokolt esetben gázzal végzik. „A nyomáspróba indokolt esetben egyéb, egyenértékű vizsgálattal helyettesíthető” – fogalmaz a 23-as rendelet 3. § 18. pontja.
- ***Tömörségi nyomáspróba**:* a tömörtelenség kimutatására alkalmas (a töltetnél kisebb belső súrlódású) közeggel a legnagyobb megengedhető nyomás értékén végrehajtott ellenőrzés, amelynek célja a legnagyobb megengedhető nyomáson való tömörség igazolása.
- ***Tömörség ellenőrzés**:* az üzemi nyomáson, saját közeggel végrehajtott szivárgás-ellenőrzés, amelynek célja annak kimutatása, hogy a tartály az ellenőrzési nyomáson tömör.
- ***Biztonsági értékelés (károsodáselemzés)**:* a tartály üzemeltetése során várható károsodásának meghatározása, figyelembe véve a nyomásnak, a hőmérsékletnek, a töltetnek, a környezetnek, a mechanikai igénybevételnek és az üzemeltetés körülményeinek az adott berendezésre (beleértve minden szerelvényét, tartozékát, részegységét) gyakorolt hatását.
- **Akusztikus-emissziós vizsgálat**: a belső ellenőrzést és a szilárdsági nyomáspróbát helyettesítő, a tartály megbontása nélkül elvégzett műszeres vizsgálat.

v. Az említett jogszabályok között ultrahangos vizsgálat egyetlen helyen sincs előírva, de a *belső ellenőrzés* meghatározásánál a szabályzat a említi: „…a szokásos terjedelmet meghaladó ellenőrzési módszerek /…/ a kiegészítő víznyomáspróba, az ultrahangos ellenőrzés, a röntgen-átvilágítás, a nyúlásmérés, az anyagvizsgálat, a felületi repedés-ellenőrzés és a lerakódások kémiai elemzése …”, az 1/a) szakaszban idézett 16. § (1) bekezdés pedig a falvastagságmérés említésével egyértelműen utal reá.

vi. Az ellenőrzések részletes műszaki követelményeit tartalmazó NyBMBSz 3.3.1. szakasza kimondja, hogy „az ellenőrzés keretében végzett nyomáspróba alkalmas roncsolásmentes vizsgálattal helyettesíthető, ha a nyomáspróba /…/ az üzemmód miatt nem célszerű”.

vii. Az előző bekezdésben említett előíráson túlmenően új jogszabályi előírás fogalmazódott meg a szilárdsági nyomáspróbával kapcsolatban: a 273/2009. (XII. 3.) Kormányrendelet 13. §-a új szöveggel cserélte fel a 23/2006KR 16. § (2)–(5) bekezdését, éa az

[2] Forrás: 63/2004GKM, 23/2006KR, NyBMBSz, FECsPBNyBMK

új szöveg részeként kimondta: „*A 10,0 m^3-nél kisebb űrtartalmú légtartályok, valamint a cseppfolyós propán-bután gázok és elegyeik tartályai esetében a belső szerkezeti vizsgálat és szilárdsági nyomáspróba helyettesíthető megbontás nélküli, egyéb vizsgálati módszerekkel is*”.

viii. A fentiekből következően a jogszabályi feltétel is adott arra, hogy a cseppfolyós propán-bután gázok és elegyeik 10 köbméternél kisebb űrtartalmú, föld felett üzemelő tartályainál a belső szerkezeti vizsgálatot és a szilárdsági nyomáspróbát műszakilag megfelelőbb vizsgálati eljárással helyettesítsük.

2. Az időszakos ellenőrzések keretében a tartályokon végzendő vizsgálatokra vonatkozó javaslatok

2.1. A jelenlegi vizsgálatok és vizsgálati követelmények értékelése

a) A PÉBÉ-COOP a saját üzemeltetői rendszerében, a külső szerkezetvizsgálatnál a szemrevételezés mellett ultrahangos falvastagságmérést is végez. Ennek nyomán 2006 óta falvastagságmérési adatok is rendelkezésre állnak, amelyek két ütemben bekerülnek a közösen kifejlesztett KOR-ba: 2009. december 22-ig 122 db tartály, majd 2009. december 31-re összesen 213 tartály falvastagságmérési adatai kerülnek be az adatbázisba. Ezek között 6 olyan tartály is van, amelyen az elmúlt 3 évben két alkalommal is történt ultrahangos falvastagságmérés.

b) A szilárdsági ellenőrzés és az ezt követő tömörségvizsgálat a jelenlegi gyakorlat szerint két fő vizsgálati eljárásra alapul. Az egyik az üzemelés helyszínén végzett, földgáz közegű nyomáspróba, amelyet akusztikus emissziós vizsgálat kísér. A másik előírt vizsgálat a tartály hidraulikus nyomáspróbája, amelyet karbantartó állomáson kell végezni a tartály gáztalanítása után. A karbantartási logika szerint hidraulikus nyomáspróbák alkalmával a tartályból kimossák a belső korrózió termelte revét és egyéb szennyeződéseket, elvégzik a hidraulikus nyomáspróbát, majd kiszárítják a tartályt az ismételt üzembe helyezés előtt.

c) A pébégáztartályokon végzett vizsgálataink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy *a tartályok mechanikai károsodása* – leszámítva a havária jellegű mechanikai sérüléseket – *egyáltalán nem jellemző*: a tartályok alapanyaga sem és hegesztett kötései sem veszítenek szívósságukból vagy szilárdságukból, kifáradásra utaló mérési eredményt sem kaptunk.

d) A tartályok termikus eredetű károsodását a vizsgálati eredmények és az üzemi feltételek elemzése alapján szintén ki lehet zárni. A hőmérséklet növekedése minden lehetséges üzemállapotban 70°C alatt marad, ameddig az acél alapanyagok nem károsodnak. A negatív hőmérséklet-tartományban pedig a környezeti hőmérséklet hatására kb. –20°C-kal lehet minimumként számolni; ennél lényegesen kisebb hőmérsékleten is a lemezanyagok szívósnak bizonyultak az ütővizsgálatok során.

e) A fentieket követően hangsúlyozottan állítjuk, hogy a pébégáztartályok szerkezeti anyagai vonatkozásában a károsodási folyamat fő mechanizmusa a korrózió, nevezetesen a belső oldalon zajló egyenletes korrózió. A védőbevonat sérülése esetén ez kiegészül a külső korrózióval.

f) Vizsgálataink alapján a belső korróziós folyamatoknak egyetlen, de meghatározó jelentőségű korróziós ágense van: a víz. Nem találtunk rá példát vagy bizonyítékot, de a gáztöltet adalékai vagy/és szennyezői (pl. kénvegyületek, sók, kloridion-tartalmú szerek) bekerülhetnek a vízbe, és ekkor fokozzák annak korróziós hatását. A víz az ötvözetlen szerkezeti acélt korrodálja, amely folyamat reveképződéssel és a falvastagság csökkenésével jár. Nyilvánvaló, hogy a korróziós fogyás hosszú idő alatt lecsökkentheti a falvastagságot a szilárdsági számítás szerint minimálisan szükséges (S_{KELL}) értékre, és ebben az esetben a belső nyomás maradó alakváltozást, esetleg felszakadást idézhet elő. Ennek lényeges feltétele tehát a falvastagság általános vagy helyi csökkenése a terhelésből és a tartály méreteiből meghatározható érték alá.

g) A szakértői rendszer kidolgozásakor minden lényeges kockázati hatást igyekeztünk figyelembe venni, és ennek alapján meghatároztunk a pébégáztartályok károsodásának mértékét kifejező KÁR károsodási számot. A szakértői rendszer belső összefüggései (4. melléklet) arra is módot adnak, hogy mérési adatokból és/vagy az adatbázis összetevőinek kapcsolatán alapuló számításokból meghatározzuk az egyes tartályokra, illetve azok tetszőleges csoportjaira a maradék élettartamot (MÉG), a teljes üzemidőt (IDŐ) és a RÉK relatív életkort. A maradékélettartam-becslésben meghatározó szerepet adtunk a gyártási és az aktuális falvastagsági értékeknek – a további LKH lényeges kockázati hatásokat a károsodási, veszélyeztetettségi csoportok képzésénél használjuk, amely a vizsgálandó tartályok kiválasztásának alapja –, ezért a falvastagság mérést állítjuk a vizsgálati metodika középpontjába.

2.2. A szilárdsági nyomáspróbát helyettesítő vizsgálat ismertetése

a) A szakértői adatbázisban (KOR) kezelt minden tartályra a károsodási osztályozási rendszer (KOR) meghatároz egy károsodási / veszélyeztetettségi mértéket, a károsodási számot (KÁR), és ennek nagysága alapján egy károsodási / veszélyeztetettségi sorrendet (KÁRSOR). Ez alapján a teljes kezelt tartályállomány károsodási osztályokba (KÁROSZT) sorolható, és ezekből az osztályokból történhet meg az időszakos ellenőrzésre kerülő tartályok kiválasztása.

b) A tartályok maradék élettartamára a közösen kifejlesztett szakértői rendszer új mérési adatok nélkül is megbízható becslést tud adni, ám az üzemeltetési biztonság, a mérnöki felelősség és a jogszabályi előírások szigorúan megkövetelik a tartályok időszakos ellenőrzését. Az sem közömbös, hogy minden újabb mérési adat, amely beépül a szakértői adatbázisba, javítja mind a maradék élettartam becslésének pontosságát, mind pedig a felülvizsgálandó tartályok kiválasztásánál a tényleges veszélyeztetettségre való érzékenységet.

c) „Mérési adat” alatt falvastagságmérési adatokat, illetve a külső korrózió okozta falvastagság-csökkenés mérésére alkalmas mélységmérő eszközzel (pl. tolómérce) meghatározott „bemaródási mélység” adatokat értünk.

d) *Másféle vizsgálati adatra nincs szükség. A szakértői rendszer használatával végzett időszakos ellenőrzésekhez nem szükséges tehát sem a földgáz vagy saját közegű nyomáspróba, sem pedig a hidraulikus nyomáspróba.*

e) A különféle időszakos (belső szerkezeti vizsgálat, külső szerkezeti vizsgálat) vagy akár rendkívüli ellenőrzések alkalmával tehát ultrahangos falvastagságméréseket javasolunk. Az elvégzendő ultrahangos mérések döntően a köpenylemeznek a belső korrózió szempontjából leginkább veszélyeztetett, illetve az attól nagy valószínűséggel mentes részeire irányulnak:

   – A hengeres köpeny legalsó zónája, ahol szinte mindig van cseppfolyós közeg, és benne lehet víz is. Több lemezből álló köpeny esetén a mérést minden köpenylemezen, egyetlen köpeny esetén a tartály két végén el kell végezni.

   – A hengeres köpeny legfelső zónája, ahol viszont soha nincs folyékony gáz, csak a gőz fázisból lecsapódott gáz vagy / és víz. Több lemezből álló köpeny esetén a mérést minden köpenylemezen, de legalább a tartály két végén el kell végezni.

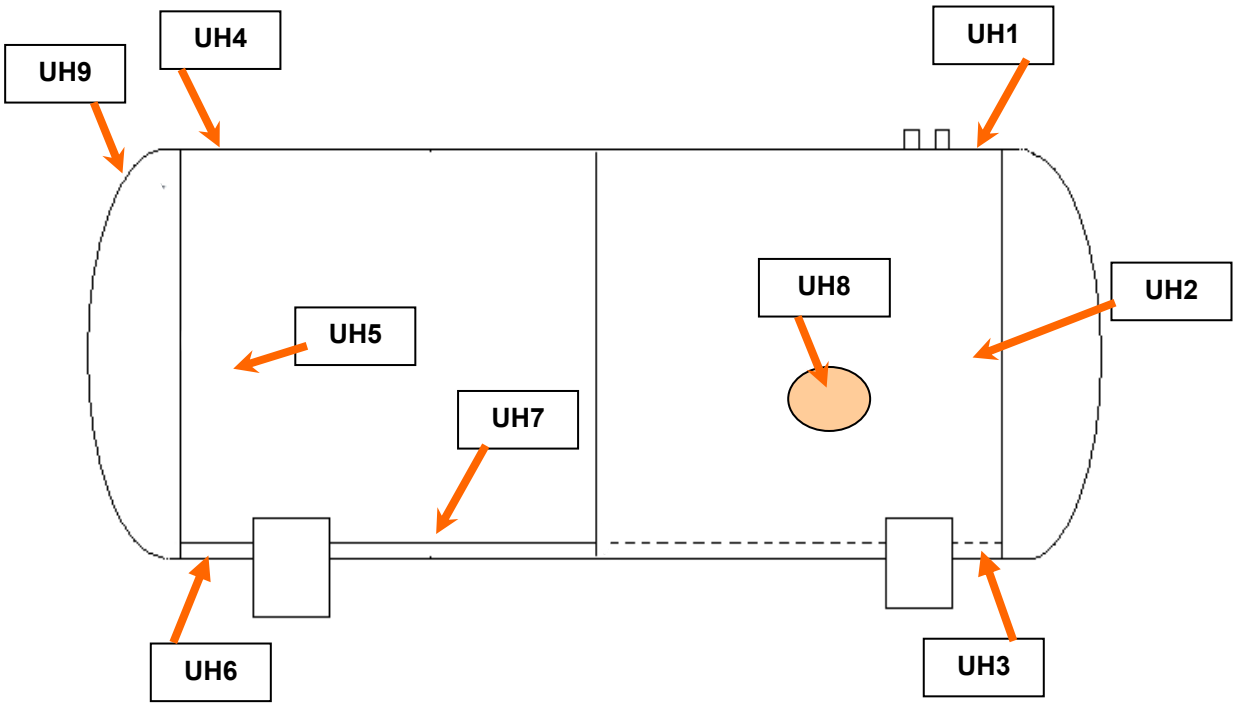
   – A köpenylemez (egyik) hosszvarratánál, közvetlenül érintve oldalról a varratdudort a mérőfejjel, és attól távol; a hőhatásövezet korróziós fogyásának mérésére szolgál.

   – Az előzetesen külső korrózió miatt átfestett köpenyzónában, a kívülről legmélyebbnek látható ponton. A mérés előtt a rozsdát le kell csiszolni, majd konzerválni kell a károsodott területet.

   – A fenekek egyikén, a szilárdságilag leginkább igénybevett szegmensben kell a falvastagságot mérni. A végeselemes modellezéssel meghatározott, szilárdságilag legin-

kább igénybevett szegmens hozzávetőlegesen a középpont és a „szoknya” közötti távolság felére esik.

– Javasoljuk, hogy az egyértelműség érdekében a mérési helyeket felfestéssel jelöljék meg, amely jelölés lehetővé teszi az ismételt ellenőrzéseknél az adott mérési pontokon való újbóli vastagságmérést. A koordinátákkal történő megadást is javasoljuk; a koordináták megadásánál biztosítani kell a reprodukálhatóságot.
A fenekek egyikén a mérési pont a függőleges főkörön, a 45 fokos palástszögnél legyen kijelölve a fenék felső részén.



18/1. ábra – Az ultrahangos mérésekre kijelölt helyek

f) Az ultrahangos vizsgálathoz többszörös visszhang elvén működő készüléket célszerű használni, ugyanis a rétegvastagság-mérővel kiegészített mérésben az egyszeres visszaverődési elven működő berendezés kalibrálási hibája könnyen téves mérési eredményt adhat. A mérési eredményeket századmilliméter pontossággal kell megadni, átlagolva legalább három mérés eredményét egy mérési ponton.

g) Javasoljuk, hogy a mérőberendezés kalibrálásához a vizsgálandó tartályok köpenyével megegyező anyagú, íveltségű és bevonatú etalonokat használjanak, amelyek vastagsága mechanikus mérésekkel igazolt.

h) A külső korróziós foltokban való ultrahangos mérésekhez külön e célra szolgáló etalon alkalmazását javasoljuk.

i) Indokolt, hogy a mérést szakértő végezze.

3. Az ultrahangos vizsgálatok beépítése a PÉBÉ-COOP időszakos vizsgálatokra vonatkozó technológiai utasításába

A PÉBÉ-COOP Kft.-nak a „TU-TÜE 3, Pébétartályok élettartam követése” című dokumentuma az üzemeltetői oldaláról megfelel a jogszabályokban említett ***biztonsági értékelés*** feladatnak (amelynek definícióját megadtuk a jelen 18. melléklet 1.ív. szakaszában). Javasoljuk, hogy ebbe a dokumentumba a T. Megbízó alkalmas módon építse be a károsodási osztályozási rendszer szolgáltatásait: a károsodási osztályozást, a vizsgálati csoportok kiválasztását és a maradék élettartam meghatározását.

19. melléklet

A pébégáztartályok maradék élettartamának becslése

A pébégáztartályok üzemi élettartamuk folyamán folyamatosan károsodnak. A károsodásnak – mint azt a szakvélemény számos előző pontjában és mellékletében jeleztük – a fő mechanizmusa a belső korrózió. A belső korrózió minden általunk elemzett esetben általános korróziós folyamatként halad előre, egyetlen esetben sem észleltünk helyikorróziós károsodást: lyukkorróziót, réskorróziót, feszültségi korróziót stb.

A mechanikai igénybevételek változása – pl. az emelések, alapsüllyedések – a korróziósebességre kismértékű gyorsítóhatást jelent, de ennél lényegesen nagyobb falvastagságcsökkenést okozhat a külső korrózió. Ezen a tapasztalaton alapul az a szakértői rendszer, amelyben a károsító hatásokat összevontan és rendszerbe foglaltan értékeljük, és a maradék élettartam becslésére is felhasználjuk.

A károsodási osztályozási rendszer (KOR, részletesen ismerteti a 4. melléklet) belső összefüggései és kimeneti oldala arra irányul, hogy a pébégáztartályokra meghatározható legyen a károsodás mértéke vagy másként a veszélyeztetettség és a maradék élettartam. A maradék élettartam becslése a KOR segítségével meghatározott károsodási mérték és korróziósebesség alapján kimeneti adatként hozzárendeli minden egyes tartálhoz a következő adatokat:

1. KÁR = Károsodási szám
   A károsodást okozó kockázati hatások összevont értékét fejezi ki.
2. KÁR% = Normált károsodási szám
   A KÁR értékek maximális és minimális értékei által képezett intervallumon elfoglalt helyet mutatja meg százalékos formában.
3. KÁRSOR = Károsodási sorszám, Veszélyeztetettségi sorszám
   A teljes elemzett állományon belül a KÁR értékeinek sorrendjében elfoglalt hely.
4. KÁROSZT = Károsodási osztály
   A károsodási sorszám szerint képzett csoportokba való besorolás helye.
   Meg kell jegyezni, hogy a 23/2006-os Kormányrendelet meghatározza a „veszélyességi osztály” fogalmát, de ez NEM AZONOS az itt bevezetett károsodási osztállyal.
5. MÉG = Maradék élettartam
   Az egyes tartályok években kifejezett, becsült további üzemideje.
6. IDŐ = Teljes élettartam
   Az egyes tartályok maradék élettartamának és már eltelt üzemidejének összege.
7. RÉK = Relatív életkor
   A már eltelt üzemidő és a teljes élettartam hányadosa, százalékban kifejezve.

A maradék élettartam (MÉG) és a teljes üzemi élettartam (IDŐ) becslésére a KOR egy viszonylag egyszerű számítási modult tartalmaz, amelyet részletesen ismertettünk a 4. melléklet 6. fejezetében. Ennek köszönhetően ez a kétféle élettartam adat minden tartályra ismert. Azokra a tartályokra, amelyeknél még nem történt ultrahangos falvastagságmérés, a KOR-ban becsült adatokat mint **előzetes élettartam** és **előzetes maradék élettartam** kell tekinteni mindaddig, ameddig az ultrahangos mérésük meg nem történik. Ezt követően az előzetes adatok **korrigált élettartam** és **korrigált maradék élettartam** adatokra módosulnak.

Mivel minden új mérési adat bevitele a KOR-ba befolyásolja az élettartambecslési paramétereket, a teljes tartályállomány előzetes és korrigált élettartam adatai is módosulhatnak. Ennek a változásnak a mértéke összességében nem túlságosan jelentős: példaként bemutatjuk, hogy az adatbázis jelentős bővítése milyen hatással volt az átlagos maradék élettartam értékére.

Az adatbázis első, 1426 elemből álló változatában 122 tartály ultrahangos mérési eredményei alapján 63,6 évre adódott a becsült maradék élettartamok átlaga. Az adatbázis 1517 elemre bővítése és a megvizsgált tartályok számának 219-re (6 tartályon kétszeri mérés) növekedése után az említett átlagos maradék élettartam 64,0 évre módosult. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy egyes tartályoknál a mérési adatok alapján egészen jelentős változások sem zárhatók ki.

Amikor a teljes tartályállomány legalább egyszeri ultrahangos falvastagságmérése lezárul – a T. Megbízó ezt 5 év alatt szándékozik elvégezni –, akkor az élettartam adatok immár minden tartályra korrigált értékekként lesznek ismertek.

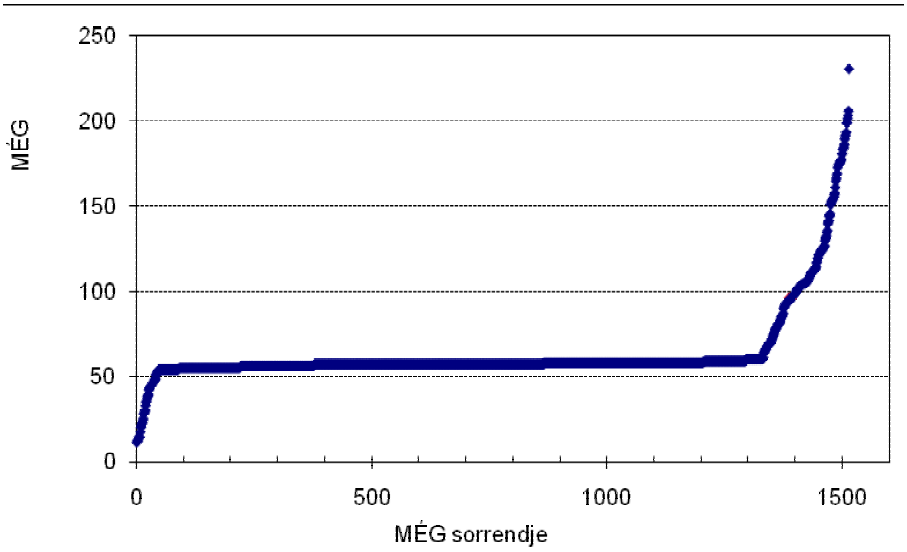
A vizsgálandó tartályok kiválasztása

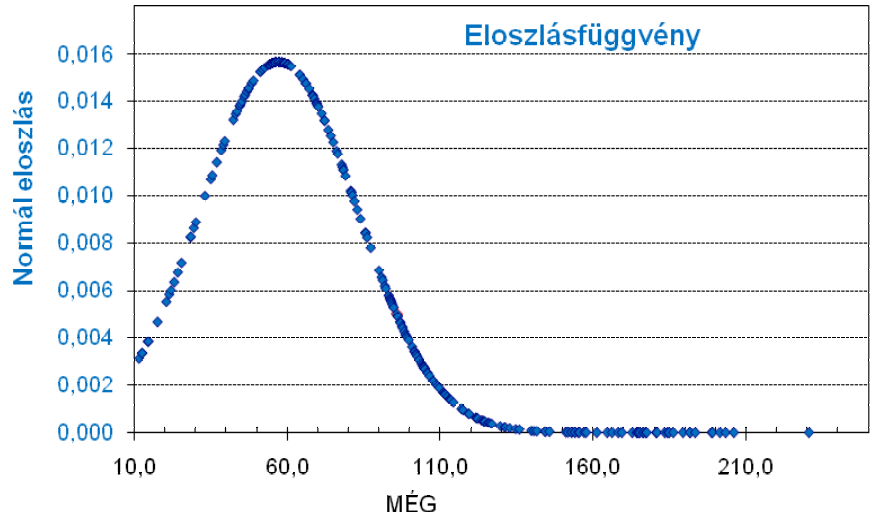
Az üzemeltetői feladatok között alapvető fontosságú az időszakos ellenőrzések végrehajtása. A közösen kidolgozott KOR és a hozzá illeszkedő, ultrahangos vizsgálatokra alapuló ellenőrzés arra hivatott, hogy a tartályok károsodottsági mértékét a szilárdsági ellenőrzésnél megbízhatóbban jelezze, megbízható becslést adva a maradék élettartamra is. Ennek az összetett feladatnak a rendeltetésszerű ellátásához alkalmas módon kell kiválasztani a több évre elhúzódó vizsgálatok körébe bevonandó tartályokat.

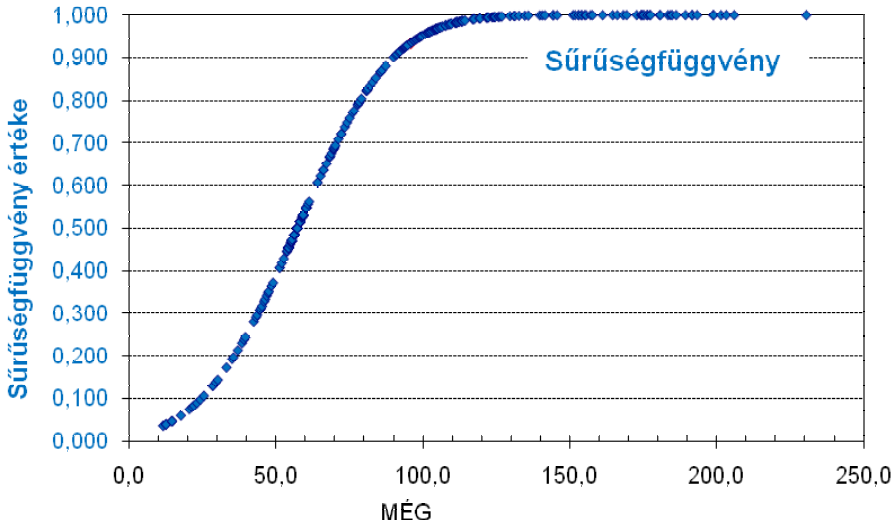
A kiválasztás módjára a 18. mellékletben már kitértünk, de itt is megismételjük a lényeget: a hatóságilag indokolt felülvizsgálati csoporthoz – ez a 10 évente esedékes belső szerkezeti vizsgálatra az adott évben sorra kerülő tartályok csoportja – javasoljuk hozzáadni azokat a tartályokat, amelyek a KÁRSOR károsodási sorrend szerint következnek: elsőként a 4., majd sorban a 3., 2. és végül az 1. KÁROSZT károsodási osztályba tartozó tartályokat.

Természetesen ez a sorrendalapú kiválasztás kiegészíthető olyan szempontokkal, amelyek a KOR működési pontossága szempontjából előnyöket rejtenek. Pl. olyan gyártók, évjáratok vizsgálata, amelyek alulreprezentáltak az eddigi vizsgálatokban, illetve a régen már vizsgált tartályok ismételt / ellenőrző mérése nyújthat hasznos új adatokat.

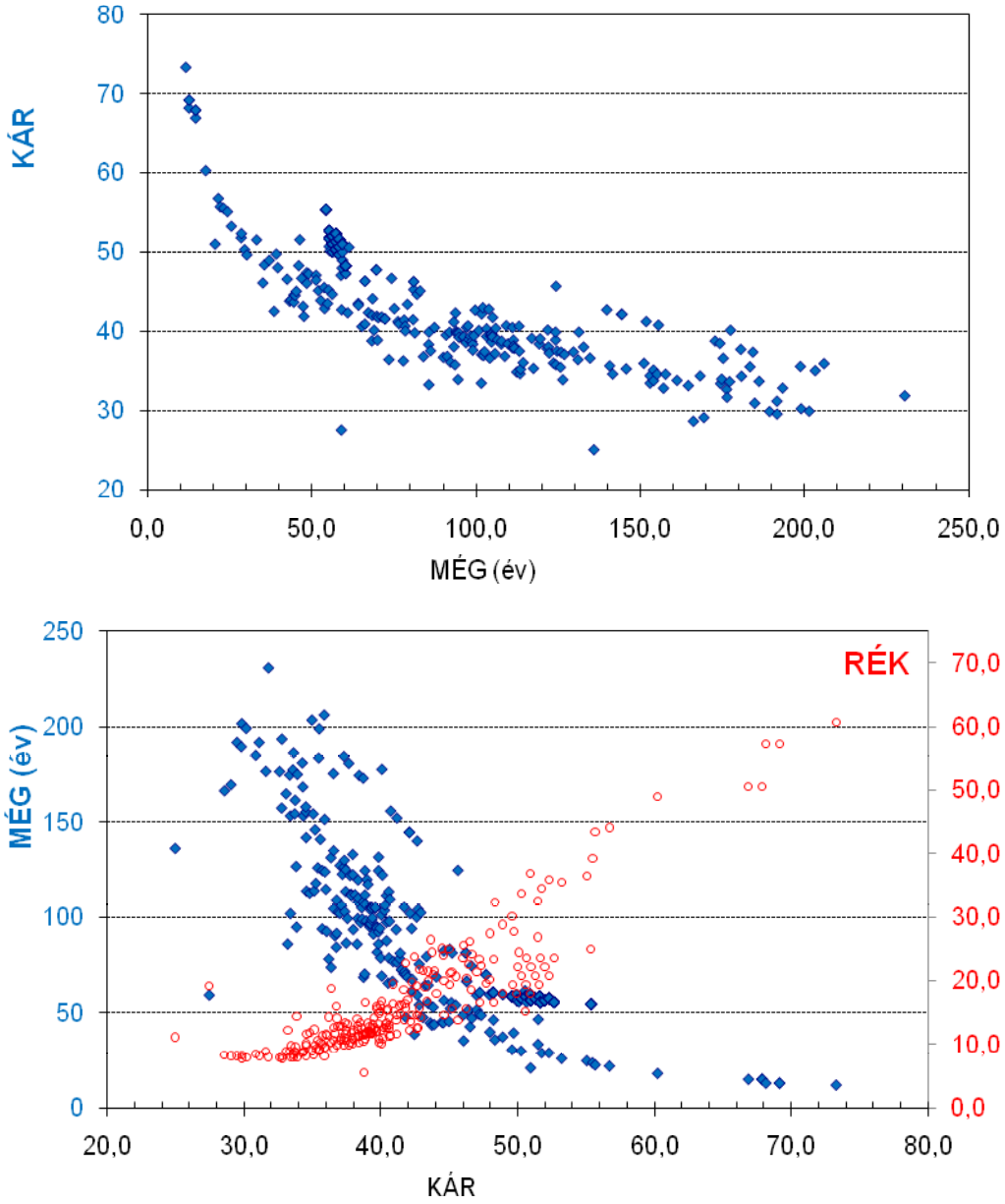
A maradékélettartam-becslési modul eredményeinek áttekintése érdekében diagramokon mutatjuk be a maradék élettartam legfontosabb statisztikai jellemzőit (20/1. ábra) és kapcsolatát a KÁR károsodási számmal (20/2. ábra).







20/1. ábra – A MÉG maradék élettartam értékeinek eloszlása



20/2. ábra – A MÉG maradék élettartam és a RÉK relatív életkor értékeinek kapcsolata a KÁR károsodási számmal

20. melléklet

A pébégáztartályok külső korróziójának jellegzetes formái

A pébégáztartályok lehetséges károsodási folyamatai között kitüntetett helyet foglal el belső és külső korrózió. Mindkét oldali korróziónak ki vannak téve az acél alapanyagok, valamint a tartályszerkezet gyártásakor és a szerelvények beépítésekor készített hegesztett kötések. A belső korrózióra irányuló vizsgálatokat a 9. mellékletben ismertettük, itt elsősorban a külső korrózió jellegzetes megjelenési formáit vesszük sorra.

a)

b)

c)

d)

e)

f)

20/1. ábra – a) Egy pébégáztartály jellegzetes környezete és külső állapota (a jobb felső sarokban a gyári szám látható). A külső védőbevonat ép, de szennyeződött, helyenként kis felületen kopott vagy hiányos: itt elkezdődik a lassú külső korrózió (d). A lábak, csonkok környezetében a bevonat ép (e, f). A szerelvények közül a gázelvételi csonkhoz csatlakoztatott, eredetileg horganyzott acélcső kívülről teljesen rozsdás (b).

a)

b)

c)

20/2. ábra – Két pébégáztartály, amelyek alja túl közel van a talajhoz. A köpenyen és a fenéken, több helyen erősen megsérült a védőbevonat; ahol a sérülés az alapozóréteget is felszakította, ott már megindult a külső korrózió

a)

b)

c)

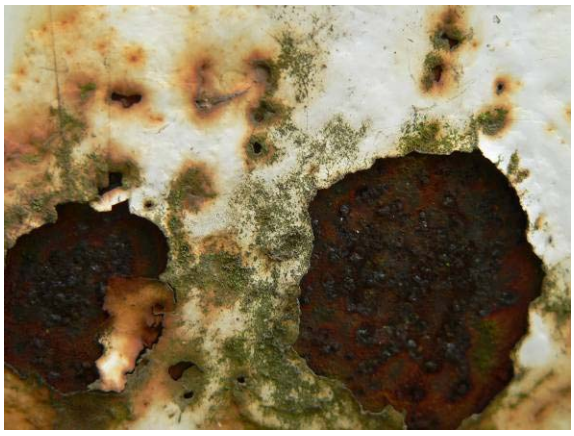
d)

20/3. ábra – Erős külsőkorróziós károsodások már nem üzemelő tartályokon, a Gönczi és Fia Kft., illetve a PÉBÉ-COOP Kft. selejtraktárában

a)

b)

c)
d)

e)

f)

20/4. ábra – Erős külsőkorróziós károsodás egy üzemelő tartály alsó, talajközeli részén. Ennek a tartálynak a külső oldali korrózióját semmi nem gátolja. A károsodás mértékének meghatározására kiválóan alkalmas vizsgálati mintaként javasoljuk a selejtezését és a megvizsgálását

a)

b)
c)

20/5. ábra – Erősen megrozsdásodott csatlakozóelemek

a)

b)

20/6. ábra – A védőbevonat sérülése, leválása helyén erős rozsdásodás megy végbe. Jól láthatók a páralecsapódás miatt képződött vízcseppek a felületen

20/7. ábra – A fákról lehulló levelek, rothadt gyümölcsök, rovarok és madárürülék sajátos korróziós környezetet alakíthat ki a tartályok felületén

a)

b)

c)

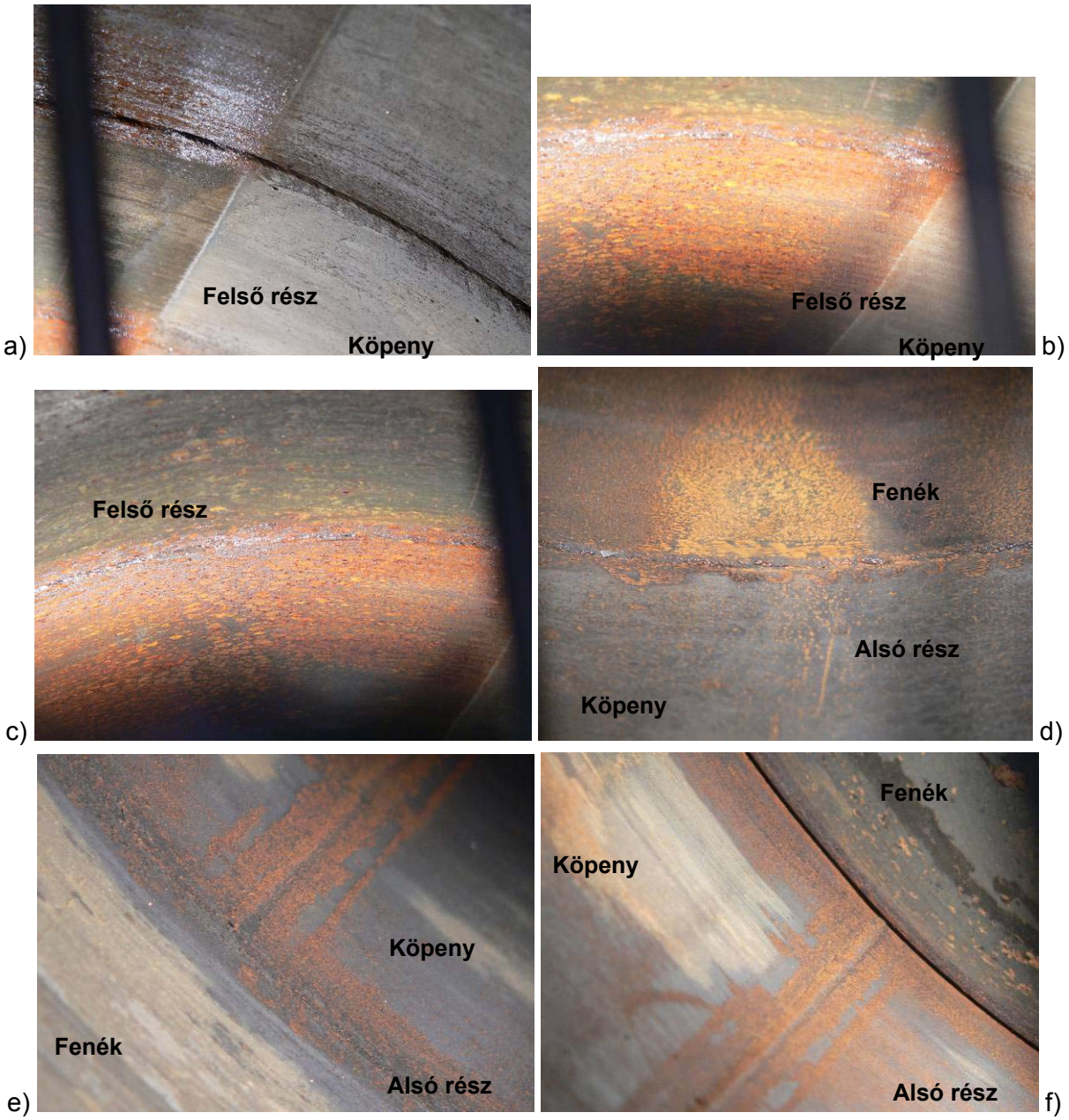
d)

e)

f)

20/8. ábra – A bevonat öregedése, saját (sugárzási, szolvatációs, kémiai stb.) korróziója miatt feltáruló fémfelületeken a korrózió gyorsan megindul, és erőteljesen folyik

A szétdarabolt tartályok belső felületei korróziójának megjelenési formáit azért elemeztük, hogy az időszakos ellenőrzéseknél javasolt ultrahangos vizsgálatok mérési helyeit a belső korrózió várható felületeire tudjuk koncentrálni. Az alábbi ábrákon ezeket a jellegzetes helyeket mutatjuk be.



20/9. ábra – A 24183 gyári számú (a vizsgálatokban „C” jelű) tartály belső felületéről készült képeken jól látható, hogy a lemezfelületek nagy részén csak a fekete színű meleghengerlési reve van jelen mint korróziótermék. A vörösessárga nedveskorróziós rozsda csak a köpeny felső boltozatán – ahol nincs cseppfolyós pébégáz – és a varratok hőhatásövezetében alakult ki (magán a varratdudoron alig)

a) b)

c) d)

e)

20/10. ábra – A 954501gyári számú (a vizsgálatokban „E” jelű) tartály belseje a vízzel végzett nyomáspróba és a víz leürítése után néhány nappal; jól látható, hogy a vízpára a hengeres köpeny boltozatán, a bennmaradt víz pedig az alsó részén okozott gyors rozsdásodást. Az oldalfalakról a víz viszonylag gyorsan lefolyik és leszárad, de ez idő alatt is kialakul egy friss, egyenetlen rozsdásodás.
A hidraulikus (vízzel végzett) nyomáspróbákat követően a víz eltávolítását kiszárítással vagy más eljárással kellene megvalósítani, de álláspontunk szerint a víz teljes körű eltávolítása az üzemeltetői, karbantartói gyakorlatban megoldhatatlan feladat. Emiatt különösen fontos lenne a lehető legkisebbre csökkenteni a tartályba bevitt víz mennyiségét és bevitelének számát. A propán-bután gáz is tartalmazhat szennyezőként vizet, de az jóval kevésbé veszélyes mennyiség, mint amennyi a hidraulikus nyomáspróba után elkerülhetetlenül a tartályban marad.

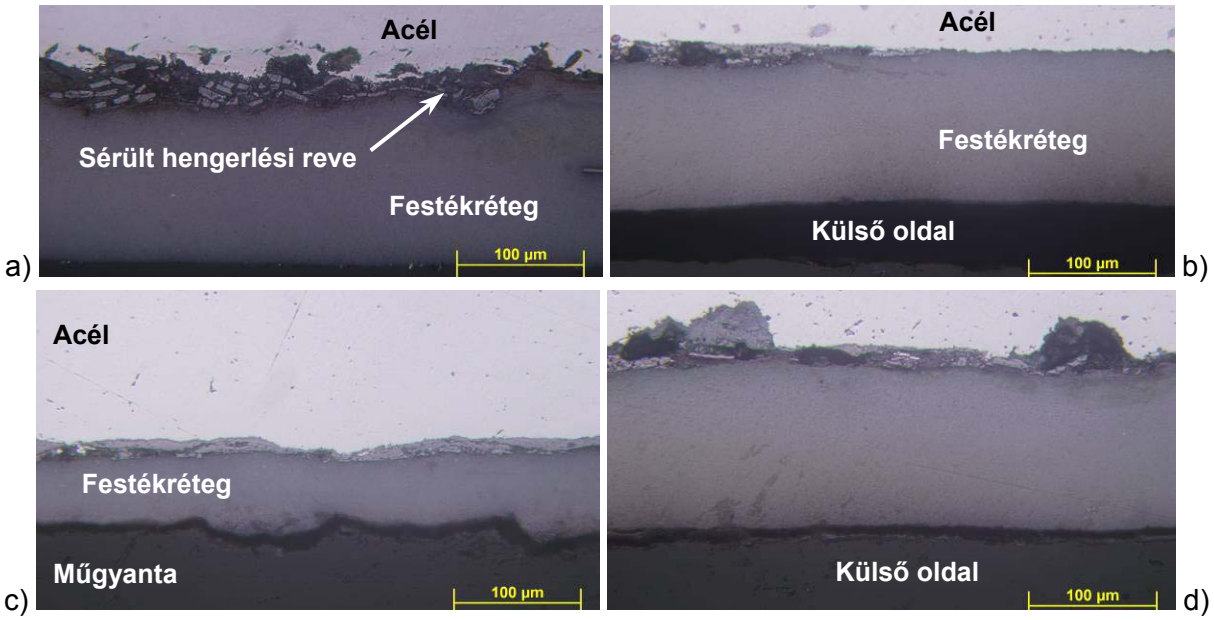
a)

b)

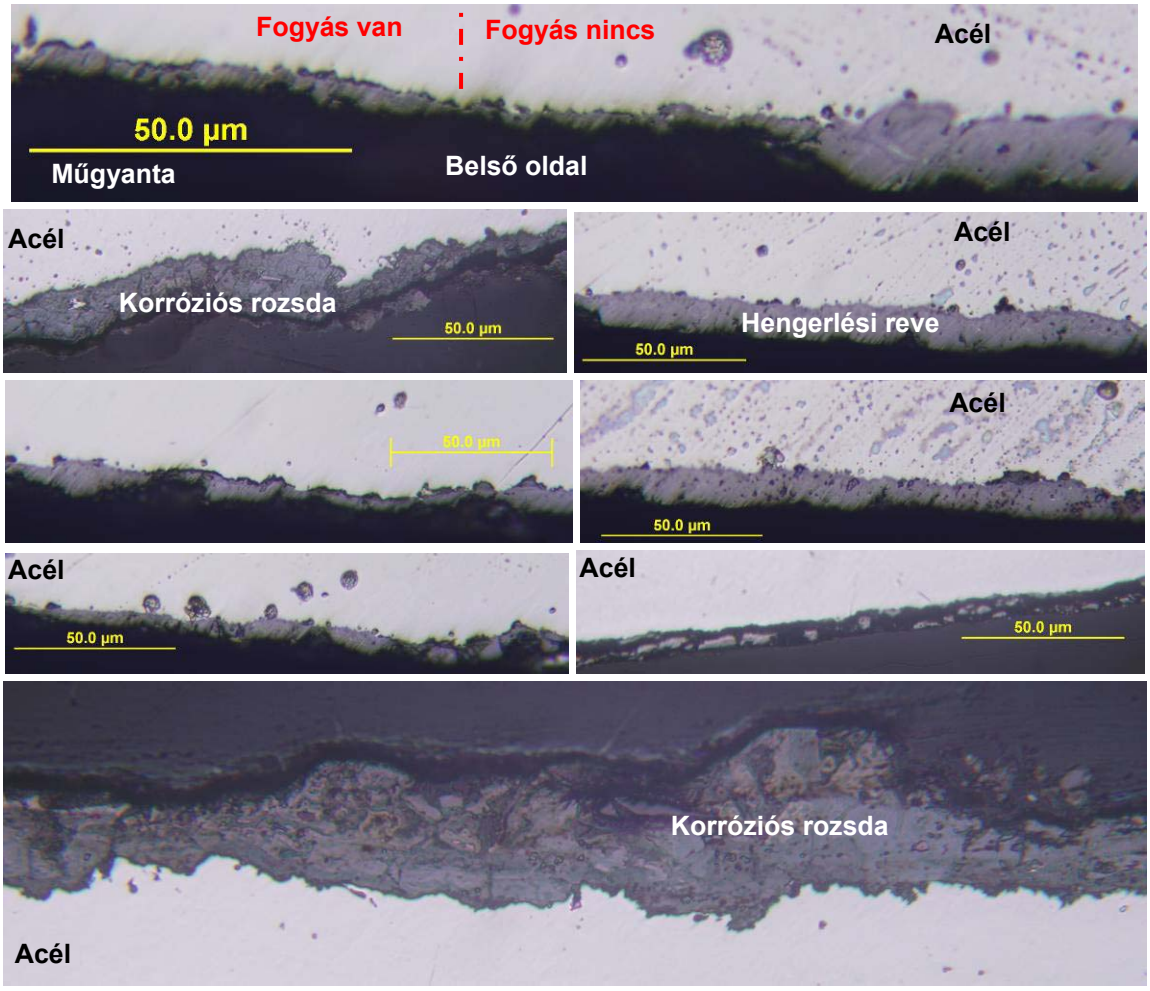
c)

d)

20/11. ábra – A 24183 gyári számú (a vizsgálatokban „C” jelű) tartályon szinte csak a varratok környezete rozsdásodott. A felületek nagy részét a fekete színű a meleghengerlési reve (magnetit) borítja, amely védőbevonatnak is tekinthető az enyhe nedveskorróziós viszonyok között. A magnetit a varrat két oldalán sérült meg, és itt a korrózió is megindult. A varrat két oldalán a meleghengerlési reve eltűnése vagy elvékonyodása eredeztethető a fedett ívű hegesztéssel készült varrat hőhatásövezetének hőciklusából, a fedőporréteggel való érintkezés kémiai hatásából és a hegesztést követően végzett csiszolásból.
A d) képsorozaton a b) képen jelölt helyről kivágott csiszolat részletei láthatók: a varrat melletti sávban a korróziós fogyás jól mérhető, számszerűleg 0,09 – 0,14 mm.



20/12. ábra – A 20/11. d ábrán bemutatott csiszolatról készített fémmikroszkópi képek a minta polírozott, maratlan állapotában: a festékbevonattal ellátott külső oldalon is helyenként korrodálódik az acél



20/13. ábra – A 20/11. d ábrán bemutatott csiszolatról készített fémmikroszkópi képek a minta polírozott, maratlan állapotában: a belső oldalon a korróziós fogyás a varratfém két oldalán kialakult sávra koncentrálódott, míg az eredeti felületen szinte épen megmaradt a meleghengerlési reve

20/14. ábra – A 417696 gyári számú (a vizsgálatokban „D” jelű) tartály egyes lemezmintáinak belső felülete. A rozsdaképződés csekély mértékű, még a varratok környezete is alig korrodálódott. A hosszvarraton jól kirajzolódik a gyártáskor végzett csiszolás nyoma

a)

b)

c)

d)

e)

20/15. ábra – A 2590 gyári számú („A” jelű) tartály egyik körvarratának teljes hossza mentén (a) végzett megfigyelés azt mutatja, hogy a korrózió mértéke csekély, sehol nem jelentkezett jelentősen eltérő mértékű korróziós fogyás

20/16. ábra – A 2590 gyári számú („A” jelű) tartály levágott fedelén, egy hónappal a levágás után megvizsgáltuk a kémlelőnyílás belső merevítőperemének sarokvarratát. A néhány hét esős időszak alatt képződött rozsdaréteg riasztó képet mutatott, de a korrózióstermék eltávolítása után látható volt, hogy a falvastagság-csökkenés csekély. A rozsda döntően a még nem összeérő bemaródásokból keletkezett (a korrózióstermék térfogata egyébként sokszorosa az átalakult fémes térfogatnak)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Tanszékvezető: Dr. Dévényi László Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366
Alapítva: 1889

Dátum 2013. szeptember 30.

Hajdú István úr és
Váczi Róbert, ügyvezető igazgató úr részére
PÉBÉ-COOP Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady Endre utca 87.
Telefon és telefax: (52) 360-723, (52) 273-213

Iktatószám: 288.202 / 2013
Ügyintéző: Dobránszky János

Tárgy:
nagy űrtartalmú
pébégáztartályok
károsodási osztályozási rendszere

Tisztelt Kollégák!

A 2011-ben kidolgozott együttműködési megállapodásban foglaltaknak megfelelően elvégeztük és befejeztük a „Pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerének (KOR) kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra” című kutatás-fejlesztési munkaprogramot. Ennek mindkét célkitűzését eredményesen megvalósítottuk, vagyis elvégeztük több, mint 60 db, nagy űrtartalmú pébégáztartály helyszíni állapotfelmérését, majd ezek tapasztalatai alapján kiterjesztettük és általánosítottuk a 3-5 m^3-es tartályokra 2009–2010-ben kidolgozott szakértői rendszert, a KOR-t az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű, föld feletti, fekvő hengeres pébégáztartályokra.

A fejlesztőmunka eredményeit a mellékelt kutatási jelentésben ismertetjük. A kutatási jelentés tartalmilag a következő fő elemekből épül fel:

1. Szakmai zárójelentés
2. A szakmai zárójelentés melléklete
3. A *Nagy-KOR* elnevezésű károsodási osztályozási rendszer elektronikus adatbázisa a felhasználói kezelést egyszerű módon biztosító elektronikus formában (Excel-fájl), cédélemezen.

A pébégáztartályok maradék élettartamának becslésére kidolgozott új szakértői rendszer újabb mérési adatokkal való folyamatos feltöltését, illetve az újabb szakmai tapasztalatok alapján való folyamatos fejlesztését továbbra is célszerűnek tartjuk. Az ezzel kapcsolatos feladatok végrehajtásában, hasonlóan az utóbbi évekhez, továbbra is készen állunk a PÉBÉ-COOP Kft.-vel való hosszú távú együttműködésre.

Szívélyes üdvözlettel:

Dr. Dévényi László
tanszékvezető egyetemi docens

Szakmai zárójelentés

A pébégáztartályok
károsodási osztályozási rendszerének (KOR)
kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra

című kutatás-fejlesztési munkaprogram eredményeiről a

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő Forgalmazó és Gyártó Kft.
részére

A kutatás-fejlesztési programot vezette:

Dobránszky János
tudományos főmunkatárs

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport (2013.)
BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék (2012–13.)
MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport (2011.)

2013. szeptember 30.

A szakmai zárójelentés tartalomjegyzéke

1. Célkitűzések 3
2. A nagytartályok állapotfelmérése 3
3. A károsodási osztályozási rendszer (KOR) kiterjesztése a nagytartályokra: a Nagy-KOR kidolgozása 7
4. Összegzés és javaslatok 16
5. 1. melléklet a szakmai zárójelentéshez 1

1. Célkitűzések

Az innovációs program célkitűzései a következők voltak:

a) Az 5 m^3-nél nagyobb, föld feletti pébégáztartályok – a továbbiakban „nagytartályok” – helyszíni állapotfelmérési módszerének továbbfejlesztése.
b) A rendelkezésre bocsátott nagytartályok állapotfelmérésének elvégzése, és a vizsgálati eredmények rendszerezése.
c) A 2009-ben kifejlesztett szakértői rendszer – a KOR – kiterjesztése a nagytartályok maradék élettartamának megbízható becslése érdekében.

Az innovációs program tervezett munkaszakaszai a következők voltak:

	Feladat	Határidő
1.	A nagytartályok helyszíni állapotfelmérésére szolgáló eljárás kidolgozása a Tisztelt Megbízóval közösen.	2013. április 30.
2.	Állapotfelmérés a nagytartályok helyszíni vizsgálatával.	2011. december 31.
3.	A maradék élettartam becslésére szolgáló, általános érvényű szakértői rendszer – javasolt elnevezésével a „nagy-KOR” – kidolgozása.	Eredeti: 2011. december 31., módosított: 2013. augusztus 31.

A fentiu táblázat 1–3. pontjában megjelölt feladatokat elvégeztük, a munka eredményeit ebben a részletes zárójelentésben ismertetjük. Az eredeti megállapodásban vállalt határidőket – sajnálatos módon – nem sikerült az eltervezett ütemezés szerint tartani, de a folyamatosan keletkező vizsgálati eredmények feldolgozása, értékelése és ellenőrzése, valamint a szakértői adatbázis ezekkel való összhangba hozása és tesztelése miatt indokolt volt a véghatáridő többszöri meghosszabbítása. Köszönjük a Tisztelt Megbízó ebben mutatott kivételes türelmét.

2. A nagytartályok állapotfelmérése

A kis űrméretű – vagyis a 3–5 m^3-es – tartályok felülvizsgálata során szerzett tapasztalatokon alapult a nagy űrméretű tartályok (a továbbiakban: nagytartályok) állapotfelmérésére kidolgozott eljárás. Ezt több, mint 60 darab tartályon sikeresen alkalmaztuk, és ennek a tapasztalatnak a birtokában értékeltük a Tisztelt Megbízó által 2013 áprilisában kidolgozott munkautasítást, amelynek címe: *„A cseppfolyós propán-bután gázokat és ezek elegyeit tároló föld feletti tartályoknak a károsodásosztályozási szakértői rendszer, a KOR szerinti időszakos felülvizsgálata az 5 m^3-t meghaladó térfogatú tartályokra”*. E dokumentumot a javaslataink alapján a Tisztelt Címzett 2013 májusában véglegesítette.

A nagytartályok helyszíni állapotfelmérő felülvizsgálatára 2011 augusztusa elejétől 2011 szeptembere végéig terjedő időszakban került sor, és a vizsgálatsorozat két munkafázisból állt:

a) A nyomástartó edények gépkönyveinek áttanulmányozása, a szakértői rendszer szempontjából lényeges adatok kigyűjtése ezekből. Ezt az adatgyűjtő munkát a Prímagáz Zrt. horti telephelyén, illetve az onnan kölcsönbe kapott gépkönyvek elemzésével végeztük.

b) A nagytartályok helyszíni állapotfelmérése az ultrahangos falvastagságmérések elvégzése, a tartályok állapotjellemzési célú lefényképezése és korróziótermékek vizsgálati célú mintáinak gyűjtése.

A felülvizsgálatba bevont nagytartályok – 67 db üzemelő és raktáron lévő tartály – adatait a Tisztelt Megbízótól és a Prímagáz Zrt.-től kaptuk meg (1. és 2. táblázat). Ezek közül mindegyik, felkereshető tartály bekerült a felülvizsgálati munkaprogramba.

Cikk szám	Keresőnév	Gyári szám	Gyártó	Típus	GK másod	Raktá	Raktárhely kó	Vevő neve	Vevő irán	Vevő helysége	Megye
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	23930	FMF	FF	van	9TK	560730	BMSK ZRT.	1044	Budapest - IV. kerület	Budapest
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	23931	FMF	FF	eredeti	9TK	560730	BMSK ZRT.	1044	Budapest - IV. kerület	Budapest
TART15FF	15 M3 FF TARTÁLY	23002	FMF	FF	van	9TK	507696	HOTEL ESZTERGOM KFT.	2500	ESZTERGOM	Komárom
TART15FF	15 M3 FF TARTÁLY	26071	FMF	FF	van	9TK	560854	GONDVISELÉS SZOCIÁLIS OTTHON	7531	KŐKÚT	Somogy
TART18FF	18 M3 FF TARTÁLY	25431	FMF	FF	van	9TK	515984	LESENCE ZRT	8318	LESENCETOMAJ	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	23704	FMF	FF	van	9TK	561142	EGYED BÉLA	6800	HÓDMEZŐVÁSÁRHELY	Csongrád
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22998	FMF	FF	van	9TK	551288	MAGYAR ASZFALT KFT.	4032	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953009	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	544058	PÁLFI ILONA	8071	MAGYARALMÁS	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953017	GÖNCZI	FF	van	9TK	542853	NÖVÉNY 2002 KFT.	9676	HOSSZÚPERESZTEG	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953016	GÖNCZI	FF	van	9TK	500424	CISZÖV 49 KFT.	5462	CIBAKHÁZA	Jász-Nagykun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953006	GÖNCZI	FF	van	9TK	536334	KATYMÁRI MG. ZRT.	6455	KATYMÁR	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953007	GÖNCZI	FF	van	9TK	536334	KATYMÁRI MG. ZRT.	6455	KATYMÁR	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953003	GÖNCZI	FF	van	9TK	500517	AGROTÉT KFT.	9100	TÉT	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953004	GÖNCZI	FF	van	9TK	551286	COLAS ÚT ZRT.	9545	JÁNOSHÁZA	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953012	GÖNCZI	FF	van	9TK	500287	FIORÁCS KFT.	2941	ÁCS	Komárom
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953014	GÖNCZI	FF	van	9TK	500287	FIORÁCS KFT.	2941	ÁCS	Komárom
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953008	GÖNCZI	FF	van	9TK	536559	AGRO-MILCH KFT.	8437	LÁZI	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22880	FMF	FF	van	9TK	534751	DEBRECENI LÖSZHÁT KFT.	4002	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22881	FMF	FF	van	9TK	534751	DEBRECENI LÖSZHÁT KFT.	4002	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953018	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	518390	MULTIPÉK KFT.	6200	KISKŐRÖS	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963003	GÖNCZI	FF	van	9TK	514789	KÖRÖSLADÁNYI BARÁTSÁG MGSZ.	5516	KÖRÖSLADÁNY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963007	GÖNCZI	FF	van	9TK	514789	KÖRÖSLADÁNYI BARÁTSÁG MGSZ.	5516	KÖRÖSLADÁNY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963009	GÖNCZI	FF	van	9TK	547343	PATAKI LÁSZLÓ	5630	BÉKÉS	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963002	GÖNCZI	FF	van	9TK	518745	NAGYBARACSKAI HALADÁS MG. SZÖ	6527	NAGYBARACSKA	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963008	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	518745	NAGYBARACSKAI HALADÁS MG. SZÖ	6527	NAGYBARACSKA	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22999	FMF	FF	van	9TK	561003	Pentavia Kft.	8246	TÓTVÁZSONY	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22963	FMF	FF	van	9TK	547526	DÉLSOMOGYI GAZDA KFT.	7535	LAD	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963001	GÖNCZI	FF	van	9TK	545103	ORAVECZ TAMÁS	5666	MEDGYESEGYHÁZA	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963006	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	545192	TORMA LÁSZLÓ DÉNESNÉ	7400	KAPOSVÁR	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963018	GÖNCZI	FF	van	9TK	560263	MEZŐMAG KFT	5540	SZARVAS	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953036	GÖNCZI	FF	van	9TK	546685	MOROKO FARM KFT.	5551	CSABACSÚD	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963025	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	542355	SZEKERES KFT.	8154	POLGÁRDI	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963022	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	548694	AGRO-METZ KFT.	8973	CSESZTREG	Zala
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963014	GÖNCZI	FF	van	9TK	544594	PETŐFI MSZ.	5624	DOBOZ	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963017	GÖNCZI	FF	van	9TK	501011	SZELEKTA KFT.	2484	GÁRDONY - AGÁRD	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963019	GÖNCZI	FF	van	9TK	501066	VARGA JÁNOS	9800	VASVÁR	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963033	GÖNCZI	FF	van	9TK	546043	ABO TRADE ZRT.	5502	GYOMAENDRŐD - ENDRŐD	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963024	GÖNCZI	FF	van	9TK	551286	COLAS ÚT ZRT.	9545	JÁNOSHÁZA	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	24991	FMF	FF	van	9TK	527733	DIÁNA FARM KFT.	5244	TISZAFÜRED - TISZASZŐLŐS	Jász-Nagykun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	25875	FMF	FF	van	9TK	561003	Pentavia Kft.	8246	TÓTVÁZSONY	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973018	GÖNCZI	FF	van	9TK	511445	PÉCSI EGYHÁZMEGYE	7694	HOSSZÚHETÉNY	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973019	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	522578	RÁBAMENTI TAKARMÁNY ÉS HÚSTE	9344	RÁBAKECÖL	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963034	GÖNCZI	FF	van	9TK	515468	BÁCSALMÁSI AGRÁRIPARI ZRT.	8083	CSÁKVÁR	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973017	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	551428	MAGYAR ASZFALT KFT.	9000	GYŐR	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983016	GÖNCZI	FF	van	9TK	514428	FUTURA-G SZÖVETKEZET	4284	KOKAD	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973012	GÖNCZI	FF	van	9TK	544856	KURUCZ FARM KFT.	4211	EBES	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963035	GÖNCZI	FF	van	9TK	549850	ANTAL ÉS TÁRSA KFT.	6932	MAGYARCSANÁD	Csongrád
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983025	GÖNCZI	FF	van	9TK	560565	LÁDÁS KFT.	7348	HEGYHÁTMARÓC	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983030	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	531794	BÜRGEZD-COOP KFT	4762	TYUKOD	Szabolcs-Szatmár
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983031	GÖNCZI	FF	van	9TK	561191	NÁBRÁD HOLDING KFT	4912	Kérsemjén	Szabolcs-Szatmár
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973020	GÖNCZI	FF	van	9TK	560924	KARDOSKÚTI AGRÁR ZRT	5945	Kardoskút	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993013	GÖNCZI	FF	van	9TK	549326	FVM DASZK SZAK.I. CSAPÓ DÁNIEL K	7960	SELLYE	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993017	GÖNCZI	FF	van	9TK	550257	GAZDA SZÖVETKEZET	7525	JÁKÓ	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983008	GÖNCZI	FF	van	9TK	561181	TEERAG-ASDAG ÉPÍTŐIPARI KFT.	5672	MURONY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993030	GÖNCZI	FF	van	9TK	507706	KABÁT-TANYA KFT.	4087	HAJDÚDOROG	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	20003017	GÖNCZI	FF	van	9TK	531336	AGRO-SCHACH KFT.	7253	CSOMA	Somogy
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23718	FMF	FF	van	9TK	521773	ÉRVÖLGYE AGRÁRSZÖVETKEZET	4125	POCSAJ	Hajdú-Bihar
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23928	FMF	FF	van	9TK	545155	TERMÉNYTÁR KFT.	8675	ANDOCS	Somogy
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	22940	FMF	FF	van	9TK	507227	SZIGETHÁT KFT.	4069	EGYEK	Hajdú-Bihar
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	24627	FMF	FF	van	9TK	542916	DRÁVA-AGRO ZRT.	7968	FELSŐSZENTMÁRTON	Baranya
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	25348	FMF	FF	eredeti	9TK	551420	MAGYAR ASZFALT KFT.	2400	DUNAÚJVÁROS	Fejér
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23720	FMF	FF	eredeti	9TK	542542	NÉGY AGRO-ÁSZ KFT.	8960	LENTI	Zala
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	25509	FMF	FF	van	9TK	530808	KESELYŐSI FÖLDMŰVELŐ KFT.	5500	GYOMAENDRŐD - GYOMA	Békés
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	25504	FMF	FF	van	9TK	510805	HERCEGSZÁNTÓI MG. SZÖVETKEZET	6525	HERCEGSZÁNTÓ	Bács-Kiskun
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	8635	BKG	FF	eredeti	9TK	551052	SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION HUN	3273	HALMAJUGRA	Heves
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	8634	BKG	FF	eredeti	9TK	551052	SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION HUN	3273	HALMAJUGRA	Heves

1. táblázat – A kihelyezett nagytartályok adatait tartalmazó lista

Cikk szám	Keresőnév	Gyári szám	Gyártó	Típus/Modell	GK másodpéldány	Raktár kódja	Raktárhely kódja
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	20003004	GÖNCZI	FF	eredeti	311	Magyarpolány
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953011	GÖNCZI	FF	eredeti	311	Magyarpolány
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963023	GÖNCZI	FF	van	311	Magyarpolány
TART18FF	18 M3 FF TARTÁLY	23929	FMF	FF	van	710	Szajol
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953015	GÖNCZI	FF	eredeti	710	Szajol
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	22673	FMF	FF	van	710	Szajol
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	8709	BKG	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	8825	BKG	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953010	GÖNCZI	FF	van	940	Gönczi és Fia Kft
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	24090	FMF	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983009	GÖNCZI	FF	Pébé-Coop	948	Pébé-Coop
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983007	GÖNCZI	FF	Pébé-Coop	948	Pébé-Coop

2. táblázat – A raktáron lévő nagytartályok adatait tartalmazó lista

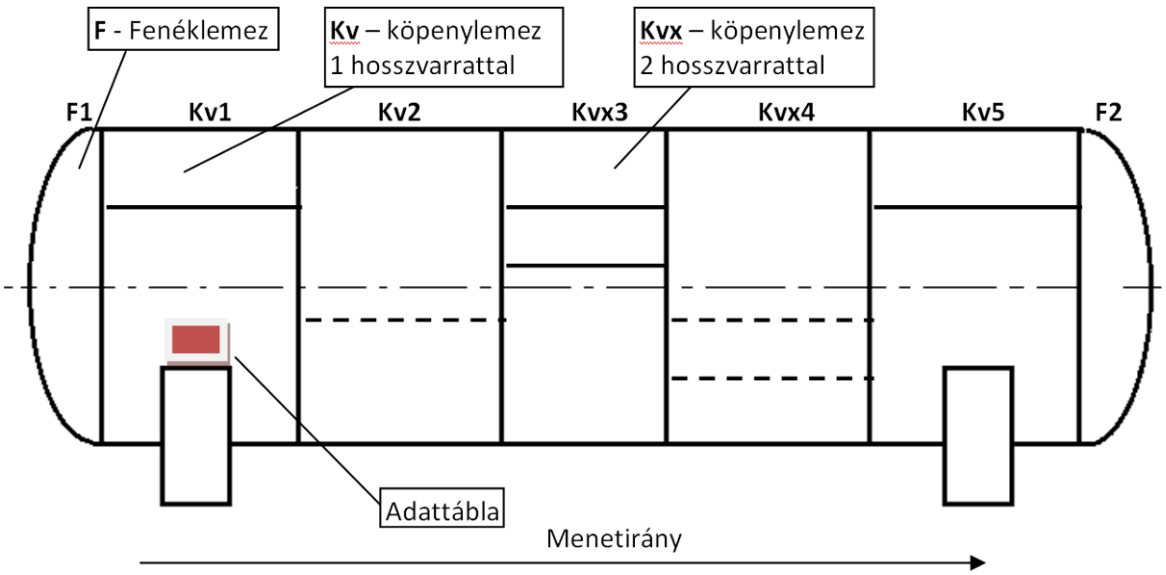
2.1. A nagytartályok alapanyagának értékelése

A nagytartályok anyagával kapcsolatos adatokat a gépkönyvek adatai alapján vittük be az adatbázisba. Amennyiben a gépkönyvben minden kétséget kizáróan hiteles adatokat találtunk az anyagminőség mellett a mechanikai tulajdonságokra – mégpedig a folyáshatárra – vonatkozóan, úgy azokat az adatokat vittük be az adatbázisba. Ha csak az anyagminőségjel volt ismert, úgy a melegen hengerelt állapotra szabványosan előírt legkisebb folyáshatárértéket választottuk.

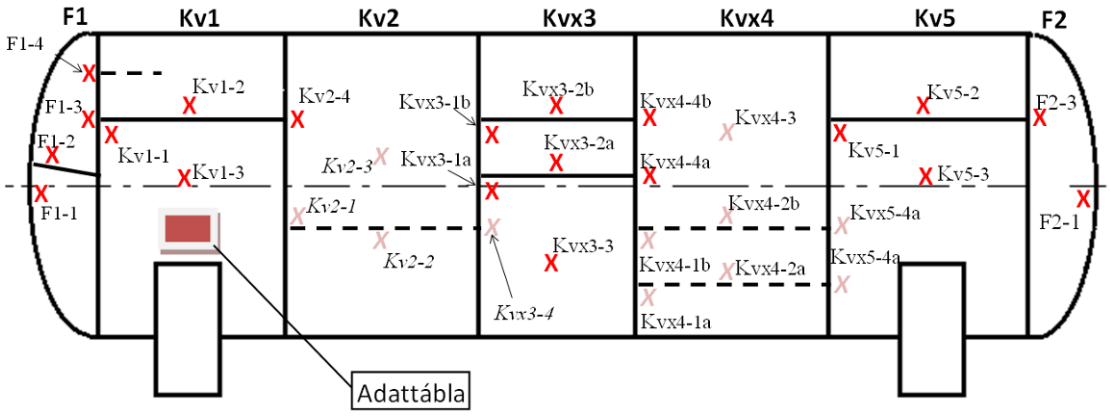
2.2. Helyszíni ultrahangos falvastagságmérési vizsgálatok

Az ultrahangos hibakereső vizsgálatokat a többszörös visszhang elvén működő, *Dakota* típusú ultrahangos falvastagságmérő készülékkel végeztük, amely képes a bevonathatás kiküszöbölésére. A helyszíni vizsgálatokhoz az 1–3. ábrán bemutatott rendszert dolgoztuk ki a tartályok mérési pontjainak jelöléseire vonatkozóan. A köpenylemezek falvastagságmérési adatait vittük be az adatbázisba.

A megvizsgált tartályokról készült helyszíni fényképfelvételeket az 1. mellékletben foglaltuk össze.



1. ábra – A mérési helyek általános jelölése



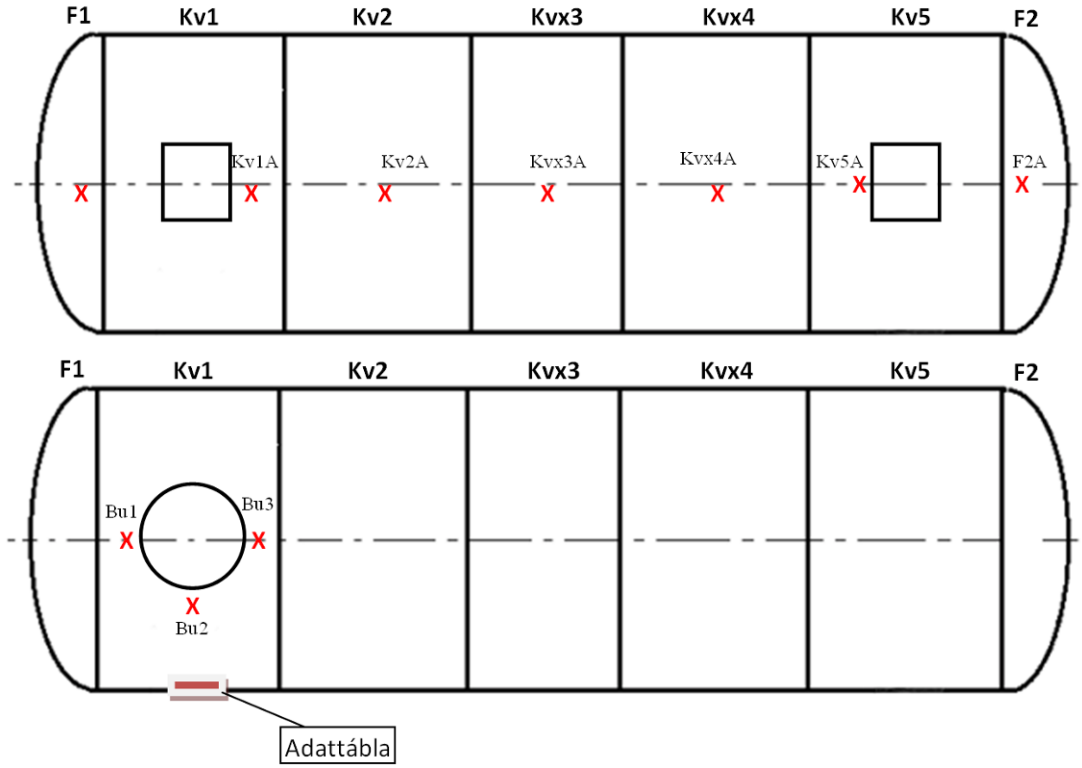
2. ábra – Az oldalnézet mérési pontjainak jelölése és magyarázata

Mérések a fenéklemezeken:

1. *pont – szemmagasságban történő mérés*
2. *pont – ha van, a fenék varrata mellett 20 mm-re*
3. *pont – a következő köpenylemez hosszvarrata mellett 20 mm-re*
4. *pont – ha a köpenylemez 2 hosszvarratos, a felső hosszvarrat mellett is*

Mérések a köpenylemezeken:

1. *pont – a hosszvarrat alatt a baloldali körvarrat mellett*
2. *pont – a köpenylemez közepén, a hosszvarrat felett 20 mm-re*
3. *pont – a köpenylemez közepén a hosszvarrat alatt vagy felett 500 mm-re*
4. *pont – az aktuálisat megelőző köpeny hosszvarrata mellett jobbra, 20 mm-re*



3. ábra – Az alul- és a felülnézeti mérési pontok jelölése és magyarázata. Alul, az edényfeneke-ken a körvarrattól 30 mm-re, és a köpenylemezek közepén mérünk. A tartály tetején a búvónyílás melletti 3 mérési pont: Bu1 az F1 fenékhez legközelebb eső pont, Bu2 középen, a Bu3 az F2 fenékhez közelebb eső pont

3. A károsodási osztályozási rendszer (KOR) kiterjesztése a nagytartályokra: a Nagy-KOR kidolgozása

A károsodásbecslő szakértői rendszer lényege és alapelvei nem változtak a 3-5 m^3-es tartályokra kidolgozotthoz képest. Vagyis a szakértői rendszer számítási modulja a teljes elemzett tartályállományra, annak minden egyes tagjára meghatározza a KÁR károsodási számot (nagyobb KÁR érték nagyobb károsodást, veszélyeztetettséget jelent). Az adatbázisba bekerült tartályokat ennek alapján sorba lehet rendezni, és az így kapott sorszám adja minden tartálynak az ún. KÁRSOR károsodási sorszámát. A károsodási osztályokat (KÁROSZT) a jelen esetben nem hoztuk létre a kis mintaszám miatt, de indokolt esetben ennek semmi akadálya nincs. A KÁR érték mellett a legfontosabb számítási eredmény a becsült maradék élettartam, a MÉG érték.

A 3. táblázatban összefoglaltuk a megvizsgált, és az adatbázisban elemzett 67 darab nagytartály legfontosabb műszaki jellemzőit. Az összes gyártási, mérési és elemzési adat a jelen szakvélemény mellékletét képező MS Excel fájlban van összefoglalva. Ebben a fájlban minden műszaki jellemzőt egyértelműsítő magyarázatokkal láttunk el annak érdekében, hogy addig is használható legyen, ameddig a Tisztelt Megbízó a saját adatbázisába beépíti az új számítási modulokat. Természetesen ebben a munkában készen állunk a közreműködésre. Mindazonáltal az MS Excel fájlon végrehajtott új fejlesztési változásokat külön is kiemeljük az alábbiakban.

3.1. Az ’Információs lap’ munkalapon csak valamely konkrét tartály adatai, valamint az egész állomány statisztikája jeleníthető meg, kivettük a lapról az első 300 tartály rangsorát, mivel a teljes állomány csak 67 darab.

3.2. Az ’Összesítő’ munkalap ÚJ ELEM az adatbázisban; ez – pontosabban csak ennek fehér hátterű cellái – szolgál az adatok manuális bevitelére vagy külső forrásból való importálására. A bevitt adatok formátumára vonatkozó korábbi megkötések nem változtak.

3.3. Az ’Adatok’ munkalapon történik minden számítás. Itt a következő fejlesztések történtek:

a. A HT3 hatástényező számításában az RF3 rizikófaktor értékét 3-ra növeltük 2-ről.

b. A HT7 számításához az eredeti KOR-adatbázis (KOR-TÁBLA.xls) ’Adatok’ munkalapján a BK oszlopot előrehozva illesztettük be (jelenleg AD oszlop). Ez az oszlop a tartály külső átmérőjének gépkönyvben megadott értékét tartalmazza; jele: D.

c. A köpenyen mért falvastagsági értékek lehetséges számát 60-ra növeltük.

d. A DP–EB oszlopokkal kiegészítettük a számítási modult: itt történik meg minden olyan számítás, amely az eredeti KOR adatbázisban a ’VASTGY’ munkalap B6–B18 celláiban történt. Így oldottuk meg azt az új helyzetet, hogy a nagytartályok külső átmérője változó, nem pedig szinte egységesen 1250 mm. A számításokban ezért minden olyan hivatkozást, amely a ’VASTGY’ munkalap valamely értékére vonatkozott, átirányítottunk az adott tartály saját rekordjának – amely immár minden, a számításhoz szükséges adatot tartalmaz – megfelelő cellájára.

Sorszám	Gyári szám	Űrtartalom, m^3	Gyártási év	Gyártó	Átmérő, mm	S_0, mm	Re, MPa
1.	8634	63	1979	BKG	2200	20,0	296
2.	8635	63	1979	BKG	2200	20,0	302
3.	22434	40	1992	FMF	2200	12,0	355
4.	22435	40	1992	FMF	2200	12,0	355
5.	22880	25	1994	FMF	2000	10,0	383
6.	22881	25	1984	FMF	2000	10,0	355
7.	22940	40	1994	FMF	2000	10,0	355
8.	22963	25	1994	FMF	2000	10,0	363
9.	22998	25	1994	FMF	2000	10,0	355
10.	22999	25	1994	FMF	2000	10,0	355
11.	23002	18	1994	FMF	2000	10,0	355
12.	23704	25	1995	FMF	2000	10,0	355
13.	23718	40	1995	FMF	2000	10,0	355
14.	23720	40	1995	FMF	2000	10,0	355
15.	23928	40	1995	FMF	2000	10,0	355
16.	23930	10	1995	FMF	2000	8,0	355
17.	23931	10	1995	FMF	2000	8,0	355
18.	24627	40	1996	FMF	2200	10,0	408
19.	24991	25	1996	FMF	2000	10,0	355
20.	25348	40	1997	FMF	2000	10,0	355
21.	25431	18	1997	FMF	2000	10,0	355
22.	25509	40	1997	FMF	2000	10,0	355
23.	25875	25	1998	FMF	2000	10,0	355
24.	26071	18	1998	FMF	2000	10,0	355
25.	953003	25	1995	GF	2000	8,0	355
26.	953004	25	1995	GF	2000	8,0	355
27.	953006	25	1995	GF	2000	8,0	355
28.	953007	25	1995	GF	2000	8,0	355
29.	953008	25	1995	GF	2000	8,0	355
30.	953009	25	1995	GF	2000	8,0	355
31.	953012	25	1995	GF	2000	8,0	355
32.	953014	25	1995	GF	2000	8,0	355
33.	953016	25	1995	GF	2000	8,0	355
34.	953017	25	1995	GF	2000	8,0	355
35.	953018	25	1995	GF	2000	8,0	355
36.	953036	25	1995	GF	2000	8,0	355
37.	963001	25	1996	GF	2000	8,0	355
38.	963002	25	1996	GF	2000	8,0	355
39.	963003	25	1996	GF	2000	8,0	355
40.	963006	25	1996	GF	2000	8,0	355
41.	963007	25	1996	GF	2000	8,0	355
42.	963008	25	1996	GF	2000	8,0	355
43.	963009	25	1996	GF	2000	8,0	355
44.	963014	25	1996	GF	2000	8,0	355
45.	963017	25	1996	GF	2000	8,0	355
46.	963018	25	1996	GF	2000	8,0	355
47.	963019	25	1996	GF	2000	8,0	355
48.	963022	25	1996	GF	2000	8,0	355
49.	963024	25	1996	GF	2000	8,0	355
50.	963025	25	1996	GF	2000	8,0	355
51.	963033	25	1996	GF	2000	8,0	371
52.	963034	25	1996	GF	2000	8,0	355
53.	963035	25	1996	GF	2000	8,0	355
54.	973012	25	1997	GF	2000	8,0	355
55.	973017	25	1997	GF	2000	8,0	355
56.	973018	25	1997	GF	2000	8,0	355
57.	973019	25	1997	GF	2000	8,0	355
58.	973020	25	1997	GF	2000	8,0	355
59.	983008	25	1998	GF	2000	8,0	355
60.	983016	25	1998	GF	2000	8,0	355
61.	983025	25	1998	GF	2000	8,0	355
62.	983030	25	1998	GF	2000	8,0	355
63.	983031	25	1998	GF	2000	8,0	355
64.	993013	25	1999	GF	2000	8,0	355
65.	993017	25	1999	GF	2000	8,0	355
66.	993030	25	1999	GF	2000	8,0	355
67.	20003017	25	2000	GF	2000	8,0	355

3. táblázat – A megvizsgált nagytartályok fő műszaki jellemzői

e. A tartály eredeti falvastagsága szerinti hatástényező, a HT7, számítása tehát a következőképpen történik:

A tartály S_0 gyártási falvastagságát a bizonylatolt gépkönyvi (S_{GK}), illetve az ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) alapján határozza meg a Nagy-KOR. Minden tartályra a gépkönyvből meghatároztunk egy-egy gyártási, illetve a mérésekből adott esetben több tucat mért köpeny-lemezvastagság értéket. Ama esetben, ha a műbizonylatolt gépkönyvi adat (S_{GK}) kisebb, mint a legnagyobb mérési adat (S_{UH}), a tervezési névleges vastagságra ($S_{100\%}$) ez utóbbi értékét veszi alapul a rendszer. Tehát:

$S_0 = S_{100\%} = S_{UH}$ ha az UH-mérési adatok maximuma nagyobb, mint S_{GK},

$S_0 = S_{GK}$ ha nem áll rendelkezésre UH-mérési adat, de van műbizonylatolt gépkönyvi adat, VAGY a műbizonylatolt gépkönyvi adat nagyobb maximális fémes vastagságnál (S_{Fmax}).

Ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}), de nincs bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság, akkor a maximális mért vastagságból számolja a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon:

e1. Az S_{UH} adatokból képezzük az S_{Fmax} legnagyobb és az S_{Fmin} legkisebb fémes vastagság különbségét – vastagságeltérés – minden mért tartályra: $DS_{UH} = S_{F\max} - S_{F\min}$.

e2. Képezzük az összes mért tartály DS_{UH} vastagságeltérésének átlagát, a $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérést, amely 67 tartály mérési adataiból most: 0,0240 mm.

e3. A meg nem mért falvastagságú tartályok jövőbeni értékelése céljából a $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérés és a mért tartályok átlagos életkorának ($\lfloor t_{Ü\,mért} \rfloor$) hányadosaként képezzük a $DS_{BÉ}$ becsült éves falvastagságfogyást: $DS_{BÉ} = 2 \cdot \frac{[DS_{UH}]}{\lfloor t_{Ü\,mért} \rfloor}$, amelynek értéke 67 tartály mérési adataiból jelenleg: 0,0403 mm.

e4. Képezzük a becsült eredeti (gyártási) vastagságot: $S_0 = S_{F_{MAX}} + [DS_{UH}]$.

e5. Végül, ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) is és létezik bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság is, DE ez utóbbi kisebb, mint az ultrahangos mérések legnagyobb értéke, abban az esetben a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon határozza meg: $S_0 = S_{F_{MAX}} + DS_{BÉ} \cdot t_Ü$.

Az eredeti falvastagságot a fenti öt mód valamelyikével megbízhatóan, a biztonságot is szem előtt tartva lehet megbecsülni.

A tartály gyártási falvastagsága szerinti hatástényező (HT7) a tartály mechanikai szilárdsága szempontjából értékeli a gyártási falvastagságot. A hatástényező számítási alapját a kazánformulával számítható, mechanikailag minimálisan szükséges falvastagság adja. A kazánformulához köthető számítási paraméterek és részeredmények a 'VASTGY' munkalap „Falvastagság szerinti HT paraméterei" című táblázatában is megtalálhatók, de immár minden egyes tartályra a saját rekordjában van első helyen megadva (a 'VASTGY' munkalapra valójában nincs szükség).

A Nagy-KOR nem csak az 1250 mm átmérőjű tartályok minimálisan megkövetelt falvastagságát számolja (biztonsági tényező és varratjósági fok figyelembevételével). A számítási algoritmus feltételez egy 100%-os falvastagságot ($S_{100\%}$), mely alapesetben a gépkönyvben megadott névleges gyártási falvastagsággal egyezik meg.

A szilárdságilag szükséges s' minimális falvastagság a belső túlnyomással terhelt hengeres köpenyre a régi tartályok gyártása idején érvényben volt MSZ 13822 szerint:

$$s' = \frac{p \cdot D_b}{(2 f_m \cdot v_h) - p} = \frac{p \cdot D_k}{(2 f_m \cdot v_h) + p}$$

f_m – a köpeny falában megengedett feszültség, $f_m = \eta \frac{R_{eH}}{n_T}$; $\eta = 1{,}0$ $n_T = 1{,}5$.

p – a méretezési nyomás

D_b – a köpeny belső átmérője

D_k – a köpeny külső átmérője

v_h – a hosszvarratok szilárdsági tényezője:
kétoldali gépi hegesztésre 0,85–1,0; egyoldali gépi hegesztésre: 0,8–0,9

R_{eH} – a köpeny anyagának felső folyáshatára

R_m – a köpeny anyagának szakítószilárdsága

η_T – helyesbítő tényező

n_T – üzemi biztonsági tényező.

A jelenleg érvényes MSZ EN 12542:2010[⊕] szerint az f_m megengedett feszültség:

$$\min\left[f_m = \frac{R_{eH}}{1{,}5};\ \ \frac{R_m}{2{,}4} \right].$$

Fontos még jelezni, hogy az MSZ EN 12542:2010 a klimatikus viszonyok szerint osztályokat határoz meg a tervezési nyomás vonatkozásában, amelyet 14 bar és 23 bar között állapít meg a besorolási osztályoktól függően. A Nagy-KOR a nagytartályok tervezésekor figyelembe vett 15,4 bar tervezési nyomás alapján határozza meg a szilárdságilag szükséges falvastagságot. Tehát itt eltértünk a KOR-ban alkalmazott, egyszerűsített kazánformulát alkalmazó számítástól, amely a következőképpen működött:

$S_{KELL} = \frac{D \cdot p}{2\sigma_{meg}}$, ahol:

- S_{KELL} mechanikailag megkövetelt minimális falvastagság (mm),
- $D_{név}$ általános (tervezési) tartályátmérő (mm),
- p üzemi nyomás (MPa),
- σ_{meg} megengedett feszültség (MPa), $\sigma_{meg} = n \cdot u \cdot R_e$,
- n biztonsági tényező,
- u a hosszvarrat jósági tényezője,
- R_e az St52-3N acél minimálisan megkövetelt folyáshatára.

[⊕] E szabvány csak a legfeljebb 13 m3-es LPG-tartályokra vonatkozik, de a nagyobbakra nem lévén szabvány, ezt alkalmazzuk.

Visszatérve tehát a HT7 hatástényező számítására, ez az előre megadott, minimális (S_{KELL}) és 100%-os ($S_{100\%}$) falvastagságokhoz tartozó, hatástényező értékek ($HT7_{min}$ = 1 és $HT7_{max}$ = 4) alapján inter- avagy extrapolációval történik.

Amennyiben a kérdéses tartály gyártási falvastagsága a mechanikailag megkövetelt minimális és a 100%-osnak vett falvastagság között helyezkedik el, interpolációval kerül meghatározásra a hatástényező értéke, amennyiben az említett falvastagságtartományon kívül esik a kérdéses tartály falvastagsága, extrapolációval számítódik a hatástényező a következő függvény szerint:

$HT7 = (m_{VASTGY} S_0 + b_{VASTGY}) \cdot v^2$, ahol:

- *HT7*: a gyártási falvastagsághoz (S_0) rendelt hatástényező,
- S_0: a tartály gyártási falvastagsága (mm),
- m_{VASTGY}: az interpolációs függvény meredeksége, $m_{VASTGY} = \frac{HT7_{\max} - HT7_{\min}}{S_{100\%} - S_{KELL}}$,
- b_{VASTGY}: az interpolációs függvény eltolása, $b_{VASTGY} = HT7_{\max} - m_{VASTGY} S_{100\%}$,
- $HT7_{min}$: a szilárdságilag megengedett minimális falvastagsághoz (S_{KELL}) rendelt hatástényező; ennek értéke a Nagy-KOR-ban is 1.
- $HT7_{max}$: a 100%-os falvastagsághoz ($S_{100\%}$) rendelt hatástényező, értéke 4.
- *v*: a tartály névleges átmérőjéhez rendelt arányszám, $v = \frac{D_{névleges}}{D_{1250}}$; megjegyezzük, hogy az alapnak számító, 1250 mm-hez képest növekvő átmérők szerint növekvő kockázatot azzal is kifejezzük a Nagy-KOR-ban, hogy a *v* átmérőaránynak a négyzetével arányosítotjuk a *HT7* hatástényező értékét.

A HT7 számítási algoritmusa tehát úgy ad az 1250 mm átmérőjű tartályoktól eltérő esetekre megfelelő hatástényezőt, hogy az algoritmust kiegészül a *v* korrekciós szorzóval, mely az adott tartály névleges átmérője és az alapnak tekintett 1250 mm-es átmérő közötti arányszám négyzetével korrigálja a számítást (a KOR-ban csak v volt a szorzó).

f. A gépkönyvek némelyikében fellelhető olyan adat, amely külön megállapít egy ún. szilárdságilag szükséges falvastagságot. Ilyen pl. a 8634-es gyári számú tartály gépkönyve, amelyben megtalálható a Corrocont NDT Kft. vizsgálati jegyzőkönyve. A szóban forgó jegyzőkönyv számítás vagy hivatkozás nélkül közli: a szilárdságilag szükséges méretezési falvastagság 17,5 mm. Megjegyezzük, hogy ez az adat a kazánformulával végzett számítás alapján adódó 9,50 mm-nek ez az érték közel a kétszerese. További 6 db tartály gépkönyvében található olyan adat, amely megad egy számértéket mint „szilárdságilag szükséges méretezési falvastagság”. A 2000 mm átmérőjű és 8 mm névleges köpenylemez-vastagságú tartályokra pl. háromféle ilyen érték is létezik: 6,2 mm, 6,3 mm és 6,78 mm, ugyanakkor a kazánformula alapján 7,20 mm adódik.
Az itt, az 3.3.f) szakaszban említettek alapján nyilvánvaló, hogy igen nagy eltérések adódhatnak minden maradékélettartam-becslési számításban akkor, ha a minimálisan megkövetelt falvastagságot 6,2 és 7,20 mm között más-más értéken

rögzítjük. Ennek kiküszöbölése érdekében a Nagy-KOR rendszer a kazánformula jelenleg is szabványos változatával való számítást alkalmazza, és nem veszi figyelembe a gépkönyvek – ismeretlen módon meghatározott – effajta adatait.

g. Az 'Adatok' munkalap DP oszlopában a kazánformulával számított SKELL legkisebb falvastagság szerepel. A DO oszlopba importálva láthatók azok az SKELL* adatok, amelyeket a gépkönyvekben megadott „szilárdságilag szükséges" adatok alapján mint alternatíva figyelembe vehetőnek tartunk. Megjegyezzük, hogy a kazánformulával számolt SKELL értékek a 2000 mm átmérőjű tartályok 8 mm vastag lemezeire (45 tartály a 67-ből) mindig nagyobbak, a 10 mm (18 db), 12 mm (2 db) és 20 mm (2 db) vastag lemezekre mindig kisebbek, mint az SKELL* értékek.

h. Az 'Adatok' munkalapon a J oszlopba beszúrtuk a MÉG* jelölésű adatot, amely az imént, a 3.3.g) szakaszban említett SKELL* paraméter figyelembe vétele esetére adja meg a MÉG* maradék élettartamot. Ez csak egy tájékoztató adat, amely arra szolgál, hogy ha egy hiteles „szilárdságilag szükséges falvastagság" adat található egy tartályról az alapján is meg lehet becsülni a maradék élettartamot.

3.4. A 'GYARTO' munkalapon jelenleg a 4. táblázatban megadott gyártók vannak programozva, de természetesen újabb gyártók hozzáadása is lehetséges:

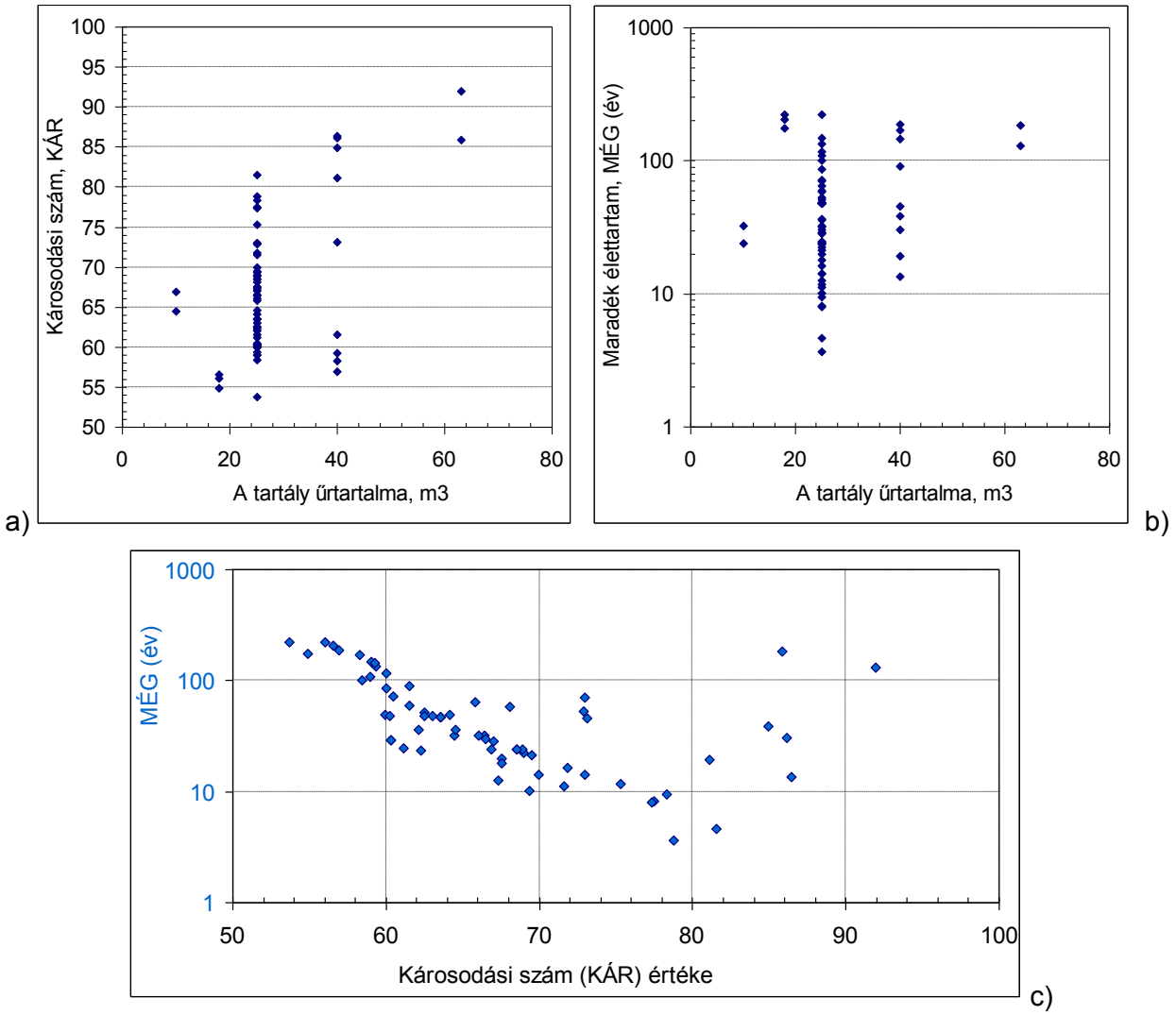
Április 4 Gépgyár
BKG
BVG
Deltagáz
Ermert
FMF
Gönczi és Fia
HIGH-TECH
Kramer
SVG
TGM Tabi Gépgyár
Thyssen
Total
Uniwatt
VTSZ

4. táblázat – A Nagy-KOR adatbázisban jelenleg szereplő gyártók

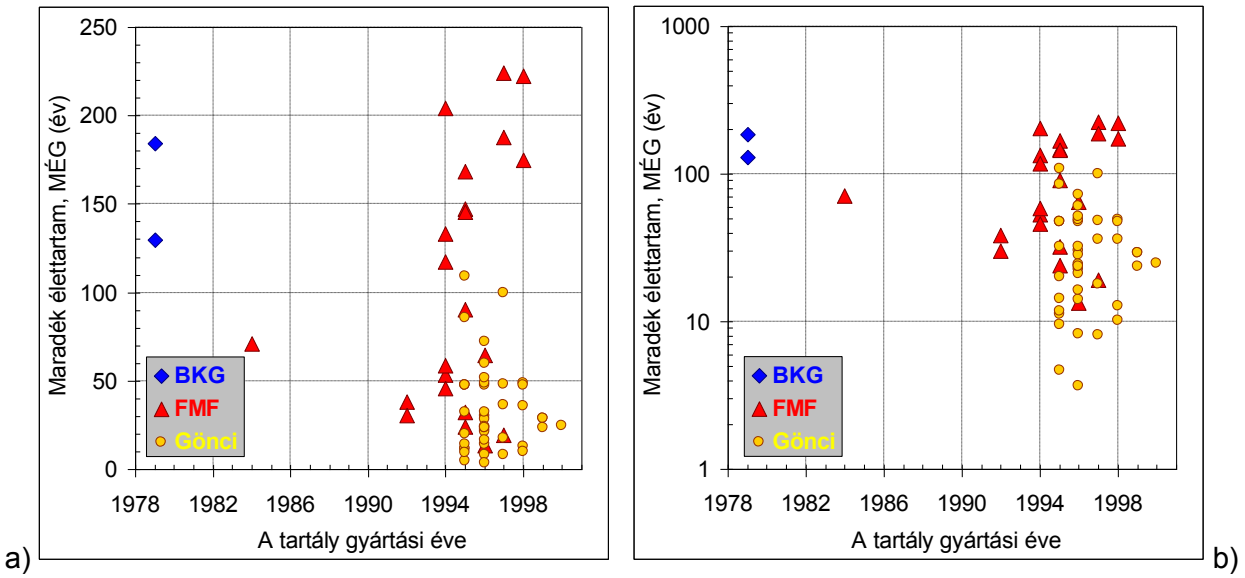
3.5. A 'Számítások' munkalapon összefoglaltuk a Nagy-KOR szakértői rendszerben végzett elemzéssel nyert releváns adatokat, és különféle statisztikai elemzéseket mutatunk be grafikonok segítségével. Az 5. táblázat összefoglalóan tartalmazza a 2011 augusztusában és szeptemberében megvizsgált nagytartályok fő károsodáselemzési jellemzőit: a műszaki adatok mellett a KÁR károsodási szám, a MÉG maradék élettartam, a RÉK relatív életkor és a DSUH – vagyis a mért falvastagságok eltérésintervalluma – értékeket. Pirossal kiemeltük a 11 évnél rövidebbnek becsült maradék élettartamú (MÉG < 11) tartályokat. A szakértői rendszerben nyert legjellegzetesebb adatokat grafikusan is ábrázoltuk, ezek a diagramok láthatók az 1–3. ábrán.

	Gyári sz.	m^3	*KÁR értéke*	Gyártási év	*MÉG értéke, év*	*RÉK értéke, %*	S0, mm	*DSUH, mm*
1.	8634	63	***85,8***	1979	***184,4***	*15,9*	20,0	*1,67*
2.	8635	63	***91,9***	1979	***129,8***	*21,1*	20,0	*2,25*
3.	22434	40	***84,9***	1992	***38,4***	*36,1*	12,0	*1,50*
4.	22435	40	***86,2***	1992	***30,3***	*41,8*	12,0	*1,76*
5.	22880	25	***72,9***	1994	***53,3***	*27,0*	10,0	*1,00*
6.	22881	25	***72,9***	1984	***71,0***	*29,5*	10,0	*0,63*
7.	22940	40	***73,2***	1994	***45,6***	*30,2*	10,0	*0,97*
8.	22963	25	***59,4***	1994	***133,5***	*12,9*	10,0	*0,28*
9.	22998	25	***60,0***	1994	***117,2***	*14,4*	10,0	*0,24*
10.	22999	25	***68,1***	1994	***58,5***	*25,2*	10,0	*0,72*
11.	23002	18	***56,6***	1994	***204,4***	*8,8*	10,0	*0,14*
12.	23704	25	***59,0***	1995	***147,4***	*11,3*	10,0	*0,19*
13.	23718	40	***61,5***	1995	***90,4***	*17,2*	10,0	*0,35*
14.	23720	40	***58,3***	1995	***168,6***	*10,0*	10,0	*0,25*
15.	23928	40	***59,2***	1995	***145,7***	*11,4*	10,0	*0,29*
16.	23930	10	***66,9***	1995	***24,0***	*43,9*	8,0	*0,30*
17.	23931	10	***64,5***	1995	***32,2***	*36,8*	8,0	*0,25*
18.	24627	40	***86,4***	1996	***13,5***	*56,8*	10,0	*0,30*
19.	24991	25	***65,8***	1996	***64,7***	*21,5*	10,0	*0,46*
20.	25348	40	***81,1***	1997	***19,3***	*46,5*	10,0	*1,14*
21.	25431	18	***56,1***	1997	***224,0***	*7,0*	10,0	*0,12*
22.	25509	40	***56,9***	1997	***187,9***	*8,2*	10,0	*0,14*
23.	25875	25	***53,7***	1998	***222,5***	*6,6*	10,0	*0,10*
24.	26071	18	***54,9***	1998	***174,9***	*8,3*	10,0	*0,12*
25.	953003	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,14*
26.	953004	25	***66,5***	1995	***32,2***	*36,8*	8,0	*0,21*
27.	953006	25	***67,6***	1995	***20,0***	*48,4*	8,0	*0,17*
28.	953007	25	***71,6***	1995	***11,2***	*62,6*	8,0	*0,22*
29.	953008	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,16*
30.	953009	25	***75,3***	1995	***11,9***	*61,3*	8,0	*0,46*
31.	953012	25	***59,0***	1995	***109,2***	*14,6*	8,0	*0,11*
32.	953014	25	***81,5***	1995	***4,7***	*80,1*	8,0	*0,58*
33.	953016	25	***60,0***	1995	***85,7***	*17,9*	8,0	*0,13*
34.	953017	25	***70,0***	1995	***14,2***	*56,9*	8,0	*0,20*
35.	953018	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,17*
36.	953036	25	***78,3***	1995	***9,5***	*66,5*	8,0	*0,57*
37.	963001	25	***69,0***	1996	***22,4***	*44,2*	8,0	*0,24*
38.	963002	25	***69,5***	1996	***21,2***	*45,6*	8,0	*0,28*
39.	963003	25	***66,5***	1996	***30,1***	*37,1*	8,0	*0,18*
40.	963006	25	***77,5***	1996	***8,2***	*68,4*	8,0	*0,42*
41.	963007	25	***67,0***	1996	***28,4***	*38,5*	8,0	*0,23*
42.	963008	25	***78,8***	1996	***3,6***	*83,0*	8,0	*0,26*
43.	963009	25	***73,0***	1996	***14,2***	*55,6*	8,0	*0,25*
44.	963014	25	***68,5***	1996	***23,7***	*42,8*	8,0	*0,20*
45.	963017	25	***66,0***	1996	***32,0***	*35,6*	8,0	*0,22*
46.	963018	25	***71,8***	1996	***16,3***	*52,1*	8,0	*0,37*
47.	963019	25	***60,5***	1996	***72,3***	*19,7*	8,0	*0,14*
48.	963022	25	***61,5***	1996	***60,0***	*22,8*	8,0	*0,14*
49.	963024	25	***63,0***	1996	***47,8***	*27,1*	8,0	*0,17*
50.	963025	25	***68,9***	1996	***24,2***	*42,3*	8,0	*0,33*
51.	963033	25	***64,2***	1996	***48,7***	*26,7*	8,0	*0,16*
52.	963034	25	***62,5***	1996	***51,4***	*25,7*	8,0	*0,12*
53.	963035	25	***68,5***	1996	***23,7***	*42,8*	8,0	*0,23*
54.	973012	25	***67,6***	1997	***17,9***	*48,3*	8,0	*0,15*
55.	973017	25	***62,5***	1997	***48,0***	*25,9*	8,0	*0,18*
56.	973018	25	***58,4***	1997	***99,8***	*14,4*	8,0	*0,10*
57.	973019	25	***64,5***	1997	***36,2***	*31,6*	8,0	*0,15*
58.	973020	25	***77,4***	1997	***8,0***	*67,5*	8,0	*0,42*
59.	983008	25	***62,1***	1998	***35,9***	*30,5*	8,0	*0,18*
60.	983016	25	***67,3***	1998	***12,7***	*55,4*	8,0	*0,19*
61.	983025	25	***59,9***	1998	***48,9***	*24,3*	8,0	*0,17*
62.	983030	25	***60,2***	1998	***47,6***	*24,9*	8,0	*0,18*
63.	983031	25	***69,4***	1998	***10,1***	*60,9*	8,0	*0,19*
64.	993013	25	***60,3***	1999	***29,0***	*33,7*	8,0	*0,14*
65.	993017	25	***60,3***	1999	***29,0***	*33,7*	8,0	*0,19*
66.	993030	25	***62,3***	1999	***23,4***	*38,6*	8,0	*0,27*
67.	20003017	25	***61,1***	2000	***24,9***	*35,6*	8,0	*0,21*

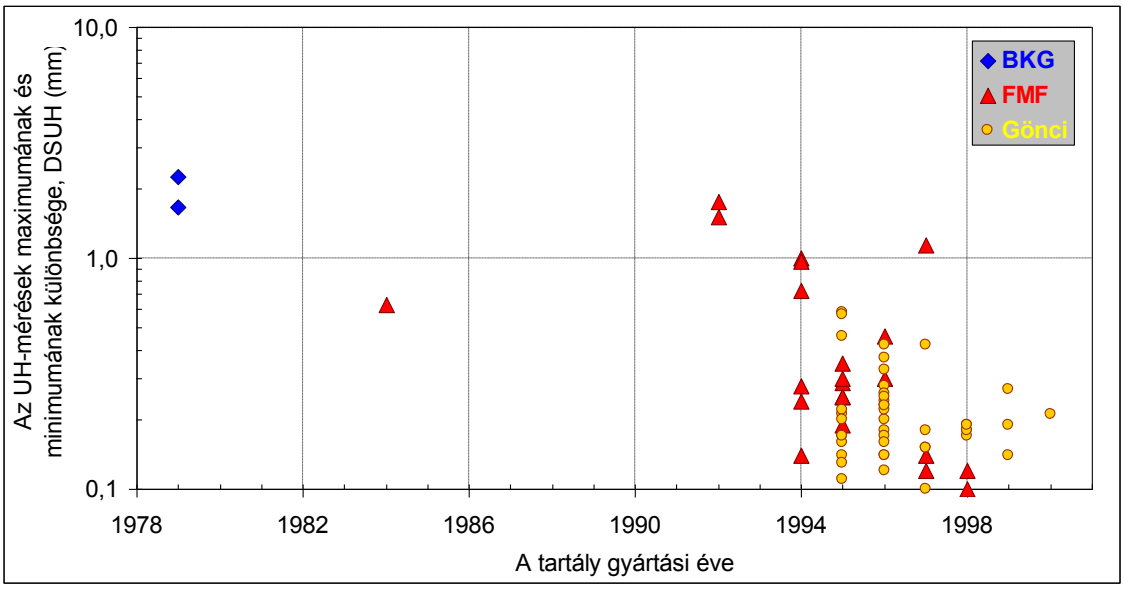
5. táblázat – A megvizsgált nagytartályok fő jellemzői; pirossal a 11 évnél rövidebbnek becsült maradék élettartamú tartályok; a DSUH értékek a mért falvastagságok eltérésintervallumai



1. ábra – A KÁR károsodási szám (a) és a MÉG maradék élettartam (b) értékei a tartályok űrtartalma függvényében, illetve e két rendszerparaméter kapcsolata (c)



2. ábra – A becsült maradék élettartam a gyártási év függvényében decimális skálán(a) és logaritmikus skálán (b) bemutatva. A diagram a gyártók szerinti megoszlást is mutatja



3. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérésekkel mért legnagyobb és legkisebb érték különbsége; a diagram a gyártási év és a gyártók szerinti megoszlást is mutatja

3.6. A diagramokat értékelve a következő összefüggéseket emeljük ki mint szembeötlő jellegzetességek:

a. Az 1.a ábrához: két olyan űrméretcsoport van csak a 67 db-os mintában, amelynek a megoszlása statisztikailag értékelhető. A 25 m^3-es tartályok károsodási mértéke egyenletesen oszlik meg, míg a 40 m^3-es tartályoké érdekes módon a KÁR-szám intervallumának szélein helyezkedik el.

b. Az 1.b ábrához: a MÉG maradék élettartamra is érvényes az előző pontban említett jellegzetesség, de ami igazán kiemelendő, az az, hogy a legrövidebb maradék élettartamú tartályok kivétel nélkül a 25 m^3-es csoportba tartoznak, és amint ez az 5. táblázatból kitűnik, mindegyik Gönci-tartály.

c. Az 1.c ábrához: a diagram azt demonstrálja, hogy a KÁR károsodási szám és a MÉG maradék élettartam mint a Nagy-KOR két alapvető rendszerparamétere milyen szorosan korrelálnak egymással. Ebből sorból csak a két 63 m^3-es és 20 mm vastag lemezből gyártott tartály „lóg ki”.

d. A 2. ábra mindkét diagramja ugyanazt az összefüggést jeleníti meg azzal az eltéréssel, hogy a b) ábrán a MÉG értékek logaritmikus skálán láthatók azért, hogy a MÉG < 50 év adatok jobban széthúzva legyenek láthatók. Szembeötlő az FMF- és a Gönci-tartályokra kapott egyértelmű eltérés a MÉG vonatkozásában, de azonnal le kell szögezni, hogy ennek az a fő oka, hogy az FMF-tartályok 10 mm-es, a Gönci-tartályok pedig 8 mm-es lemezből készültek.

e. Az egyes gyártók tartályai közötti összehasonlítást nem lehet a 3. ábra nélkül rendesen elvégezni; ez az ábra ugyanis az ultrahangos mérések során észlelt legnagyobb eltéréseket szemlélteti; ebben a tekintetben már nincs markáns eltérés a gyártók között. Azt viszont észre kell venni, hogy kb. 20 éves életkortól kezdve a belső korrózió egyenetlensége már 1–2 mm különbséget is képes okozni.

4. Összegzés és javaslatok

A kutató-fejlesztő munka célkitűzéseinek megfelelően a PÉBÉ-COOP Kft.-vel és a velünk együttműködő ÁEF Laboratórium Kft.-vel közösen elvégeztük az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű pébégáztartályok állapotfelmérését. Ennek alapján kidolgoztuk a károsodási mértékek és a maradék élettartamok becslésére alkalmas szakértői rendszert, amelyek leglényegesebb következtetéseit az alábbiakban foglaljuk össze.

4.1. A nagytartályok állapotát meghatározó tényezők elemzésével kidolgoztunk a nagy űrméretű pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerét, az ún. Nagy-KOR-t, amely egy olyan szakértői rendszer, amely alkalmas a károsodási szint – másként veszélyeztettségi szint – és a maradék élettartam becslésére.

4.2. A Nagy-KOR elnevezésű szakértői rendszer első megközelítésben *az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű, cseppfolyós propán vagy bután gázt és ezek elegyeit tartalmazó, föld feletti üzemű acéltartályokra* vonatkozik. Fontos azonban kiemelni, hogy a jelen formájában már 2010 óta üzemelő KOR szakértői rendszer kiterjesztéséről van szó, így tehát az abban kezelt, 5 m^3-nél nem nagyobb pébégáztartályok együttes kezelésére is alkalmas.

4.3. A szakértői rendszer a jelen formájában egy önálló elektronikus adatbázisként működik, és feltöltöttsége alapján 67 db, 5 m^3-nél nagyobb pébégáztartály pébégáztartály adatait kezeli. Ez az állományi létszám tetszőlegesen bővíthető: kiterjeszthető úgy a jövőben gyártott, mint a jelenleg is üzemelő vagy/és felújításra váró tartályokra.
Javasoljuk a Tisztelt Megbízónak, hogy ezt az adatbázist és a saját adatbázisait hozza közös platformra, és illessze be a pébégáztartályok időszakos ellenőrzéseinek rendszerébe.

4.4. A nagytartályok körében is átfogó adatgyűjtést, értékelést és állapotfelmérést végeztünk a föld felett üzemelő tartályok 67 elemű csoportján a tartályok állapotának és károsodási mechanizmusainak általános jellemzésére. Megállapítottuk, hogy a meghatározó károsodási folyamatok azonosak a kis űrméretű tartályokon észleltekkel: a belső korrózió egyenletes, a külső korrózió egyedileg jól követhető, falvastagság-csökkenéssel járó külső mechanikai sérülést pedig nem észleltünk.
Egyéb mechanikai leromlási folyamat – pl. kifáradás, elridegedés, öregedés stb. – érdemlegesen nem károsítja a tartályokat.

4.5. A károsodási osztályozási rendszer alkalmas a maradék élettartam becslésére. A becslés alapját a mért lemezvastagsági adatok és a korróziós károsodási folyamat sebességének a mérési adatokon alapuló becslése képezi.

4.6. A pébégáztartályok *időszakos és rendkívüli ellenőrzésére szolgáló* felülvizsgálati módszereket illetően az itt ismertetett vizsgálatok újfent igazolták a következőket:

a. A hidraulikus (víz közeggel végzett) nyomáspróba nem szolgáltat semmilyen érdemleges információt. A hidraulikus nyomáspróba során a tartályokba bevitt víz nem távolítható el maradéktalanul még szárítással sem. Emiatt a víz belső korrózió meghatározó korróziós ágense lesz az egyébként nem korrozív hatású töltetben. A hidraulikus nyomáspróba ennek folytán a belsőkorróziós folyamat előidézőjévé és gyorsítójává válik.

b. Tehát a hidraulikus nyomáspróbát súlyos tartálykárosító hatású eseménynek kell tekinteni. Az időszakos ellenőrzésnél a hidraulikus nyomáspróba beszüntetését javasoljuk.

c. A hidraulikus nyomáspróba mellőzésére a jogszabályi lehetőség eddig is adott volt: a 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelményeket tartalmazó „Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata” című dokumentum (2007. február 27.) V. rész 3.3.1. szakasza alapján.
A 273/2009. (2009. XII. 3.) Korm. Rendelet lehetőséget teremtett a 10 m^3-nél kisebb űrtartalmú pébégáztartályok belső szerkezeti vizsgálatának a KOR szakértői rendszerrel való elvégzésre. Álláspontunk szerint az annak alapelvén most kifejlesztett módszer, a

Nagy-KOR szakértői rendszer a nagytartályok esetében is teljes mértékben helyettesítheti a korábban alkalmazott módszereket.

d. A saját közeggel – tehát pébégázzal – vagy földgáz közeggel végzett akusztikus emissziós vizsgálatot, nyomáspróbát értékelve ismételten hangsúlyozzuk azt a tapasztalatunkat, hogy az akusztikus emissziós vizsgálat érzéketlen még az igen durva és nagy kiterjedésű hibák érzékelésére is. Emiatt ezt az ún. pneumatikus nyomáspróbával kombinált akusztikus emissziós vizsgálatot szilárdsági ellenőrzésre eredménytelennek és szükségtelennek tartjuk.

4.7. A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése megbízhatóságának növelésére kidolgozott tartálydiagnosztikai és állapotértékelési eljárás lényeges jellemzői a következők:

a. A Nagy-KOR meghatározza az egyes tartályok vagy azok csoportjai károsodási, veszélyeztetettségi szintjét. Ez alapján felállítja az időszakos ellenőrzésre javasolt tartályok „sürgősségi” sorrendjét, és megadja az egyes tartályok becsült maradék élettartamát.

b. A Nagy-KOR ultrahangos falvastagságmérést ír elő a tartály kritikus pontjain. Ezek kiválasztása a Pébé-Coop Kft. munkautasításaiban pontosan meghatározott, és általunk megfelelőnek értékelt protokoll szerint történik. Az ultrahangos vizsgálat eredményei bekerülnek a károsodási osztályozási rendszerbe, és ez alapján folyamatosan pontosabbá válik a maradékélettartam becslése az adott tartályokra és a teljes statisztikai mintára egyaránt.

c. A Nagy-KOR rendszer és a hozzá kapcsolódó vizsgálati metodika megbízható becslést ad a nyomástartó edények károsodottságának, veszélyeztetettségének mértékére és maradék élettartamára. Ezzel lényegesen hitelesebb eredményt ad, mint a hidraulikus vagy az akusztikus emissziós vizsgálattal kapcsolt pneumatikus nyomáspróba.
A Nagy-KOR szakértői rendszer szakmailag feltétlenül megbízhatóbb eredményt ad az említett eljárásoknál, ezért jól alkalmazható a tartályok időszakos ellenőrzésének minden változatánál, és különösen alkalmas az üzemelő tartályok estében a szilárdsági nyomáspróbák és a belső szerkezeti vizsgálat helyettesítésére.

d. A KOR és a Nagy-KOR szakértői rendszeren alapuló tartályvizsgálati eljárás tartálykárosító hatásoktól mentes.

4.8. A maradék élettartam becslésére kidolgozott szakértői rendszer mérési adatokkal való folyamatos feltöltését, illetve az újabb szakmai tapasztalatok alapján való folyamatos fejlesztését célszerűnek tartjuk. Az előző pontban említett mérések eredményei folyamatosan beépülve a károsodási osztályozási rendszerbe annak osztályozási és becslési pontosságát is növelik. Az ezzel kapcsolatos feladatok végrehajtásában készen állunk a PÉBÉ-COOP Kft.-vel való hosszú távú együttműködésre.

2013. szeptember 30.

. . . . . .
Dr. Dévényi László
tanszékvezető egyetemi docens

5. 1. melléklet a szakmai zárójelentéshez

A megvizsgált tartályok állapotának bemutatása a helyszíni állapotfelmérésen készített fényképeken

A pébégáztartályok
károsodási osztályozási rendszerének (KOR)
kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra

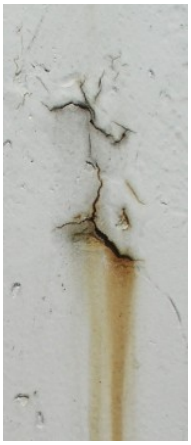
készült a

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő Forgalmazó és Gyártó Kft.
részére

2013. szeptember 30.

Gyári szám: 8634 # Űrtartalom: 63 m^3 # Felállítás helye: Halmajugra

Gyári szám: 8635 # Űrtartalom: 63 m^3 # Felállítás helye: Halmajugra

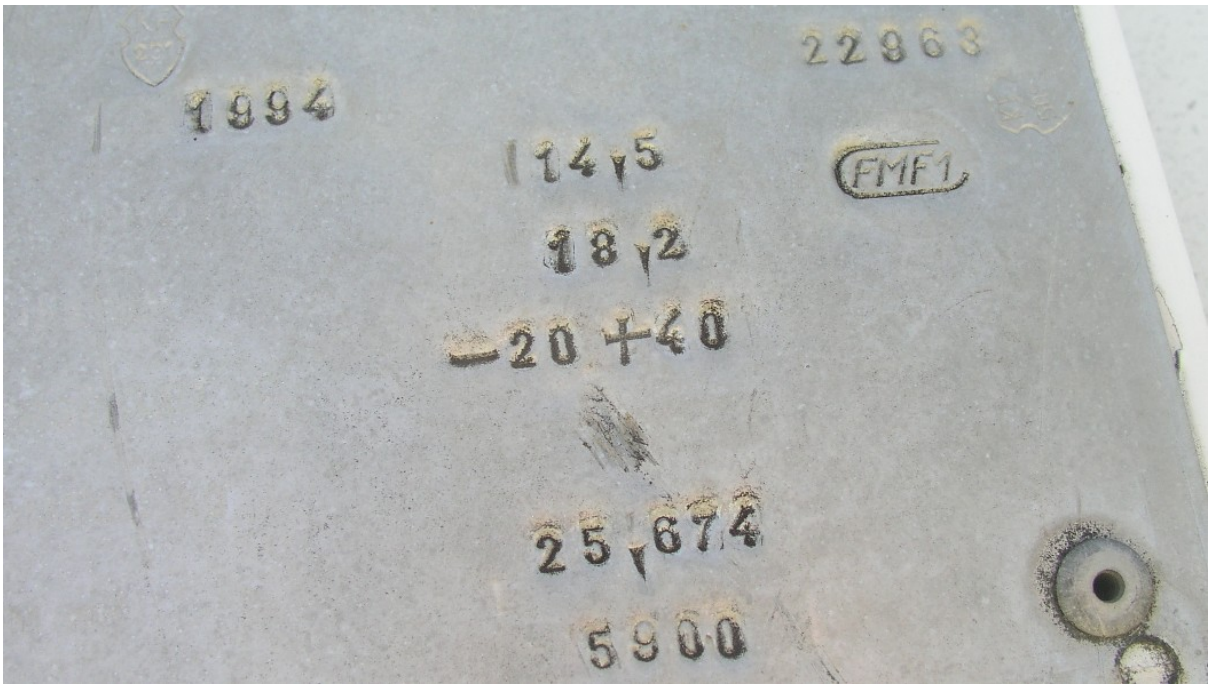


Gyári szám: 22880 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Debrecen

Gyári szám: 22881 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Debrecen

Gyári szám: 22940 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Egyek

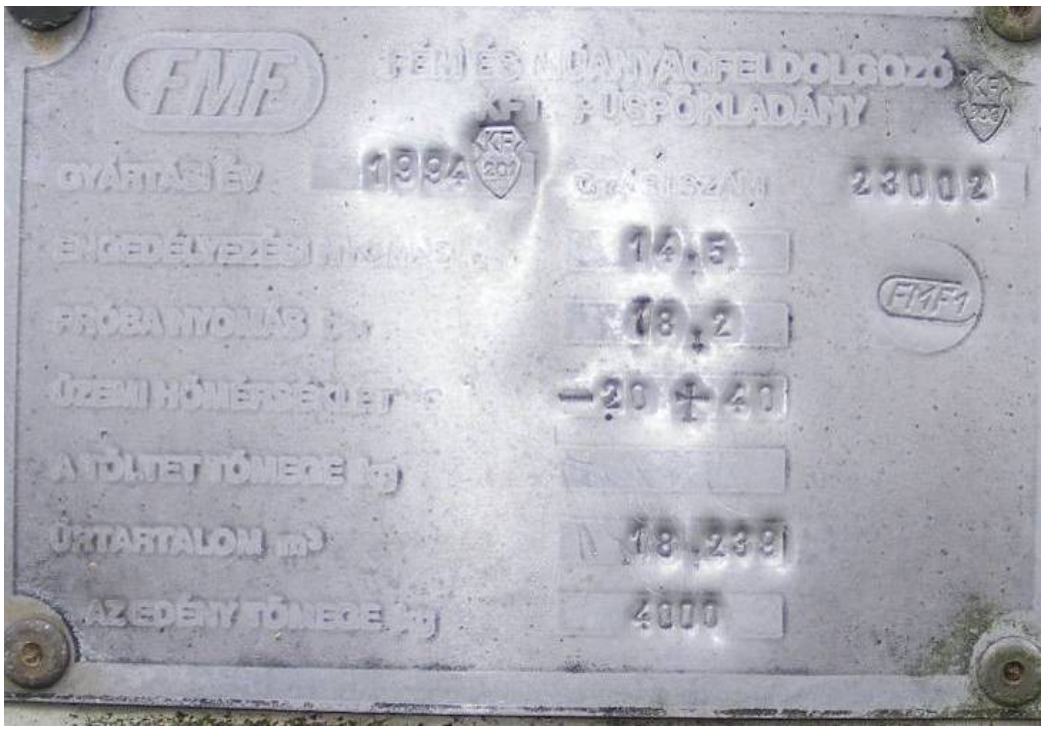
Gyári szám: 22963 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Lad



Gyári szám: 22998 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Debrecen

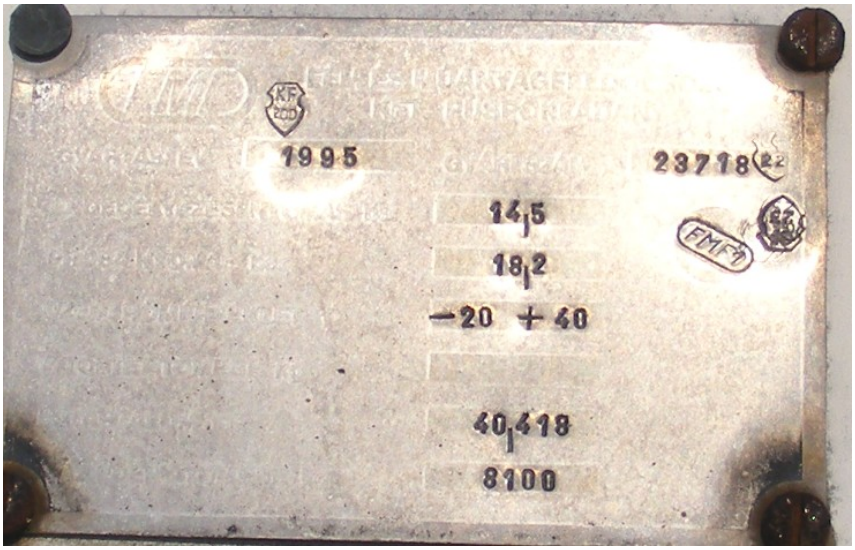
Gyári szám: 22999 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Tótvázsony

Gyári szám: 23002 # Űrtartalom: 15 m^3 # Felállítás helye: Esztergom



Gyári szám: 23704 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hódmezővásárhely

Gyári szám: 23718 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Pocsaj



Gyári szám: 23720 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Lenti

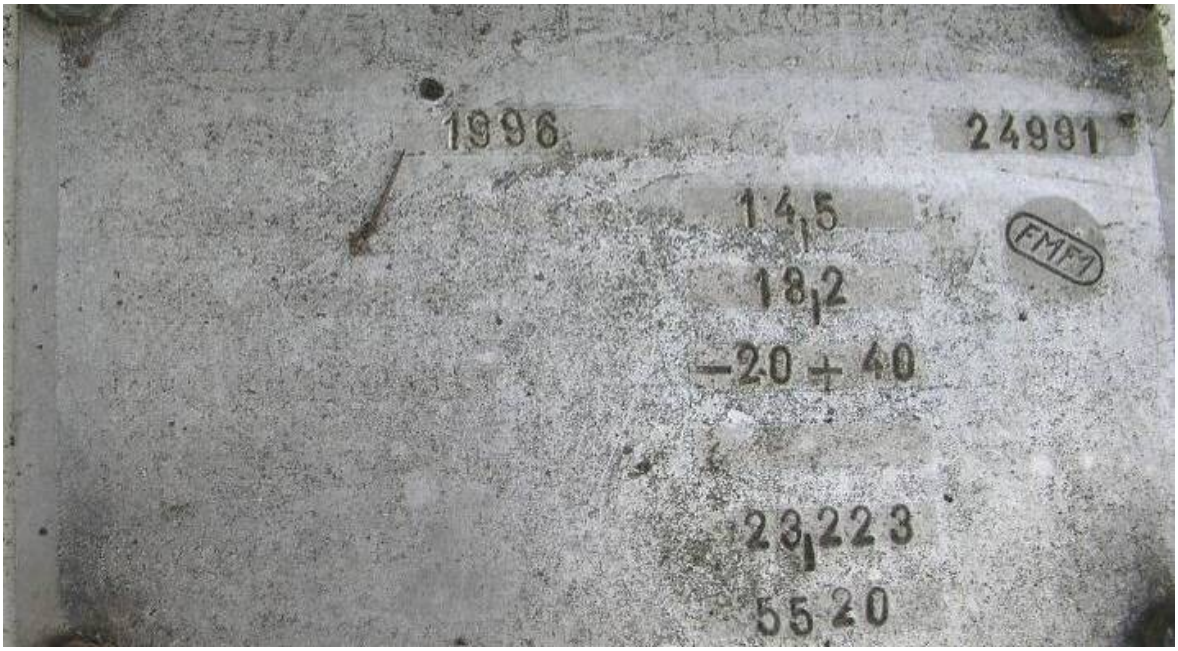
Gyári szám: 23928 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Andocs

Gyári szám: 23930 # Űrtartalom: 10 m^3 # Felállítás helye: Budapest, IV. kerület

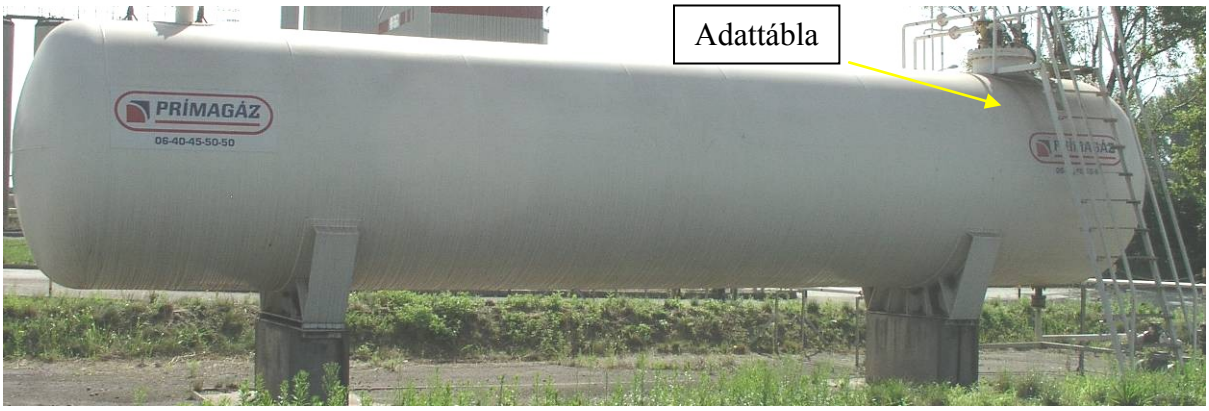
Gyári szám: 23931 # Űrtartalom: 10 m^3 # Felállítás helye: Budapest, IV. kerület

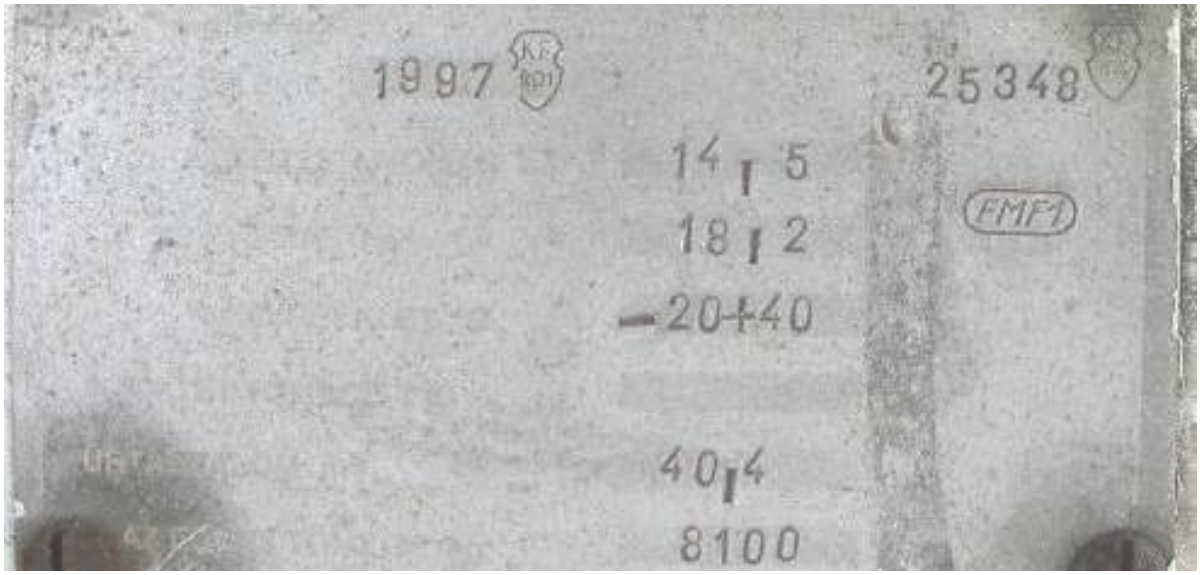
Gyári szám: 24627 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Felsőszentmárton

Gyári szám: 24991 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Tiszafüred – Tiszaszőlős

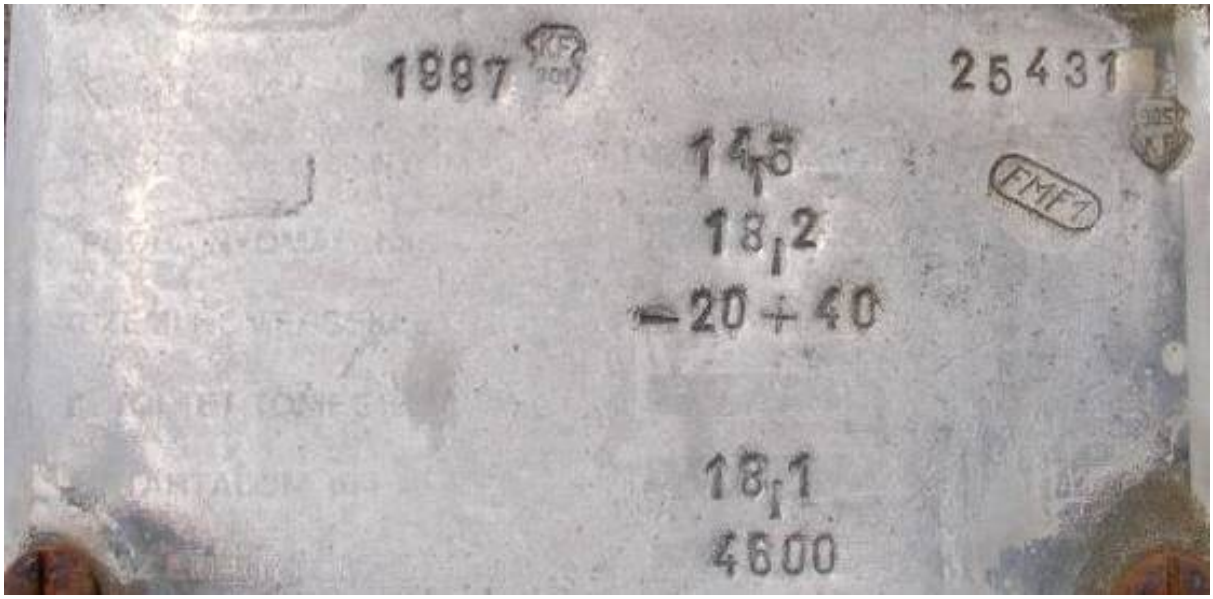


Gyári szám: 25348 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Dunaújváros





Gyári szám: 25431 # Űrtartalom: 18 m^3 # Felállítás helye: Lesencetomaj



Gyári szám: 25504 # Űrtartalom: 63 m^3 # Felállítás helye: Hercegszántó

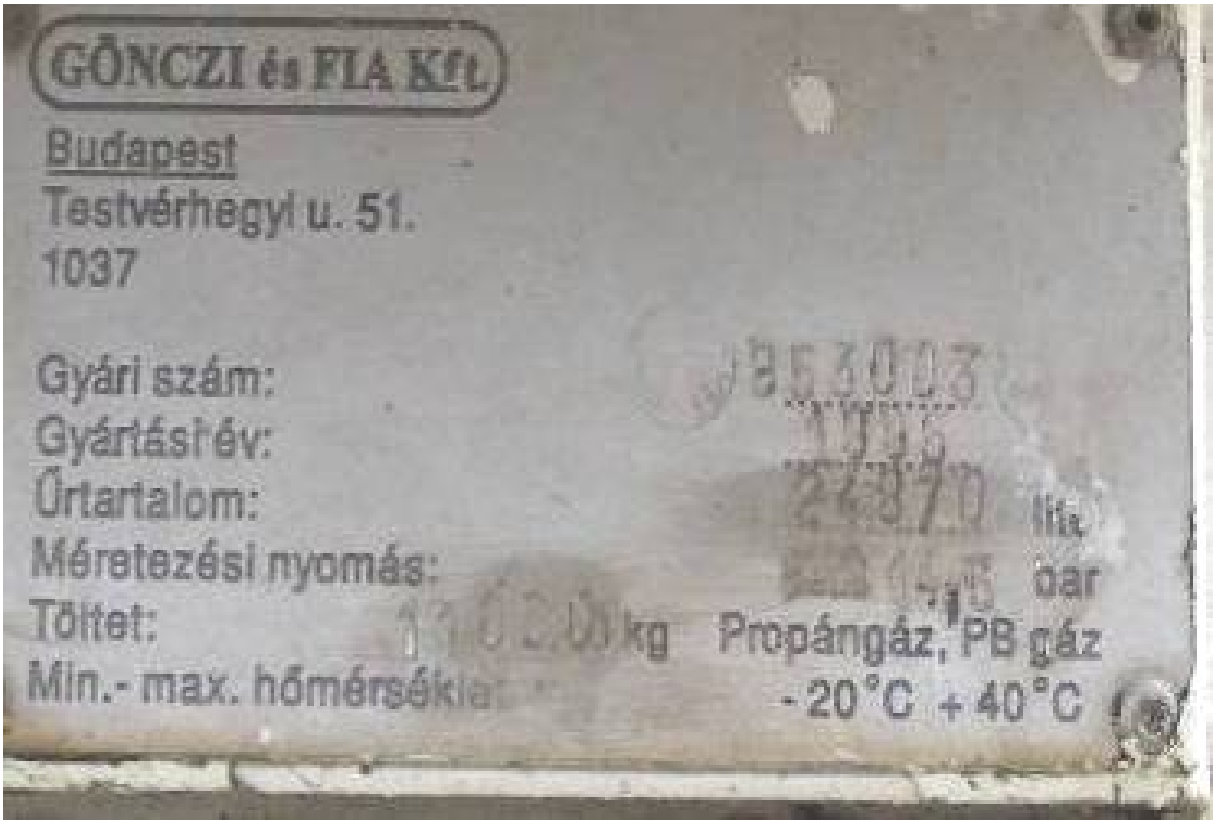
Nem készült fénykép a tartályról

Gyári szám: 25509 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Gyomaendrőd – Gyoma

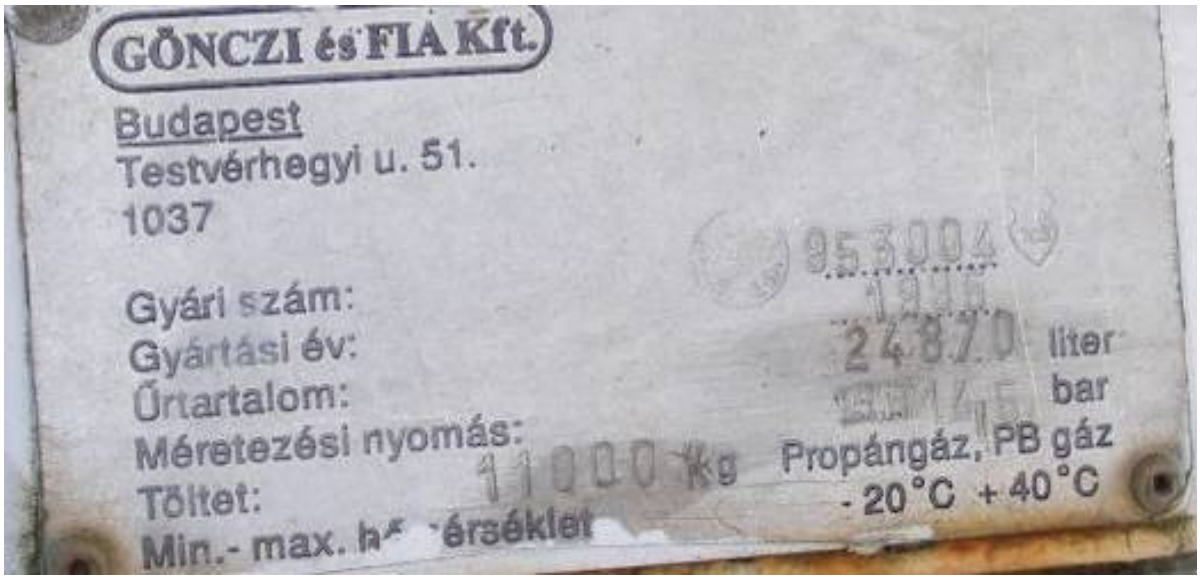
Gyári szám: 25875 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Tótvázsony

Gyári szám: 26071 # Űrtartalom: 15 m^3 # Felállítás helye: Kőkút

Gyári szám: 953003 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Tét

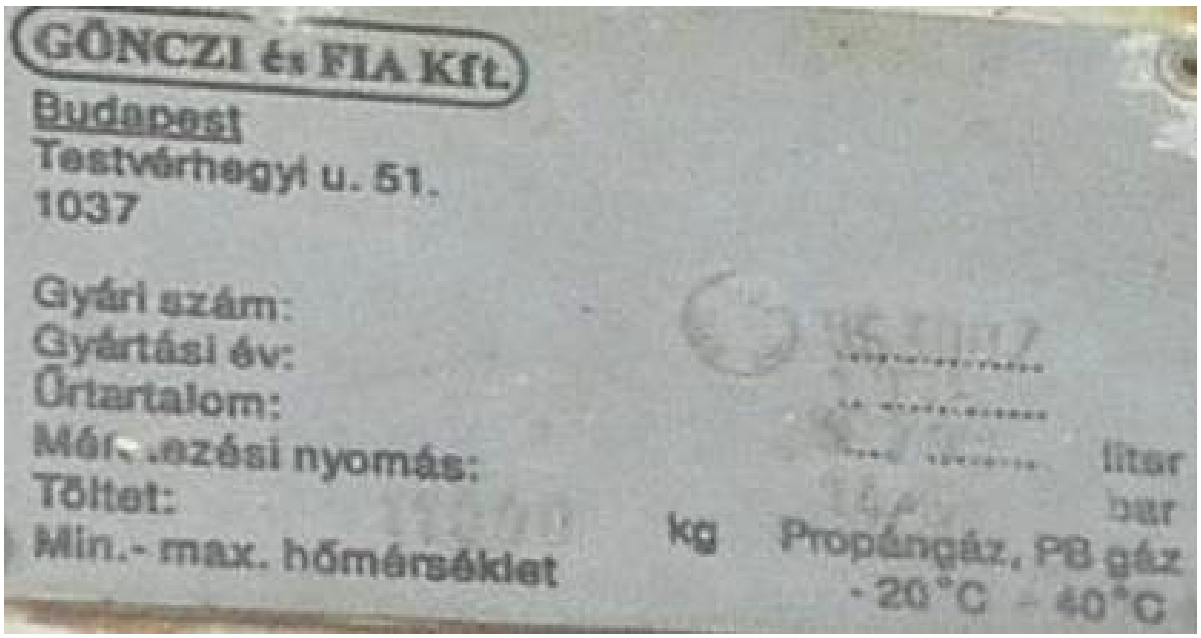


Gyári szám: 953004 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Jánosháza

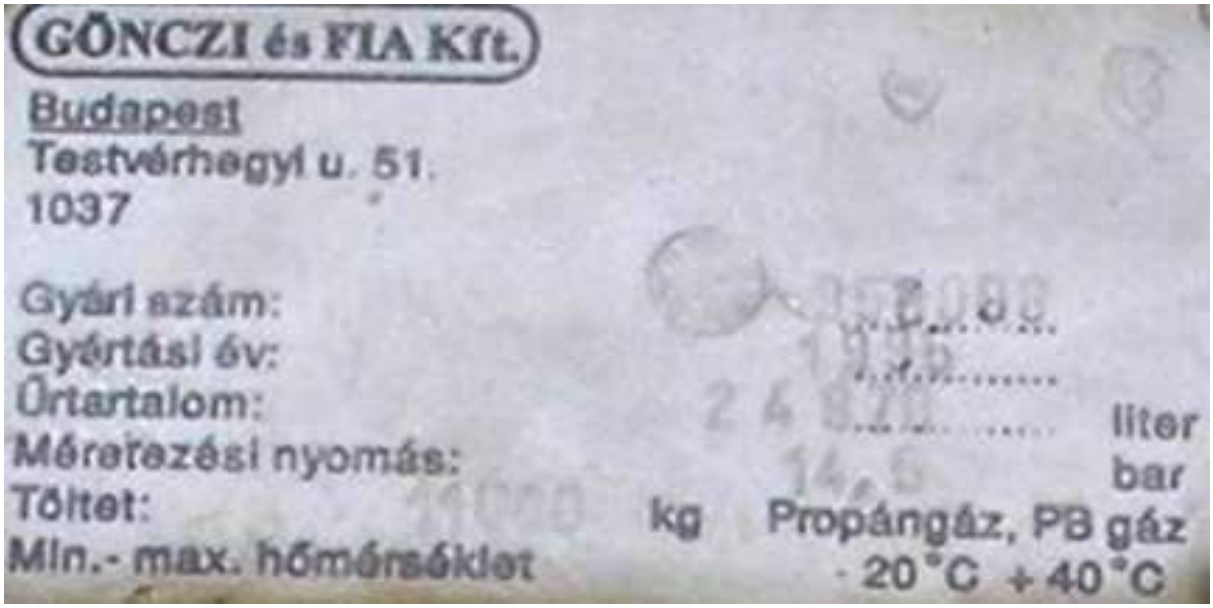


Gyári szám: 953006 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Katymár

Gyári szám: 953007 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Katymár

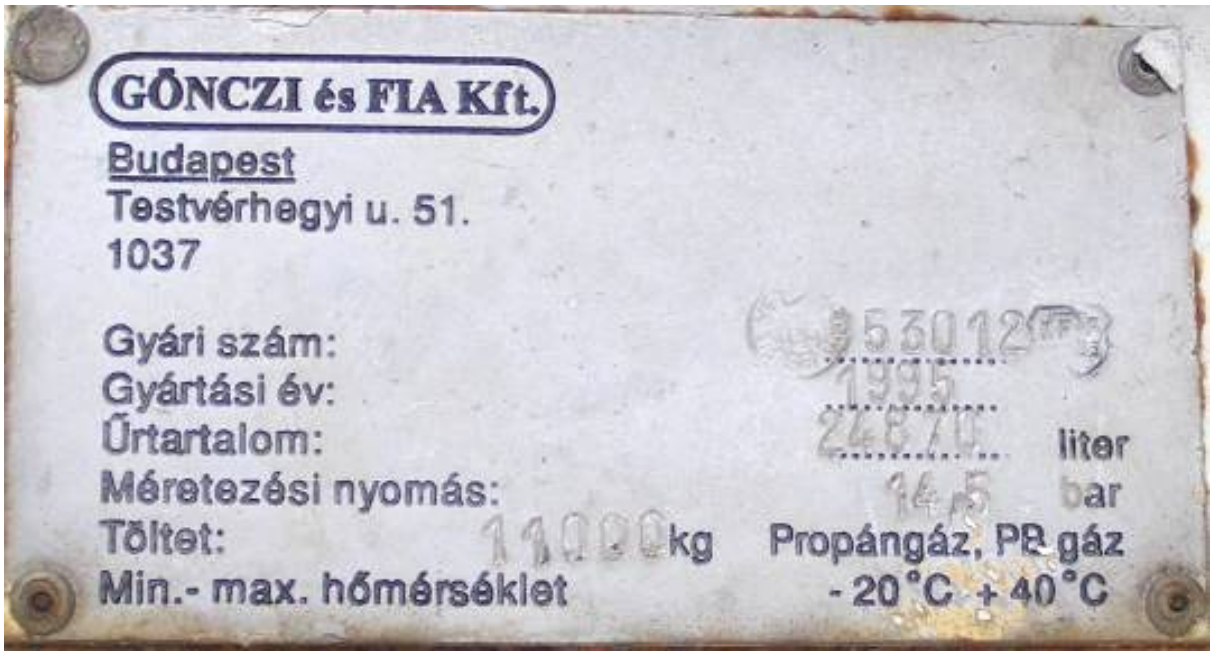


Gyári szám: 953008 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Lázi

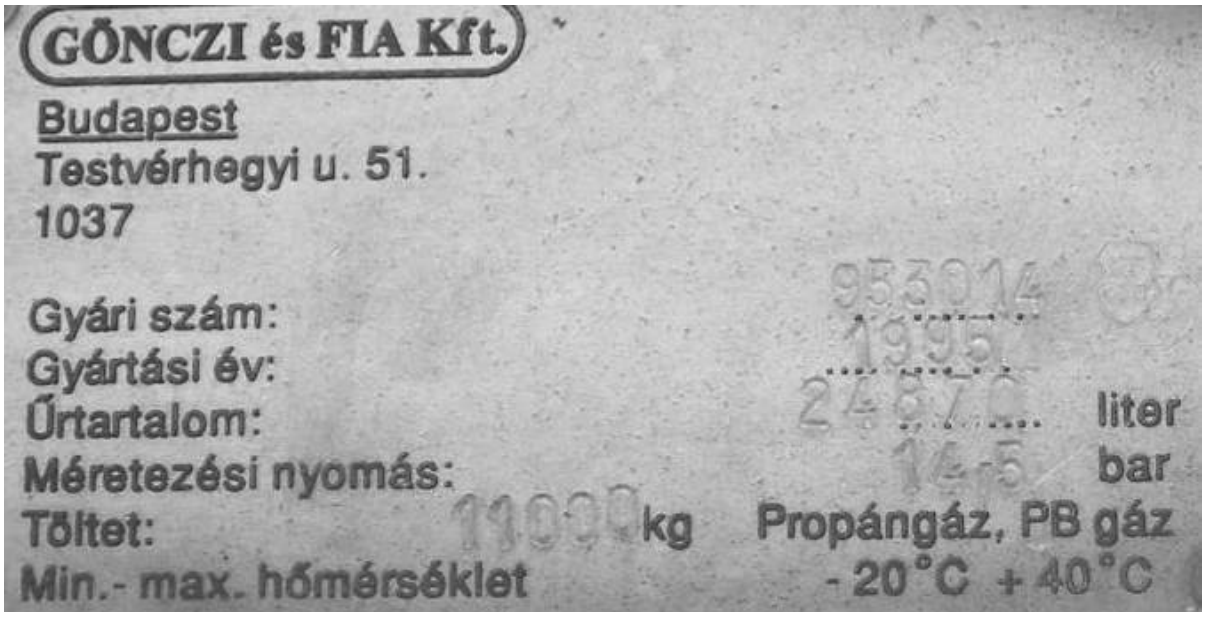


Gyári szám: 953009 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Magyaralmás

Gyári szám: 953012 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Ács

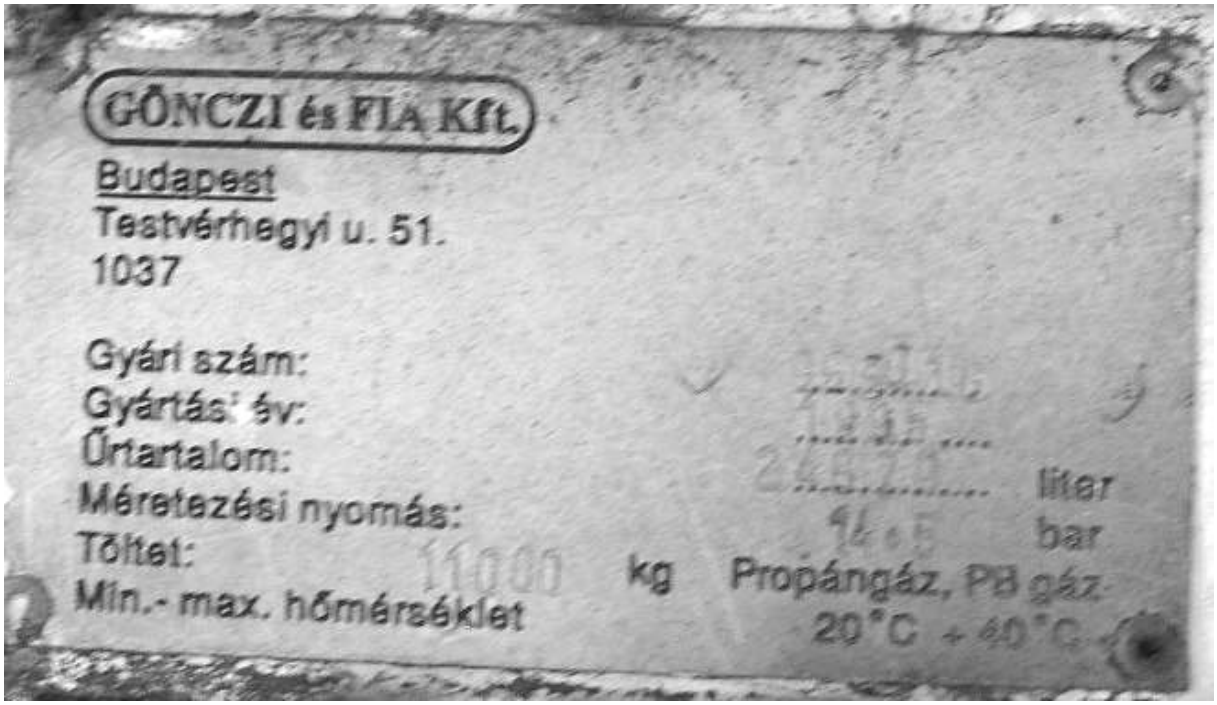


Gyári szám: 953014 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Ács



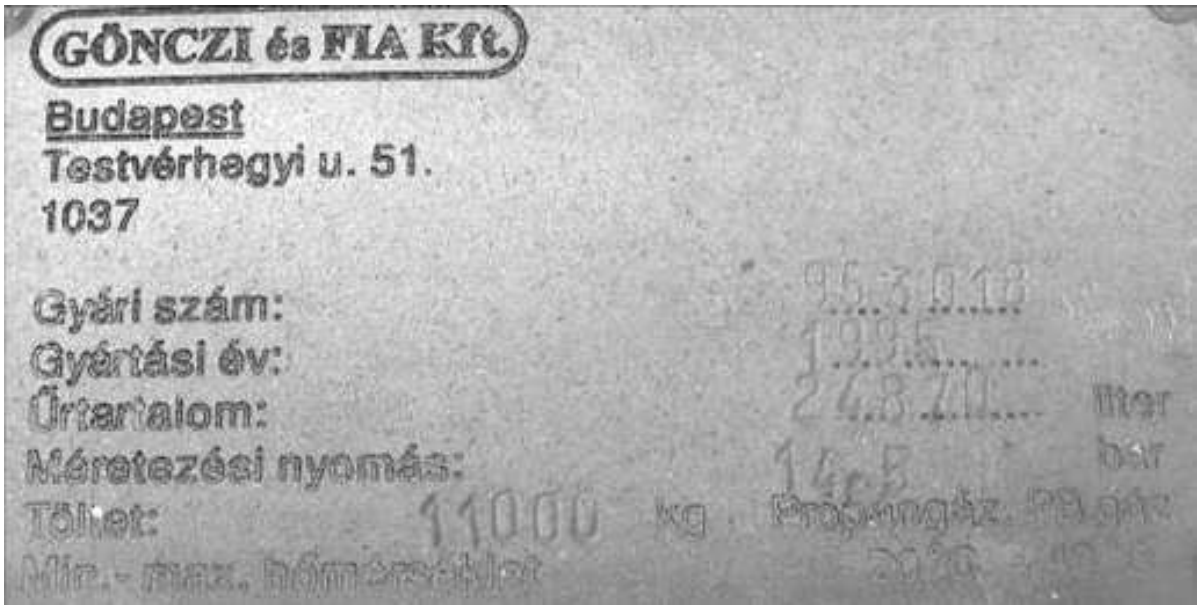
Gyári szám: 953016 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Cibakháza

A zöld jelölések nem a mi jelöléseink, valószínűleg az előző mérésről maradt rajta



Gyári szám: 953017 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hosszúpereszteg

Gyári szám: 953018 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Kiskőrös

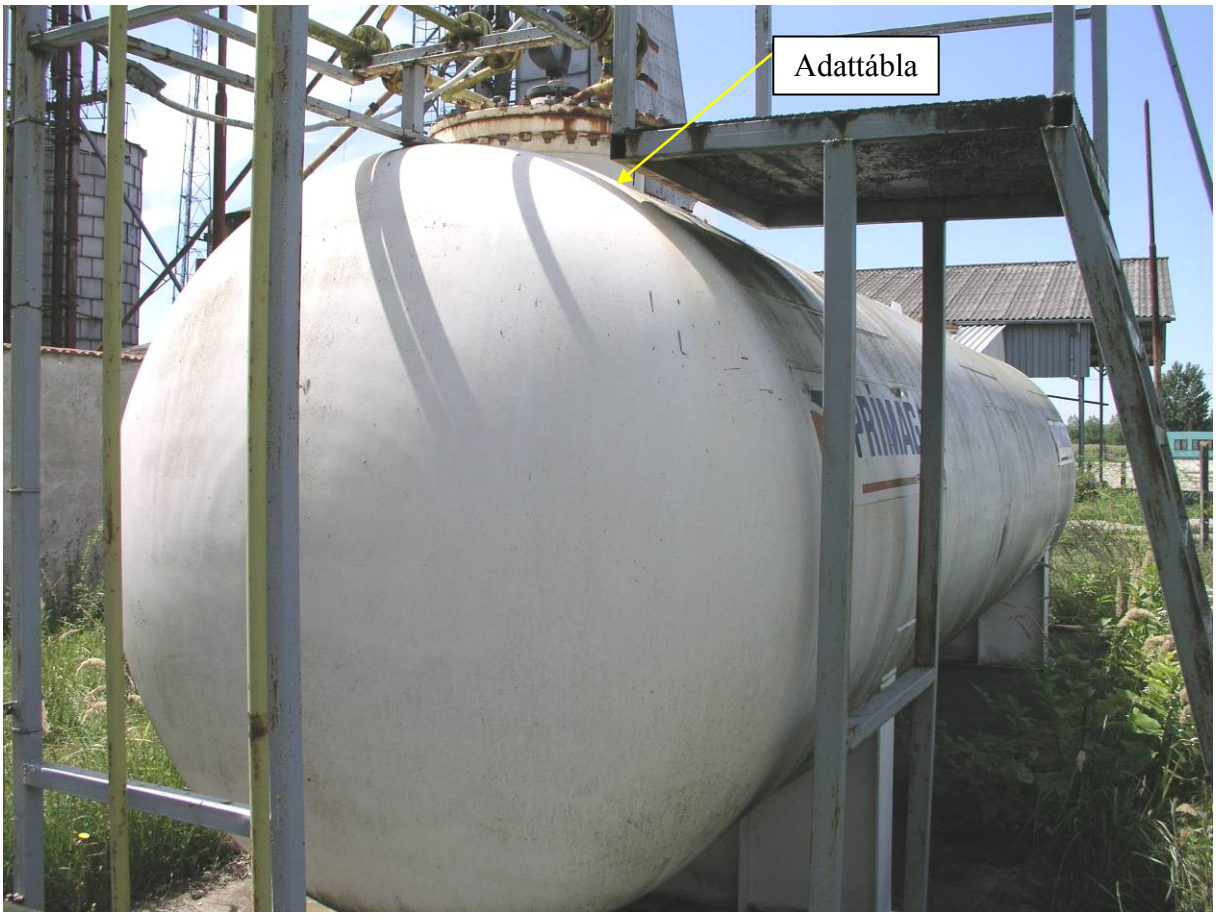


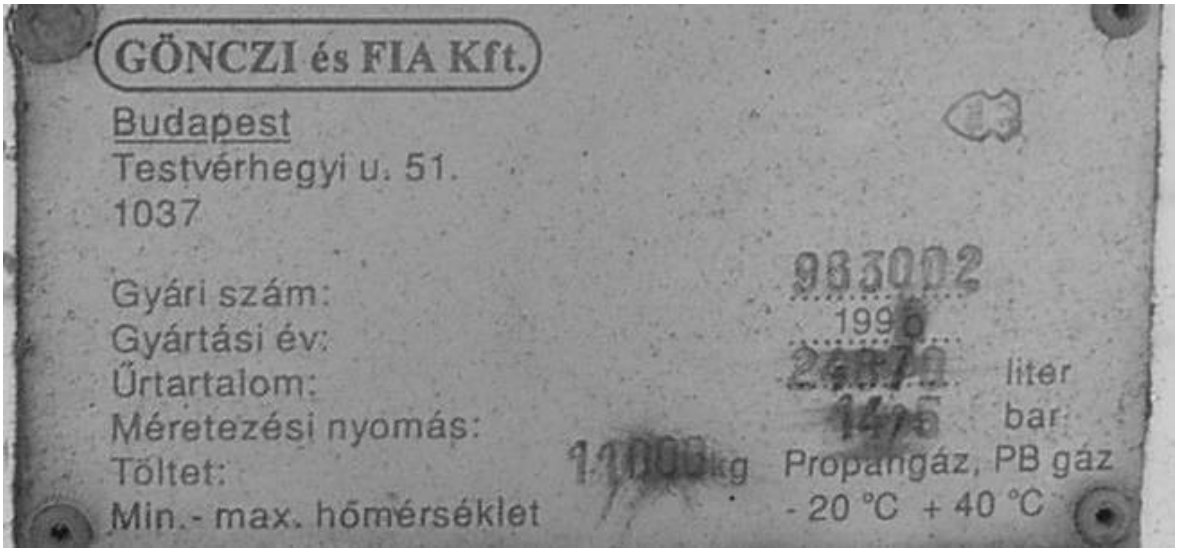
Gyári szám: 953036 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Csabacsűd

Nincs kép

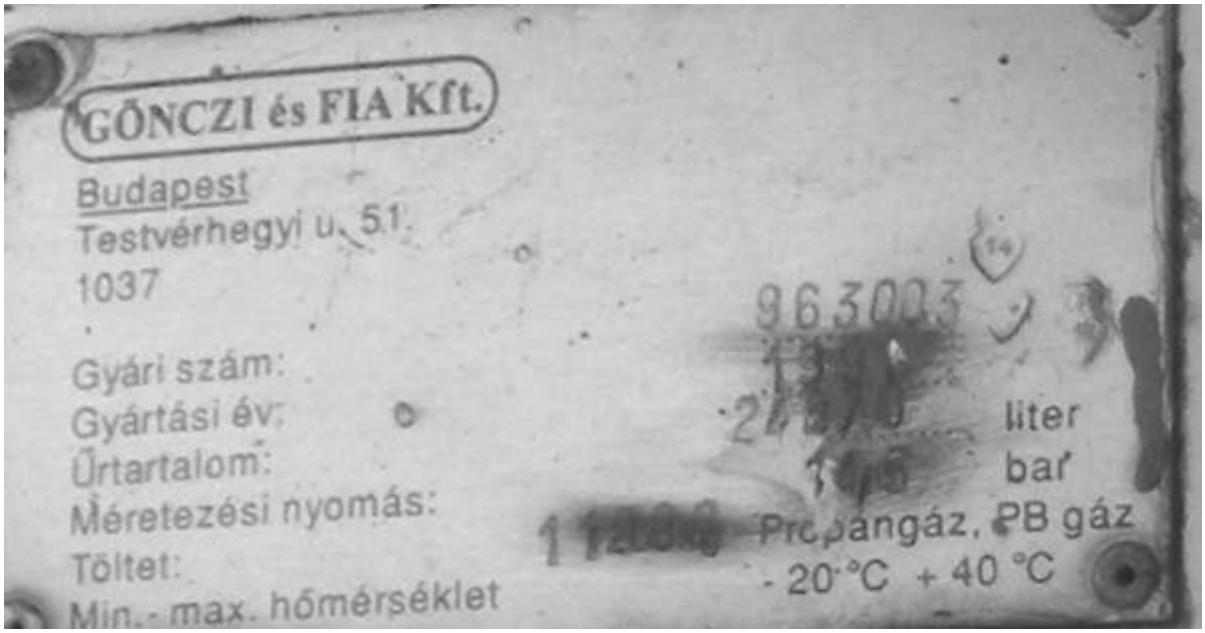
Gyári szám: 963001 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Medgyesegyháza

Gyári szám: 963002 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Nagybaracska

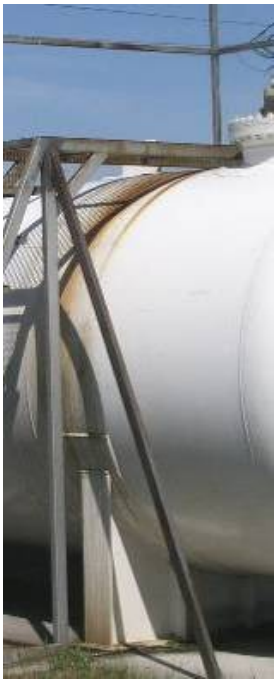


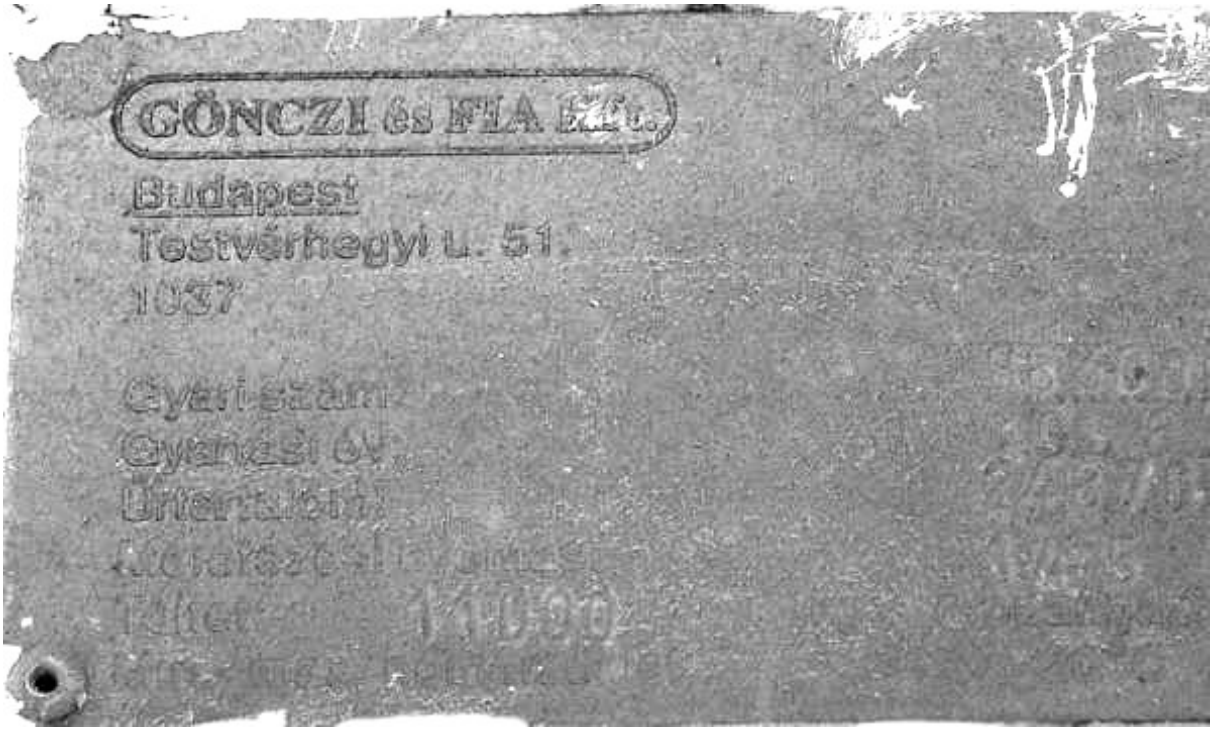


Gyári szám: 963003 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Körösladány

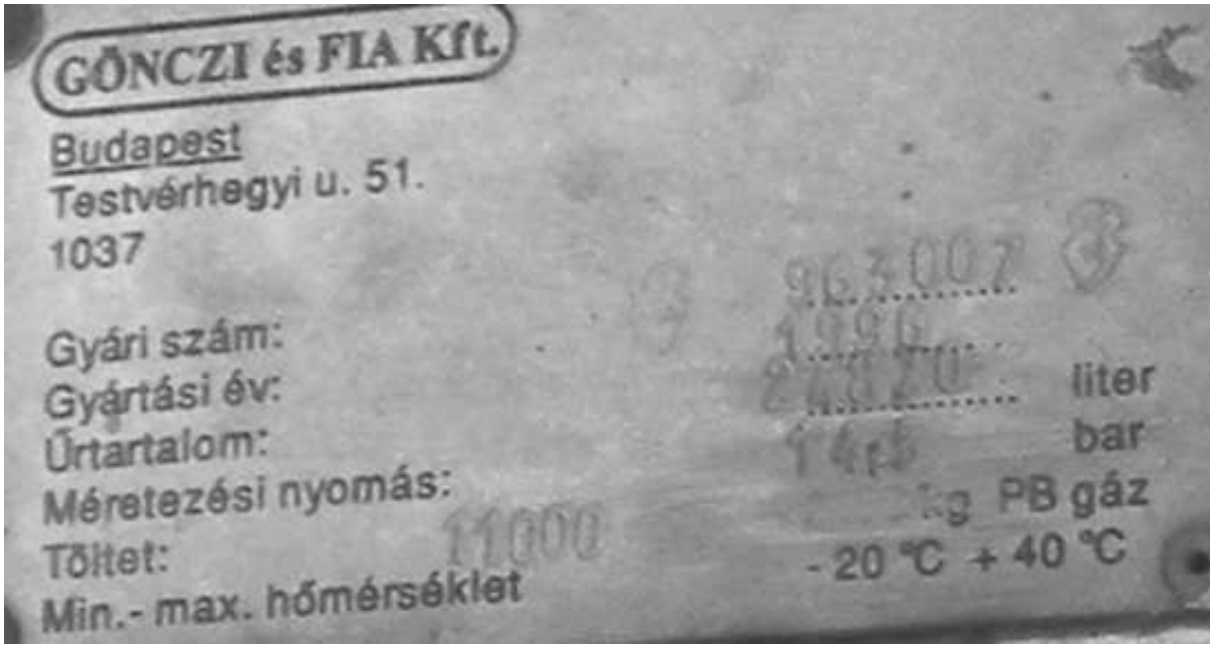


Gyári szám: 963006 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Kaposvár



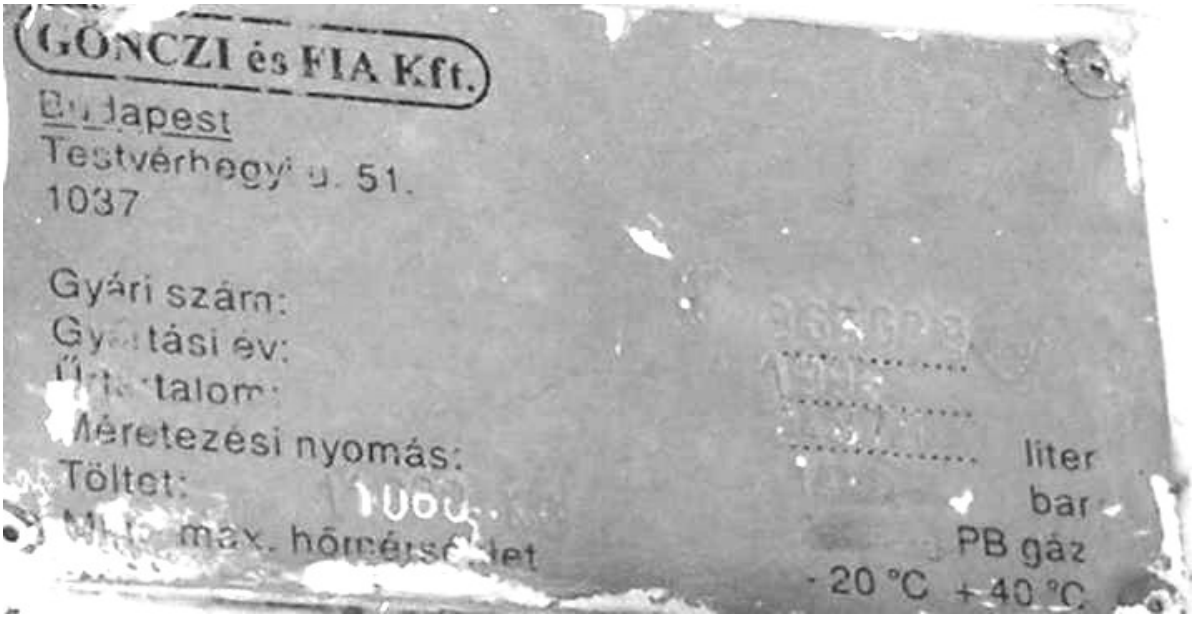


Gyári szám: 963007 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Körösladány



Gyári szám: 963008 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Nagybaracska

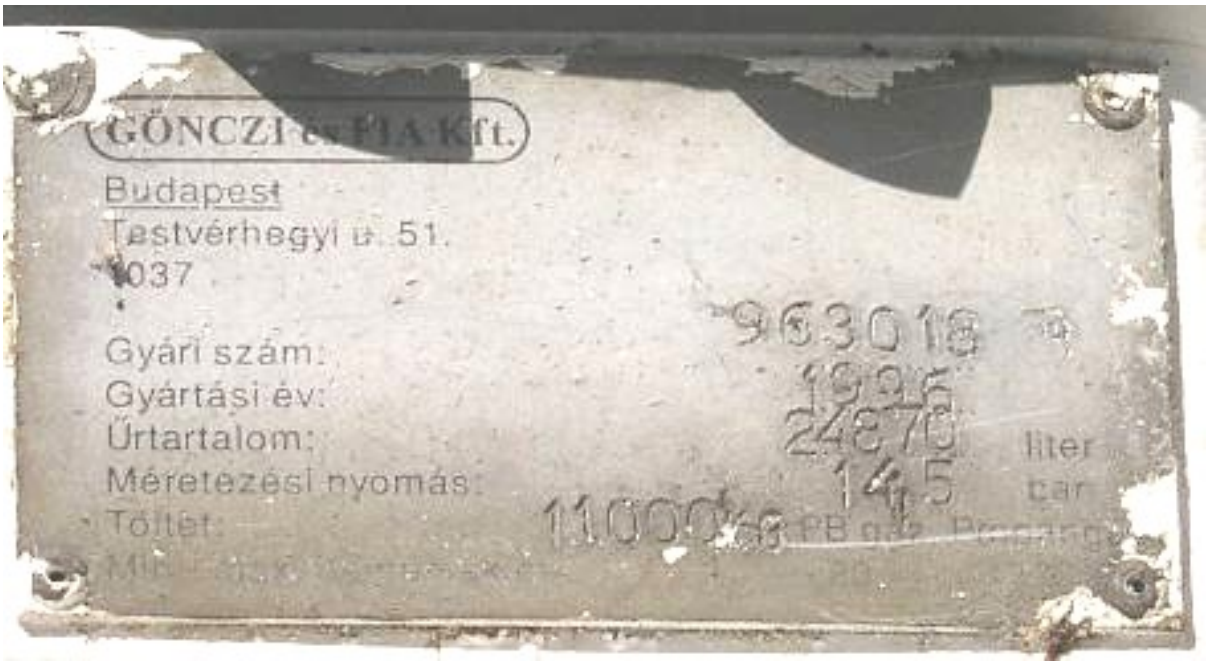
Gyári szám: 963009 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Békés



Gyári szám: 963014 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Doboz

Gyári szám: 963017 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Gárdony - Agárd

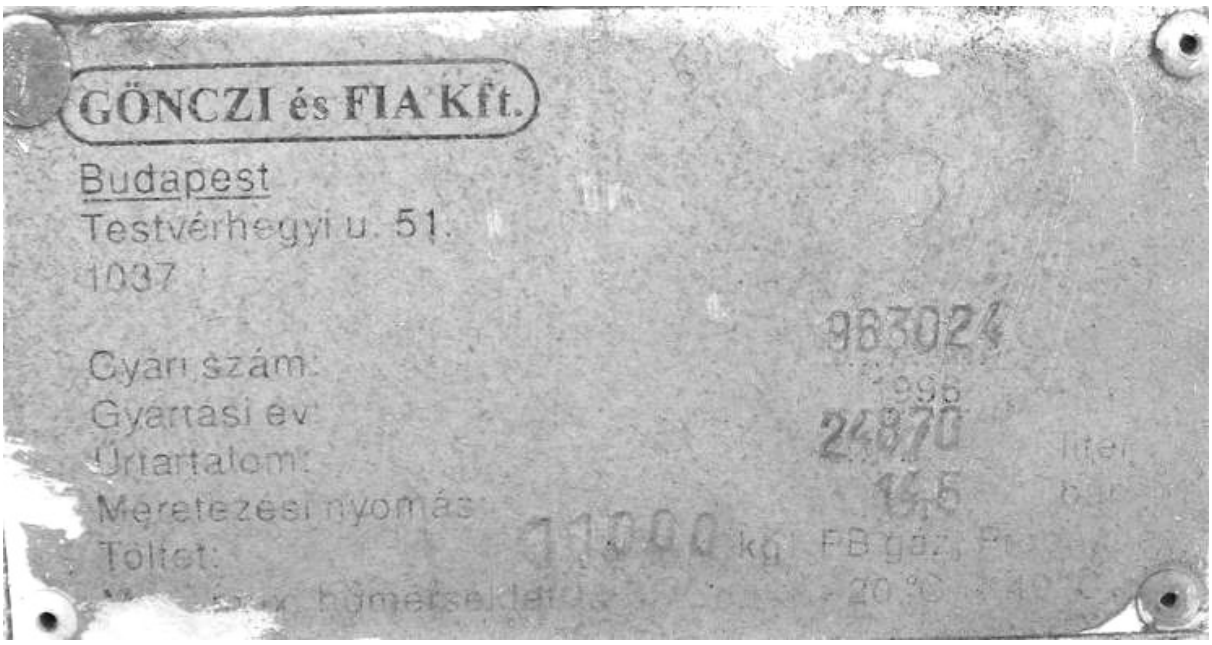
Gyári szám: 963018 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Szarvas



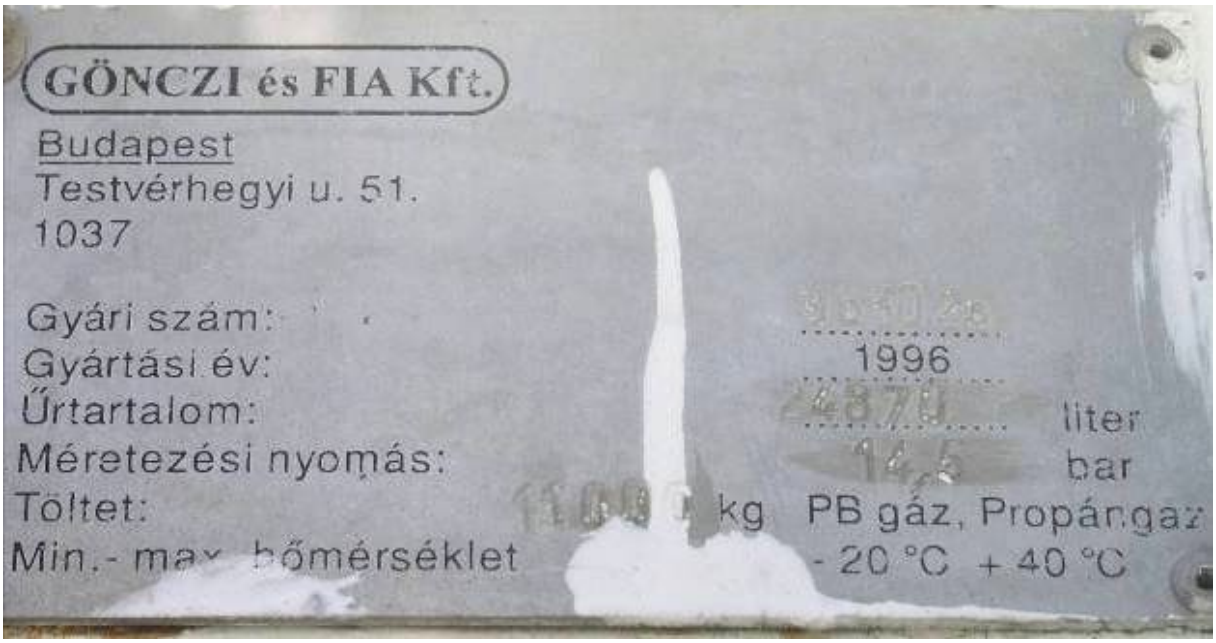
Gyári szám: 963019 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Vasvár

Gyári szám: 963022 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Csesztreg

Gyári szám: 963024 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Jánosháza



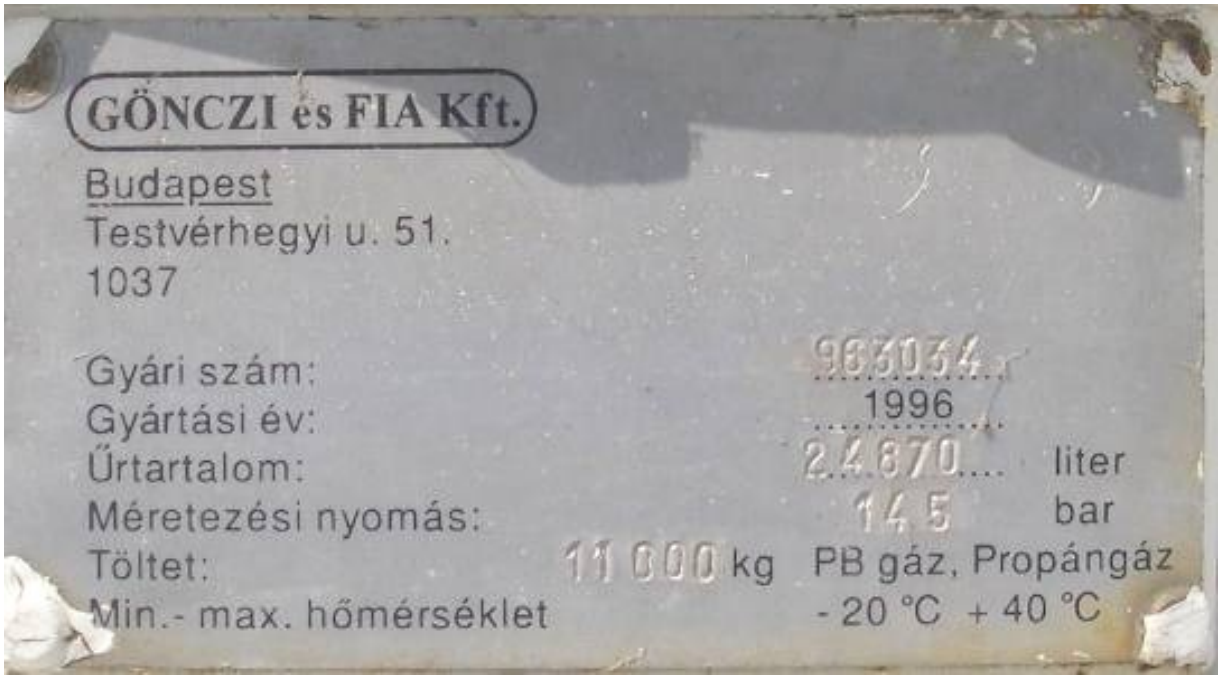
Gyári szám: 963025 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Polgárdi



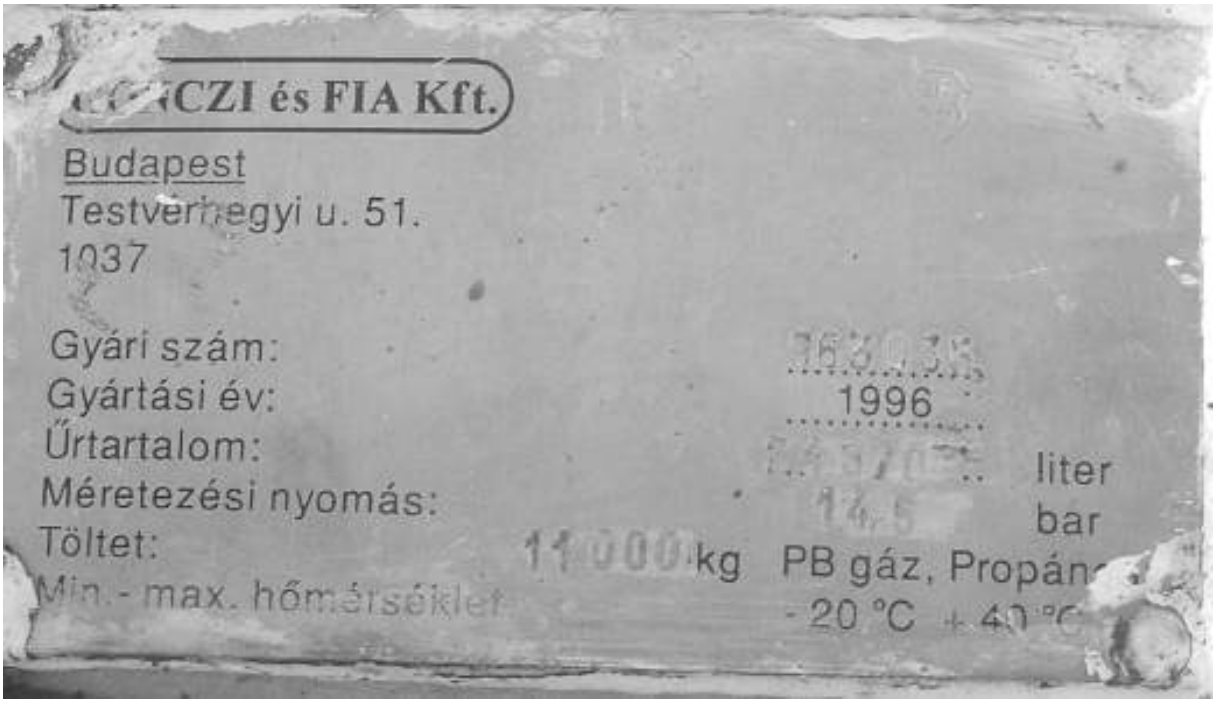
Gyári szám: 963033 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Gyomaendrőd – Endrőd

Homályos a kép az adattábláról

Gyári szám: 963034 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Csákvár

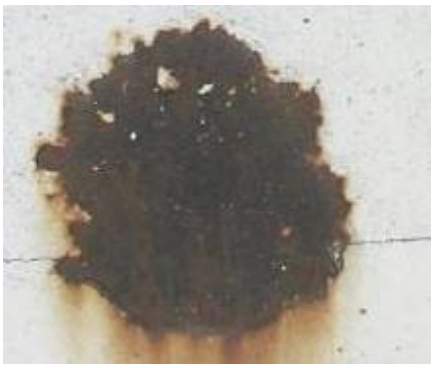


Gyári szám: 963035 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Magyarcsanád



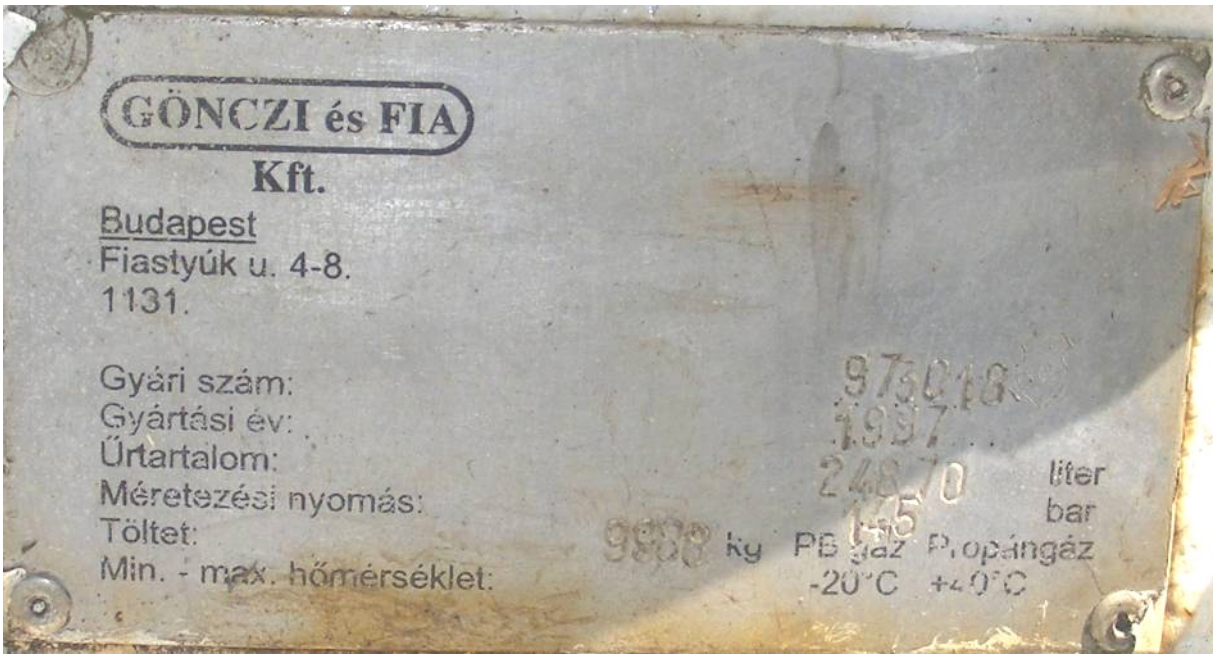
Gyári szám: 973012 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Ebes

Nincs kép az adattábláról



Gyári szám: 973017 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Győr

Gyári szám: 973018 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hosszúhetény



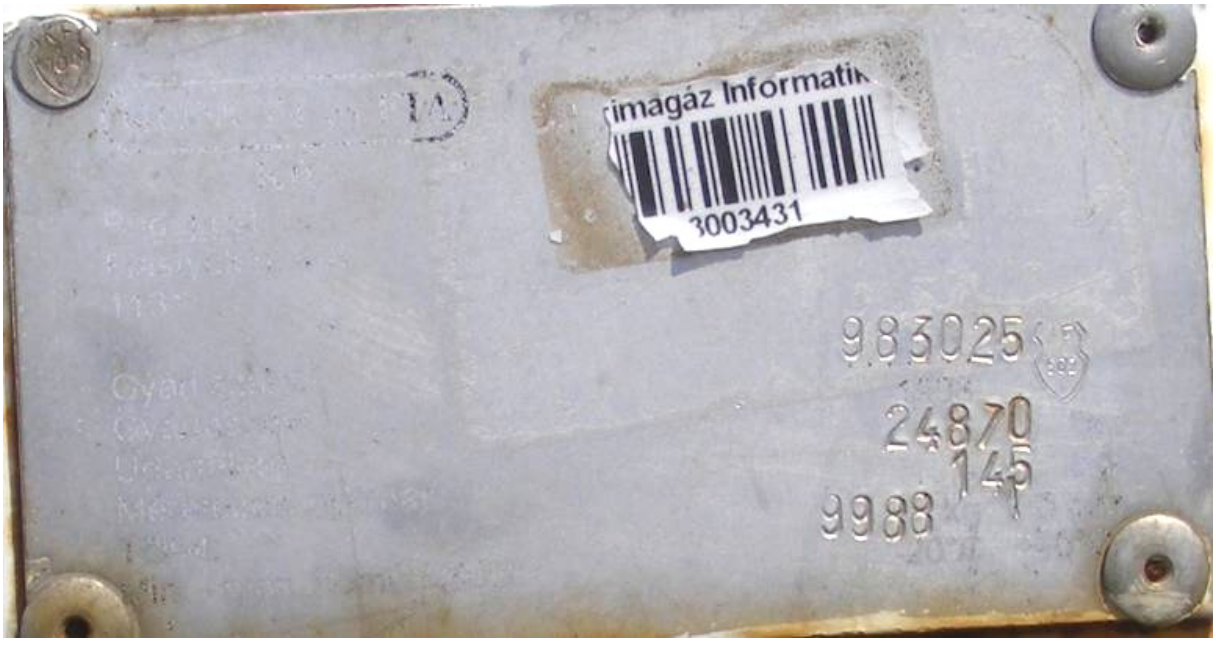
Gyári szám: 973019 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Rábakecöl

Gyári szám: 973020 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Kardoskút

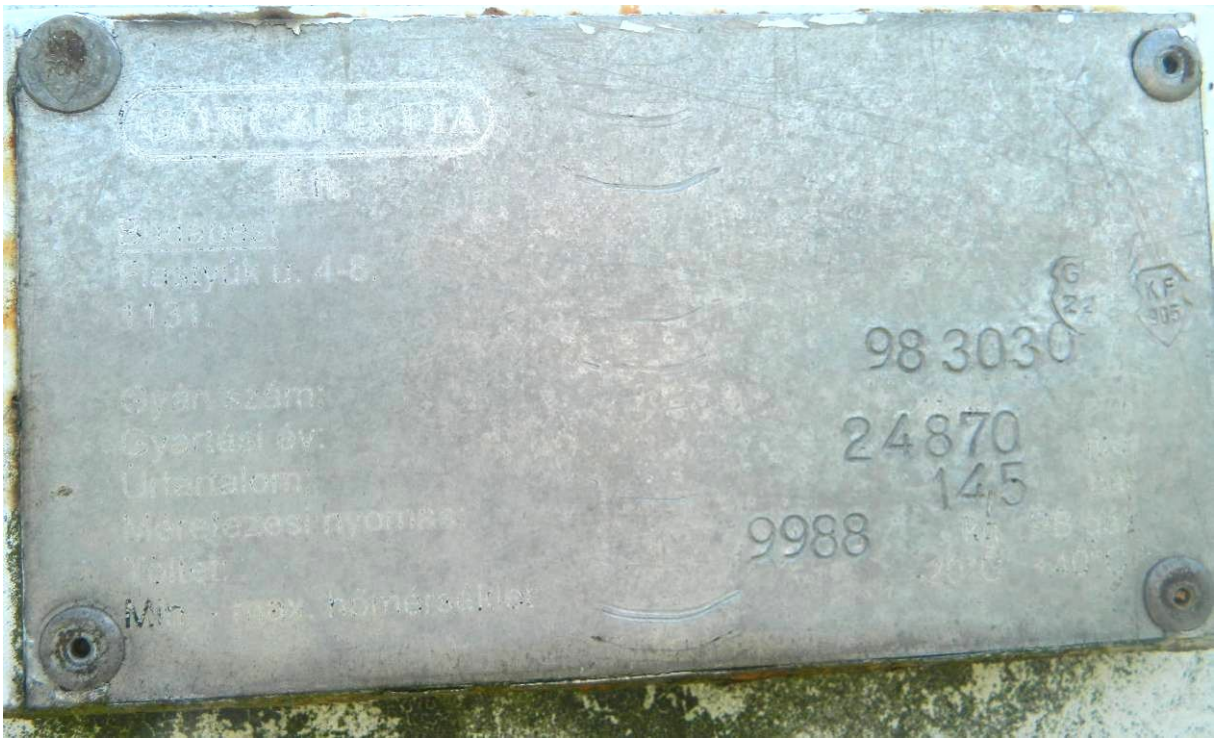
Gyári szám: 983008 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Murony

Gyári szám: 983016 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Kokad

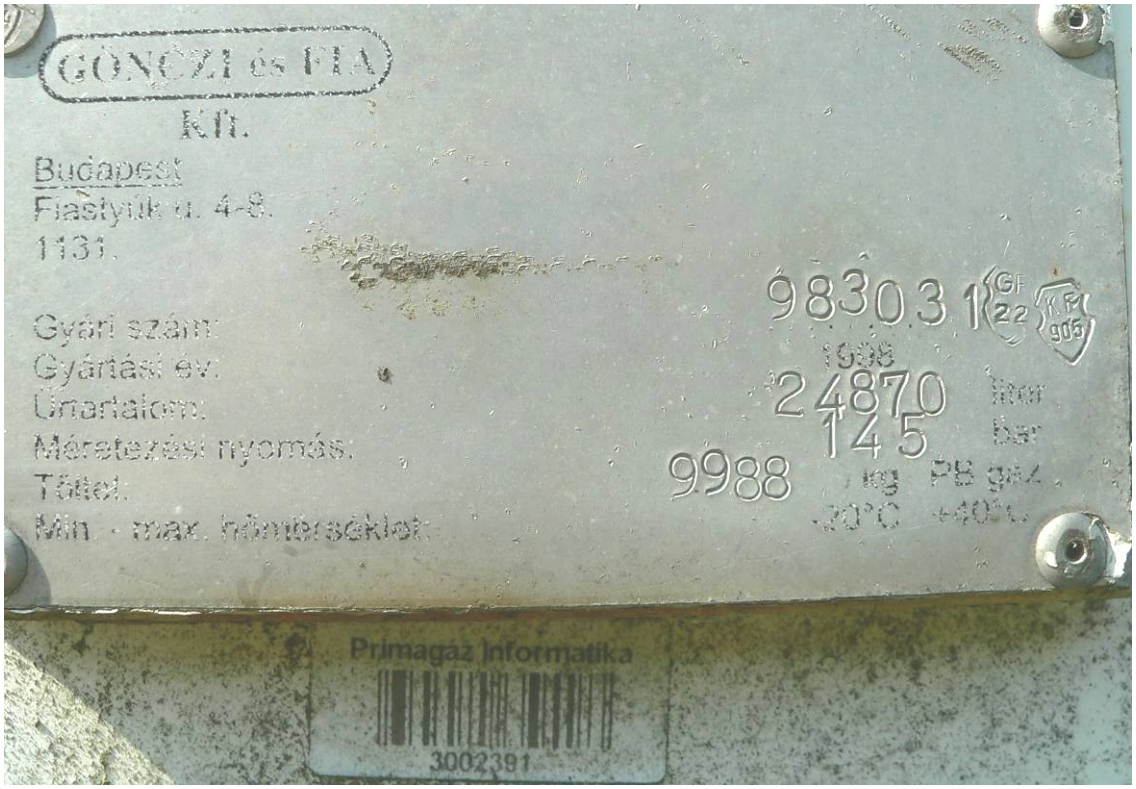
Gyári szám: 983025 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hegyhátmaróc

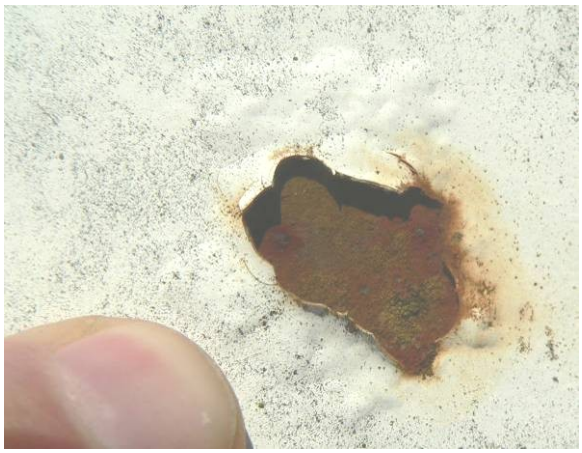


Gyári szám: 983030 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Tyukod



Gyári szám: 983031 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Kérsemjén

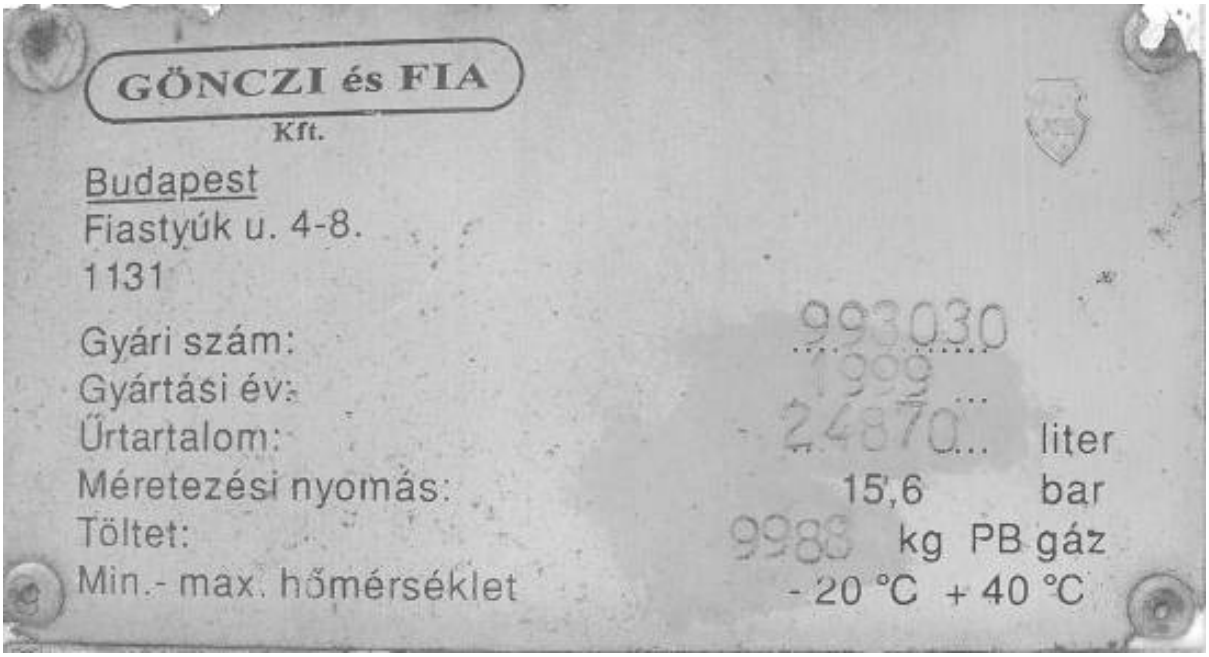




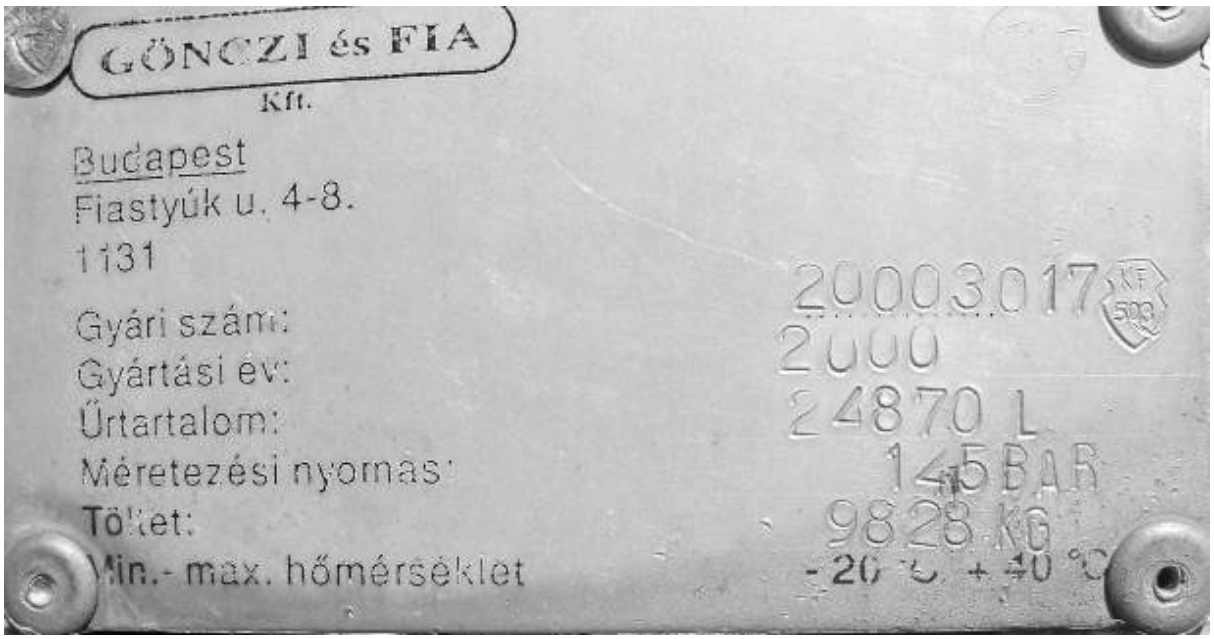
Gyári szám: 993013 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Sellye

Gyári szám: 993017 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Jákó

Gyári szám: 993030 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hajdúdorog

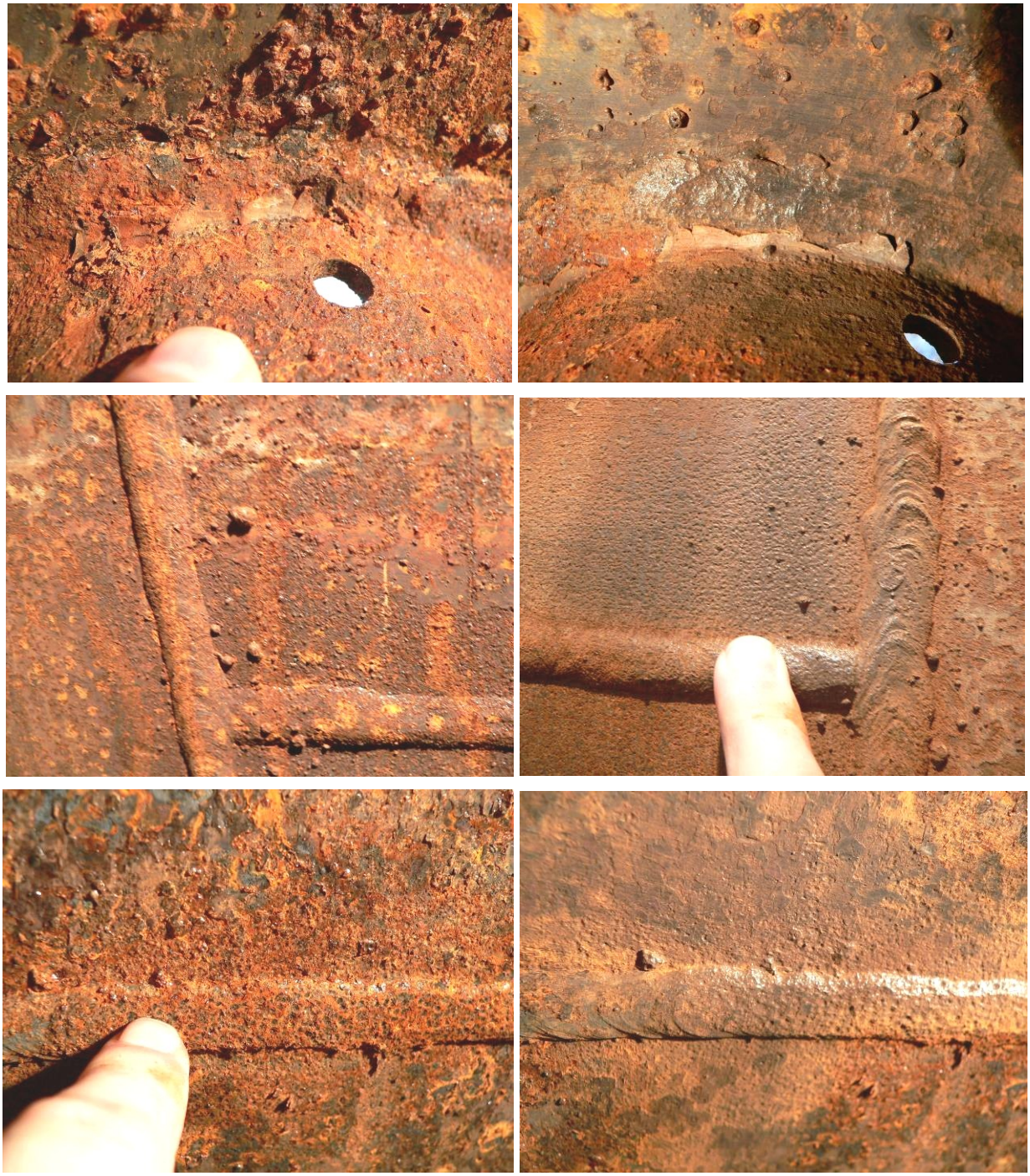


Gyári szám: 20003017 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Csoma



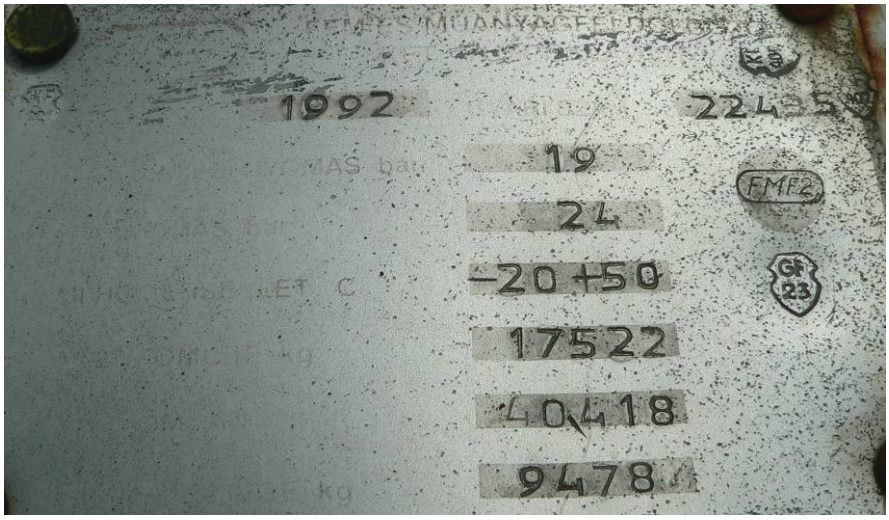
Gyári szám: 22571 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Hajdúszoboszló

Ugyanaz a terület a rozsda eltávolítása után



Ugyanaz a terület a rozsda eltávolítása után

Gyári szám: 22435 # Űrtartalom: 40 m^3 # Felállítás helye: Hajdúszoboszló



Az eredeti csiszolási nyom a hegesztési varrat mentén

A tartály alsó és oldalsó része a csapadékvíztől képződött rozsda eltávolítása előtt és az után

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
att
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Alapítva: 1889
Tanszékvezető: Dr. Szabó Péter János Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366

2016. november 10.

Hajdú István, ügyvezető úr és
Váczi Róbert, ügyintéző úr részére

PÉBÉ-COOP Kft.

2400 Hajdúszoboszló, Ady Endre utca 60.

Telefon: +36

E-mail: istvan.hajdu@fibermail.hu
vaczi.robert@t-online.hu

Iktatószám: 288.149 / 2016

Szakmai felelős: Dobránszky János

Tárgy:
pébégáztartályok
felszakítási kísérletei

Tisztelt Hajdú Úr, tisztelt Váczi Úr!

Mellékelten küldöm a pébégáztartályok felszakítási kísérletei tárgykörben, a 2016. év folyamán végzett kutató-fejlesztő munka eredményeit és következtetéseit összefoglaló zárójelentésünket.

A magunk részéről a zárójelentés és annak minden melléklete nyilvánosságra hozásának vonatkozásában, teljes mértékben az Önök szándékait tekintjük irányadónak. Ez azt jelenti, hogy harmadik félnek nem adjuk át a dokumentumokat, bármilyen publikálást csak az Önök előzetese jóváhagyása alapján végzünk, viszont tudomásul vesszük, hogy Önök mindezeket szabadon megteszik.

Kifejezetten örülnénk annak, ha a zárójelentésben összegzett tapasztalatok – amelyek elsősorban a PÉBÉ-COOP Kft. és az Önök személyes, szakmai és anyagi áldozatvállalásának köszönhetően születhettek meg – minél szélesebb szakmai körhöz eljutnának, a tervezőktől a szakterületen működő vállalatok szakemberein át a felügyelő hatóságok felelős vezetőiig. Ebben a széles szakmai körben az itt összegzett tapasztalatok megismerése, remélhetőleg, segíteni tud eloszlatni a tévhiteket, és kitölteni a szakmai ismerek olykor nem csekély hézagait. Éppen ezért példaértékű megoldásnak tartjuk azt, hogy a szakvéleményünk szakmai értékelésére felkérték az anyagvizsgálati szakma nemzetközi színtéren is nagy tekintélynek örvendő szakmai szervezetét, a MAROVISZ-t.

Köszönetünket fejezzük ki azért, hogy ebben a világviszonylatban is páratlan kutatómunkában együttműködtünk, azért, hogy bennünket tiszteltek meg a tudományos munka vezetésével, és biztosítjuk Önöket, hogy – ha csak a már megismert tempóban is, de – erre a jövőben is készen állunk.

Szívélyes üdvözlettel:

. . . . . .

Dobránszky János
tudományos tanácsadó

. . . . . .

Dr. Szabó Péter János
tanszékvezető egyetemi tanár

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Kar www.att.bme.hu
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Pébégáztartályok felszakítási kísérlete akusztikus emissziós vizsgálat keretében

KUTATÁSI ZÁRÓJELENTÉS

A PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken
Iktatószám: 288.149 / 2016

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A zárójelentés 47 (negyvenhét) számozott oldalból és 11 mellékletből áll

Budapest, 2016. november 10.

ecotech
Közép-Európai Technológiai és Innovációs Nonprofit Közhasznú Zrt.

AEF LABORATÓRIUM

TPA KKS

Geréb és Társa
MŰSZAKI FEJLESZTŐ KFT.
SENSOPHONE
Roncsolásmentes anyagvizsgálat
Akusztikus-Emissziós Műszerek

MAGYAR RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATI EGYESÜLET
MAROVISZ

E.O. Paton Electric Welding Institute

TARTALOMJEGYZÉK

Vezetői összefoglaló a kutatási zárójelentéshez 2
1. A kutatás-fejlesztési program menetrendje 5
2. A tartályfelszakítási kutatás-fejlesztési program első ütemének célja 5
2.1. Bevezetés 5
2.2. A pébégáztartályok hatósági felügyelete 6
2.3. A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése 6
2.4. A kutatás-fejlesztési program első ütemének tételes célkitűzései 7
3. A tartályok előkészítése a felszakítási kísérletre 7
4. A víznyomáspróbával végzett felszakítási kísérlet végrehajtása 9
4.1. A kísérlet előzetes terve 9
4.2. A felszakítási kísérlet menete és lényeges eseményei 10
4.3. A 24344-es, gyengített falú tartály felszakításának jellegzetes eseményei 11
4.4. A 24344-es, gyengített falú tartály felszakítása közbeni vizsgálatok 15
4.4.1. A felszakítási kísérletben résztvevő laboratóriumok, szervezetek és szakértőik 15
4.4.2. A nyomásváltozás mérése 16
4.4.4. Akusztikus emissziós vizsgálat (AEV) a tartályokon 18
4.4.5. Az akusztikus emissziós vizsgálat értékelése: 24344-es tartály 19
4.5. A 24452-es, érintetlen falú tartály felszakítási kísérlete 23
4.5.1. A felszakítási kísérlet első ciklusa (2016. május 12.) 23
4.5.2. A felszakítási kísérlet második napja (2016. május 25.) 26
4.5.3. A 24452-es tartály felszakadási jellemzőinek értékelése 29
4.5.4. Az akusztikus emissziós vizsgálat értékelése: 24452-es tartály 32
4.6. A 24344-es és a 24452-es tartályon elvégzett utólagos vizsgálatok 33
4.6.1. Mintavétel és a vizsgálati minták metallográfiai vizsgálata 33
5. Összefoglaló értékelés a kutatás-fejlesztési program eredményeiről és a célkitűzések teljesüléséről 43
5.1. Milyen a pébégáztartályok szerkezeti épsége? 43
5.2. Mekkora belső nyomást visel el a nagy felületen gyengített tartály? 44
5.3. Mekkora belső nyomást visel el a 20 évet üzemelt tartály? 44
5.4. Milyen az AE-vizsgálat érzékenysége a nyomásfokozás egyes szakaszaiban? 45
5.5. Mennyire megalapozott az MSZE 1728:2015 szerinti állapotértékelés? 46

MELLÉKLETEK

1. melléklet: PB-tartaly_2016_melleklet-1_elozetes-vizsgalatok.pdf
2. melléklet: PB-tartaly_2016_melleklet-2_24452-es_kepek.pdf
3. melléklet: PB-tartaly_2016_melleklet-3_24344.avi
4. melléklet: PB-tartaly_2016_melleklet-4_24452.avi
AEV-1. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m1_AEF_AE-jkv-24344.pdf
AEV-2. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m2_AEF_AE-jkv-24452.pdf
AEV-3. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m3_GeT--UTA_AE-jkv-24334.pdf
AEV-3. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m3_GeT--UTA_AE-jkv-24344_orosz-magyar_korr.pdf
AEV-4. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m4_GeT--UTA_AE-jkv-24452.pdf
AEV-4. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m4_GeT--UTA_AE-jkv-24452_orosz-magyar_Korr.pdf
AEV-5. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m5_GeT--UTA_Elemzes.pdf
AEV-6. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m6_TPA_AET-report.pdf
AEV-7a. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m7a_DUE_AET-report.pdf
AEV-7b. melléklet: PB-tartaly_2016_AEV-m7b_DUE_AET-video.mp4

Vezetői összefoglaló a kutatási zárójelentéshez

A) A zárójelentés tárgya

Kettő db pébégáztartály – egy elvékonyított falú és egy ép (preparálatlan) – felszakítási kísérlete.

B) A K+F program célja

Valós üzemi feltételek mellett kialakuló – alapvetően a külső korrózió következtében fellépő – károsodás hatásának vizsgálata a pébégáztartály teherbírására. Az akusztikus emissziós vizsgálat (AEV) érzékenységének vizsgálata. Az állapotértékelésre és újraminősítésre kidolgozott, az MSZE 1728:2015 előszabvány szerinti vizsgálati eljárás megalapozottságának ellenőrzése.

C) A tartályfelszakítási kísérletben résztvevő szervezetek

Megrendelő: PÉBÉ-COOP Kft.

K+F partner: BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék
ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.

Szakmai felügyelet: MAROVISZ – Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség

Az AE-vizsgálatra a MAROVISZ által meghívott szakmai szervezetek:
Dunaújvárosi Egyetem / Ecotech Nonprofit Kft.
Geréb és Társa Kft.
Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet (Ukrajna)
TPA KKS GmbH. (Ausztria)

D) A K+F program legfontosabb eredményei a zárójelentés következtetései alapján

Világviszonylatban is kivételes a végrehajtott kutatási program – ép tartály felszakítása + AEV + alakváltozás-mérés –, amelynek köszönhetően fontos, új ismerethez jutottunk. Ezek alkalmasak arra, hogy a pébégáztartályokkal bármilyen minőségben foglalkozó szakemberek az eddig vitatott kérdéseket a megismert tények kellő súlyú figyelembevételével válaszolják meg.

D.1. A pébégáztartályok szerkezeti épsége

a) A tartályok belső felületének nagy része teljesen ép. Kismértékű korróziós fogyások mérhetők a köpeny oldalain és felső részén, amelyek hosszú ideig lehettek a folyadékfelszín felett.
b) A külső korróziós károsodás a tartályköpeny alsó zónájára összpontosul. A korróziós foltokban közel 1 mm-es mélységet is elérhet a fémes anyag vastagságának csökkenése.
c) Ez a tapasztalat arra mutat rá, hogy az időszakos ellenőrzések során a tartályköpeny külső-alsó részének korróziós károsodását kell leginkább ellenőrizni.
d) A hegesztett kötések a lábak, csonkok vizsgálata semmilyen hibát vagy károsodást nem mutatott ki, ami üzemeltetési kockázatot jelentene.

D.2. A nagy felületen gyengített tartály felszakítása

a) A 24344-es tartályon modellezett károsodás jóval közelebb áll a valóságban ismert módon végbemenő károsodásokhoz, mint bármelyik korábbi kísérletben kialakított hiba.
b) A képlékeny alakváltozás csak a biztonsági szelep nyomása (15,6 bar) felett kezdődött meg, kb. 16–17 bar nyomáson.
c) A felszakadási nyomás értéke 37 bar volt. A repedés a gyengített terület legvékonyabb zónájában (ahol a legkisebb mért falvastagság 3,39 mm volt) keletkezett.

D.3. A 20 évet üzemelt, mesterséges hibával nem preparált tartály repesztése

a) Ilyen kísérletre – tehát nem preparált, kb. 20 éven át üzemelt pébégáztartály ellenőrzött körülmények közötti repesztési kísérletére – ismereteink szerint, még soha nem került sor.

b) A tartály 51,7 bar maximális nyomás elérése és mintegy 20 % térfogat-növekedés után, egy hosszú és lassan csökkenő nyomásesési szakasz végén, 50,8 bar nyomáson szakadt fel.

c) A felszakadás a tartálynak azon a részén következett be, ahol a falvastagság-csökkenés a legnagyobb mértékű volt: alul, a foltszerű korróziós bemaródások zónájában.

d) Az elviselt maximális nyomás (~52 bar), a megfolyási nyomás (~27 bar) és a biztonsági szelep (15,6 bar) nyomásértéke összevetéséből az következik, hogy a tartály szerkezeti épsége megfelelő, még az erős korróziós bemaródások sem fenyegetik a műszaki biztonságot.

e) A tartályköpeny külső oldalán kialakuló foltszerűen szétterjedő általános korróziót egyértelműen a legfontosabb károsodási hatástényezőnek kell tekinteni.

D.4. Az akusztikus emissziós vizsgálat érzékenysége

a) Az AEV jól érzékelte a tartály anyagának megfolyását (a gyengített tartályon ~16–17 bar, az ép tartályon ~27 bar), valamint a Kaiser-effektust. A folyást megelőzően csak a töltési zajok, a festék és a rozsda repedezése jelentették az akusztikus emissziós (AE) eseményeket.

b) A négyből egy laboratórium „kritikus aktív AE-forrásokat” észlelt az egyik hosszvarratban. A teljes varratra kiterjedő radiográfiai vizsgálat varrathibának nem minősülő helyi porozitást mutatott ki. Ennek AE-forrásként való viselkedése – különösen az adott észlelési nyomáson (12,5 bar) egyáltalán nem valószínű.

c) A gyengített tartályon a felszakadási nyomást egészen jó pontossággal sikerült előre jelezni a külföldi laboratóriumoknak. Az ép tartályra nézve sem az előrejelzés nem volt pontos, sem a maximális nyomás elérésekor megszakított kísérlet alapján kirajzolt lokalizációs térképek nem tudták megközelíteni a későbbi felszakadás helyét.

d) Az AEV-ot végző laboratóriumok az elemzéseiket saját belátásuk és ráérésük szerinti részletességgel végezték el, viszont olyan vizsgálati anyaghoz jutottak, amely csak igen keveseknek adatik meg a rendes szakmai működés során.
Biztosra vesszük, hogy a saját adataik további elemzése és egymás adatainak a megismerése nyomán fontos új adalékokkal tudnának szolgálni a szakma fejlődéséhez.
Ezért javasoljuk, hogy az eddigi és a további elemzéseik eredményét ismertessék meg a szakmával, pl. egy kerekasztalvitán vagy a jövő évi szakmai konferencián.

D.5. Az MSZE 1728:2015 előszabvány szerinti állapotértékelés megalapozottsága

a) A szóban forgó előszabvány a 13 m^3-nél kisebb űrtartalmú, föld feletti pébégáztartályok újraminősítésére határoz meg egy eljárást. Alapja az MSZ EN 12817:2010 szabvány és a PÉBÉ-COOP Kft. által 2010-ben bevezetett műszaki szakértői rendszer. Ez utóbbit gyakran nevezik KOR-módszernek vagy „statisztikai módszernek” is.

b) Az MSZE 1728 egyik alapeleme az, hogy előírja a falvastagság mérését, mégpedig az MSZ EN 12817:2010-es szabvány szerinti alternatív eljárásként a víznyomáspróba helyettesítésére. Pontosan meghatározott helyeken kell megmérni a falvastagságot.

c) Az MSZE 1728 eljárásrendje szerint a korróziós foltokat fel kell kutatni, ott is meg kell mérni a falvastagságot, és a mért értékek közül a legkisebbet kell betáplálni a szakértői rendszer adatbázisába. Tehát a szakértői rendszer adatbázisába bekerül a károsodás szempontjából legfontosabb adat: a korrózió miatt csökkenő vastagság legkisebb, valós és pontos értéke.

d) A falvastagság adataiból a szakértői rendszer korróziósebességet számol, és ez alapján ad becslést a maradék élettartamra. A határ-falvastagságot a szilárdsági szempontból szükséges falvastagság jelenti (~4,7 mm). A kb. 3,5 mm-re elvékonyított tartályon megismert folyási (~16 bar) és felszakadási (~37 bar) nyomás után ez nagyon óvatos határérték.
A 4,7 mm a tervezési minimum, és ebben az értékben nagyon jelentős a biztonsági tartalék.
A 3,5 mm-ből pedig az adódik, hogy egy mély korróziós folt esetén is bőséges a tartalék.

e) A föld feletti pébégáztartályok időszakos ellenőrzésére, a hazai gyakorlatban elterjedten alkalmazzák az AEV-ot. A most szerzett tapasztalatok alapján adódik az a következtetés, hogy a hazai gyakorlat szerint végzett AEV nem alkalmas az újraminősítést kellően megalapozó, a szerkezeti épséget megfelelően ellenőrző eljárásnak. Ezt több tényező is indokolja:

- A tartály korábban többször is meg volt nyomva: vízzel 19–20 bar-ra, majd AEV során akár többször is 13 bar-ra: tehát szükségszerűen érvényesül a Kaiser-effektus.

- A 15,6 bar-os biztonsági szelepű berendezésben az üzemi nyomás minden további nélkül elérheti az AEV során alkalmazott vizsgálati nyomást, a 12–13 bar-t. Emiatt ez a nyomáspróba még gáztömörségi próbának vagy szivárgásvizsgálatnak sem alkalmas.
- A hazai gyakorlat szerinti (2 db érzékelővel végzett) AEV semmit nem tud megállapítani a korróziós károsodásokról. A kísérletek megmutatták, hogy az elvékonyított területen is csak 16–17 bar elérésekor jelentkeztek jól értékelhető AE-események, az ép tartályon pedig még a felszakadást közvetlen megelőzően sem a későbbi repedés helyén sűrűsödtek a lokalizált események, jóllehet 10 db érzékelővel folyt a vizsgálat.
- A hazai gyakorlatban az AEV közbeni nyomásfokozást nem saját közeg hozzáadásával végzik, hanem fölgázt nyomnak a PB-hez; a PB-gázra rendszeresített tüzelőberendezések biztonságos működésére a földgázzal felhígított tüzelőanyag egyértelműen veszélyes.

f) A felszakítási kísérletekben mindkét tartály – a teljesen preparálatlan, 24452-es gyári számú tartály is – a legerősebb korróziós fogyás helyén ment tönkre. Ezeket a helyeket az előzetesen elvégzett állapotfelmérés során ultrahangos falvastagságméréssel pontosan kimértük. Ez az egyszerű tény egyértelműen igazolja azt, hogy az európai szabványokban is, és a 1728-as magyar előszabványban is meghatározott eljárás alkalmas a pébégáztartályok újraminősítésére.

g) Az MSZE 1728:2015 előszabvány alkalmasságának megítéléséhez azzal is tisztában kell lenni, hogy a mérési adatok statisztikai feldolgozása, beleértve az extrapolációt is, egy világszerte elfogadott és alkalmazott mérnöki módszer.
Az MSZE 1728 szerinti eljárás lényegét tekintve ugyanolyan típusú szakértői rendszer, mint a berendezések tömegéből felépülő létesítmények állapotfelügyeletére kifejlesztett műszaki szakértői rendszerek, az ún. Asset Integrity Management rendszerek (AIMS). Ilyen, pl. a Credo5, az SGS AIM, a TWI RiskWISE/IntegriWISE, a DNV Synergi, az Antea Palladio, a Rosen Group ROAIMS, avagy a MOL üzemeiben használt, magyar fejlesztésű rendszerek: Százhalombattán a SKÁF és Tiszaújvárosban a SAVASYS.

h) Az elvégzett kutatás-fejlesztési program eredményei alapot adnak arra, hogy az MSZE 1728 szerinti eljárást kiterjesszük, illetve adaptáljuk a károsodási szempontból hasonló feltételek között üzemelő, másféle nyomástartó edényekre is. Ennek a költségtakarékos volta sem elhanyagolható ugyan, de a műszaki jelentősége a legfontosabb: a víznyomáspróbánál számos vonatkozásban jobb alternatíva.

E) A zárójelentés felépítése

A zárójelentés szerkezetileg egy vezetői összefoglalóval kezdődik, egy általános ismertetést, elemzést és értékelést magába foglaló fődokumentum adja a gerincét, és hozzá 12 db melléklet kapcsolódik. A mellékletek háromféle típusba sorolhatók:

- 1. A fődokumentum egyes összetevőihez kapcsolódó adatok részletes bemutatása szöveges, illusztrált szöveges dokumentumként → 2 melléklet, 2 db fájl.
- 2. A fődokumentum egyes összetevőihez kapcsolódó adatok részletes bemutatása videodokumentumként → 2 melléklet, 2 db fájl.
- 3. Az AEV-i laboratóriumok anyagvizsgálati jegyzőkönyvei, elemzései szöveges és videodokumentumként. Ezek között 2 db, orosz nyelvű dokumentum az eredeti mellett magyar fordításban is megtalálható → 7 melléklet, 10 db fájl.

Kutatási zárójelentés
a tartályfelszakítási kutatás-fejlesztési program első üteméről (2016. február–október)

1. A kutatás-fejlesztési program menetrendje

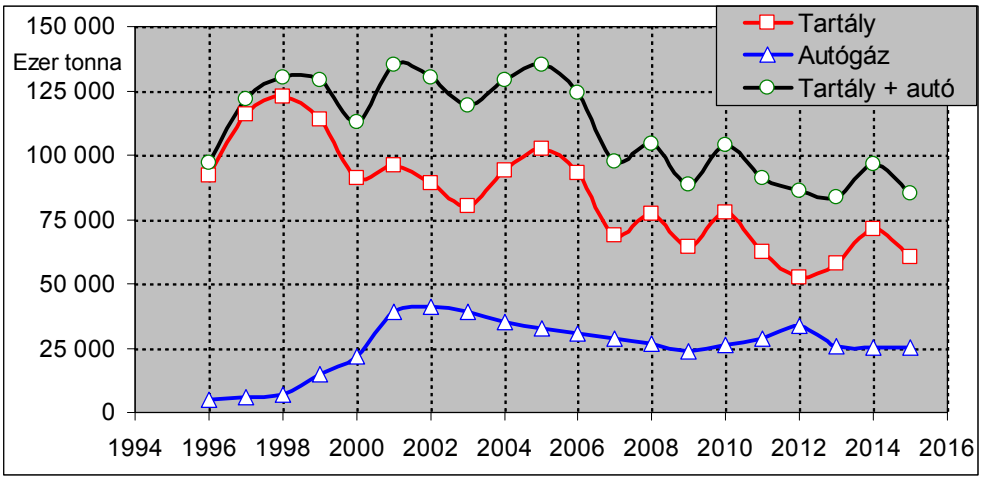
1. A K+F program kidolgozása, egyeztetése és elfogadása;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft. (PBC), BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék (BME ATT), ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (ÁEF).
2. A MAROVISZ felkérése a K+F program első ütemének – tartályfelszakítási kísérlet víznyomáspróba keretében – szakmai felügyeletre;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft., MAROVISZ.
3. A tartályok előkészítése a felszakítási kísérletre;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft.
4. Roncsolásmentes vizsgálat a felszakítási kísérlet előtt;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft., BME ATT, ÁEF Laboratórium Kft.
5. A felszakítási kísérlet végrehajtása, akusztikus emissziós (AE) vizsgálati laboratóriumok részvételével;
   Akusztikus emissziós vizsgálati (AEV-i) laboratóriumok:
   - ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (Budapest, Magyarország)
   - Dunaújvárosi Egyetem / Ecotech Nonprofit Kft. (Dunaújváros, Magyarország)
   - Geréb és Társa Kft. (Budapest, Magyarország)
   - Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины (Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Kijev, Ukrajna)
   - TPA KKS GmbH (Korneuburg, Ausztria).
6. A vizsgálati eredmények összegyűjtése, értékelése és utólagos vizsgálatok;
   résztvevő: BME ATT.
7. Általános értékelés, a tudományos kutatási zárójelentés elkészítése;
   résztvevő: BME ATT.
8. A tudományos kutatási zárójelentés szakmai véleményezése;
   résztvevő: MAROVISZ.

2. A tartályfelszakítási kutatás-fejlesztési program első ütemének célja

2.1. Bevezetés

Magyarországon sok ezer 3 m^3-es és 5 m^3-es pébégáztartályt helyeztek üzembe az 1990-es évek elejétől. Az 1990-es években ezeket Magyarországon gyártotta 6–8 szakcég, a „nagy bumm” idején évi 4–5 ezer darabot is. A vezetékes gáz országos elterjedése nyomán tíz éve esett vissza jelentősen a tartályos gáz fogyasztása: az 1990-es évek végének 120 ezer tonnájáról csaknem a felére (*1. ábra*). Emiatt sok pébégáztartályt kivontak a forgalomból. Ezzel párhuzamosan elkezdődött a külföldön gyártott, jellemzően ott is az üzemelésből kivont, használt tartályok behozatala, és a fogyasztókhoz való kihelyezése.

Ezeknek a sajátos változásoknak a hátterében zajlik azonban a műszaki, tudományos és műszaki-biztonsági szempontból legfontosabb alapfolyamat: a tartályok öregedése, mellyel kapcsolatban az óvatos vélemények, a nagy ívű okoskodások és a megfellebbezhetetlen kinyilatkozások mellett – ki kell mondani – alig vannak hiteles tapasztalatok és kutatási eredmények. A 40 éve kezdett, nagyívű tartályrepesztési vizsgálatok [ld. Romvári, Tóth, Gál és Samu kétrészes cikkét: BKL Kőolaj és Földgáz, 108 (1975:8-9)] csak 2009-ben folytatódtak a MAROVISZ jóvoltából.



1. ábra – A tartályos pébégáz forgalmi adatai Magyarországon (forrás: MPE)

2.2. A pébégáztartályok hatósági felügyelete

A pébégáztartályok nyomástartó edények, ezért gyártásukra, üzembe helyezésükre, üzemeltetésükre, időszakos ellenőrzésükre stb. az ilyen típusú berendezésekre vonatkozó jogszabályok vonatkoznak. A különféle hatósági jogosítványokat a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, illetve a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal és a kormányhivatalok műszaki engedélyezési szervezeti egységei gyakorolják. A meghatározó jogszabályok:

- 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó egyes nyomástartó berendezések hatósági felügyeletéről.
- 2/2016. (I. 5.) NGM-rendelet a nyomástartó berendezések, a töltőberendezések, a kis teljesítményű, sűrítettgáz-töltőberendezések műszaki-biztonsági hatósági felügyeletéről és az autógáztartályok időszakos ellenőrzéséről.

A felügyelő hatóságok szervezeti felépítése és személyi állománya sokat változott az eltelt 25 évben, emiatt az itt felgyülemlett tudás és tapasztalatok nem kis része elveszett.

2.3. A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése

A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése a hatósági szabályozás színterét elhagyva műszaki kérdés. A jogszabályok is műszaki dokumentumok hatáskörébe utalják a műszaki részleteket, és a mérnöki gyakorlat is kidolgozta azokat. Ilyen műszaki dokumentumok, pl.:

- Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata (2007.)
- A fogyasztóknál elhelyezett cseppfolyósított propán-butángázos nyomástartó berendezések műszaki követelményei (2007.)
- MSZ EN 12542:2011 LPG-berendezések és -tartozékok. Sorozatgyártású, legfeljebb 13 m^3 űrtartalmú, helyhez kötött, hengeres, hegesztett acéltartály cseppfolyósított szénhidrogéngázok (LPG) tárolására. Tervezés és gyártás.
- MSZ EN 12817:2010 LPG-berendezések és -tartozékok. Legfeljebb 13 m^3 űrtartalmú, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése.
- MSZ EN 12819:2010 LPG-berendezések és -tartozékok. 13 m^3-nél nagyobb űrtartalmú, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése.
- MSZE 1728:2015 Cseppfolyósított propán-bután gázokat tároló,13 m^3-nél kisebb, föld feletti tartályok időszakos újraminősítése külső ellenőrzés, falvastagságmérés és maradék élettartam becslése alapján.
- API 510 Pressure vessel inspection code: in-service inspection, rating, repair and alteration (2006.)
- Az adott szakterületen működő cégek saját eljárási szabályzatai.

A korosodó pébégáztartályok állapotával kapcsolatban felmerült kérdésekkel időben éppen egybeeső időszakban (2009–2011) a MAROVISZ több, akusztikus emissziós jártassági vizsgálatot is szervezett. Az első ilyen vizsgálatban egy mesterséges hibát tartalmazó tartály (gyári száma

58758; a bemetszés 850 mm hosszú, 3,2 mm mély, 0,5 mm lekerekítési sugarú) felszakítására került sor. A vártnál nagyobb nyomáson (24 bar) bekövetkezett felszakadás, továbbá a pébégáztartályok szerkezetintegritásának ellenőrzésére egyesek által szinte nélkülözhetetlennek tekintett AE-vizsgálatnak csaknem a felszakadás pillanatáig tartó érzéketlensége (a feltűnően kicsi jelintenzitások a terhelés során) meglepetést okozott.

A pébégáztartályok ellenőrzése és újraminősítése terén kialakult magyarországi gyakorlatot 2010-ben jelentősen megváltoztatta a PÉBÉ-COOP Kft. által – a szükséges jóváhagyások birtokában – alkalmazni kezdett új eljárás, amelyet a szakmai köznyelvben „KOR-módszer" néven ismernek. 2014-ben a PÉBÉ-COOP Kft. elindította az eljárás szabadalmaztatását, és 2015 júliusában az MSZT kiadta az *„MSZE 1728 Cseppfolyósított propán-bután gázokat tároló, 13 m^3-nél kisebb, föld feletti tartályok időszakos újraminősítése külső ellenőrzés, falvastagságmérés és a maradék élettartam becslése alapján"* című előszabványt.

A szabványtervezetet egyes ellenzői éles kritikával fogadtak, s ennek terepeként nem elégedtek meg a szabványosítási vita fórumaival. Mégis, arra a 2013 márciusától rendszeresen megismételt felhívásra, hogy az érintett szereplők egy alapos tudományos kutatás keretében, közösen tisztázzák a pébégáztartályok állapotával kapcsolatos műszaki kérdéseket, hiedelmeket és jövendöléseket, semmilyen fogadókészséget nem mutattak. Ez is a kutatás előzményeihez tartozik.

2.4. A kutatás-fejlesztési program első ütemének tételes célkitűzései

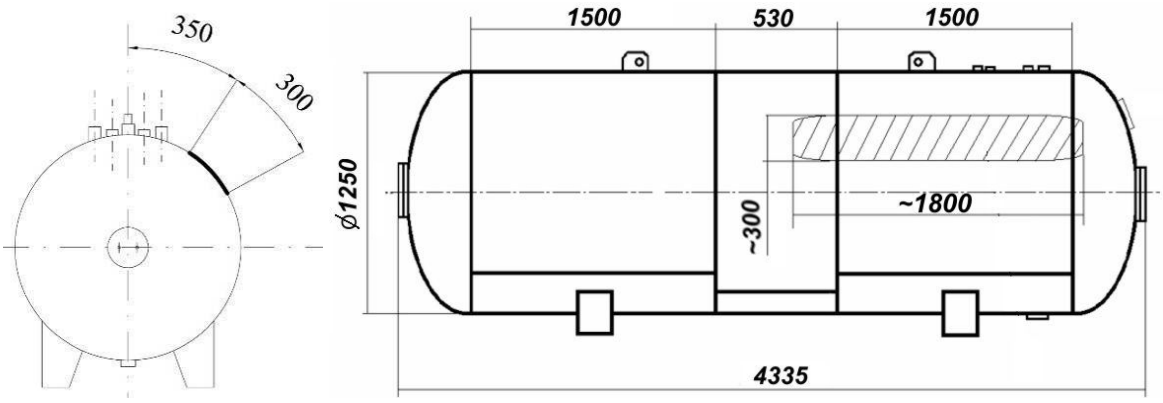
A fentiekben röviden leírt helyzetet mérlegelve kérte fel a PÉBÉ-COOP Kft. a két fő K+F-partnerét (a BME-t és az ÁEF-et), hogy dolgozzanak ki közösen egy olyan tudományos kutatási, kísérleti programot, amely az évek óta sorjázó kérdések közül minél többre választ adhat.
A kísérlet céljaként azt jelöltük meg, hogy választ kapjunk a következő kérdésekre:

a) Milyen a külső és belső állapota, szerkezeti épsége (integritása) a hosszú időn keresztül üzemelt, de az üzemelésből már kivont tartályoknak?
b) A korábbiaknál életszerűbben modellezett károsodást tartalmazó tartály mekkora belső nyomást visel el?
c) A még soha és sehol nem vizsgált, *mesterséges hibát nem tartalmazó* tartály mekkora belső nyomást visel el? A tartály melyik részén következik be a felszakadás?
d) A nyomásfokozás közben végzett akusztikus emissziós vizsgálat milyen eseményeket észlel a már hosszú időn keresztül üzemelt, többször „megnyomott" és most felszakadásig terhelt szerkezetben?
e) Az MSZE 1728:2015 előszabványban leírt vizsgálatok eredményei megalapozzák-e a statisztikai elven alapuló állapotértékelést, a módszer további, akár kiterjesztett alkalmazását?

3. A tartályok előkészítése a felszakítási kísérletre

A víznyomáspróba során végzendő felszakítási kísérletre a PÉBÉ-COOP Kft. választotta ki a két darab, 5 m^3-es pébégáztartályt, amelyek közel 20 éven át üzemeltek. A felszakítást megelőzően a következő részfeladatokat végezte el a PBC vagy/és az ÁEF és a BME ATT.

- Gépkönyvek átnézése; 24344-es és 24452-es tartály.
- Külső ellenőrzés és belekémlelés; a vizsgálat eredményét az *1. melléklet* tartalmazza.
- Roncsolásmentes vizsgálatok; falvastagságmérés, mágnesezhető poros vizsgálat, radiográfiai vizsgálat. Az előzetesen elvégzett vizsgálatok eredményeit az *1. melléklet* tartalmazza.
- A nyomásfokozási technológiai kör kiépítése. A tömítések cseréje a karimákon.
- Hitelesített nyomásmérő műszer beépítése a nyomásfokozó rendszerbe.
- A több résztvevős, akusztikus emissziós vizsgálat feltételeinek kialakítása.
- A nyúlásmérő bélyeges mérés feltételeinek kialakítása.
- A 24344-es tartályon nagy felületre kiterjedő, a falvastagság feléig hatoló, egyenletes külső korróziós fogyást modellező mesterséges hiba kialakítása – a *2. ábra* szerint történt, mintegy 18 kg anyagot kellett lecsiszolni – és az ellenőrző falvastagságmérés elvégzése. Ez utóbbinak az eredményeit a *3. ábra* és a *4. ábra* mutatja.

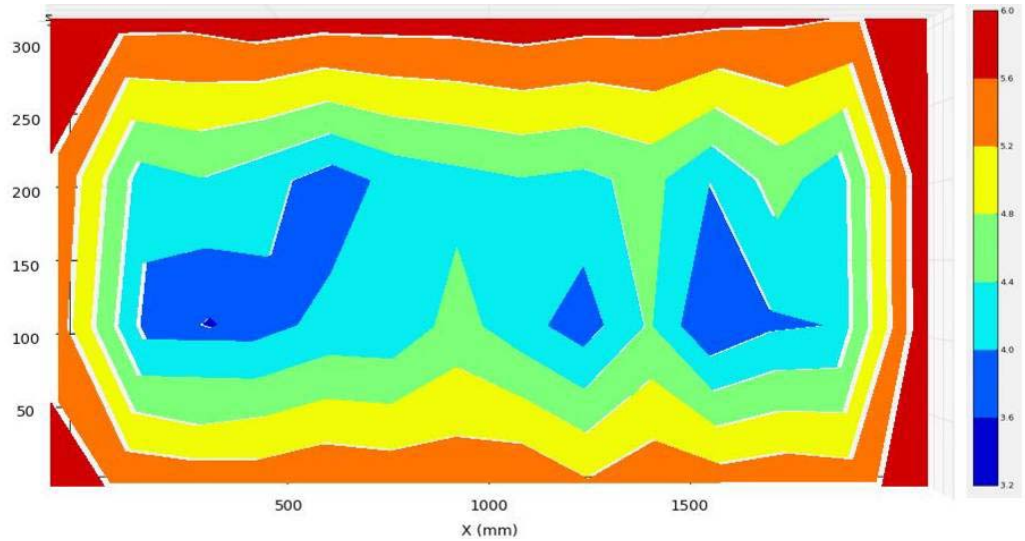


2. ábra – A nagy felületre kiterjedő, egyenletes falvékonyítás kivitelezési vázlata a 24344-es tartályon

A négyzetrács osztása 250 mm, a számozott pontok osztása 100 mm

Jelölés	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**111**	**121**	**131**	**141**	**151**	**161**	**171**	**181**	**112**	**113**
Vastagság, kezdeti (mm)	5,02	5,20	5,09	5,13	5,55	5,22	5,39	5,28	5,30	5,29	5,49	5,50	5,24	5,29	5,12	5,07	5,07	4,80	4,69
Felszakítás után (mm)	4,80	5,04	4,99	4,98	5,46	5,10	5,23	5,11	5,13	5,13	5,33	5,46	5,18	5,11	5,00	4,96	4,95	4,68	4,66
Jelölés	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**211**	**221**	**231**	**241**	**251**	**261**	**271**	**281**	**212**	**213**
Vastagság, kezdeti (mm)	4,66	4,21	4,39	4,38	4,12	4,10	3,45	4,13	4,12	4,26	4,44	4,32	4,30	4,56	4,50	4,00	4,72	4,42	4,12
Felszakítás után (mm)	4,45	4,08	4,21	4,19	3,82	3,72	2,78	3,61	3,68	3,85	4,12	4,12	4,10	4,39	4,30	3,80	4,56	4,27	4,05
Jelölés	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**311**	**321**	**331**	**341**	**351**	**361**	**371**	**381**	**312**	**313**
Vastagság, kezdeti (mm)	4,17	3,84	3,71	**3,39**	**3,89**	4,12	4,13	4,06	4,14	4,56	4,19	4,12	3,78	4,36	4,51	3,61	4,16	3,71	4,01
Felszakítás után (mm)	3,82	3,30	3,08	**2,85**	**3,40**	3,61	3,43	3,37	3,33	3,65	3,69	3,79	3,43	4,11	4,18	3,26	3,86	3,59	3,94
Jelölés	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**411**	**421**	**431**	**441**	**451**	**461**	**471**	**481**	**412**	**413**
Vastagság, kezdeti (mm)	4,52	4,60	4,53	4,24	4,24	4,68	4,61	4,43	4,41	4,39	4,78	4,45	3,67	4,29	4,58	4,19	4,60	4,29	4,19
Felszakítás után (mm)	4,18	4,28	4,33	4,09	3,93	4,72	4,49	4,21	4,28	4,22	4,62	4,36	3,61	4,02	4,37	4,06	4,43	4,21	4,05

3. ábra – Az elvékonyított felület vastagságmérési pontjai a felszakítás előtt és az után;
a mérési adatok között kiemeltük a vizsgálat során történt felszakadás helyéhez legközelebb eső mérési pontokat



4. ábra – Az elvékonyított felület vastagságeloszlásának diagramja; **3,2–3,6–4,0–4,4–4,8–5,2–5,6–6,0** mm

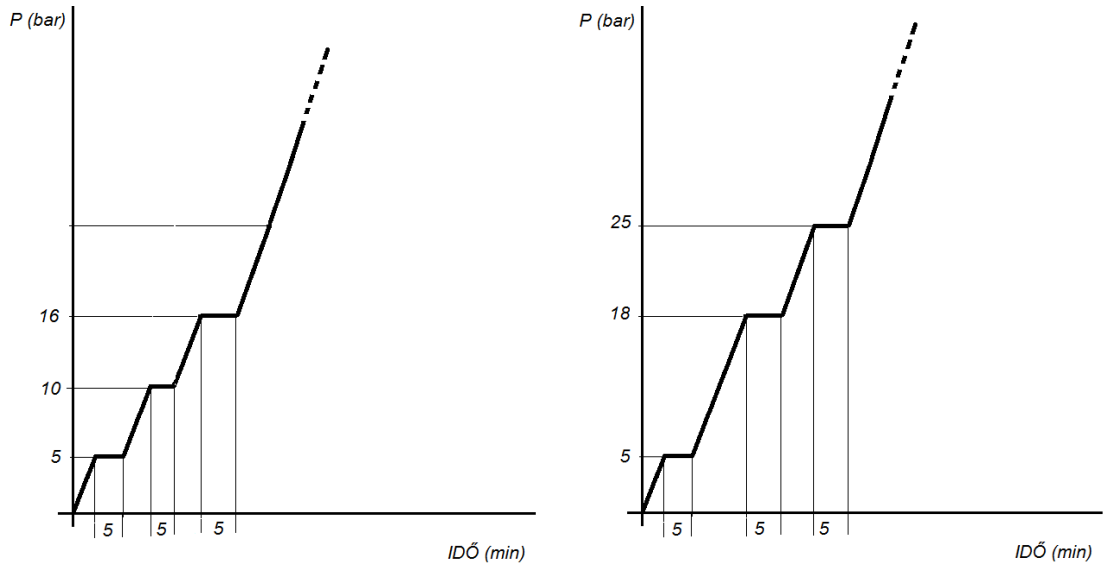
4. A víznyomáspróbával végzett felszakítási kísérlet végrehajtása

4.1. A kísérlet előzetes terve

A május 12-re kitűzött vizsgálatot megelőzően május 2-án helyszíni szemlét tartottunk. Két darab 3 köbméteres tartályon (964144 és 411094) kipróbálva ellenőriztük a nyomásfokozás berendezéseinek és mérőműszereinek működését és a tartályok végleges előkészítését (*5. ábra*). Ekkor határoztuk el (a várható eső miatt) a sátor felállítását és egy védőfalnak a tartályok elé állítását.

5. ábra – A felszakítási kísérlet tartályainak alapelrendezése (jobbra a gyengített, balra az ép tartály), a szemközti, nyitott kapus helységbe települtek a vizsgálószervezetek munkaállomásai

- A nyomásnövelés a tartályok tönkremeneteléig (jelentős alakváltozás, felszakadás), illetve 60 bar nyomásig lesz végrehajtva.
- A megfolyás az ép tartályon 35–40 bar között, a gyengített tartályon 18–24 bar között történik meg várhatóan.
- A felszakadás az ép tartályon 55 bar felett a gyengített tartályon 30 bar felett becsülhető.
- A nyomásfokozás kb. 1 bar/min értékkel történik. A nyomásnövelési sebesség szabályozás a nyomóágban megcsapolásos módszerrel, kézzel történik. Az alkalmazott szivattyú szállítóképessége 18 L/min, maximális nyomása 100 bar. A kezelő a május 2-i és május 11-i tesztek során begyakorolta a sebességtartást és az adott nyomásértéken tartást.
- A nyomásfokozás sebességének meghatározásánál a 2/2016. NGM rendelet 2. mellékletének előírásáét (0,1 P_t/min), illetve az MSZ EN 14584 5.2 pontjában leírtak (0,05 P_t/min) lettek figyelembe véve. P_t vizsgálati nyomásnak a 19,6 bar-os gyártóművi próbanyomás érték került felhasználásra. A tervezett nyomásprogramot a *6. ábra* mutatja.
- A tartály alakváltozása során a szükséges vízmennyiséget 500 L-re becsültük.



a) b)

6. ábra – A tervezett nyomásprogram; balra a gyengített falú (24344), jobbra az ép (24452) tartályra

4.2. A felszakítási kísérlet menete és lényeges eseményei

A május 12-i „éles” vizsgálatra teljesen előkészített, vízzel feltöltött tartályokon kívül rendelkezésre állt 2 db 3 m^3-es tartály is a szükséges előkísérletek elvégzésére. Az ezekre is kiterjedő, az ÁEF által készített vizsgálati utasítás szerinti vizsgálatok menete a következő volt:

1.) 2016. május 11. Előkészítés, mérési próbák.

- Nyúlásmérő bélyegek ragasztása.
  - 3 m^3-es (Gönczi-tartály, május 2-án 30 bar-ra nyomva) 1 db tangenciális,
  - 3 m^3-es (debreceni tartály, május 2-án 20 bar-ra nyomva) 1 db tangenciális,
  - 5 m^3-es (FMF, gyengített) 4 db tangenciális, 3 db axiális
  - 5 m^3-es (FMF, ép) 3 db tangenciális, 1 db axiális
- Nyomásmérő felszerelése, galvanikus leválasztó vezetékezése, általános vezetékezés, szivattyú kézi szabályozása a PBC nyomásjele alapján, mérés az ÁEF 250 bar-os nyomástávadója alapján.
- Nyomáspróba, nyúlásmérés és AEV a 3 m^3-es tartályokon.
  - 3 m^3-es (Gönczi) 35 bar-ig, kb. 27 bar-nál megfolyás, az AEV is hozta a folyásjelet.
  - 3 m^3-es (debreceni) kb. 27 bar-ig nyomva; nincs megfolyás.
  - Zavar keletkezett az ÁEF nyomástávadójának jelén.

2.) 2016. május 12. Felszakítási kísérlet, 5 m^3-es (FMF) tartályokon

- A nyomásjel javítása a kábel áthelyezésével, a szivattyú-tápvezeték változtatatásával.
- Zavar keletkezett a nyúlásmérő bélyegek jelén; ezt később sem tudtuk kiszűrni.
- A két nyomástávadó jelében 1,5–2 bar különbség mutatkozott.

3.) A 24344-es, gyengített falú, 3 köpenylemezes tartály eseményei

- Megfolyás történt ~17 bar-on (a gyengített rész) és 23 bar-nál.
- A felszakadás kb. 37 bar-nál következett be.
- A tartályon mintegy 1100 mm hosszúságú repedés keletkezett.

4.) A 24452-es, ép, 2 köpenylemezes tartály eseményei.

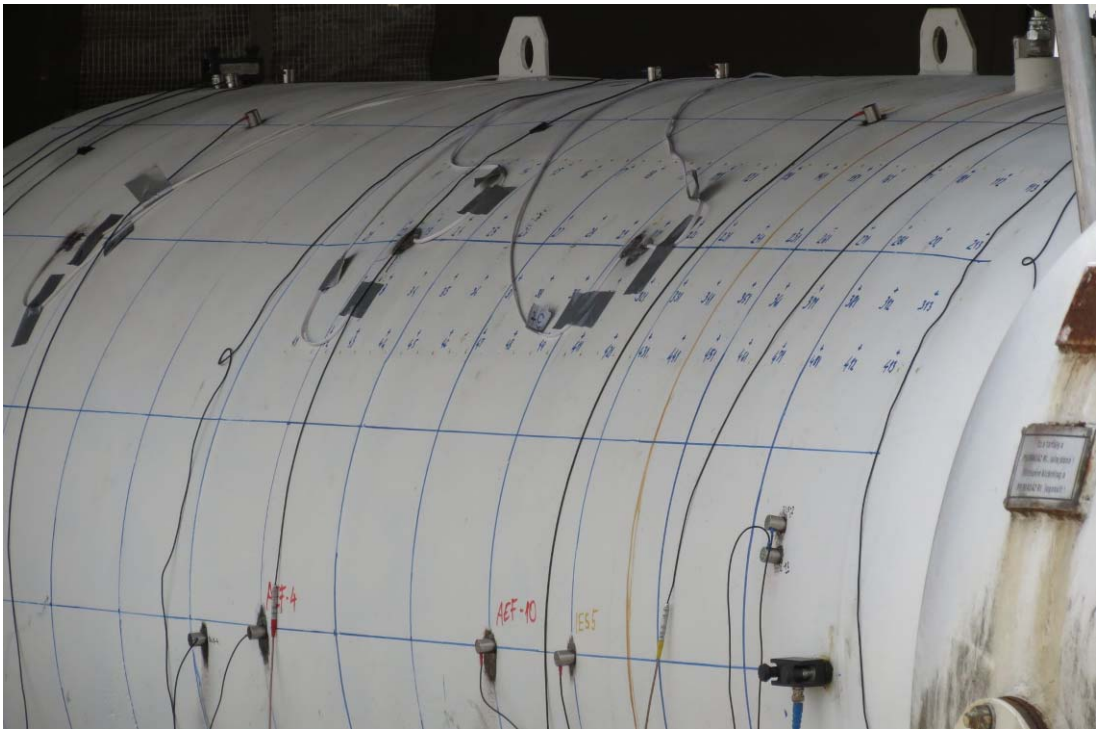
- Megfolyás ment végbe kb. 27 bar-nál...
- Az elért nyomás ~52 bar volt, amelyet a szivattyú nem tudott tovább növelni. Már 50 bar felett a egészen lelassult a nyomásnövekedés. Mindenki úgy vélte (többen eleve ezt jósolták vagy szivárgást), hogy ekként a felszakítás elérése lehetetlen is.
- A kísérletet leállítottuk, a műszereket leszereltük, és ekkor a zivataros vihar is kitört.
- A tartály felszakítására, új szivattyúval, május 25-én került sor. Elárulható, hogy sikerült.

4.3. A 24344-es, gyengített falú tartály felszakításának jellegzetes eseményei

A *7–10. ábrán* szemléltetjük a 24344-es, gyengített falú tartály felszakításának menetét. A folyamat lényeges részleteit tartalmazó, e zárójelentés *4. mellékletét* képező videó letölthető *→ innen.*

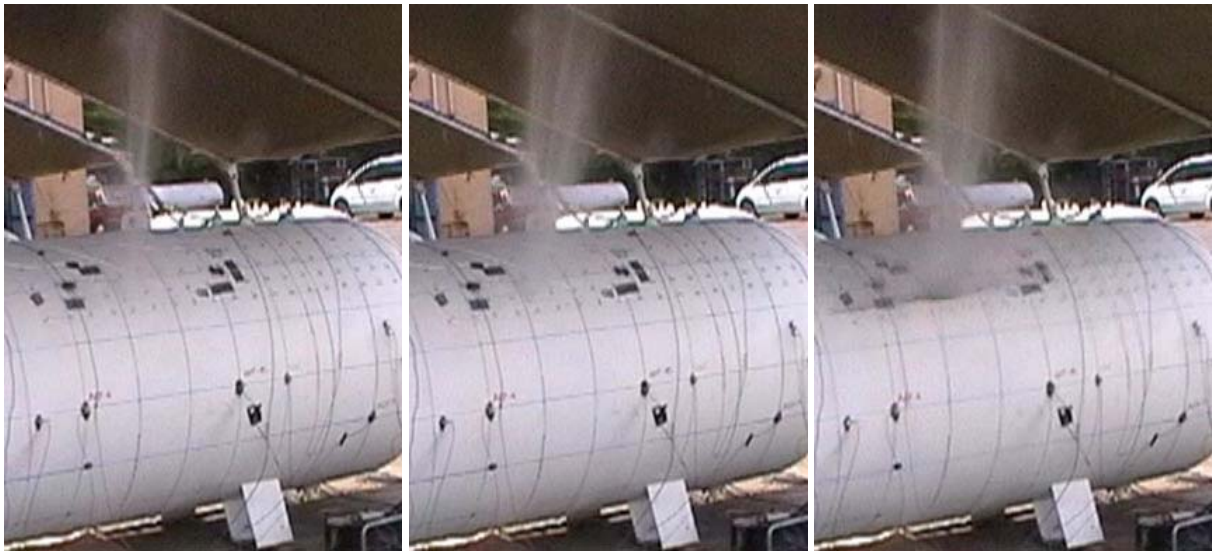
a)

b)



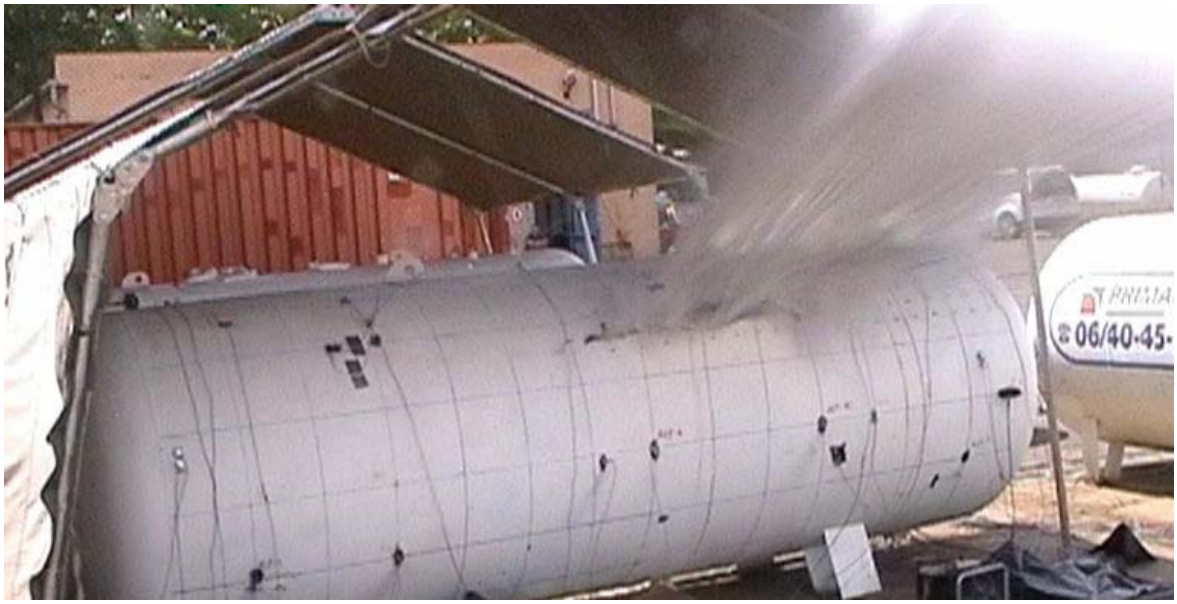
c)

7. ábra – A gyengített falú tartály (24344) a nyomásfokozás közben. Az a) képen a vizsgált tartályok nem láthatók, mert azok a sátor alatt vannak; a látható 2 db 3 m^3-es tartály védőpajzsként szolgál



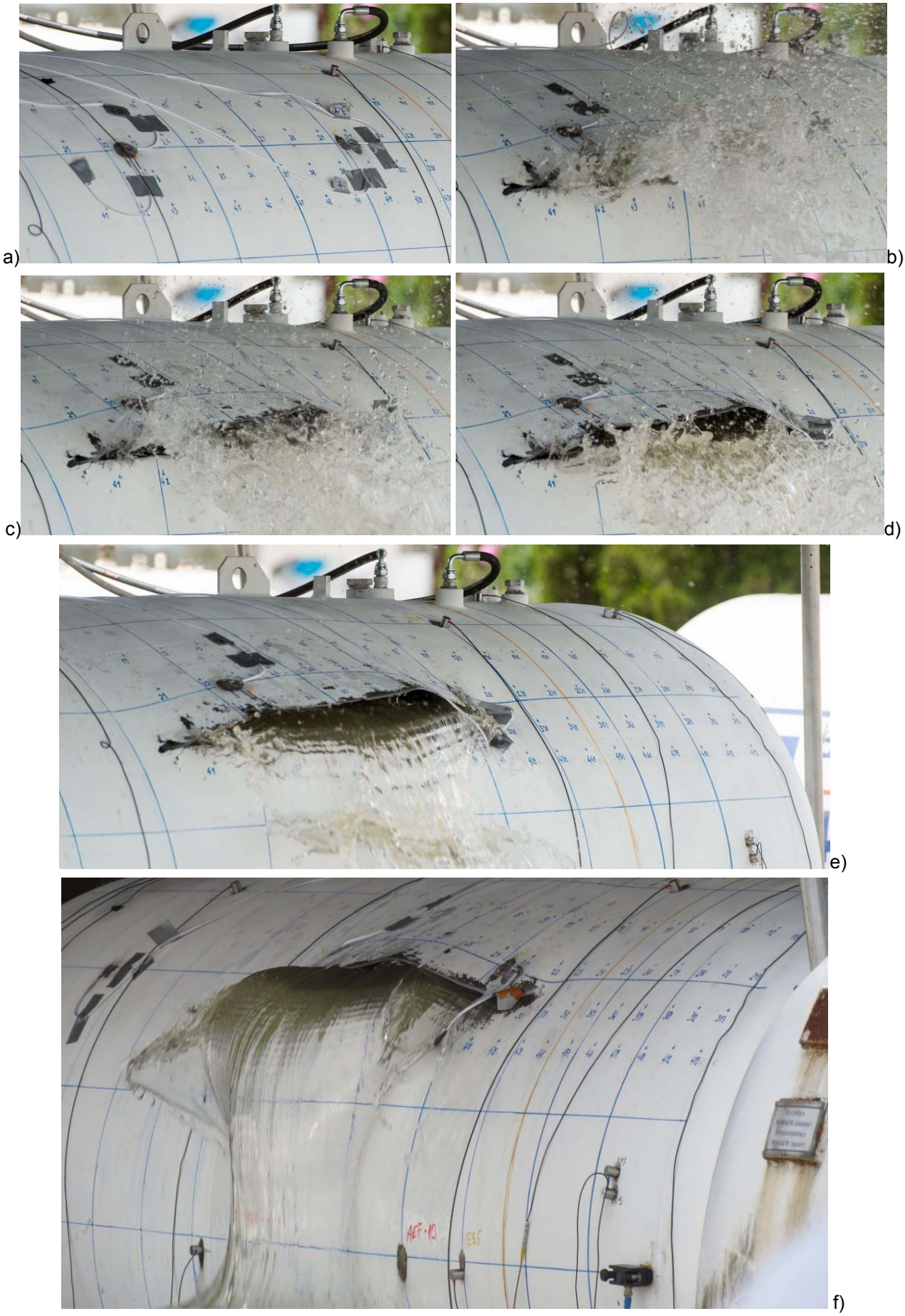
a) b) c)

d)



e)

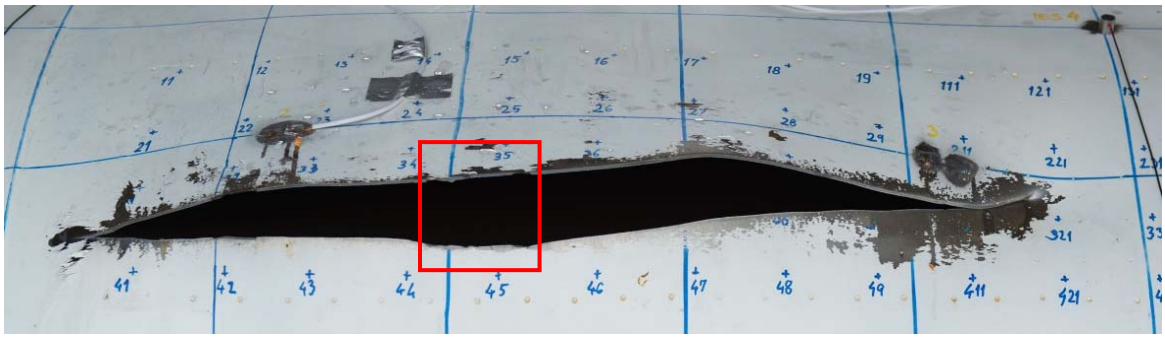
8. ábra – A gyengített falú tartály (24344) a felszakadás pillanataiban;
a felszakadási folyamat lényeges részleteit tartalmazó, e zárójelentés 4. mellékletét képező videó letölthető → innen



9. ábra – A gyengített falú tartály (24344) a felszakadás pillanataiban

a)

b)


c)

d)

10. ábra – A gyengített falú tartály (24344) a felszakadás után, a hasadás egésze és a repedésképződési hely; a kék vonalak távolsága 250 mm, a számozott kék pontok távolsága 100 mm, a sárgás színű furatoké 50 mm

4.4. A 24344-es, gyengített falú tartály felszakítása közbeni vizsgálatok

4.4.1. A felszakítási kísérletben résztvevő laboratóriumok, szervezetek és szakértőik

A jelenlévőkről készített csoportkép és a jelenléti ív a *11. ábrán* látható.

a)

SSZ.	RÉSZTVEVŐ NEVE /NYOMTATOTT/	RÉSZTVEVŐ ÁLTAL KÉPVISELT CÉG MEGNEVEZÉSE	RÉSZTVEVŐ STÁTUSZA	SAJÁTKEZŰ ALÁÍRÁSA
1	BÖGRE BÁLINT	ÁÉF KFT.	vizsg. szakemb.	Bögre Bálint
2	MARTIN TURKOWITSCH	TPA KKS GmbH	Controller ÁÉ	
3	Günther Habermann	TPA KKS GmbH	-"-	
4	KONCZ GERGŐ	ÁÉF KFT.	vizsg. szakemb.	Koncz Gergő
5	Lukács Zsolt	ECOTECH ZRT.	vizg. szakemb.	Lukács Zsolt
6	KOCSÓ ENDRE	DUNAÚJVÁROSI EGYETEM/ ECOTECH ZRT.	vizsgáló szakember	
7	Dobrádi Kálmán János	BME ÁTT	kísérlet-vezető	Dobrádi
8	Pór Gábor	DUNAÚJVÁROSI EGYETEM ECOTECH ZRT	Vizsgáló	
9	Trampus P.	MAROVIA	független felülvizsg.	
10	Fehérvári A.	ÁÉF Labor	tű vizsgálat	
11	Bíró István	Bíró & Bíró Kft.	ü. ipr.	
12	GERÉB JÁNOS	Geréb és Társa Kft.	független szakért.	
13	SZŰCS PÁL	MAROVISZ	független f.	Szűcs Pál
14.	TÓTH LÁSZLÓ	MAROVISZ	független	
15.	ZSOLDOS ZSUZSANNA	ÁÉF KFT.	vizsgáló	
16.	WŁADYCZANSKI IVETT	ÁÉF KFT.	vizsgáló	
17.	FODOR OLIVÉR	ÁÉF KFT	vizsgáló	
18.	VÁCZI RÓBERT	PÉBÉ-COOP KFT.	ügyvezető	
19	Lutor Attila	MAROVISZ	független	
20	PINTÉR ILONA	FMP KFT	független gyakorló	Pintér

b)

11. ábra – A felszakítási kísérlet résztvevői; rajtuk kívül részt vett a vizsgálatban, internetes jelátvitel révén, a kijevi Paton Intézet több szakértője is, Станислав Недосека (Sztanyiszlav Nyedoszeka) vezetésével

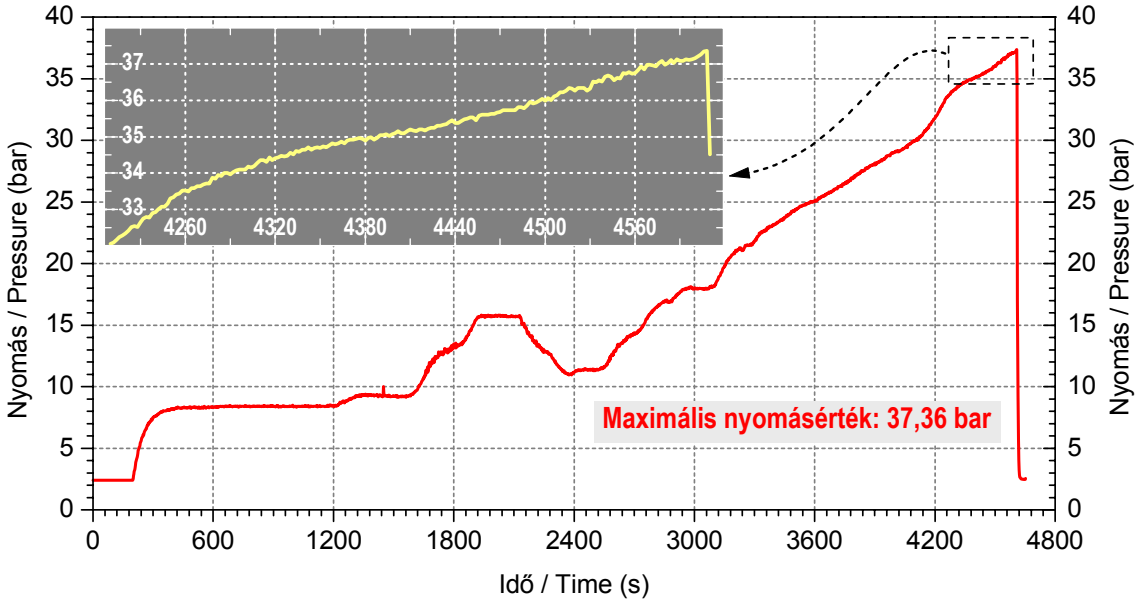
A 2016. május 12-én, Hajdúszoboszlón végrehajtott felszakítási kísérlet teljesen egyedülálló. Ezért a tervezési és felkészülési szakaszban együttműködő partnerek (PÉBÉ-COOP, AEF, BME, MAROVISZ) elhatározták, hogy széles szakmai nyilvánosság előtt végzik el a kísérletet. A felszakítási kísérlet AEV-programjába a MAROVISZ elnöke által felkért hazai és külföldi laboratóriumok szakemberei is bekapcsolódtak. Emellett számos gázipari, anyagvizsgálati és katasztrófavédelmi szakértő is részt vett, megfigyelőként, a kísérletben. A kísérletben résztvevő laboratóriumokat, szervezeteket és szakértőket a *12. ábra* táblázata sorolja fel.

Szervezet / Cég neve	Résztvevő személyek	Feladatkör
PÉBÉ-COOP Kft.	Bertli János, Bertli Zoltán, Cseh Sándor, Hajdú István, Váczi Róbert	Rendszerfelügyelet
BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék	Dobránszky János	Kísérletvezetés
ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (ÁEF)	Bögre Bálint, Fehérvári Attila, Fodor Olivér, Koncz Gergely, Wladyczanski Ivett, Zsoldos Zsuzsanna	Vizsgálati szakértő
MAROVISZ	Lutor Attila, Szűcs Pál, Tóth László, Trampus Péter	Szakmai felügyelet
TPA KKS GmbH (TPA)	Günther Habermann, Martin Turkovitsch	Vizsgálati szakértő
Paton Intézet, Kijev (UTA) (internetes kapcsolattal)	Станислав Недосека, Марина Овсиенко, Михаил Яременко	Vizsgálati szakértő
Odessa Port Plant (OPP) (internetes kapcsolattal)	Сергей Кушниренко	Vizsgálati szakértő
2VD Géptervező és Kereskedő Kft. (2VD)	Varga László	Vizsgálati szakértő
Dunaújvárosi Egyetem Ecotech Nonprofit Kft.(DUE)	Kocsó Endre, Lukács Zsolt, Pór Gábor	Vizsgálati szakértő
Geréb és Társa Kft. (GéT)	Geréb János	Vizsgálati szakértő

12. ábra – A vizsgálatban és a kiértékelésben résztvevő laboratóriumok, szervezetek és szakértők

4.4.2. A nyomásváltozás mérése

A 24344-es tartály nyomásprogramját az ÁEF-elemzés 3. ábrája alapján a *13. ábra* mutatja (a nyúlásmérő bélyeges mérőrendszer adataiból). A nyomástávadó analóg jele és a visszatérő ágba beépített manométer jele egyezett (*14. ábra*). A nyomásfokozási programban egészen jó közelítéssel sikerült megvalósítani az eredetileg elhatározott menetrendet.



13. ábra – A kísérletben megvalósított idő-nyomás program diagramja

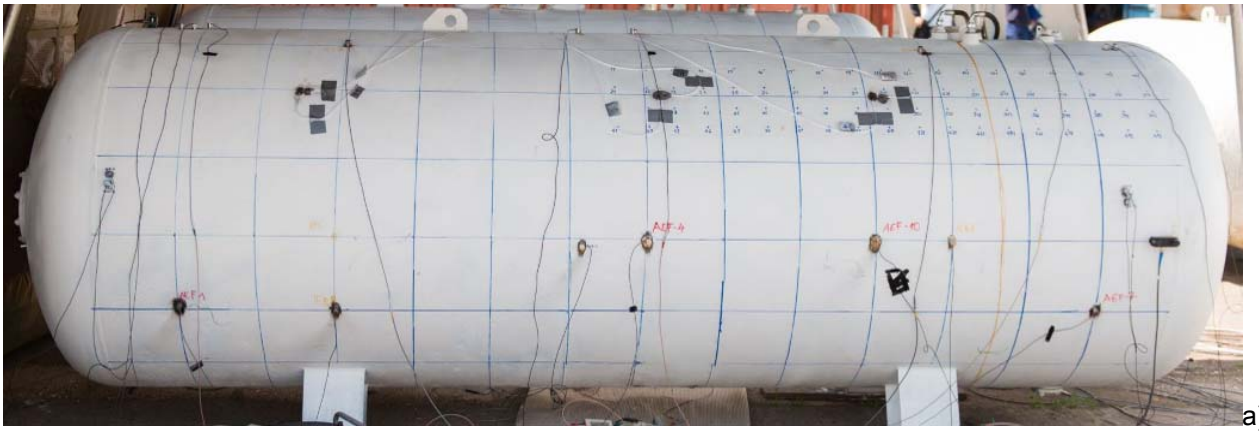
a)

b)

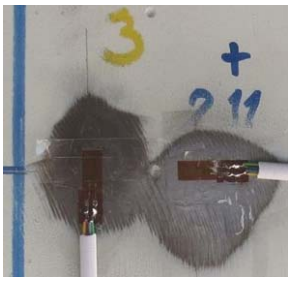
14. ábra – A nyomásmérő műszerek

4.4.3. A tartályköpeny anyaga alakváltozásának mérése nyúlásmérő bélyeggel

A 24344-es tartály köpenylemezének három zónájába ragasztottunk fel nyúlásmérő bélyegeket, amelyek helyzete, méréskezdeti és -utáni állapota a *15. ábrán* látható. A nyúlásmérő bélyeges mérés alapján készült nyomásdiagramok az ÁEF-által készített mellékletekben találhatók.


a)

b)



d)

e)

h)

15. ábra – A nyúlásmérő bélyegek elhelyezése, méréskezdeti és az utáni állapota a 24344-es tartályon

4.4.4. Akusztikus emissziós vizsgálat (AEV) a tartályokon

A 24344-es tartály köpenylemezére 4 mérőcsoport helyezte el az akusztikus jelfogóit, amelyek kétféle mérőrendszerben – PAC Samos 16 ch (TPA), illetve Sensophone (ÁEF, DUE, GéT) – dolgoztak (*16. ábra*). A GéT mérőrendszere a szenzorok jelét on-line internetes kapcsolatban Kijevbe is továbbította, ahol az UTA mérőcsoportja dolgozott. Ez a vizsgálati program jellegében és gyakoriságában egyaránt kivételes világviszonylatban is.

16. ábra – Az akusztikus emissziós vizsgálatban használt érzékelők és a mérőprogramok egy-egy képe

Az akusztikus emissziós vizsgálatokról minden mérőcsoport önálló elemzést / értékelést / tanulmányt készített, amelyeket teljes terjedelmükben az *AEV1-AEV7 mellékletek* tartalmaznak, az alábbiak szerint.

- AEV-1 melléklet (ÁEF) = Akusztikus-emissziós elemzés PB tartály kísérleti jellegű terheléséhez a 24344-es tartályról.
  → Fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m1_AEF_AE-jkv-24344.pdf (11 oldalas, magyar nyelvű).
- AEV-2 melléklet (ÁEF) = Akusztikus-emissziós elemzés PB tartály kísérleti jellegű terheléséhez a 24452-es tartályról.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m2_AEF_AE-jkv-24452.pdf (10 oldalas, magyar nyelvű).

- AEV-3 melléklet (GéT, UTA, OPP, 2VD) = Протокол; Проведения гидроиспытания сосуда зав. № 24344 с применением метода АЭ.
  Jegyzőkönyv; A 24344 gyártási számú tartály AE-módszerrel végzett víznyomáspróbájának végrehajtása.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m3_GeT--UTA_AE-jkv-24344_orosz--magyar.pdf (10 oldalas, orosz + magyar nyelvű).
- AEV-4 melléklet (GéT, UTA, OPP, 2VD) = Протокол; Проведения гидроиспытания сосуда зав. № 24452 с применением метода АЭ.
  Jegyzőkönyv; A 24452 gyártási számú tartály AE-módszerrel végzett víznyomáspróbájának végrehajtása.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m4_GeT--UTA_AE-jkv-24452_orosz--magyar.pdf (8 oldalas, orosz + magyar nyelvű).
- AEV-5 melléklet (GéT, UTA, OPP, 2VD) = Научно-технический отчет по результатам проведения гидравлических испытаний сосудов давления с применением метода АЭ.
  Műszaki-tudományos jelentés a tartályok AE-módszerrel végzett víznyomáspróbáinak eredményei alapján.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m5_GeT--UTA_Elemzes.pdf (32 oldalas, orosz nyelvű).
- AEV-6 melléklet (TPA) = Inspection certificate No. 8900487/2016
  on the Project Interlaboratory burst test 5 m^3 LPG vessel.
  8900487/2016 számú ellenőrzési tanúsítvány 5 m^3-es LPG-tartály felszakításának több laboratórium végezte vizsgálatáról.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m6_TPA_AET-report.pdf (7 oldalas, angol nyelvű).
- AEV-7a melléklet (DUE) = Test report; Acoustic emission tests of a 5m3 pressure vessels; Hajdúszoboszló, 12.05.2016.
  Vizsgálati jelentés; 5 m3-es nyomástartó edények akusztikus emissziós vizsgálata.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m7a_DUE_AET-report.pdf (138 oldalas, angol nyelvű).
- AEV-7b melléklet (DUE) = Test report; Acoustic emission tests of a 5m3 pressure vessels; Hajdúszoboszló, 12.05.2016.
  Vizsgálati jelentés; 5 m3-es nyomástartó edények akusztikus emissziós vizsgálata.
  → fájlnév: PB-tartaly_2016_AEV-m7b_DUE_AET-video.mp4 (videó).

Az ÁEF mellé a MAROVISZ elnöke, *Trampus Péter*, által meghívott AEV-- laboratóriumok részvételével lezajlott felszakítási kísérletet *meghívásos, nemzetközi, többszereplős, akusztikus emissziós vizsgálatnak* tekintjük. Nem lehet elégszer hangsúlyozni, hogy ez az esemény kivételes volt mind szakmai tartalmát, mind pedig a MAROVISZ-nak köszönhető szervezési formáját tekintve. Három hazai laboratórium mellett két külföldi laboratórium dolgozott együtt, utóbbiak egyike internetes kapcsolatban állva a kísérlet helyszínével.

Ebben a zárójelentésben az AEV-- laboratóriumok vizsgálati eredményeit nem elemezzük olyan szigorú rendszerben, mint amiként azt egy anonimitást garantáló jártassági vizsgálatban szokták. Jelezzük a munkájukban és eredményeikben mutatkozó lényegesebb eltéréseket és egyediségeket, de főleg a közös munkával feltárt eredmények általános tanulságait igyekszünk bemutatni.

4.4.5. Az akusztikus emissziós vizsgálat értékelése: 24344-es tartály

A 24344-es tartályról készített beszámoló jelentéseket az *AEV-1*, *AEV-3*, *AEV-5*, *AEV-6* és az *AEV-7a mellékletek* tartalmazzák. A DUE (Ecotech) a vizsgálati jelentése mellé egy animációt is készített (*AEV-7b melléklet*), amely az AEV történetében kivételes: animációban mutatja meg azt, hogy miként jelennek meg az akusztikus események a nyomás növelésével párhuzamosan.

A jegyzőkönyvekből ki fogjuk emelni a mérést végző szervezet saját és az általánosítható jellemzése szempontjából meghatározónak tartott részleteket, és ezt fogjuk összegezni az *AEV-8-as mellékletben*. Mivel ez a munka csak a jövőben valósítható meg, itt, a zárójelentés törzsanyagában külön is felsoroljuk a 24344-es tartályra vonatkozóan készített vizsgálati jegyzőkönyvek együttes elemzése alapján leszűrt, általunk legfontosabbnak ítélt következtetéseket.

a) A kétféle AEV-i rendszer és az öt vizsgálólaboratórium (összesen négy AEV-i rendszer működött) mindegyike kiválóan teljesített. A felszakadásig terhelt tartály tönkremeneteli fo-

lyamatáról egyenként is, együttesen pedig különösen, részletes folyamatjellemzést tudtak adni mind az akusztikus emissziós események, mind pedig azok forrásának helye vonatkozásában. Ez a kísérlet igen hasznos tanpéldaként is szolgálhat a szakma művelői számára, mivel az eredményekről részletes jegyzőkönyvek és elemzések készültek az egyes laboratóriumokban. Ezeket – természetesen a beleegyezésük függvényében – célszerűnek tartjuk nyilvánossá tenni.

b) A tartály megfolyása – szabatosabb megfogalmazással: a tartályszerkezet anyagában a képlékeny alakváltozás – AEV-tal érzékelhetően kb. 16–17 bar nyomáson indult meg.
A nyomástartományt tekintve csak az ez utáni, tehát a megfolyást követő, szakaszra mondható el az, hogy minden lényeges AEV-i észlelés egyértelműen értelmezhető.
A megfolyást megelőző nyomástartományon a töltési zajok, a 100–500 µm vastag védőbevonat (festék) megrepedései, a rozsdaréteg megrepedései és a rögzítetlen tartály és lábainak „mocorgásai” tekinthetők a gyenge akusztikus emissziós aktivitás forrásainak.

c) Ugyanakkor a vizsgálati technika kifinomultságára utal az, hogy a két külföldi laboratórium már a megfolyást megelőző nyomástartományon is különféle észleléseket tett. Ezek az *AEV-3* és *AEV-6 mellékletben* (jegyzőkönyvek) megtalálhatók, értékelésüket pedig az *AEV-8 melléklet* ismerteti majd, amely a későbbiekben lesz összeállítva.

d) A végül bekövetkezett tönkremenetelre (37 bar) utaló, az AEV-i értékelésben értelmezett jelenségek helyenként ugyan megfigyelhetők, általában azonban a változás nem határozott. Külön is érdekes lenne elemezni azt, hogy a felszakadást közvetlenül megelőző nyomástartományban számos, a mért AE-jelek elemzésében alkalmazott tényező értéke jelentősen csökkent (pl. rate of sum of hit). Ebből a szempontból fontosnak tartjuk kiemelni a két külföldi laboratórium által alkalmazott módszert.
→ A TPA a jegyzőkönyvében – sajnos nem részletezett – matematikai módszerre utalva szinte eltalálta a megfolyáshoz, illetve a felszakadáshoz tartozó nyomást. A TPA 12,5 bar nyomásnál kritikus aktivitású AE-forrásokat észlelt; erre a 4.4.6. szakaszban visszatérünk.
→ Különösen kiemelendő a Paton Intézet elemzőrendszere, amely a vizsgálati folyamatban, tehát valós időben, „élőben” adott ki riasztásokat, és egyben előrejelzéseket a várható felszakadási nyomásról.

e) Csak a DUE (Ecotech) jegyzőkönyve tér ki a Kaiser-effektus észlelésére, de az elemzés kiválóan rámutat e fontos AEV-i jellegzetességnek a bekövetkezésére a kísérlet során.

f) Az AE-források lokalizációjának pontossága és megjelenítése terén mindegyik vizsgálólaboratóriumról csak az elismerés hangján lehet szólni. Meghatározásaik az eljárás lehetőségein belül nagyon pontosak voltak.
Ebből a szempontból ki kell emelni a DUE (Ecotech) munkáját: az akusztikus emissziós események helyzetének meghatározására olyan egy igen szemléletes animációt készítettek, amely a maga nemében alighanem világújdonság; lásd az *AEV-7b mellékletet*.

g) A 24344-es tartály repesztési kísérlete során végzett AE-vizsgálatok rövid összegzése végén fontosnak tarjuk felhívni a figyelmet *Zsoldos Zsuzsa*, az ÁEF szakértője, értékelő megjegyzésére, amivel alighanem kevesen vitatkoznának.
A fenti jelenség[*] a valóságban végzett mérések során, természetesen (szerencsére) rendkívül ritka, mivel az alkalmazott terhelésértékek (értelemszerűen az adott falvastagsághoz és anyagminőséghez kapcsolódóan) jóval alatta maradnak a folyás megindulásához szükséges terhelés értékének. Nem zárhatóak azonban ki teljes bizonyossággal olyan körülmények (gyártásból, üzemelésből, gondatlan kezelésből stb. adódóan), melyek a fenti paraméterek valamelyikének változását idézhetik elő.
Ebből az is egyenesen következik, hogy az AE-vizsgálati szakembereknek sincs túl nagy tapasztalatuk a berendezések ilyen jellegű vizsgálatában, számukra is fontos tanulságot jelentenek az itt tapasztaltak. Több más, lényeges szempont mellett ezért is tartjuk rendkívül fontosnak azt, hogy erre a kísérletre a PÉBÉ-COOP Kft. lehetőséget teremtett.

[*] Megjegyzés: a szóban forgó jelenség a tartály felszakadása

4.4.6. Kiegészítő radiográfiai vizsgálat a TPA KKS szakvéleménye alapján

Az osztrák szakértők kérésére kiegészítő radiográfiai vizsgálatot végeztünk a 24344-es tartály köpenyének a *17. ábrán* jelölt hosszvarratán, ugyanis az AEV értékelésekor onnan származó, varrathibára utaló, a *18. ábrán* lokalizált jeleket észleltek.

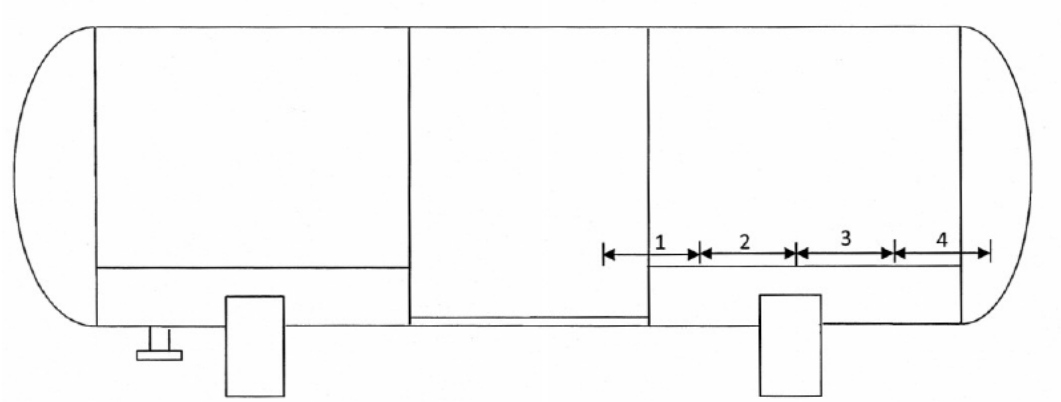
A radiográfia vizsgálatot a PBC elvégeztette. A vizsgálat a jegyzőkönyv (*19. ábra*) szerinti, a megfelelőséget nem érintő, az MSZ EN ISO 6520-1:2008 szabvány besorolása szerinti 2011-es [gázpórus; közel gömb alakú gázzárvány] és 2013-as [helyi porozitás; szabálytalan geometriai eloszlású gázpórusok halmaza (gázporozitás)] eltéréseket mutatott ki (*20. ábra*).

17. ábra – A TPA által utólagos radiográfiai vizsgálatra kijelölt helyek

a)

b)

18. ábra – A TPA által a gyengített terület alatti hosszvarrat környezetében lokalizált zajforrások



a)

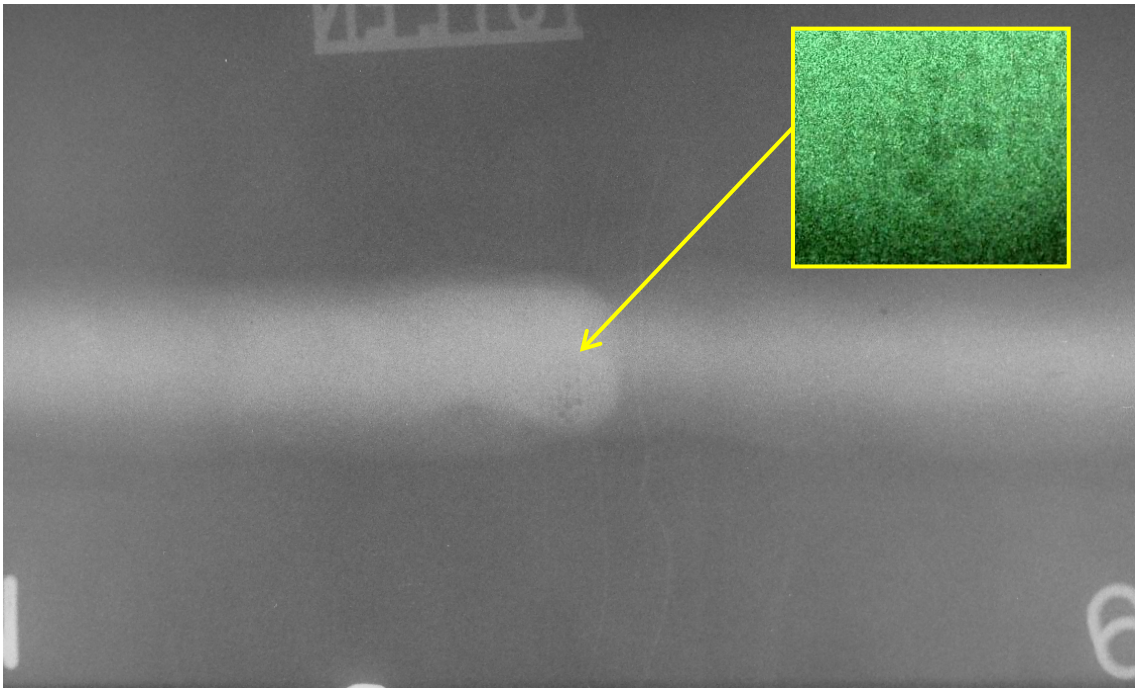
Vizsgáló laboratórium: Testing laboratory:	RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV RADIOGRAPHIC TEST REPORT	Jegyzőkönyv száma: Report no.:	2016/57 Old.sz.: 1/1
GÉPÉSZ ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI KARBANTARTÓ ÉS SZERELŐ KFT.		Kiállítás dátuma: Date:	2016.06.09

Vizsgálat tárgya: Object:	Pébé-coop Kft. FMF 24344, gyári számú PB tartály	Megrendelő: Customer:	PÉBÉ-COOP Kft.
		Rendelési szám: Purchase order no.:	
Munkaszám: Job number:		Gyári szám: Manufacturer S/N:	

		mm	mm	mm	Fe			TBq	sec	cm	Képmin. jelző helye Placement of IQI					Értékelés/Evaluation			
Rajzszám: Drawing No:	Filmjel: Varratszám Film marking: Weld-Nr:	Méret: Size:	Névleges falvastagság Nominal thickness	Átsugárzott vastagság Penetrated thickness	Képminőségjelző Type of IQI	Film feketedés Film density	IQI	Aktivitás Activity	Megvilágítási idő Time of exposure	Sugárforrás-film táv. Source-to film	Film közel Near to film	Film távol Far to film	Felvételi elrendezés (7.1) Specification of exam (7.1)	Hegesztési eljárás/ Hegesztési varrat típusa Welding process/ Geometry of the weld	Hegesztő jele Welder stamp	Megfelel Satisfactory	Nem felel meg Not acceptable	Hibakód Flaw code	Hiba helye (cm) Flaw location
	1	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X			
	2	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X		2011	44
	3	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X		2013	94-95
	4	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X			

b)

19. ábra – Az utólagos radiográfiai vizsgálat jegyzőkönyve



c)

20. ábra – A röntgenfilm fényképezett másolata

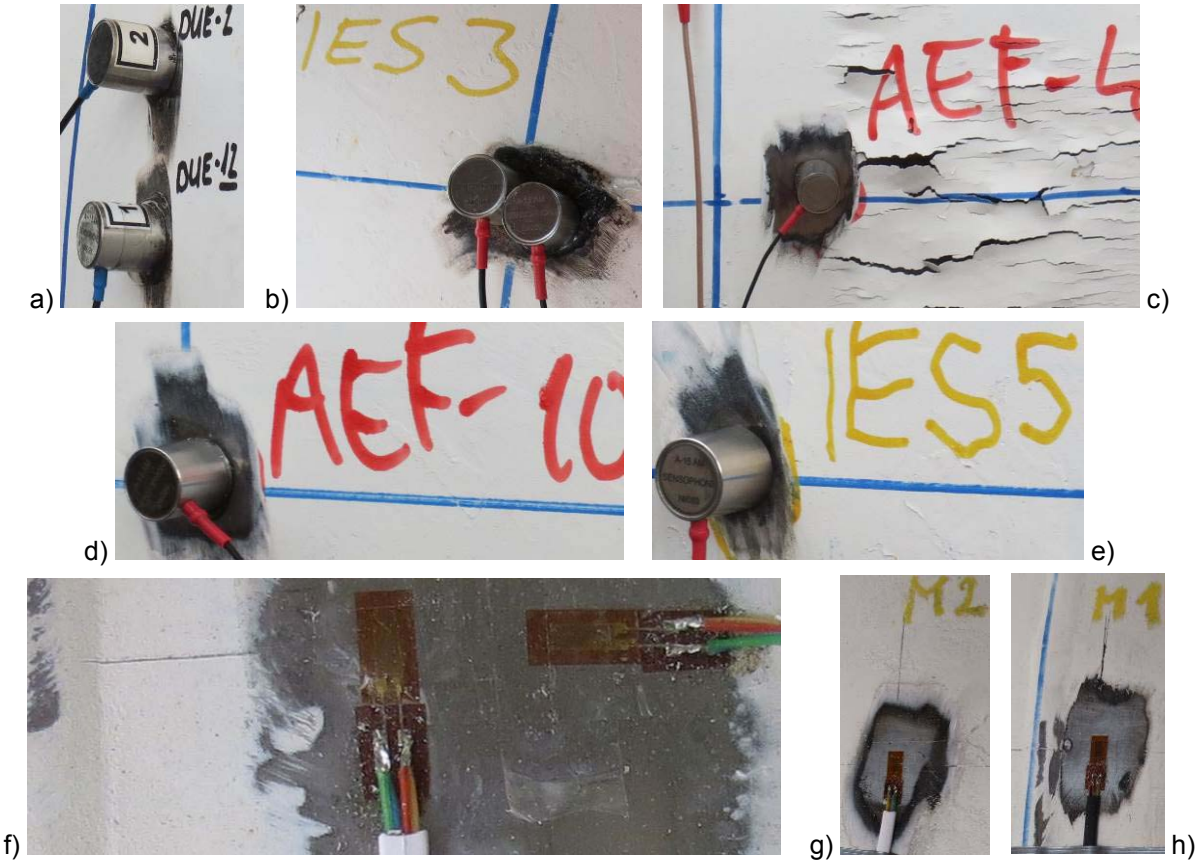
4.5. A 24452-es, érintetlen falú tartály felszakítási kísérlete

4.5.1. A felszakítási kísérlet első ciklusa (2016. május 12.)

A *21–22. ábrán* szemléltetjük a 24452-es, gyengített falú tartályt a felszakítás kezdetén. Ennek a tartálynak az akusztikus emissziós vizsgálatában a TPA KKS sajnos már nem tudott részt venni.

a) b) c) d)

21. ábra – A 24452-es pébégáztartály a nyomásfokozás kezdetén

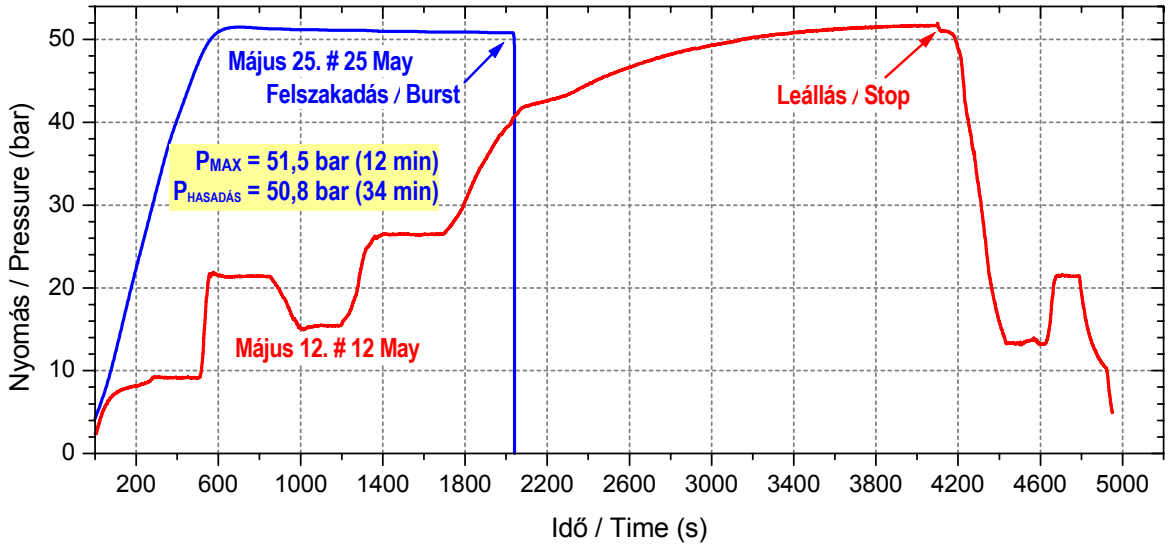


22. ábra – Az akusztikus emissziós mérőfejek és a nyúlásmérő bélyegek a 24452-es tartályon

A 24452-es tartály, teljesen érintetlen, „csak” 20 évig üzemelt a felállítási helyén. Ismereteink szerint – beleértve a nemzetközi szakirodalmat is – eleddig senki nem végzett olyan kutatást, amelyben egy, a 24452-es tartályhoz hasonló berendezés tudományos igényességgel (és nyilvánossággal) végrehajtott felszakítási kísérlete lett volna a kutatómunka alapja.

A nyomásfokozás diagramját a *23. ábra* mutatja. A nyomásnövekedés a szivattyú teljes kapacitáson járása ellenére lelassult, kb. 52 bar-nál leállt, és lassan csökkenni kezdett.

Ekkor a kísérletet leállítottuk, és majd május 25-én folytattuk tovább, a felszakadásig. A tartály alakváltozását a nyomásfokozás egyes fázisaiban a *24. ábra* képei és a *3. melléklet* szemléltetik.



23. ábra – A kísérletben megvalósított idő-nyomás program diagramja. Az első szakaszban a maximális nyomás 51,72 bar volt; az egyetlen nagyobb nyomásimpulzus (52,13 bar) a leállítási lökés terméke

a) b)

c) c)

d) d)

e) e)

24. ábra – A 24452-es tartály a nyomásfokozás közben (május 12.)

4.5.2. A felszakítási kísérlet második szakasza (2016. május 25.)

A 25. ábrán szemléltetjük a 24452-es tartály felszakítása második ciklusában a kezdeti állapotot. Nagyobb teljesítményű szivattyút állítottunk üzembe, és mellőztük a nyomásfokozás közbeni vizsgálatokat.

a) b)

c) d) e)

25. ábra – A 24452-es tartály a felszakítási kísérlet második ciklusának kezdetén (május 25.)

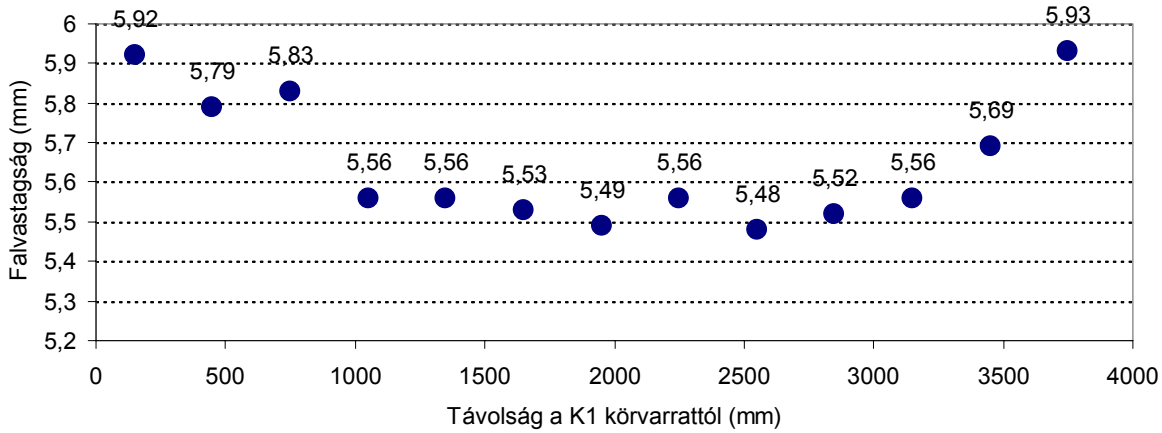
A második nyomásfokozás megkezdése előtt a következő méréseket végeztük el a tartályon:

a) A körvarratok távolságának mérése a köpeny lemeztábláin (adattáblánál: K1).
K1–K2 távolság: 1800/1799 mm. K2–K3 távolság: 1803/1803 mm.

b) A kerület mérése a körvarratokon (az adattáblánál K1, majd K2, K3) és a köpeny lemezein, az emelőfülek (az adattáblánál F1, F2) belső oldalán.
K1 kerülete: 3884 mm; K2 kerülete: 4240 mm; K3 kerülete: 3920 mm.
F1 = 4250 mm; F2 = 4254 mm; a K2 és az F2 között FK4 = 4198 mm.
A körvarratok jelentősen eltérő kerülete mellett a fenekek merevítőhatása miatti egyenetlen tágulását szemlélteti 26. ábra.

c) Falvastagságmérés
A falvastagságot a raszterháló egyes elemeinek közepén, továbbá jól jelölt pontokban mértük; egyik sorozatukat a 27. ábrán szemléltetjük. A mért értékek statisztikai mintájának jellemzői: Max = 5,93; Min = 5,47; Átlag = 5,63; Szórás = 0,137; Medián = 5,57.

26. ábra – Az eredeti négyzetek torzulása az első nyomásfokozási ciklus hatására



27. ábra – A 24452-es tartály felső alkotója mentén
a felszakítási kísérlet első ciklusa után mért falvastagságok

A nyomásfokozás néhány jellegzetes eseményét szemlélteti a *28. ábra* és a *2. melléklet*. Az 50 bar 10 perce alatti, egyenletes sebességgel való elérése után a nyomásnövelés az új szivatytyúval is lelassult. Kb. 51,5 bar maximális érték után elkezdett csökkenni a nyomás, lassú, kb. 0,02–0,03 bar/min sebességgel. Ez a nyomáscsökkenés NEM szivárgás miatt lépett fel, hanem a maradó alakváltozásnak a tartály lemezszerkezetében létrejött lokalizálódása (szerkezeti kontrakció) következtében. A tartály végül a kb. 50,8 bar-ra visszacsökkent nyomáson szakadt fel a teljes nyomásfokozási ciklus 34. percében, a maximális nyomás elérése után 24 perccel. A felszakítási kísérletről készült filmfelvételek kivonatát a *3. melléklet* és a *4. melléklet* tartalmazza.

a)

b)

c)

28. ábra – A 24452-es tartály felszakítási kísérlete második ciklusának jellegzetes pillanatai;
a felszakadási folyamat lényeges részleteit tartalmazó, e zárójelentés *5. mellékletét* képező videó letölthető → innen

4.5.3. A 24452-es tartály felszakadási jellemzőinek értékelése

A felszakítva a 29. ábrán látható 24452-es tartály semmilyen mesterségesen bevitt hibát nem tartalmazott. Állapotát tehát kizárólag a gyártási folyamat és az üzemeltetési körülmények határozták meg. A felszakadási nyomásra a „közvélemény-kutatás” 60–72 bar-t jelzett, de többen sikertelen kísérletet jósoltak, pl. a tömítések áteresztésére számítva.

a)

b)

c)

29. ábra – A 24452-es tartály a sikeres felszakítási kísérlet után (május 25.)

A felszakítási kísérlet teljes nyomásfokozási folyamatát a következő szakaszokra célszerű bontani; a szemléltetés érdekében a *19. ábra* nyomásdiagramját felhasználva (*30. ábra*).

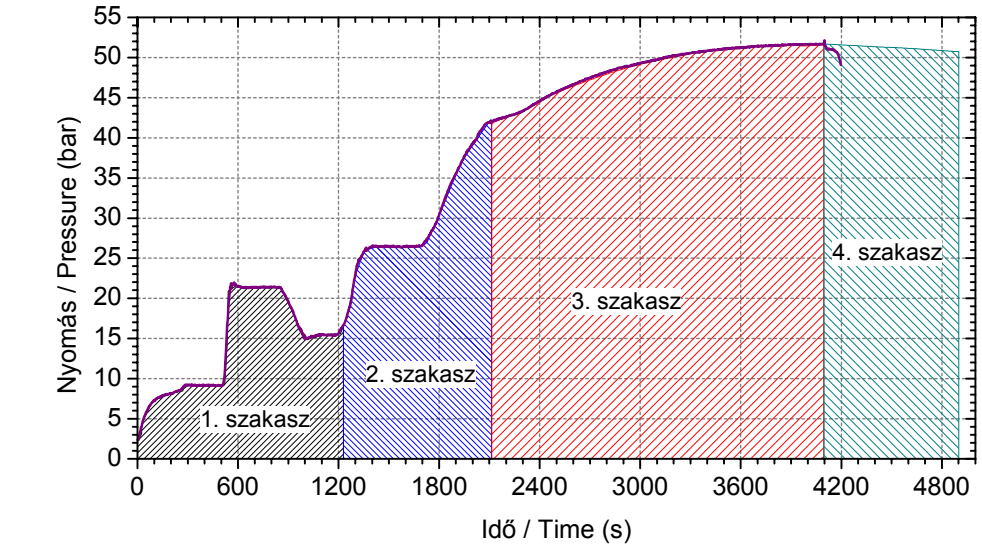
1. szakasz: a kezdetétől a 20 bar-on tartás utáni visszaeresztés és a 14 bar-on tartás végéig.
A tartály gyártásakor elvégzett próbanyomás 19,5 bar volt, és ezt a nyomást ebben a szakaszban sem haladtuk meg. Az AEV számára a potenciális zajforrások még némák.

2. szakasz: Az új nyomásnöveléstől a képlékeny alakváltozás (megfolyás) érzékeléséig.
Ebben a szakaszban a tartály még soha nem járt. A rugalmas alakváltozást már olyan helyi képlékeny alakváltozások is kísérhetik, amelyek folytonossági hiányokból vagy a konstrukciós feszültséggyűjtő helyekből származó zajokat termelnek. Az AEV számára ez egy mindenképpen izgalmas szakasz, mind az érzékelés, mind a lokalizálás szempontjából.

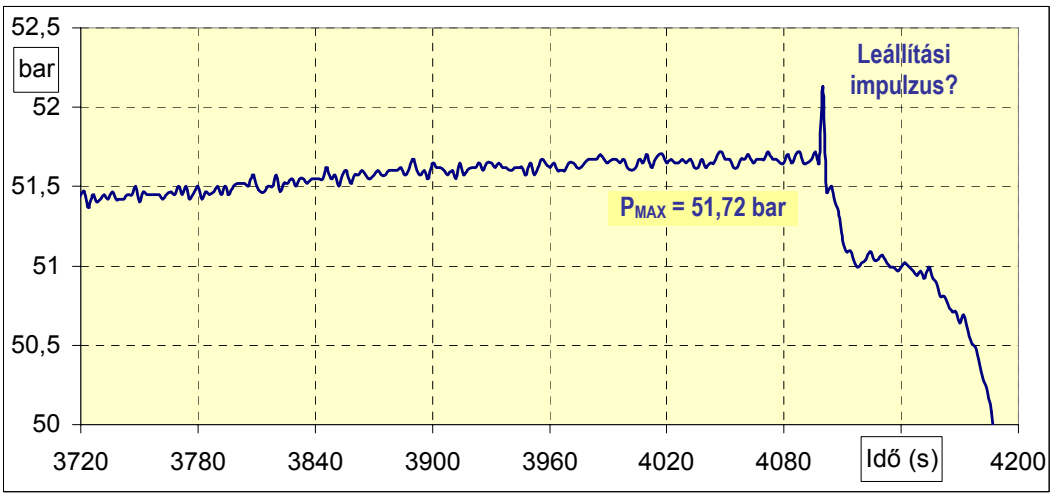
3. szakasz: A tartályszerkezet csaknem egészére kiterjedő képlékeny megfolyástól a maximális nyomásérték eléréséig.
A tartály szinte teljes szerkezetének egyenletes képlékeny alakváltozása zajlik. Az AEV ebben a szakaszban is teljes aktivitású szerkezeten zajlik.

4. szakasz: A legnagyobb nyomásértéktől a csökkenő nyomás mentén a leállásig / felszakadásig.
Ebben a szakaszban a képlékeny alakváltozás a tartályszerkezetnek egyre kisebb zónájára összpontosul, bizonyosan a későbbi felszakadás környezetére. Az AEV ebben a kísérleti szakaszban lokalizálni tudja az immár egyenetlen képlékeny alakváltozás helyét.

5. szakasz: A 3. szakasz (az első nyomásfokozási ciklus) vége után rövid idővel a kísérletet leállítottuk. A második nyomásfokozási ciklusban a tartályt felszakítottuk, de ekkor már nem végeztünk sem AEV-t, sem nyúlásmérő bélyeges alakváltozás-mérést; a nyomást manométerről olvastuk le.



a)



b)

30. ábra – A nyomásfokozási diagram a 24452-es tartály felszakítási kísérlete első ciklusában

A tényszerűség megköveteli, hogy jelezzük: mindenkit meglepett a tartály viselkedése. Az első meglepetést az okozta, hogy erősen lassult, leállt a nyomásnövekedés. A legtöbben a szivattyú gyengeségével magyarázták ezt. A második meglepetés az volt, hogy a második ciklusban, a nagyobb teljesítményű szivattyúval is megismétlődött ez a jelenség, sőt, visszafordult, és már az első ciklusban elért nyomást sem sikerült elérni. A műszaki hibának vélt lassú nyomáscsökkenés okának keresgélése közben egyszer csak bekövetkezett a felszakadás. Az előtte már sokáig unatkozó megfigyelők is lemaradtak az esemény bekövetkeztének pillanatáról.

Senkinek nem jutott eszébe az egyébként teljesen kézenfekvő magyarázat.

- A tartály alapanyagának megfolyása után a tartály tágulásával sokáig egyenletesen csökken a falvastagság (egy-egy szelvényben), amihez növekvő belső nyomás szükséges.
- Amikor az elvékonyodás egyenetlenné válik és a maradó alakváltozás a későbbi felszakadás zónájába összpontosul – a szakítóvizsgálatból vett hasonlattal ez a szerkezet kontrakciója –, akkor viszont már nem szükséges a tartály egészére ható nagyobb belső nyomás.
- Ekkor már csak egy egyre kisebb kiterjedésű tartományban vékonyodik a tartályszerkezet lemezanyaga, amelynek a további nyújtásához a szükséges alakításifeszültség-többlet rendelkezésre áll a szerkezet egészében tárolt nagy belső nyomású közeg révén.
- Az utólagos mérésekből látható, hogy az eredeti falvastagság akár 0,6 mm-rel is csökkent a szerkezeti kontrakciót megelőzően ott, ahol az edényfenekek merevítőhatása a legkevésbé gátolta a nyúlást. A felszakadás környezetében a vastagcsökkenés 0,9–2,0 mm volt. Ezekből az értékekből kb. 8–10 % egyenletes és 30–35 % kontrakciós alakváltozás adódik.
- Az alábbi táblázat egy modellszámítást tartalmaz arra, hogy a tartály egyenletes megnyúlásai esetén mennyi vízpótlás szükséges, és ez mennyi ideig tart a szivattyúkapacitástól függően. Az adatokból tisztán következik, hogy a 24452-es tartály nagy nyúlása és szerkezeti kontrakciója magyarázza a nyomásnövekedés lefékeződését, leállását és csökkenését.

A tervezési adatokból való számoláshoz: D = átmérő, K = kerület, H = hosszúság, A = megnyúlás, s = falvastagság, V = térfogat, d → megváltozás										Szivattyú, L/h		
										500	1000	1500
D	K	H	A	K + dK	D + dD	s – ds	V	V + dV	dV	Töltési idő		
mm	mm	mm	%	mm	mm	mm	L	L	L	min	min	min
1250	3925	3600	0,2	3933	1252	5,99	4415	4433,3	17,7	2,1	1,1	0,7
1250	3925	3600	1	3964	1262	5,94	4415	4504,4	88,8	10,7	5,3	3,6
1250	3925	3600	10	4317	1375	5,40	4415	5342,9	927,3	111,3	55,6	37,1
1250	3925	3600	15	4514	1437	5,10	4415	5839,7	1424,0	170,9	85,4	57,0

- Azt is jelentik a fentiek, hogy ha a szivattyú képes lenne több vizet nyomni a tartályba, mint amennyi a csökkenő nyomás mellett is táguló tartály növekvő térfogatának feltöltéséhez szükséges, akkor nagyobb nyomásig lehetne eljutni, rövidebb idő alatt, és kisebb mértékű (!) falvastagság-csökkenés után következne be a felszakadás.
- A fentieket példázza az először 51 bar-ig megnyomott, 24452-es tartály körvarratainak alakváltozása a második nyomásfokozás során. A kerületek a következőképpen változtak:
  - K1-es körvarrat: az edényfenék merevítőhatása miatt gátolva táguló varrat kerülete 3920 mm-ről 3932 mm-re nőtt (0,31 %).
  - K2-es körvarrat (a köpeny közepén): szabadon tágult 4240-ről 4330 mm-re (2,12 %).
  - K3-as (a felszakadáshoz közeli) körvarrat: a két lábat összekötő heveder (jól látható a *29.b ábrán*) ellenére is jobban tágult, mint a K1; 3884 mm-ről 3910 mm-re (0,67 %).

Az itt említett, a hátsó lábakat összekötő heveder alakváltozásra gyakorolt hatása jól látható a *28.a-b ábrán* és a *29.b ábrán*: a táguló tartály elülső két lábának szögelfordulása gátolatlan volt, míg a hátsó lábak meggörbültek és megcsavarodtak.

4.5.4. Az akusztikus emissziós vizsgálat értékelése: 24452-es tartály

A 24452-es tartályról készített jegyzőkönyveket az *AEV-2*, *AEV-4*, *AEV-5* és *AEV-7a mellékletek* tartalmazzák. Hasonlóan a 24344-es tartály esetéhez, az *AEV-8-as mellékletben* részletesen is foglalkozunk majd az egyes jegyzőkönyvek értékelésével. Itt, a zárójelentés törzsanyagában is megemlítünk néhányat a 24452-es tartályra vonatkozó, fontosabbnak ítélt következtetésekből.

a) Magyarországon biztosan nem történt még olyan felszakítási kísérlet, amely az adott típusú nyomástartó berendezés felszakítását többféle vizsgálattal, közte AEV-tal, egybekötve valósította volna meg. Emiatt ez a kísérlet egy sor olyan kérdésre egyértelmű választ tud adni, amelyre eleddig csak feltevések, jóslatok vagy másféle szubjektív állítások születtek.

b) A három, egymástól független Sensophone-rendszert használó vizsgálólaboratórium a víznyomáspróba során előrehaladó tönkremeneteli folyamat nagy részéről (az első nyomásfokozási ciklus megszakításáig) kivételesen részletes folyamatjellemzést tudott adni. Ez a kísérlet igen hasznos példaként is szolgálhat az AEV-i szakma művelői számára, mivel az eredményekről részletes jegyzőkönyvek és elemzések készültek az egyes laboratóriumokban. Ezeket – a beleegyezésük függvényében – célszerűnek tartjuk nyilvánossá tenni a MAROVISZ csatornáin keresztül.

c) A tartály megfolyása kb. 27 bar nyomáson indult meg. Csak az ezt követő, szakaszon értelmezhetők jól a tényleges károsodási folyamattal összefüggő AEV-i jellemzők.

d) A megfolyást megelőző nyomástartományon a töltési zajok, a védőbevonat megrepedései, a rozsdaréteg megrepedései és a tartály lábainak „mocorgásai” tekinthetők a gyenge akusztikus emissziós aktivitás forrásainak.

e) Az AE-jelenségek lokalizációs térképén (*AEV-2 melléklet*, 14. ábra, illetve *AEV-7b melléklet*, 5.6. ábra) a zajforrások legnagyobb sűrűsödése – meglepő módon – távol esik a későbbi felszakadás helyétől, sőt, a felszakadási hely környezete kifejezetten zajszegény.

f) Az UTA értékelőrendszere a figyelmeztetéseit 35 bar, 40 bar és 47 bar nyomásnál adta ki, és a felszakadási nyomást 66–80 bar tartományra jelezte előre (*AEV-6 melléklet*).

g) A DUE (Ecotech) – de ismét csak ő – hívja fel a figyelmet a Kaiser-effektus észlelésére, továbbá a nyomáscsökkentési szakaszon észlelhető Felicity-effektusra.

h) A 24452-es tartály repesztési kísérlete során végzett AE-vizsgálatok rövid összegzéseként a másik tartály AEV-a kapcsán mondottak (4.4.5. szakasz) különösen érvényesek. Vagyis a megfolyás bekövetkeztéig nem volt egyértelműen értékelhető, a károsodási folyamattal összefüggő AE-érzékelés.

i) Hozzá kell azonban még tenni, hogy az előre nem pontosan kiszámítható folyamatra nézve jelentős eltérések adódtak a vizsgálat értékeléseiben és prognózisaiban a tartálynak az utólag pontosan megismert viselkedéséhez képest. A nagy eltérések a nyomásértékek és a károsodási helyek esetében is fennállnak.

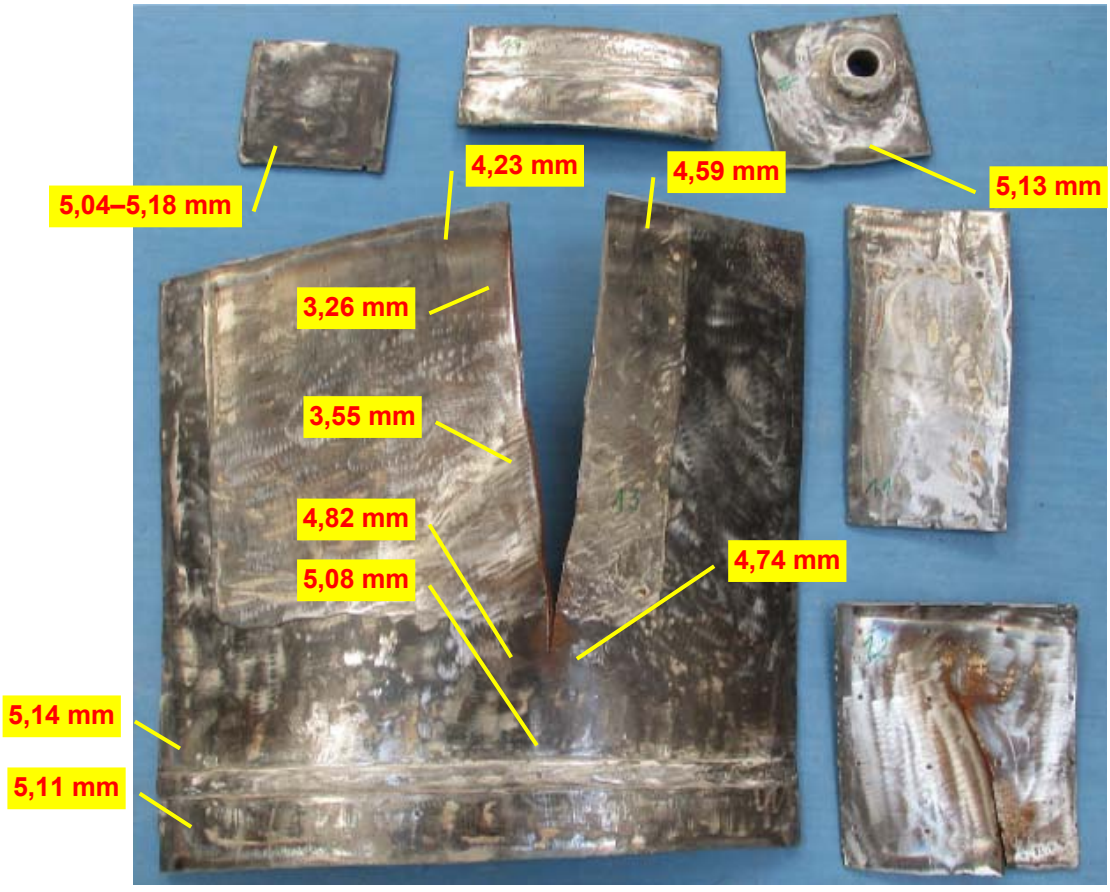
j) E preparálatlan tartálynak – a PÉBÉ-COOP jóvoltából lehetségessé vált – vizsgálata különösen nagy ritkaság, mivel az AEV-i szakemberek szinte a felszakadásig tudták vizsgálni, alakváltozás-méréssel egybekötve. Utólag a tartályrepesztés is megtörtént, és az alakváltozások is pontosan ismertek. Minden adat rendelkezésre áll tehát ahhoz, hogy a vizsgálat egészének tapasztalatait és tanulságait az AEV-i szakemberek is megfontolják.

4.6. A 24344-es és a 24452-es tartályon elvégzett utólagos vizsgálatok

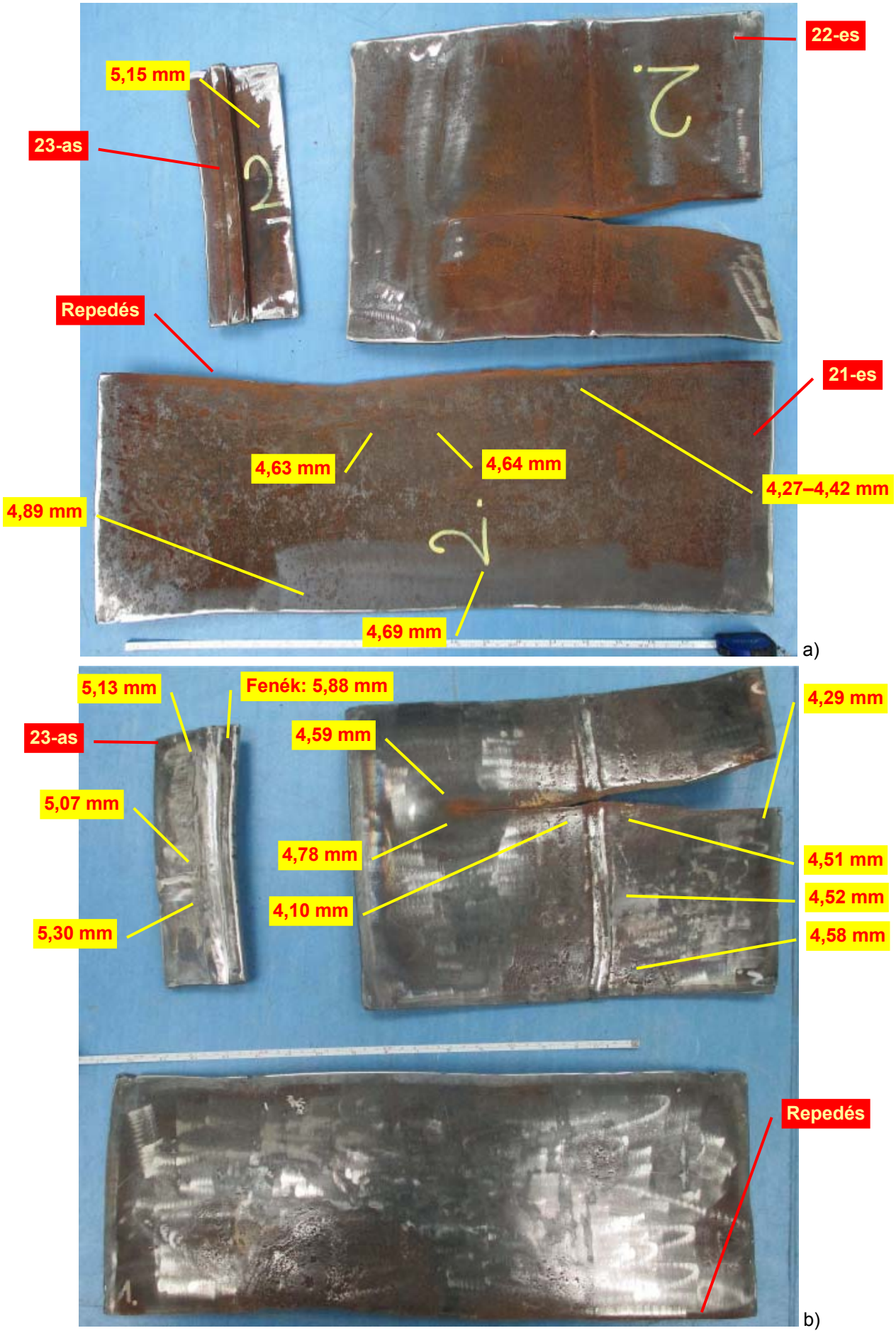
4.6.1. Mintavétel és a vizsgálati minták metallográfiai vizsgálata

A felszakítási kísérletek elvégzése után a tartályokból anyagvizsgálati próbadarabokat vágtunk ki. A kijelölt helyek a felszakadás és a tartályszerkezet szempontjából jellegzetes helyek voltak, az utóbbi esetben a hegesztési varratokra helyezve a hangsúlyt. A kivágási helyeket a *31. ábra*, a kivágott próbadarabokat pedig a *32–35. ábra* mutatja. A szétnyomott tartályok lemezvastagságát ultrahangos műszerrel megmértük: a mért értékeket feljelöltük a próbadarabok fényképeire. A 24344-es tartály további mérési adatai a *3. ábra* részét képező táblázatba vannak illesztve.

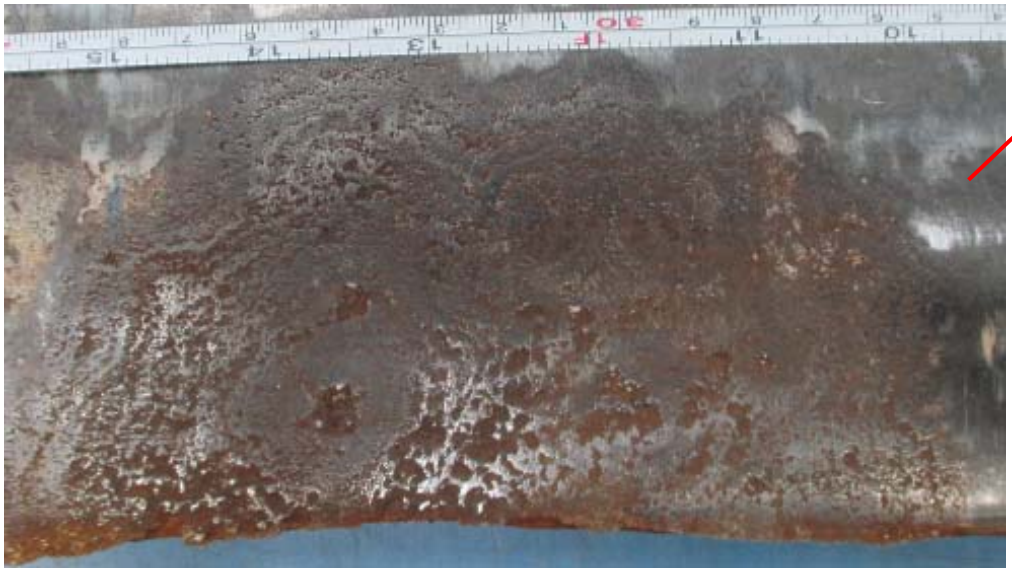
31. ábra – A tartályokból kivett anyagvizsgálati próbadarabok megjelölése és kivágása a két tartályon



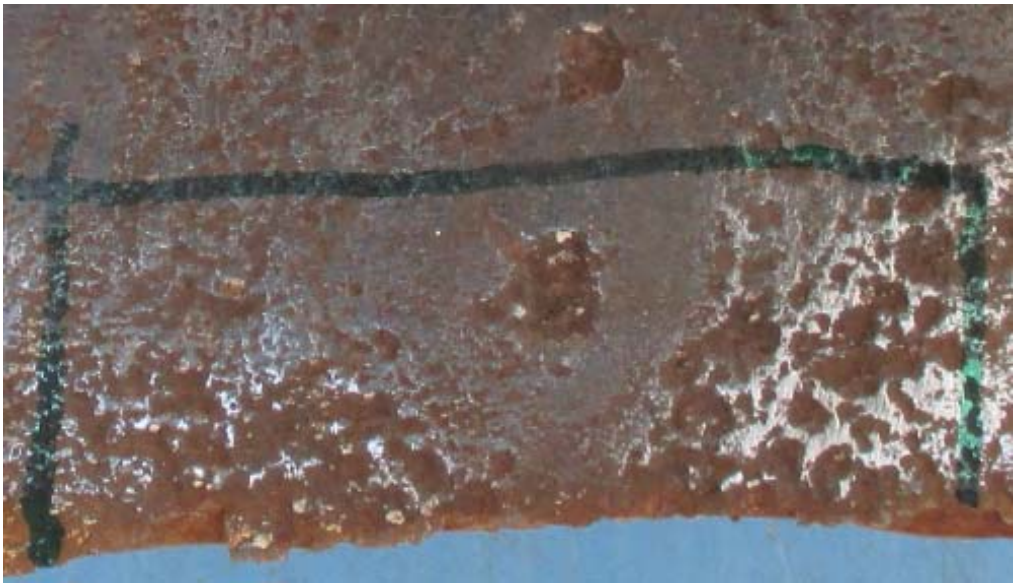
32. ábra – A 24344-es tartályból kivágott anyagvizsgálati próbadarabok a belső és a külső oldal felől. A keretbe írt számok az adott helyen (ultrahangos műszerrel) mért lemezvastagságot jelzik; a tartály köpenylemezének eredeti falvastagsága 5,9–6,1 mm volt → *1. melléklet*



33. ábra – A 24452-es tartályból kivágott anyagvizsgálati próbadarabok a belső és a külső oldal felől



a)

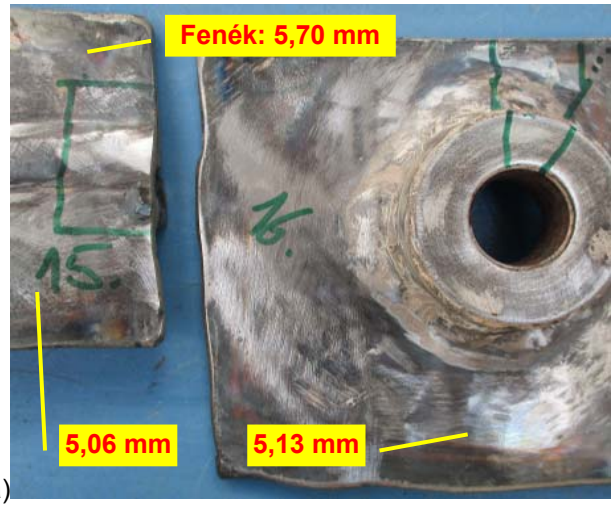


b)

c)

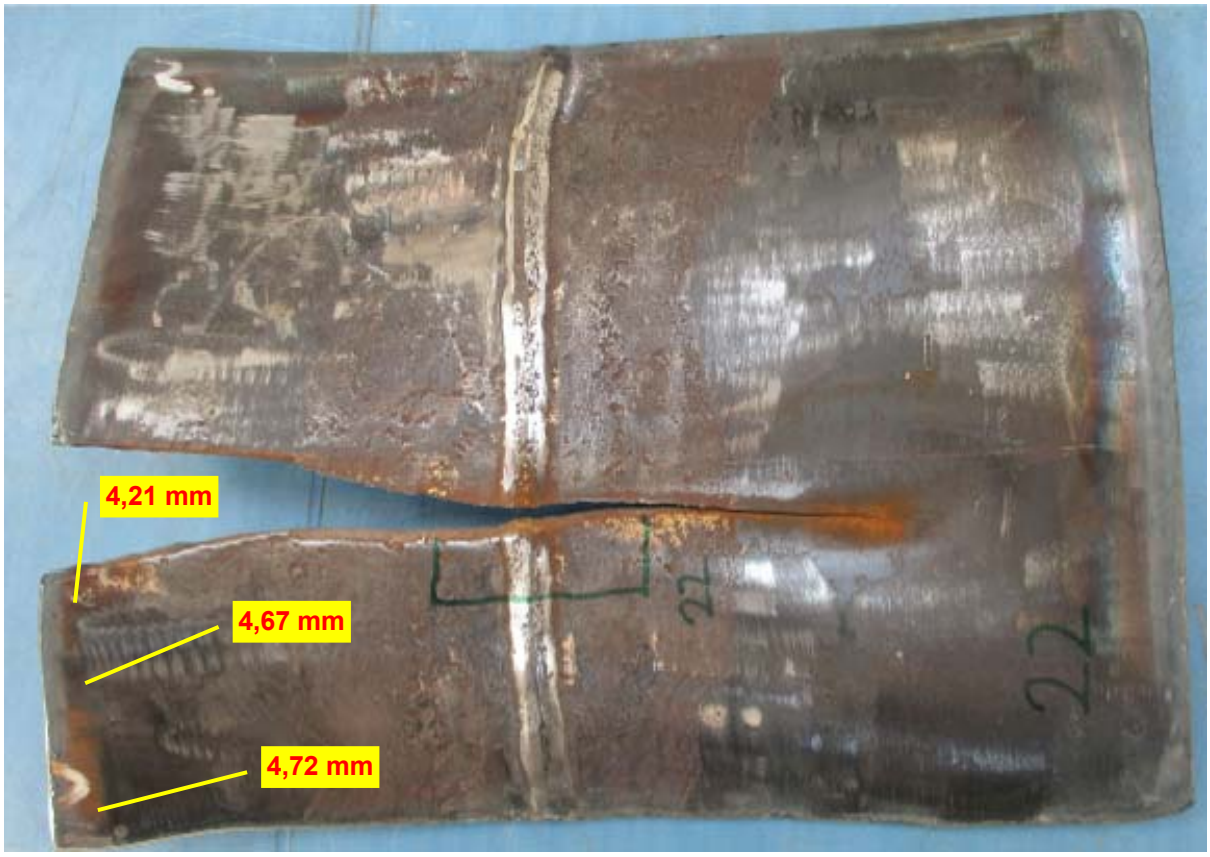
34. ábra – Mély (0,4–0,86 mm-es) korróziós bemaródások a 24452-es tartály fenekéről származó, 21-es próbadarab külső felületén a felszakadási front töretfelületének közvetlen környezetében

a)



b)

c)



c)

d)

e)

h)

35. ábra – A mintavételi helyek és a kivágott varratszakaszok (11, 15, 16 és 22-es minta)
A keretbe írt számok az adott helyen (ultrahangos műszerrel) mért lemezvastagságot jelzik;
az eredeti falvastagságokat az ÁEF-jegyzőkönyvek alapján készített *1. melléklet* tartalmazza

A próbadarabokból próbatesteket vágtunk ki a metallográfiai vizsgálathoz, amellyel a repedéskörnyezet vastagságát (*36. ábra*) és hegesztési varratok állapotát ellenőriztük. A *37–40. ábra* képei világosan mutatják, hogy a varratok legkritikusabb zónájában, az illesztések feszültséggyűjtő helyein sem történt semmiféle repedésképződési vagy repedésterjedési jelenség.

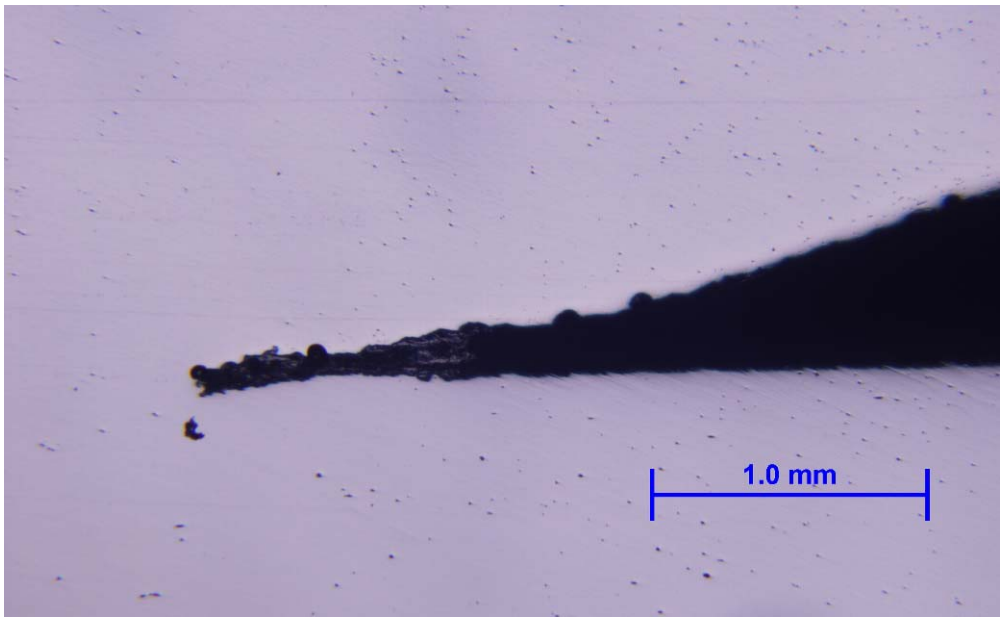
a)

b)

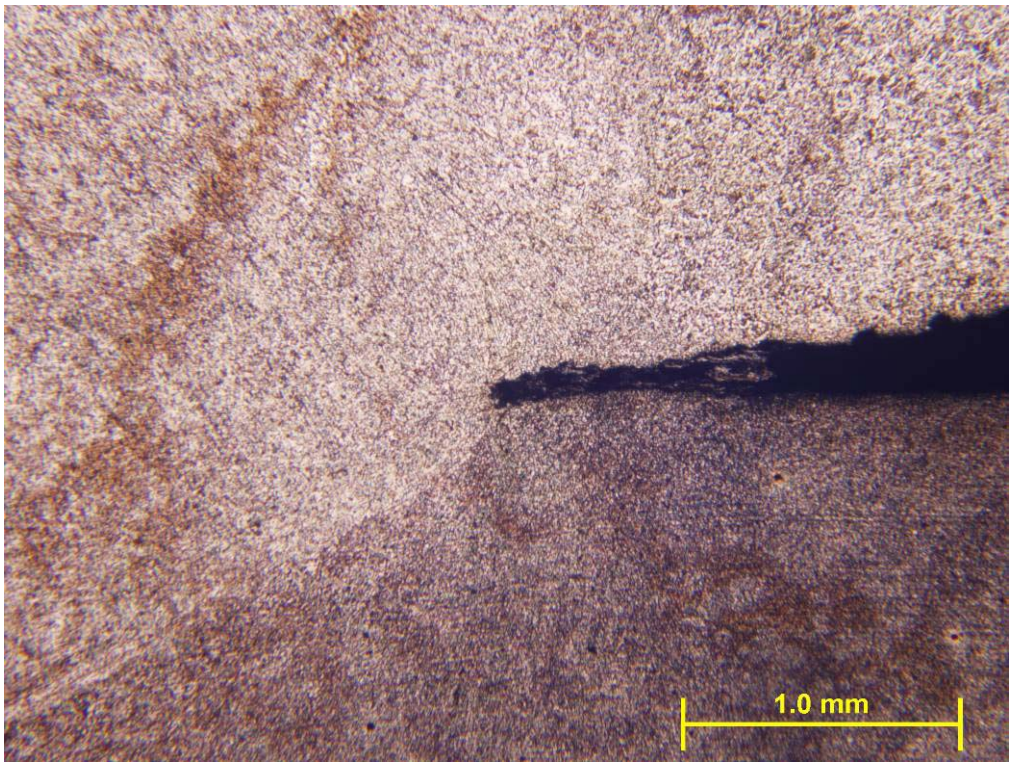
c)

36. ábra – A próbadarabokból kivágott próbatestek revétlenítés előtt (a, b) és az után (c)

a)

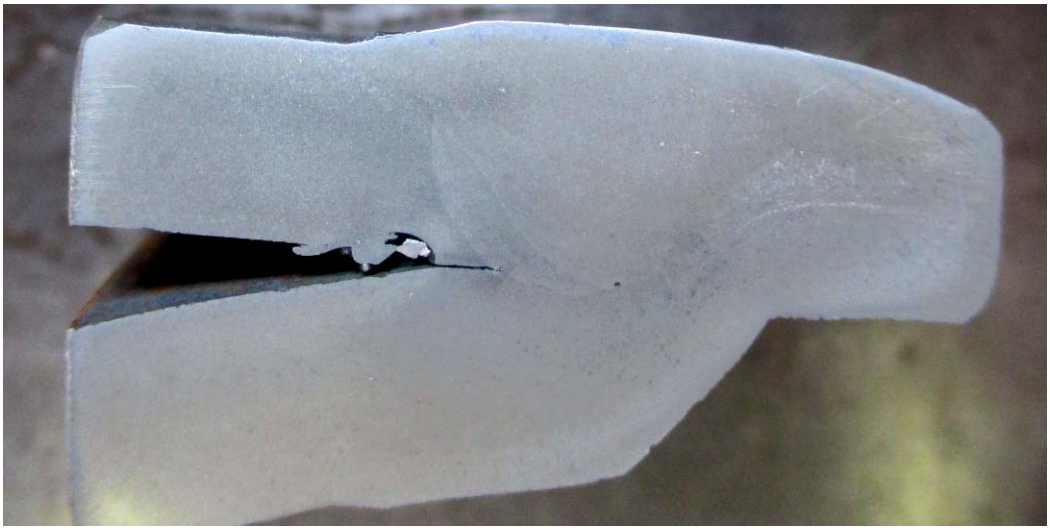


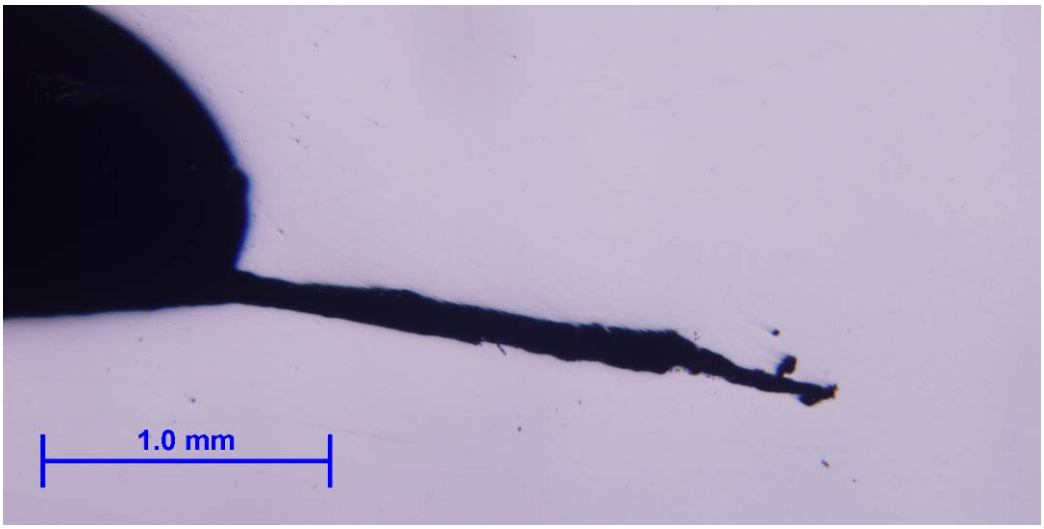
b)



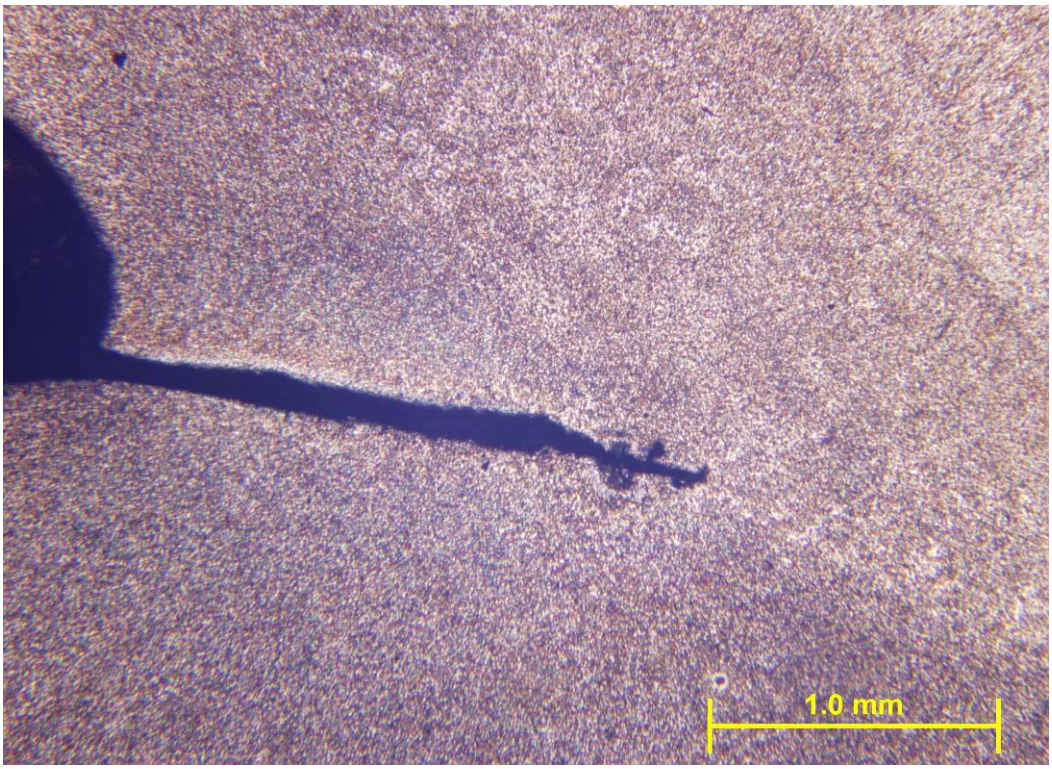
c)

37. ábra – A 11-es minta varratának keresztmetszete. Az összeolvadási határon, a lemezek illeszkedési helyén semmilyen repedési jelenség nem történt


a)

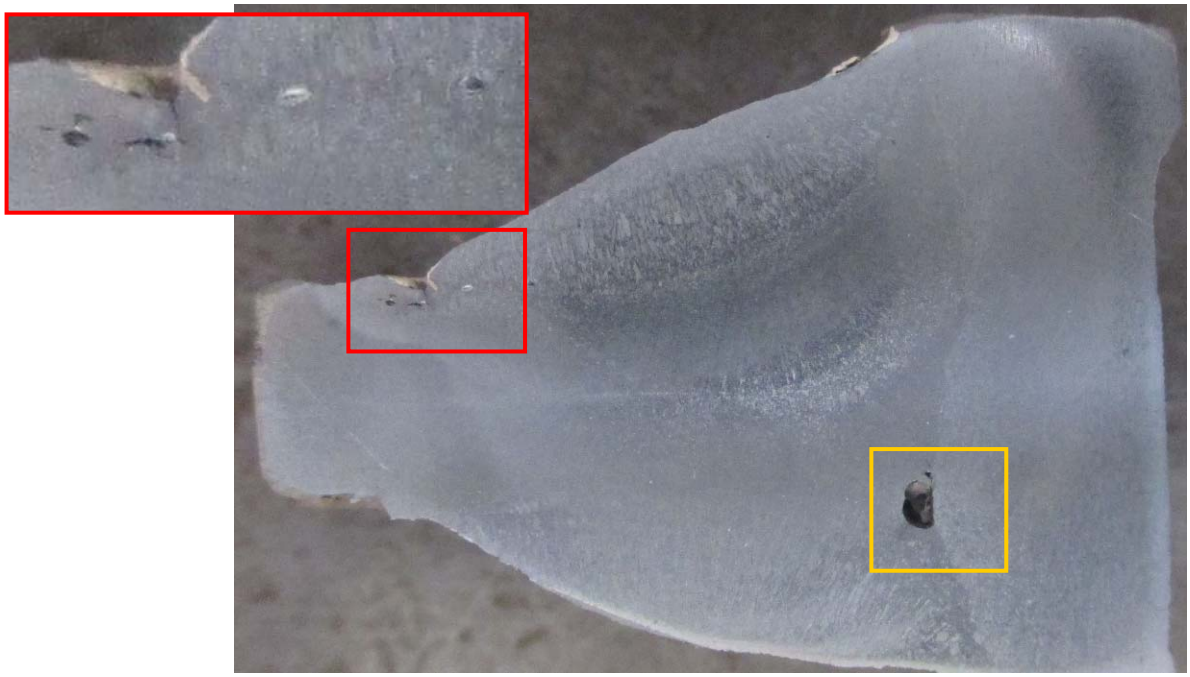


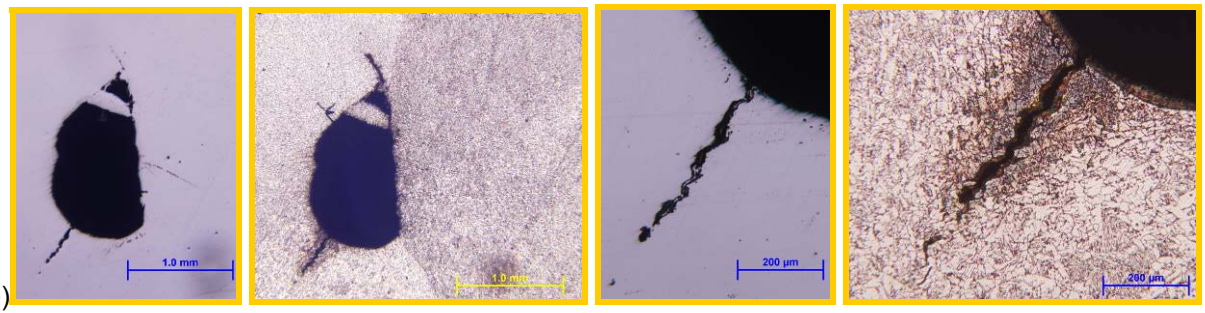
b)



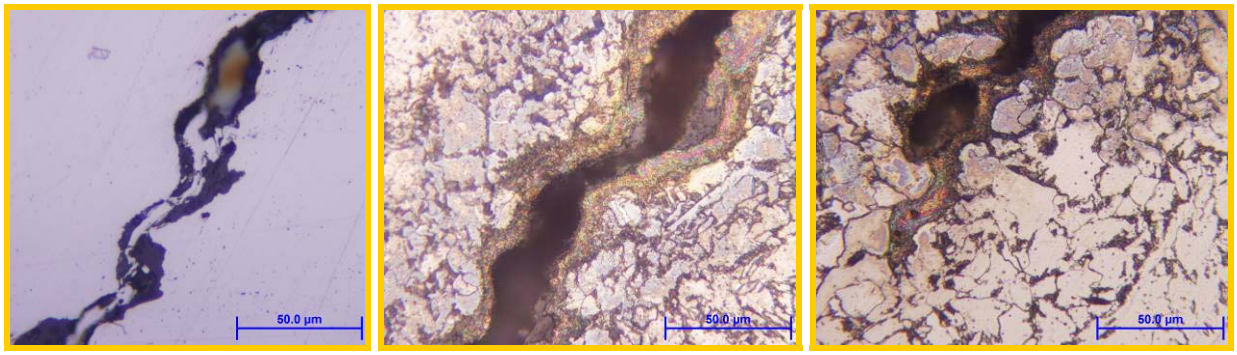
c)

38. ábra – A 15-ös minta varratának keresztmetszete. Az összeolvadási határon, a lemezek illeszkedésének helyén semmilyen repedési jelenség nem történt a jelentős feszültségkoncentráció ellenére sem

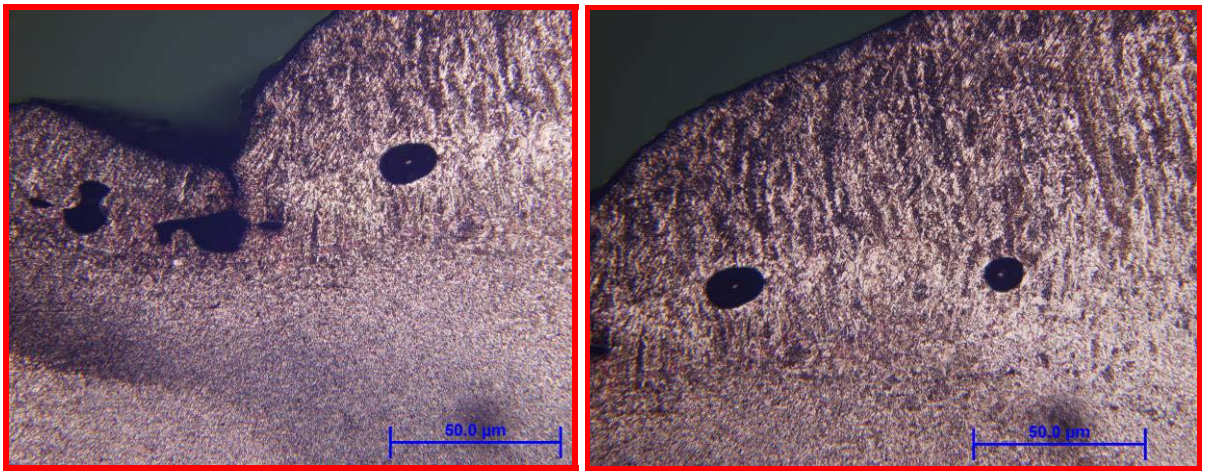

a)



b) e)

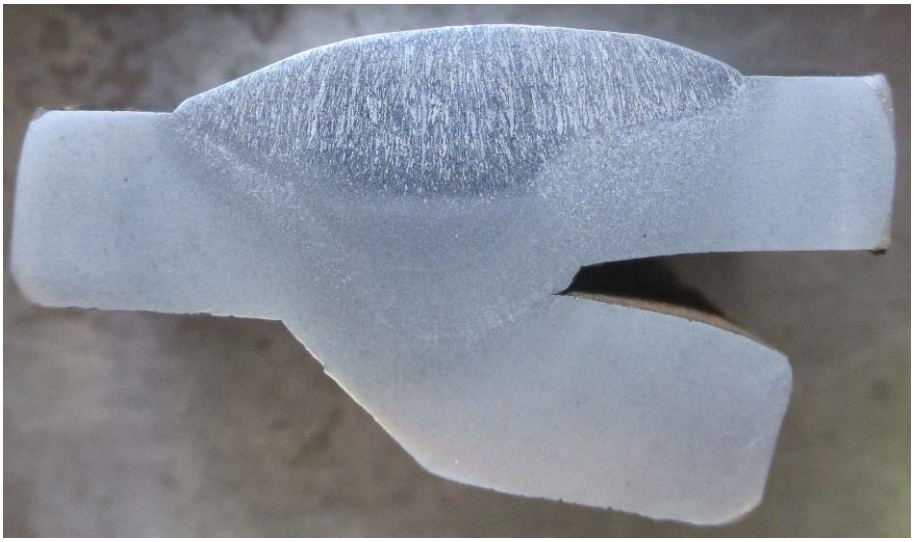


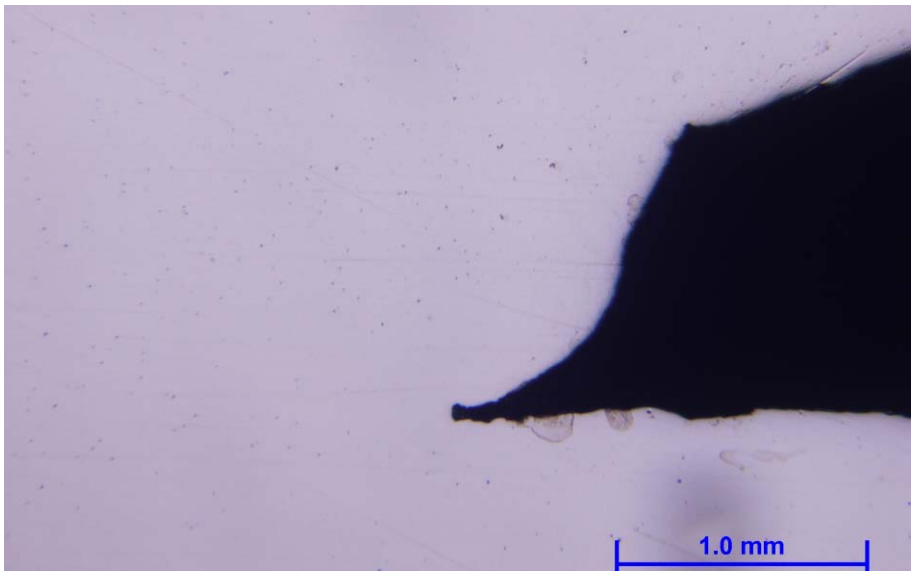
h)



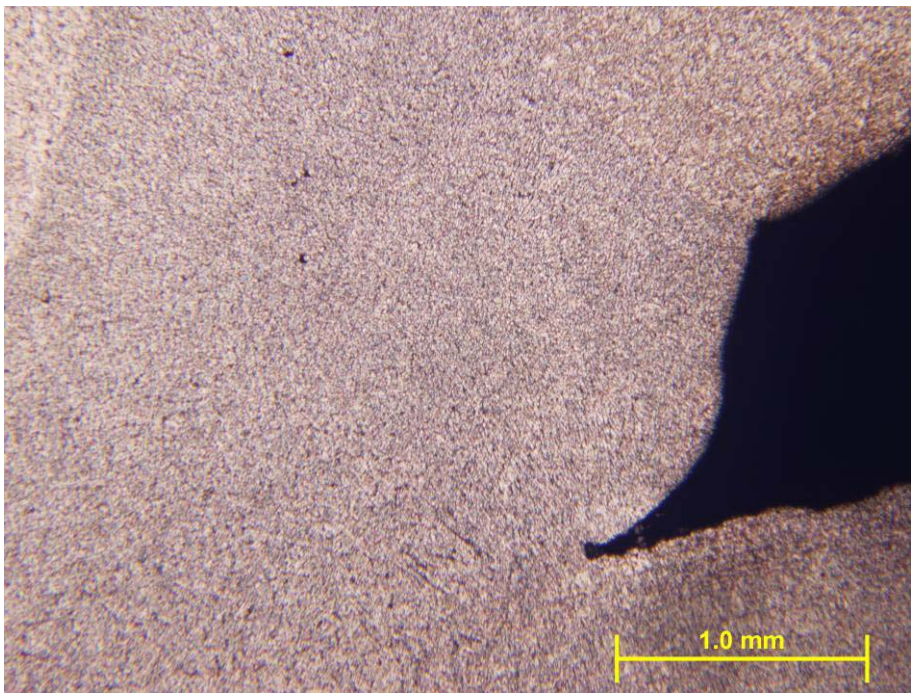
i) j)

39. ábra – A 16-os minta (csonk) varratának keresztmetszete. A gyártási eredetű varrathibák (gázzárvány és belőle kiinduló melegrepedés) „mozdulatlan” maradt, semmilyen repedési jelenség nem történt


a)



b)



c)

40. ábra – A 23-as minta varratának keresztmetszete. Az összeolvadási határon, a lemezek illeszkedésének helyén semmilyen repedési jelenség nem történt

5. Összefoglaló értékelés a kutatás-fejlesztési program eredményeiről és a célkitűzések teljesüléséről

A fentiekben ismertettük a propán-bután gáz tárolótartályok víznyomáspróba és akusztikus emissziós vizsgálat keretében végrehajtott felszakítási kísérletének eseményeit és eredményeit. Úgy véljük, hogy nem lehet eltúlozni ennek a kutatásnak a jelentőségét, ugyanis világviszonylatban is kivételesnek tartjuk azt a kísérleti és vizsgálati programot, amelyet a PÉBÉ-COOP Kft. kezdeményezésére, az ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.-vel való szoros együttműködésben és a MAROVISZ által biztosított szakmai felügyelet mellett, közösen teljesítettünk.

Ennek a kutatásnak köszönhetően számos fontos, objektív és új szakmai-tudományos ismerethez jutottunk. Ezek alkalmasak s remélhetőleg elégségesek is arra, hogy a több tízezer pébégáztartállyal bármilyen minőségben – tervező, gyártó, tulajdonos, üzemeltető, karbantartó, fogyasztó, anyagvizsgáló, szerkezetintegritás-vizsgáló, hatósági felügyelő, hatósági vezető stb. – foglalkozó szakemberek körében az eddig vitatott vagy vitathatatlannak tartott, vallott vagy tagadott, elképzelt vagy végig sem gondolt kérdések megválaszolása a megismert tények alapján történjen.

A zárójelentés elején kiemeltük, hogy a kutatási programnak nagyon határozott, egyértelműen megfogalmazott célkitűzései voltak. Ez megköveteli, hogy az összefoglaló értékelést az eredeti célkitűzések, vagyis az ezek kapcsán felmerülő kérdések megválaszolásával adjuk meg.

5.1. Milyen a pébégáztartályok szerkezeti épsége?

– *Milyen a külső és belső állapota, szerkezeti épsége (integritása) a hosszú időn keresztül üzemelt, de az üzemelésből már kivont tartályoknak?*

a) A pébégáztartályok belső felületének nagy része teljesen korróziómentes. Csekély mértékű (~ 0,05– 0,2 mm) korróziós fogyásokat jelez a falvastagságmérés a köpeny oldalain és felső részén. A köpeny alsó régiójában és a jórészt a folyadékfelszín alatt lévő felületeken teljesen eredeti a felületi állapot; ez még a víznyomáspróba után kivágott mintadarabokon is így maradt. Az oldalsó-felső és a felső felületeken a jelzett mértékű, enyhe korróziós fogyások és vékony, finom szerkezetű, vöröses rozsda észlelhető.

b) A külső felület korróziós károsodása erősen összpontosul a tartályköpeny alsó zónájára, és részben az „5ó–7ó” övezetre. Fajtáját tekintve foltszerűen jelentkező általános korrózió a károsodás jellege. A korróziós foltokban csaknem 1 mm-es mélységet is elér a fémes anyag vastagságának csökkenése (a korróziós pótlék 1 mm). A korrózió a köpeny alsó részén, a védőbevonat sérülési helyein és az alsó (6ó) alkotó környezetében a legerősebb, ahol a csapadékvíz csurgási maradéka és a talaj kiszellőzése miatt legjellemzőbb a nedves-párás környezet.

c) A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata semmilyen, az üzemeltetési kockázatot nem mutatott ki. Korróziós szempontból a köpeny felső részébe – kétoldali varrattal – behegesztett csonkok belső varratain ugyanolyan enyhe rozsdásodás megy végbe, mint a köpenylemezen.

d) Az előzetes állapotfelmérés során egy körvarratnál észleltünk 2012-es eltérést (nem folyamatos szélkiolvadás).
Az AEV során a TPA „kritikus aktív AE-forrásokat” talált az egyik hosszvarratban. A teljes varratra kiterjedő radiográfiai vizsgálat egy 2011-es és egy 2013-as eltérést mutatott ki (gázpórus / helyi porozitás), amelyek AE-forrásként való viselkedése – különösen az észlelési nyomáson, 12,5 bar-on – egészen valószínűtlen.
A hegesztett kötések itt felfedezett eltérései egyébként megengedettek a hegesztett szerkezetekben, és még a legszigorúbb, „B” átvételi szint követelményeit is kényelmesen kielégítik az MSZ EN ISO 5817:2014 szabvány szerint.

e) Összegezve a szerkezeti épségre vonatkozó tapasztalatokat: a megvizsgált tartályok a 20 éves üzemelés után a továbbüzemelésre teljesen alkalmas állapotban voltak, a külső korróziós károsodás viszont egyes foltokban a korróziós pótlék jelentős részét felemésztette.
Ez a tapasztalat arra mutat rá, hogy az időszakos ellenőrzések során a tartályköpeny külső-alsó részének korróziós károsodását kell károsodását kell leginkább ellenőrizni.

5.2. Mekkora belső nyomást visel el a nagy felületen gyengített tartály?

– *A korábbiaknál életszerűbben modellezett károsodást tartalmazó tartály mekkora belső nyomást visel el?*

a) A 24344-es tartályon modellezett károsodás jóval közelebb áll a valóságban ismert módon végbemenő károsodásokhoz, mint bármelyik előző AEV-i kísérletben kialakított hiba.

b) A nagy felületen, jelentősen elvékonyított tartályköpeny képlékeny alakváltozása csak a biztonsági szelep nyomása (15,6 bar) felett kezdődött meg, kb. 16–17 bar nyomáson; ez a meghatározás a gyengített területre vonatkozik. A nyúlásdiagramokon egy másik megfolyás is jelentkezik kb. 27 bar-nál, amely a tartályszerkezet eredeti vastagságú anyagának túlnyomó részén indította meg a képlékeny alakváltozást.

c) A felszakadási nyomás értéke 37 bar volt.

d) A 3–4. ábra egészen pontosan jelzi azt, hogy a felszakadás a legjobban elvékonyított zónában történt, ahol a mért legkisebb falvastagság 3,39 mm volt. Ebből adódik az az egyébként magától értetődő következtetés, hogy a belső nyomás okozta képlékeny alakváltozás a leggyengébb (legvékonyabb) részre összpontosul.

5.3. Mekkora belső nyomást visel el a 20 évet üzemelt tartály?

– *A még soha és sehol nem vizsgált, mesterséges hibát nem tartalmazó tartály mekkora belső nyomást visel el? A tartály melyik részén következik be a felszakadás?*

a) A 20 éven át üzemben tartott és semmiféle módon nem preparált, 24452-es tartály repesztési kísérlete azért igazán jelentőségteljes, mert ellenőrzött körülmények között ilyen kísérletre – ismereteink szerint – még soha, sehol nem került sor.

b) Az előző megállapításból az is következik, hogy nem is lehetett senkinek átfogó tapasztalata arról, hogy miként fog viselkedni a tartály. A gyártás hőskorában, az 1990-es években végzett – és lényegében az önszórakoztatás kategóriájába sorolható – felszakítások gyártási selejtes tartályokon történtek; erről veterán kazánfelügyelők elbeszéléseiből lehet tudni.

c) A felszakadási nyomásra tett jóslatok zöme közelebb volt a 70 bar-hoz mint a 60-hoz.
Jóslatok a megfolyásra: 36 – 26 – 35 – 35 – 36 – xx – xxxx – 36 – 28 – 35 – 28 – 65 – x.
Jóslatok a felszakadásra: 70 – 68 – 69 – 64 – xx – 60 – 62,5 – 70 – 65 – 60 – N – 72 – N;
az x-ek azt jelentik itt, hogy erre nem volt jóslat, az N-ek pedig azt, hogy „nem fog hasadni”.

d) A tartály végül 51,7 bar maximális nyomás elérése után, egy lassan csökkenő nyomásesési szakasz végén, 50,8 bar nyomáson szakadt fel.

e) A felszakadás a tartálynak azon a részén következett be, ahol a falvastagság-csökkenés a legnagyobb mértékű volt: alul, a hasán, a foltszerű korróziós bemaródások zónájában. Megjegyezzük, hogy itt a tartályon rajtamaradt a lábakat összekötő heveder, amely bizonyára gátolta a köpeny egyenletes tágulását.

f) A „csak” 51 bar nyomáson történt felszakadás és az azt megelőző, hosszú ideig tartó és enyhe nyomáseséssel járó „szerkezeti kontrakció” teljesen új megfigyelés még akkor is, ha a legelemibb ismeretként tudjuk azt, hogyan néz ki egy lágyacél próbatest szakítódiagramja.

g) Egymás mellé téve a maximális nyomás (52 bar), a megfolyási nyomás (27 bar) és a biztonsági szelep (15,6 bar) nyomásértékeit, eléggé egyértelműen kidomborodik az a tanulság, hogy a tartály szerkezeti integritása miatti aggodalmak indokolatlanok.

h) A tartályköpeny külső oldalán kialakuló foltszerűen szétterjedő általános korróziót viszont egyértelműen a legfontosabb károsodási hatástényezőnek kell tekinteni.

i) Meglepőnek is mondható, hogy senki nem gondolt arra, hogy a tartály a hasán fog felhasadni. A legtöbben a tartály felső részén, a betöltés helyénél várták a felszakadást, mondván, hogy ott nyomáslökések vannak és maradék levegő. Viszont ehhez rögtön hozzá kell tenni, hogy senki nem is látta a tartályt – az előzetes vizsgálatokat végző személyeken kívül – a csinosító festés előtt felfordítva (*1. melléklet, 8. ábra*), így senkinek nem lehetett képe a 0,80 mm-t is meghaladó, viszonylag nagy területre kiterjedő, foltszerű korróziós fogyásokról.

5.4. Milyen az AE-vizsgálat érzékenysége a nyomásfokozás egyes szakaszaiban?

– *A nyomásfokozás közben végzett AEV milyen eseményeket észlel a már hosszú időn keresztül üzemelt, többször „megnyomott" és most felszakadásig terhelt szerkezetben?*

a) Az AEV-i jegyzőkönyvek nagyon eltérő felépítést követnek. Ez természetes, hiszen semmilyen követelményt nem határoztunk meg előre. Ennek következtében az AE-események részletezése és értékelése is jelentősen eltérő: 7 oldaltól 130-ig terjed. Azt is látni kell, hogy a vizsgálat összenyomhatatlan közeggel történt, így még a „gyengébb" szivattyú legerősebb fojtásával is nagyon gyors nyomásnövelés alakult ki kb. 5–8 bar-ig. Ez a nyomás bőven benne van a tartály rendes üzemi nyomástartományában.

b) Az AEV érzékenységének megítélése szempontjából jelentős az első megállás (kb. 8–9 bar) és a megfolyási nyomás (~16–17 bar, illetve 27 bar) közötti szakasz. Miért érdekes?
1.) Ebbe a tartományba esik az üzemelő, 3 és 5 m^3-es pébégáztartályok felső nyomástartománya (a biztonsági szelep 15,6 bar-on határol).
2.) Ebbe a tartományba esik (kb. 12–13 bar) az időszakos felülvizsgálatként – a hazai gyakorlatban földgáz hozzáadásával – végzett gáznyomáspróbával végzett AE-vizsgálata.
Ebben a szakaszban a töltési zajok, a festékrepedezés és a rozsdapattogzás jelentették az AE-események hátterében álló fizikai eseményeket.

c) Az 5.1.d pontban már kitértünk arra, hogy a 24344-es tartályon 12,5 bar-nál a TPA egy kritikus aktivitásúnak (class 3) besorolt AE-forrást észlelt. Ennek az észlelésnek és a besorolásának a megítéléséhez nem hagyhatók figyelmen kívül a következők:
1.) A forrás lokalizálását kérvén tőlük, az adott köpenyöv teljes hosszvarratát (kb. 1500 mm) és a tartályláb teljes varratát megjelölték az osztrák kollégák. Az utólagos vizsgálat eredményét már ismertettük az 5.1.d szakaszban.
2.) A tartály a továbbiakban 37 bar belső nyomás terhelést kapott, s közben a szóban forgó helyen nem történt semmilyen károsodás.
3.) Az egyidejűleg 10-10 érzékelővel működő másik három AEV-i rendszer nem észlelte ezt az eseményt sem 12,5 bar-nál, sem a későbbiekben.
Ebből az következik, hogy vagy a TPA észlelése téves, vagy a többiek nemészlelése. Mindazonáltal a TPA-val további egyeztetést tervezünk, valamint a „gyanús hely" vizsgálatát folytatjuk mind roncsolásmentes, mind pedig roncsolásos vizsgálatokkal.

d) Az AEV érzékenysége szempontjából a második fontos szakasz a megfolyás jelenségéhez – vagyis a tartályköpeny anyagában meginduló képlékeny alakváltozáshoz – kötődik. Az AEV nagyon szépen érzékelte a megfolyást. Minden AEV-i mutatószám ekkor kelt életre, és a vizsgálat innen kezdve adott határozottan és egyértelműen értékelhető vizsgálati adatokat. A DUE-nek köszönhető animációban (*AEV-7b melléklet*) jól követhető a lokalizációs térkép fejlődése a nyomás függvényében: ebből kitűnik, hogy a megfolyás kezdetéig az AE-események száma igen csekély, eloszlásuk pedig lényegében véve véletlenszerű.

e) A nyomáscsökkentési szakasz utáni új nyomásnövelés során szépen kirajzolódott a Kaiser-effektus, vagyis az AE-események érzékelésének szünetelése a már előzőleg elért nyomásig. A Kaiser-effektusból adódóan tudomásul kell venni, hogy az adott típusú (preparálatlan) pébégáztartályban az AEV csak két esetben szolgáltathat károsodásra utaló jelet:
1.) A vizsgálati nyomás nagyobb, mint a korábbi nyomáspróbák nyomása (19–20 bar).
2.) Üzemelés közben új „hiba" keletkezett. Új hibaként reálisan nem jöhet más szóba, mint a korrózió okozta falvastagság-csökkenés, ezt mindkét tartály igen jól demonstrálta.

f) Az AEV érzékenysége szempontjából nagyon érdekes az a terhelési szakasz, amely jóval a megfolyási nyomás feletti, és közel esik a felszakadási nyomáshoz. Ebben a szakaszban az AEV kiértékelési tényezőiben olyan sajátos ingadozásokat, helyi és abszolút csúcsokat, illetve visszaeséseket lehet megfigyelni, amelyek értelmezésére nem vállalkoztak a kiértékelést végző kollégák, de remélhetőleg egyszer ezt is megvizsgálják majd, mivel alighanem páratlan mérésiadat-halmaz van a birtokukban.

g) Fontos eredménynek tartjuk, hogy a felszakadási nyomást egészen jó pontossággal előre lehet jelezni. Ez nem az AEV érzékenységével függ össze, hanem a mérnöki / matematikai / statisztikai / szoftveres módszerek fejlettségével. Az is egyértelmű, hogy ennek az előrejelzésnek előfeltétele a megfolyás, és az ezzel összefüggő AE-események érzékelése.

5.5. Mennyire megalapozott az MSZE 1728:2015 szerinti állapotértékelés?

– *Az MSZE 1728:2015 előszabványban leírt vizsgálatok eredményei megalapozzák-e a statisztikai elven alapuló állapotértékelést* és a módszer további, akár kiterjesztett alkalmazását*?*

a) A szóban forgó előszabvány a 13 m^3-nél kisebb űrtartalmú, föld feletti pébégáztartályok újraminősítésére határoz meg egy új eljárást. Alapja az MSZ EN 12817:2010 szabvány és a PÉBÉ-COOP által 2010-ben bevezetett műszaki szakértői rendszer. Ez utóbbit gyakran nevezik KOR-módszernek vagy „statisztikai módszernek” is.

b) Mivel a KOR-módszert és a szabványtervezetet az ellenzők egy része éles kritikával fogadta, sőt támadta, a PÉBÉ-COOP Kft. részéről teljesen érthető az a szándék, hogy az MSZE 1728:2015 szerinti eljárás megalapozottságát egy átfogó kísérleti programmal is ellenőrizze.

c) Az MSZE 1728 egyik pillérét az képezi, hogy a tartály kijelölt pontjain előírja a falvastagság mérését. Ezt az anyagvizsgálati módszert a EN 12817:2010-es szabvány ugyanolyan alternatív eljárásként határozza meg a víznyomáspróba helyettesítésére, mint pl. az AEV-ot. A tartályokon előre meghatározott pontokon kell mérni.

d) Az MSZE 1728 eljárásrendje szerint a korróziós foltokat fel kell kutatni, ott meg kell mérni a falvastagságot, és a mért értékek közül a legkisebbet kell betáplálni a szakértői rendszer adatbázisába. Mi következik ebből? Az, hogy a szakértői rendszer adatbázisába bekerül a tartály károsodása szempontjából legfontosabb adat: a korrózió – s immár egyértelmű, hogy a tartályköpeny külső oldali korróziója – miatt csökkenő vastagság valós értéke.

e) A „statisztika”, amely az MSZE 1728 másik pillére ekkor kezdődik. A falvastagság adataiból a szakértői rendszer korróziósebességet számol, és ezt vetíti ki a jövőre, vagyis becslést ad a maradék élettartamra. A maradék élettartam határ-falvastagságát az ún. szilárdsági szempontból szükséges falvastagság jelenti. Erősen konzervatív határérték, mivel, mint láttuk, a nagy területen, jóval a szilárdságilag szükséges falvastagság alá elvékonyított tartály is csak a biztonsági szelep határolónyomása felett folyt meg, és csak 37 bar-nál szakadt fel.

f) Az állapotértékelésnek és a maradék élettartam becslésének az MSZE 1728 szerinti módszerét lehet ugyan kritizálni vagy a nyomáspróbás „integritásvizsgálat” hívei által olykor lesajnálóan „statisztikai” módszernek nevezni, de azt tudomásul kell venni, hogy a világ minden pontján, ahol az állapotfelügyeletet valóban komolyan veszik, az ugyanilyen elvek mentén felépített statisztikai módszerek képezik az alapját a károsodási folyamat sebessége meghatározásának és a maradék élettartam becslésének.

g) Itt ki kell térni a föld feletti telepítésű pébégáztartályok időszakos ellenőrzésére, a hazai gyakorlatban „integritásvizsgálatként” elterjedten alkalmazott, akusztikus emissziós vizsgálat (AEV) alkalmasságának kérdésére is.
A korábbi és a most szerzett tapasztalatok értékelése alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a 12–13 bar belső nyomásig végzett nyomásfokozást több ok miatt sem lehet valódi integritásvizsgálatnak nevezni. Emiatt az alkalmassága, de még az értelme is, erősen kérdéses. Indokolásként a következőket fogalmazzuk meg.

- A tartály korábban már meg volt nyomva 19–20 bar-ra, majd AEV-tal akár többször is 13 bar-ra: emiatt szükségszerűen érvényesül a tárgyalt kísérletben is észlelt Kaiser-effektus.
- A 15,6 bar-os biztonsági szeleppel ellátott berendezésben az üzemi nyomás is elérheti az adott vizsgálati nyomás értékét, ezért a 12–13 bar nyomáson végzett nyomáspróba még rendes gáztömörségi próbának vagy szivárgásvizsgálatnak sem alkalmas.
- Az integritás – magyarul: a szerkezeti épség – értékelésének fontos eleme a korróziós hatások miatt bekövetkező épségváltozások felderítése is. A hazai gyakorlat szerint végzett AEV semmit nem tud megállapítani a korróziós károsodásokról. A kísérletekben láttuk, hogy a falvastagság feléig elvékonyított területen is csak a képlékeny alakváltozás megindulásakor jelentkeztek egyértelműen értékelhető AE-események. Azt is láttuk a kísérletekben, hogy az AEV-tal még a felszakadásos tönkremenetel nyomásértékét közvetlenül megelőzően sem sikerült a kritikus korróziós károsodási helyekre lokalizálni a tönkremenetel helyét.
- Az AEV alkalmasságának értékelése kapcsán végül arra is rá kell mutatni, hogy a hazai gyakorlat jelentősen különbözik a TPA által alkalmazott ausztriai gyakorlattól, és ez az el-

térés műszaki biztonsági kockázatot jelent. Az eltérés a hazai és pl. az ausztriai gyakorlattól abban áll, hogy míg Ausztrában a nyomásfokozást saját közeg (propán) hozzáadásával végzik, addig a hazai gyakorlatban fölgázt nyomnak a PB-hez. A földgáznak viszont a 97 %-a metán,amely sokkal kisebb sűrűségű gáz, mint a pébégáz. A tüzelőberendezések pébégázra beállított adagolóit, biztonsági szerelvényeit pedig nem földgázra tervezték.

h) Lényegét – tehát működési elveit és adatforrásainak jellegét – tekintve az MSZE 1728:2015 előszabványban meghatározott eljárás ugyanolyan típusú szakértői rendszer, mint a berendezések tömegéből felépülő létesítmények állapotfelügyeletére kifejlesztett Asset Integrity Management rendszerek (AIMS). Ilyen pl. a CredoSoft Credo5, az SGS AIM, a TWI RiskWISE / IntegriWISE, a DNV Synergi, az Antea Palladio, a Rosen Group ROAIMS, avagy a MOL üzemeiben (Százhalombattán és Tiszaújvárosban) használt, magyar fejlesztésű állapotfelügyeleti rendszerek, pl. a SKÁF-rendszer vagy a SAVASYS-rendszer.

i) Mit láttunk a jelen kutatásban vizsgált tartályoknál?
Mindkettő – a teljesen preparálatlan 24452-es tartály is – a legerősebb korróziós fogyás helyén ment tönkre, amely helyeket előzetesen pontosan feltártunk falvastagságméréssel. Ennél egyértelműbb igazolást nehéz lenne találni arra, hogy az európai szabványokban is, és a 1728-as magyar előszabványban is néven nevezett falvastagságmérés és az arra alapozott maradékélettartam-becslés nagyon is alkalmas a pébégáztartályok újraminősítésére.

j) Ki kell térni arra a fontos szempontra is, amely az MSZE 1728:2015 kezdeményezéséhez és kidolgozásához vezetett: ez a víznyomáspróba kérdése.
Óriási jelentőségűnek tartjuk, hogy a releváns európai szabványokban – pl. az EN 12817 és az EN 12819 – a víznyomáspróba időszakos vizsgálatként való helyettesítésének lehetőségét teljesen egyértelműen kijelentették. Azért fontos ez, mert a pébégáztartályok, de sok más nyomástartó edény esetében is a víznyomáspróbát minimum haszontalannak tartjuk, de ha az egyébként általunk már újra kimutatott korróziós hatását tekintjük, akkor károsnak is minősíthető. Ezzel a véleménnyel sok, tekintélyes hazai szakember egyetért. Ugyanakkor az ipari gyakorlatban meghatározó szerepet betöltő személyek, illetve szervezetek képviselőinek a műszaki gyakorlatában és gondolkozásmódjában még mindig az évtizedek óta szinte csodaszernek tartott víznyomáspróbához való ragaszkodás van jelen.

k) Az MSZE 1728 szerinti felülvizsgálati eljárás kidolgozásának az egyik alapvető hajtóereje az volt, hogy a víznyomáspróba alternatíváját jelentő módszer legyen kifejlesztve. Úgy véljük, hogy ezt a követelményt az MSZE 1728 teljes mértékben kielégíti, sőt, olyan kimeneti információt ad a tartályok állapotáról, amire a víznyomáspróba teljesen alkalmatlan.

l) Végül szeretnénk arra is felhívni a figyelmet, hogy az MSZE 1728 szerinti eljárás elvét is és gyakorlati elemeit is lehet, sőt, érdemes lenne kiterjeszteni. Az elv és a módszer lehetőséget kínál arra, hogy ne csak az adott típusú pébégáztartályok, hanem más nyomástartó edények időszakos ellenőrzésére is alkalmazzák új felülvizsgálati módszerként, és így el lehessen kerülni a megbontást és a nyomáspróbákat.

Budapest, 2016. november 10.

. . . . . .

Dobránszky János
tudományos tanácsadó

. . . . . .

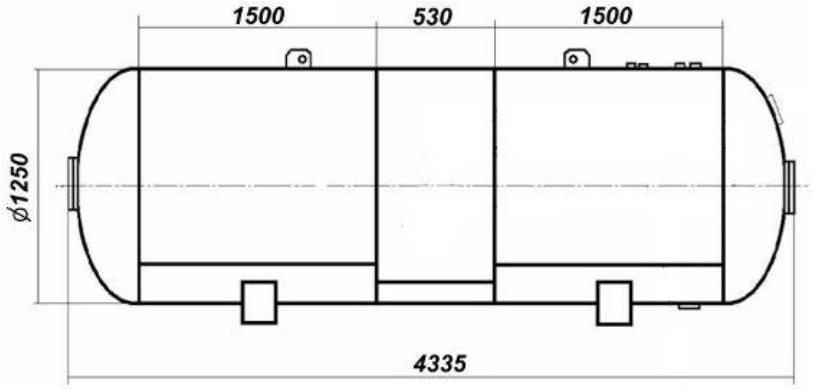
Dr. Szabó Péter János
tanszékvezető egyetemi tanár

A tartályok műszaki jellemzői és előzetes vizsgálata

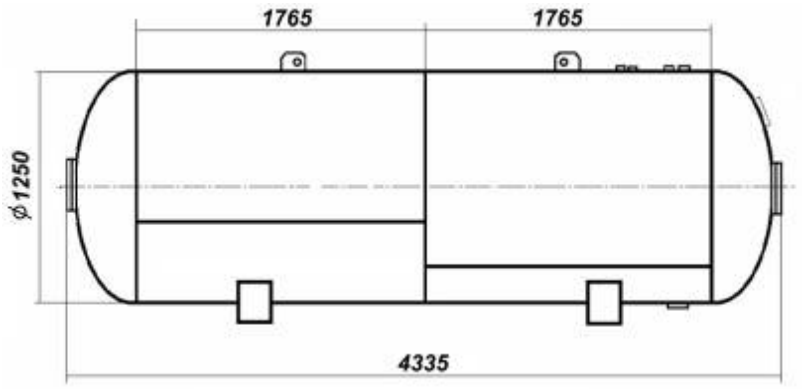
1. A tartályok műszaki adatai

Az *1. ábra* vázlatai szerinti szerkezeti kialakítású tartályok gyártási ideje 1996. (24452), illetve 1995. (24344). Mind két tartályt 1996-ban helyezték először üzembe, és a rendelkezésre álló dokumentumok alapján 2015. év végéig ugyanazon a helyen voltak felállítva, de az utolsó kb. 2 évben nem üzemeltek. Fontosabb gyártási adataik:

- Gyártó: Fém és Műanyagfeldolgozó Kft. Püspökladány
- Térfogat: 5000 L (4,85 m3)
- Köpeny: d1250×6, alapanyag: St52-3N.
- Mélydomború fenék: d1250×6
- Méretezési nyomás: 15,6 bar
- Próbanyomás: 19,5 bar, vizsgálóközeg: víz, idő: 30 min, hőmérséklet: 15°C.
- Tömörségi próba nyomása és közege: 7 bar, levegő.



a) Gyári szám: 24344 (1995.)



b) Gyári szám: 24452 (1996.)

1. ábra – A vizsgált tartályok szerkezeti vázlata

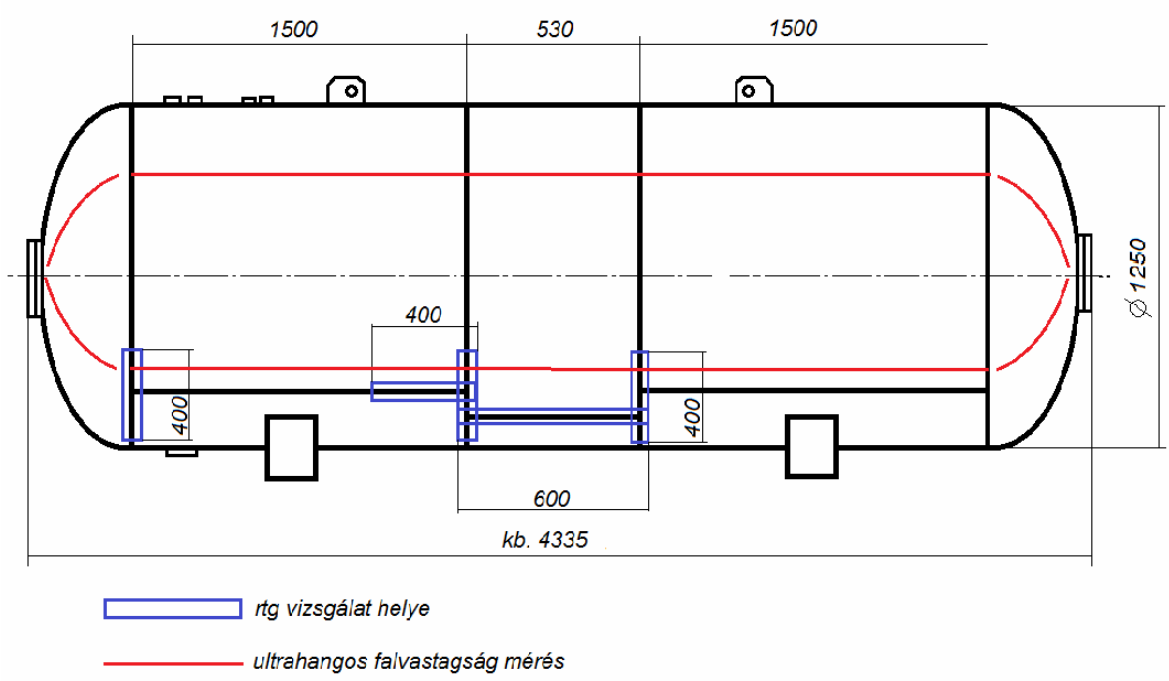
A gépkönyvek alapján a tartályok vizsgálati nyomása 12,5 bar, illetve 12,7 bar volt. Az időszakos vizsgálatok jegyzőkönyvei a külső korróziós eltéréseken kívül AE-vizsgálati eredményeket tartalmaznak. Részlet az időszakos felülvizsgálati jegyzőkönyvből (24344-as tartály, 2003-06-19): *„a NYEBSZ III (3) alapján a 462001 főigazgatói utasítás alapján akusztikus integritásvizsgálatot végeztem; a tartály meg nem engedhető aktivitást nem mutat”*.

A 24452-es tartályt többször megemeltük, modellezve ezzel az esetleges durvább szállítást és helyre emelést. A daruzás része volt a kb. 0,4 m magasságból a lábakra történt leejtés.

2. A tartályok előzetes állapotfelmérése

Az állapotfelmérés időpontja 2016. április 4., helyszíne Hajdúszoboszló, a PÉBÉ-COOP Kft. telephelye. A vizsgálatokat az ÁEF, a BME és a PÉBÉ-COOP szakértői végezték.

- Szemrevételezéses vizsgálat, külső, belső. Terjedelme a tartály 100 %-án, a belső oldal a két fenéken található vizsgálónyílásokon közvetlenül, illetve endoszkóppal.
- Ultrahangos falvastagságmérés. A *2. ábrán* látható piros vonalak mentén (a köpeny 4 alkotója, 90°-os osztással), kb. 300 mm-enként, és az edényfenekeken azok középpontja felé folytatva.
  A tartályok hengeres köpenyére és edényfenekeire (az ábrától kissé eltérően választott) négy alkotójuk mentén – 12ó, 3ó, 6ó, 9ó – egymástól egyenletes távolságra elhelyezkedő 10-10 db tényleges mérési pontot feljelöltük. Az edényfenekekre alkotónként 4-4 mérési pont került. Mindezeket szemlélteti a *3. ábra*.
- Mágnesezhető poros vizsgálat valamennyi hegesztett kötésen. A vizsgálat során a felmágnesezés 2–4 kA/m térerősséggel történt, a hegesztett kötések hosszirányára 45°-ban és 135°-ban, fekete-fehér eljárással; lásd a *16. ábrát*.
- Radiográfiai vizsgálat. A *2. ábrán* megjelölt helyeken.
  Képminőség: MSZ EN ISO 19232-3:2013 szerinti B osztály. Lásd a *17–22. ábrát*.



2. ábra – A falvastagságmérés és a radiográfiai vizsgálat helye a tartályokon;
(a 24452-es tartályon csak egy köpenykörvarrat s így kevesebb mérési hely található)

A 2016. április 4-én elvégzett külső szerkezeti vizsgálatokról az ÁEF Laboratórium Kft. anyagvizsgálati jegyzőkönyveket készített, amelyek alapján az ultrahangos falvastagságmérés eredményeit összegezve a *4. ábra* mutatja.

A falvastagságok diagramjait nézve szembeötlő, hogy az edényfenekek diagramjának vonalai erős ingadozást mutatnak; ez teljesen természetes, hiszen a melegalakítással végzett gyártás eredménye a változó falvastagság. A köpenylemezek esetében kicsik (legfeljebb ~0,10 mm) az eltérések az egyes alkotókon, illetve a középen / a végeken mért értékek között. A 24344-es tartály 3 lemeze is elkülönül. A fenék vastagsága jellemzően a legvastagabb, de ez csak a külső korróziós fogyástól mentes helyekre érvényes.

a)

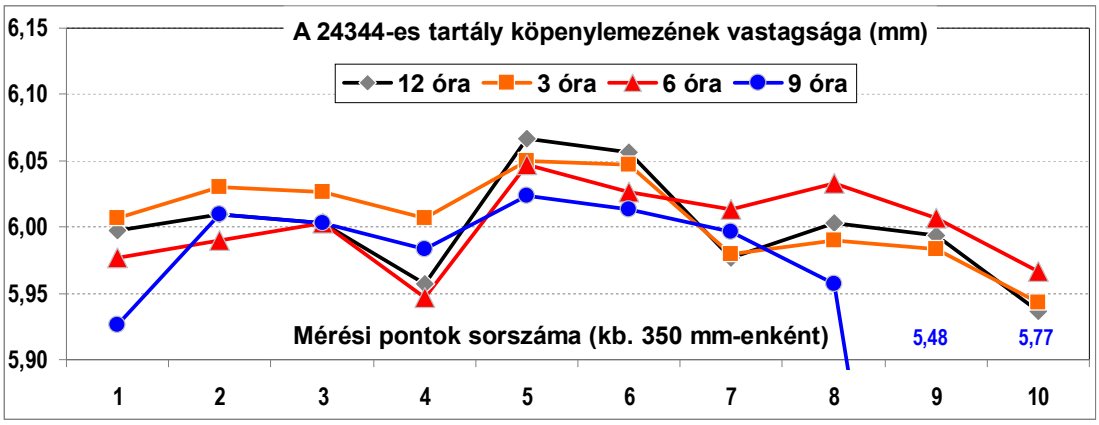
b)

c)

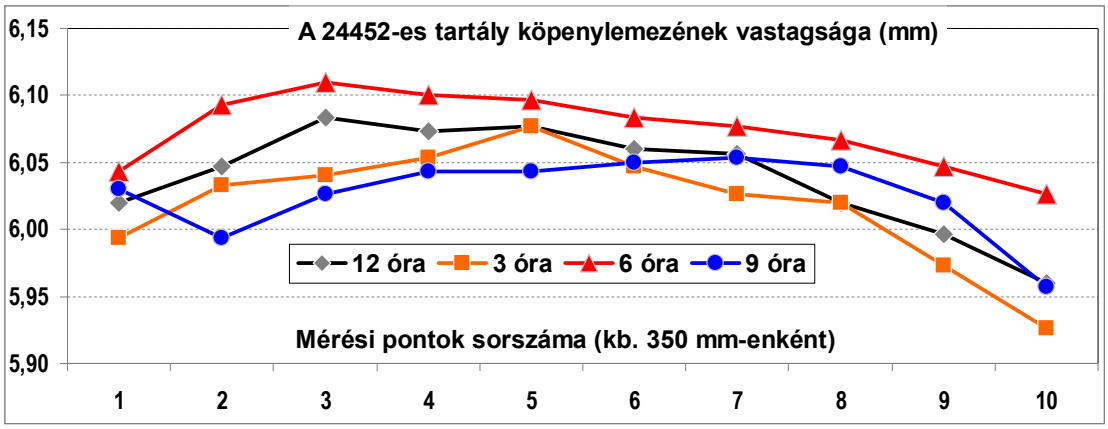
d)

e)

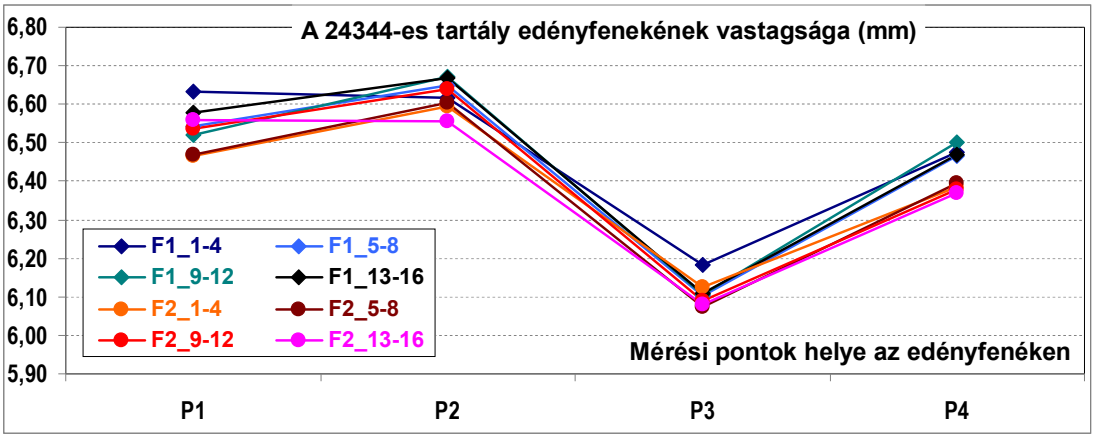
3. ábra – A kék színnel írt számok jelölik a falvastagságmérési helyeket



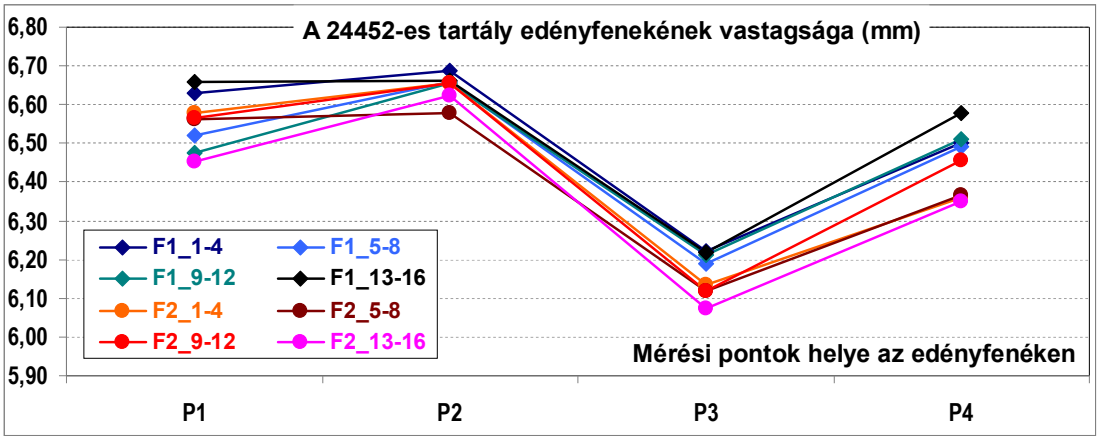
a)



b)



c)



d)

4. ábra – A két tartályon végzett falvastagságmérések eredménye

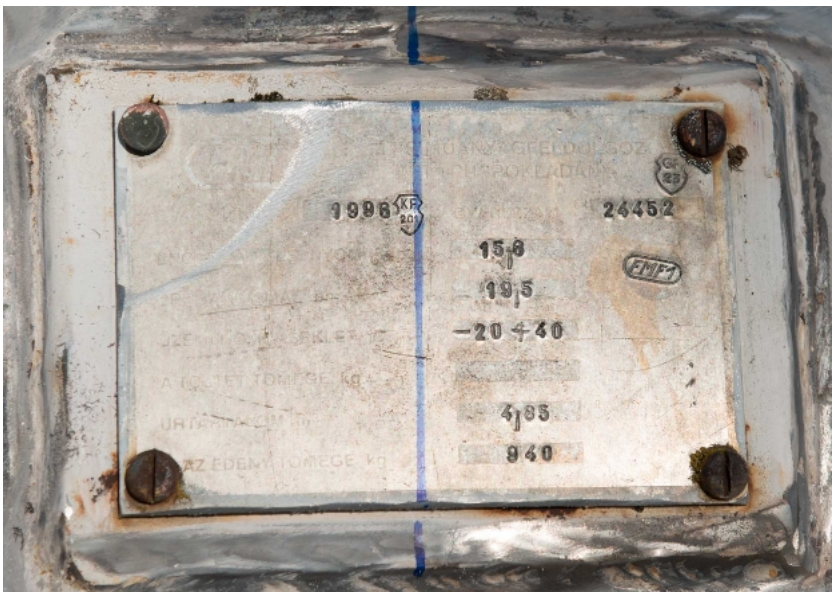
3. A tartályok vizuális vizsgálata

Az *5–8. ábrán* látható tartályokon végzett vizuális vizsgálat megállapításai a következők:

- A tartályokon mechanikai sérülés nem volt.
- A köpeny és a fenekek korróziós károsodása a külső felület nagy részén elhanyagolható, de mindkét tartály köpenyének alsó, talajhoz közeli részén igazán jelentős. A korrózió ott nagy felületre terjedt ki, és egyes, foltszerű bemaródásokban a falvastagság 0,6–0,8 mm-rel is lecsökkent; lásd az 5. fejezetet (*13–15. ábra*).
- A belső felületet korróziós szempontból értékelve megállapítható, hogy az teljesen károsodásmentes; lásd a 4. fejezetet (*9–12. ábra*).

a) b)

5. ábra – A 24344-es tartály az előzetes vizsgálatra előkészítve (2016. április 4.)



a)

b)

c)

6. ábra – A 24452-es tartály az előzetes vizsgálatra előkészítve (2016. április 4.)

a)

b)

c)

7. ábra – A 24452-es tartály az előzetes vizsgálatra előkészítve (2016. április 4.)

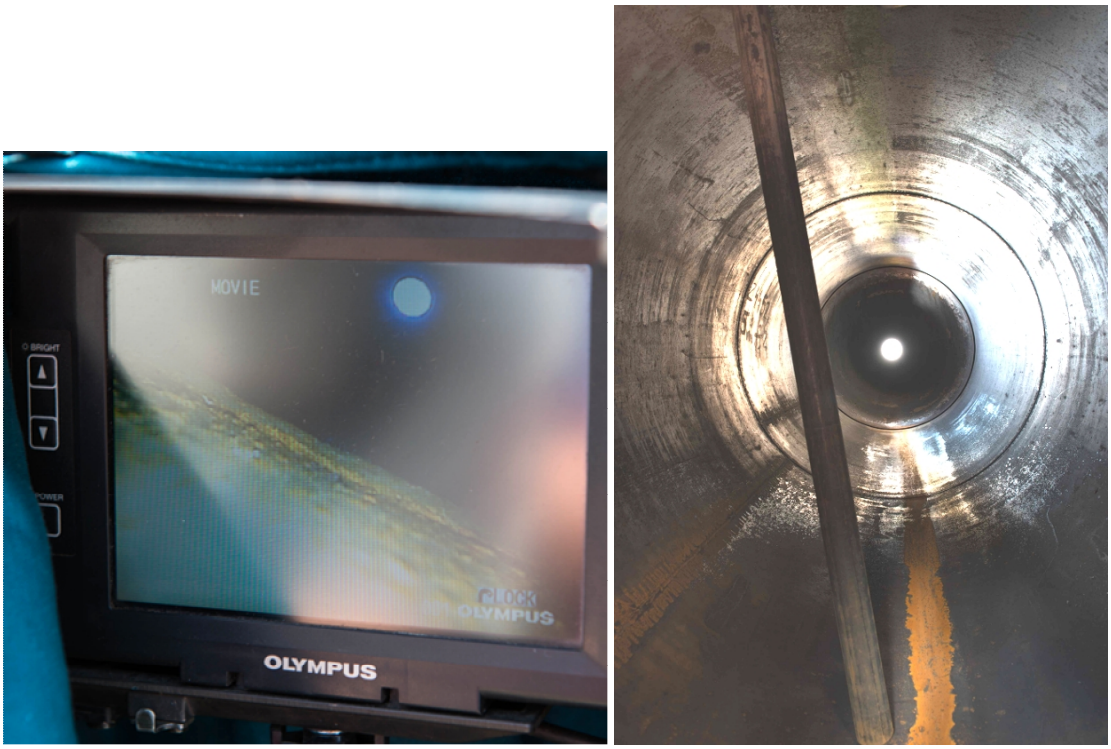
a)

b)

c)

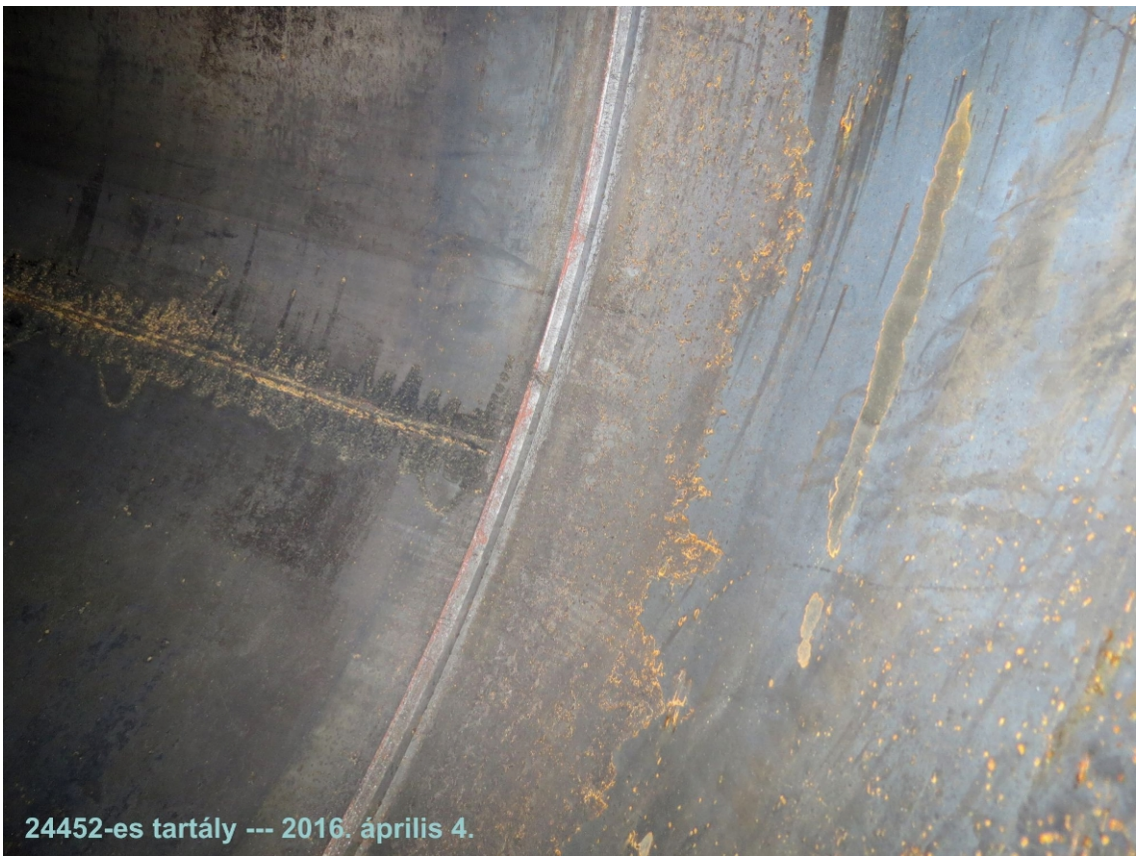
8. ábra – A 24452-es tartály az előzetes vizsgálat közben

4. A tartályköpeny belső korróziós állapotának vizuális vizsgálata

a) 

b)

9. ábra – A 24452-es tartály endoszkópos és egyszerű vizuális vizsgálata



c)

10. ábra – A 24452-es tartály belső felületének fényképe: teljesen ép felület

a)

b)

11. ábra – A 24452-es tartály: teljesen ép belső felület

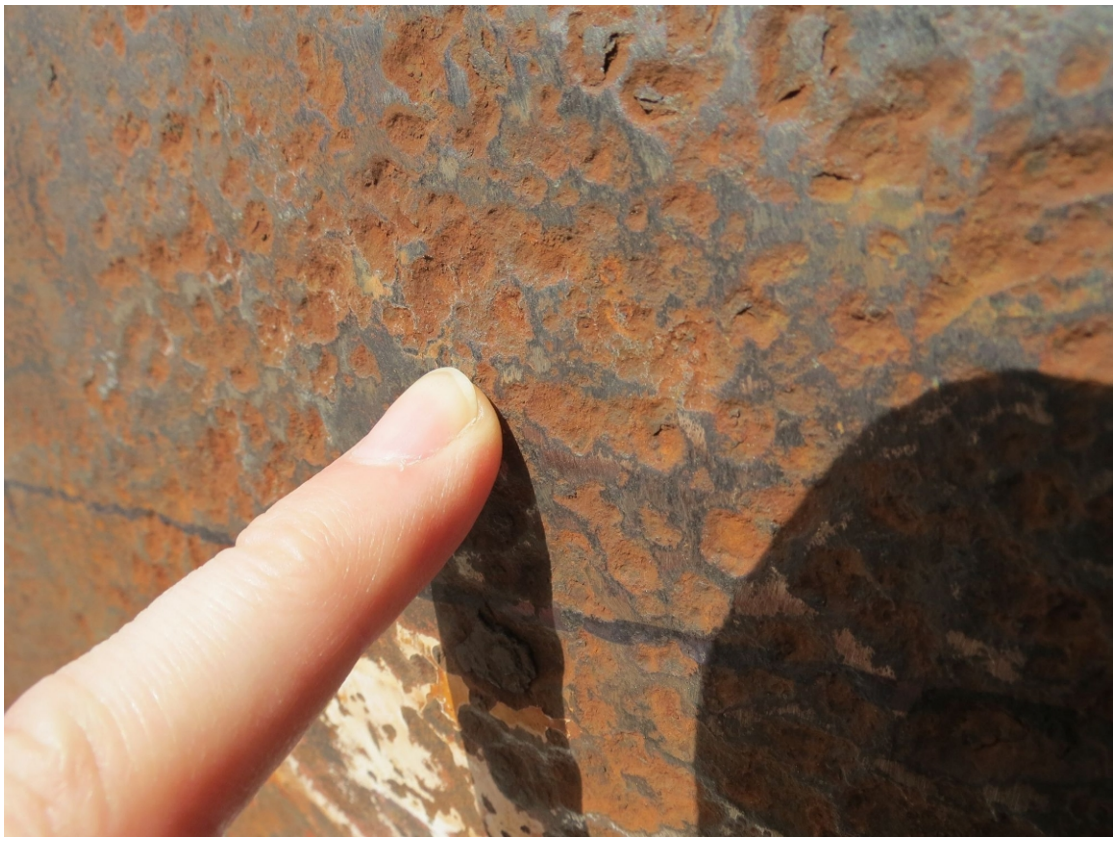
a)

b)

12. ábra – A 24344-es tartály: teljesen ép felület, csak a tisztítás után bent maradt víz okozta nagyon enyhe futórozsda látható a felületen

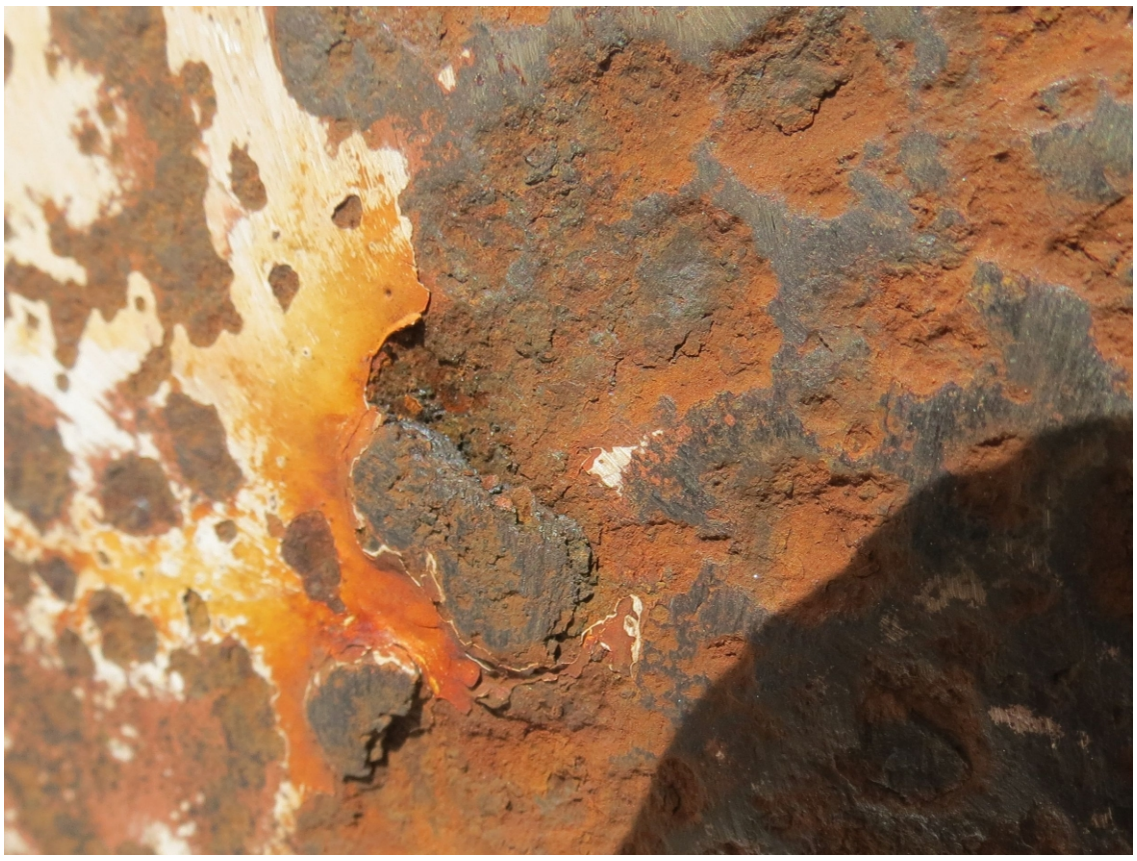
5. A tartályköpeny külső korróziós állapotának vizuális vizsgálata

a)



b)

13. ábra – Erős külső korrózió a 24344-es tartály köpenyének alsó részén (hasán)



a)

b)

14. ábra – Erős külső korrózió a 24344-es tartály köpenyének alsó részén (hasán)

a)

b)

15. ábra – Erős külső korrózió a 24344-es tartály köpenyének alsó részén (hasán)

6. A tartályok varratainak mágnesezhető poros vizsgálata

a) b) c) d) e) f)

16. ábra – A mágnesezhető poros vizsgálat folyamatának néhány képe; a teljes varrathosszon (kb. 20,5 m) egyetlen indikáció mutatkozott, amely a d)-f) képeken látható (K2-es körvarrat)

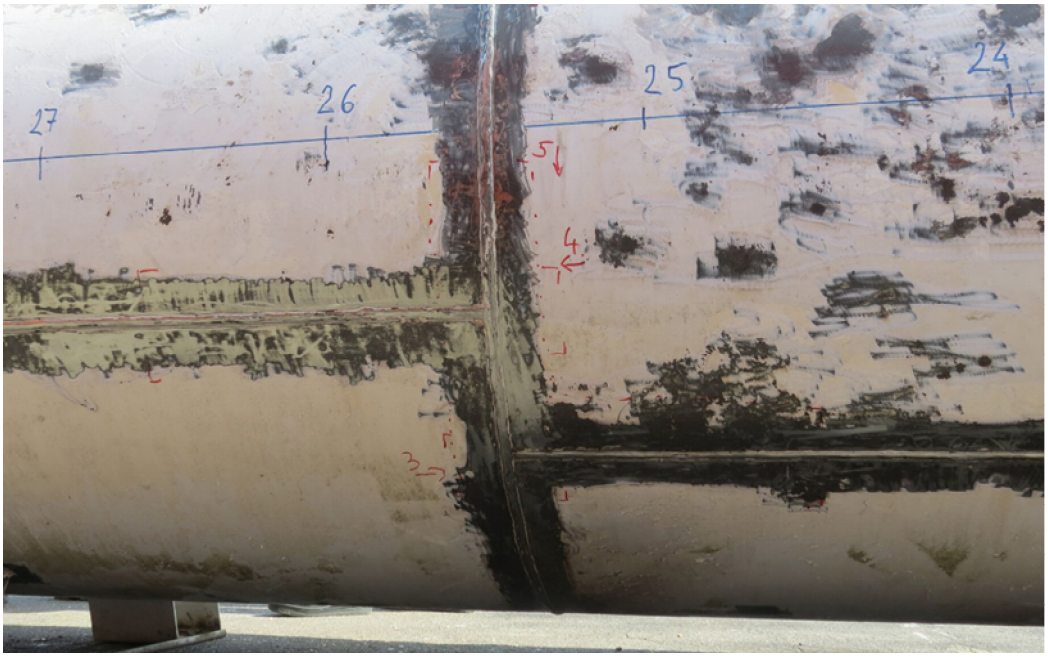
6. A tartályok varratainak radiográfiai vizsgálata

a)

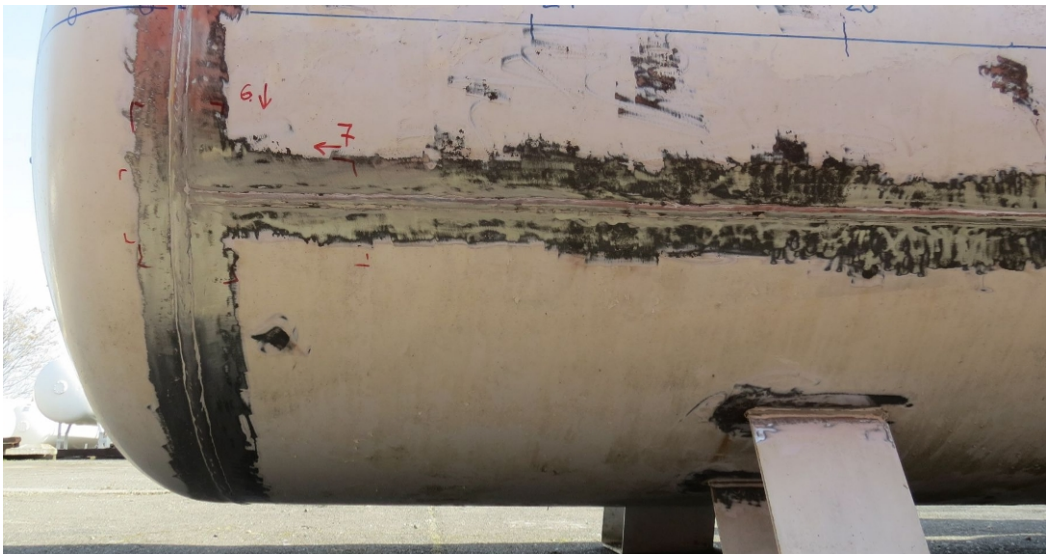
b)

17. ábra – A 24344-es tartály radiográfiai vizsgálati helyeinek kijelölése (piros jelzésekkel)

a)



b)



c)

18. ábra – A 24452-es tartály radiográfiai vizsgálati helyeinek kijelölése

Vizsgáló laboratórium: Testing laboratory:	RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV RADIOGRAPHIC TEST REPORT	Jegyzőkönyv száma: Report no.:	2016/29 Old sz.: 1/1
GÉPÉSZ ÉS IRÁNYITÁSTECHNIKAI KARBANTARTÓ ÉS SZERELŐ KFT.		Kiállítás dátuma: Date:	2016.04.06

Vizsgálat tárgya: Object:	Pébé-coop Kft. FMF 24344, FMF 24452 gyári számú PB tartály	Megrendelő: Customer:	PÉBÉ-COOP Kft.
		Rendelési szám: Purchase order no.:	
Munkaszám: Job number:		Gyári szám: Manufacturer S/N:	

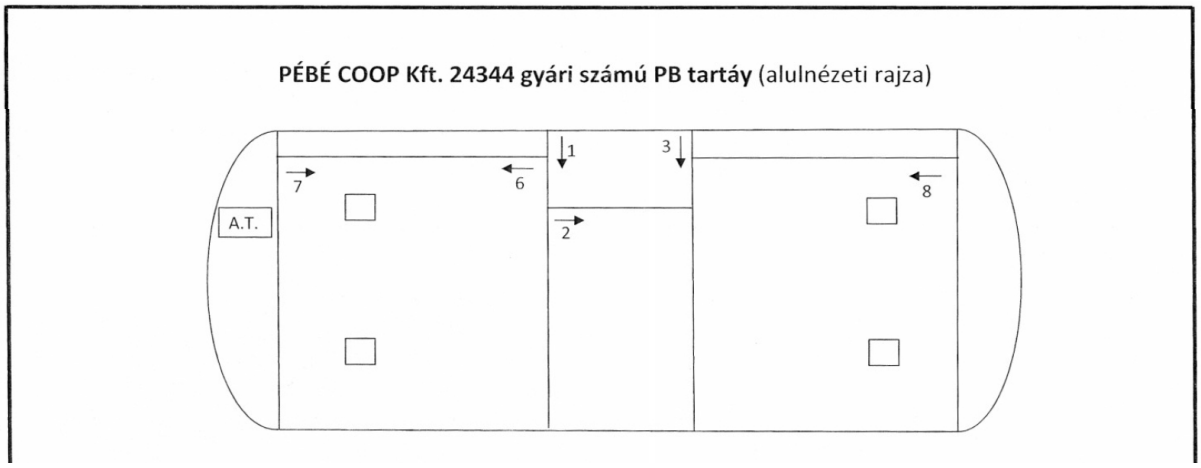
												Képmin. jelző helye Placement of IQI					Értékelés/Evaluation			
		mm	mm	mm	Fe			TBq	sec	cm										
Rajzszám: Drawing No:	Filmjel: Varratszám Film marking: Weld-Nr:	Méret: Size:	Névleges falvastagság Nominal thickness	Átsugárzott vastagság Penetrated thickness	Képminőségjelző Type of IQI	Film feketedés Film density	IQI	Aktivitás Activity	Megvilágítási idő Time of exposure	Sugárforrás-film táv. Source-to film	Film közel Near to film	Film távol Far to film	Felvétel elrendezés (7.1) Specification of exam (7.1)	Hegesztési eljárás/ Hegesztési varrat típusa Welding process/ Geometry of the weld	Hegesztő jele Welder stamp	Megfelel Satisfactory	Nem felel meg Not acceptable	Hibakód Flaw code	Hiba helye (cm) Flaw location
FMF 24344	1	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2	540	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	3	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	6	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	7	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	8	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
FMF 24452	2-1	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-2	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-3	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-4	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-5	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-6	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X			
	2-7	480	7	9	10	2,5	W15	0,8	280	61	X		3			X		2011	15

Vizsgálati előírás: Specification of Test:	MSZ EN ISO 17636 "B"	Vizsgálati osztály az EN 1435 szerint: Radiographic class to EN 1435:	B
Értékelési előírás: Evaulation:	MSZ EN ISO 12517-1 "level 1"	Vizsgálat terjedelme: Extent of examination:	100%
Hőkezelés: Heat threatment:	-	Veszélyességi kategória: Hazard category:	PED IV
Alkalmazott vizsgálati eljárás: Radiographic technique:	IZOTOP	Alkalmazott berendezés típusa: Identification of equipment used:	TAK 4
Sugárforrás: Radiation source:	Ir-192	Fókuszfolt vagy izotóp mérete: Focal spot of isotope source size:	2x1,25mm
Filmosztály/Típus: Film sys. c. designation/brand:	Fuji IX 100	Fóliafajta és vastagsága: Type and thickn. of intensifying sceen:	Pb 0,02
Film kidolgozás módja: Processing technology:	Kézi: Normal X Automata: Automatic: -	Alkalmazott jelölés módja: System of marking used:	Festékmarker
Vizsgálatot végezte: Tested by:	Török József	Vizsgálat időpontja: Datum of testing:	2015.04.04

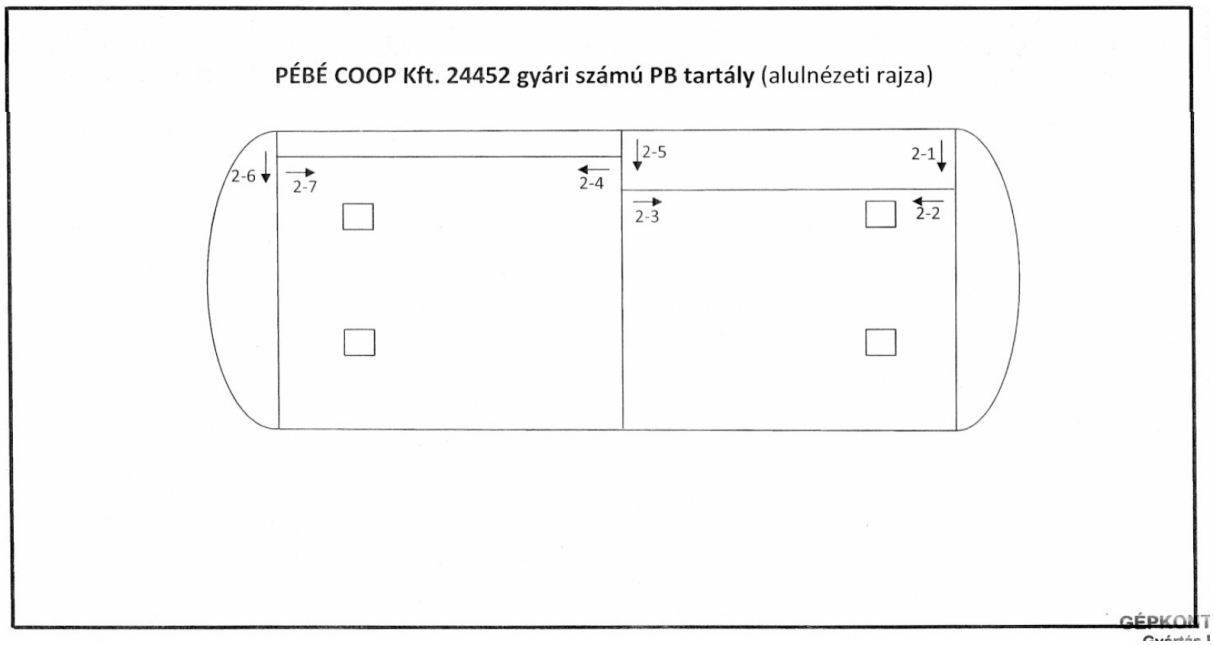
Értékelő: Evaluated by:	Jóváhagyta: Applicated by:	Ellenőrizte: Super visor:

GÉPKONTROLL KFT.
Gyártás Előkészítő
Ellenőrző Csoport
M E O
4201 Hajdúszoboszló, Pf.: 146

19. ábra – A radiográfiai vizsgálat jegyzőkönyve, 1. oldal



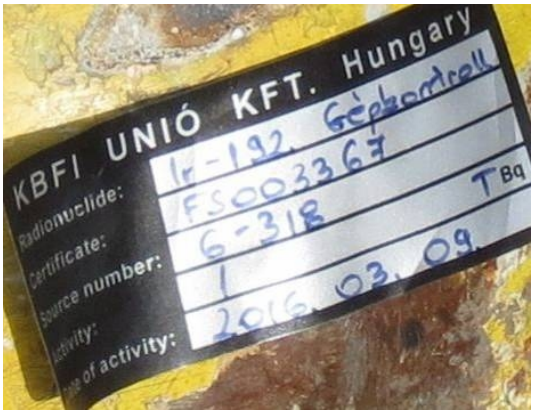
a)



b)

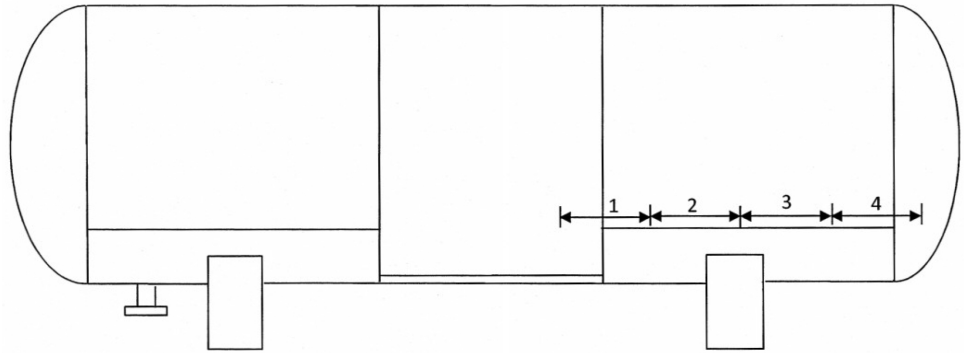
20. ábra – A radiográfiai vizsgálat jegyzőkönyve, 2–3. oldal

a)



b)

21. ábra – A vizsgálathoz használt izotóptartó



Vizsgáló laboratórium: Testing laboratory: GÉPÉSZ ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI KARBANTARTÓ ÉS SZERELŐ KFT.	RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV RADIOGRAPHIC TEST REPORT	Jegyzőkönyv száma: Report no.:	2016/57 Old.sz.: 1/1
		Kiállítás dátuma: Date:	2016.06.09

Vizsgálat tárgya: Object:	Pébé-coop Kft. FMF 24344, gyári számú PB tartály	Megrendelő: Customer:	PÉBÉ-COOP Kft.
		Rendelési szám: Purchase order no.:	
Munkaszám: Job number:		Gyári szám: Manufacturer S/N:	

											Képmin. jelző helye Placement of IQI					Értékelés/Evaluation			
		mm	mm	mm	Fe			TBq	sec	cm									
Rajzszám: Drawing No:	Filmjel: Varratszám Film marking: Weld-Nr:	Méret: Size:	Névleges falvastagság Nominal thickness	Átsugárzott vastagság Penetrated thickness	Képminőségjelző Type of IQI	Film feketedés Film density	IQI	Aktivitás Activity	Megvilágítási idő Time of exposure	Sugárforrás-film táv. Source-to film	Film közel Near to film	Film távol Far to film	Felvétel elrendezés (7.1) Specification of exam (7.1)	Hegesztési eljárás/ Hegesztési varrat típusa Welding process/ Geometry of the weld	Hegesztő jele Welder stamp	Megfelel Satisfactory	Nem felel meg Not acceptable	Hibakód Flaw code	Hiba helye (cm) Flaw location
	1	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X			
	2	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X		2011	44
	3	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X		2013	94-95
	4	480	7	9	10	2,5	W15	0,5	580	64	X		3			X			

Vizsgálati előírás: Specification of Test:	MSZ EN ISO 17636 "B"	Vizsgálati osztály az EN 1435 szerint: Radiographic class to EN 1435:	B
Értékelési előírás: Evaulation:	MSZ EN ISO 12517-1 "level 2"	Vizsgálat terjedelme: Extent of examination:	100%
Hőkezelés: Heat threatment:	-	Veszélyességi kategória: Hazard category:	PED IV
Alkalmazott vizsgálati eljárás: Radiographic technique:	IZOTOP	Alkalmazott berendezés típusa: Identification of equipment used:	TAK 4
Sugárforrás: Radiation source:	Ir-192	Fókuszfolt vagy izotóp mérete: Focal spot of isotope source size:	2x1,25mm
Filmosztály/Típus: Film sys. c. designation/brand:	Fuji IX 100	Fóliafajta és vastagsága: Type and thickn. of intensifying sceen:	Pb 0,02
Film kidolgozás módja: Processing technology:	Kézi: Normal X Automata: Automatic: -	Alkalmazott jelölés módja: System of marking used:	Festékmarker
Vizsgálatot végezte: Tested by:	Török József	Vizsgálat időpontja: Datum of testing:	2015.06.10
Értékelő: Evaluated by:	Jóváhagyta: Applicated by:	Ellenőrizte: Super visor: GÉPKONTROLL KFT. Gyártás Előkészítő Ellenőrző Csoport	

22. ábra – A TPA KKS jelzése alapján elvégzett, kiegészítő radiográfiai vizsgálat jegyzőkönyve az akusztikus emissziós vizsgálat során – a tartály vázlatán megjelölt varratban – észlelt zajforrás azonosítása érdekében

Budapest, 2016. október 15.

. . . . .	. . . . .
Dobránszky János	Dr. Szabó Péter János
tudományos tanácsadó	tanszékvezető egyetemi tanár

A 24452-es tartály felszakítási kísérlete

A 24452-es tartály felszakítási kísérlete első szakaszának jellegzetes részleteit az *1–2. ábra* képsorozatai szemléltetik különféle nézetekből.

A *3–4. ábra* a második szakaszban bekövetkezett felszakítás utáni állapot jellegzetességeit mutatja.

Az *5–7. ábrán* a tartály felszakadás utáni állapota, valamint a felszakadáskor keletkezett repedés töretfelületének jellegzetes részletei láthatók. A 24344-es és a 24452-es tartály terhelési folyamatának részleteit a *4. melléklet* és az *5. melléklet* mutatja videokivonat formájában.

2016-05-12_17-33 + 0p03

2016-05-12_17-33 + 2p00

2016-05-12_17-33 + 7p00

1. ábra – A 24452-es tartály a felszakítási kísérlet első szakaszának egyes pillanataiban; 1–3. kép (a képsorozat folytatódik). A képek jobb alsó sarkánál a dátum (2016-05-12) és kezdési időpont (17:33) utáni időadat értelmezése, pl. +0p03 = + 0 perc és 3 másodperc

2016-05-12_18-05 + 0p00

2016-05-12_18-05 + 5p00

2016-05-12_18-05 + 10p00

2016-05-12_18-05 + 15p00

1. ábra – A 24452-es tartály a felszakítási kísérlet első szakasz, 4–7. kép (folytatódik)

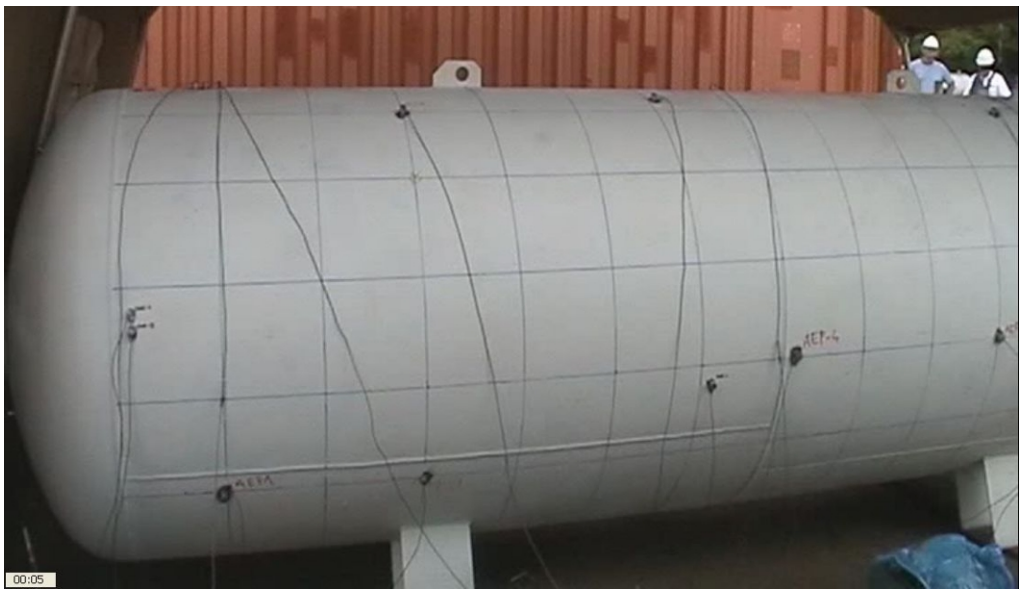
2016-05-12_18-05 + 20p00

2016-05-12_18-05 + 22p48

2016-05-12_18-08 + 0p01

2016-05-12_18-08 + 1p30

1. ábra – A 24452-es tartály a felszakítási kísérlet első szakaszának egyes pillanataiban; 8–11. kép (a képsorozatnak itt van vége)



a)

b)

c)

2. ábra – 24452-es tartály, felszakítási kísérlet, 1. szakasz, 1–3. kép (folytatódik)

d)

e)

f)

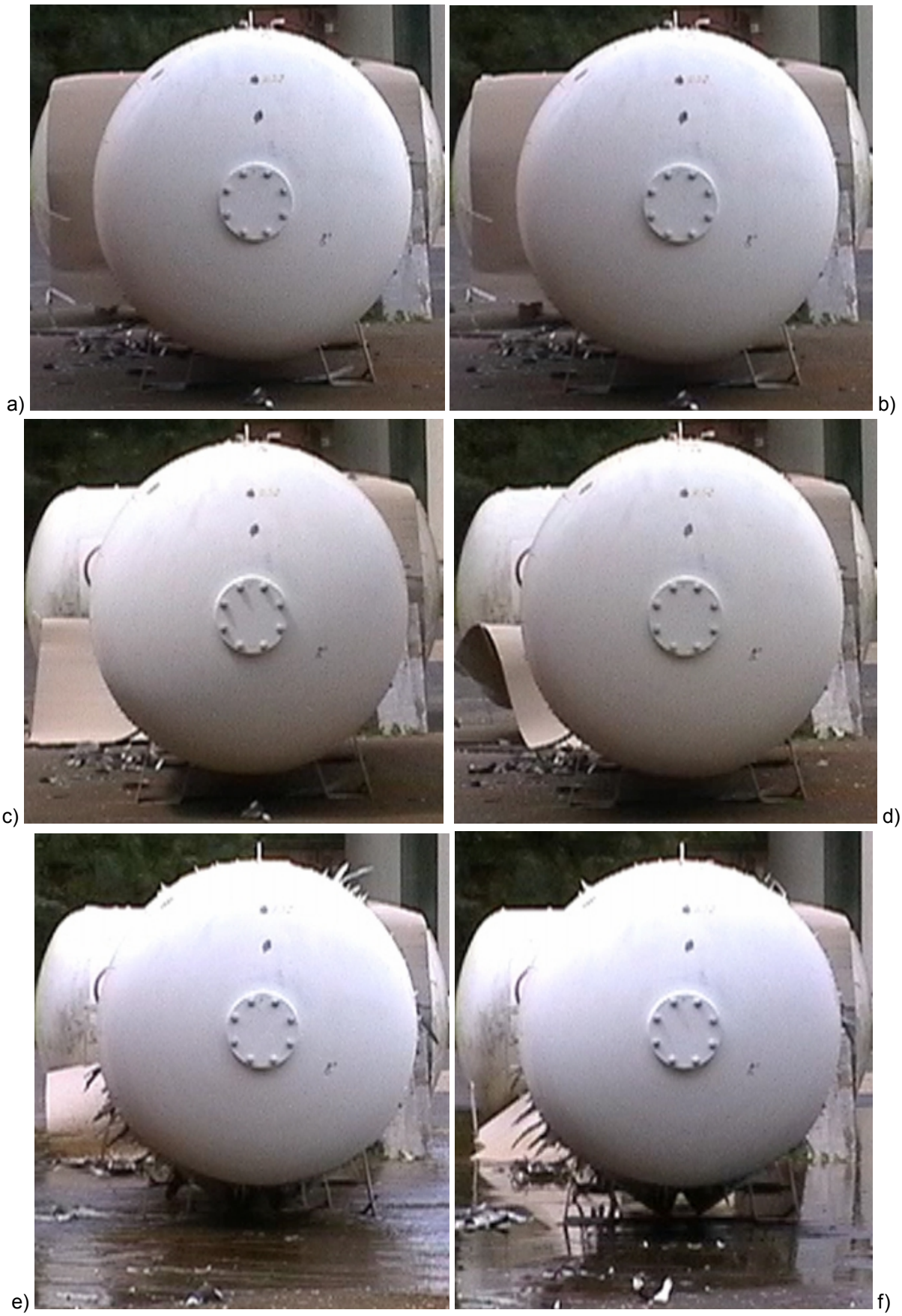
2. ábra – 24452-es tartály, felszakítási kísérlet, 1. szakasz, 4–6. kép (folytatódik)

g)

h)

i)

2. ábra – 24452-es tartály, felszakítási kísérlet, 1. szakasz, 7–9. kép (a képsorozat vége)



3. ábra – A 24452-es tartály a felszakítási kísérlete, második szakasz, a hátsó fenék felőli nézet

a)

b)

c)

4. ábra – A 24452-es tartály a felszakítás után

a)

b)

c)

d)

5. ábra – A 24452-es tartály a felszakítás után

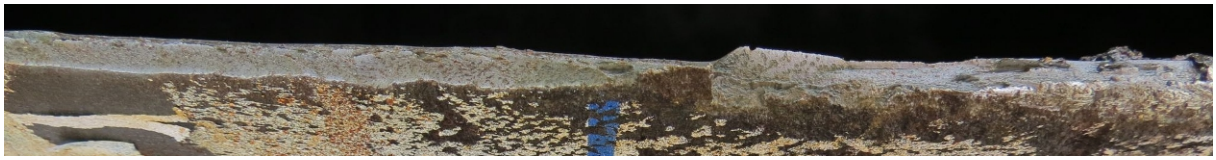
a)

b)

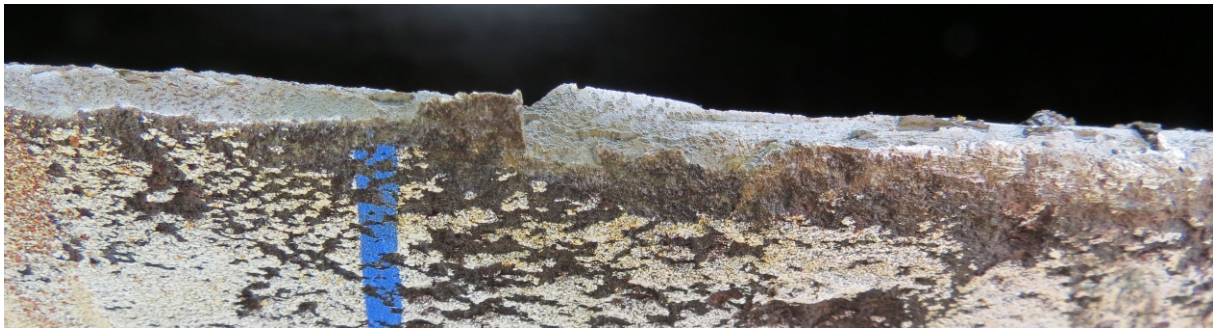
c)

6. ábra – A 24452-es tartály a felszakítás után

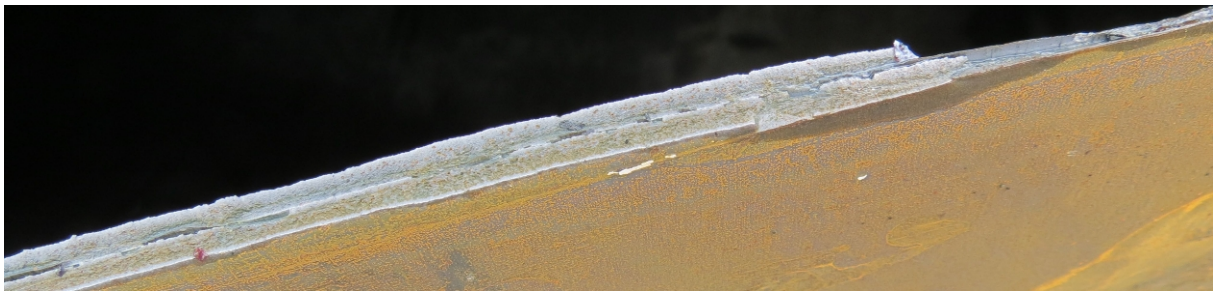
a)



b)



c)



d)

e)

7. ábra – A 24452-es tartályon keletkezett repedés töretfelületének jellegzetes részletei

Budapest, 2016. október 15.

. . . . .	. . . . .
Dobránszky János	Dr. Szabó Péter János
tudományos tanácsadó	tanszékvezető egyetemi tanár

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS-EMISSZIÓS ELEMZÉS PB TARTÁLY KÍSÉRLETI JELLEGŰ TERHELÉSÉHEZ

Ügyintézőnk: Zsoldos Zsuzsanna
Munkaszám: -
Hiv.sz.: -

Rendelő: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintézőjük: Hajdu István
Megrendelési szám: -
Rendelés kelte: 2016. 05.

Tárgy**: 1-es számú gyengített PB tartály** (gy.sz.: **24344/1995**) akusztikus emissziós vizsgálata

Az AE mérés időpontja:	2016. 05. 12
Helye:	Hajduszoboszló, PÉBÉ-COOP Kft.
Vizsgálóberendezés:	20 csatornás Sensophone
A mérést végezte:	Zsoldos Zsuzsanna, Fehérvári Attila
A kiértékelést végezte:	Zsoldos Zsuzsanna

A vizsgálandó berendezés adatai:

Gyári szám, egyedi azonosító: **24344**
Felállítás helye: PÉBÉ Coop Kft, Hajdúszoboszló
Gyártó: FMF
Gyártási év: 1995
Térfogat: 5 m^3
Maximális próbanyomás a gyártóműben: 19,6 bar

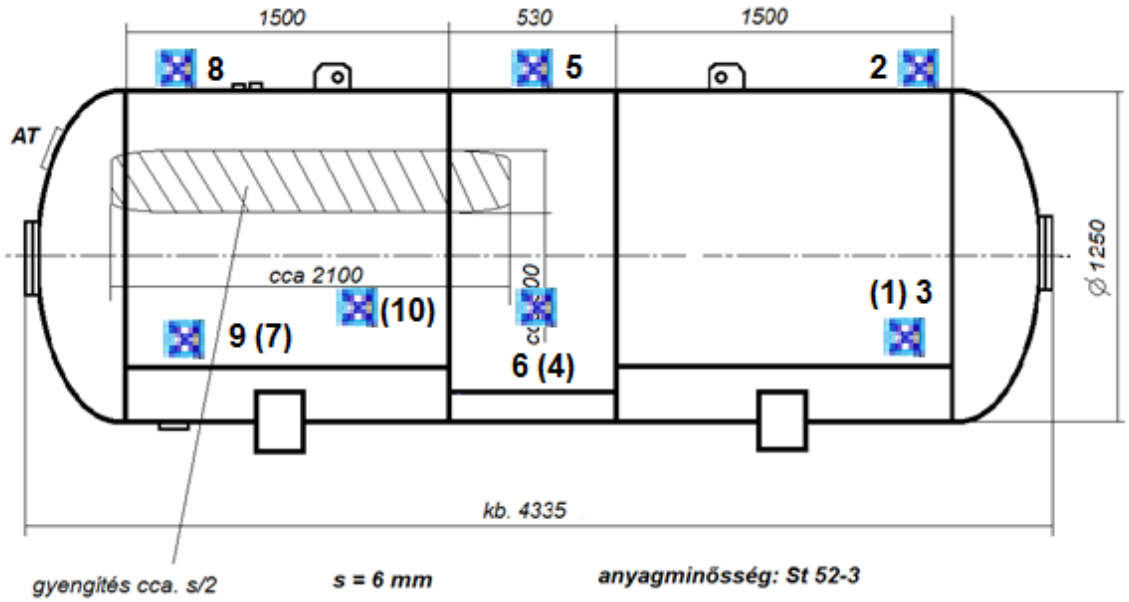
AE jelrögzítés és kiértékelés: a műszerhez csatlakoztatott IBM-PC/AT kompatibilis számítógép segítségével történt.

A beállított mérési paraméterek:

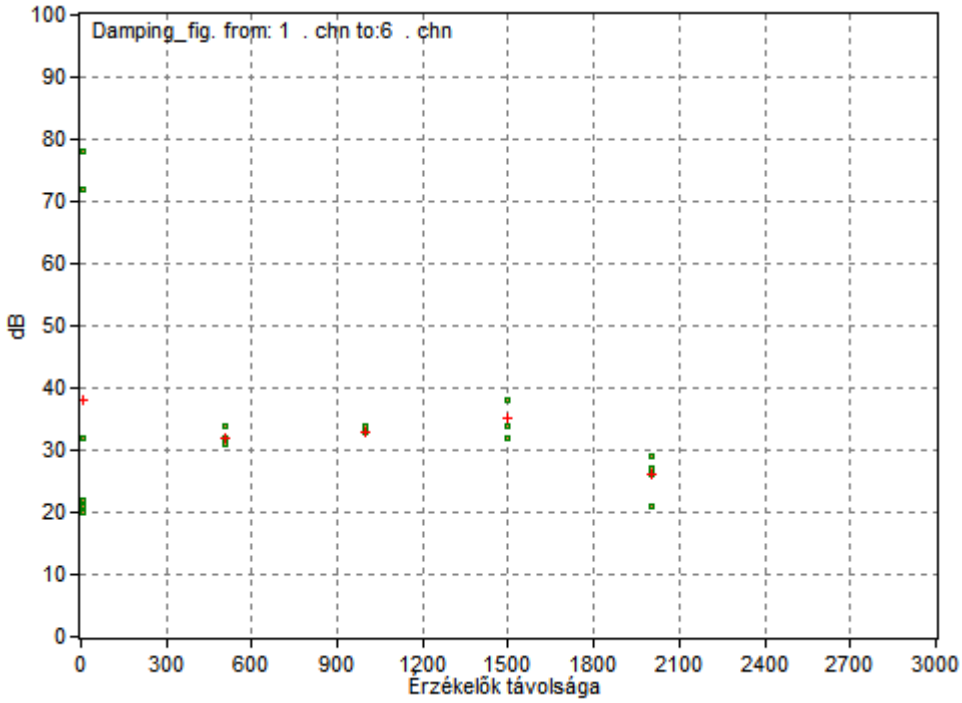
Threshold: 16 dB, fix
Erősítés: logaritmikus
Holtidő: 40000 µs
Érzékelők száma, típusa: 10 db.; AM-15 önerőből mágneses
1: 070; 2: 065; 3: 066; 4: 067; 5: 060; 6: 061; 7: 062; 8: 063; 9: 068; 10: 069)
Csatoló anyag: Medintech UH gél
Paraméterjel: 0-250 bar-os nyomás távadó, ifm electronic (20421A); 500 ms mintavét. idő.
A lokalizáláshoz 4800 m/s átlag sebességet alkalmaztunk.
Az érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja (gyengítés túloldaláról nézve).
A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás és hanggyengülés (ld. 2 ábra) teszteket végeztünk. A nyomásfokozás megrendelő végezte, vízfeltöltéssel. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja (nyúlásmérés szoftveréből nyert diagram, az általunk végzett akusztikus mérés kezdeti időpontja ettől eltér).

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

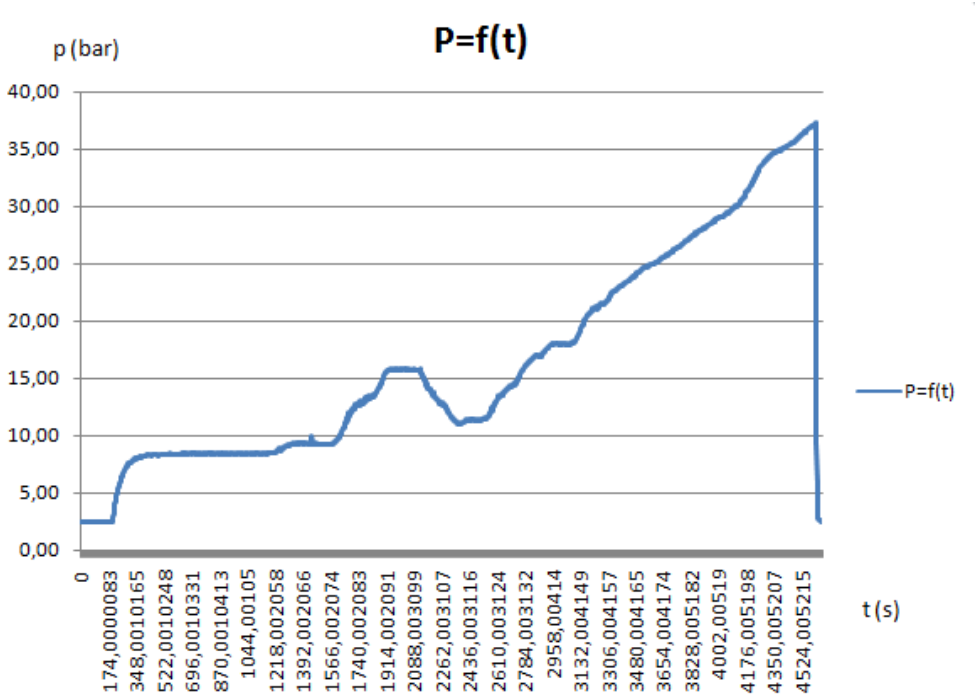


1. ábra



2. ábra

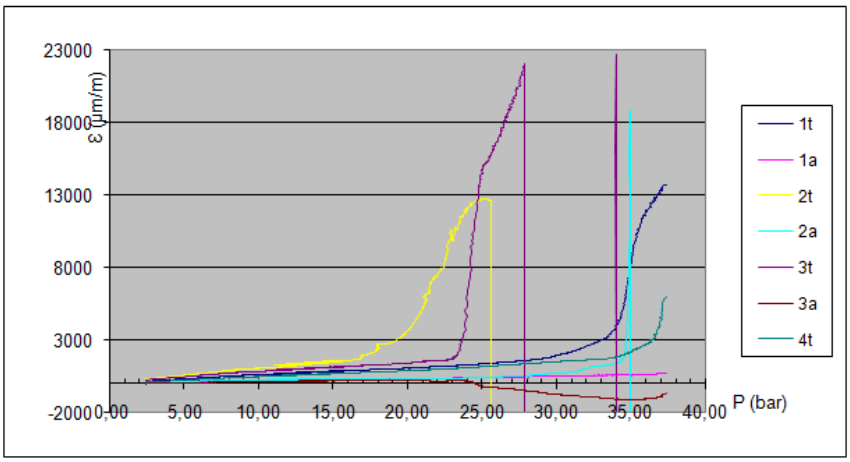
- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.



3. ábra

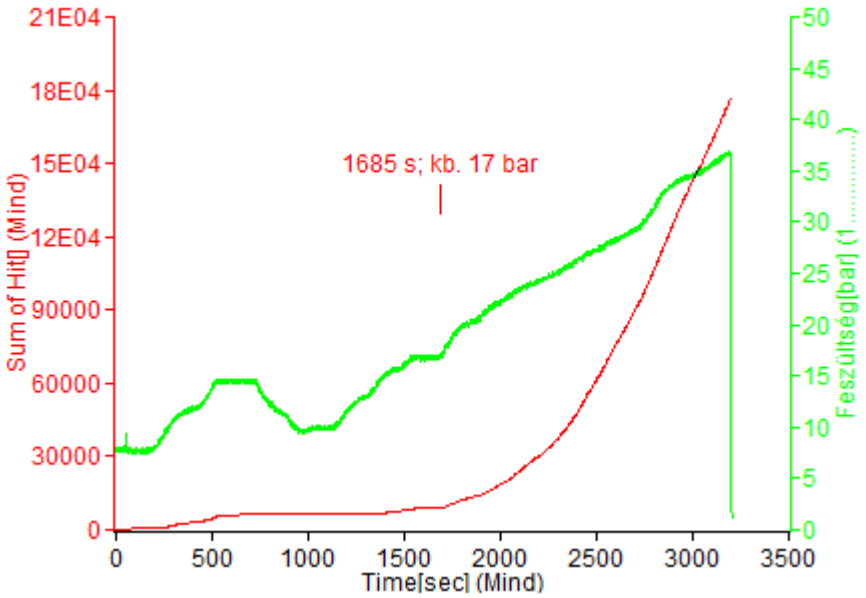
Értékelés

A nyúlásmérő bélyeges mérés eredményei alapján a folyás 17 bar-t megelőzően vélhetően megkezdődött. A kapott diagram alapján 17 bar-ra tettük azt a pontot, ahonnan ez egyértelműen látható (ld. 4. ábra, sárga görbe). A kb. 17 bar-os (kb. 1674-1690 s időintervallum) nyomáshoz tartozó szakaszt a továbbiakban az akusztikus mérésből nyert diagramokon feltüntettük.



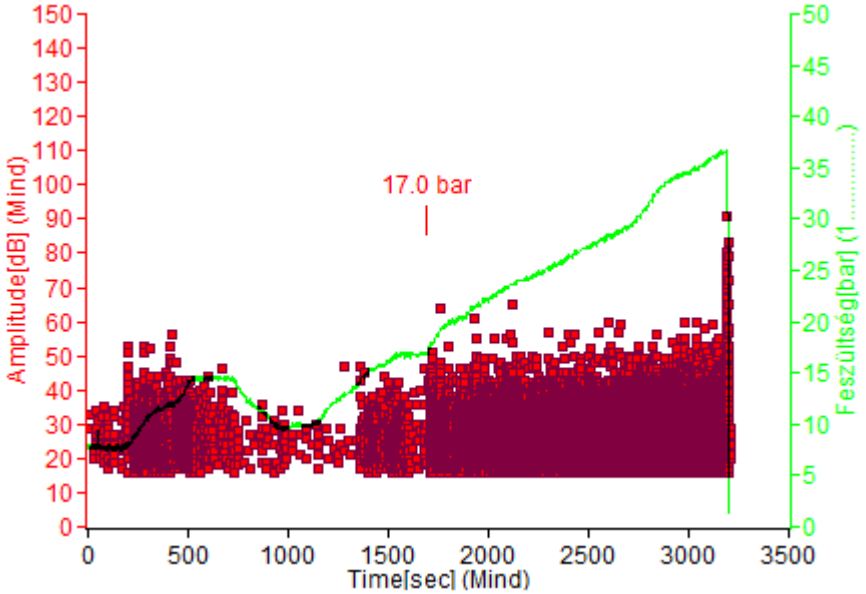
4. ábra

Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat az 5-7. ábra mutatja. Az 5. ábra az 10 db. fej által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében.



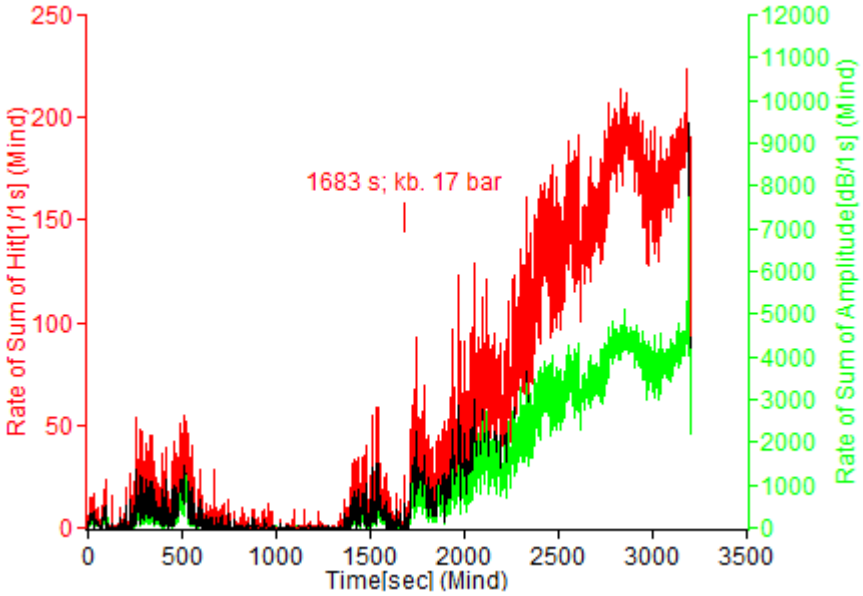
5. ábra

A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki, de számuk a folyást követően jelentős mértékben nő, ami nagy valószínűséggel az anyagból származó akusztikus beütések megjelenésének következménye. Az összes beütésszám görbe alakja megfelel a vártnak. *Az összes beütésszám görbe (piros) meredekségében egyértelmű növekedés tapasztalható a folyás megindulását követően.*



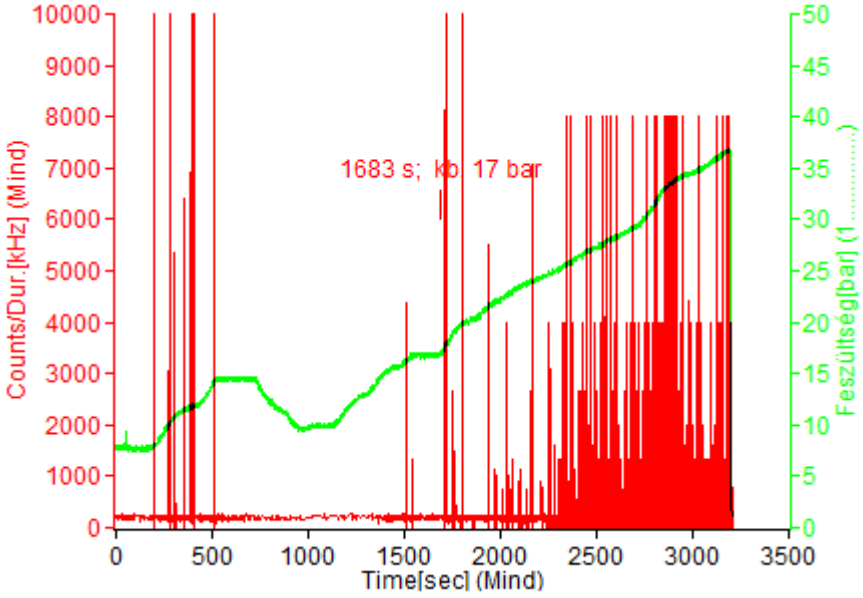
6. ábra

A 6. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. Az 50 dB-t meghaladó beütések száma nem jelentős. Kismértékű amplitúdó növekedés a folyást követően megfigyelhető, ez azonban további elemzést igényel, mert a diagramban határozott eltérés nem látható. Ennek elemzését segíti a 7. ábra. *Az összes beütés és az összegzett amplitúdók arányának jelentős növekedése figyelhető meg a folyást követően.* „Csúcsa" a szakadást megelőzően kb. 2850 s környékén látható.



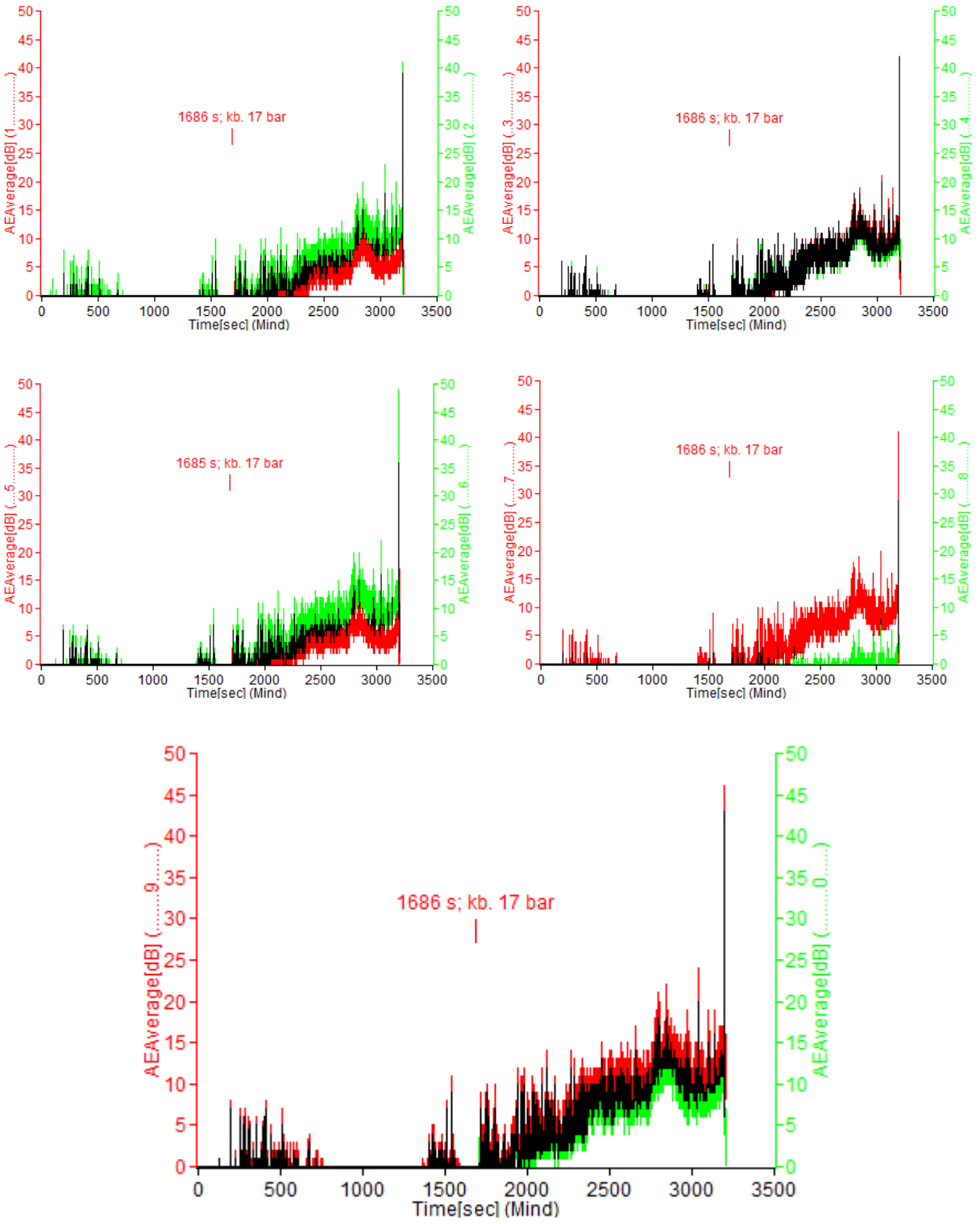
7. ábra

A 8. ábrán a rezgésszám (counts) és az beütés hossz (duration) arányának (frekvencia) alakulása látható az idő függvényében. *A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a folyást követően jelentősen eltérő értéket figyelhetünk meg. Sűrűségben és nagyság tekintetében egyaránt. „Csúcsa" szintén kb. 2850 s környékére tehető.*



8. ábra

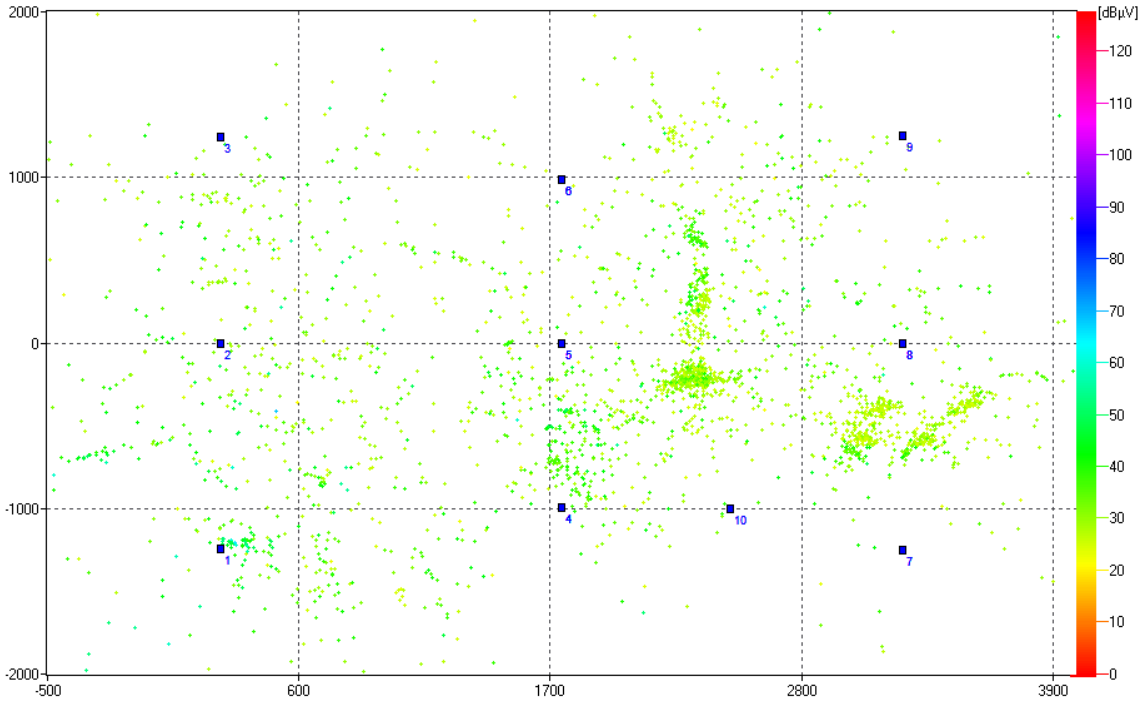
Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 9-13 ábrákon látható. *Minden csatornán egyértelmű növekedés figyelhető meg a folyást követően. Helyi „csúcs”itt is 2850 s környékén látható.*



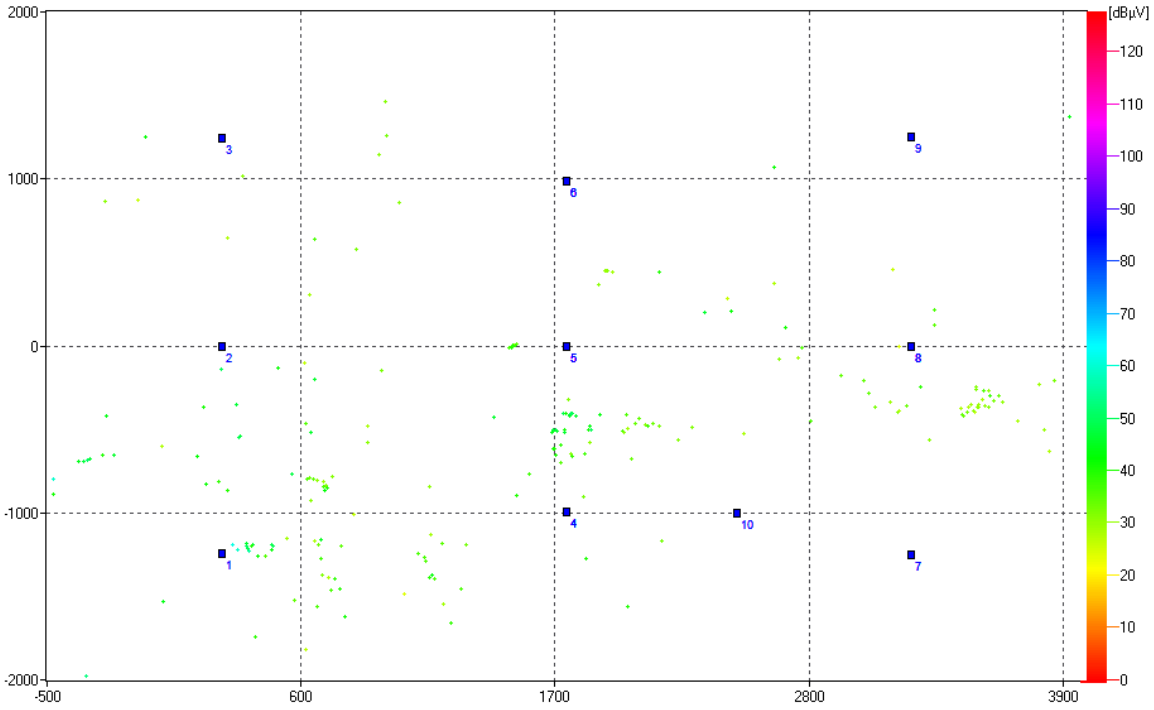
9-13. ábra

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 14-15. ábra mutatja (3 Hits/Event és 4 Hirs/Event). *A vizsgálati során lokalizált események számottevő csoportosulást mutatnak, jellemzően alacsony amplitúdóval, a kikönnyített rész közelében elhelyezett érzékelők környékéről (4-5-7-8-10 fejek által határolt terület).* Kismértékű csoportosulás az 1-es fej környékén is tapasztalható.



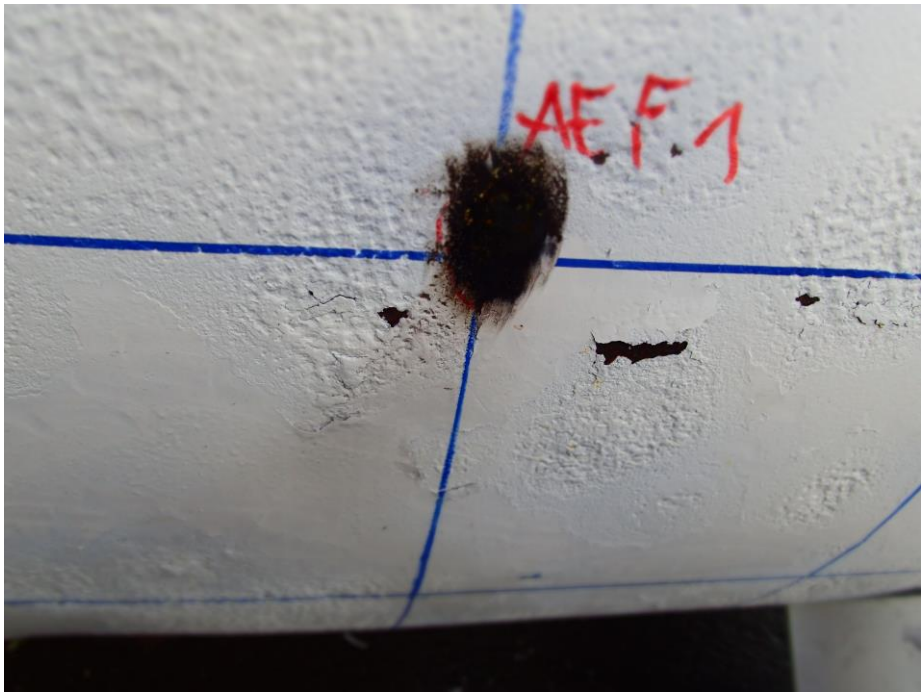
14. ábra



15. ábra

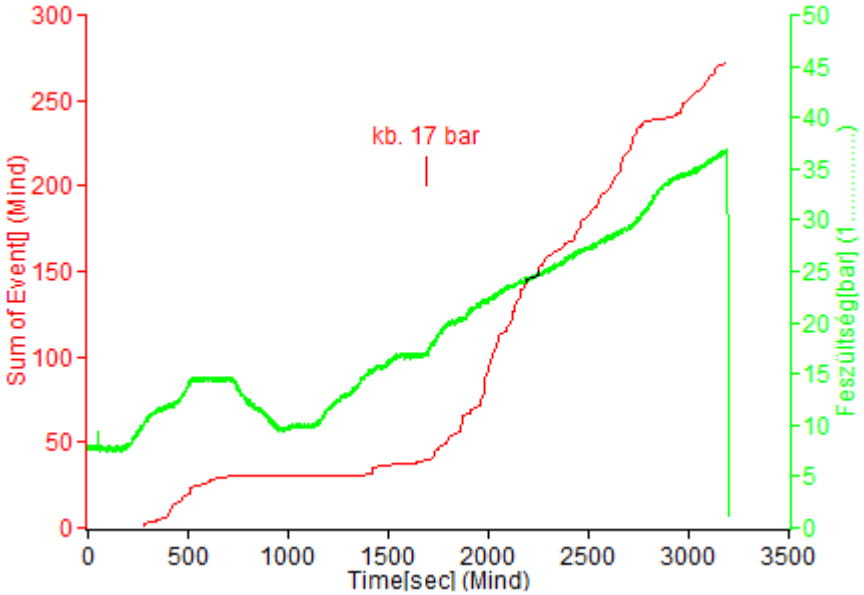
- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

Tájékoztatás képen az 1-es fej szűk környezetéről készült kép (ld. 16 ábra). A tartály ezen a felületen réteges, kráteres korróziót mutatott. Azonban a falvastagság csökkenés mértéke és az esetlegesen okozott gyengítő hatás egyértelműen nem megítélhető.



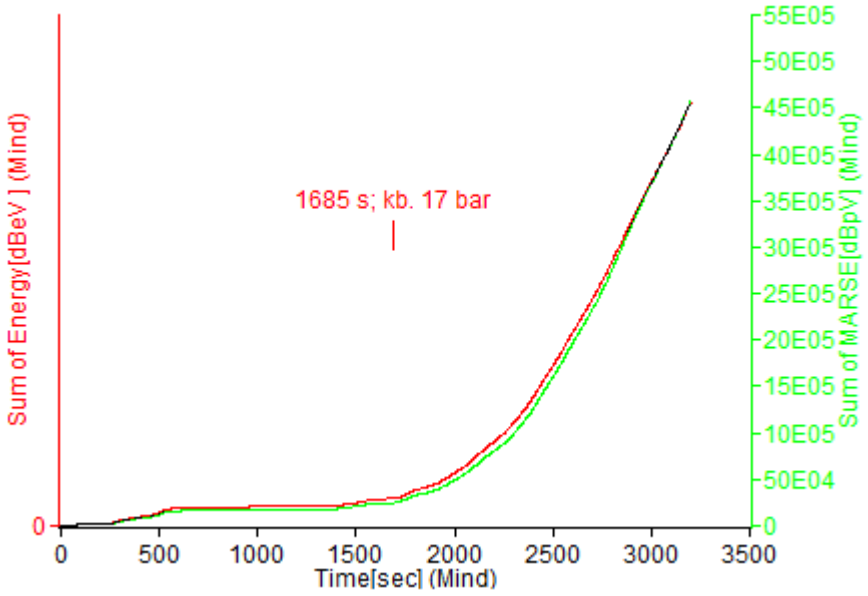
16. ábra

Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését a 17. ábra mutatja. *Csakúgy, mint az összes beütésszám görbe esetében határozott növekedés figyelhető meg a görbe meredekségében a folyást követő időszakban.*

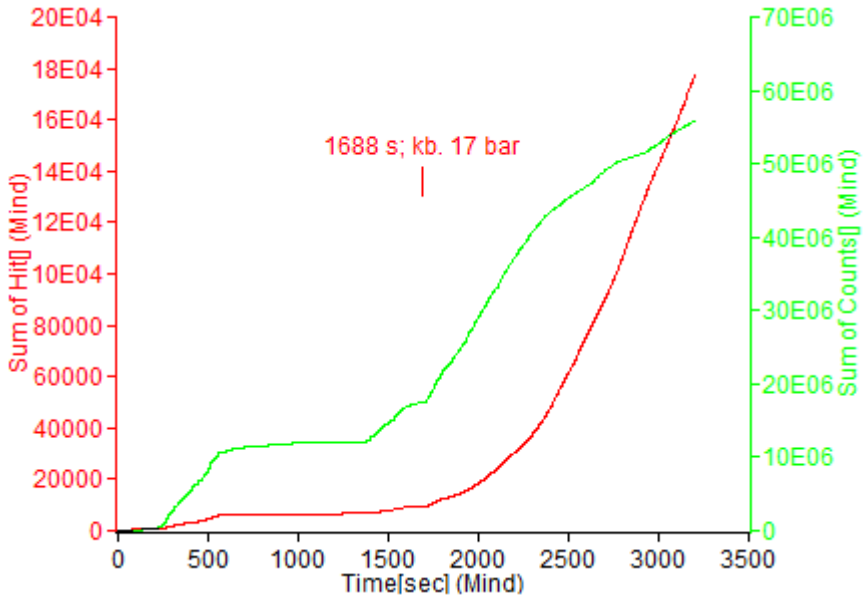


17. ábra

Az energia jellegű paraméterekben bekövetkező változást mutatja a 18. ábra. *A görbék meredekségében itt is jelentős változás figyelhető meg a folyást követően.*



18. ábra

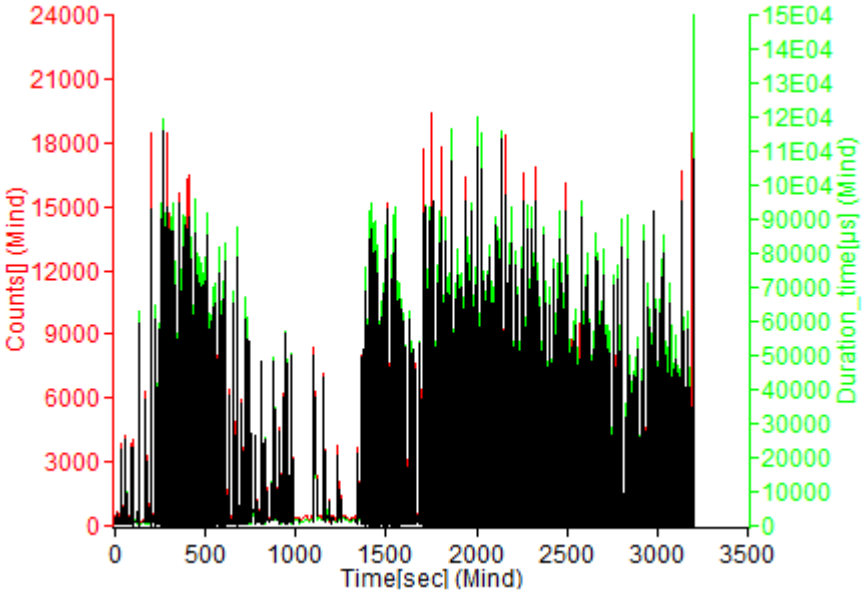


19. ábra

A 19. ábra az összegzett rezgésszám, és az összegzett beütés szám görbét mutatja, érdekes megfigyelni, hogy mindkét görbe azonos ponton mutatja a változást.

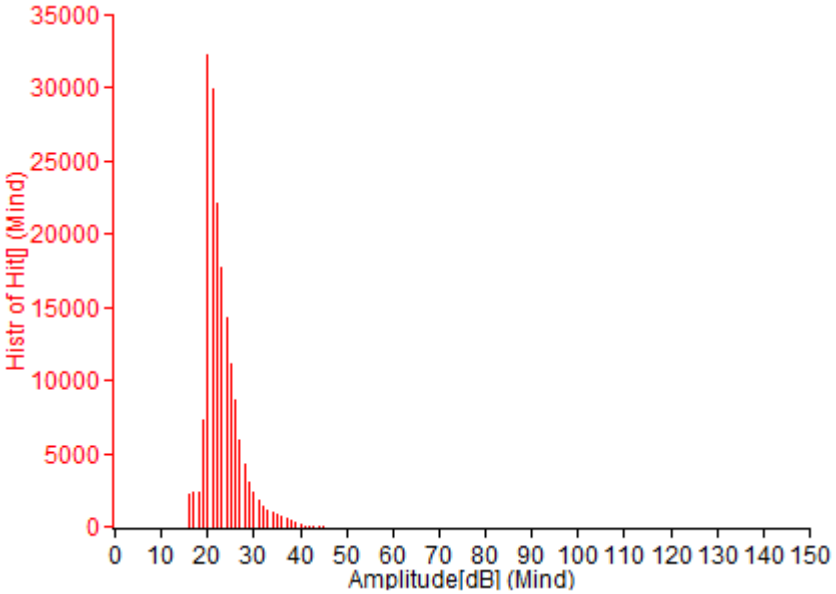
Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezeken a tönkremenetelre utaló jelenség helyenként kismértékben megfigyelhető, általában azonban elmondható, hogy a változás nem határozott.

A 20. ábrán a rezgésszám és az eseményhossz idő szerinti függése látható.



20. ábra

Az amplitúdó eloszlást a 21. ábra mutatja.



21. ábra

Látható, hogy az alacsonyabb amplitúdójú jelek dominálnak.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Összefoglalás

A mérést ismert területen gyöngített tartályon végeztük el, ezért a várható tönkremeneteli hely jól behatárolható volt. Mivel a terhelést nyúlásmérő bélyeges mérés is kísérte, a folyás megindulásának ideje és a hozzá kapcsolódó terhelés érték is viszonylag jól meghatározható volt. Az akusztikus mérések egyik célja, ezeknek a jellegzetes tönkremeneteli pontoknak (folyási szakaszhoz tartozó terhelési érték és idő) és helyeknek (edénytesten történő lokalizált események) a kimutatása; egyfelől a nyomáspróba megfelelő időben történő felfüggesztése, másfelől a további roncsolásmentes vizsgálatok helyének kijelölése miatt. A helyszíni és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás kezdetének felvett kb. 17 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen is nagyszámú, csoportosulást mutató esemény látható a gyengített területen. Egyes jelek arra engednek következtetni, hogy a folyás már korábban megindulhatott (kb. 1500 s-nál, kb. 16 bar nyomáson), bár ennek megítélése az akusztikus emissziós mérésből származó diagramok alapján nehézkes és nem egyértelmű.
A folyás megindulását követő, a tönkremenetelig eltelt kb. 25 perc elegendő időt biztosított arra, hogy a vizsgálat kimutathassa a folyás jelenlétét. Ehhez természetesen elengedhetetlen volt a megfelelő sebességű (megfelelően lassú) terhelésnövekedés.

Személyes véleményem a kísérlethez kapcsolódóan (Zsoldos Zs.): A fenti jelenség a valóságban végzett mérések során, természetesen (szerencsére) rendkívül ritka, mivel az alkalmazott terhelés értékek (értelemszerűen az adott falvastagsághoz és anyagminőséghez kapcsolódóan) jóval alatta maradnak a folyás megindulásához szükséges terhelés értékének. Nem zárhatóak azonban ki teljes bizonyossággal olyan körülmények (gyártásból, üzemelésből, gondatlan kezelésből, stb. adódóan) melyek a fenti paraméterek valamelyikének változását idézhetik elő. Az anyagvizsgálat egyik formája, így az akusztikus emisszió sem fog 100%-os megoldást nyújtani a balesetek, haváriák elkerüléséhez, de a meglévő kockázatot csökkenteni képes.

Budapest, 2016. 05. 20.

.....	.....
Zsoldos Zsuzsanna (AT2 anyagvizsgáló) vizsgálatot végezte/examined by	Fodor Olivér jóváhagyta/validated by laboratórium műszaki vezető

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS-EMISSZIÓS ELEMZÉS PB TARTÁLY KÍSÉRLETI JELLEGŰ TERHELÉSÉHEZ

Ügyintézőnk: Zsoldos Zsuzsanna
Munkaszám: -
Hiv.sz.: -

Rendelő: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintézőjük: Hajdu István
Megrendelési szám: -
Rendelés kelte: 2016. 05.

Tárgy**: 2-es számú „ép" PB tartály** (gy.sz.: **24452/1995**) akusztikus emissziós vizsgálata

Az AE mérés időpontja:	2016. 05. 12
Helye:	Hajduszoboszló, PÉBÉ-COOP Kft.
Vizsgálóberendezés:	20 csatornás Sensophone
A mérést végezte:	Zsoldos Zsuzsanna, Fehérvári Attila
A kiértékelést végezte:	Zsoldos Zsuzsanna

A vizsgálandó berendezés adatai:

Gyári szám, egyedi azonosító: **24452**
Felállítás helye: PÉBÉ Coop Kft, Hajdúszoboszló
Gyártó: FMF
Gyártási év: 1996
Térfogat: 5 m^3
Maximális próbanyomás a gyártóműben: 19,6 bar

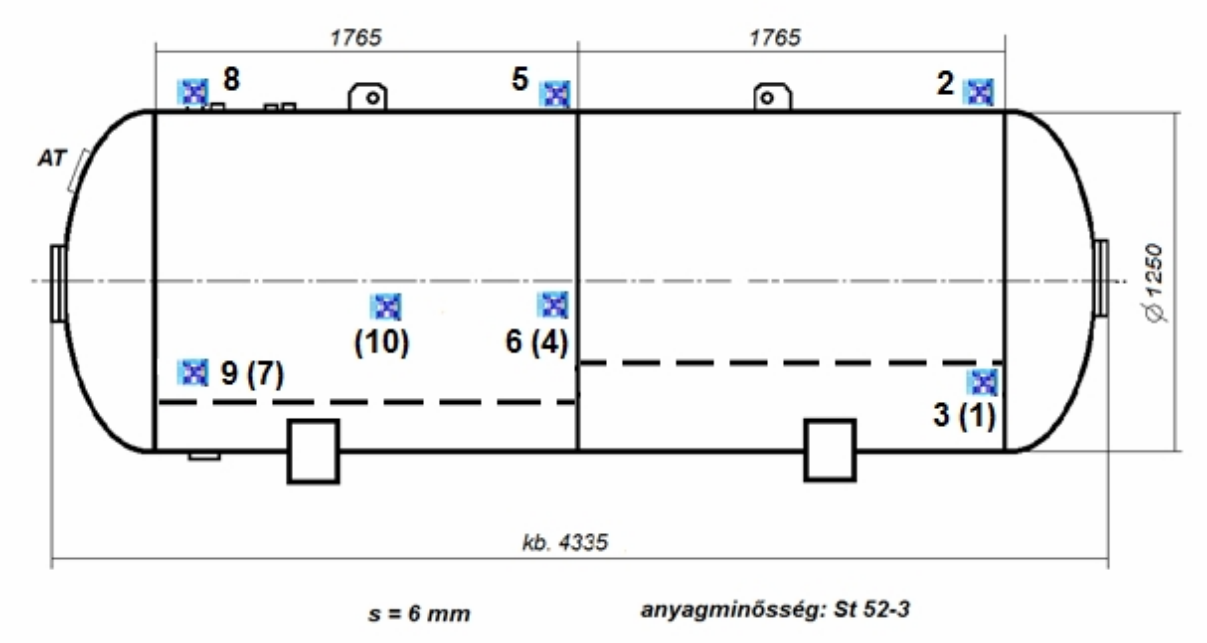
AE jelrögzítés és kiértékelés: a műszerhez csatlakoztatott IBM-PC/AT kompatibilis számítógép segítségével történt.

A beállított mérési paraméterek:

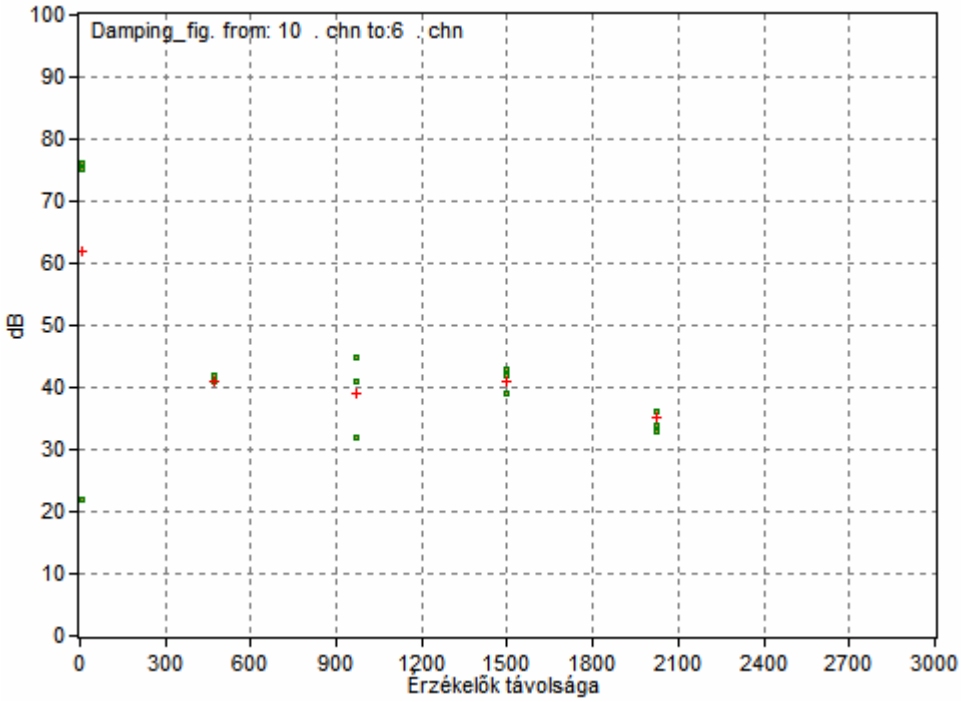
Threshold: 16 dB, fix
Erősítés: logaritmikus
Holtidő: 40000 µs
Érzékelők száma, típusa: 10 db.; AM-15 önerőből mágneses
1: 070; 2: 065; 3: 066; 4: 067; 5: 060; 6: 061; 7: 062; 8: 063; 9: 068; 10: 069)
Csatoló anyag: Medintech UH gél
Paraméterjel: 0-250 bar-os nyomás távadó, ifm electronic (20421A); 500 ms mintavét. idő.
A lokalizáláshoz 4800 m/s átlag sebességet alkalmaztunk.
Az érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja.
A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás és hanggyengülés (ld. 2 ábra) teszteket végeztünk. A nyomásfokozás megrendelő végezte, vízfeltöltéssel. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja (nyúlásmérés szoftveréből nyert diagram, az általunk végzett akusztikus mérés kezdeti időpontja ettől eltér).

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

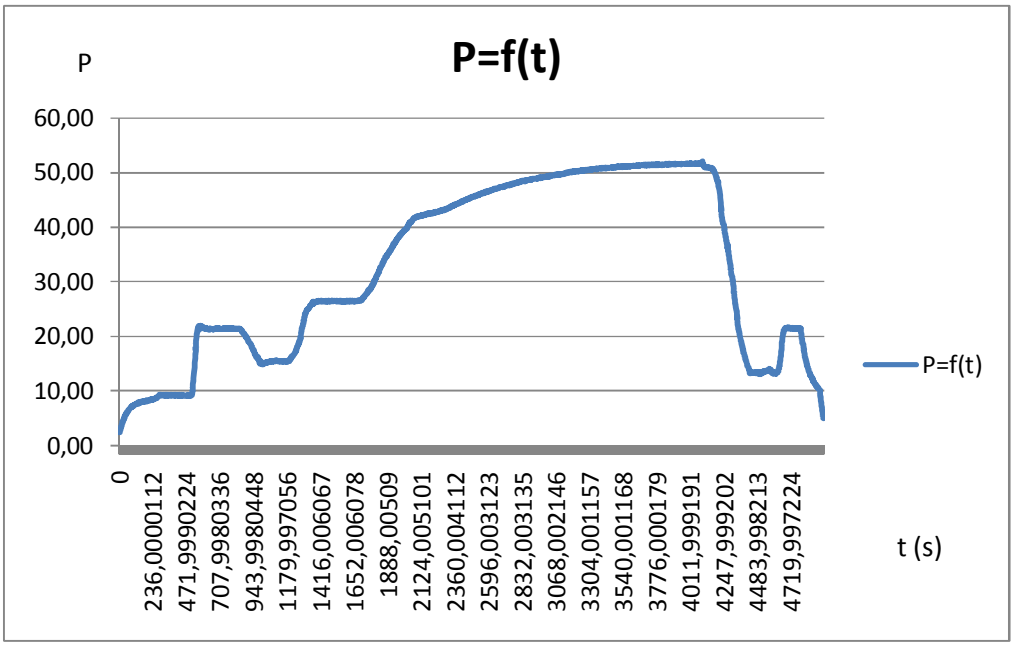


1. ábra



2. ábra

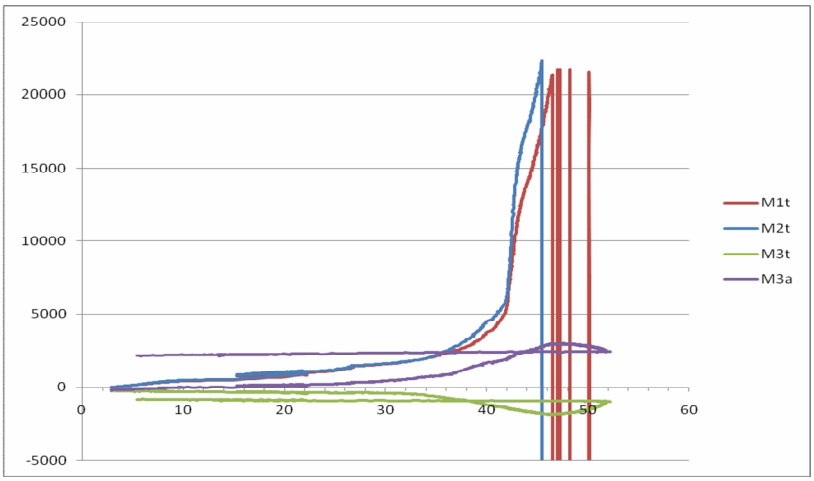
- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.



3. ábra

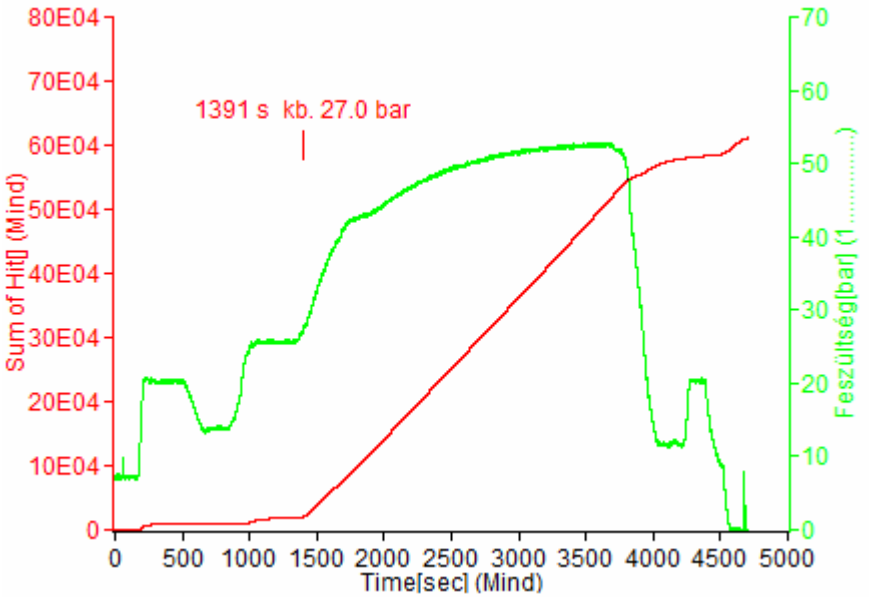
Értékelés

A nyúlásmérő bélyeges mérés eredményei alapján a folyás 27 bar-t megelőzően vélhetően megkezdődött. A kapott diagram alapján 27 bar-ra tettük azt a pontot, ahonnan ez egyértelműen látható (ld. 4. ábra). A kb. 27 bar-os (kb. 1383-1393 s időintervallum) nyomáshoz tartozó szakaszt a továbbiakban az akusztikus mérésből nyert diagramokon feltüntettük.



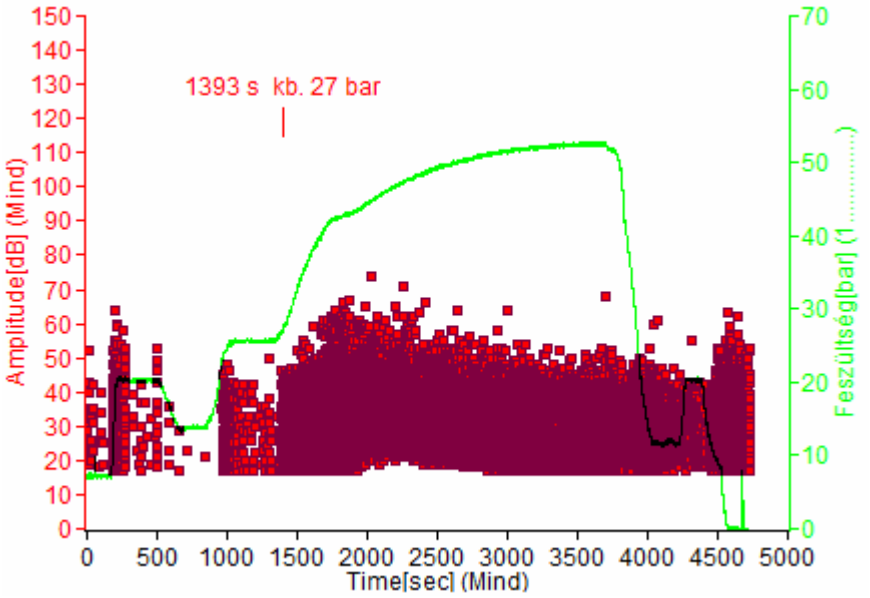
4. ábra

Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat az 5-20. ábra mutatja. Az 5. ábra az 10 db. fej által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében.



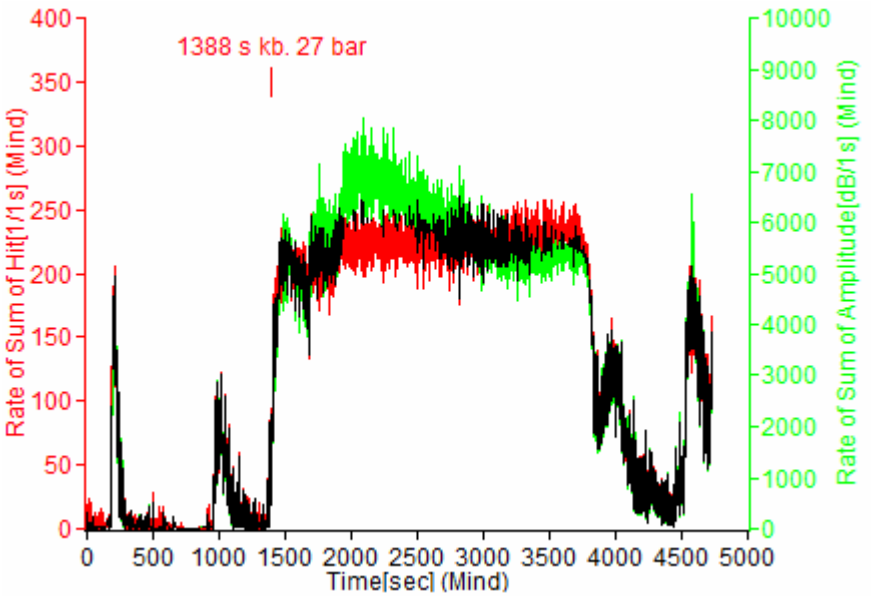
5. ábra

A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki, de számuk a folyást követően jelentős mértékben nő, ami nagy valószínűséggel az anyagból származó akusztikus beütések megjelenésének következménye. Az összes beütésszám görbe alakja megfelel a vártnak. *Az összes beütésszám görbe (piros) meredekségében egyértelmű növekedés tapasztalható a folyás megindulását követően.*



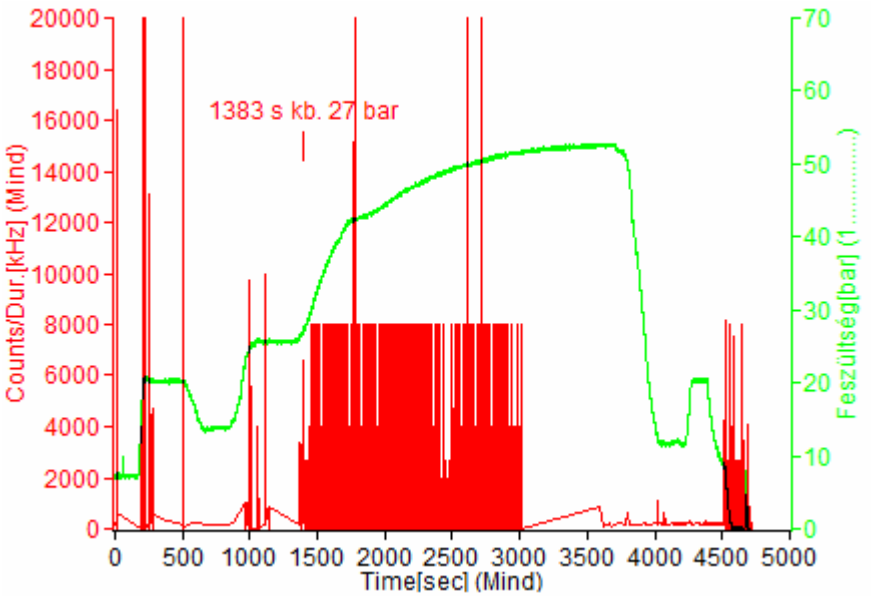
6. ábra

A 6. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. Az 60 dB-t meghaladó beütések száma nem jelentős. Kismértékű amplitúdó növekedés a folyást követően megfigyelhető, ez azonban további elemzést igényel, mert a diagramban határozott eltérés nem látható. Ennek elemzését segíti a 7. ábra. *Az összes beütés és az összegzett amplitúdók arányának jelentős növekedése figyelhető meg a folyást követően.*



7. ábra

A 8. ábrán a rezgésszám (counts) és az beütés hossz (duration) arányának (frekvencia) alakulása látható az idő függvényében. *A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a folyást követően jelentősen eltérő értéket figyelhetünk meg. Sűrűségben és nagyság tekintetében egyaránt.*

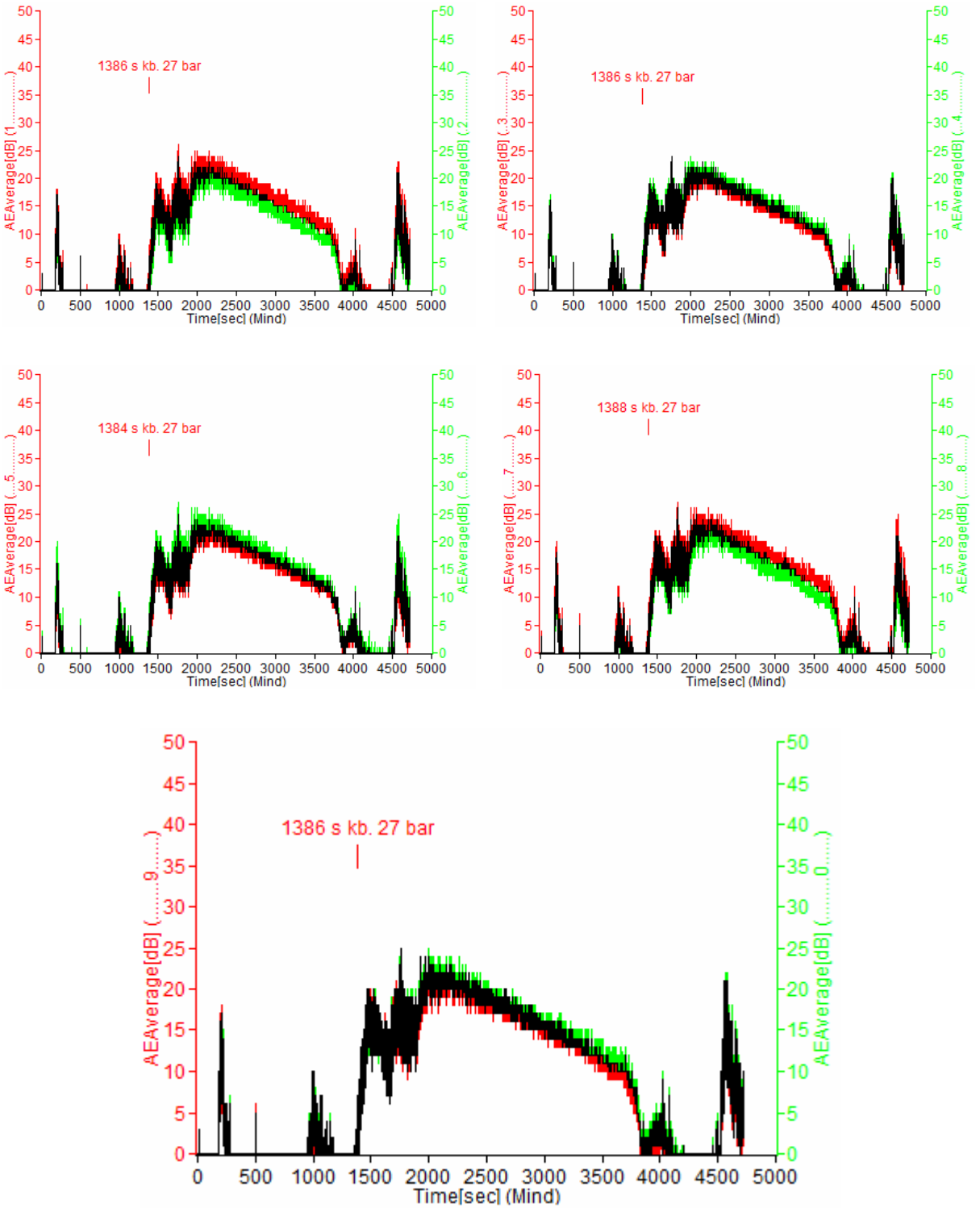


8. ábra

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 9-13 ábrákon látható. *Minden csatornán egyértelmű növekedés figyelhető meg a folyást követően.*

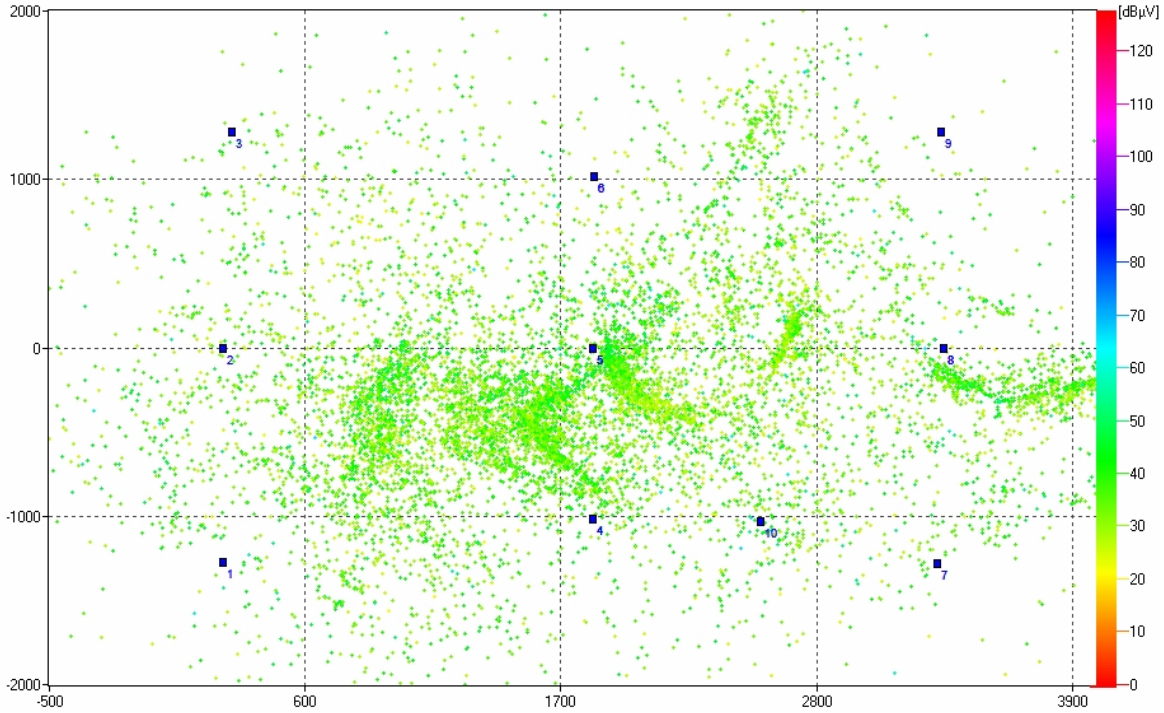


9-13. ábra

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

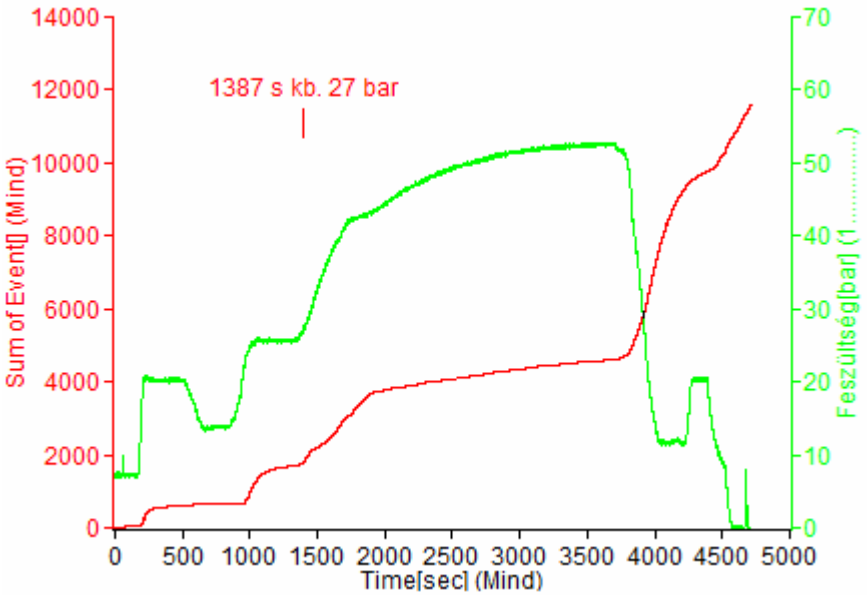
ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 14. ábra mutatja (4 Hirs/Event). *A vizsgálati során lokalizált események száma igen magas, több helyen jelentős csoportosulást mutatnak, jellemzően alacsony amplitúdóval.*



14. ábra

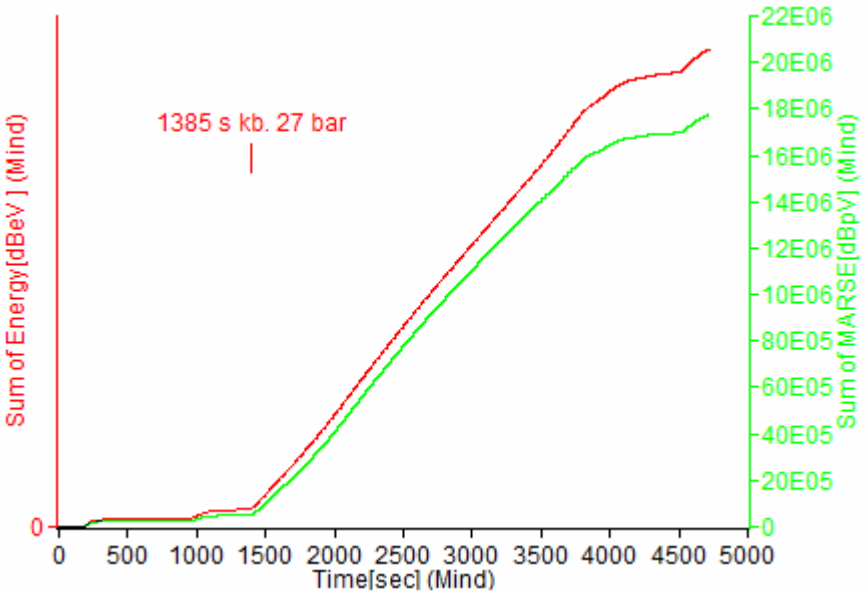
Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését a 17. ábra mutatja. *A folyást követő időszakban a görbe meredeksége némiképpen nő, majd a terhelésnövekedés lassulásával meredeksége csökken.*



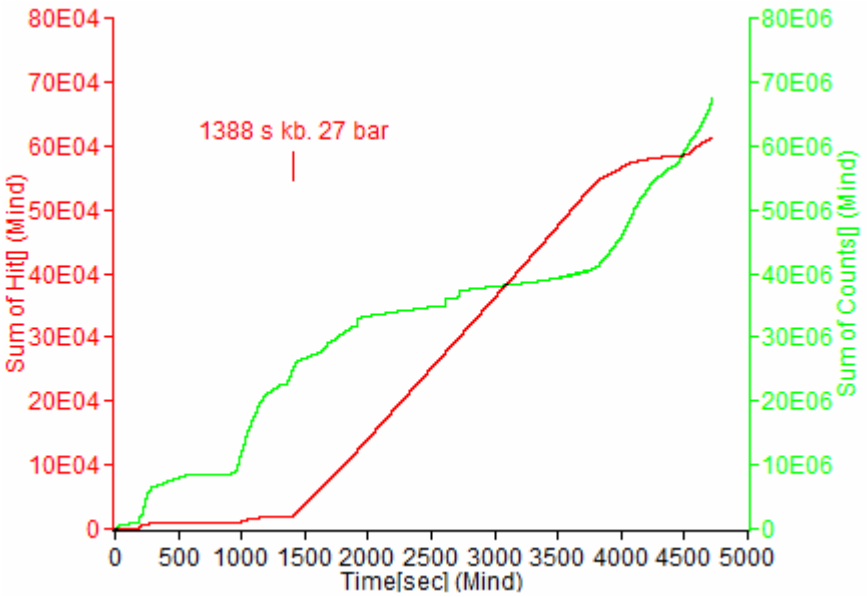
15. ábra

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

Az energia jellegű paraméterekben bekövetkező változást mutatja a 16. ábra. *A görbék meredekségében itt is jelentős változás figyelhető meg a folyást követően.*



16. ábra

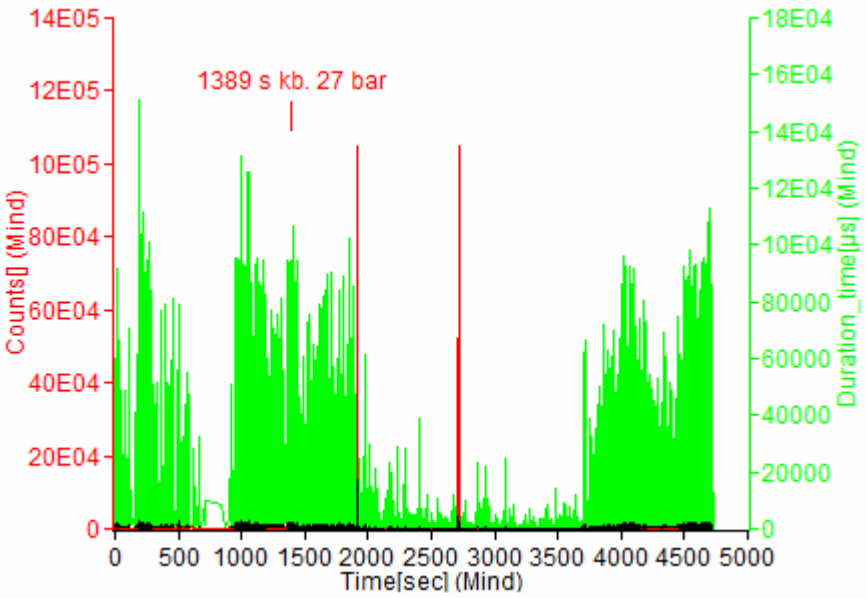


17. ábra

A 17. ábra az összegzett rezgésszám, és az összegzett beütés szám görbét mutatja.

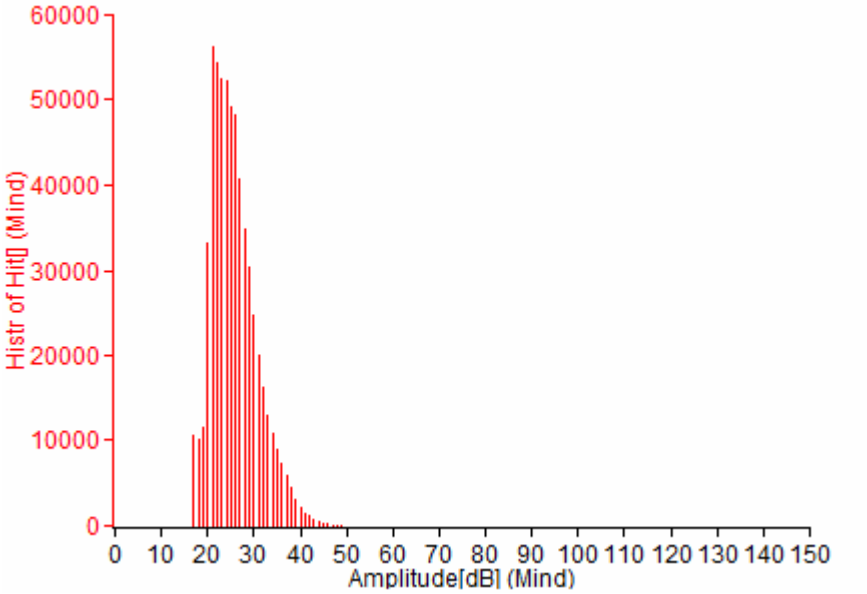
Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezeken a tönkremenetelre utaló jelenség helyenként kismértékben megfigyelhető, általában azonban elmondható, hogy a változás nem határozott.

A 20. ábrán a rezgésszám és az eseményhossz idő szerinti függése látható.



18. ábra

Az amplitúdó eloszlást a 21. ábra mutatja.



19. ábra

Látható, hogy az alacsonyabb amplitúdójú jelek dominálnak.

H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-6164 **E-mail**: labor@aef.hu

A 20. ábra a nyomáspróba befejezése után mutatja a tartályt.

20. ábra

Összefoglalás

A mérést ismert hibával nem rendelkező tartályon hajtottuk végre. Mivel a terhelést nyúlásmérő bélyeges mérés is kísérte, a folyás megindulásának ideje és a hozzá kapcsolódó terhelés érték is viszonylag jól meghatározható volt. A terhelés fokozás műszaki korlátai miatt nem sikerült a végső tönkremenetelt előidéző terhelést létrehozni, azonban a maradó alakváltozás jelei a tartályon igen jól látható módon megjelentek. A helyszíni és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás kezdetének felvett kb. 27 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen is nagyszámú, csoportosulást mutató esemény látható. A megfelelően lassú nyomásfokozás lehetővé tette a folyás jeleinek megjelenését egyes diagramok esetében, amely egy valós mérés során vélhetőleg a nyomáspróba felfüggesztését és további vizsgálatok elvégzését eredményezte volna.

Budapest, 2016. 05. 20.

.....	.....
Zsoldos Zsuzsanna (AT2 anyagvizsgáló) vizsgálatot végezte/examined by	Fodor Olivér jóváhagyta/validated by laboratórium műszaki vezető

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük.

ПРОТОКОЛ

ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОИСПЫТАНИЯ СОСУДА зав. № 24344

С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АЭ

Дата проведения: 12 мая 2016 года.

Место проведения: территория компании PEBE-COOP GAZIPARI FEJLESZTO, FORGALMAZO ES GYARTO KORLATOLT FELELOSSEGU TARSASAG (PÉBÉ-COOP Ltd)
4200 Хайдсобосло, ул. Эндре Ади, 87, Венгрия.

Цель проведения испытаний: определить на раннем этапе нагружения сосуда значение разрушающего давления по реальному состоянию объекта с применением метода АЭ.

Участники:

Специалист	**Компания, страна**	**Должность при мероприятии**
Hajdú István	PÉBÉ-COOP Ltd, Венгрия	организатор, руководитель программы
Dobránszky János	Будапештский Университет Технических и Экономических Наук, г. Будапешт, Венгрия	научный руководитель программы
Fodor Olivér	ÁEF Лаборатория, Венгрия	АЭ эксперт, измерение напряжений и деформаций, испытание на разрыв внутренним давлением
Tóth László	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	независимый эксперт
Szűcs Pál	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	АЭ эксперт
Trampus Péter	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	Президент Ассоциации, независимый рецензент
Günther Habermann	компании TPA KKS, Австрия	АЭ эксперт
Станислав Недосека	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, доктор технических наук
Михаил Яременко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, кандидат технических наук
Марина Овсиенко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	специалист в области АЭ
Сергей Кушниренко	Одесский припортовый завод (ОПЗ), Украина	АЭ эксперт
Pór Gábor	Университет г. Дунауйварош, Венгрия	АЭ эксперт
Geréb János	Geréb és Társa Kft., Венгрия	специалист в области АЭ, производитель АЭ оборудования

I Объект АЭ контроля

Сосуд зав. № **24344** для хранения бутана-пропана объемом 5 м^3, работающий под давлением.

Дата изготовления сосуда зав. № 24344 (с утонением стенки) – 1995 г.

Дата ввода в эксплуатацию – 1996 г.

Сосуд эксплуатировался на месте установки до конца 2015 г.

Согласно технической документации:

1. Расчетное давление – 15,6 бар (аналогичное значение и для предохранительного клапана).
2. Заводское гидроиспытание – 19,5 бар.
3. Рабочее давление по документам – 12,7 бар.
4. По данным инспекционных записей отмечены только коррозионные повреждения на внешней поверхности сосуда.

Сосуд зав. № 24344, сваренный из трех листов, обработан с целью утонения стенки (рис. 1).

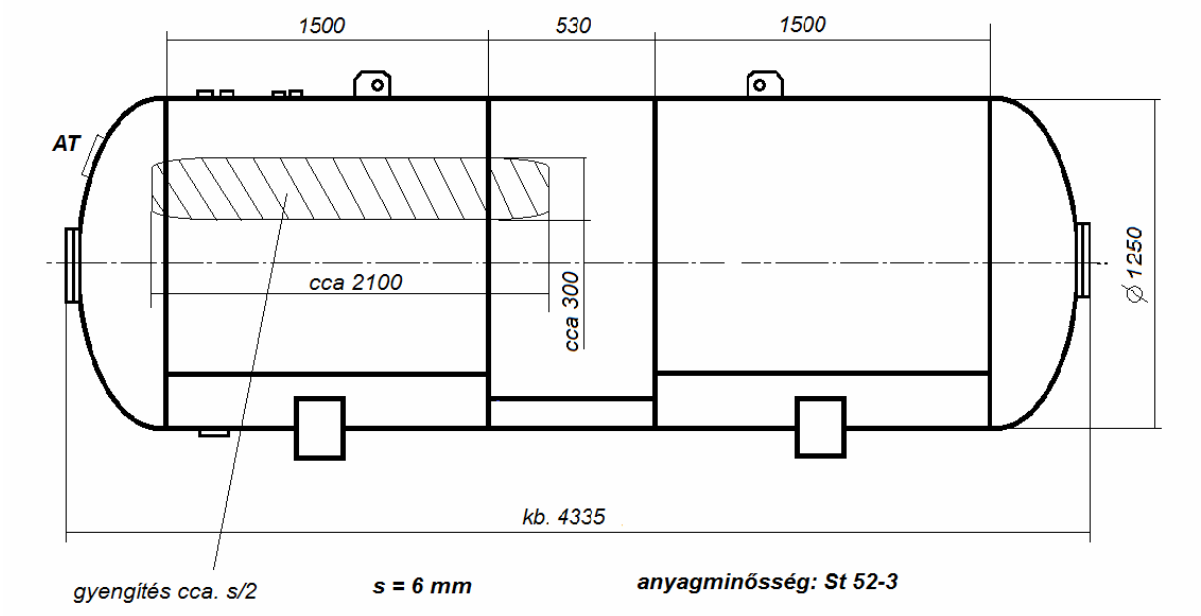


Рис. 1. Сосуд зав. № 24344 с утонением толщины стенки
(s – толщина стенки, s/2 – толщина стенки в месте утонения, материал – St 52-3)

II Подготовка к проведению АЭ контроля

Объект АЭ контроля установлен на открытой горизонтальной площадке под навесом. Расстояние между сосудом и местом установки оборудования в закрытом помещении – 25 м.

На сосуде зав. № 24344 сделано утонение стенки следующим образом: по всей зоне утонения по решетке 50×50 мм просверлены углубления глубиной 3 мм (толщина стенки – 6 мм), затем данная зона отшлифована так, что следы сверления были на грани исчезновения.

Сосуд покрашен белой краской.

Для удобства установки датчиков сосуд размечен сеткой 250×250 мм.

Количество и места установки датчиков АЭ были определены с участием партнеров по проведению испытания. Поверхность сосуда в местах установки датчиков АЭ подготовлена в соответствии с требованиями нормативных документов по проведению АЭ контроля.

III Порядок проведения испытания

Нагружение сосуда планировалось проводить или до разрыва сосуда, или до максимального значения давления – 60 бар, или до возникновения явных видимых деформаций. Повышение давления осуществляли водой (гидроиспытание).

Предполагаемое значение давления при испытании сосуда зав. № 24344 с утонением стенки, при котором начнется процесс разрушения, – 18…24 бар.

Разрыв сосуда предполагается при давлении > 30 бар.

Скорость повышения давления (нагружения) – ≈ 1 бар/мин. Контроль этого показателя проведен визуально по манометру, установленному на улице. Производительность насоса 18 л/мин, макс. давление 100 бар.

Ориентировочный график нагружения сосуда приведен на рис. 2.

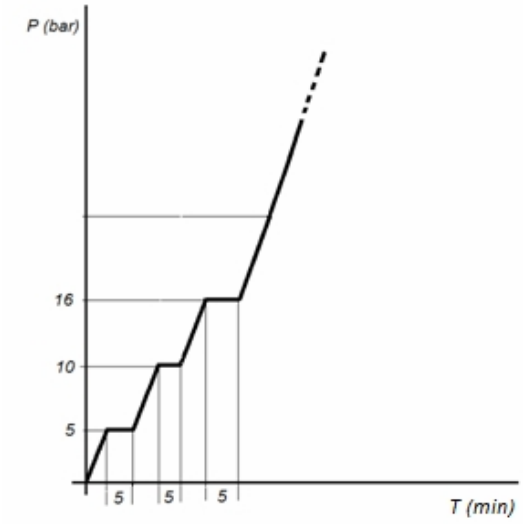


Рис. 2. Планируемый график нагружения сосуда №24344

Перед проведением испытания 4 апреля 2016 года был проведен одноразовый общий контрольный осмотр сосуда с целью установления его реального состояния.

Внутренняя поверхность сосуда находится в хорошем состоянии, на внешней поверхности в некоторых местах обнаружена коррозия с максимальной глубиной 0,5 мм.

После выполнения предварительного контроля сосуд был окрашен белой краской с последующим нанесением разметки в виде сетки 250×250 мм.

Затем были выполнены работы по исследованию акустических характеристик материала сосуда без нагрузки и под нагрузкой.

Определены локальные скорости волн АЭ в материале, на основании которых выбрана расчетная скорость при определении координат источников АЭ, равная 5 мм/мкс. Получены характеристики затухания волн АЭ, в том числе при нагружении.

Данные о скорости волн АЭ в материале и коэффициентах затухания получены по методикам, соответствующим требованиям нормативных документов к проведению АЭ контроля сосудов при их нагружении внутренним давлением.

IV Проведение АЭ контроля сосуда зав. № 24344 (с утонением)

В качестве средства диагностического контроля использована 16-канальная система ЕМА-4 (на основе прибора AED-416) с программным обеспечением (ПО) двух типов. ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний, ПО ЕМА-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

Для проведения АЭ контроля при проведении гидроиспытания установлено 10 датчиков АЭ. Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены только приблизительно.

Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на стороне сосуда, где находится область утонения (см. рис. 2). Датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной стороне сосуда.

Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0). Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосуда (250×250 мм). Данные представлены в таблице 1.

Развертка сосуда с указанием мест установки датчиков АЭ и места утонения приведена на рис. 3.

Таблица 1. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
X, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500

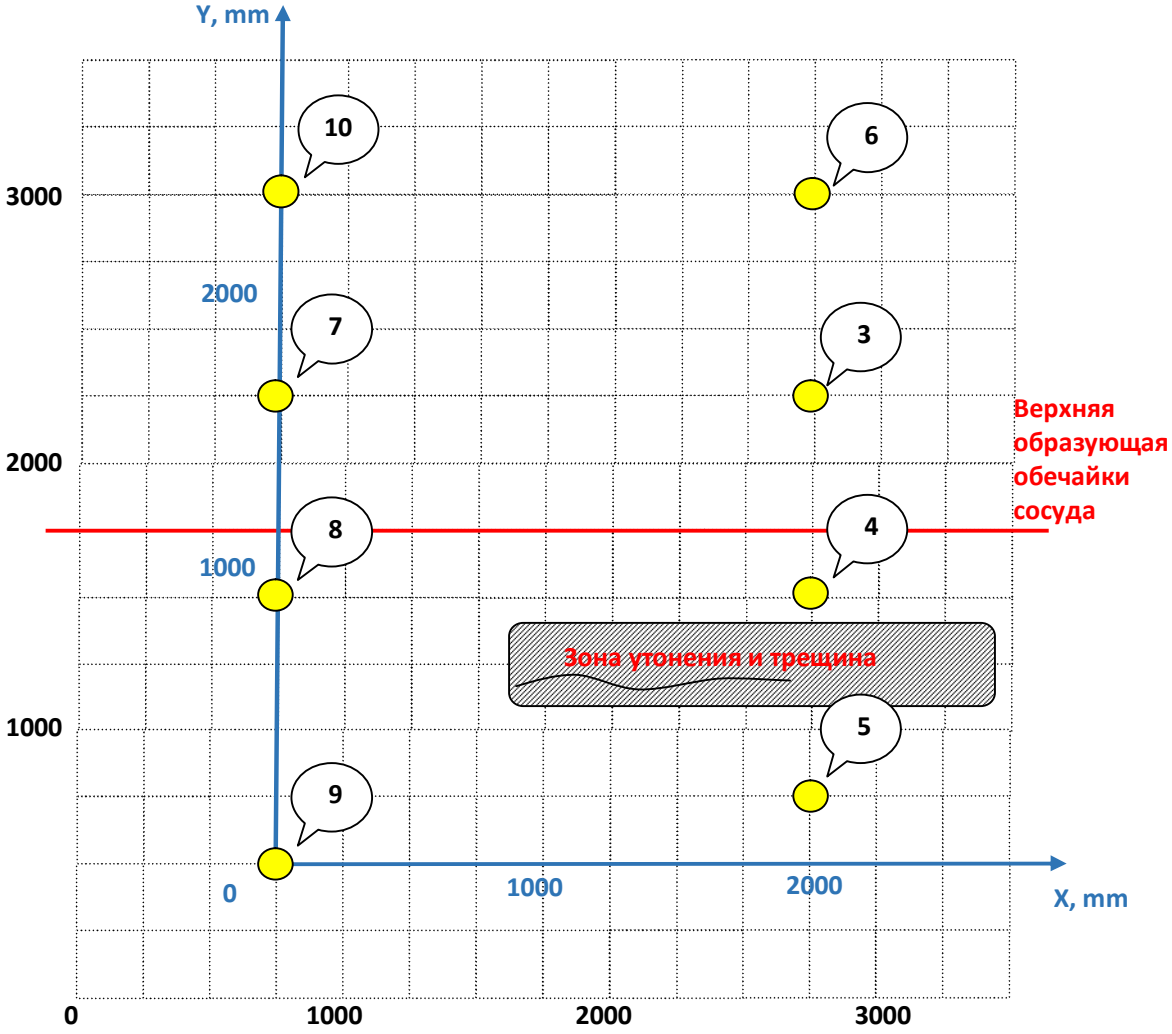


Рис. 3. Развертка боковой поверхности сосуда с указанием мест установки и нумерации датчиков АЭ. Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ. Также показана трещина, образовавшаяся при разрушении сосуда

Реальный график изменения давления в процессе нагружения сосуда представлен на рис. 4. Разрушающая нагрузка составила 35,40 бар.

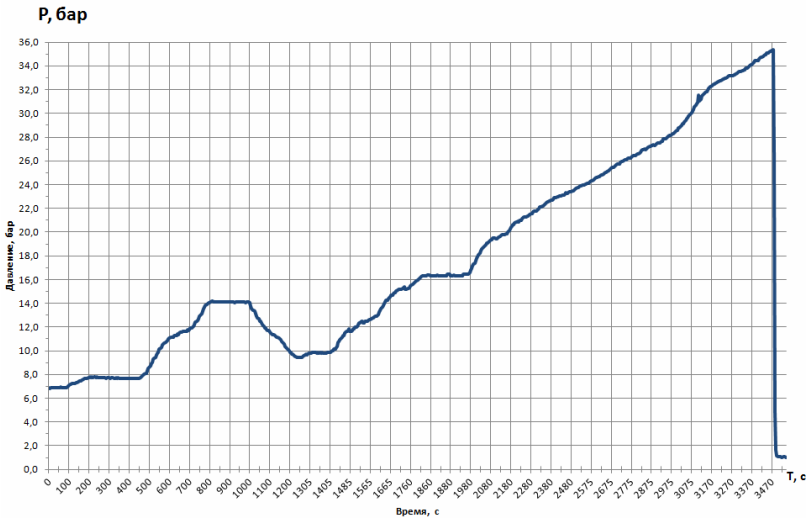


Рис. 4. График нагружения сосуда зав. № 24344 при проведении гидроиспытания

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное с растрескиванием покраски (отбраковано выбором порога амплитудной дискриминации).

Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 5–9.

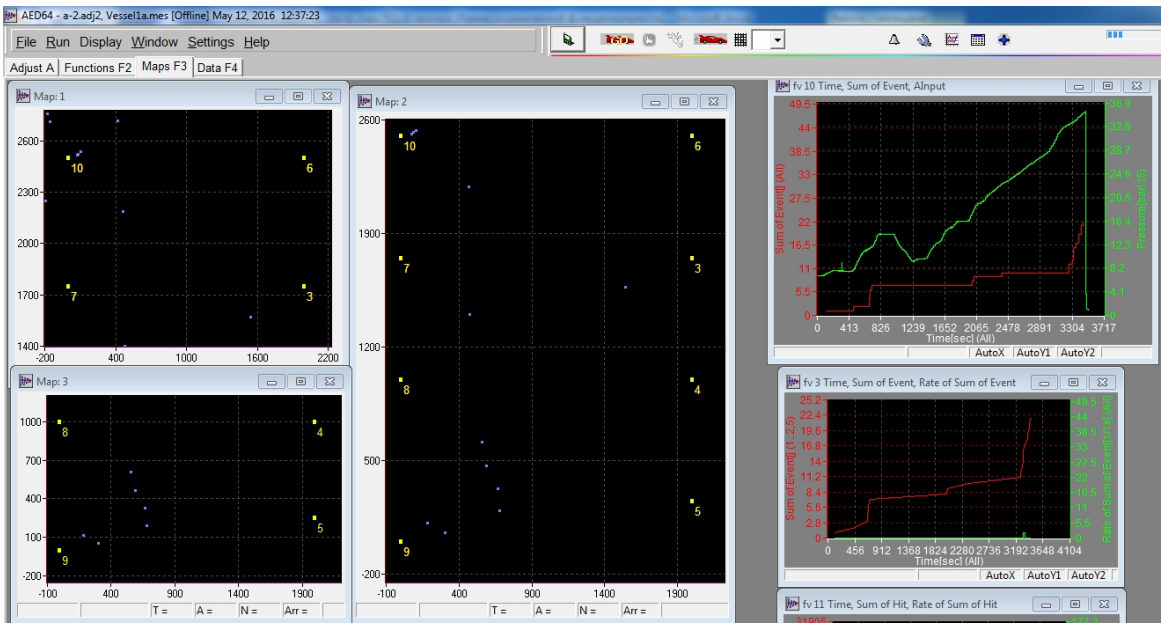


Рис. 5. Характер поступления АЭ информации при проведении гидроиспытания сосуда зав. №24344 (ПО AED-64)

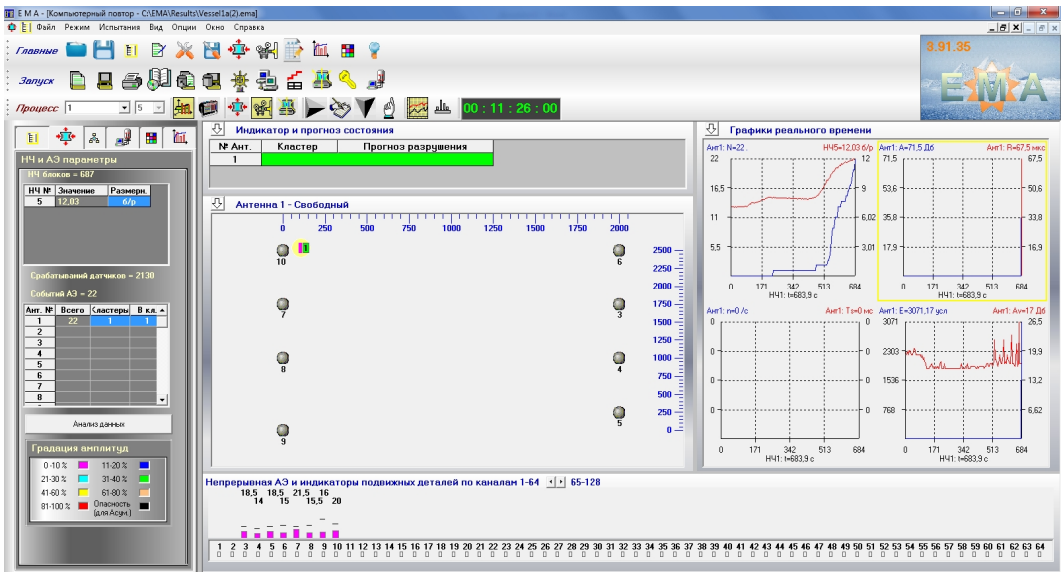


Рис. 6. Проведение гидроиспытания сосуда зав. № 24344.
Поступление первых событий.
ПО ЕМА-3.91

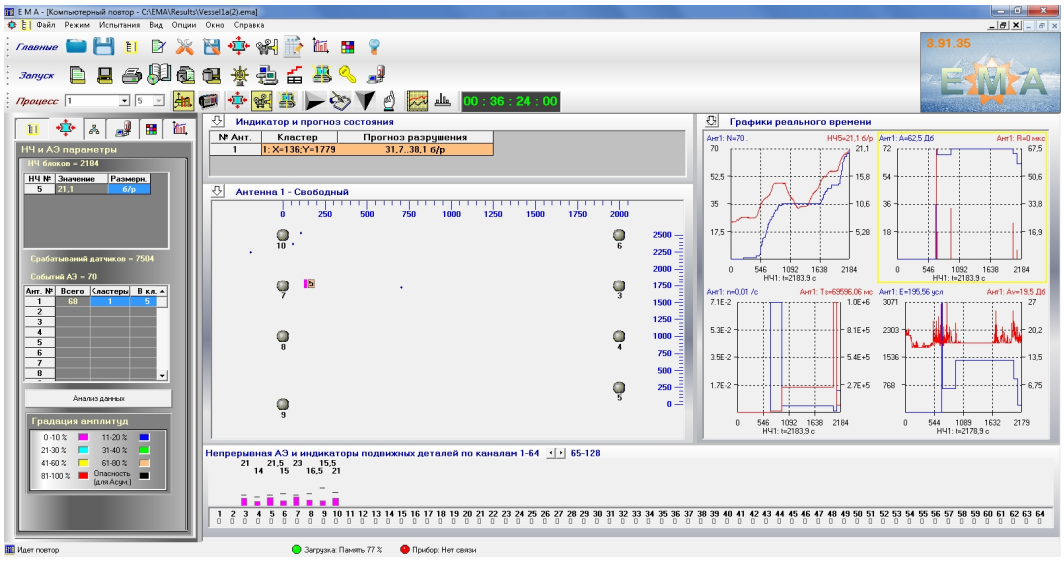


Рис. 7. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 2 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

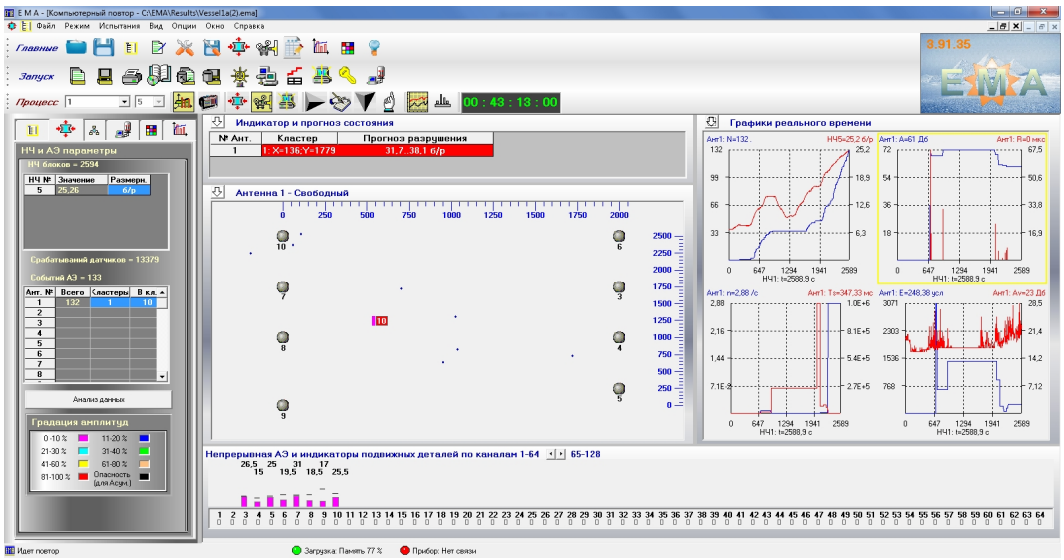


Рис. 8. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

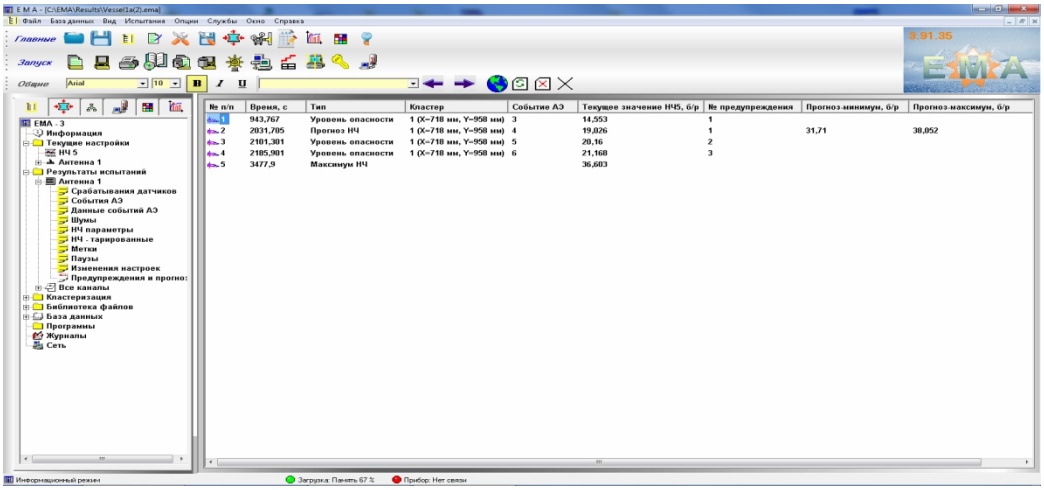


Рис. 9. Список предупреждений 1, 2 и 3 уровней и прогноза разрушающей нагрузки, выданных системой ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91)

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при давлении 14,56 бар.

При нагрузке 19,02 бар и на первом же уровне предупреждения «*Обратить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 31,71…38,05 бар.

Второй уровень предупреждения «*Повысить внимание*» выдан при нагрузке 20,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось.

Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 21,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом также не изменилось.

Для дополнительной проверки выполнено послеэкспериментальное исследование локации координат источников АЭ в области трещины.

Для этого сформирована локационная антенна из 4 датчиков в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Координаты датчиков АЭ в области развития трещины

Датчики АЭ	**4**	**5**	**8**	**9**
X, мм	2000	2000	0	0
У, мм	1000	250	1000	0

Выполненный послеэкспериментальный компьютерный повтор проведенного испытания показал удовлетворительное соответствие полученных координат источников АЭ месту развития трещины. Координаты получены методом кластерного анализа по координатному признаку. Образовавшиеся 4 кластера представлены флажками на рис. 10.

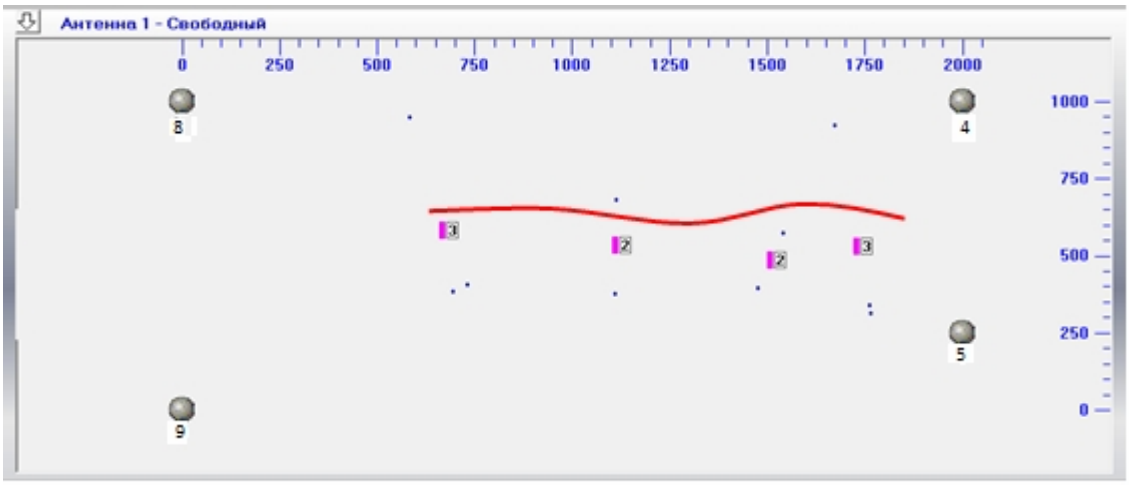


Рис. 10. Экран локации системы ЕМА-4. Локация сигналов АЭ в области развития трещины. Трещина приближенно показана красной линией

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления зав. № 24344 (с утонением, доведен до разрушения):

1. При испытании сосуда система АЭ диагностики ЕМА-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.
2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда № 24344 в диапазоне 31,71…38,05 бар с погрешностью в соответствии с требованиями нормативных документов (±15%). Разрушающая нагрузка составила 36,54 бар. Реальная погрешность выданного прогноза составляет менее 5%.
3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 55% от прогнозной разрушающей.
4. Координаты источников АЭ в локальной области, близкой к участку развития трещины, удовлетворительно соответствуют месту расположения трещины после разрушения.

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Венгрия)

_____ Geréb János

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины

_____ С.А. Недосека

_____ М.А. Яременко

_____ М.А. Овсиенко

2VD Géptervező és Kereskedő Kft. *(Венгрия)*

_____ Varga László

Одесский припортовый завод (Украина)

_____ С.А. Кушниренко

ПРОТОКОЛ
ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОИСПЫТАНИЯ СОСУДА
зав. № 24344 С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АЭ

Дата проведения: 12 мая 2016 года.
Место проведения: территория компании PEBE-COOP GAZIPARI FEJLESZTO, FORGALMAZO ES GYARTO KORLATOLT FELELOSSEGU TARSASAG (PÉBÉ-COOP Ltd)
4200 Хайдсобосло, ул. Эндре Ади, 87, Венгрия.
Цель проведения испытаний: определить на раннем этапе нагружения сосуда значение разрушающего давления по реальному состоянию объекта с применением метода АЭ.

A 24344 GYÁRI SZÁMÚ TARTÁLY AE-VIZSGÁLAT ALKALMAZÁSÁVAL VÉGZETT VÍZNYOMÁSPRÓBÁJÁNAK JEGYZŐKÖNYVE

A vizsgálat elvégzésének dátuma: 2016. május 12.
A vizsgálat helyszíne: a PÉBÉ-COOP Kft. telephelye 4200 Hajdúszoboszló, Ady Endre út 87. Magyarország

A vizsgálat elvégzésének célja: a tartály terhelésének korai fázisában meghatározni a felszakadási nyomás értékét a vizsgált objektum reális állapota alapján az AE-módszer alkalmazásával

Участники:			**Résztvevők**		
Специалист	**Компания, страна**	**Должность при мероприятии**	**Név**	**Cég, ország**	**Feladatkör**
Hajdú István	PÉBÉ-COOP Ltd, Венгрия	организатор, руководитель программы	Hajdú István	Pébé-Coop, Magyarország	Szervező, programvezető
Dobránszky János	Будапештский Университет Технических и Экономических Наук, г. Будапешт, Венгрия	научный руководитель программы	Dobránszky János	BME, Magyarország	A program tudományos vezetője
Fodor Olivér	ÁEF Лаборатория, Венгрия	АЭ эксперт, измерение напряжений и деформаций, испытание на разрыв внутренним давлением	Fodor Olivér	ÁEF, Magyarország	AE-szakértő, részvétel a lokális feszültségek és deformációk mérésében, a szakító nyomáspróba kísérletben
Tóth László	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	независимый эксперт	Tóth László	MAROVISZ	Független szakértő
Szűcs Pál	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	АЭ эксперт	Szűcs Pál	MAROVISZ	AE-szakértő
Trampus Péter	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	Президент Ассоциации, независимый рецензент	Trampus Péter	MAROVISZ	A Szövetség elnöke, független értékelő
Günther Habermann	компании TPA KKS, Австрия	АЭ эксперт	Günther Habermann	TPA KKS, Ausztria	AE-szakértő
Станислав Недосека	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, доктор технических наук	Sztanyiszlav Nyedoszeka	Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Ukrajna	AE-szakértő, a műszaki tudomány doktora
Михаил Яременко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, кандидат технических наук	Mihail Jaremenko	UTA, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Ukrajna	AE-szakértő, a műszaki tudomány kandidátusa
Марина Овсиенко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	специалист в области АЭ	Marina Ovszijenko	UTA, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Ukrajna	AE-specialista
Сергей Кушниренко	Одесский припортовый завод (ОПЗ), Украина	АЭ эксперт	Szergej Kusnyirenko	Odesszai Kikötő (OPZ), Ukrajna	AE-szakértő
Pór Gábor	Университет г. Дунауйварош, Венгрия	АЭ эксперт	Pór Gábor	Dunaújvárosi Egyetem, Magyarország	AE-szakértő
Geréb János	Geréb és Társa Kft., Венгрия	специалист в области АЭ, производитель АЭ оборудования	Geréb János	Geréb és Társa Kft., Magyarország	AE-specialista, AE-berendezés gyártó

I. Объект АЭ контроля

Сосуд зав. № **24344** для хранения бутана-пропана объемом 5 м^3, работающий под давлением.
Дата изготовления сосуда зав. № 24344 (с утонением стенки) – 1995 г
Дата ввода в эксплуатацию – 1996 г.
Сосуд эксплуатировался на месте установки до конца 2015 г.
Согласно технической документации:
Расчетное давление – 15,6 бар (аналогичное значение и для предохранительного клапана).
Заводское гидроиспытание – 19,5 бар.
Рабочее давление по документам – 12,7 бар.
По данным инспекционных записей отмечены только коррозионные повреждения на внешней поверхности сосуда.
Сосуд зав. № 24344, сваренный из трех листов, обработан с целью утонения стенки (рис. 1).

I. Az AE-vizsgálat tárgya

A **24344** gyári számú, 5 м^3 térfogatú, nyomástartó edényként működő propán-bután gáz tárolótartály.
A 24344 gyári számú (falában elvékonyított) tartály gyártásának dátuma: 1995.
Üzembe helyezésének dátuma: 1996
A tartály a telepítési helyén üzemelt 2015 végéig.

A műszaki dokumentáció alapján:
1. A tervezési nyomás 15,6 bar (a biztonsági szelep számára is mértékadó érték).
2. Gyártóüzemi víznyomáspróba – 19,5 bar.
3. Üzemeltetési nyomás a dokumentumok alapján – 12,7 bar.
4. A gépkönyvhöz csatolt felülvizsgálati jegyzőkönyv szerint csak külső korróziós sérüléseket észleltek.

A 24344 gyártási számú tartály az 1. ábrán látható. A tartályköpeny három lemezből van összehegesztve, és falvékonyítás (gyengítés) céljából megmunkálták.

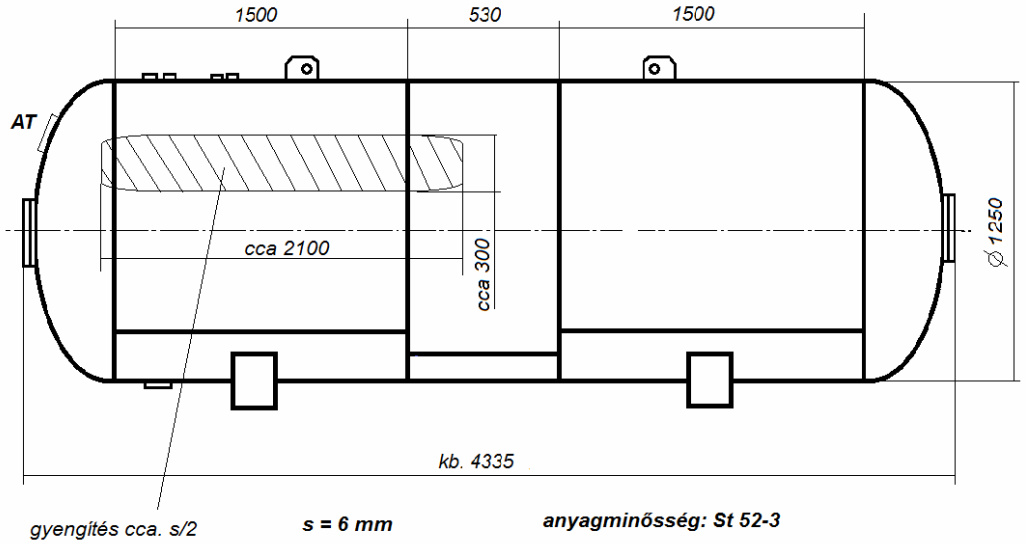


Рис. 1. Сосуд зав. № 24344 с утонением толщины стенки (s – толщина стенки, s/2 – толщина стенки в месте утонения, материал – St 52-3)

1. ábra. A 24344-es, gyengített falú tartály (s – falvastagság, s/2 – falvastagság a gyengítés helyén, anyagminőség – St52-3)

II Подготовка к проведению АЭ контроля

Объект АЭ контроля установлен на открытой горизонтальной площадке под навесом.
Расстояние между сосудом и местом установки оборудования в закрытом помещении – 25 м.
На сосуде зав. № 24344 сделано утонение стенки следующим образом: по всей зоне утонения по решетке 50×50 мм просверлены углубления глубиной 3 мм (толщина стенки – 6 мм), затем данная зона отшлифована так, что следы сверления были на грани исчезновения.
Сосуд покрашен белой краской.
Для удобства установки датчиков сосуд размечен сеткой 250×250 мм.
Количество и места установки датчиков АЭ были определены с участием партнеров по проведению испытания. Поверхность сосуда в местах установки датчиков АЭ подготовлена в соответствии с требованиями нормативных документов по проведению АЭ контроля.

II. Előkészület az AE-vizsgálat kivitelezéséhez

Az AE-vizsgálat tárgya szabad téren, sátortető alatt van elhelyezve.
A tartály és a zárt térben elhelyezett mérőműszerek felállítási helye közötti távolság 25 méter.
A 24344-es tartályon a következő módon végeztek gyengítést: a vékonyítás teljes területén egy 50×50 mm-es háló rácspontjaiba 3 mm mélységű befúrásokat tettek (a falvastagság 6 mm), ezután az adott területet lecsiszolták úgy, hogy a fúrás nyomai az eltűnés határán legyenek, vagyis alig voltak láthatók.
A tartály fehér színűre van festve.
Az érzékelők felszerelését megkönnyítendő a tartályköpenyre 250×250 mm-es hálózat van festve.
Az AE-érzékelők száma és telepítésének helye a vizsgálat lefolytatásában résztvevő partnerek közreműködésével lett meghatározva. A tartály felülete az AE-érzékelők rögzítésének helyén az AE-vizsgálat szabványos követelményeinek megfelelően van előkészítve.

III Порядок проведения испытания

Нагружение сосуда планировалось проводить или до разрыва сосуда, или до максимального значения давления – 60 бар, или до возникновения явных видимых деформаций. Повышение давления осуществляли водой (гидроиспытание).
Предполагаемое значение давления при испытании сосуда зав. № 24344 с утонением стенки, при котором начнется процесс разрушения, – 18…24 бар.
Разрыв сосуда предполагается при давлении > 30 бар.

Скорость повышения давления (нагружения) – ≈1 бар/мин. Контроль этого показателя проведен визуально по манометру, установленному на улице. Производительность насоса 18 л/мин, макс. давление 100 бар.
Ориентировочный график нагружения сосуда приведен на рис. 2.

III. A vizsgálat lefolytatásának menete

A tartály terhelése vagy a tartály felszakadásáig, vagy 60 bar maximális terhelési értékéig, vagy pedig nyilvánvaló, szemmel látható deformációk keletkezéséig volt tervezve. A nyomásnövelést vízzel végezték (víznyomáspróba).

A 24344-es tartály vizsgálatánál a feltételezett nyomásérték, aminél a károsodási folyamat elkezdődik: 18–24 bar.

A tartály felszakadásának feltételezett nyomásértéke > 30 bar volt.
A terhelési nyomás emelésének sebessége ≈1 bar/min. Ennek a tényezőnek az ellenőrzése vizuálisan a szabadban beállított manométer alapján történt. A szivattyú teljesítménye 18 L/min, maximális nyomás 100 bar.

A tartály terhelésének elvi diagramja a 2. ábrán látható.

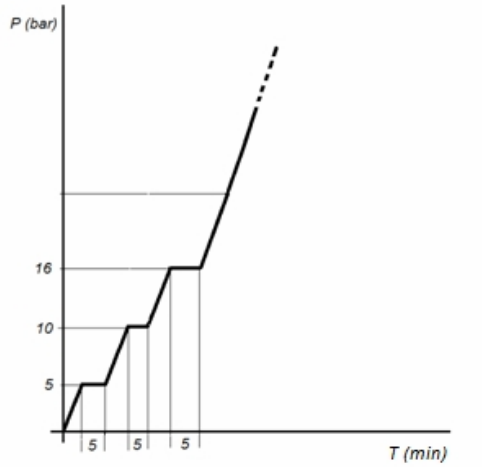


Рис. 2. Планируемый график нагружения сосуда №24344

2. ábra a 24344-es tartály tervezett terhelésének diagramja

Перед проведением испытания 4 апреля 2016 года был проведен одноразовый общий контрольный осмотр сосуда с целью установления его реального состояния. Внутренняя поверхность сосуда находится в хорошем состоянии, на внешней поверхности в некоторых местах обнаружена коррозия с максимальной глубиной 0,5 мм.
После выполнения предварительного контроля сосуд был окрашен белой краской с последующим нанесением разметки в виде сетки 250×250 мм.
Затем были выполнены работы по исследованию акустических характеристик материала сосуда без нагрузки и под нагрузкой.
Определены локальные скорости волн АЭ в материале, на основании которых выбрана расчетная скорость при определении координат источников АЭ, равная 5 мм/мкс. Получены характеристики затухания волн АЭ, в том числе при нагружении.
Данные о скорости волн АЭ в материале и коэффициентах затухания получены по методикам, соответствующим требованиям нормативных документов к проведению АЭ контроля сосудов при их нагружении внутренним давлением.

A vizsgálat előtt, 2016. április 4-én megtörtént a tartály egyszeri általános vizsgálata a reális állapotának megállapítása céljából.

A tartály belső felülete jó állapotban van, a külső felületén, néhány helyen maximum 0,5 mm mélységű korrózió mutatkozik.

A tartály előzetes ellenőrzésének elvégzése után a tartályt fehér festékkel lefestették, azt követően 250×250 mm háló formájú jelölést raktak fel rá.
Ezután került sor a tartály anyagának terhelés nélküli és terhelés alatti akusztikai jellemzőinek vizsgálatára.

Az anyagban meghatározták az AE-hullámok helyi sebességeit, amelyek alapján kiválasztották a az AE-forráskoordináták kiszámításakor alkalmazott terjedési sebességet, ez 5 mm/μs-nak adódott. Megkaphatók voltak az AE-hullámok csillapodásának jellemzői, beleértve terhelés mellett is.
Az AE-hullámok terjedési sebességének és a csillapodási együtthatóinak meghatározása a nyomástartó edények AE-vizsgálatára vonatkozó szabványos előírásoknak megfelelő módszer alapján történt.

IV Проведение АЭ контроля сосуда зав. № 24344 (с утонением)

В качестве средства диагностического контроля использована 16-канальная система ЕМА-4 (на основе прибора AED-416) с программным обеспечением (ПО) двух типов.

ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний, ПО ЕМА-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

Для проведения АЭ контроля при проведении гидроиспытания установлено 10 датчиков АЭ. Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены только приблизительно.

Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на стороне сосуда, где находится область утонения (см. рис. 2). Датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной стороне сосуда.

Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0). Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосуда (250×250 мм). Данные представлены в таблице 1.

Развертка сосуда с указанием мест установки датчиков АЭ и места утонения приведена на рис. 3.

Таблица 1. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

IV. A 24344-es (vékonyított/gyengített) tartály AE-vizsgálatának elvégzése

A diagnosztikai vizsgálat eszközéül 16 csatornás, EMA-4-es (az AED-416 készüléken alapuló) rendszert használtak, kétféle program (szoftver) alkalmazásával (PO). A PO AED-64 arra szolgált, hogy a vizsgálat folyamatában gyűjtse és szolgáltassa az információkat az objektumról, a PO EMA-3.91 pedig a kapott adatok szélesebb körű feldolgozására, és azok alapján a felszakítási nyomás előrejelzésére.

Az AE-vizsgálat elvégzésére a víznyomáspróba során 10 db AE-érzékelő volt elhelyezve. Az 1-es és 2-es érzékelők a tartályfenékre kerültek, oda, ahol volt hozzáférés. Ezek koordinátái csak hozzávetőlegesen voltak meghatározhatók.

A 4, 5, 8, 9 számú érzékelők a tartály azon oldalára kerültek, ahol a vékonyítás/gyengítés területe van (lásd 2. ábra), a 3, 6, 7, 10 számú érzékelők a tartály ellentétes oldalára.

A 9 sz. érzékelő helye a koordinátarendszer origója; koordinátái (0, 0).

Minden egyéb érzékelő koordinátája a tartály (250×250 mm-es) hálós jelölésének megfelelően meghatározható. Az adatok az 1. táblázatban szerepelnek.

A kiterített tartálypalást a felszerelt AE-érzékelők és a gyengítés (vékonyítás) helyének jelölésével a 3. ábrán látható.

1. táblázat Az elhelyezett AE-érzékelők koordinátái az objektumon

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**AE-érzékelő**
X, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0	X (mm)
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500	Y (mm)

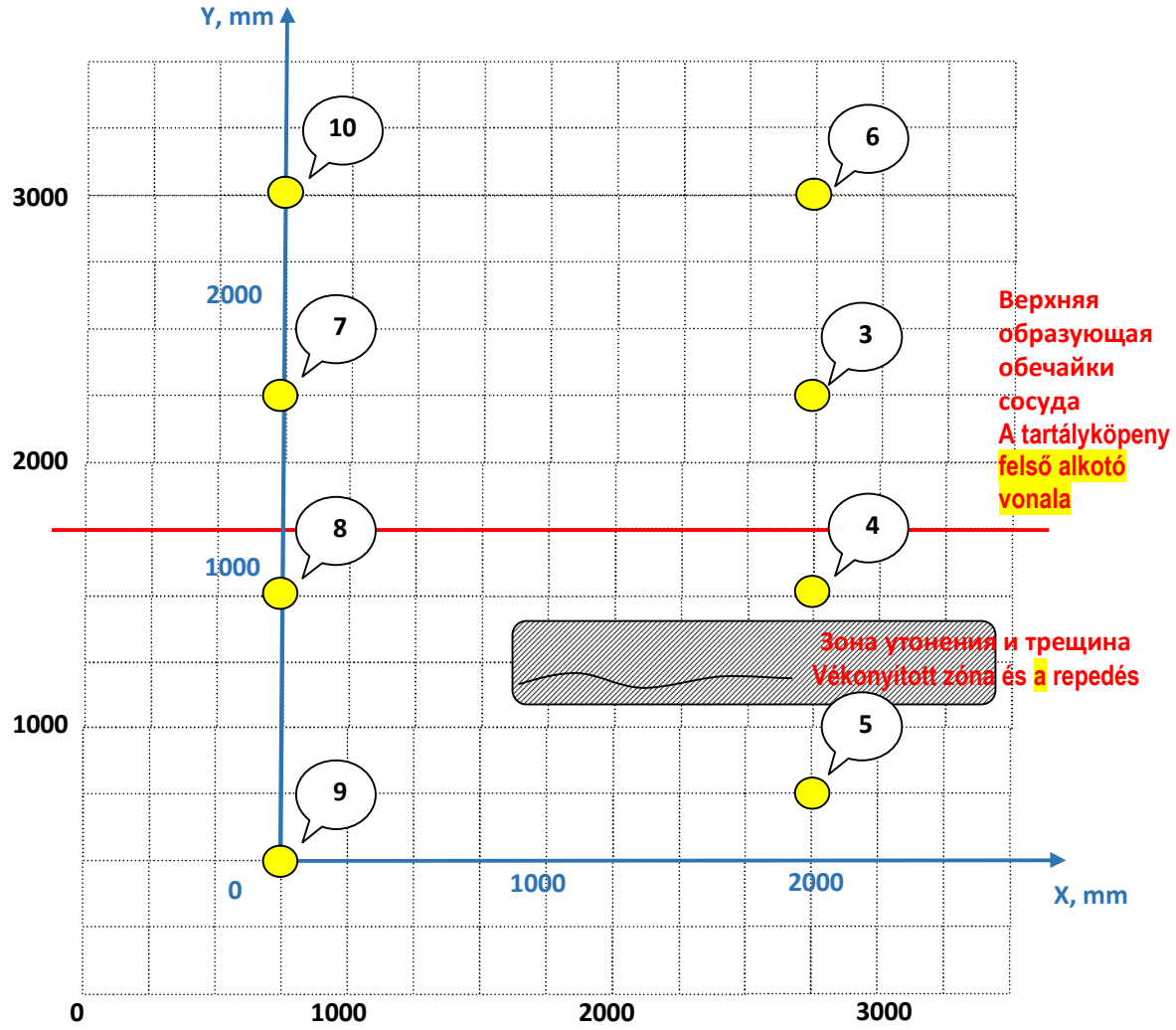


Рис. 3. Развертка боковой поверхности сосуда с указанием мест установки и нумерации датчиков АЭ. Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ. Также показана трещина, образовавшаяся при разрушении сосуда

3. ábra A 24344-es tartályköpenyre felvitt hálózat, valamint az AE-érzékelők elhelyezése és sorszámozása. Kék színnel van jelölve az a koordináta rendszer, amelyet az AE-források lokalizációjához használtak.

Реальный график изменения давления в процессе нагружения сосуда представлен на рис. 4.
Разрушающая нагрузка составила 35,40 бар.

A tényleges nyomásváltozás a tartály terhelési folyamata során a 4. ábrán látható. A felszakító terhelést 35,40 bar jelentette.

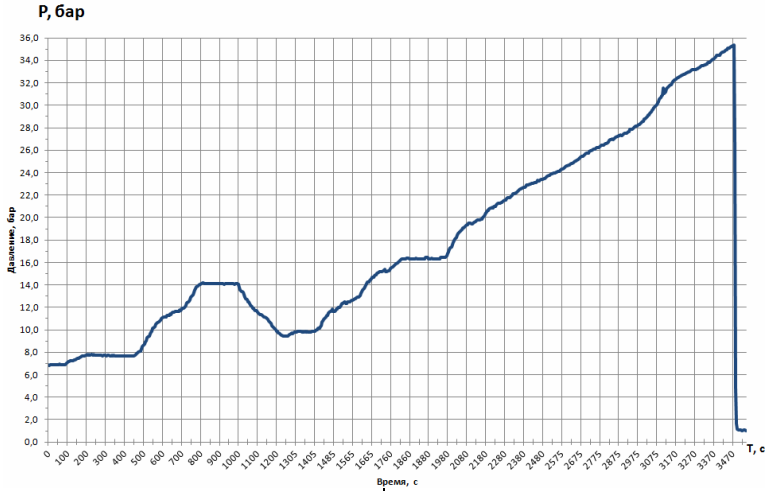


Рис. 4. График нагружения сосуда зав. № 24344 при проведении гидроиспытания

4. ábra. A nyomás változásának grafikonja a 24344-es tartály víznyomáspróbájának lefolytatásánál

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное с растрескиванием покраски (отбраковано выбором порога амплитудной дискриминации).
Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 5–9.

Megemlítendő, hogy a vizsgálat folyamatában kis amplitúdójú AE-jelek jelentős mennyiségben keletkeztek, amely jelenség feltehetőleg a festék megrepedésével kapcsolatos (az említett jelek kiszűrhetők voltak amplitúdó alapú diszkrimináció alkalmazásával).
A végrehajtott AE-vizsgálat eredményei az 5–9. ábrán láthatók.

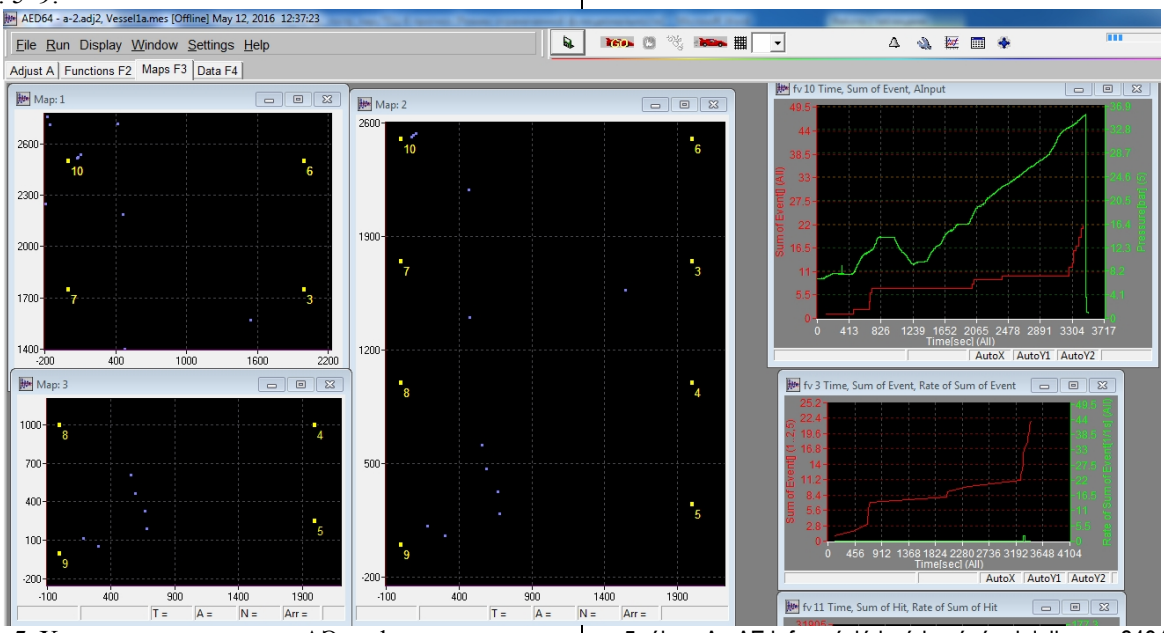


Рис. 5. Характер поступления АЭ информации при проведении гидроиспытания сосуда зав. №24344 (ПО AED-64)

5. ábra. Az AE információ beérkezésének jellege a 24344-es tartály víznyomáspróbája során (PO AED-64)

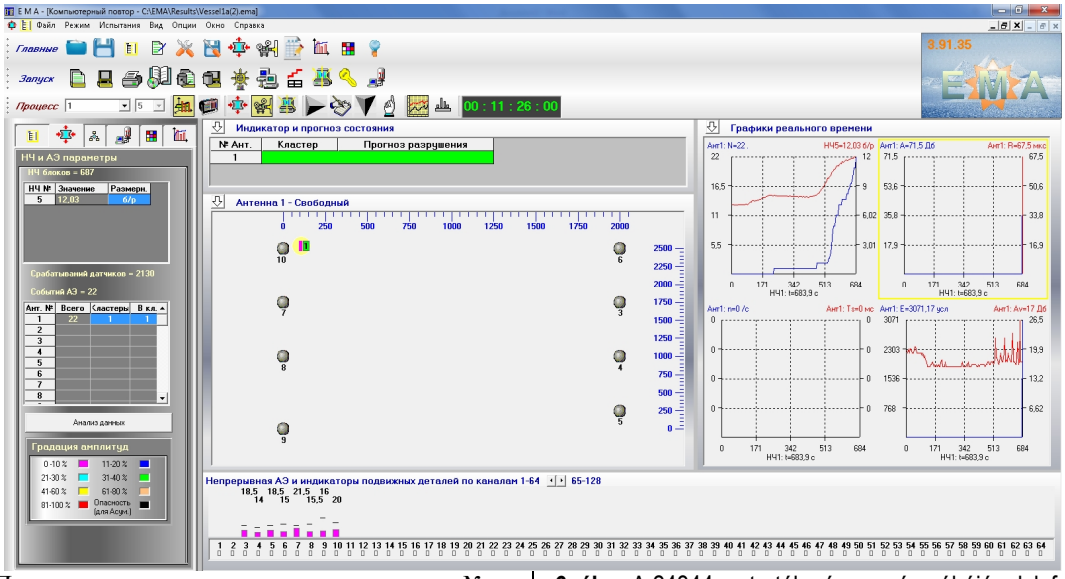


Рис. 6. Проведение гидроиспытания сосуда зав. № 24344. Поступление первых событий. ПО EMA-3.91

6. ábra A 24344-es tartály víznyomáspróbájának lefolytatása. Az első események befutása. PO EMA-3.91

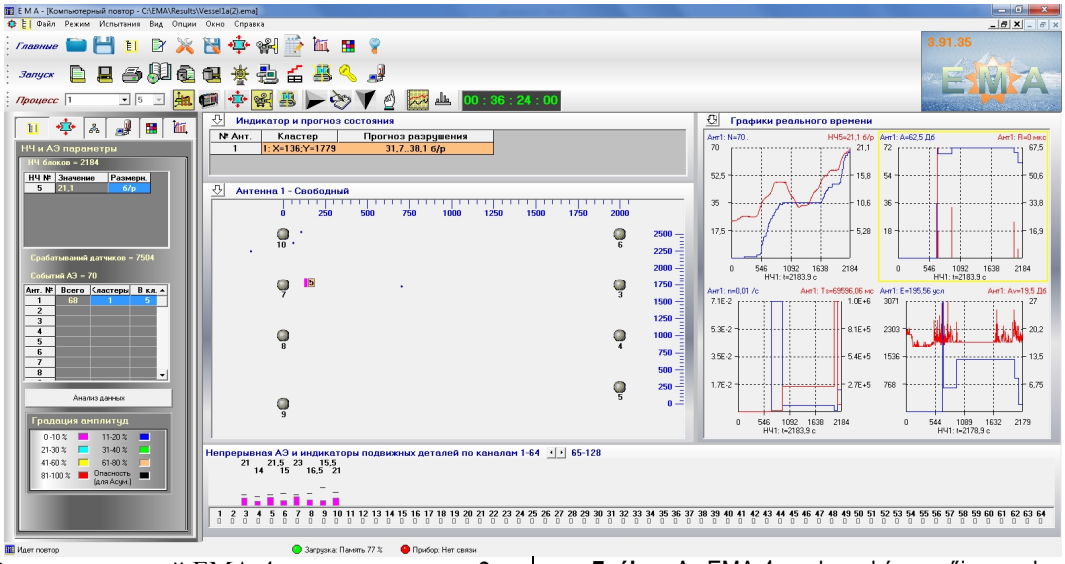


Рис. 7. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 2 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

7. ábra. Az EMA-4 rendszer képernyője, amely mutatja a felszakadási nyomás figyelmeztetésének 2 szintjét és a prognosztizált értékét. (PO EMA-3.91)

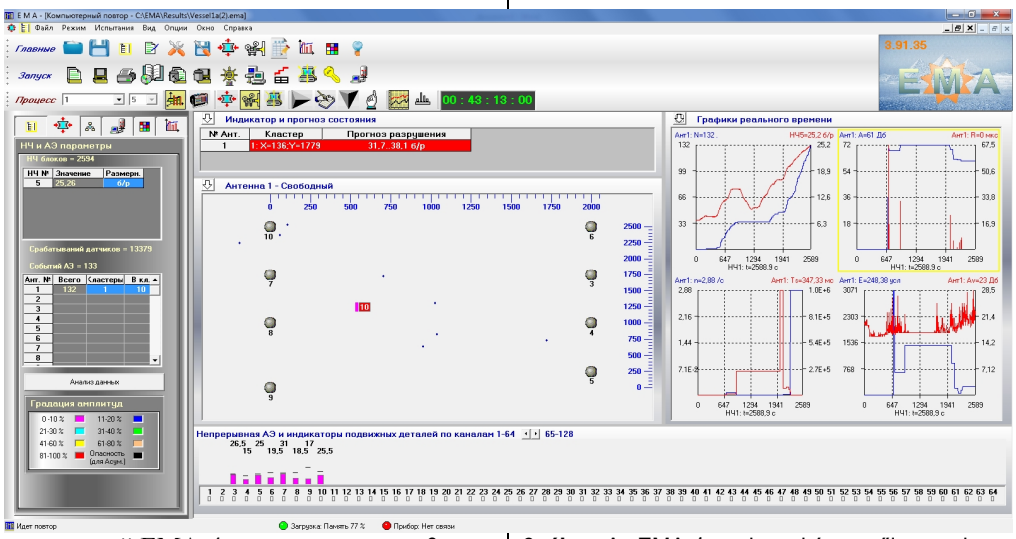


Рис. 8. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

8. ábra. Az EMA-4 rendszer képernyője, amely mutatja a felszakadási nyomás figyelmeztetésének 3 szintjét és a prognosztizált értékét. (PO EMA-3.91)

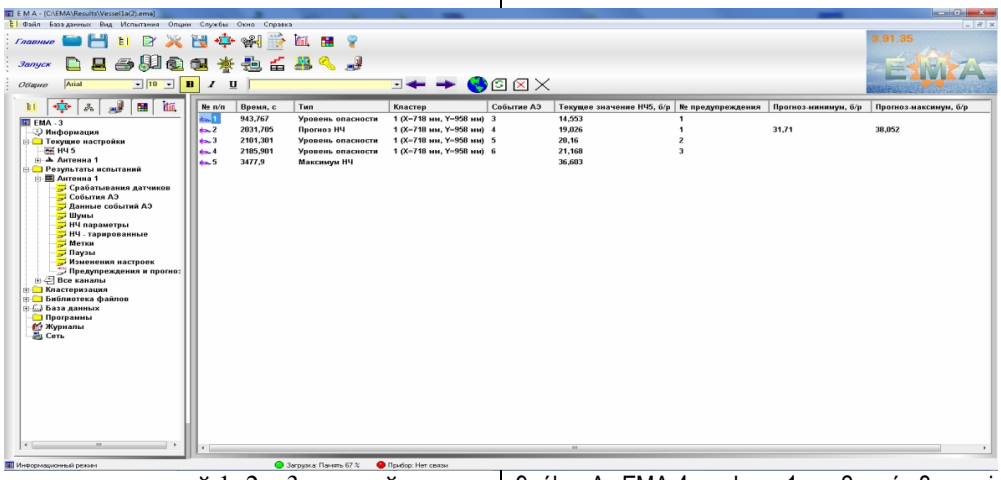


Рис. 9. Список предупреждений 1, 2 и 3 уровней и прогноза разрушающей нагрузки, выданных системой ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91)

9. ábra Az EMA-4 rendszer 1-es, 2-es és 3-as szintjére vonatkozó figyelmeztetési listája a felszakadási nyomás prognózisával (PO EMA-3.91)

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при давлении 14,56 бар.
При нагрузке 19,02 бар и на первом же уровне предупреждения «*Обратить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 31,71…38,05 бар.
Второй уровень предупреждения «*Повысить внимание*» выдан при нагрузке 20,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось.
Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 21,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом также не изменилось.
Для дополнительной проверки выполнено послеэкспериментальное исследование локации координат источников АЭ в области трещины.
Для этого сформирована локационная антенна из 4 датчиков в соответствии с таблицей 2.

Az első, *„Figyelmet fordítani!”* figyelmeztetés 14,56 bar terhelésnél lett kiadva.
19,02 bar nyomásnál szintén az 1-es szintű figyelmeztetésnél – *„Figyelmet fordítani”* – lett kiadva a tartály tönkremenetelének előrejelzése 31,71–38,05 bar nyomásértékre.
A figyelmeztetés második szintje – *„Fokozni a figyelmet”* – 20,16 bar-nál lett kiadva. Emellett a prognosztizált felszakadási nyomás értéke változatlan maradt.

A figyelmeztetés harmadik szintje – *„Veszély”* – 21,16 bar-nál lett kiadva. Emellett a prognosztizált felszakadási nyomás értéke szintén változatlan maradt.
Kiegészítő ellenőrzésként a repedés környezetében keletkezett AE-források koordinátáinak lokalizációja (helyének meghatározása) érdekében utólagos vizsgálatot végeztünk el.
E célból 4 érzékelőből helyi antennát (array) alakítottunk ki a 2. táblázattal összhangban.

Таблица 2. Координаты датчиков АЭ в области развития трещины

2. táblázat. Az AE-érzékelők koordinátái a repedés képződésének területén

Датчики АЭ	**4**	**5**	**8**	**9**	**AE-érzékelő**
X, мм	2000	2000	0	0	X (mm)
У, мм	1000	250	1000	0	Y (mm)

Выполненный послеэкспериментальный компьютерный повтор проведенного испытания показал удовлетворительное соответствие полученных координат источников АЭ месту развития трещины.
Координаты получены методом кластерного анализа по координатному признаку. Образовавшиеся 4 кластера представлены флажками на рис. 10.

A lefolytatott vizsgálatot követően elvégzett számítógépes ismétlés (visszajátszás) azt mutatta, hogy az AE-források kapott koordinátái a repedésképződés helyével kielégítően egybeesnek.
A koordinátákat klaszteranalízis módszerével kaptuk a koordinátajellemzők szerint.

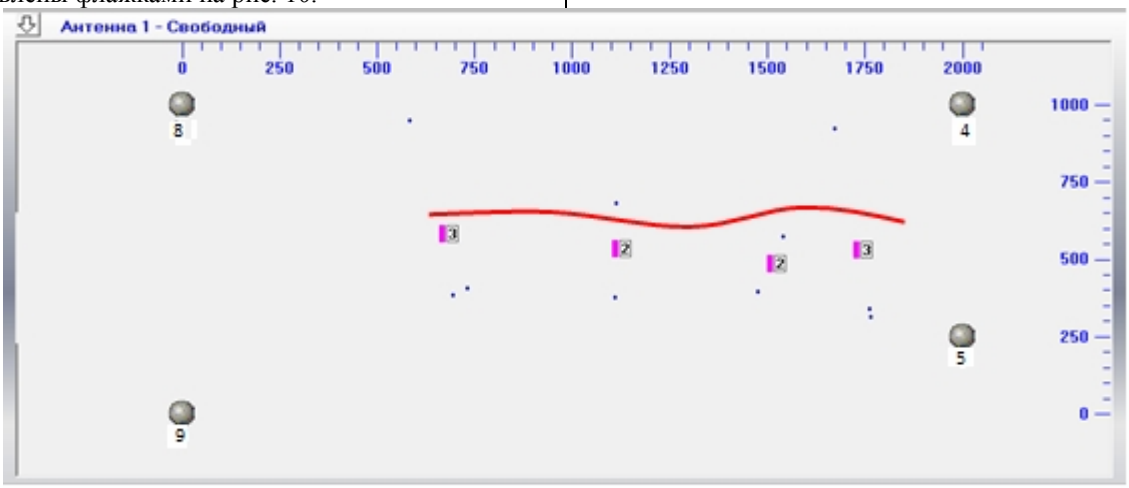


Рис. 10. Экран локации системы ЕМА-4. Локация сигналов АЭ в области развития трещины. Трещина приближенно показана красной линией

10. ábra Az EMA-4 rendszer lokációs képernyője. Az AE-események lokalizációja a repedés kialakulásának területén. A hozzávetőleges repedési frontot piros vonal jelöli

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления зав. № 24344 (с утонением, доведен до разрушения):
1. При испытании сосуда система АЭ диагностики ЕМА-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.
2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда № 24344 в

Összegezés / következtetések a 24344-es nyomástartó edény AE-módszerrel végzett víznyomáspróbájának eredményei alapján (gyengített falú tartály a tönkremenetelig nyomva)
1. A 24344-es tartály vizsgálatánál az AE EMA-4 diagnosztika idejekorán kiadta az 1, 2 és 3 szintű veszély-előrejelzést.

2. Jóval a lehetséges tönkremenetel előtt a kapott előrejelzés a 24344-es tartály felszakadási terhelésére 31,71–38,05 bar

диапазоне 31,71…38,05 бар с погрешностью в соответствии с требованиями нормативных документов (±15%). Разрушающая нагрузка составила 36,54 бар. Реальная погрешность выданного прогноза составляет менее 5%.
3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 55% от прогнозной разрушающей.
4. Координаты источников АЭ в локальной области, близкой к участку развития трещины, удовлетворительно соответствуют месту расположения трещины после разрушения

tartományba esik; a becslés hibája a normatív dokumentumok követelményei alapján ±15%. A felszakadási terhelés 36,54 bar volt. A kiadott előrejelzés hibája kevesebb, mint 5%.

3. Az előrejelzés kiadásának pillanatára a folyamatban lévő terhelés körülbelül a várható felszakítási nyomás értékének 55 %-át tette ki.
4. A lokalizációs területen az AE-források koordinátái közel vannak a repedés ténylegesen létrejött frontjához, kielégítően megfelelnek a tönkremenetelt követő repedés elhelyezkedésének.

ИСПОЛНИТЕЛИ:	**Aláírások**
Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Венгрия) Geréb János	
ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко	
2VD Géptervező és Kereskedő Kft. ***(Венгрия)*** Varga László	
Одесский припортовый завод (Украина) С.А. Кушниренко	

ПРОТОКОЛ

ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ СОСУДА зав. № 24452

С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АЭ

Дата проведения: 12 мая 2016 года.

Место проведения: территория компании PEBE-COOP GAZIPARI FEJLESZTO, FORGALMAZO ES GYARTO KORLATOLT FELELOSSEGU TARSASAG (PÉBÉ-COOP Ltd)
4200 Хайдсобосло, ул. Эндре Ади, 87, Венгрия.

Цель проведения испытаний: определить на раннем этапе нагружения сосуда значение разрушающего давления по реальному состоянию объекта с применением метода АЭ.

Участники:

Специалист	Компания, страна	Должность при мероприятии
Hajdú István	PÉBÉ-COOP Ltd, Венгрия	организатор, руководитель программы
Dobránszky János	Будапештский Университет Технических и Экономических Наук, г. Будапешт, Венгрия	научный руководитель программы
Fodor Olivér	ÁEF Лаборатория, Венгрия	АЭ эксперт, измерение напряжений и деформаций, испытание на разрыв внутренним давлением
Tóth László	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	независимый эксперт
Szűcs Pál	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	АЭ эксперт
Trampus Péter	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	Президент Ассоциации, независимый рецензент
Günther Habermann	компании TPA KKS, Австрия	АЭ эксперт
Станислав Недосека	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, доктор технических наук
Михаил Яременко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, кандидат технических наук
Марина Овсиенко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	специалист в области АЭ
Сергей Кушниренко	Одесский припортовый завод (ОПЗ), Украина	АЭ эксперт
Pór Gábor	Университет г. Дунауйварош, Венгрия	АЭ эксперт
Geréb János	Geréb és Társa Kft., Венгрия	специалист в области АЭ, производитель АЭ оборудования

I Объект АЭ контроля:

сосуд зав. № **24452** для хранения бутана-пропана объемом 5 м^3, работающий под давлением.

Дата изготовления сосуда № 24452 – 1996 г.

Дата ввода в эксплуатацию – 1996 г.

Сосуд эксплуатировался на месте установки до конца 2015 г.

Согласно технической документации:

1. Расчетное давление – 15,6 бар (аналогичное значение и для предохранительного клапана).
2. Заводское гидроиспытание – 19,5 бар.
3. Рабочее давление по документам – 12,5 бар.
4. По данным инспекционных записей отмечены только коррозионные повреждения на внешней поверхности сосуда.

Сосуд зав. № 24452 представлен на рис. 1. Сосуд сварен из двух листов.

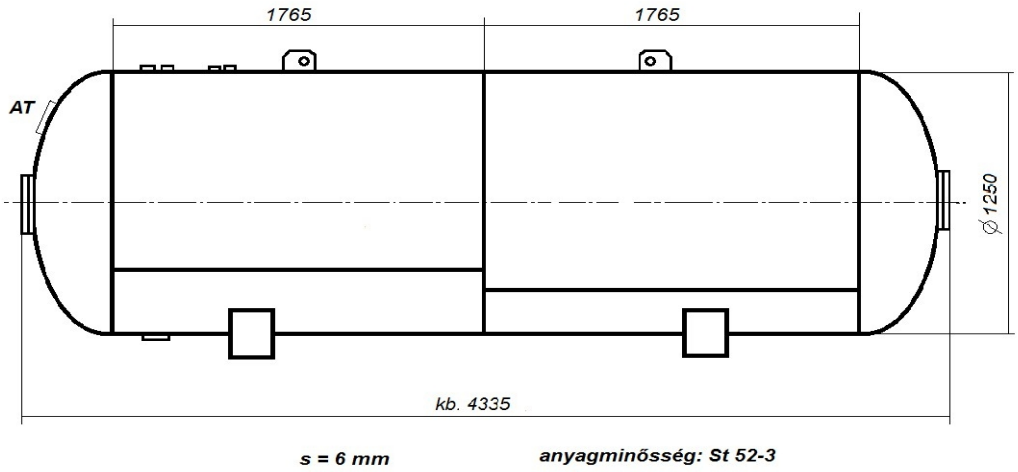


Рис. 1. Сосуд зав. № 24452
(s – толщина стенки, материал – St 52-3)

II Подготовка к проведению АЭ контроля

Объект АЭ контроля установлен на открытой горизонтальной площадке под навесом. Расстояние между сосудом и местом установки оборудования в закрытом помещении – 25 м. Сосуд покрашен белой краской.

Для удобства установки датчиков сосуд размечен сеткой 250×250 мм.

Количество и места установки датчиков АЭ были определены с участием партнеров по проведению испытания. Поверхность сосудов в местах установки датчиков АЭ подготовлена в соответствии с требованиями нормативных документов по проведению АЭ контроля.

III Порядок проведения испытания

Нагружение сосуда планировалось проводить или до разрыва сосуда, или до максимального значения давления – 60 бар, или до возникновения явных видимых деформаций. Следует отметить, что сосуд зав. № 24452 предварительно перемещался с помощью крана с целью имитации потенциальной грубой транспортировки, а также условий подъема и возможного падения сосуда с ножек (≈ 35 см).

Повышение давления осуществляли водой (гидроиспытание).

Предполагаемое значение давления при испытании сосуда зав. № 24452, при котором начнется процесс разрушения, – 35…40 бар. Разрыв сосуда предполагался при давлении > 55 бар. Скорость повышения давления (нагружения) – ≈1 бар/мин. Контроль этого показателя проведен визуально по манометру, установленному на улице. Производительность насоса – 18 л/мин, максимальное давление – 100 бар.

Ориентировочный график нагружения сосуда приведен на рис. 2.

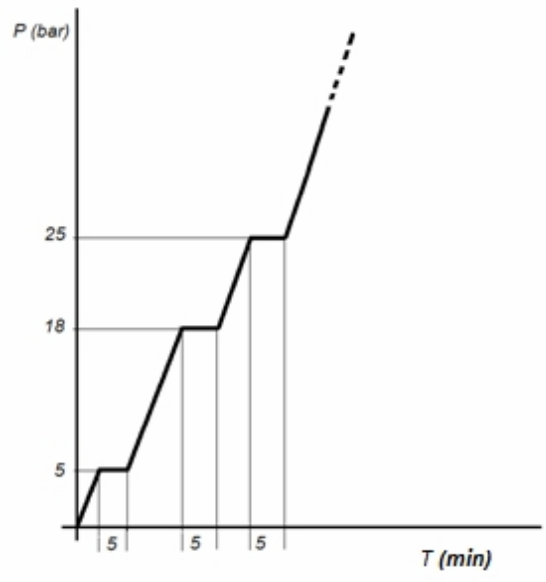


Рис. 2. Планируемый график нагружения сосуда зав. № 24452

Перед проведением испытания 4 апреля 2016 года был проведен одноразовый общий контрольный осмотр сосуда с целью установления реального состояния.

Внутренняя поверхность сосуда находится в хорошем состоянии, на внешней поверхности в некоторых местах обнаружена коррозия с максимальной глубиной 0,5 мм.

После выполнения предварительного контроля сосуд был окрашен белой краской с последующим нанесением разметки в виде сетки 250×250 мм. Затем были выполнены работы по исследованию акустических характеристик материала сосуда без нагрузки и под нагрузкой.

Определены локальные скорости волн АЭ в материале, на основании которых выбрана расчетная скорость при определении координат источников АЭ, равная 5 мм/мкс. Получены характеристики затухания волн АЭ, в том числе при нагружении. Данные о скорости волн АЭ в материале и коэффициентах затухания получены в соответствии с требованиями нормативных документов к проведению АЭ контроля сосудов при их нагружении внутренним давлением.

IV Проведение АЭ контроля сосуда № 24452

В качестве средства диагностического контроля использована 16-канальная система ЕМА-4 (на основе прибора AED-416) с программным обеспечением (ПО) двух типов. ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний, ПО ЕМА-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

Для проведения АЭ контроля при проведении гидроиспытания установлено 10 датчиков АЭ. Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены приблизительно.

Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на одной стороне сосуда (см. рис. 1), а датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной стороне сосуда. Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0).

Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосуда (250×250 мм). Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
X, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500

Развертка сосуда с указанием мест установки датчиков АЭ приведена на рис. 3.

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное, вероятно, с растрескиванием покраски (указанные сигналы были отбракованы с использованием амплитудной дискриминации).

График изменения давления при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24452 показан на рис. 4.

Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 5-6.

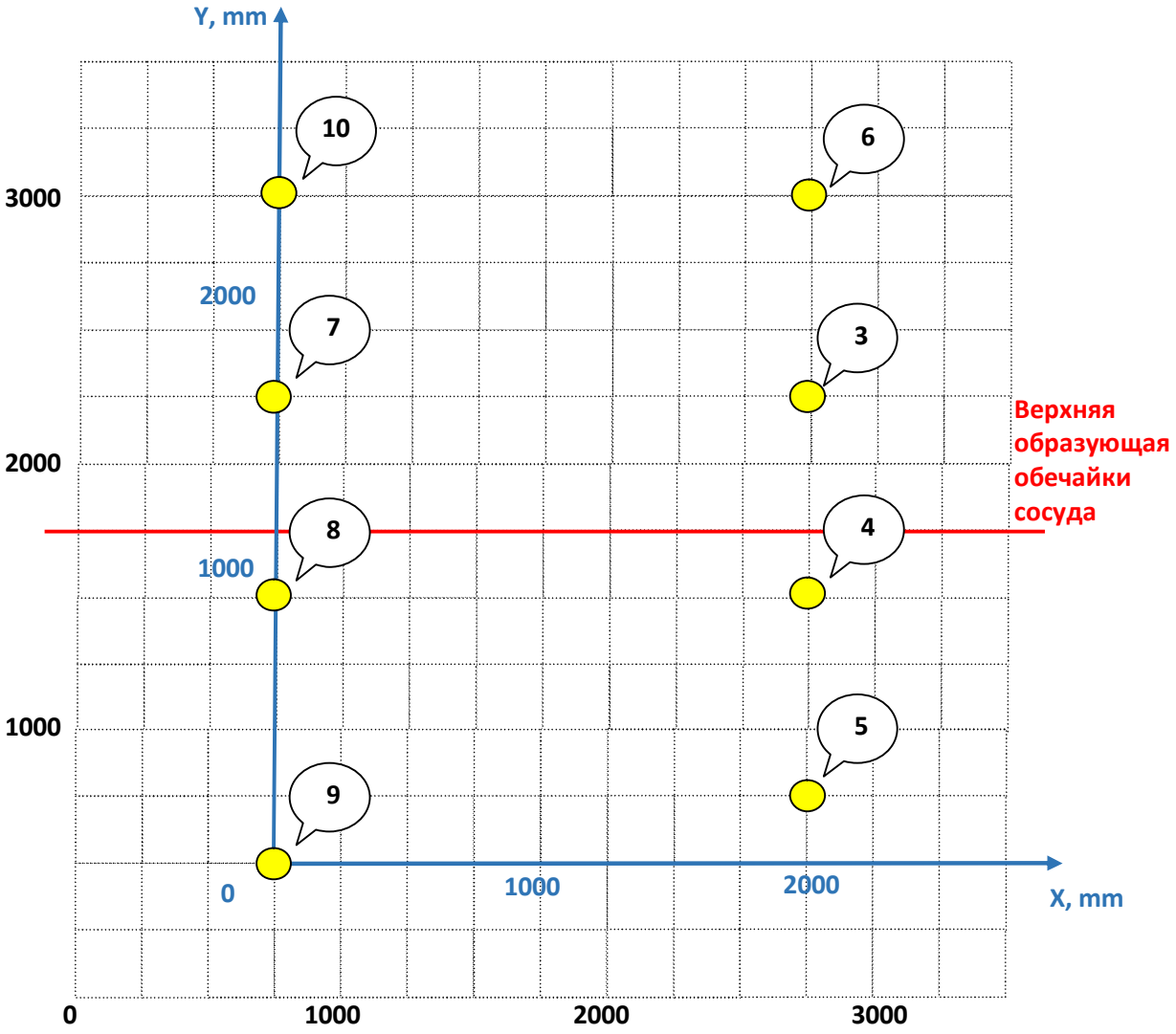


Рис. 3. Развертка боковой поверхности сосуда зав. № 24452 с указанием мест установки и нумерации датчиков АЭ. Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ

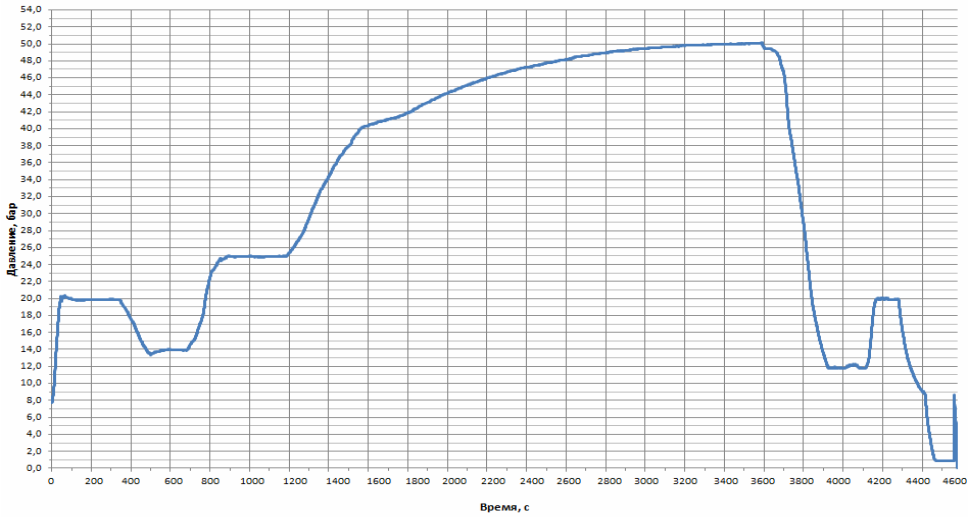


Рис. 4. График изменения давления при проведении гидроиспытания сосуда зав. №24452

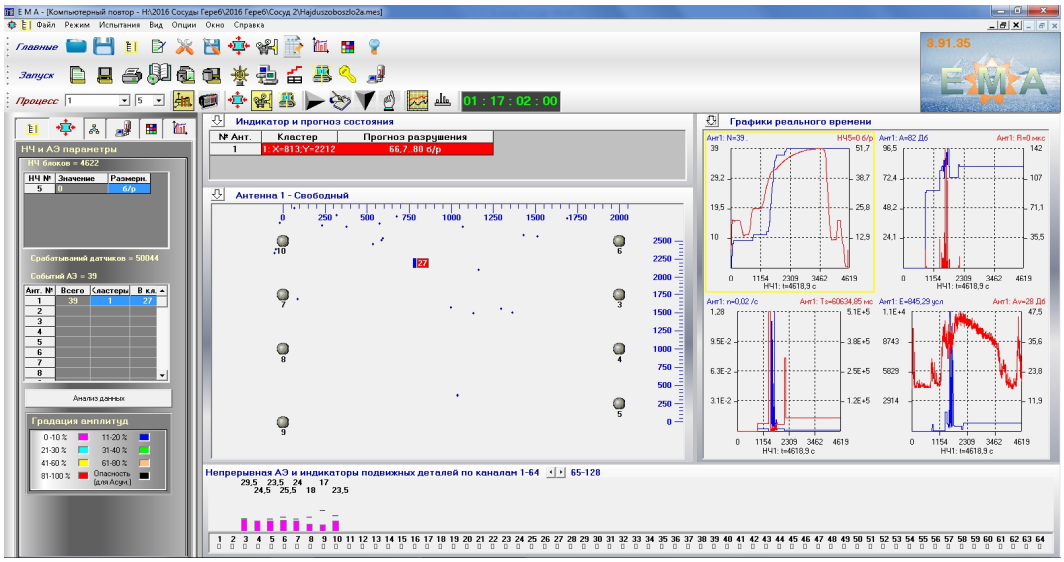


Рис. 5. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки. ПО ЕМА-3.91

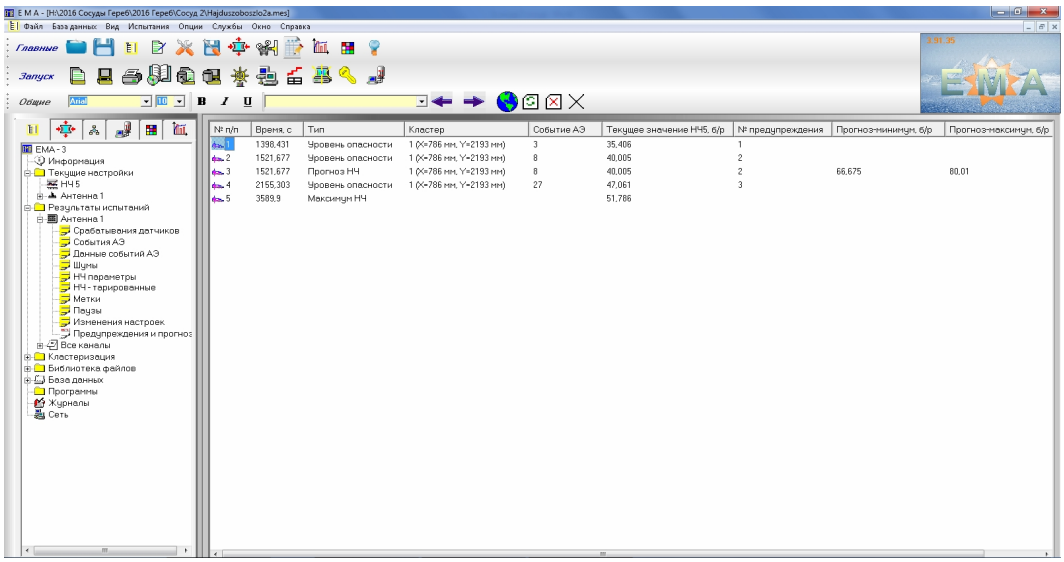


Рис. 6. Список предупреждений системы ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91) 1, 2 и 3 уровней и прогноза разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при нагрузке 35,40 бар.

При нагрузке 40,00 бар и втором уровне предупреждения «*Повысить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 66,675…80,01 бар.

Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 47,06 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось.

По техническим причинам сосуд зав. № 24452 не был доведен до разрушения. Испытание остановлено.

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления зав. № 24452 (испытание остановлено по техническим причинам):

1. При испытании сосуда зав. № 24452 система АЭ диагностики ЕМА-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.

2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452 в диапазоне 66,68…80,01 бар с предполагаемой погрешностью, в соответствии с требованиями нормативных документов, ±15%.
3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 60% от прогнозной разрушающей.
4. Реальная погрешность выданного прогноза не определена в связи с прекращением испытания по техническим причинам.

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Венгрия)

_____ Geréb János

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины

_____ С.А. Недосека

_____ М.А. Яременко

_____ М.А. Овсиенко

2VD Géptervező és Kereskedő Kft. ***(Венгрия)***

_____ Varga László

Одесский припортовый завод (Украина)

_____ С.А. Кушниренко

ПРОТОКОЛ
ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ СОСУДА зав. № 24452 С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АЭ

Дата проведения: 12 мая 2016 года.

Место проведения: территория компании PEBE-COOP GAZIPARI FEJLESZTO, FORGALMAZO ES GYARTO KORLATOLT FELELOSSEGU TARSASAG (PÉBÉ-COOP Ltd)

4200 Хайдсобосло, ул. Эндре Ади, 87, Венгрия

Цель проведения испытаний: определить на раннем этапе нагружения сосуда значение разрушающего давления по реальному состоянию объекта с применением метода АЭ.

A 24452 GYÁRI SZÁMÚ TARTÁLY AE-VIZSGÁLAT ALKALMAZÁSÁVAL VÉGZETT NYOMÁSPRÓBÁJÁNAK JEGYZŐKÖNYVE

A vizsgálat elvégzésének dátuma: 2016. május 12.

A vizsgálat helyszíne: a PÉBÉ-COOP Kft. telephelye

4200 Hajdúszoboszló, Ady Endre út 87. Magyarország

A vizsgálat elvégzésének célja: a tartály terhelésének korai fázisában meghatározni a felszakadási nyomás értékét a vizsgált objektum reális állapota alapján az AE-módszer alkalmazásával

Участники:			**Résztvevők**		
Специалист	**Компания, страна**	**Должность при мероприятии**	**Név**	**Cég, ország**	**Feladatkör**
Hajdú István	PÉBÉ-COOP Ltd, Венгрия	организатор, руководитель программы	Hajdú István	Pébé-Coop, Magyarország	Szervező, programvezető
Dobránszky János	Будапештский Университет Технических и Экономических Наук, г. Будапешт, Венгрия	научный руководитель программы	Dobránszky János	BME, Magyarország	A program tudományos vezetője
Fodor Olivér	ÁEF Лаборатория, Венгрия	АЭ эксперт, измерение напряжений и деформаций, испытание на разрыв внутренним давлением	Fodor Olivér	ÁEF, Magyarország	AE-szakértő, részvétel a lokális feszültségek és deformációk mérésében, a szakító nyomáspróba kísérletben
Tóth László	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	независимый эксперт	Tóth László	MAROVISZ	Független szakértő
Szűcs Pál	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	АЭ эксперт	Szűcs Pál	MAROVISZ	AE-szakértő
Trampus Péter	MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля)	Президент Ассоциации, независимый рецензент	Trampus Péter	MAROVISZ	A Szövetség elnöke, független értékelő
Günther Habermann	компании TPA KKS, Австрия	АЭ эксперт	Günther Habermann	TPA KKS, Ausztria	AE-szakértő
Станислав Недосека	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	АЭ эксперт, доктор технических наук	Sztanyiszlav Nyedoszeka	Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Ukrajna	AE-szakértő, a műszaki tudomány doktora
Михаил Яременко	Институт электросварки им. Е.О. Патона,	АЭ эксперт, кандидат технических	Mihail Jaremenko	Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton He-	AE-szakértő, a műszaki tudomány kandidátusa

	Национальная академия наук Украины	наук		gesztési Kutatóintézet, Ukrajna	
Марина Овсиенко	Институт электросварки им. Е.О. Патона, Национальная академия наук Украины	специалист в области АЭ	Marina Ovszijenko	Ukrán Tudományos Akadémia, E. O. Paton Hegesztési Kutatóintézet, Ukrajna	AE-specialista
Сергей Кушниренко	Одесский припортовый завод (ОПЗ), Украина	АЭ эксперт	Szergej Kusnyirenko	Odesszai Kikötő (OPZ), Ukrajna	AE-szakértő
Pór Gábor	Университет г. Дунауйварош, Венгрия	АЭ эксперт	Pór Gábor	Dunaújvárosi Egyetem, Magyarország	AE-szakértő
Geréb János	Geréb és Társa Kft., Венгрия	специалист в области АЭ, производитель АЭ оборудования	Geréb János	Geréb és Társa Kft., Magyarország	AE-specialista, AE-berendezés gyártó

I Объект АЭ контроля:

сосуд зав. № **24452** для хранения бутана-пропана объемом 5 м^3, работающий под давлением.

Дата изготовления сосуда № 24452 – 1996 г.

Дата ввода в эксплуатацию – 1996 г.

Сосуд эксплуатировался на месте установки до конца 2015 г.

Согласно технической документации:

1. Расчетное давление – 15,6 бар (аналогичное значение и для предохранительного клапана).

2. Заводское гидроиспытание – 19,5 бар.

3. Рабочее давление по документам – 12,5 бар.

4. По данным инспекционных записей отмечены только коррозионные повреждения на внешней поверхности сосуда

Сосуд зав. № 24452 представлен на рис. 1. Сосуд сварен из двух листов.

I. Az AE-vizsgálat tárgya

A **24452** gyári számú, 5 м^3 térfogatú, nyomástartó edényként működő propán-bután gáz tárolótartály.

A 24452 gyári számú tartály gyártásának dátuma: 1996

Üzembe helyezésének dátuma: 1996

A tartály a telepítési helyén üzemelt 2015 végéig.

A műszaki dokumentáció alapján:

1. A tervezési nyomás 15,6 bar (a biztonsági szelep számára is mértékadó érték).

2. Gyártóüzemi víznyomáspróba – 19,5 bar.

3. Üzemeltetési nyomás a dokumentumok alapján – 12,5 bar.

4. A gépkönyvhöz csatolt felülvizsgálati jegyzőkönyv szerint csak külső korróziós sérüléseket észleltek.

A 24452 gyártási számú tartály az 1. ábrán látható. A tartályköpeny két lemezből van összehegesztve.

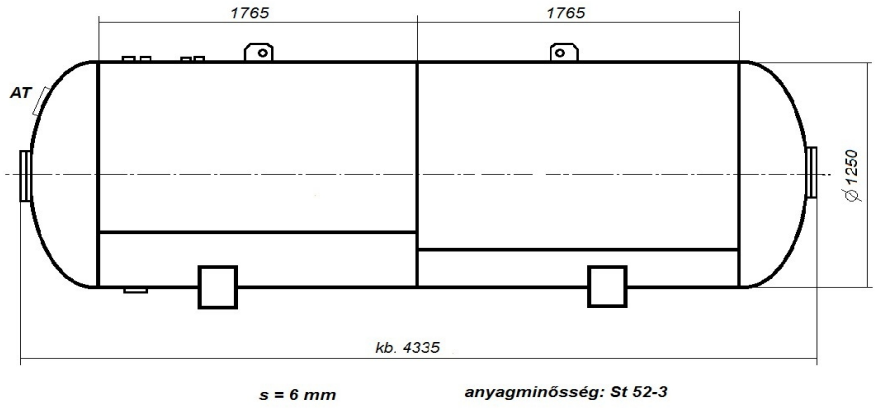


Рис. 1. Сосуд зав. № 24452
(s – толщина стенки, материал – St 52-3)

1. ábra № 24452 számú tartály
(s – falvastagság, anyagminőség – St 52-3)

II Подготовка к проведению АЭ контроля

Объект АЭ контроля установлен на открытой горизонтальной площадке под навесом.

Расстояние между сосудом и местом установки оборудования в закрытом помещении – 25 м.

Сосуд покрашен белой краской.

Для удобства установки датчиков сосуд размечен сеткой 250×250 мм.

Количество и места установки датчиков АЭ были определены с участием партнеров по проведению испытания. Поверхность сосудов в местах установки датчиков АЭ подготовлена в соответствии с требованиями нормативных документов по проведению АЭ контроля.

II. Előkészület az AE vizsgálat kivitelezéséhez

Az AE-vizsgálat tárgya szabad téren, sátortető alatt van elhelyezve.

A tartály és a zárt térben elhelyezett mérőműszerek felállítási helye közötti távolság 25 méter.

A tartály fehér színűre van festve.

Az érzékelők felszerelését megkönnyítendő a tartályköpenyre 250×250 mm-es hálózat van festve.
Az AE-érzékelők száma és telepítésének helye a vizsgálat lefolytatásában résztvevő partnerek közreműködésével lett meghatározva. A tartály felülete az AE-érzékelők rögzítésének helyén az AE-vizsgálat szabványos követelményeinek megfelelően van előkészítve.

III Порядок проведения испытания

Нагружение сосуда планировалось проводить или до разрыва сосуда, или до максимального значения давления – 60 бар, или до возникновения явных видимых деформаций.
Следует отметить, что сосуд зав. № 24452 предварительно перемещался с помощью крана с целью имитации потенциальной грубой транспортировки, а также условий подъема и возможного падения сосуда с ножек (≈ 35 см).

Повышение давления осуществляли водой (гидроиспытание).

Предполагаемое значение давления при испытании сосуда зав. № 24452, при котором начнется процесс разрушения, – 35…40 бар. Разрыв сосуда предполагался при давлении > 55 бар. Скорость повышения давления (нагружения) – ≈1 бар/мин. Контроль этого показателя проведен визуально по манометру, установленному на улице. Производительность насоса – 18 л/мин, максимальное давление – 100 бар.

Ориентировочный график нагружения сосуда приведен на рис. 2.

III. A vizsgálat lefolytatásának menete

A tartály terhelése vagy a tartály felszakadásáig, vagy 60 bar maximális terhelési értékéig, vagy pedig nyilvánvaló, szemmel látható deformációk keletkezéséig volt tervezve.
Meg kell jegyezni, hogy a 24452-es tartály előzetesen áthelyezésre került, daruzás és leejtés útján emelést, szállítási sérülést, valamint a tartály felemelése után a lábacskákra való leesést imitáltak (35 cm magasból). *[Nem igazán ez van eredetileg írva a leejtés kapcsán, de ha esetleg félreértették is, a fordított szöveg mondja a valós előzményt.]*

A nyomásnövelést vízzel végezték (víznyomás).

A 24452-es tartály vizsgálatánál a feltételezett nyomásérték, aminél a károsodási folyamat elkezdődik: 35–40 bar. A tartály felszakadásának feltételezett nyomásértéke > 55 bar volt. A terhelési nyomás emelésének sebessége ≈1 bar/min. Ennek a tényezőnek az ellenőrzése vizuálisan a szabadban beállított manométer alapján történt. A szivattyú teljesítménye 18 L/min, maximális nyomás 100 bar.

A tartály terhelésének elvi grafikonja a 2. ábrán látható.

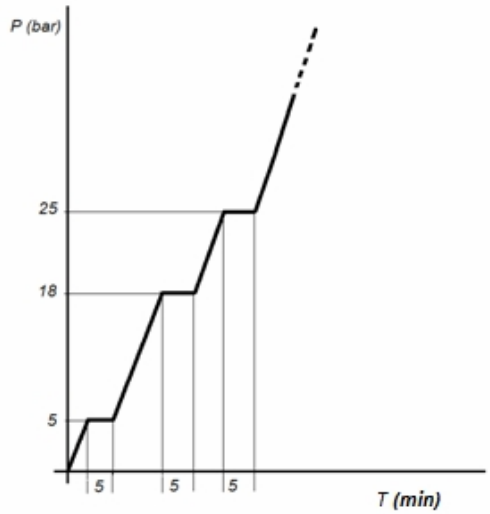


Рис. 2. Планируемый график нагружения сосуда зав. № 24452

2. ábra a 24452-es tartály terhelésének tervezett grafikonja

Перед проведением испытания 4 апреля 2016 года был

A 2016. április 4-én lefolytatott vizsgálat előtt megtörtént a tartály

проведен одноразовый общий контрольный осмотр сосуда с целью установления реального состояния.

Внутренняя поверхность сосуда находится в хорошем состоянии, на внешней поверхности в некоторых местах обнаружена коррозия с максимальной глубиной 0,5 мм.

После выполнения предварительного контроля сосуд был окрашен белой краской с последующим нанесением разметки в виде сетки 250×250 мм. Затем были выполнены работы по исследованию акустических характеристик материала сосуда без нагрузки и под нагрузкой.

Определены локальные скорости волн АЭ в материале, на основании которых выбрана расчетная скорость при определении координат источников АЭ, равная 5 мм/мкс. Получены характеристики затухания волн АЭ, в том числе при нагружении.

Данные о скорости волн АЭ в материале и коэффициентах затухания получены в соответствии с требованиями нормативных документов к проведению АЭ контроля сосудов при их нагружении внутренним давлением.

IV Проведение АЭ контроля сосуда № 24452

В качестве средства диагностического контроля использована 16-канальная система EMA-4 (на основе прибора AED-416) с программным обеспечением (ПО) двух типов.
ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний,
ПО EMA-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

Для проведения АЭ контроля при проведении гидроиспытания установлено 10 датчиков АЭ. Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены приблизительно.

Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на одной стороне сосуда (см. рис. 1), а датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной стороне сосуда. Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0).

Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосуда (250×250 мм). Данные представлены в таблице 1.

egyszeri általános vizsgálata a reális állapotának megállapítása céljából.

A tartály belső felülete jó állapotban van, a külső felületén néhány helyen maximum 0,5 mm mélységű korrózió mutatkozik.

A tartály előzetes kontrolljának elvégzése után a tartályt fehér festékkel lefestették, azt követően 250×250 mm háló formájú jelölést raktak fel rá. Ezután került sor a tartály anyagának terhelés nélküli és terhelés alatti akusztikai jellemzőinek vizsgálatára.

Az anyagban meghatározták az AE-hullámok helyi sebességeit, amelyek alapján kiválasztották a az AE-forráskoordináták kiszámításakor alkalmazott terjedési sebességet, ez 5 mm/μs-nak adódott. Megkaphatók voltak az AE-hullámok csillapodásának jellemzői, beleértve terhelés mellett is. Az AE-hullámok terjedési sebességének és a csillapodási együtthatóinak meghatározása a nyomástartó edények AE-vizsgálatára vonatkozó szabványos előírásoknak megfelelő módszer alapján történt.

IV. A 24452-es tartály AE-vizsgálatának elvégzése

A diagnosztikai vizsgálat eszközéül 16 csatornás, EMA-4-es (az AED-416 készüléken alapuló) rendszert használtak, kétféle program (szoftver) alkalmazásával (PO). A PO AED-64 arra szolgált, hogy a vizsgálat folyamatában gyűjtse és szolgáltassa az információkat az objektumról, a PO EMA-3.91 pedig a kapott adatok szélesebb körű feldolgozására, és azok alapján a felszakítási nyomás előrejelzésére.

Az AE-vizsgálat elvégzésére a víznyomáspróba során 10 db AE-érzékelő volt felszerelve. Az 1-es és 2-es érzékelők a tartályfenékre kerültek, oda, ahol volt hozzáférés. Ezek koordinátái csak hozzávetőlegesen voltak meghatározhatók.

A 4, 5, 8, 9 számú érzékelők a tartály egyik oldalára kerültek (lásd 1. ábra), a 3, 6, 7, 10 számú érzékelők a tartály ellentétes oldalára. A 9 sz. érzékelő helye a koordinátarendszer origója; koordinátái (0, 0).

Minden egyéb érzékelő koordinátája a tartály (250×250 mm-es) hálós jelölésének megfelelően meghatározható. Az adatok az 1. táblázatban szerepelnek.

Таблица 1. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

1. táblázat Az elhelyezett AE-érzékelők koordinátái az objektumon

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**AE-érzékelő**
Х, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0	X (mm)
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500	y (mm)

Развертка сосуда с указанием мест установки датчиков АЭ приведена на рис. 3.

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное, вероятно, с растрескиванием

A kiterített tartálypalást a felszerelt AE-érzékelők és a gyengítés (vékonyítás) helyének jelölésével a 3. ábrán látható.

Megemlítendő, hogy a vizsgálat folyamatában kis amplitúdójú AE-jelek jelentős mennyiségben keletkeztek, amely jelenség feltehetőleg a festék megrepedésével kapcsolatos (az említett jelek ki-

покраски (указанные сигналы были отбракованы с использованием амплитудной дискриминации).

График изменения давления при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24452 показан на рис. 4.

Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 5-6.

szűrhetők voltak amplitúdó alapú diszkrimináció alkalmazásával).

A 24452-es tartály víznyomáspróbájának eljárására vonatkozó nyomásváltozási grafikon a 4. ábrán látható.

A végrehajtott AE-vizsgálat eredményei az 5-6. ábrán láthatók.

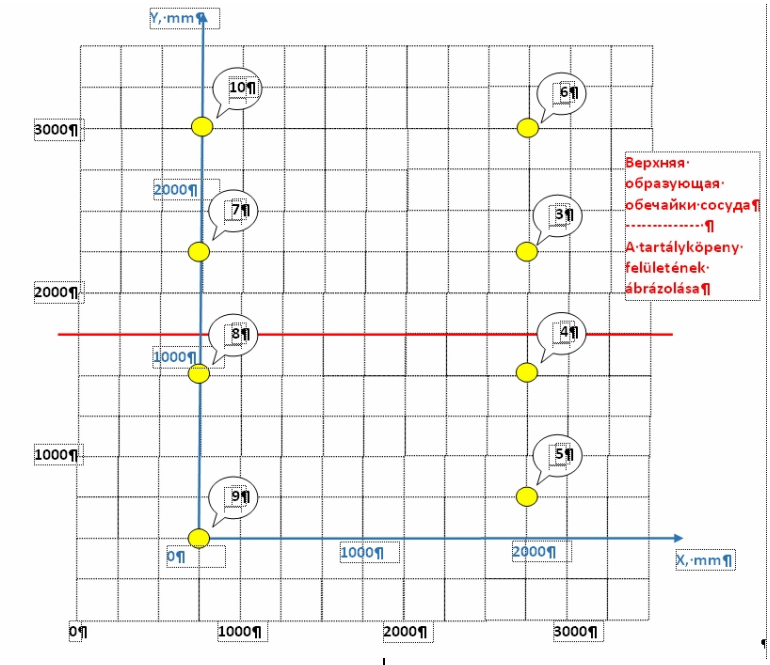


Рис. 3. Развертка боковой поверхности сосуда зав. № 24452 с указанием мест установки и нумерации датчиков АЭ.

3. ábra A 24452-es tartályköpenyre felvitt hálózat, valamint a AE-érzékelők elhelyezése és sorszámozása.

Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ.

Kék színnel van jelölve az a koordináta rendszer, amelyet az AE-források lokalizációjához használtak.

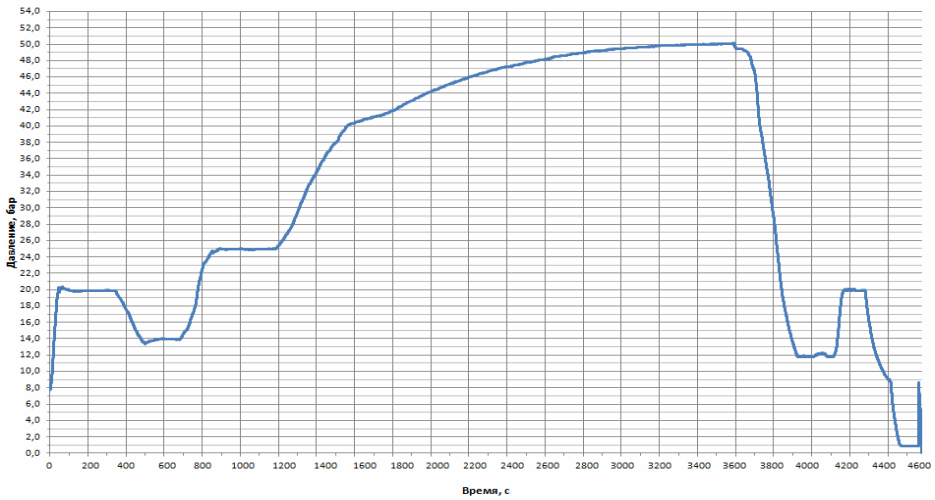


Рис. 4. График изменения давления при проведении гидроиспытания сосуда зав. №24452

4. ábra A nyomás változásának grafikonja a 24452-es tartály víz-nyomáspróbájának lefolytatásánál

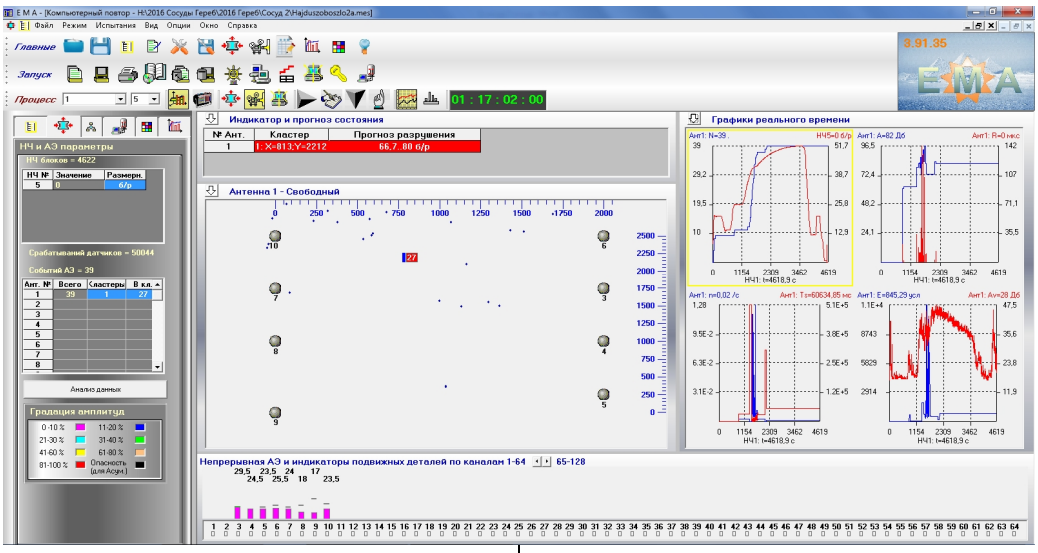


Рис. 5. Выдача системой EMA-4 предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки. ПО EMA-3.91

5. ábra. Az EMA-4 rendszer képernyője, amely mutatja a felszakadási nyomás figyelmeztetésének 3 szintjét és a prognosztizált értékét. PO EMA-3.91

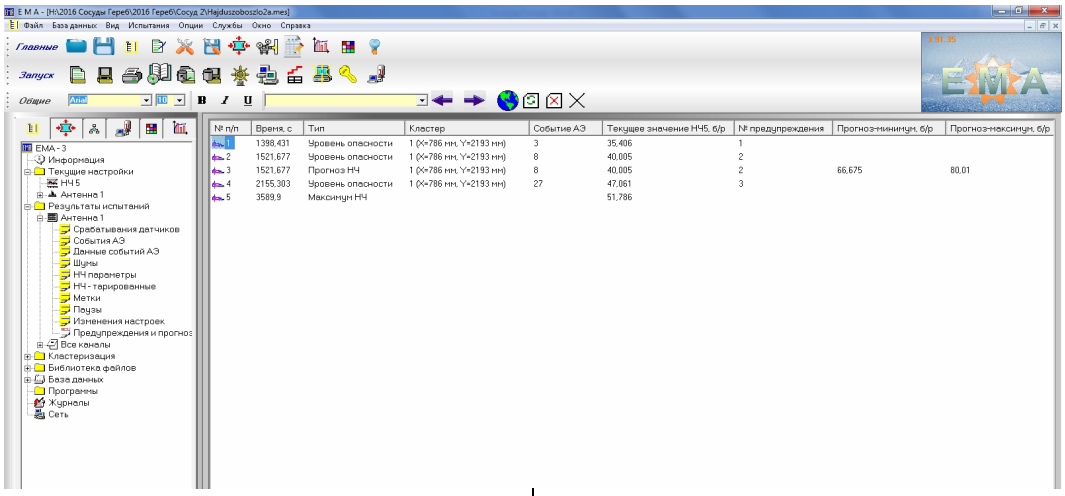


Рис. 6. Список предупреждений системы EMA-4 (ПО EMA-3.91) 1, 2 и 3 уровней и прогноза разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452

6. ábra Az EMA-4 rendszer 1-es, 2-es és 3-as szintjére vonatkozó figyelmeztetési listája a felszakadási nyomás prognózisával a 24452-es tartály esetében (PO EMA-3.91)

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при нагрузке 35,40 бар.

При нагрузке 40,00 бар и втором уровне предупреждения «*Повысить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 66,675…80,01 бар.

Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 47,06 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось.

По техническим причинам сосуд зав. № 24452 не был доведен до разрушения. Испытание остановлено.

Az első, *„Figyelmet fordítani”* figyelmeztetés 35,40 bar terhelésnél lett kiadva.

40 bar nyomásnál és a 2-es szintű figyelmeztetésnél – *„Fokozni a figyelmet”* – lett kiadva a tartály tönkremenetelének előrejelzése, 66,675–80,01 bar nyomásértékre.

A figyelmeztetés harmadik szintje – *„Veszély”* – 47,06 bar-nál lett kiadva. Emellett a prognosztizált felszakadási nyomás értéke változatlan maradt.

Műszaki okok miatt a 24452-es tartály tönkretétele nem következett be. A vizsgálat le lett állítva.

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления зав. № 24452 (испытание остановлено по техническим причинам):

1. При испытании сосуда зав. № 24452 система АЭ диагностики EMA-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.

Összegezés / következtetések a 24452-es nyomástartó edény AE-módszerrel végzett víznyomáspróbájának eredményei alapján (a próbát műszaki okokból leállították)

1. A 24452-es tartály vizsgálatánál az AE EMA-4 diagnosztika idejekorán kiadta az 1, 2 és 3 szintű veszély-előrejelzést.

2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452 в диапазоне 66,68…80,01 бар с предполагаемой погрешностью, в соответствии с требованиями нормативных документов, ±15%.	2. Jóval a lehetséges tönkremenetel előtt a kapott előrejelzés a 24452-es tartály felszakadási terhelésére 66,68–80,01 bar tartományba esik; a becslés hibája a normatív dokumentumok követelményei alapján ±15%.
3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 60% от прогнозной разрушающей.	3. Az előrejelzés kiadásának pillanatára a folyamatban lévő terhelés körülbelül a várható felszakítási nyomás értékének 60 %-át tette ki.
4. Реальная погрешность выданного прогноза не определена в связи с прекращением испытания по техническим причинам.	4. A kiadott prognózis reális hibája nem meghatározható a vizsgálat műszaki okokból eredő félbeszakítása miatt.

ИСПОЛНИТЕЛИ:	**Aláírások**
Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Венгрия) Geréb János	
ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко	
2VD Géptervező és Kereskedő Kft. ***(Венгрия)*** Varga László	
Одесский припортовый завод (Украина) С.А. Кушниренко	

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СОСУДОВ ДАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АЭ

12 мая 2016 года в г. Хайдсобосло (Венгрия) проведены международные испытания 2-х сосудов, работающих под давлением, с применением систем технической диагностики на базе метода АЭ.

В проведении испытаний участвовали специалисты в области неразрушающего контроля, представляющие организации: PÉBÉ-COOP Ltd (Венгрия), Будапештский Университет Технических и Экономических Наук (Венгрия), ÁEF Лаборатория (Венгрия), MAROVISZ (Венгерская ассоциация неразрушающего контроля), Университет г. Дунауйварош (Венгрия), Geréb és Társa Kft. (Венгрия), компания TPA KKS (Австрия), Институт электросварки им. Е.О. Патона (Национальная академия наук Украины), Одесский припортовый завод (Украина).

Специалисты Института электросварки им. Е.О. Патона (Украина) и специалисты Одесского припортового завода (Украина) принимали участие в режиме видеоконференции.

Цель проведения испытаний: определение на раннем этапе нагружения сосудов значения разрушающего давления по реальному состоянию объектов с применением метода акустической эмиссии (АЭ).

Место проведения: территория компании PEBE-COOP GAZIPARI FEJLESZTO, FORGALMAZO ES GYARTO KORLATOLT FELELOSSEGU TARSASAG (PÉBÉ-COOP Ltd), 4200 Хайдсобосло, ул. Эндре Ади, 87, Венгрия.

ВВЕДЕНИЕ

1. Технология оценки состояния материала конструкций и обеспечения их безопасности в процессе эксплуатации и испытаний на базе акустико-эмиссионного мониторинга

А. Базовый метод и оборудование

Метод акустической эмиссии (АЭ) известен и в настоящее время широко применяется для неразрушающего контроля сосудов высокого давления, хранилищ различного назначения, компрессорных станций, магистральных и технологических трубопроводов, агрегатов котлов, котельных установок элементов мостов и других конструкций и агрегатов в процессе испытаний и эксплуатации.

АЭ системы нового поколения ЕМА-4 созданы совместно с предприятием Gereb Es Tarsa, Венгрия, и имеют в своей основе 4-х и 16-канальные приборы AED.

Б. Базовая технология

В ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины создана не имеющая аналогов современная компьютеризированная технология на основе АЭ, позволяющая в процессе плановых испытаний и непрерывного мониторинга промышленных изделий оценивать по уровню опасности и прогнозировать их состояние в полностью автоматическом режиме. Конечным результатом в созданной технологии является автоматическое формирование "нормированного интеллектуального совета" по управлению безопасностью объектов контроля. Технология внедряется как составная часть технологического процесса производства, интегрируется в компьютерную сеть предприятия, при использовании Интернета обеспечена передача данных о состоянии контролируемых объектов на любые расстояния и управление их безопасностью дистанционно. Базовая технология реализована в программном обеспечении (ПО) ЕМА-3.91.

В. Научная основа технологии

Исследования, проводимые на протяжении более 40 лет, позволили разработать и воплотить в действующую технологию оригинальные методы оценки поврежденности, прогнозирования разрушения и определения остаточного ресурса конструкций по данным АЭ. Данные исследований отражены в сотнях научных публикаций, 3 докторских и ряде кандидатских диссертаций.

Г. Отличие от конкурирующих систем

Прямые аналоги данной технологии отсутствуют. Стандартное применение систем АЭ диагностики предусматривает поиск местоположения дефектов с последующим привлечением специалистов для оценки их опасности, прогноз разрушения обычно отсутствует. В предлагаемой технологии процесс оценки состояния и прогнозирования разрушения автоматизирован и происходит в реальном времени.

Д. Внедрение

Системы АЭ диагностики и мониторинга ЕМА-3 и ЕМА-4 на основе разработанной технологии широко применяются на предприятиях Украины. В настоящее время функционирует ряд комплексов непрерывного мониторинга крупных химических производств (ОАО «Одесский припортовый завод» (ОПЗ)), теплоэнергетики (ПАО «Киевэнерго»), трубопроводного транспорта (УГП «Укрхимтрансаммиак»), а также мобильные диагностические лаборатории (ОПЗ, ООО «Николаевский глиноземный завод» (НГЗ), НПЦ «Техдиагаз»). Наиболее объемным внедрением является система автоматизированного управления безопасностью эксплуатации объектов ОПЗ, включающая непрерывный АЭ мониторинг и анализ состояния четырех крупнотоннажных резервуаров для хранения жидкого аммиака общей емкостью 120000 $м^3$, трубопроводов и агрегатов комплексов производства и перегрузки аммиака.

I Объекты АЭ контроля

2 сосуда для хранения бутана-пропана объемом 5 м^3, работающие под давлением.

Дата изготовления сосудов: зав. № 24452 – 1996 г.;

зав. № 24344 (с утонением стенки) – 1995 г.

Дата ввода в эксплуатацию: 1996 г.

Сосуды эксплуатировались на месте установки до конца 2015 г.

Согласно технической документации:

1. Расчетное давление – 15,6 бар (аналогичное значение и для предохранительного клапана).
2. Заводское гидроиспытание – 19,5 бар.
3. Рабочее давление по документам 12,5 бар и 12,7 бар соответственно.
4. По данным инспекционных записей отмечены только коррозионные повреждения на внешней поверхности сосудов.

Сосуды имеют практически одинаковую конструкцию, однотипны по функциям, материалам, геометрическим размерам и технологии изготовлении.

Сосуд (зав. №24452) сварен из двух листов (рис. 1); сосуд (зав. № 24344), обработанный с целью утонения стенки, сварен из трех листов (рис. 2).

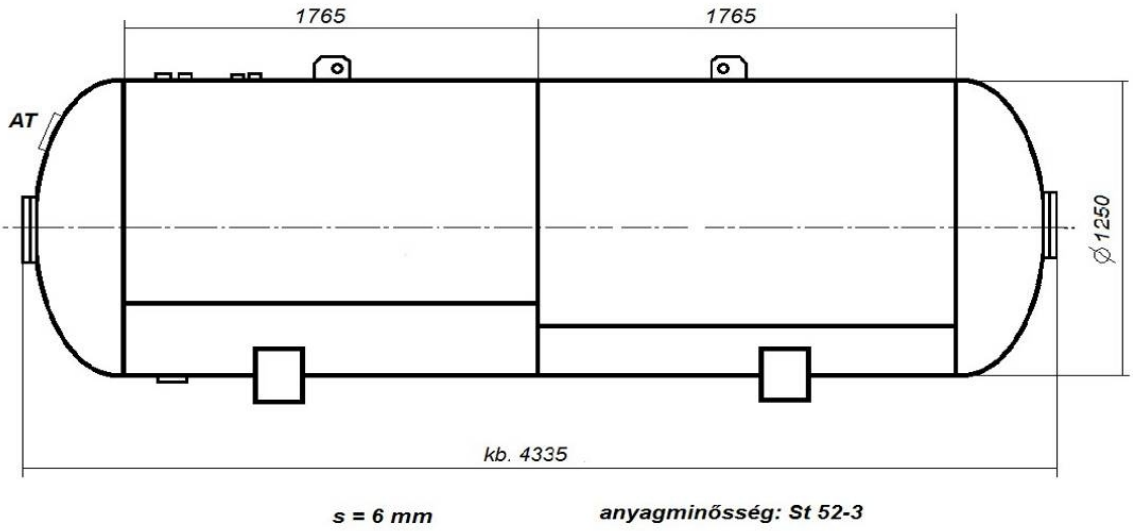


Рис. 1. Сосуд зав. № 24452
(s – толщина стенки, материал – St 52-3)

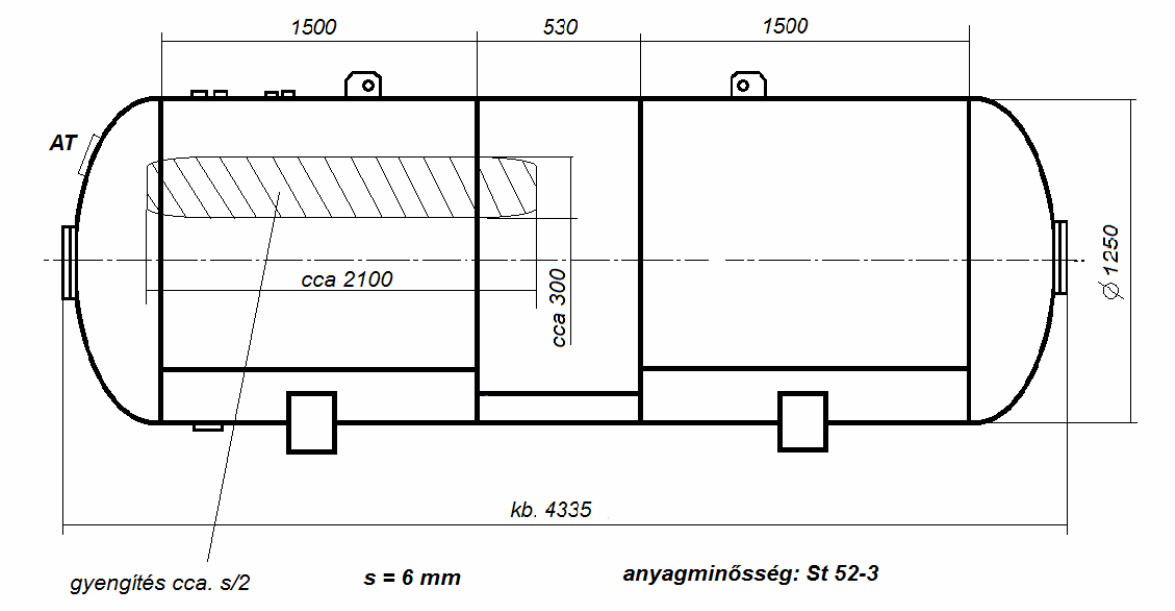


Рис. 2. Сосуд зав. № 24344 с утонением толщины стенки
(s – толщина стенки, s/2 – толщина стенки в месте утонения, материал – St 52-3)

II Система АЭ контроля EMA-4 на базе измерительного прибора AED-416

Общая характеристика

Базовое устройство AED-416 принимает и обрабатывает сигналы 16-и (в полном исполнении) датчиков АЭ, установленных на поверхности контролируемого объекта.

Все каналы АЭ идентичны и независимы друг от друга. Каждый канал АЭ содержит акустико-эмиссионный преобразователь (датчик АЭ) с предварительным усилителем, а также кабельное соединение, связывающее эти элементы со входом усилительного модуля, установленного в базовое устройство. Отфильтрованный и усиленный аналоговый сигнал с выхода усилительного модуля переводится в цифровую форму, проходит через цифровой фильтр и поступает на цифровые схемы измерения параметров АЭ.

Прибор осуществляет измерение первичных параметров детектированных импульсов АЭ. Пять внешних низкочастотных (НЧ) параметров, характеризующие физические условия контроля, также измеряются. Автоматическое или полуавтоматическое проведение акустико-эмиссионного контроля поддерживается 8 цифровыми входами-выходами. Собранные данные передаются подключенному к порту управляющему компьютеру. Измерение так называемых вторичных или комплексных параметров АЭ выполняется программным путем.

Технические характеристики

Количество независимых каналов АЭ	16
(Опциональная возможность увеличения количества каналов АЭ путем объединения нескольких приборов в целостную синхронную систему до 128 каналов)	
Непрерывный обрабатываемый поток АЭ импульсов	> 1000 / с
Частотный диапазон обрабатываемого АЭ сигнала	30…1000 кГц
Обработка АЭ сигнала	цифровая
Частота оцифровки АЭ сигнала	16 МГц
Разрядность АЦП	10 бит
Программируемый цифровой полосовой фильтр	на каждом канале АЭ
Диапазон нижних частот цифрового фильтра	30 – 970 кГц
Диапазон верхних частот цифрового фильтра	60 – 1000 кГц
Ширина полосы пропускания цифрового фильтра	не менее 30 кГц
Разрешение при определении граничных частот цифрового фильтра	1 кГц

Измеряемые первичные параметры АЭ

Параметр АЭ	*Единица измерения*	*Макс. значение*
Время поступления (Elapse Time)	125 нс	7 лет
Время нарастания (Rise Time)	125 нс	100 мс
Длительность (Duration)	125 нс	8 мс
Число событий АЭ (Counts)	1	65 535
Пиковая амплитуда (Peak), лин. или лог. режим	0.5 дБ	100.5 дБмкВ
Среднее значение (Average), лин. или лог. режим	0.5 дБ	100.5 дБмкВ

Сохранение полной формы импульса АЭ	одновременно по всем каналам АЭ
Длина регистрата формы импульса АЭ	8 мс по каждому каналу АЭ
Тип внутреннего усилительного модуля для каждого канала АЭ	LLA104
Количество низкочастотных измерительных каналов	8
Количество внешних параметров нагрузки	5
Внешние параметры нагрузки	0 – 20 мА (токовая петля) или 0 - +10 В
Разрядность АЦП	12 бит
Измерение напряжения питания	0 - +20 В
Измерение температуры внутри корпуса прибора	-20 - +100 ºС
Измерение относительной влажности внутри корпуса прибора	0 – 100 %
Количество цифровых входов / выходов ТТЛ	8
Тип разъема внешних параметров нагрузки и цифровых входов-выходов	HD D-sub
Интерфейс связи с компьютером	Ethernet
Питание через сетевой адаптер	+12В / 1000 мА
Опциональное питание по стандарту PoE	+12..+57В / 12 Вт
Габариты (ширина × высота × длина)	213 × 77 × 126 мм

Комплектность

Центральный компьютер (ноутбук)	1
Базовое устройство AED-416	1
Усилительный модуль LLA104 (встроенный в базовое устройство)	16
АЭ преобразователь-датчик (тип определяется при заказе)	16
Магнитный прижим-держатель (для датчика без встроенного магнита)	16
Кабель "пассивный датчик АЭ – базовое устройство" со встроенным предусилителем или кабель "активный датчик АЭ – базовое устройство" (длина определяется при заказе)	16
Ethernet-кабель	1
Адаптер сетевого питания	1
Адаптер-кабель для внешних параметров	1
Операционная система Windows 7 Professional – русская версия	1

Программный пакет Microsoft Office 7 Professional – русская версия	1
Пакет программ и драйверов, прилагающихся к компьютеру	1
Техническое описание	1
Чемодан для прибора и принадлежностей	1
Масса	не более 1,3 кг

Преобразователи акустической эмиссии (датчики АЭ)

Датчик АЭ со встроенным предусилителем PA-104T и магнитом	A–15AM
Частота резонанса (при максимальной чувствительности)	150 кГц
Чувствительность при максимуме АЧХ	90 дБ отн. 1В/м/с
Длина встроенного кабеля	1 м
Тип разъема для подключения кабеля	LEMO FFA.00.250
Габаритные размеры	Ø18 × 20,5 мм
Масса (без кабеля)	30 г

Прогнозирование

Программное обеспечение EMA-3.91 предоставляет возможность прогнозирования разрушения и предупреждения об опасности.

Первоочередной целью построения алгоритма прогноза являлся выбор параметра, который следует прогнозировать. Исходя из практического опыта АЭ испытаний конструкций в промышленных условиях, в качестве такого параметра выбрали разрушающую нагрузку. Учитывая известную связь между нагрузкой и деформацией в виде диаграммы деформирования, можно достаточно эффективно прогнозировать разрушающую нагрузку, если известна разрушающая деформация.

Методика прогноза построена на распознавании образа с применением так называемых "учителя" и "самообучения". Распознавание происходит в реальном времени. Важно отметить следующее: прогноз разрушающей нагрузки невозможен без знания текущего значения нагрузки, поскольку эталоны повреждаемости, используемые для распознавания, имеют привязку к деформации (и соответственно к нагрузке), при которой эта повреждаемость сформировалась. В

частности, для сосудов, труб и резервуаров имеет смысл прогнозировать разрушающее значение давления, поскольку в условиях производства часто рабочее давление является единственным известным параметром, а другие, как правило, не измеряют.

Распознавание начинается с момента получения в процессе испытаний минимального достаточного количества обобщенных характеристик реальных сигналов АЭ. Полученные данные приводят к безразмерному виду. Затем происходит их сравнение с эталонами. Получив с заданной степенью вероятности совпадение с некоторым эталоном по выбранным признакам, предполагают, что в данный момент его локальная деформация в области возникновения АЭ (определяющая состояние материала) соответствует тому проценту от разрушающей деформации $C_{\%}$, при котором сформирован эталон.

Таким образом, для получения прогнозной нагрузки следует выполнить простую операцию:

$$P_{прогн} = P(e_{тек}) / C_{\%} = f^{*}(P_{тек}) / C_{\%}, \qquad (1)$$

где $P_{прогн}$ – прогнозируемая разрушающая нагрузка,

$P(e_{тек})$ – текущая локальная нагрузка, связанная с текущей локальной деформацией через диаграмму деформирования,

$f^{*}(P_{тек})$ – текущая локальная нагрузка, определенная по измеренной нагрузке, пересчитанной в локальную деформацию через диаграмму деформирования.

Следует отметить, что при работе металла в упругой области выражение (1) упрощается и становится обычной линейной зависимостью $P_{прогн} = P_{тек} / C_{\%}$.

Работа алгоритма распознавания усложняется, если следующий наиболее подходящий эталон не относится к тому же типу разрушения, что и предыдущий. В этом случае в ход вступает система самообучения, и на базе существующих эталонов строятся новые. Распознавание представляет собой достаточно трудоемкий процесс с большим количеством итераций. Однако неоспоримым преимуществом метода перед расчетными является то, что он не базируется на прочностных теориях, не оперирует геометрическими параметрами дефекта и механическими характеристиками материала. Таким образом, исключаются ошибки, которые могут повлиять существенным образом на точность расчета.

Методика базируется на вполне стандартных подходах, изложенных в частности в монографии проф. А.Я. Недосеки [2]. Основными задачами тут являются выбор классификационных признаков и методов сравнения одних классов с другими. Поэтому данные приводили к безразмерному виду, достигая таким образом необходимого уровня абстракции эталона и независимости его от условий конкретного эксперимента.

Приведенная методика была впервые удачно апробирована в системе АЭ контроля ЕМА-3 в качестве так называемого *J* - алгоритма. В результате обработки более 200

результатов экспериментальных данных (на образцах и натурных объектах) были получены удовлетворительные результаты прогноза. Точность прогноза достаточно высокая, ошибка не превышает 15% с вероятностью 0,95.

Окно конфигурации программы позволяет ввести данные о материале, для которого проводится испытание. В процессе испытания или его компьютерного повтора в окне испытаний выбирается низкочастотный параметр, для которого необходим прогноз (обычно это нагрузка или давление) и антенна АЭ, для которой будет выполнен расчет состояния на каждом шаге испытаний.

Система выдает оператору три предупреждения: «обратить внимание», «повысить внимание» и «опасность».

Одновременно оператор получает прогнозные значения разрушающей нагрузки в заданном диапазоне вероятностей.

Индикатор состояния содержит номер антенны, по которой сделано предупреждение, кластер, представляющий опасность, и результат прогноза разрушающей нагрузки.

Имеется возможность показать на данном индикаторе уровень оценочной поврежденности материала. Может быть выбран или предел прочности, или поврежденность.

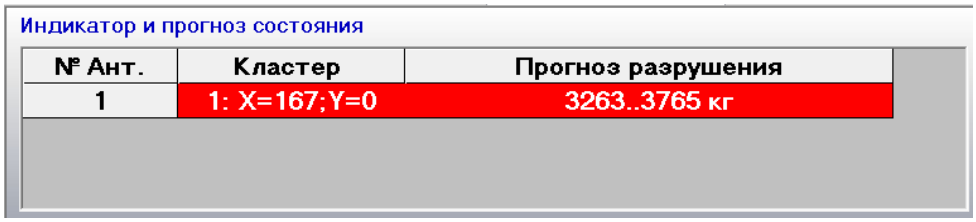


Рис. 3. Окно программы с прогнозом разрушающей нагрузки для объекта АЭ контроля

Если в системе задействовано несколько локационных антенн, в таблице будут представлены они все. Цвет индикатора будет показывать уровень предупреждения для данной антенны, и прогноз разрушающей нагрузки генерируется независимо от других антенн.

При изменении ситуации прогноз уточняется.

Компоненты окна испытаний

Режим испытаний является основным и включен по умолчанию. При остановленном испытании и открытии сохраненного файла программа автоматически переключается в режим компьютерного повтора.

Режим компьютерного повтора (команда "*Компьютерный повтор*") по внешнему оформлению соответствует режиму реального времени, но позволяет пользователю многократно моделировать испытания, изменяя исходные данные, для более детального изучения процесса и, в некоторых случаях, для принятия правильного решения о состоянии объекта контроля.

В самом верху окна "*Испытания*" находятся строка меню и панель инструментов. Команды данного меню предоставляют возможность начать испытание, приостановить или завершить испытание, а также выбрать режим проведения нового испытания.

Меню "*Испытания*" содержит команды, необходимые для начала испытания, остановки, паузы и т.д. Блеклые команды недоступны, пока не начато испытание. Испытание можно начать, выбрав команду меню "*Испытания*" или нажав на клавиатуре комбинацию клавиш *Ctrl+F5*.

В процессе работы предусмотрена возможность приостановить запись данных по испытанию, а затем продолжить, не начиная испытание заново. Для этого предназначена команда меню "*Испытания*" и соответствующая кнопка панели инструментов. Команда используется как для приостановки, так и для продолжения испытания. Команда меню "*Испытания*" и соответствующая ей кнопка панели инструментов позволяют прекратить испытание.

Выбор команды "*Испытания*" или нажатие кнопки на панели инструментов с пиктограммой предоставляют возможность делать временные метки в ходе проведения испытания с целью отметки наиболее интересных моментов.

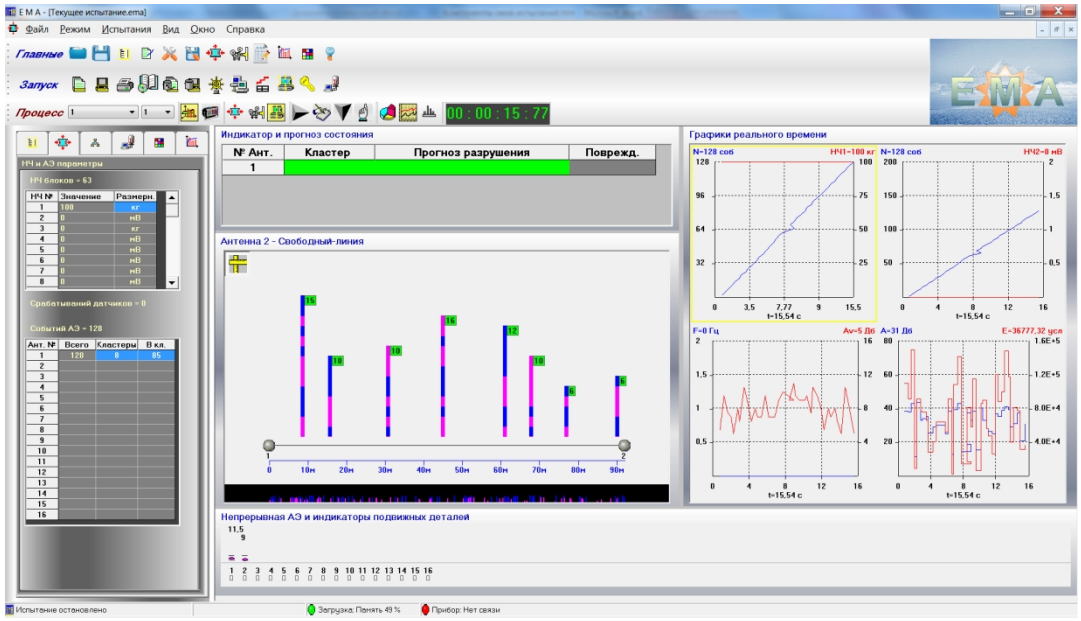


Рис. 4. Окно "*Испытания*" системы EMA-4

В окне "Испытания" имеются следующие основные экраны:

Экран "*Индикатор и прогноз состояния*" – окно расчета предельно допустимого прогнозного значения низкочастотного (НЧ) параметра при оценке состояния контролируемого объекта. В процессе проведения испытания предусмотрена возможность прогнозирования разрушающей нагрузки и генерация предупреждений об опасности цветовым и звуковым сигналом.

Таблица со значениями прогнозных данных – одновременно и цветовой индикатор состояния объекта. Поля показывают номер антенны и данные кластера, для которых выполнен прогноз, а также минимальное и максимальное поля допуска прогнозируемого параметра.

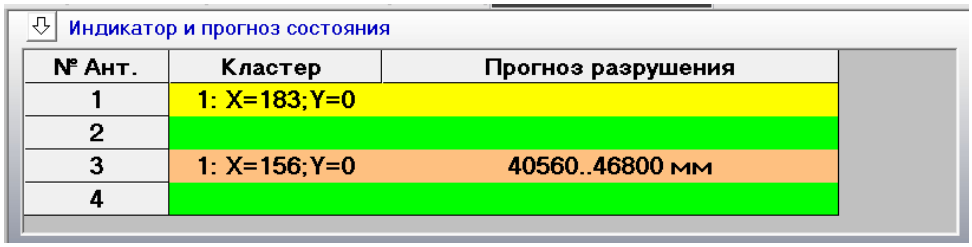


Рис. 5. Таблица прогнозных данных системы ЕМА-4

Кнопка со стрелкой в левой верхней части экрана позволяет настроить прогноз – выбрать, будет ли он выполняться по данной антенне, и какой НЧ параметр прогнозируется.

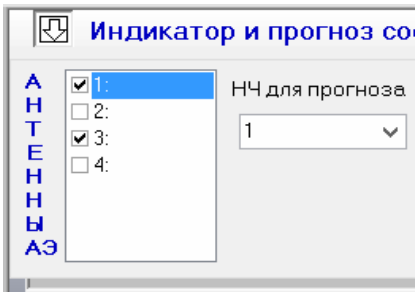


Рис. 6. Настройка прогноза по АЭ антеннам

Экран "*Антенна*" – окно, в котором схематически отображаются одна или несколько локационных антенн, т.е. схема установки датчиков на объекте с указанием координат датчиков. На месте возникновения источника АЭ появляется вертикальная черточка внизу антенны при линейной локации или точка при плоскостной. Возможно включение анимированной вспышки по месту события, и вспышки на схеме антенны по месту размещения сработавших датчиков.

События, прошедшие необходимую фильтрацию, объединяются по заданным признакам в кластер. Программа рассчитывает координаты центра кластера, на этом месте показывается столбик (гистограмма). Его высота соответствует вновь добавленному количеству актов АЭ, полученных от данного источника (количеству событий в соответствующем кластере), а цветовая гамма соответствует значению амплитуды последнего пришедшего сигнала или значению суммы квадратов амплитуд кластера (см. выше команда "*Конфигурация*").

В случае большого потока информации об актах АЭ происходит перемасштабирование отображаемой информации.

Вид датчиков и видимую ширину кластера можно изменить, предварительно установив соответствующие опции вкладки "*Интерфейс*" диалогового окна при выборе команды "*Конфигурация*" меню "*Опции*" основного окна программы.

В данной версии программы возможно отображение нескольких антенн одновременно. По умолчанию отображаются все задействованные антенны.

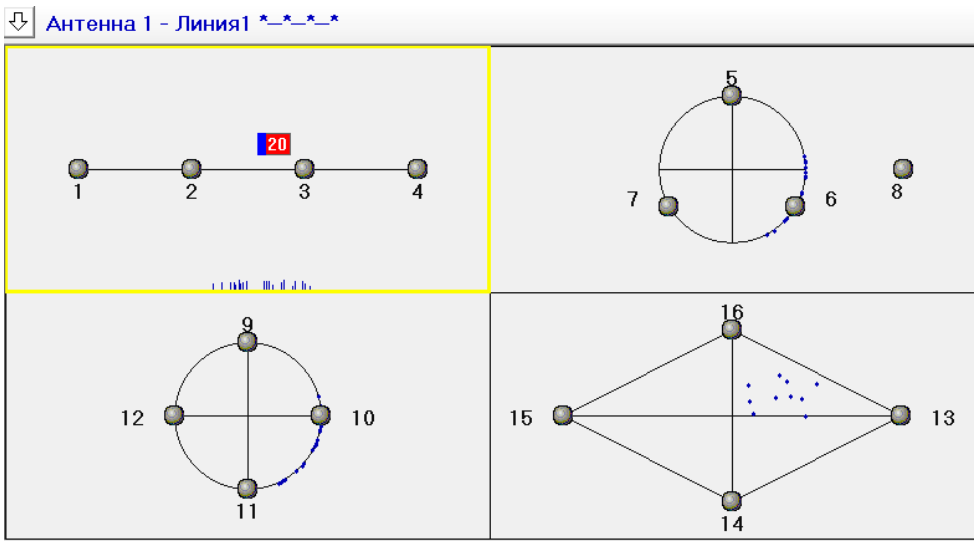


Рис. 7. Отображение различных локационных антенн на экране монитора системы ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91)

Кнопка со стрелкой в левой верхней части экрана позволяет настроить дополнительные параметры антенны (параметры настраиваются только в режиме отображения одной антенны).

Например, при отображении антенны в виде трехмерного цилиндра можно задать многочисленные параметры его отображения, включая цвет, размеры сетки и возможность автоматического поворота при смене участка с наибольшей активностью АЭ.

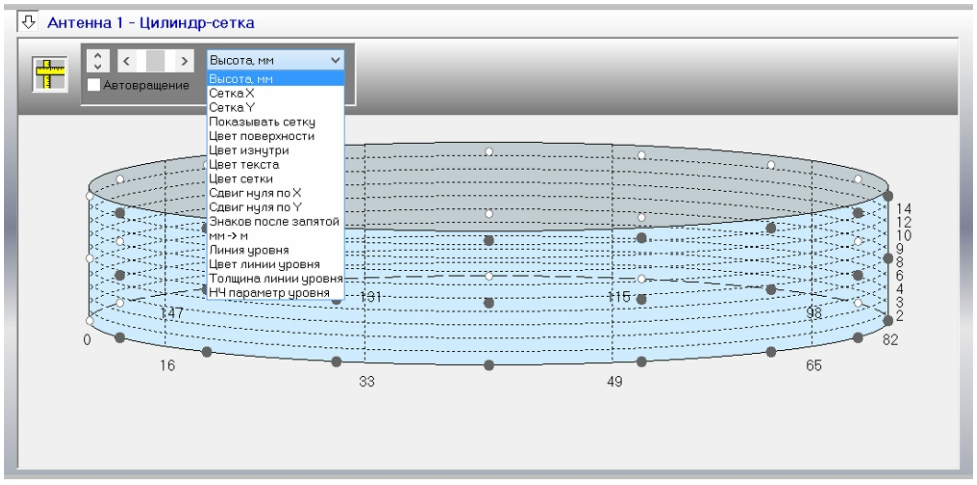


Рис. 8. Вариант отображения цилиндрической антенны

Экран "*Графики реального времени*" – окно, отображающее графическую зависимость процесса изменения выбираемых пользователем АЭ параметров в реальном времени при испытаниях, или в условном времени при компьютерном повторе.

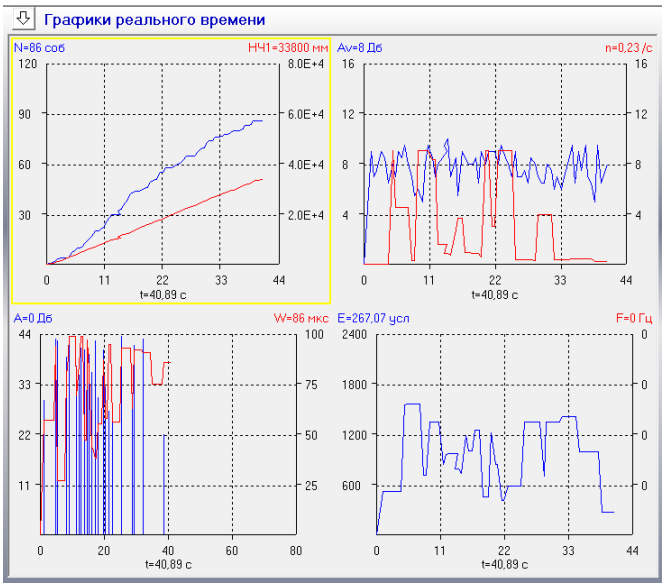


Рис. 9. Графики реального времени системы ЕМА-4

Доступны три типа графиков.

Обычный график перемасштабируется при превышении одним из параметров максимального значения шкалы.

Автомасштабирование приводит к перерисовке графика и повторному образмериванию осей при каждом новом поступлении данных.

Скользящий график отображает набор только из последних данных, количество которых можно задать, он перерисовывается при получении новых данных.

Экран "*Непрерывная АЭ и индикаторы подвижных деталей*" – окно, в котором отображаются столбиками графики изменения во времени непрерывной АЭ по каждому задействованному АЭ каналу. Горизонтальной чертой показаны пороги по каждому каналу, вверху отображается значение непрерывной АЭ по каналам в текущих единицах измерения.

Рис. 10. Отображение непрерывной АЭ по каналам

В нижней части экрана показаны номера каналов АЭ, для которых строятся столбики непрерывной АЭ, под номерами квадратиками отображаются индикаторы предупреждения для работы с подвижными деталями (должен быть выбран тип антенны "подвижные детали"). Индикаторы зажигаются, когда средний уровень непрерывной АЭ по каналу превышает установленный для одного из трех возможных предупреждений порог.

III Подготовка к проведению АЭ контроля

Объекты АЭ контроля установлены на горизонтальной площадке, под навесом. Расстояние между сосудами и местом установки оборудования в закрытом помещении – 25 м.

Рис. 11. Подготовка к проведению гидроиспытания сосудов

На одном из сосудов (зав. № 24344) сделано утонение стенки следующим образом: по всей зоне утонения (см. рис. 2) по решетке 50×50 мм просверлены углубления глубиной 3 мм (толщина стенки – 6 мм), потом данная зона отшлифована таким образом, чтоб следы сверления были практически незаметны. На приведенных фотографиях по краям зоны указанные углубления хорошо просматриваются.

Сосуды покрашены белой краской. Для удобства установки датчиков сосуды размечены сеткой 250×250 мм (см. фото ниже).

Рис. 12. Сосуд (зав. № 24344)
Подготовка к проведению гиброиспытания – установка датчиков АЭ
(утонение находится с обратной стороны)

Рис. 13. Сосуд (зав. № 24452)
Подготовка к проведению гидроиспытания – установка датчиков АЭ

Количество и места установки датчиков АЭ определены с участием партнеров по проведению испытания. Поверхность сосудов в местах установки датчиков АЭ подготовлена в соответствии с требованиями нормативных документов по проведению АЭ контроля.

IV Порядок проведения испытания и предварительные исследования

Нагружение сосудов планировалось проводить или до разрыва сосудов, или до максимального значения давления – 60 бар, или до возникновения явных видимых деформаций. Следует отметить, что сосуд (зав. № 24452) предварительно перемещался с помощью крана с целью имитации потенциальной грубой транспортировки, а также условий подъема и возможного падения сосуда с ножек (≈ 35 см).

Повышение давления будет осуществляться водой (гидроиспытание).

Предполагаемые значения давления при начале разрушения сосудов при испытании:

№ 24452 (без утонения стенки) – 35…40 бар;

№ 24344 (с утонением стенки) – 18…24 бар.

Разрыв сосудов предполагается при давлении > 55 бар и > 30 бар соответственно. Скорость повышения давления (нагружения) – ≈ 1 бар/мин. Контроль этого показателя выполнен визуально по манометру, установленному на улице. Производительность насоса 18 л/мин, максимальное давление 100 бар.

Ориентировочные графики нагружения сосудов представлены на рис. 14.

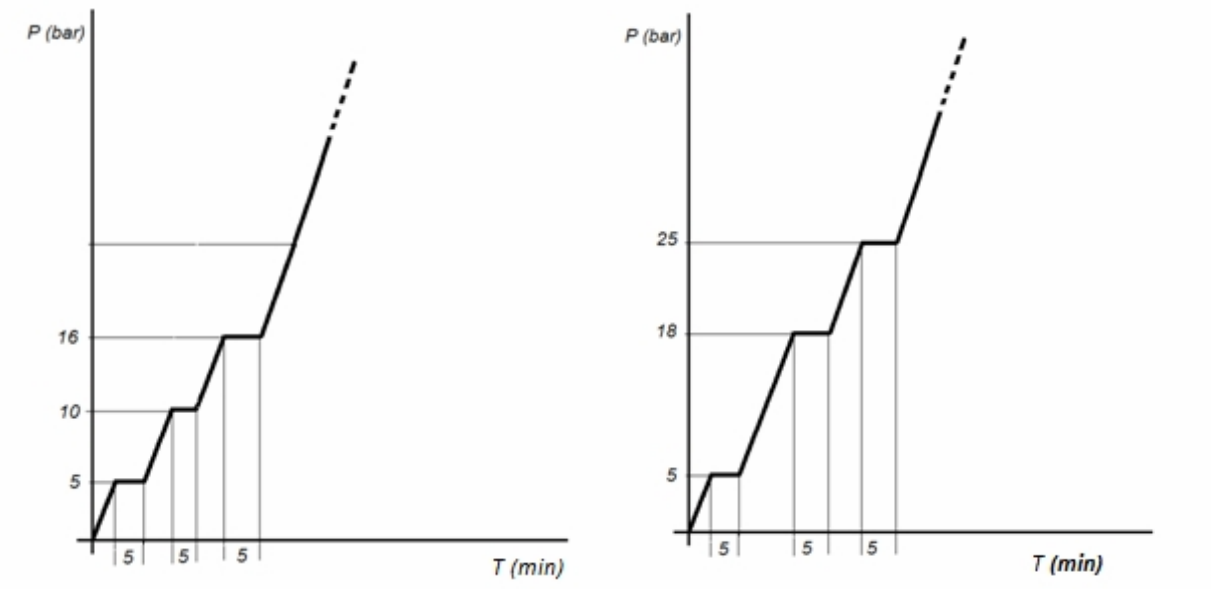


Рис. 14. Планируемые графики нагружения сосудов:
слева – сосуд зав. № 24344; справа – сосуд зав. № 24452

Перед проведением гидроиспытания 4 апреля 2016 года был проведен одноразовый общий контрольный осмотр сосудов с целью установления их реального состояния.

Внутренние поверхности сосудов находятся в хорошем состоянии, на внешних поверхностях в некоторых местах обнаружена коррозия с максимальной глубиной 0,5 мм.

Результаты контроля состояния поверхностей сосудов показаны на рис. 15–16.

Рис. 15. Состояние внутренней поверхности сосуда зав. № 24344

После выполнения предварительного контроля сосуды были окрашены белой краской с последующим нанесением разметки в виде сетки 250×250 мм.

Рис. 16. Состояние внешней поверхности сосудов зав. № 24344 и зав. № 24452

Затем были выполнены работы по исследованию акустических характеристик материала сосудов без нагрузки и под нагрузкой.

Определены локальные скорости волн АЭ в материале, на основании которых выбрана расчетная скорость при определении координат источников АЭ, равная 5 мм/мкс.

Получены характеристики затухания волн АЭ, в том числе при нагружении.

Определение коэффициентов затухания сигналов АЭ для каналов 3…10 на сосуде № 24344 представлены на рис. 17.

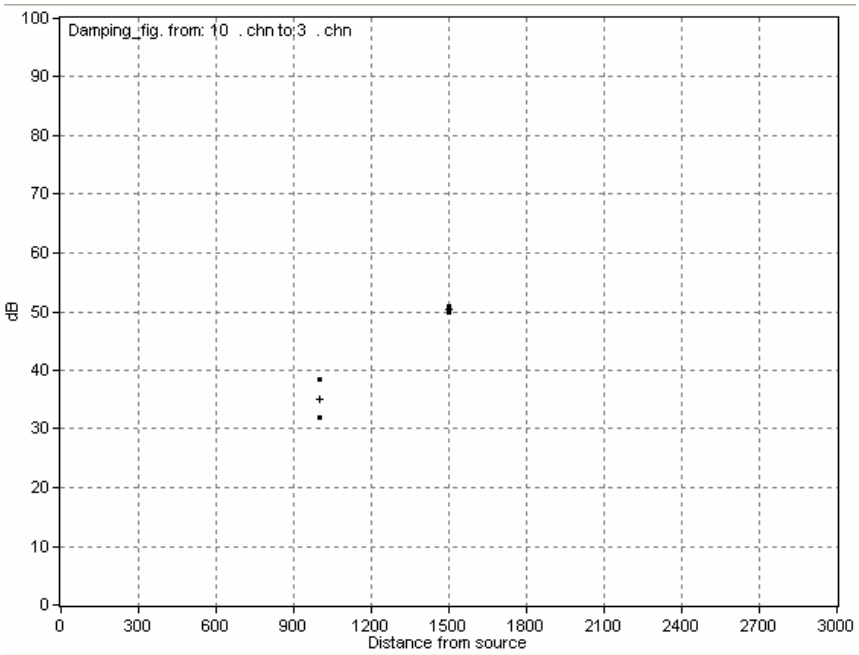


Рис. 17. Определения коэффициентов затухания сигналов АЭ на сосуде зав. № 24344

Определение скорости волн АЭ в материале сосудов и коэффициентов затухания сигналов проводилось по методикам, отвечающим требованиям нормативных документов к проведению АЭ контроля сосудов при их нагружении внутренним давлением.

Сравнение и анализ прогнозных значений давления выполнены после разрушения сосуда с утонением зав. № 24344 и окончания испытаний.

V. Проведение АЭ контроля

1. Проведение АЭ контроля сосуда зав. № 24344 (с утонением)

Для проведения АЭ контроля при гидроиспытании сосуда установлено 10 датчиков АЭ.

Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены приблизительно. Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на стороне сосуда, где находится область утонения (см. рис. 2). Датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной (видимой на фото) стороне сосуда.

Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0). Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосудов (250×250 мм). Данные представлены в таблице 1. Развертка сосуда с указаним мест установки датчиков АЭ и места утонения приведена на рис. 18.

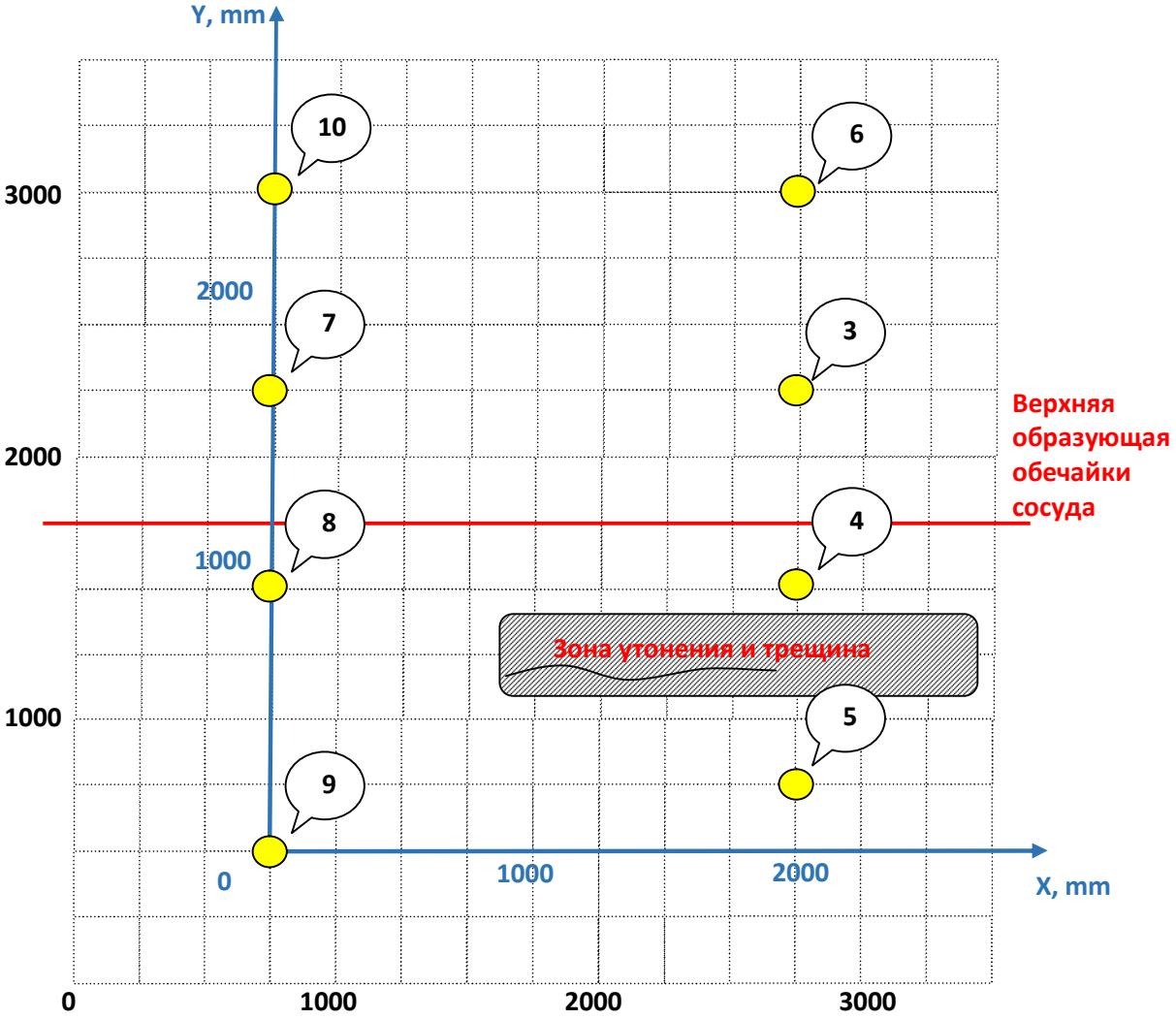


Рис. 18. Развертка боковой поверхности сосуда с указаним мест установки и нумерации датчиков АЭ. Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ. Также показана трещина, образовавшаяся при разрушении сосуда

Таблица 1. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
X, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500

Реальный график изменения давления в процессе нагружения сосуда представлен на рис. 19.

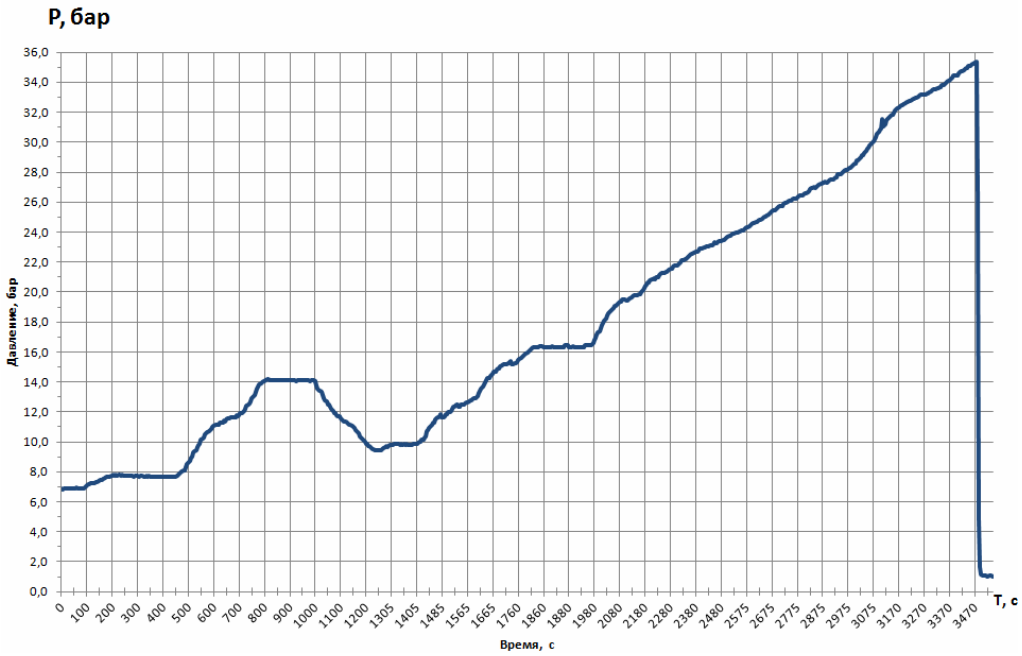


Рис. 19. График нагружения сосуда зав. № 24344
при проведении гидроиспытания

В качестве средства диагностического контроля использована 16-канальная система ЕМА-4 (на основе прибора AED-416) с ПО двух типов.

ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний, ПО ЕМА-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное с растрескиванием покраски (отбраковано использованием выбора порога амплитудной дискриминации).

Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 20–25.

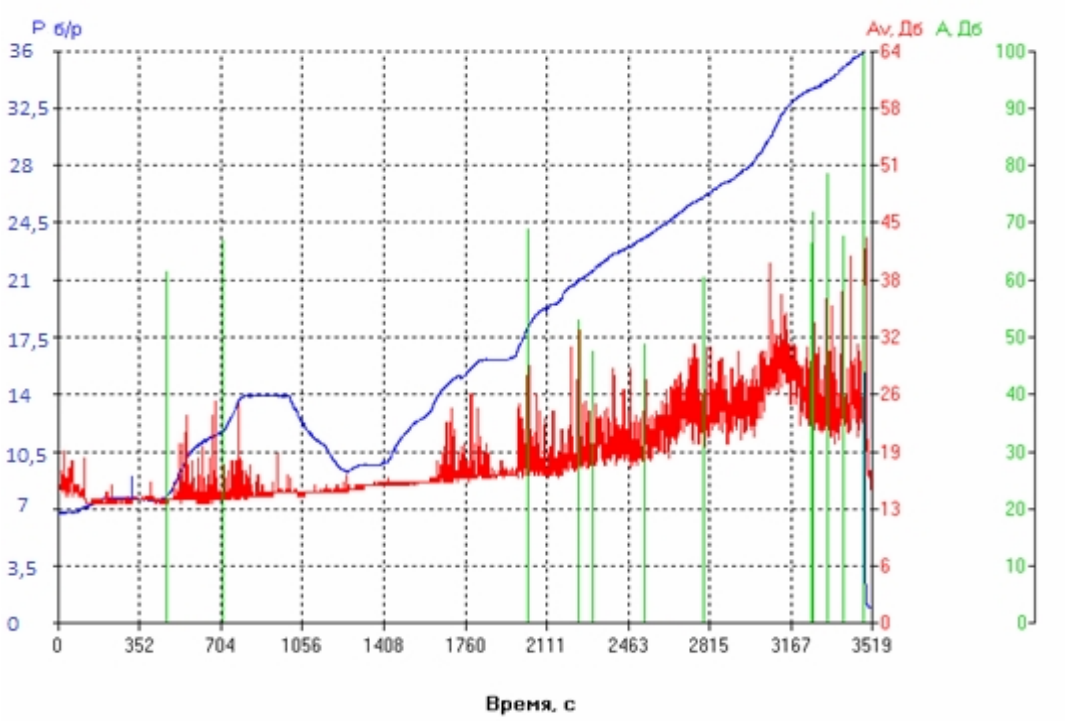


Рис. 20. График нагружения и АЭ информация при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24344 (ПО EMA-3.91). Столбиками показаны амплитуды дискретных сигналов АЭ, пульсирующей линией средний уровень непрерывного АЭ сигнала

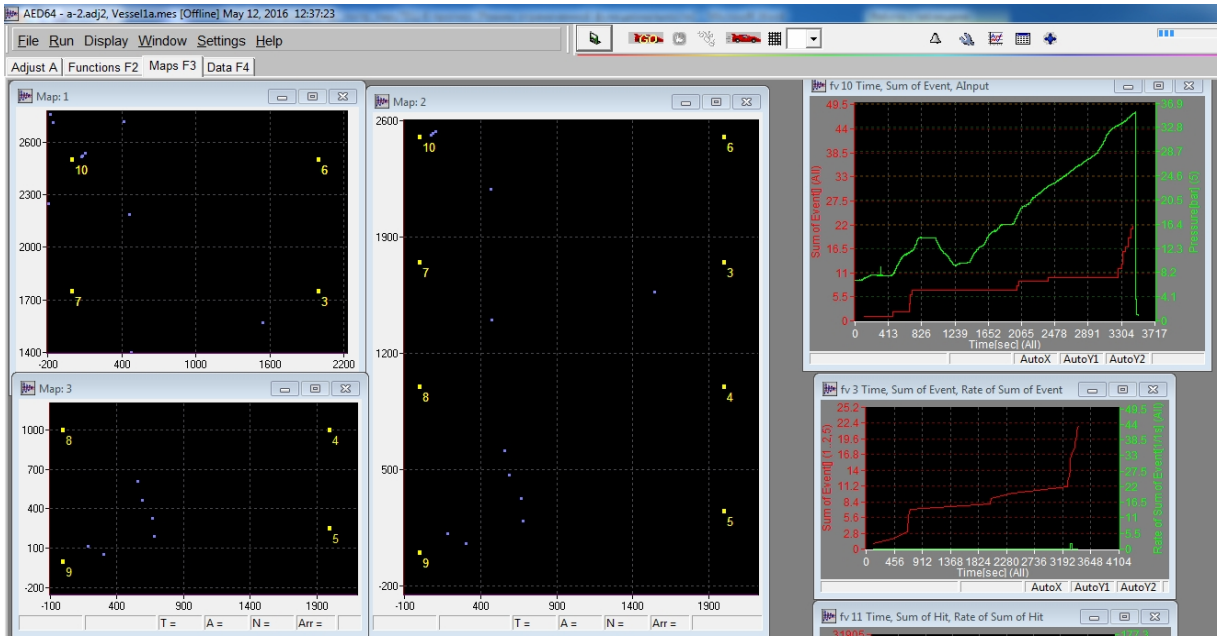


Рис. 21. Характер поступления АЭ информации при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24344 (ПО AED-64)

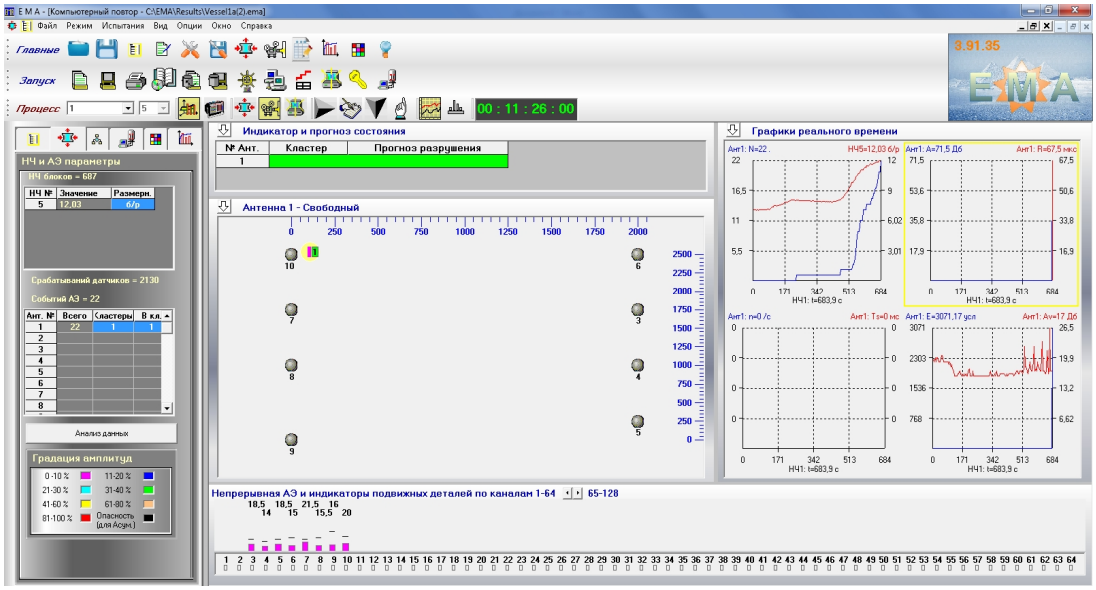


Рис. 22. Проведение гидроиспытания сосуда зав. № 24344. Система ЕМА-4 показывает появление первых событий АЭ (ПО ЕМА-3.91)

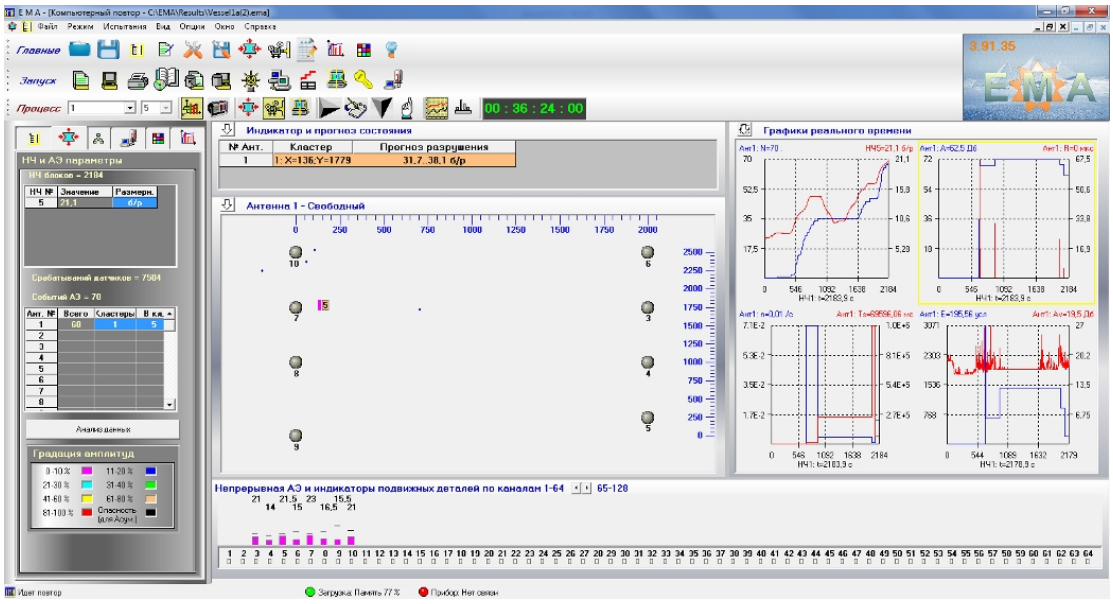


Рис. 23. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 2 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

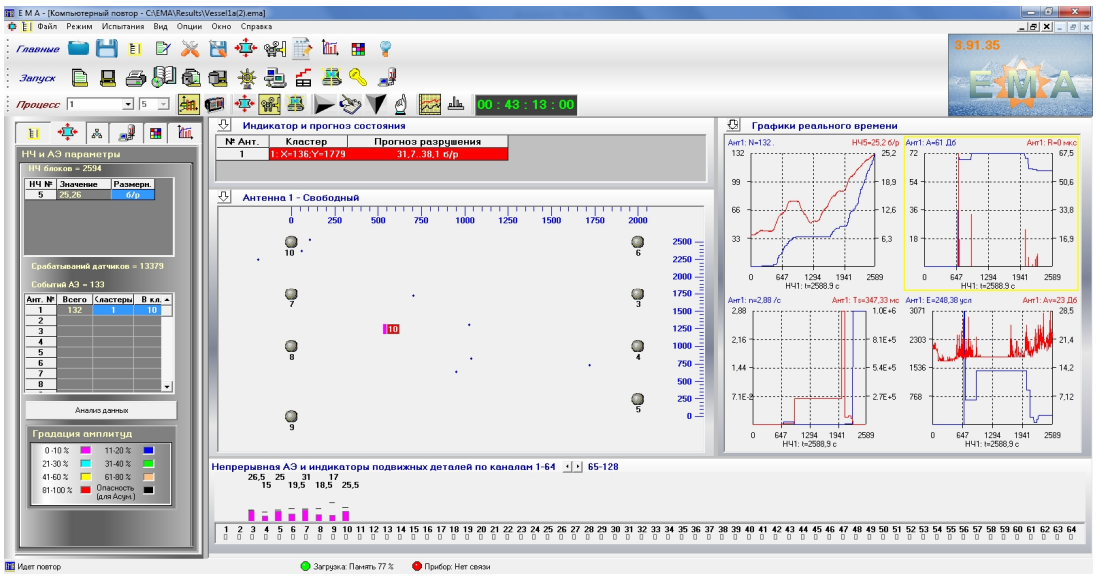


Рис. 24. Выдача системой ЕМА-4 предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки (ПО ЕМА-3.91)

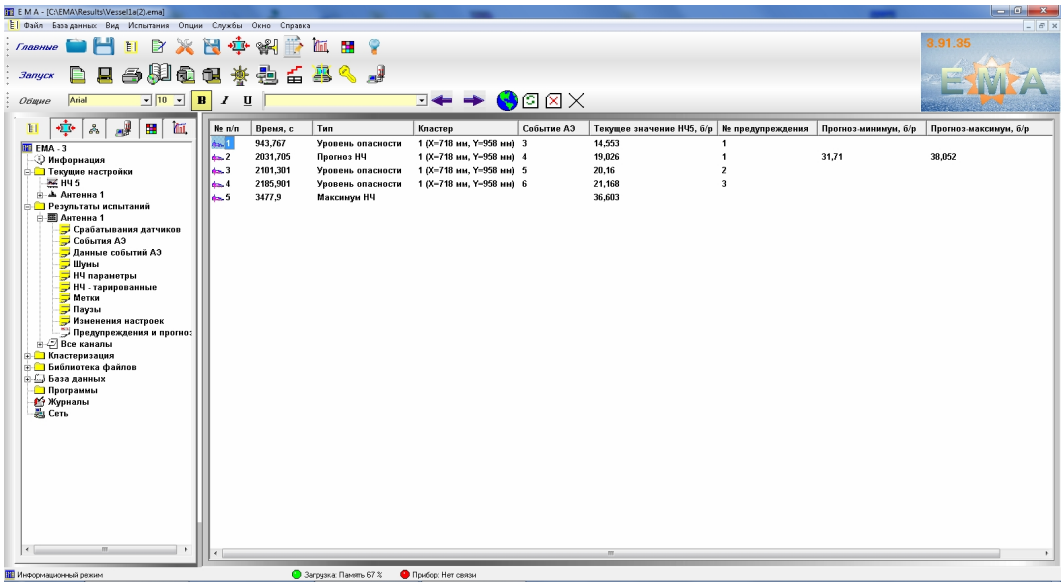


Рис. 25. Список выданных системой предупреждений 1, 2 и 3 уровней и прогноза разрушающей нагрузки

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при давлении 14,56 бар. При нагрузке 19,02 бар и на первом же уровне предупреждения «*Обратить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 31,71…38,05 бар.

Второй уровень предупреждения «*Повысить внимание*» выдан при нагрузке 20,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось. Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 21,16 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом также не изменилось.

Для дополнительной проверки выполнено послеэкспериментальное исследование локации координат источников АЭ в области трещины. Для этого сформирована локационная антенна из 4 датчиков в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Координаты датчиков АЭ в области развития трещины

Датчики АЭ	**4**	**5**	**8**	**9**
X, мм	2000	2000	0	0
У, мм	1000	250	1000	0

Выполненный послеэкспериментальный компьютерный повтор проведенного испытания показал удовлетворительное соответствие полученных координат источников АЭ месту развития трещины. Координаты получены методом кластерного анализа по координатному признаку. Образовавшиеся 4 кластера представлены флажками на рис. 26.

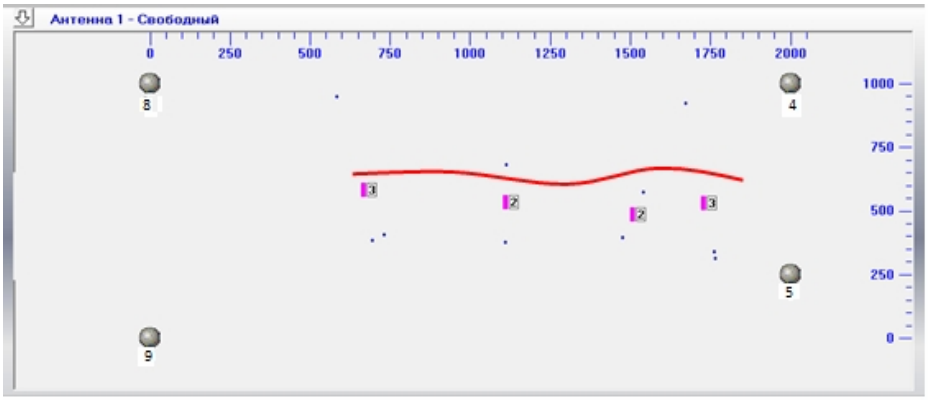


Рис. 26. Экран локации программа ЕМА-3.9 в области развития трещины. Трещина приближенно показана красной линией

Разрушающая нагрузка составила 35,40 бар.

Вид сосуда после разрушения представлен на фото рис. 28.

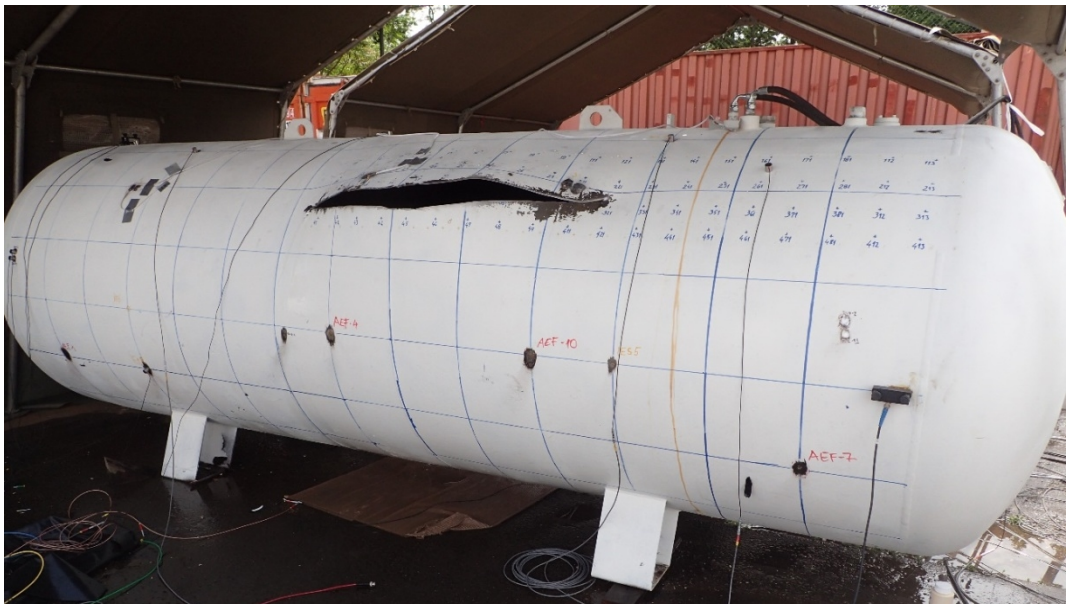


Рис. 27. Сосуд зав. № 24344 (с утонением) после разрушения

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления зав. № 24344 (с утонением, доведен до разрушения):

1. При испытании сосуда зав. № 24344 система АЭ диагностики ЕМА-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.

2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24344 в диапазоне 31,71…38,05 бар с погрешностью в соответствии с требованиями нормативных документов (±15%). Разрушающая нагрузка составила 36,54 бар. Реальная погрешность выданного прогноза составляет менее 5%.

3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 55% от прогнозной разрушающей.

4. Координаты источников АЭ в локальной области, близкой к участку развития трещины, удовлетворительно соответствуют месту расположения трещины после разрушения.

2. Проведение АЭ контроля сосуда зав. № 24452

Для проведения АЭ контроля при гидроиспытании сосуда установлено 10 датчиков АЭ.

Датчики №№ 1, 2 установлены на днищах сосуда в местах доступа. Их координаты определены приблизительно.

Датчики №№ 4, 5, 8, 9 установлены на одной стороне сосуда (см. рис. 1), а датчики №№ 3, 6, 7, 10 установлены на противоположной стороне сосуда. Место установки датчика № 9 выбрано в качестве начала координат, его координаты (0,0). Координаты всех других датчиков определены в соответствии с разметкой сосудов (250×250 мм).

Данные представлены в таблице 3. Развертка сосуда с указанием мест установки датчиков АЭ приведена на рис. 28.

Таблица 3. Координаты установленных на объекте датчиков АЭ

Датчики АЭ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
X, мм	3500	1500	2000	2000	2000	2000	0	0	0	0
У, мм	500	1000	1750	1000	250	2500	1750	1000	0	2500

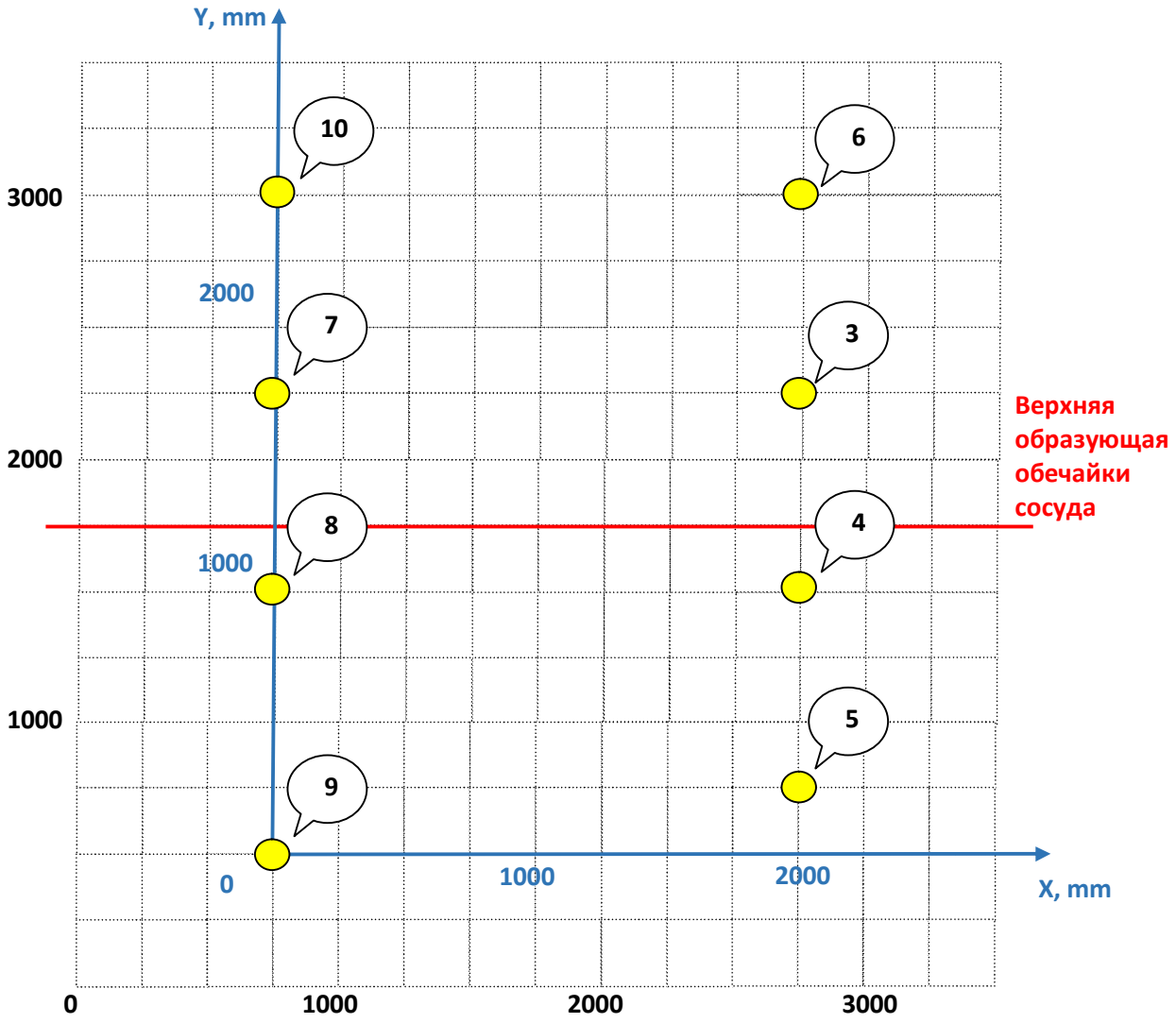


Рис. 28. Развертка боковой поверхности сосуда с указанием мест установки и нумерации датчиков АЭ. Синим цветом показана шкала координат, используемых при локации источников АЭ

В качестве средства диагностического контроля использована 16–канальная система ЕМА-4 (на основе прибора AED-416) с ПО двух типов. ПО AED-64 использовано для получения информации с объекта в процессе испытаний, ПО ЕМА-3.91 – для расширенной обработки получаемых данных и прогноза на их основе разрушающей нагрузки.

При проведении контроля отмечено поступление значительного количества сигналов АЭ небольшой амплитуды, связанное с растрескиванием покраски (может быть отбраковано изменением порога амплитудной дискриминации).

График изменения давления при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24452 показан на рис. 29.

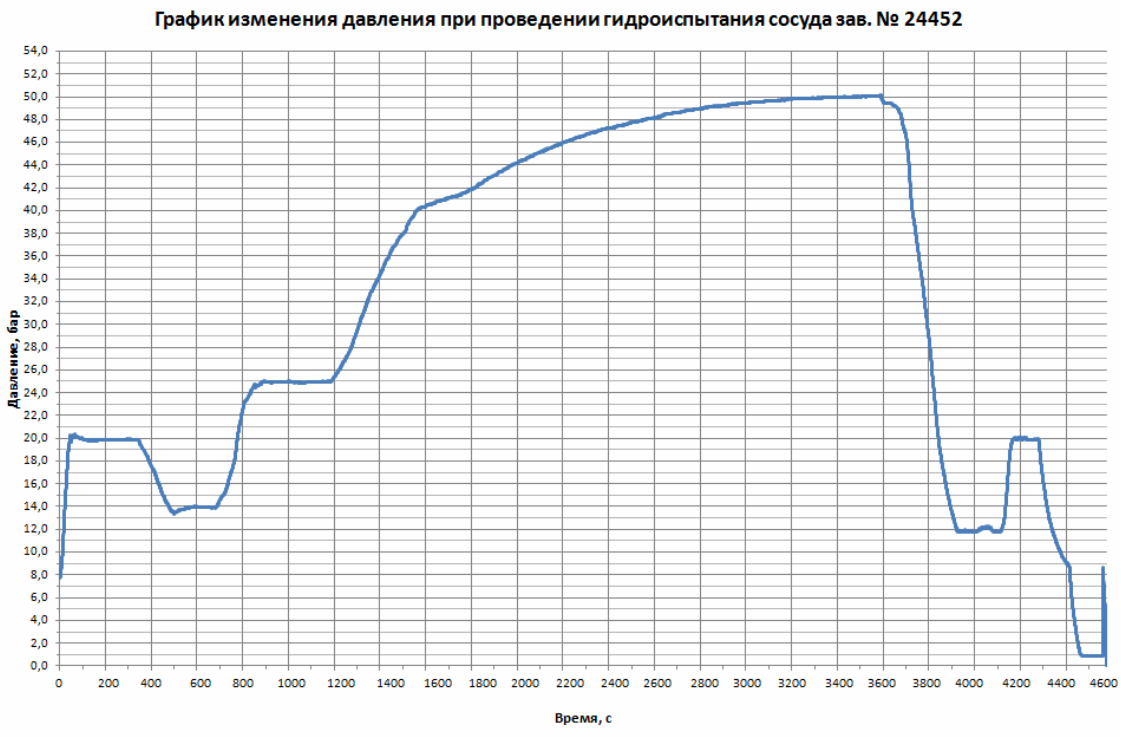


Рис. 29. График изменения нагрузки при проведении гидроиспытания сосуда зав. №24452

Результаты проведенного АЭ контроля представлены на рис. 30–33.

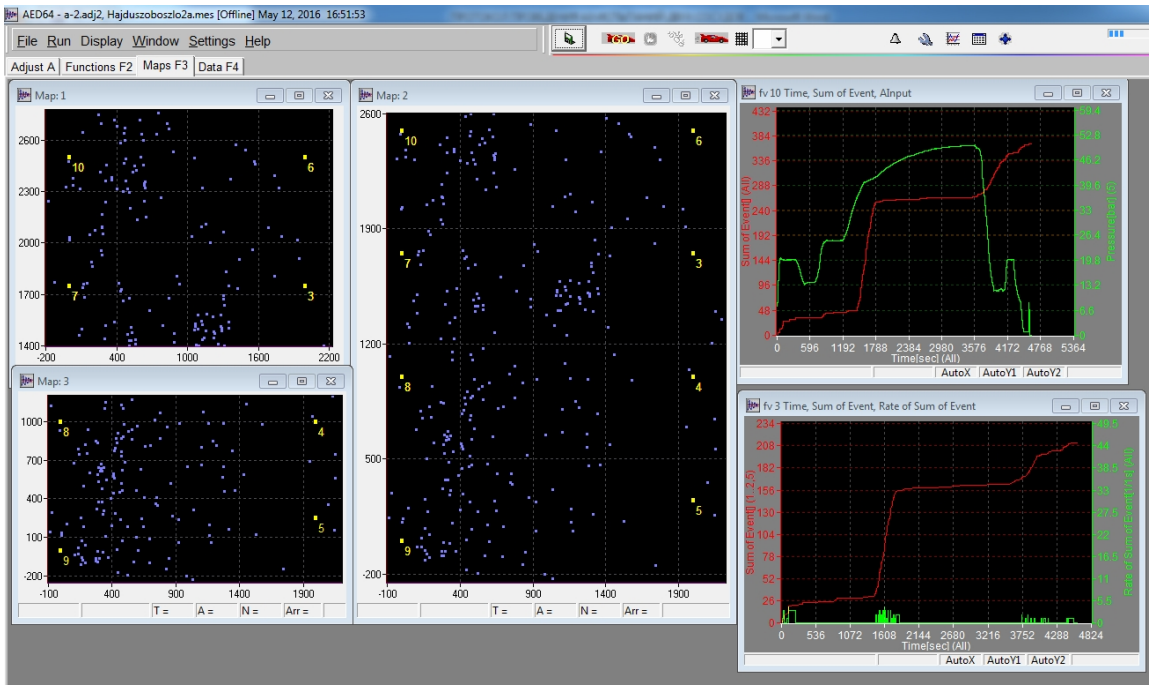


Рис. 30. Поступление АЭ (карты локации) и НЧ информации (график) при проведении АЭ контроля сосуда зав. № 24452. ПО AED-64

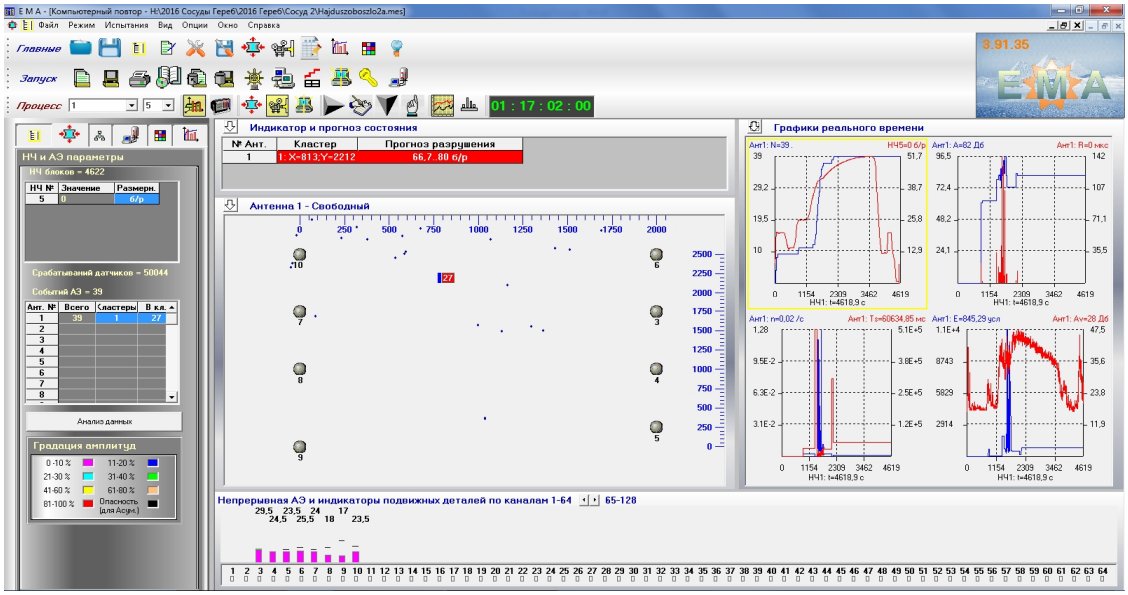


Рис. 31. Выдача системой ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91) предупреждения 3 уровня и прогноза разрушающей нагрузки

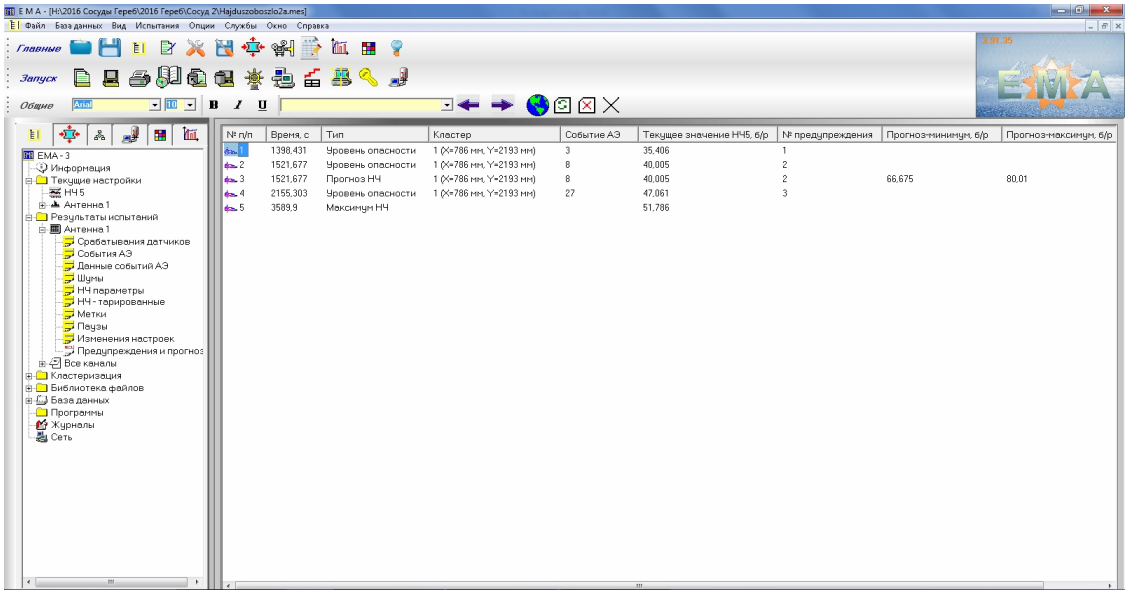


Рис. 32. Выдача системой ЕМА-4 (ПО ЕМА-3.91) прогноза разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452

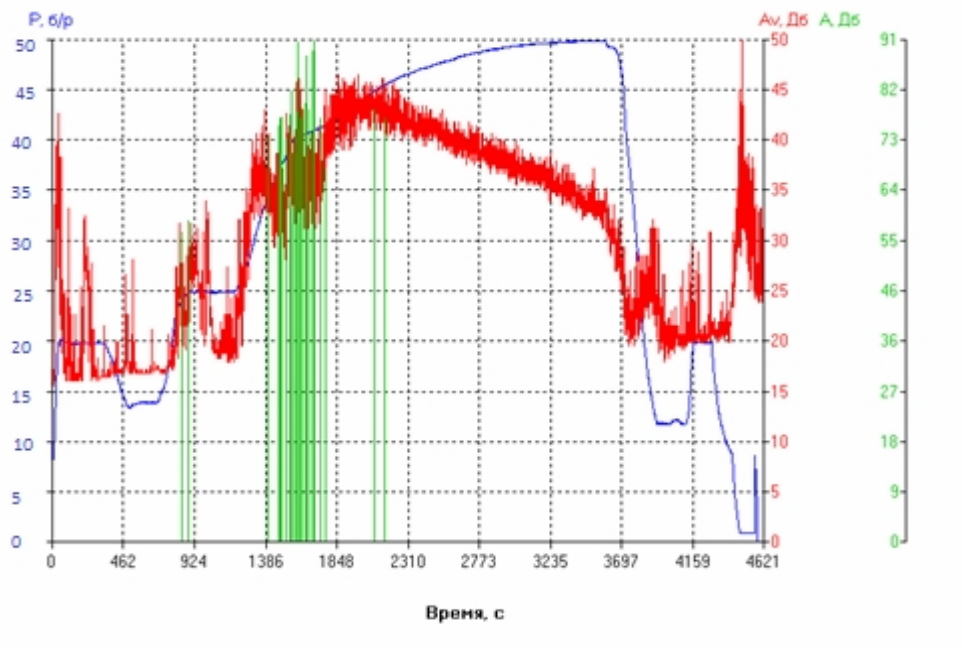


Рис. 33. График нагружения и АЭ информация при проведении гидроиспытания сосуда зав. № 24452. Столбиками показаны амплитуды дискретных сигналов АЭ, пульсирующей линией средний уровень непрерывного АЭ сигнала

Первое предупреждение «*Обратить внимание*» было выдано при нагрузке 35,40 бар. При нагрузке 40,00 бар и втором уровне предупреждения «*Повысить внимание*» был выдан прогноз разрушения сосуда – 66,675…80,01 бар. Третий уровень предупреждения «*Опасность*» выдан при нагрузке 47,06 бар. Значение прогнозной разрушающей нагрузки при этом не изменилось. По техническим причинам сосуд зав. № 24452 не был доведен до разрушения. Испытание остановлено.

Выводы по результатам гидроиспытания с применением метода АЭ контроля сосуда давления № 24452 (испытание остановлено по техническим причинам):

1. При испытании сосуда зав. № 24452 система АЭ диагностики ЕМА-4 обеспечила своевременное предупреждение об опасности 1, 2 и 3 уровней.

2. Задолго до вероятного разрушения получен прогноз разрушающей нагрузки для сосуда зав. № 24452 в диапазоне 66,675…80,01 бар с предполагаемой погрешностью, в соответствии с требованиями нормативных документов, ±15%.

3. На момент выдачи прогноза текущая нагрузка составила приблизительно 60% от прогнозной разрушающей.

4. Реальная погрешность выданного прогноза не определена в связи с прекращением испытания по техническим причинам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пеллионис П., Гереб Я. Методика и аппаратура для АЭ-контроля в процессе проверочных испытаний сосудов высокого давления ядерного реактора в Венгрии // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1991. – № 3. – С. 14-21.

2. Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций / под редакцией Б.Е. Патона. – К.: Индпром, 2008. – 812 с.

3. Недосека С.А., Недосека А.Я. Диагностические системы семейства «ЕМА». Основные принципы и особенности архитектуры (Обзор) // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2005. – № 3. – С. 20-26.

4. Недосека С.А. Прогноз разрушения по данным акустической эмиссии // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. – № 2. – С. 3-9.

5. Недосека А.Я., Недосека С.А. Акустическая эмиссия и ресурс конструкций (Обзор) // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – № 2. – С. 3-11.

6. Недосека С.А., Недосека А.Я. Комплексная оценка поврежденности и остаточного ресурса металлов с эксплуатационной наработкой // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. – № 1. – С. 9-16.

7. Недосека А.Я., Недосека С.А. Об оценке надежности эксплуатирующихся конструкций (состояние вопроса и перспектива развития) // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. – № 2. – С. 7-17.

8. Недосека А.Я., Недосека С.А., Грузд А.А., Овсиенко М.А., Яременко М.А., Харченко Л.Ф. Приборы для акустико-эмиссионного контроля и диагностирования сварных конструкций // Автоматическая сварка. – Август 2010. – С. 58-61.

9. Недосека С.А., Недосека А.Я, Овсиенко М.А. Влияние методов обработки акустико-эмиссионной информации на формирование АЭ событий и определение их координат // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2011. – № 2. – С. 5-14.

10. Опыт ИЭС им. Е.О. Патона в области акустико–эмиссионного контроля / Б.Е. Патон, Л.М. Лобанов, А.Я. Недосека, С.А. Недосека, А.А. Грузд, М.А. Яременко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2012. – № 1. – С. 7-22.

11. Программное обеспечение систем АЭ диагностики ЕМА-3.9 / А.Я Недосека, С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко, Л.Ф. Харченко, Ю.А. Смоголь, С.А. Кушниренко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2013. – № 3. – С. 16-22.

12. Оптимизация размещения датчиков и повышение точности локации источников акустической эмиссии / С.А. Недосека, М.А. Овсиенко, Л.Ф. Харченко, М.А. Яременко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2015. – № 3. – С. 18-25.

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Венгрия)

_____ Geréb János

2VD Géptervező és Kereskedő Kft. ***(Венгрия)***

_____ Varga László

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины

_____ С.А. Недосека

_____ М.А. Яременко

_____ М.А. Овсиенко

Одесский припортовый завод (Украина)

_____ С.А. Кушниренко

Inspection Certificate No. 8900487 /2016

TPA KKS GmbH
Teiritzstraße 1
A-2100 Korneuburg
Tel: 02262 / 750 77-0, Fax: DW-13
Internet: www.tpa-kks.at
E-Mail: office@kks.at
Head Office:
Laxenburger Straße 228
1230 Wien

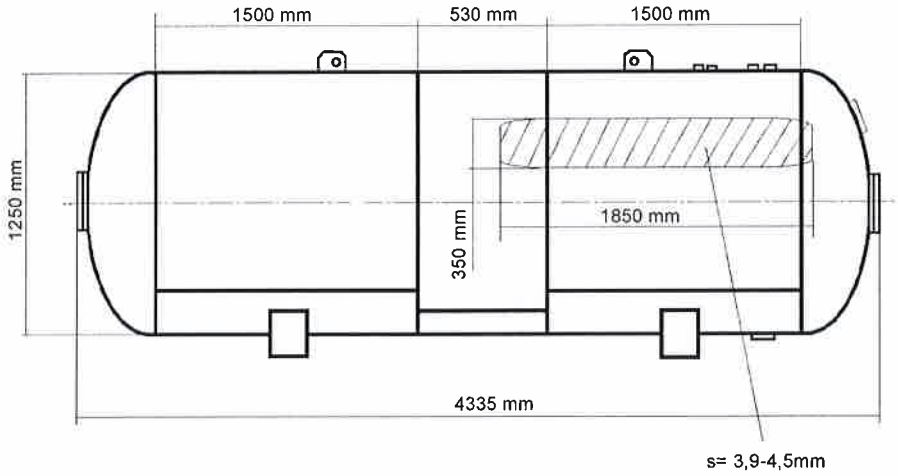
Operator: PÉPÉ-COOP Ltd.
Location: H-4200 Hajdúszoboszló
Ady Endre Str. 87
Project: interlaboratory test – burst test 5m³ LPG vessel

Test object:

type:	LPG-vessel
number:	24344
year built:	1996
material:	St 52-3
thickness:	6 mm
outer diameter:	1250 mm
lateral length:	3530 mm

Purpose of testing:

Interlaboratory test – Water pressure test of a vessel of reduced wall thickness (3.9 to 4.5 mm) in an area of 1850mm x 350mm to bursting.
The mathematically determined onset of plastic deformation: 18 bar
The mathematically determined burst pressure: 38bar



Timing of the test:

11. 5. 2016
attenuation measurement
12. 5. 2016
- application of the AE equipment and system check by HSU-Nielson source (0,5mm 2H)
- location control along the area of reduced wall thickness
- implementation of the pressure test

FN 41700z • DVR 0736848 • UID Nr. ATU 37 090 606 • Sparkasse Korneuburg, IBAN: AT20 2022 7000 0000 9118, BIC: SSKOAT21XXX

Standards:

DIN EN 13554	Non-destructive testing - Acoustic emission testing - General principles
DIN EN 14584	Non-destructive testing - Acoustic emission testing - Examination of metallic pressure equipment during proof testing - Planar location of AE sources

Measuring equipment used:

AE device:	PAC Samos 16 CH	Nr. 6007
AE sensors:	PAC DT 15 I	Nr. 6180-6183

Pressure sensor 0-250bar (provided by operator)
The acoustic emission transducers were coupled with magnetic holder and copper grease (PBC Fa. K.S.Paul GmbH)

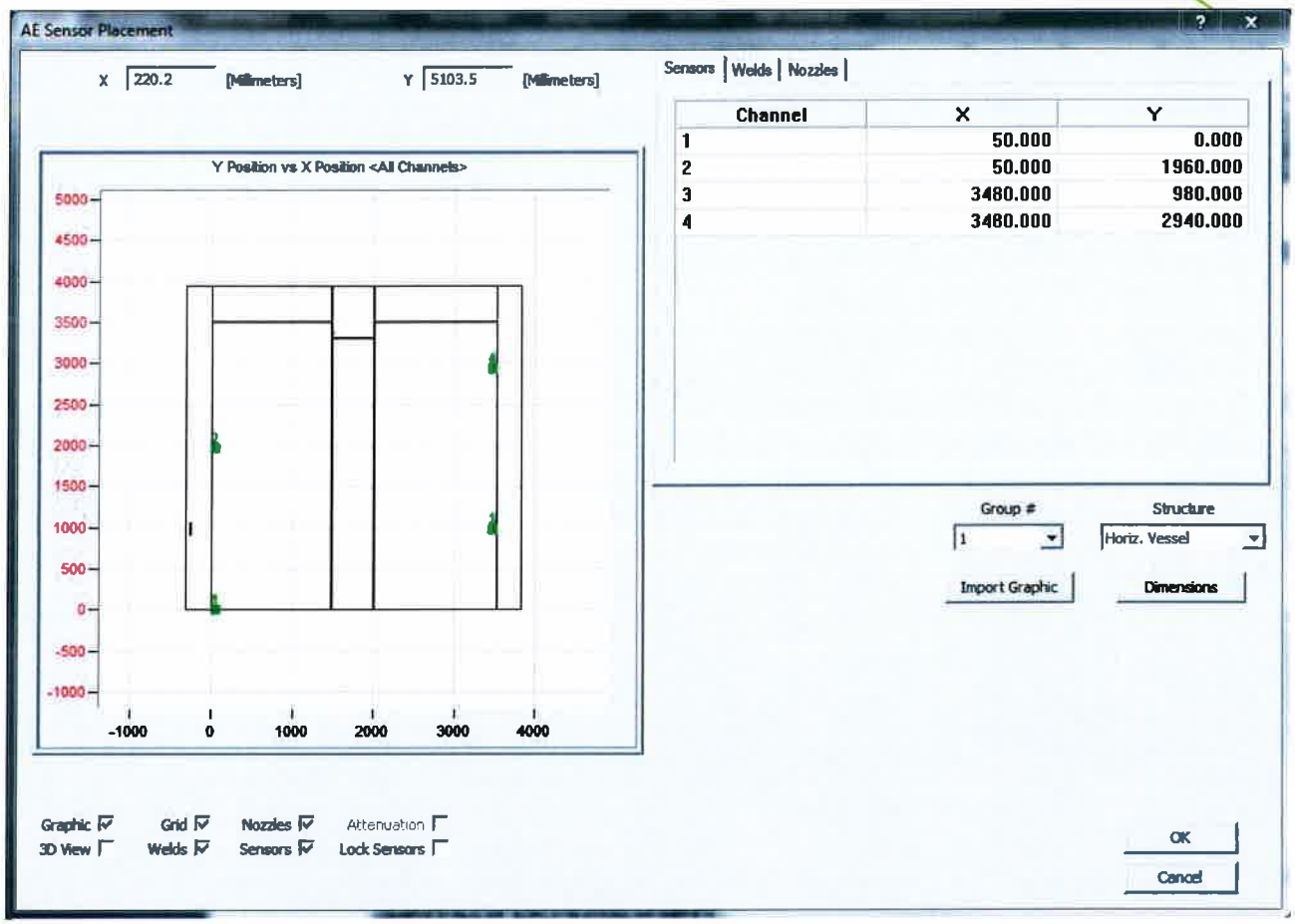
Inspector:

Ing. Günther Habermann(AT2 according to EN 9712)
Ing. Martin Turkowitsch (AT2 according to EN 9712)

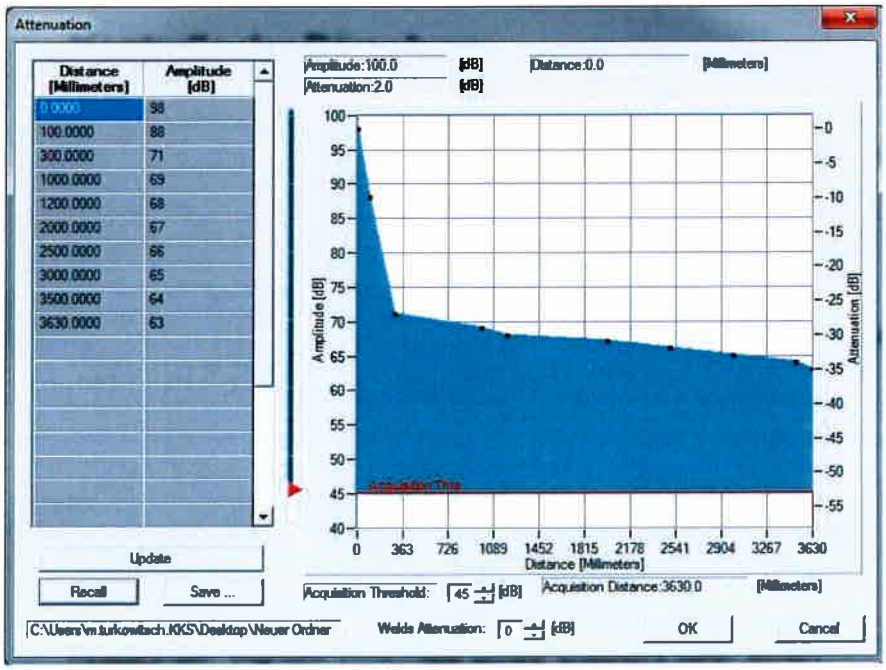
Loading scheme:

The pressure increase was performed by water by the company Pepe-COOP Ltd.
Pressure increase from 0 bar to 37 bar.
Rate of pressure increase about 0.5 bar / minute

Sensorposition:



Attenuation:



The attenuation curve was determined by averaging of 3 HSU-Nielsen sources for each point.

Measurement:

Systemcheck:	96 bis 97 dB_{AE}
Threshold:	45dB_{AE}
	36dB_{AE} (pressure hold)
Test pressure:	0-37 bar
Max. hitrate:	900 hits/bar
Max. peakamplitude:	99 dB_{AE}
Max. sourceamplitude:	129 dB_{AE}
Max. energyrate [/18s]:	58400 /18s
Max. points/cluster:	62
Max. count/cluster [cum]:	125584 c

Result:

Specification for review:

A1 = 90dB_{AE}	N1 = 3	
A2 = 75dB_{AE}	N2 = 10	N3 = 2

The measurement revealed critical active sources at a test pressure of 12,5bar.
Source severity classification: 3 (critical active sources)

Reaching the termination criteria at 12.5 bar:
3x <100dBAE source amplitude, max. absolute energy: 9475aJ

From 23 bar carried a significant increase in absolute energy and the amplitudes, which continues to the break. In the area of the rear longitudinal seam to be located over the entire course of the pressure test AE-events with high source amplitudes (at 15bar cluster with source amplitudes up 107dBAE) were detected.

Additional remark:

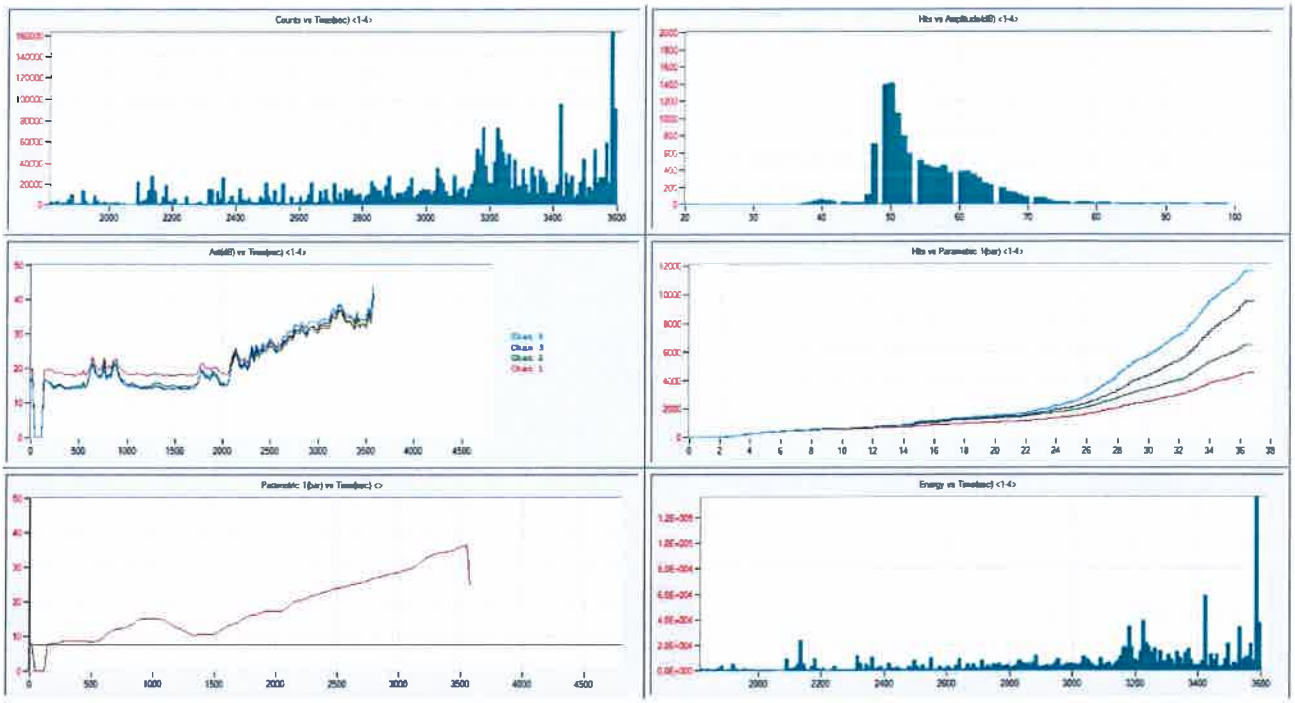
Plastic deformation of wall thickness reduction is very difficult to detect by acoustic emission. In practical use this weakening of the wall thickness occur only in connection with corrosion, which represent very active sources because of the corrosion products and is easy to find with acoustic emission. The acoustic emission method is suitable primarily for locating cracks and leaks, which represent the major part of the damage sources of LPG tanks.

TPA KKS
TPA-KKS GmbH
Teiritzstraße 1, 2100 Korneuburg, Tel. 02262/750 77-0
Ing. Martin Turkowitsch

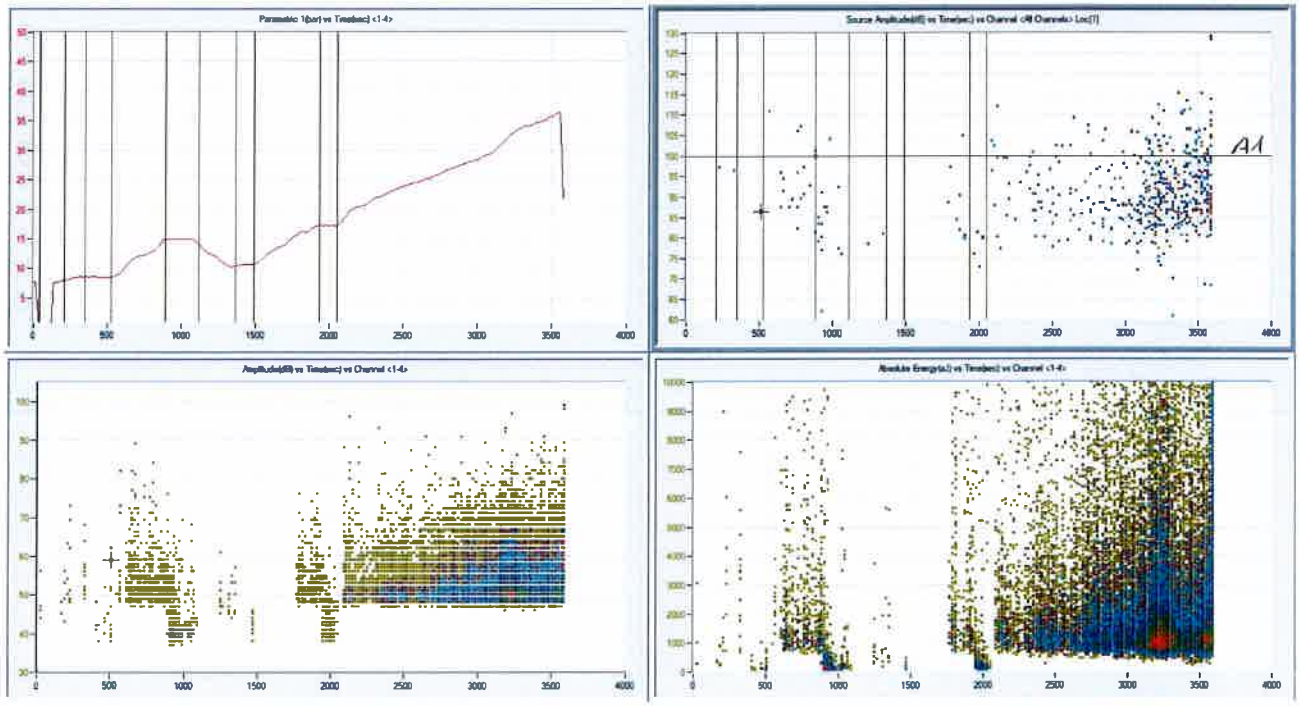
Korneuburg, 27. 5. 2016

Ing. Martin Turkowitsch
AT II inspector according to EN 9712

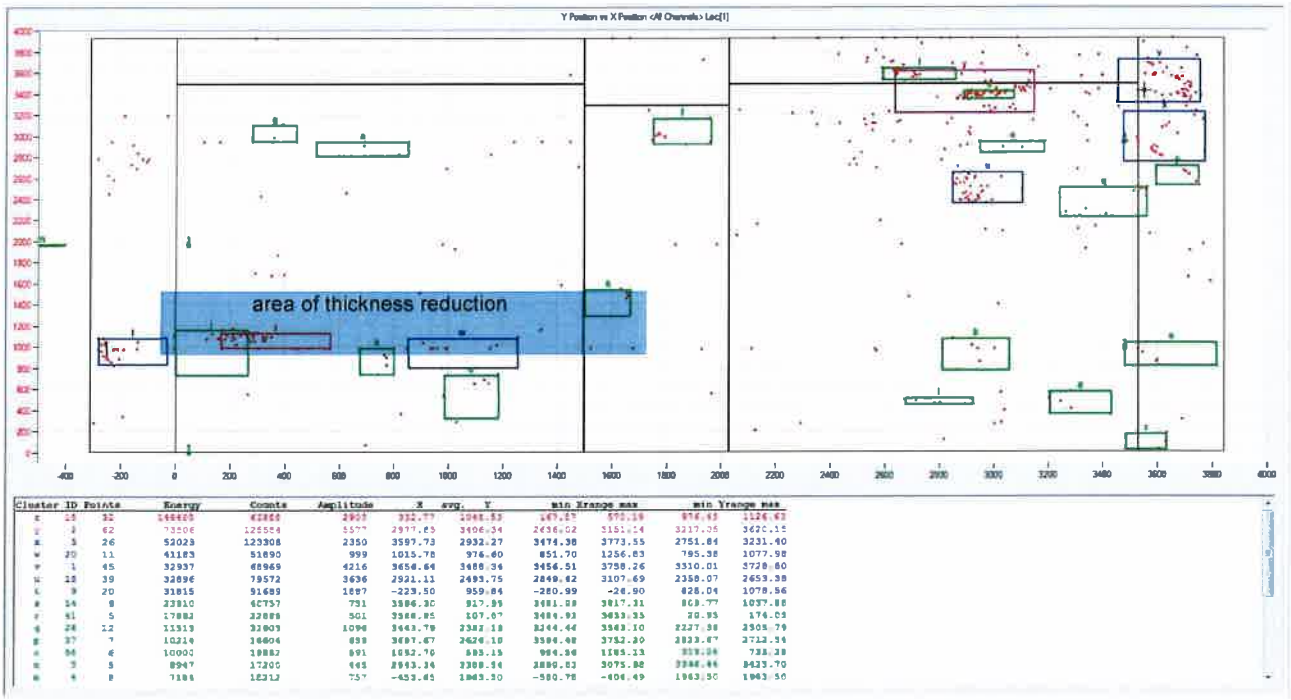
Supplement:



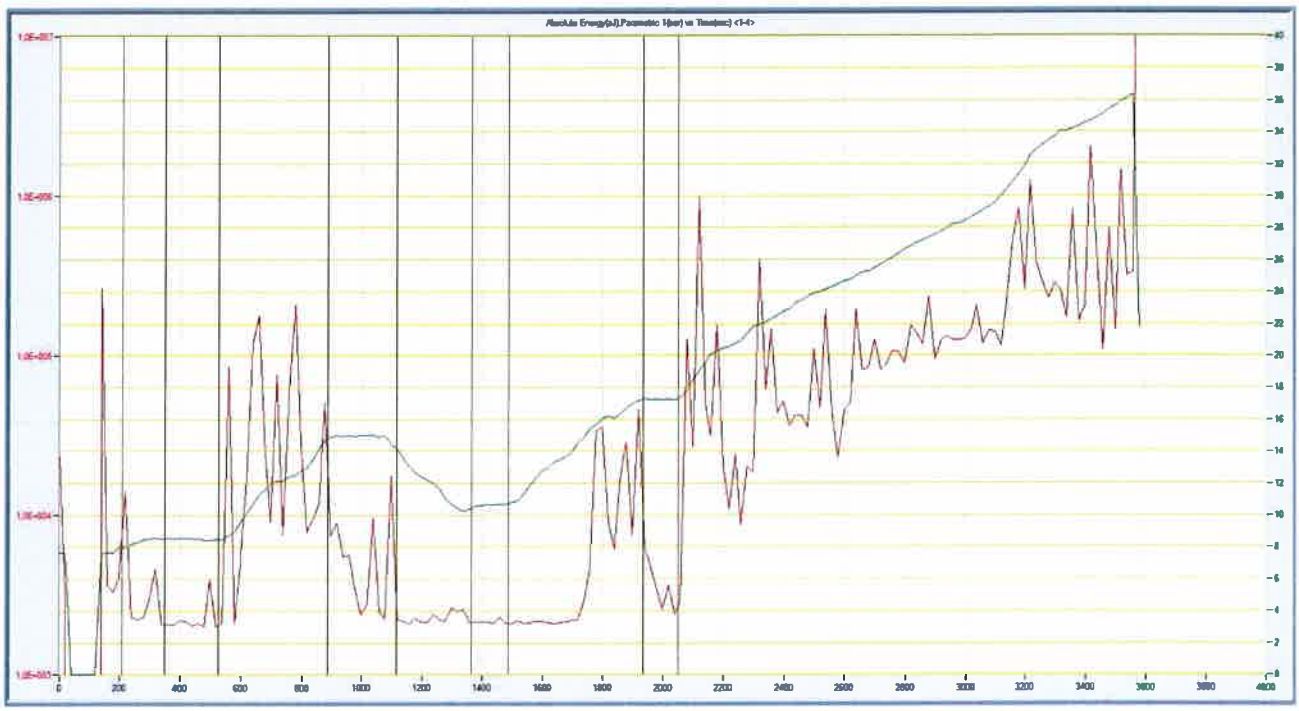
Screen 1



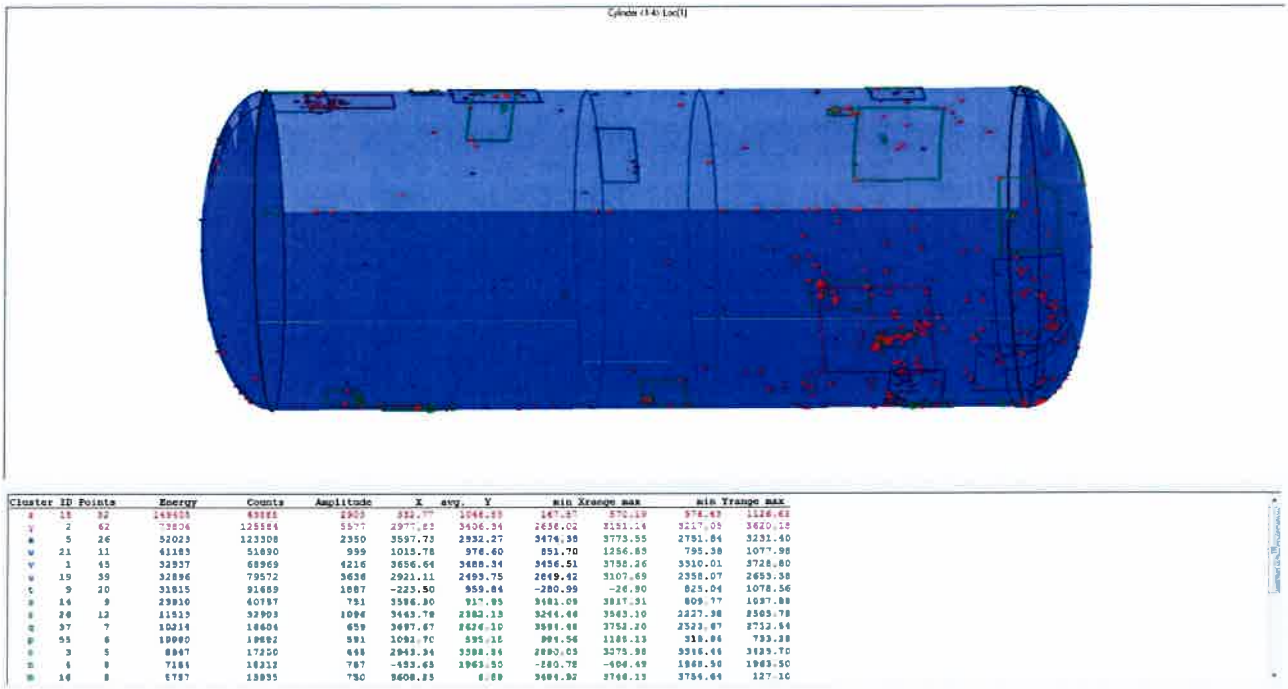
Screen 2



Location 2D

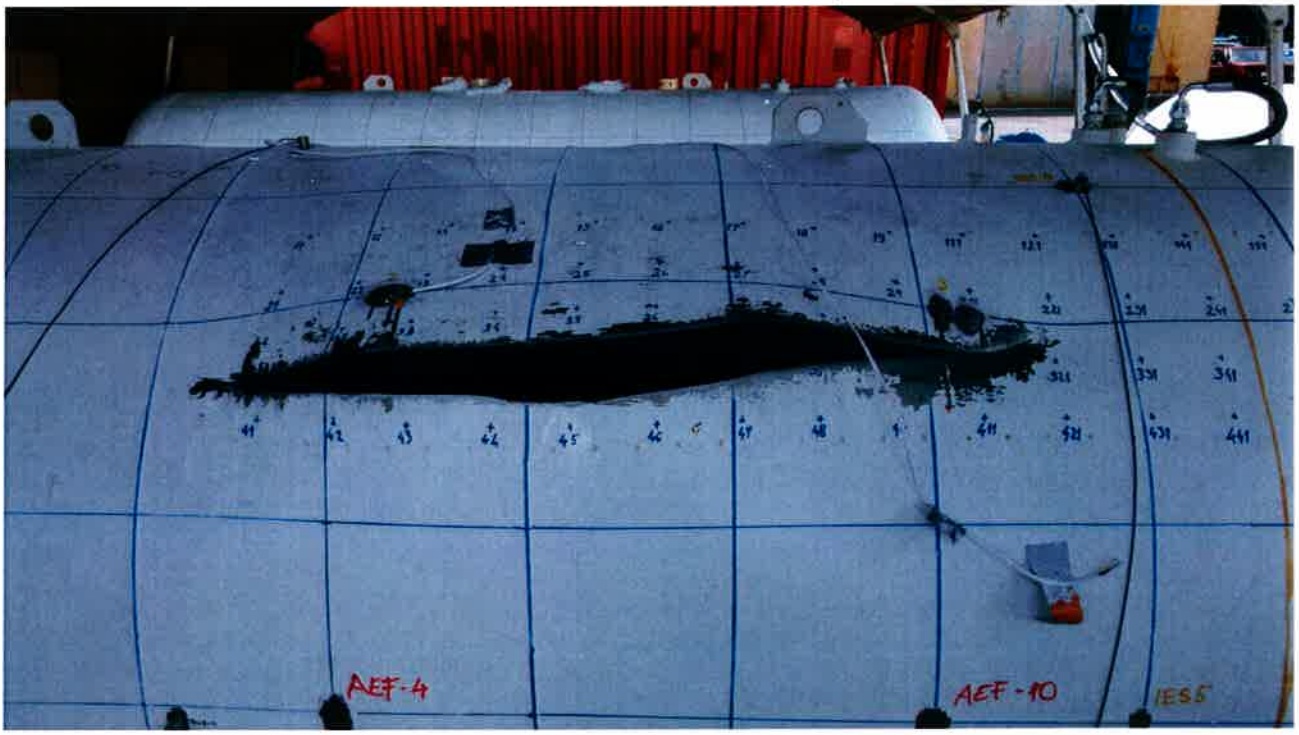


Screen 3



Cluster	ID	Points	Energy	Counts	Amplitude	X avg.	Y	min Xrange max	min Yrange max
x	15	32	149453	43888	2903	332.77	1546.53	147.87	572.19	574.47	1126.61
y	2	62	73826	125584	5577	2977.62	3426.34	2656.02	3151.14	3217.05	3620.12
z	5	26	52023	123308	2350	3597.73	2932.27	3474.98	3773.55	2781.84	3231.40
w	21	11	41183	51890	999	1015.78	976.60	851.70	1256.85	795.38	1077.98
v	1	45	32937	68969	4216	3656.64	3488.34	3456.51	3758.26	3310.01	3728.80
u	19	39	32896	79572	3638	2921.11	2495.75	2649.42	3107.69	2358.07	2653.38
t	9	20	31815	91689	1887	-223.50	959.84	-280.99	-26.90	825.04	1078.56
s	14	9	23810	40787	751	3586.80	917.95	3481.09	3817.31	809.77	1037.88
r	20	12	11513	32903	1094	3463.78	2382.13	3246.46	3563.10	2227.98	2565.78
q	37	7	10214	18606	659	3697.67	2624.10	3591.48	3752.20	2523.87	2752.94
p	55	6	10980	19082	591	1091.70	595.16	991.56	1188.13	518.84	733.38
o	3	5	8947	17250	448	2943.34	3588.84	2880.05	3275.98	3518.46	3639.70
n	6	8	7184	18212	787	-483.65	1963.50	-280.78	-404.49	1868.58	1963.50
m	16	8	6787	13835	750	3608.85	8.88	3484.92	3748.13	3754.64	127.10

Location 3D (cluster rear longitudinal seam)



TEST REPORT

Acoustic emission tests of a 5m3 pressure vessels
Hajdúszoboszló
12.05.2016

Summary: Acoustic emission (AE) measurements were carried out on two 5 m3 PB vessels during pressure test. One of them had artificial defect: a corrosion imitation had been prepared reducing the wall thickness from 6mm to 3 mm on a 300 mm wide and 2000 mm long surface. Filled with water and using the growing pressure the artificially defected vessel was pumped until it was broken at 38 bars splitting along the thinnered surface. The other "healthy" vessel was pumped until 58bar, but it did not break, though deformation was observable even with naked eye.

AE hits and events were recorded using AED-40 AE measurement system with AE sensors of A-150 type. Recorded hits and events followed the rules according to the theory of AE. Kaiser's effect was observed correctly on both vessels when reducing the pressure for a while during the raise of the pressure that proves the correctness of our AE registrations. Significantly higher amount of events were localized near to the place if splitting on the first vessel. It is very important that significant amount of localized event had been observed and it is demonstrated in this report at pressure level well (about 4 bars) below the splitting pressure. However the localization of the splitting was not very precise it was inaccurate for about 300mm from the real splitting place. In the case of second vessel no splitting was achieved until 60 bars, therefore the test was stopped without real break.

As a brand new evaluation method a series of slides (pictures) was produced for this report presenting the localized events at different pressure levels.

It is a revolutionary new way to present the growing number of localized events parallel with the pressure growth in an animation film taking pictures from the localized AE event in time. That is also attached to this report as an *.mgp file. It gives real impression how events appeared with growing pressure.

It is also important that rather high activities were detected at the very beginning of the pressure raise at very low pressures (which is a well known effect), and also during pressure drops on the "healthy" vessel after very high pressure where real deformation of the vessel had been observed.

The amount of the localized events on the second vessel was rather high in a given segment. We advice to carry out a thickness measurement there in the future.

31.05.2016. Dunaújváros	
prepared and controlled by ..... Endre Kocsó AT2 engineer	approved by: ..... Dr. Pór Gábor AT3 test engineer, Head of MAID Lab

CONTENT

1. GENERAL INFORMATIONS 3
1.1. Name and address of Customer 3
1.2. Place of test 3
1.3. Date of test 3
1.4. Name of testing person(s) 3
2. PURPOSE AND EXTENT OF TEST 3
2.1. Identifier of Test Standard and Work or Test Instruction method(s) 3
2.2. Quality and other requirements 4
3. TESTING DATAS AND PARAMETERS 4
3.1. Data of Device(s) Under Test 4
3.2. Test has been carried out with the following devices 7
3.3. Other important pre-information (courtesy of Oliver Fodor) 7
3.4. The measurement equipment and its main setting parameters 11
4. TEST RESULTS 15
4.1.1. Measurement N4 – Pressure Vessel with artificial defect, first part 16
4.1.2. Measurement N5 21
4.1.2.1. Photos about Measurement 5. 28
4.1.3. Measurement N6– Pressure Vessel without artificial defect (faultless vessel) .. 29
5. FURTHER EVALUATION OF TEST RESULTS 35
5.1. First part of test vessel with artificial defect (meas.4) 35
5.2. History of appearance of events on defected vessel (Meas.No5) 36
5.3. Localization of events on good vessel (Meas.No6) 38
5.4. Acknowledgements 39
6. APPENDIX / SUPPLEMENT 41
6.1. Two animation videos made from the direct measurement demonstrating the AE hits during growing pressure (courtesy of Sandor Molnar) 41
6.2. AE functions elaborated from meas. N4 42
6.3. AE functions elaborated from meas. N5 48
6.4. AE functions elaborated from meas. N6 102

SUBJECT OF TEST REPORT

Acoustic emission test of two 5m3 pressure vessels, one of them had been prepared with artificial defect.

1. GENERAL INFORMATIONS

1.1. Name and address of Customer

MAROVISZ – Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség

H-1191 Budapest, Üllői str. 206, 1191

Representative: Dr. Trampus Péter

1.2. Place of test

PÉBÉ-Coop Kft.

H-4200, Hajdúszoboszló, Ady Endre street 87.

1.3. Date of test

11. 05. 2016 - 12.05.2016.

1.4. Name of testing person(s)

Dr. Pór Gábor – leader of laboratory, AT3 test engineer

Endre Kocsó – laboratory engineer, AT2 test engineer

Zsolt Lukacs – laboratory assistant

2. PURPOSE AND EXTENT OF TEST

This was an intercomparision test, measuring AE events parallel with other participants and also strains with strain gauges (by other participant) to examine the possibilities to detect thinning by corrosion and generally to test methods.

Preliminary notice: This report and its supplement present the AE events and the AE localization map and the pressure profile. This report also contain the parallel analysis of the pressure effect on the AE signals, and it describes the event-time distribution on the pressure map.

2.1. Identifier of Test Standard and Work or Test Instruction method(s)

- **MSZ EN 14584:2013 -** Akusztikus emissziós vizsgálat. Fémből készült nyomástartó berendezések vizsgálata a nyomáspróba során. Az AE-források **síkbeli** helyzete.
- MAID_M16_013_VU_01_v1.0_Vizsgálati Utasítás_AE mérés_HSz.doc

2.2. Quality and other requirements

It is listed in the Preliminary instruction of the work. [MAID_M16_013_VU_01_v1.0_Vizsgálati Utasítás_AE mérés_HSz.doc]

3. TESTING DATAS AND PARAMETERS

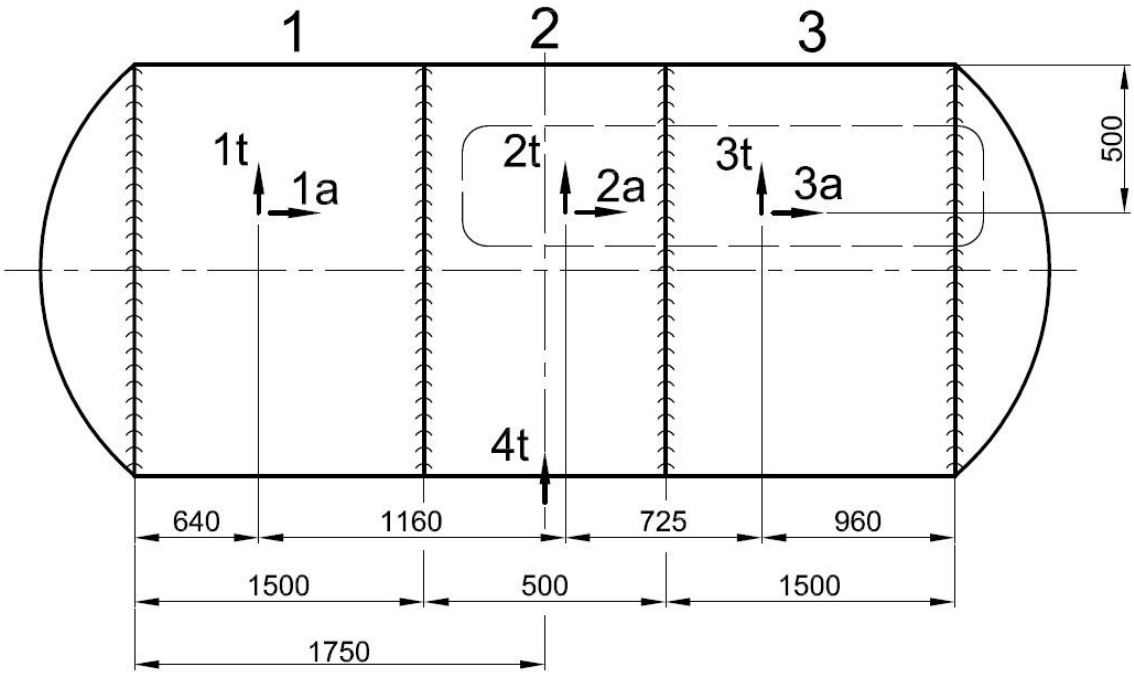
3.1. Data of Device(s) Under Test

This report related to the following Pressure Vessel(s):

Table 1

No.	Name	Type	Identification number	Comment
1.	Pressure Vessel-1	PB	24344	artificial defected
2.	Pressure Vessel-2	PB	24452	with no artificial defect. (“errorless”)

3.1.1. Vessel with artificial defect /ID.:24344/



Material St-52.3; Thickness: 6 mm, at the marked place of artificial defect: 3mm

1t- tangential strain gauge, 1a-axial strain gauge

Figure 3.1 The pressure vessel (ID.:24344) with the artificial defect on it (courtesy of Oliver Fodor), Places of strain gauges are marked

Photo 1. - The pressure vessel (ID.:24344) with the artificial defect on it

Photo 2. Other side of the pressure vessel (ID:24344)

3.1.2. Vessel without artificial defect

The pressure vessel (ID.:24452) without artificial defect on it

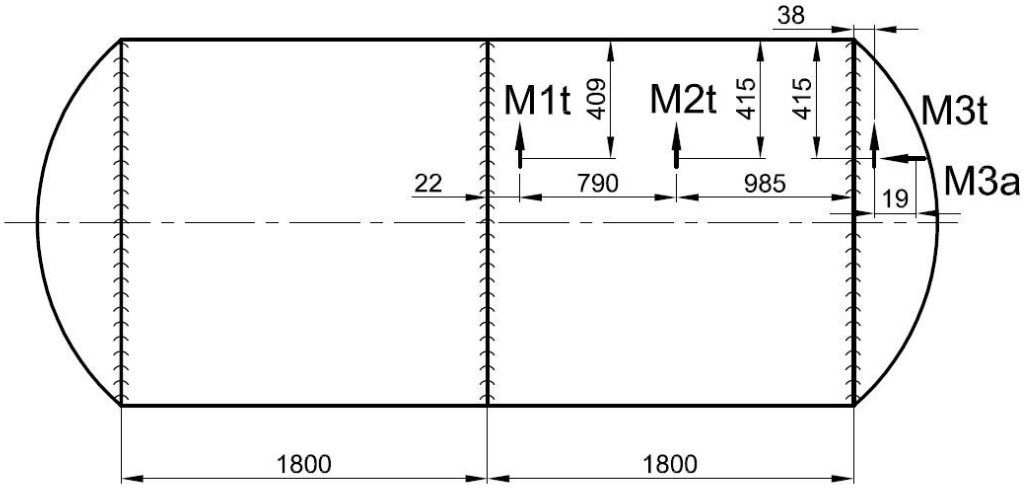


Figure 3.2. The pressure vessel (ID.:24452) without artificial defect on it, marked places of the strain gauges (courtesy of Oliver Fodor)

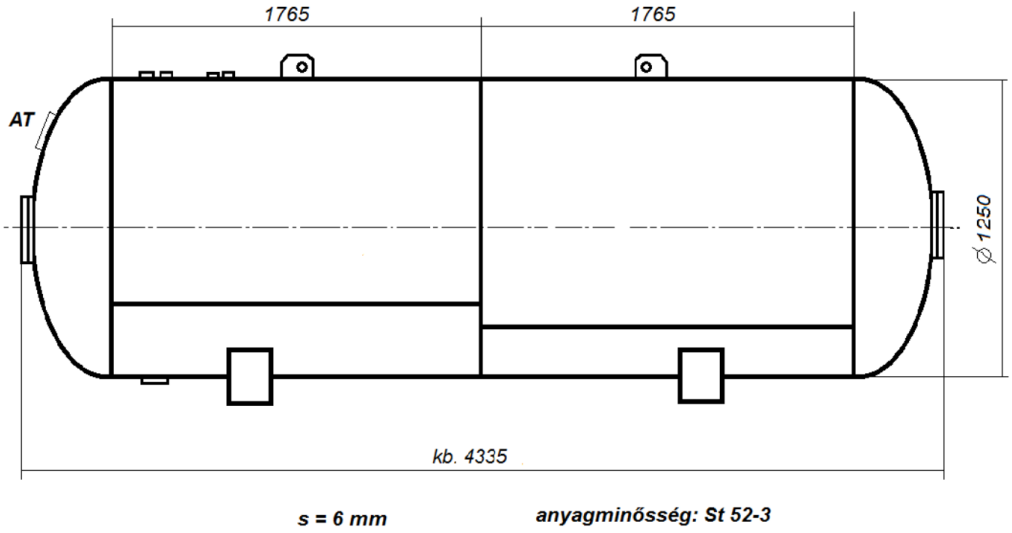


Figure 3.3 The sizes of pressure vessel (ID.:24452) without artificial defect on it (Source: the original call)

Photo 2. - The pressure vessel (ID.:24452) without artificial defect

3.2. Test has been carried out with the following devices

Table 2

Name	Type	Identification number	Number of items	Comment
AE measurement equipment	AED-40	MAID_001 (09-0196)	1	
AE pre-amplifiers	LLA-103	1-16	16	4 extra
AE sensors	A-150	NO1-16	16	with own cables 4 extra
cables between equipment and pre-amps	cable-holder with 4 colors		3	1 extra
cable adapter for measuring pressure	Gray cable. holder			
D-sub-BNC converter				
Hsu-Nielsen tester	white rotring pencil with 0.5mm end		2	min. 5 box
PXI-2 test equipment	NI PXI-1065 + PXIe-8133	188129F-01	1	
T-BNC adapter			16	
BNC-BNC cable			16	1-1,m

3.3. Other important pre-information (courtesy of Oliver Fodor)

Here we present some information on the pressure variation during the tests and corresponding results achieved by strain gauges measurements carried out by AÉF during the test.

3.3.1. 3.3.1 Pressure variation and signals from strain gauges during the test of the vessel with artificial defect

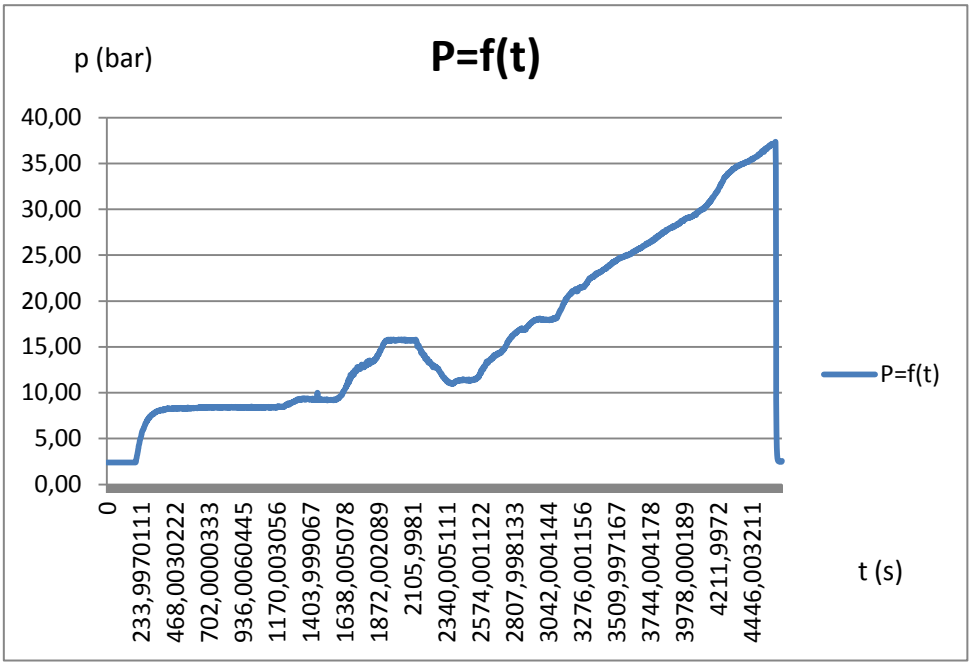


Figure 3.4. Official Variation of the pressure

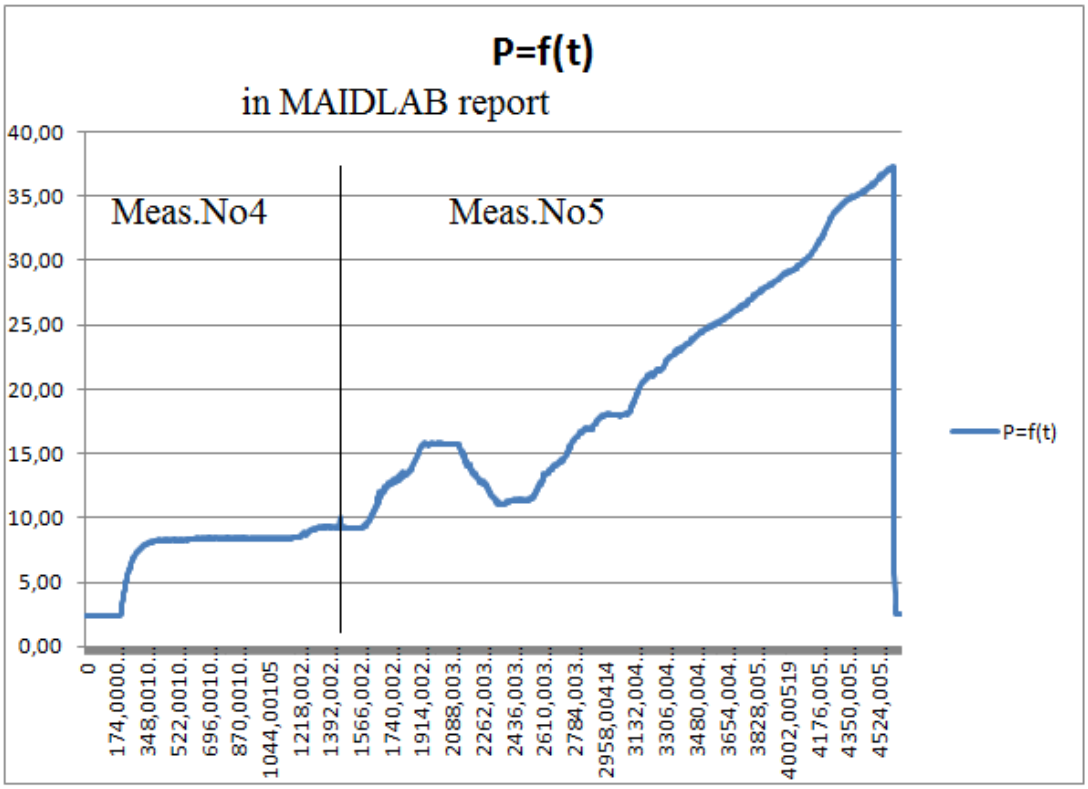


Figure 3.4 Division of our Meas.No4 and Meas.No5 in pressure

3.3.2. 3.3.2 Pressure variation during the test on vessel without artificial defect

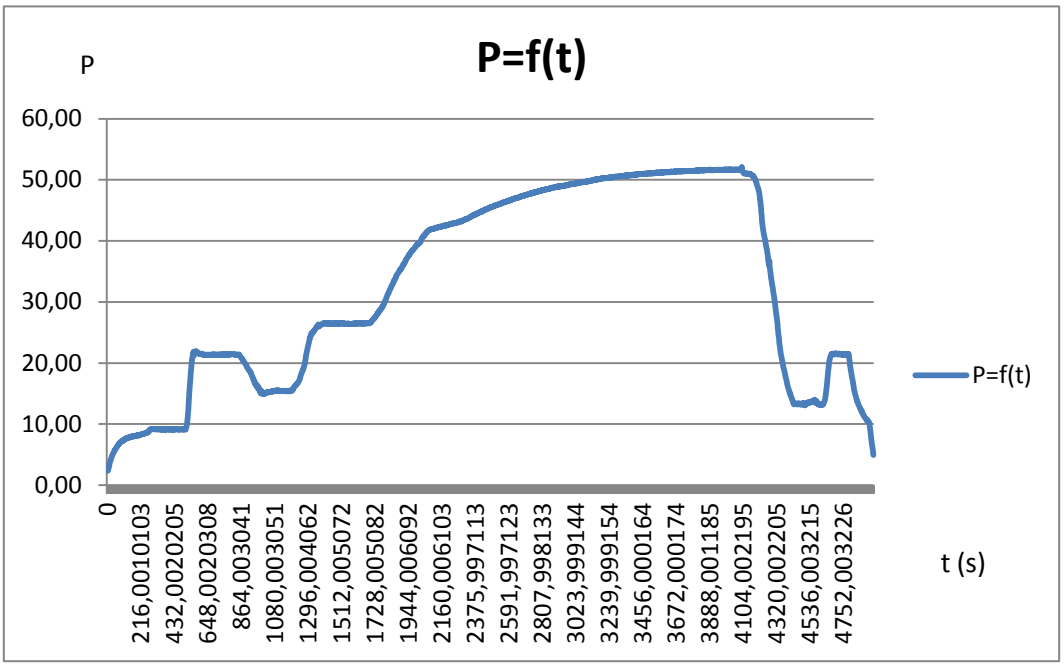


Fig.3.5. Pressure variation in the second test, which is Meas.No.6 in our report

(courtesy of O. Fodor, ÁÉF)

3.3.3. 3.3.3. Electric voltage signal to pressure transformation curve

(elektrisches Signal – Druck Korrelation):

250 bar

nyomás	feszültség	feszültség
bar	V	V
0	0,05	0,05
10	0,32	0,36
20	0,76	0,76
30	1,15	1,15
40	1,54	1,53
50	1,95	1,93

Courtesy of O. Fodor

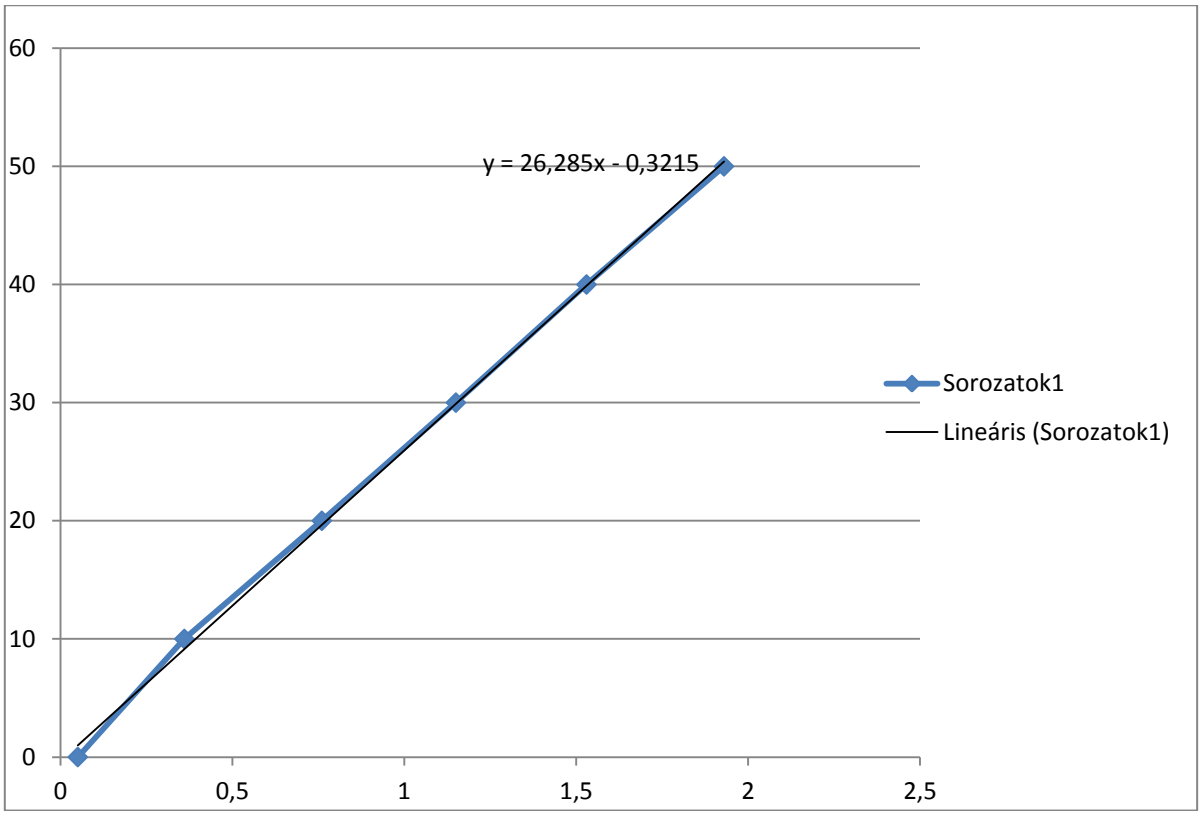


Figure 3.6. Transfer function between pressure and voltage (Courtesy of O. Fodor)

3.4. The measurement equipment and its main setting parameters

- The first 10 AE channels (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10) of AED-40 were used for measuring AE hits and events (log amplifier setting)
- Extra 4 channels (25,26,27,28) were used only to ensure DC current-supply for the pre-amps connected with NI-.PXI-Viktoria MAID Lab system (lin amplifier setting)
- 1 analog channel for measuring pressure
- sampling frequency: 2000 kHz
- thresholds: for log channels 35%; for lin channels 40 dB
- dead time: 1000ms

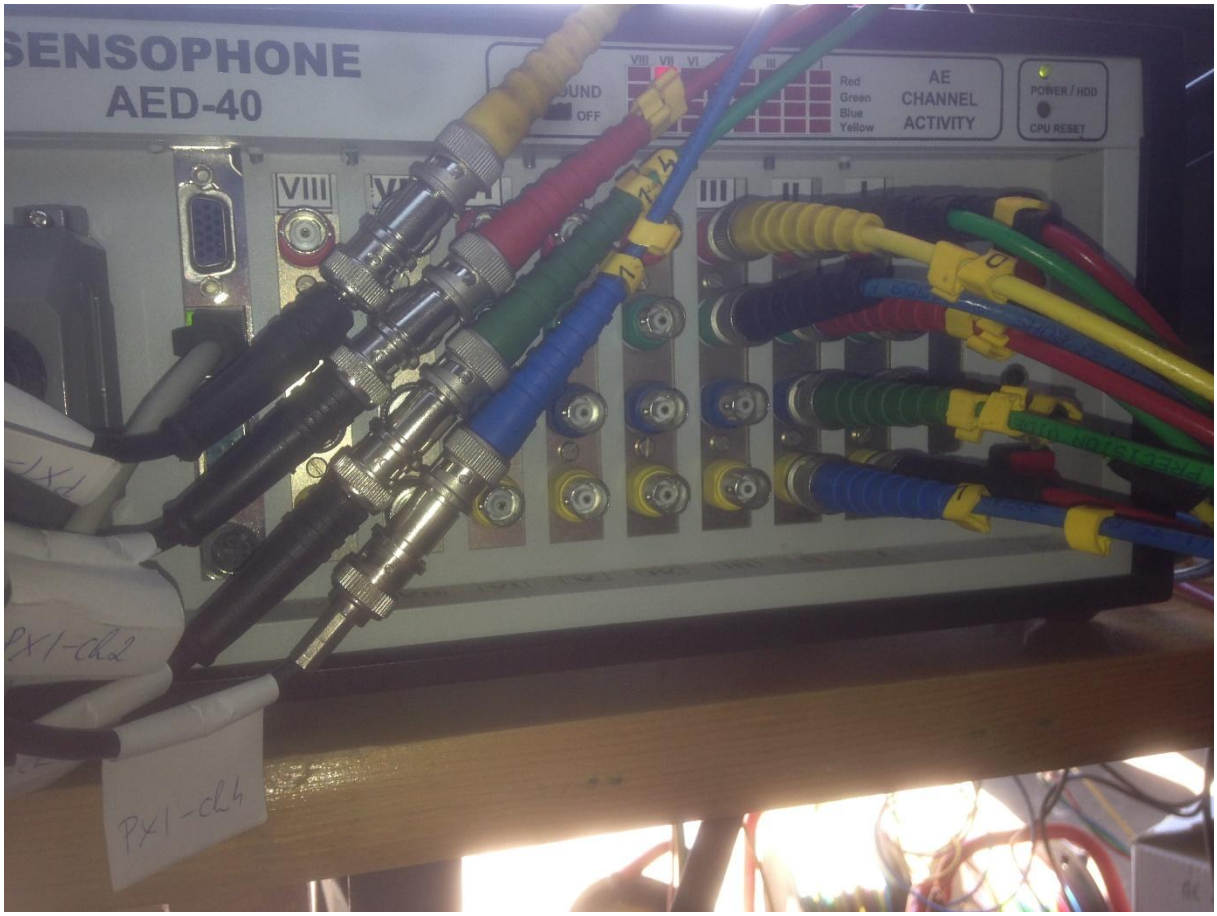
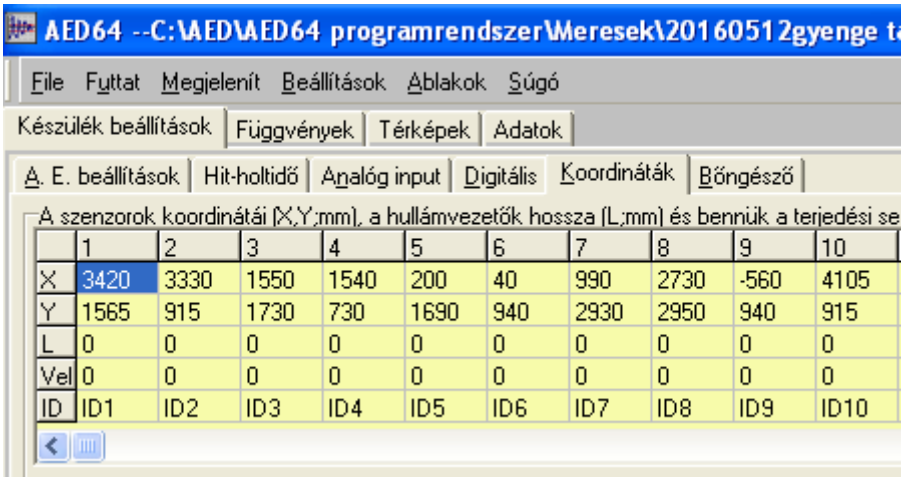


Photo 3.– The measurement equipment and its connections

3.4.1. The coordinates of the sensors:



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	3420	3330	1550	1540	200	40	990	2730	-560	4105
Y	1565	915	1730	730	1690	940	2930	2950	940	915
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ID	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8	ID9	ID10

Figure 3.7. Coordinate of our sensor in all measurements

Reference point (0,0): As one can see on photos, the incriminated area was divided by blue line into 200x200mm grid. We took the left bottom corner as (0,0), /i.e. x-coordinates are counted from the most left welding/

3.4.2. Settings AED-40 during Meas.No5

Acoustic measurement by AED-40 DUF 09-0196 Index : 0

measurement started : May 12, 2016 12:46:01:15

AE Card present : 1 2 3 4 5 6 7 8

AI Card present : 1

AE Gains : (logarithmic, linear, or automatic)

Card 1. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 2. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 3. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 4. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 5. linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB
Card 6. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 7. linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB
Card 8. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic

AE Thresholds : level in mV (LIN) or dB (LOG), mode = Flying or Anchored)

Card 1. 35.0 dB (F) 35.5 dB (F) 36.5 dB (F) 36.5 dB (F)
Card 2. 36.5 dB (F) 36.0 dB (F) 36.5 dB (F) 36.5 dB (F)
Card 3. 36.5 dB (F) 36.0 dB (F) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)
Card 4. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Card 5. 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A)
Card 6. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)
Card 7. 812.5 mV (A) 800.0 mV (A) 812.5 mV (A) 800.0 mV (A)
Card 8. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Storing specifications for bursts :

Bursts stored on channels : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 25 26 27 28

Parameters at bursts : time(day hour minute secundum.nanosecundum), channel
amplitude, rise, width, counts, index in the file

Storing specifications for samples :

AE averages on channels : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

Analog inputs on channels : 1 2 3 4

time between samples : 1 s

digital i/o, used lines : 00000000

digital i/o directions(i=0,o=1) : 00000000

HWfilters(1..4) : 1

3.4.3. Settings AED-40 during Meas.No6

Acoustic measurement by AED-40 DUF 09-0196 Index : 0

measurement started : May 12, 2016 15:54:21:69

AE Card present : 1 2 3 4 5 6 7 8

AI Card present : 1

AE Gains : (logarithmic, linear, or automatic)

Card 1. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 2. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 3. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 4. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 5. linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB
Card 6. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic
Card 7. linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB linear-40 dB
Card 8. logarithmic logarithmic logarithmic logarithmic

AE Thresholds : level in mV (LIN) or dB (LOG), mode = Flying or Anchored)

Card 1. 35.5 dB (F) 35.5 dB (F) 36.5 dB (F) 36.5 dB (F)
Card 2. 36.5 dB (F) 36.0 dB (F) 36.5 dB (F) 36.5 dB (F)

Card 3. 36.5 dB (F) 36.0 dB (F) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Card 4. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Card 5. 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A) 3187.5 mV (A)

Card 6. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Card 7. 812.5 mV (A) 800.0 mV (A) 812.5 mV (A) 800.0 mV (A)

Card 8. 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A) 131.0 dB (A)

Storing specifications for bursts :

Bursts stored on channels : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 25 26 27 28

Parameters at bursts : time(day hour minute secundum.nanosecundum), channel amplitude, rise, width, counts, index in the file

Storing specifications for samples :

AE averages on channels : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

Analog inputs on channels : 1 2 3 4

time between samples : 1 s

digital i/o, used lines : 00000000

digital i/o directions(i=0,o=1) : 00000000

HWfilters(1..4) : 1

4. TEST RESULTS

Original folder: AED/AED64 programrendszer/meresek

Table 3 - Summarizing table of all measurements

No. of Measurement	AE measurement file Name	size	Product ID	Comment
N1	201605gyenge tartaly.mes	28MB		preliminary test, testing our electronics, ended by 11:38,
N2	20160512 gyenge tartaly.mes	1.8MB		first part of measurement was terminated by 12:12 due to leakage from the vessel input
N3	20160502 gyenge tartály csillapítás.mes	360kB		just using the time for fixing to measure attenuation parameters
N4	**20160512 gyenge tartály szakitása.mes**	46 Mb		This is the **beginning** of the real experiment (test) on the prepared vessel, however, just to 15 bar, then it was terminated by 12:44
N5	**20160512 gyenge tartaly szakitasa 002.mes**	4MB		this is the real, **final part** of the test on vessel with artificial defect ending by a real splitting through the defected part of the vessel at 13:44
N6	**20160512 eros tartaly szakitása.mes**			This was the **second vessel** blowing up until 52 bars with variation of the pressure at the end

Note: Only Meas. 4,5 and 6 are analyzed in this report, since the other have no interest

4.1.1. Measurement N4 – Pressure Vessel with artificial defect, first part

In this section we present only a few selected function measured during the test. Other functions measured by other sensors can be found in the Appendix (6.2). Important to notice that soon after the start, we had quite a lot of AE events. When the pressure reached 9 bars the pressure rise was terminated. We still had too much hits. We decided to raise the threshold level (see figure 4.1.3). Finally due to leakage the process was interrupted. This is the story why we have separated Meas.No4.from the lately MeasNo5.

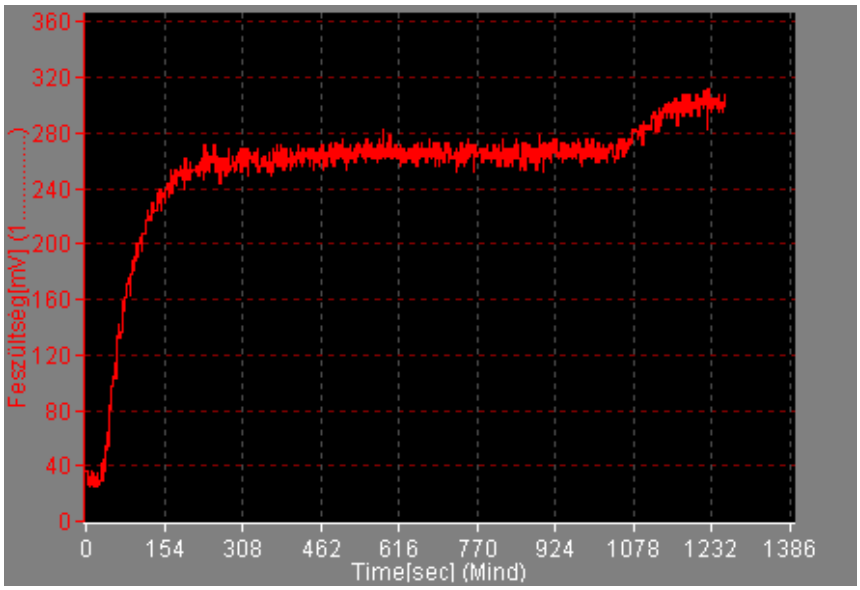


Fig.4.1.1 Variation of the pressure during our measurement N4

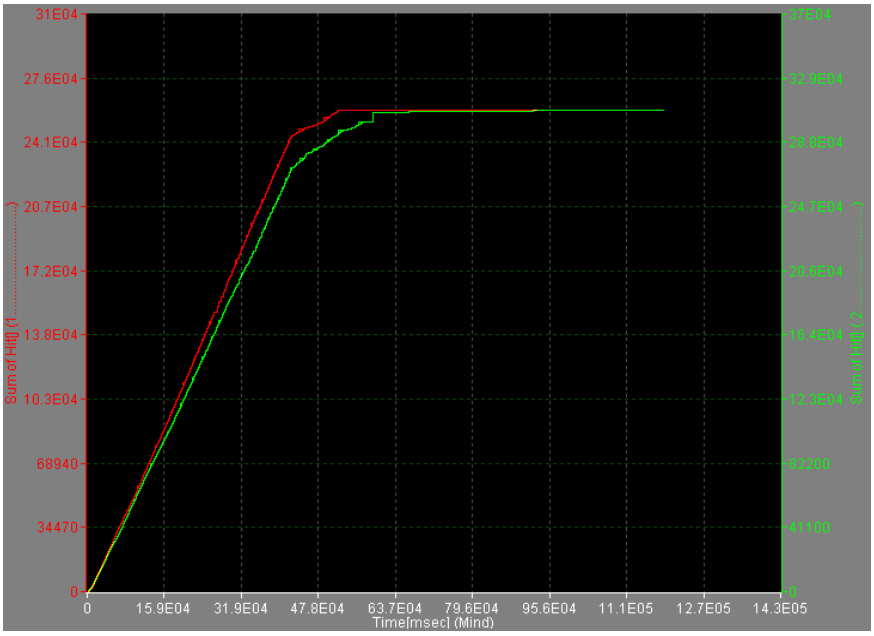


Figure 4.1.2. A Sum of hit dependence of sensors 1 and 2 during measurement N4

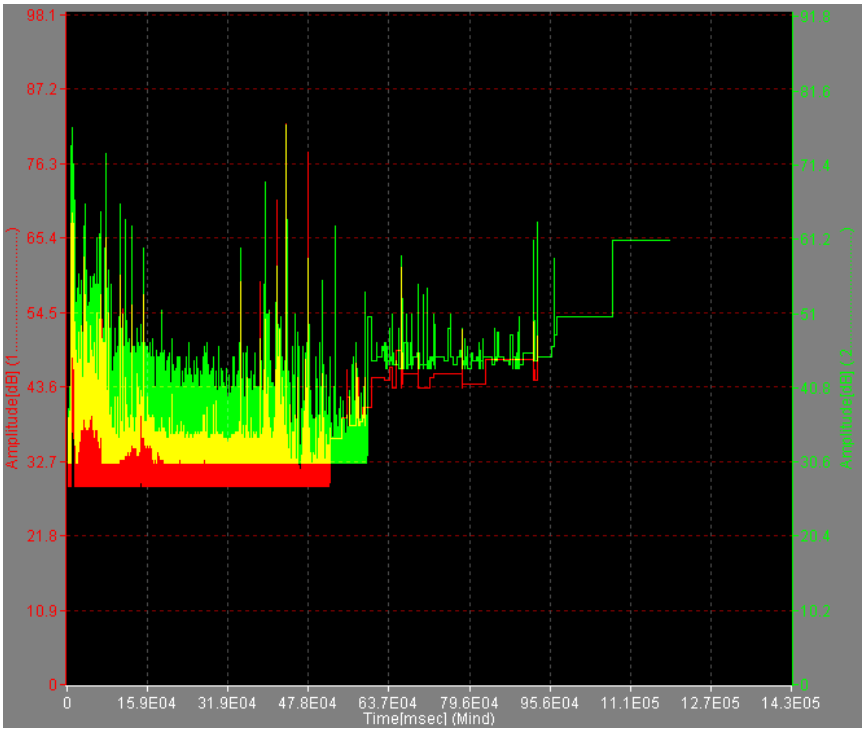


Figure 4.1.3.Amplitude of hits from sensors 1 and 2

Explanation to figure 4.1.3: We had too much hits at the very beginning of Meas.N4 Therefore in the middle of the experiment we changed (raised) the discrimination level (at time: ~57,5E04 msec), believing that we have too much background noises. Soon we also recognized, there was a leakage at the inlet of the water, which was later fixed. But for that period we stopped our measurements. Therefore for the real break experiment our Meas.N5 can be used only. Nevertheless, here we show some results from Meas.No4, since it is interesting and important from the point of view of the prehistory of the measurement.

First of all it is important to note that the pressure reached 9 bars (in meas. N4) and we believe the AE hits during the elastic part took place mainly in mMEas.No4. Thus Meas.No5 starts not from zero level.

Second: there are always many AE events at the beginning of the tension curve, during elasticity.

NOTICE: The most important conclusion from this amplitude dependence is, the change of the threshold level. Due to the fact, that we had too many hits we raised the threshold level during this measurement. This is well seen on the figure. However this had a dramatic consequence. The level of the threshold was lifted so much that our sensors did not detected the longitudinal part of the bursts anymore which arrives at the beginning of the burst with the velocity of longitudinal wave speed about 5800-6000m/sec. Instead of that the threshold level selected only the transversal front of the bursts, which arrives with the velocity of transversal wave about 3000m/sec. Consequently we believe we have to use that velocity in localization process.

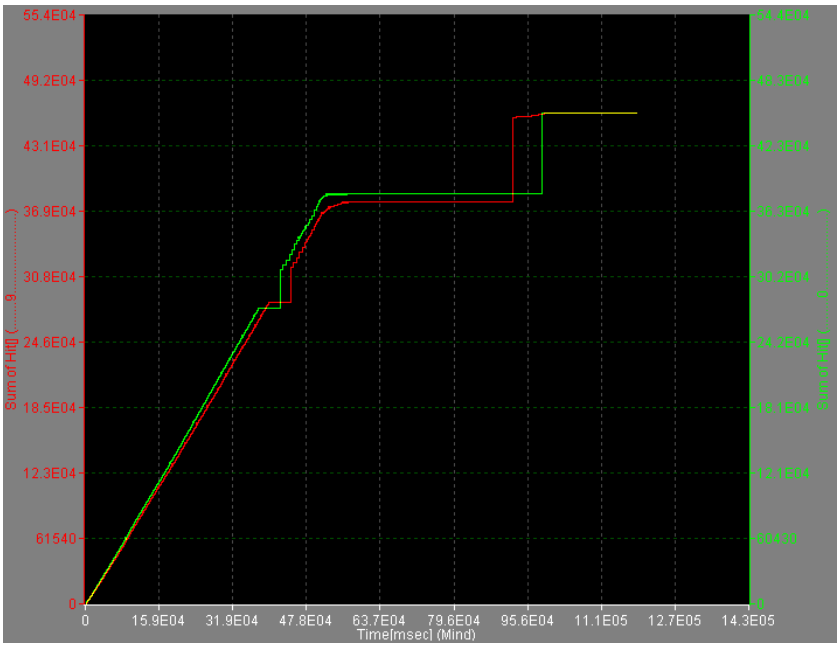


Figure 4.1.4.Another Sum of hits of sensors 9 and 10 during meas.N4

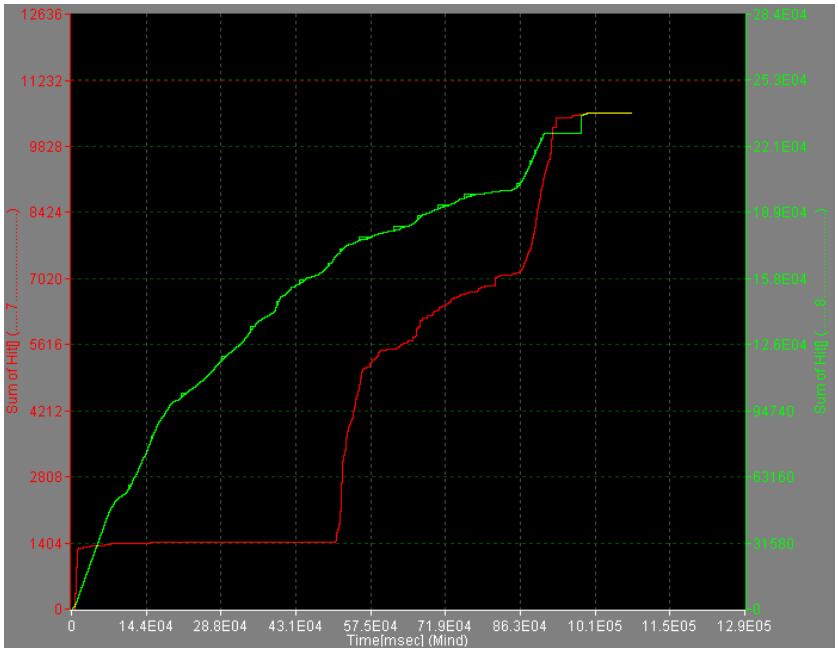


Figure 4.1.5. Sum of hits of sensors 7 and 8 during meas.N4

Note that that sum of hits curve are different for 7 and 8 as well as for 9 and 10 sensors! In fact sensor 7 was not correctly fixed, in spite the fact, that the pencil test carried out in vicinity of the sensor showed correct response

It is a very important figure from MeasNo4 the map of localized events (see next figure 4.1.6)

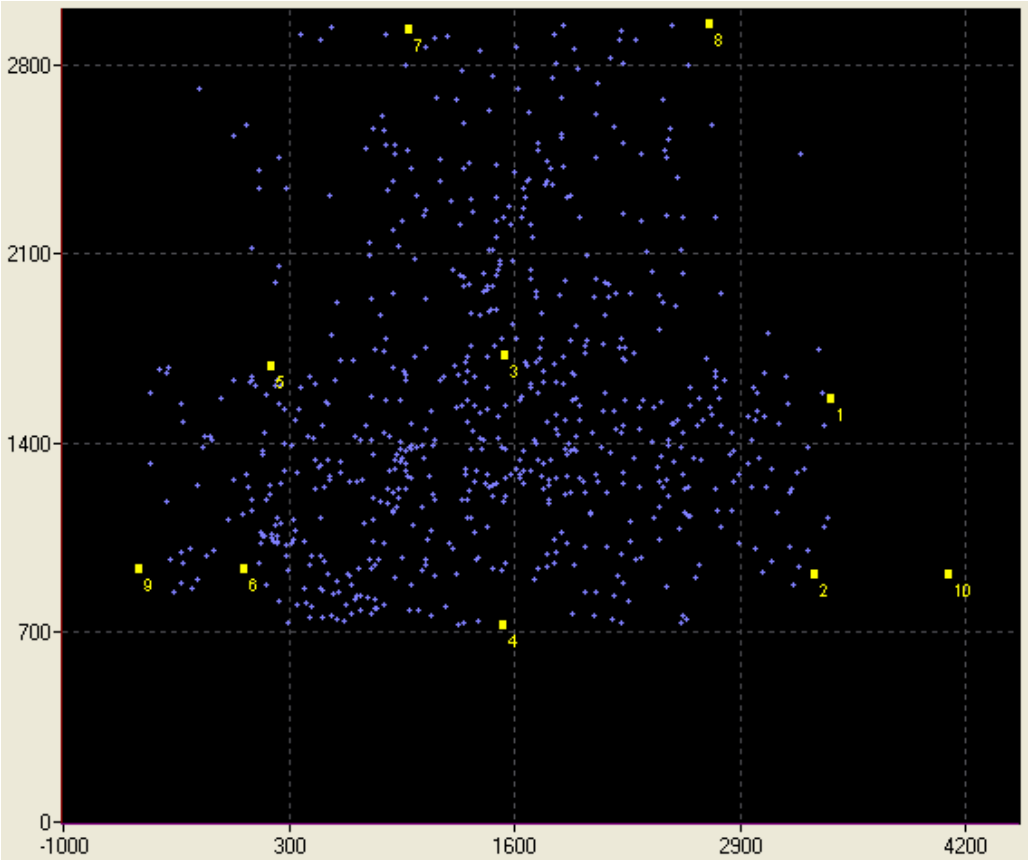


Figure 4.1.6. Filtered hits during measurement N4

Here we show the filtered and localized events. It is worth to notice that there are much more events in the area, where we have thinner wall (surrounded by 1,2,3,4 sensors area) than on the other side of the vessel (in the quadrant 1,5,8,7). However, also many events were localized in the quadrant: 3,4,5,6, where the wall was not reduced.

Without filtering the localized events, we had even more dramatical picture. /"Without filtering" that means there are localized points on figure which can be repetitions in many ways. Any four of sensors can localize a source event thus every event can be marked in several near standing points./ We are talking about near standing points and not the same points, since the precision of localization is less than our resolution. However, we do not have any explanation, why we had a sharp line on the top of the vessel. It is not an explanation that where we had higher density of sensors inside of those quadrant we had more events localized. It is worth to notice, that there are dots above the No1 sensors. Thus localized event are not purely inside the quadrants. And there are almost no events localized between 1,2,10 sensors (right hand dome of vessel), while there are many events on the left hand side dome

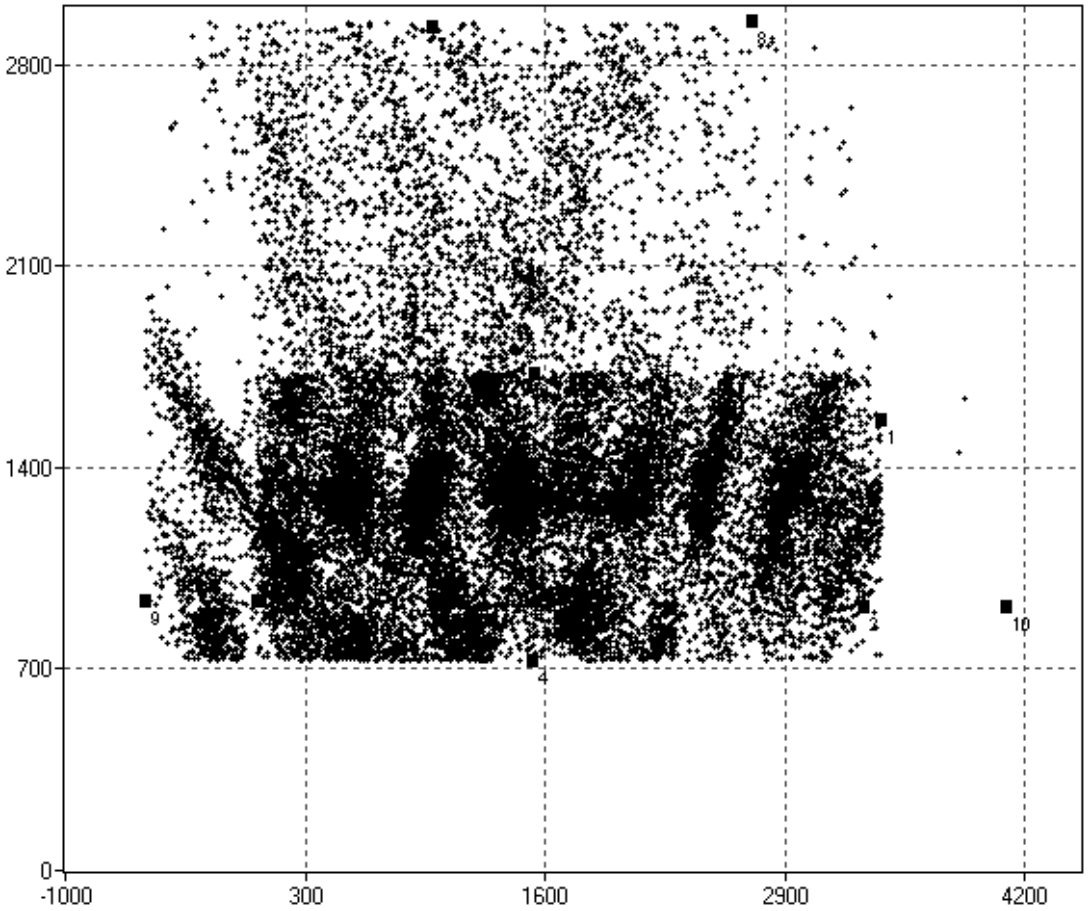


Figure 4.1.7. The localization map of AE events in the measurement N4 without any filtering, i.e. with duplication of events from every four sensors

4.1.2. Measurement N5

As we have mentioned this is the most important part of the experiment, where the break of the vessel took place.

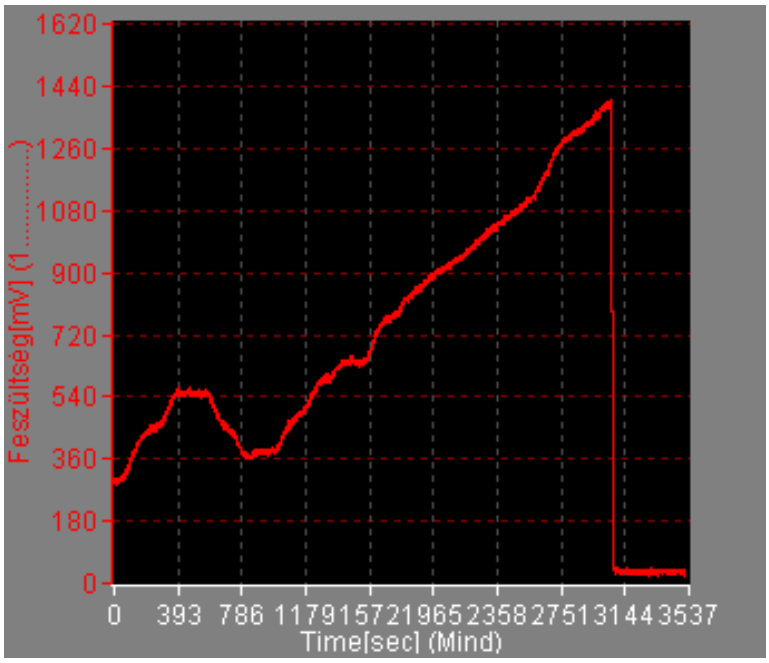


Figure 4.2.1.Pressure variation during Meas.No5 (that is the continuation of the test on first vessel with artificial defect (thinner wall, measured by our AED-40

Note, that after restarting we reached 15 bars, then there was a drop of pressure until 11 bars, then the pressure was raised until the break at 38 bars.

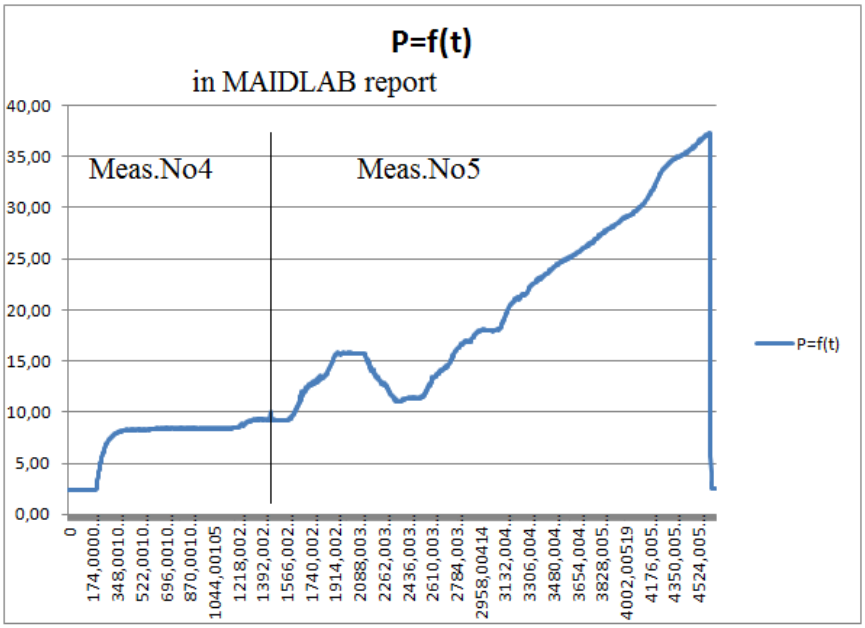


Figure 4.2.2.The joint pressure variation in Meas4 and 5 (courtesy of Oliver Fodor)

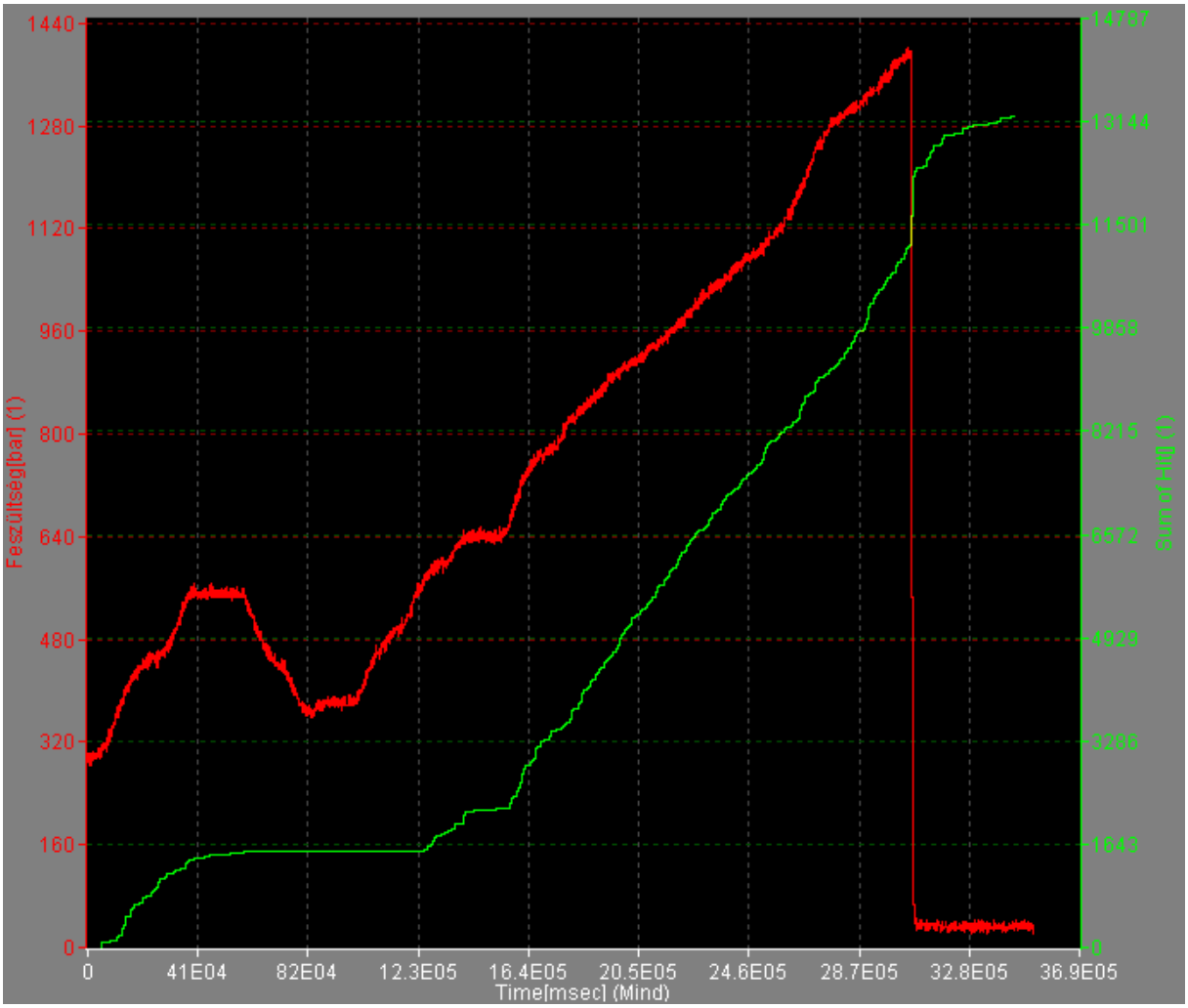


Figure 4.2.3.Pressure (red) and sum of hits from sensor 1

On the figure 4.2.3.we show the typical behaviour of the sum of hits measured by sensor 1 (similar figures from other sensors can be found in the Appendix 6.3) It is clerly seen, that during the rise of the pressure the number of hits growth, except at those part, wherer Kaiser's effect took place, after the pressure drop. It is a nice example of the Kaiser' effect, the rise of the sum of hits restarted exactly when the pressure reached the previous highest pressure level.

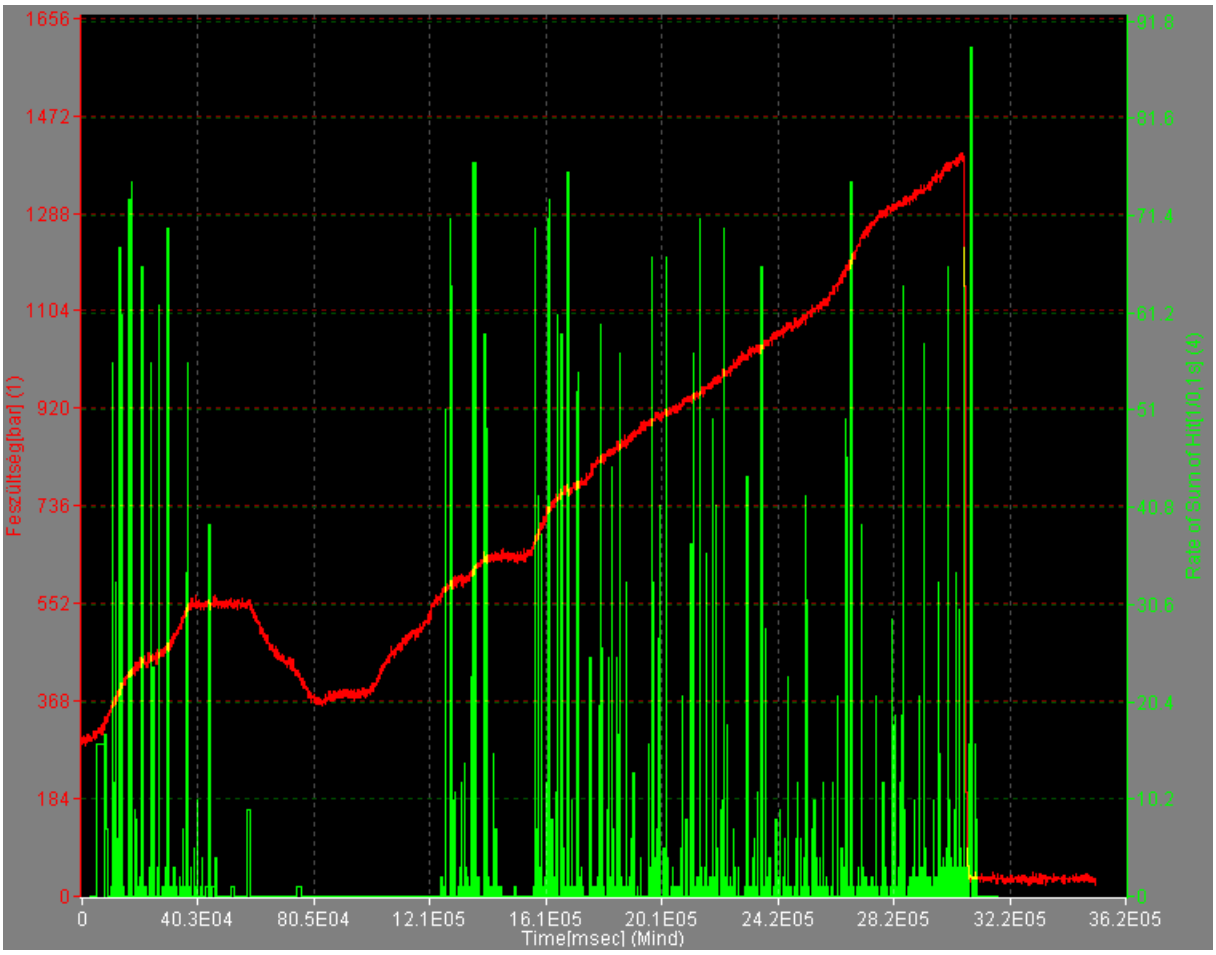


Figure 4.2.4.Rate of hits from sensor 4

The typical rate of hits shown on figure 4.2.4 supports absulutly the same conclusion. There were no hits when the pressure reached the firts plateau, then it was reduced and rised again, there were not hits until the previous top pressure level.

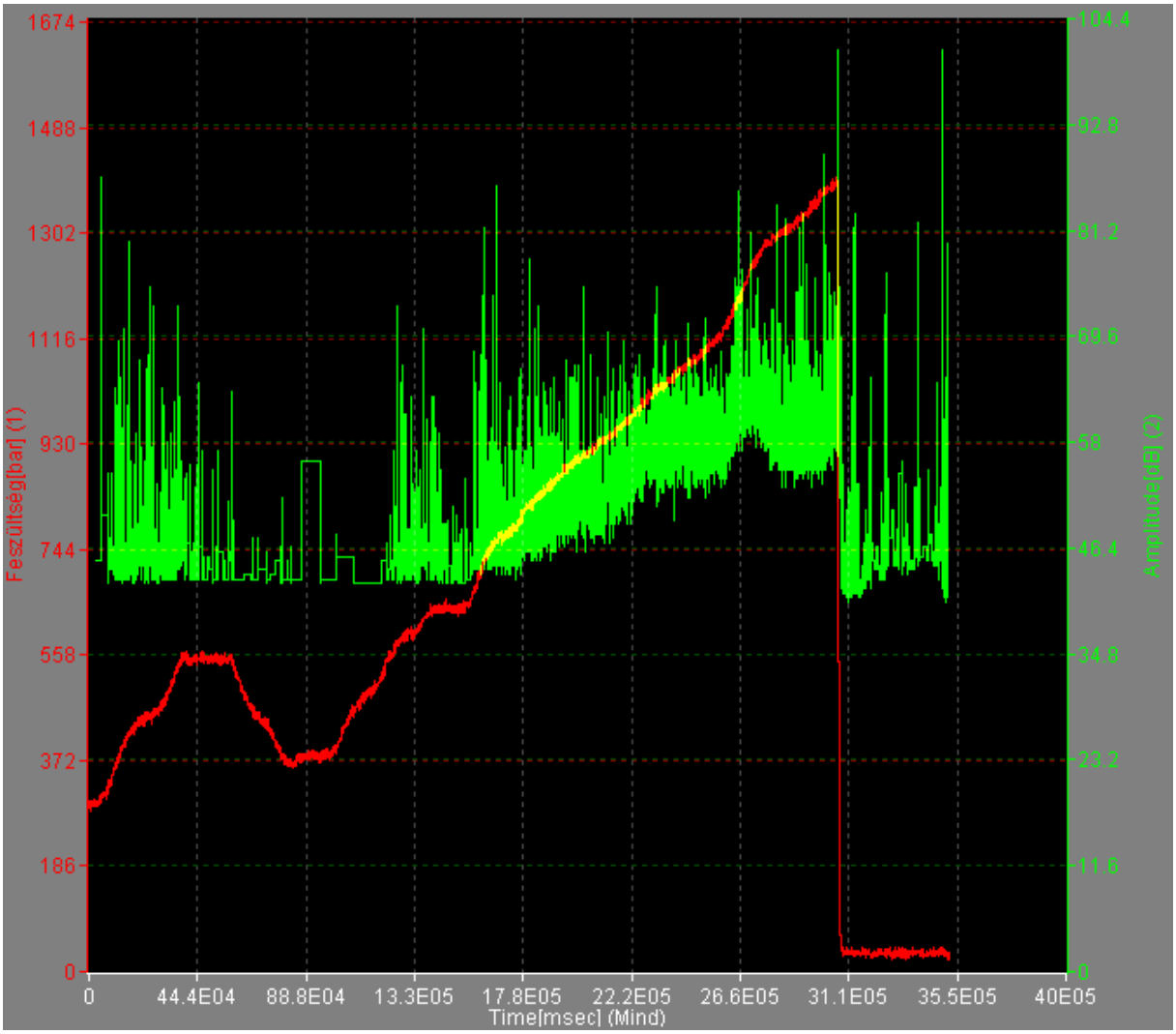
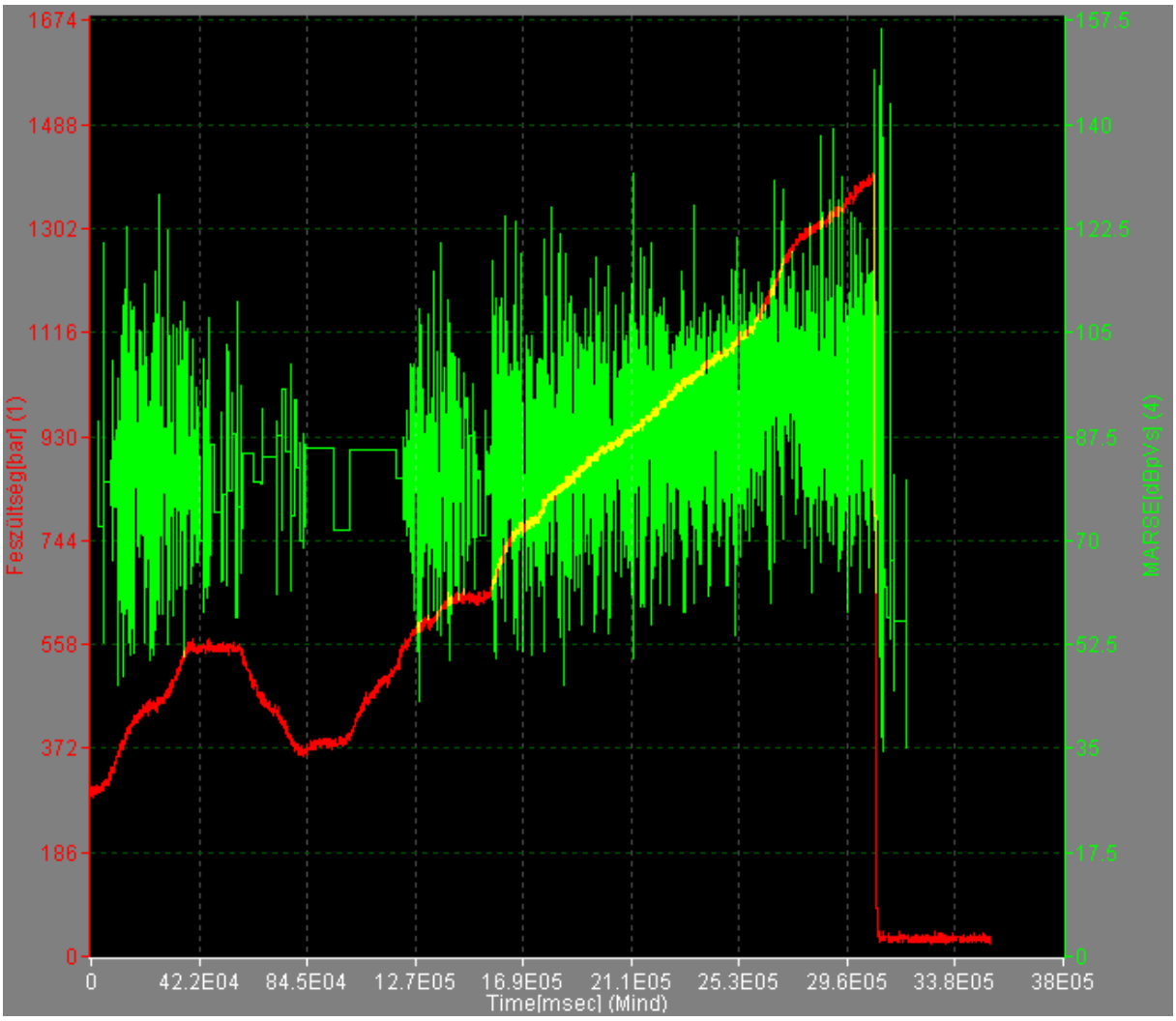


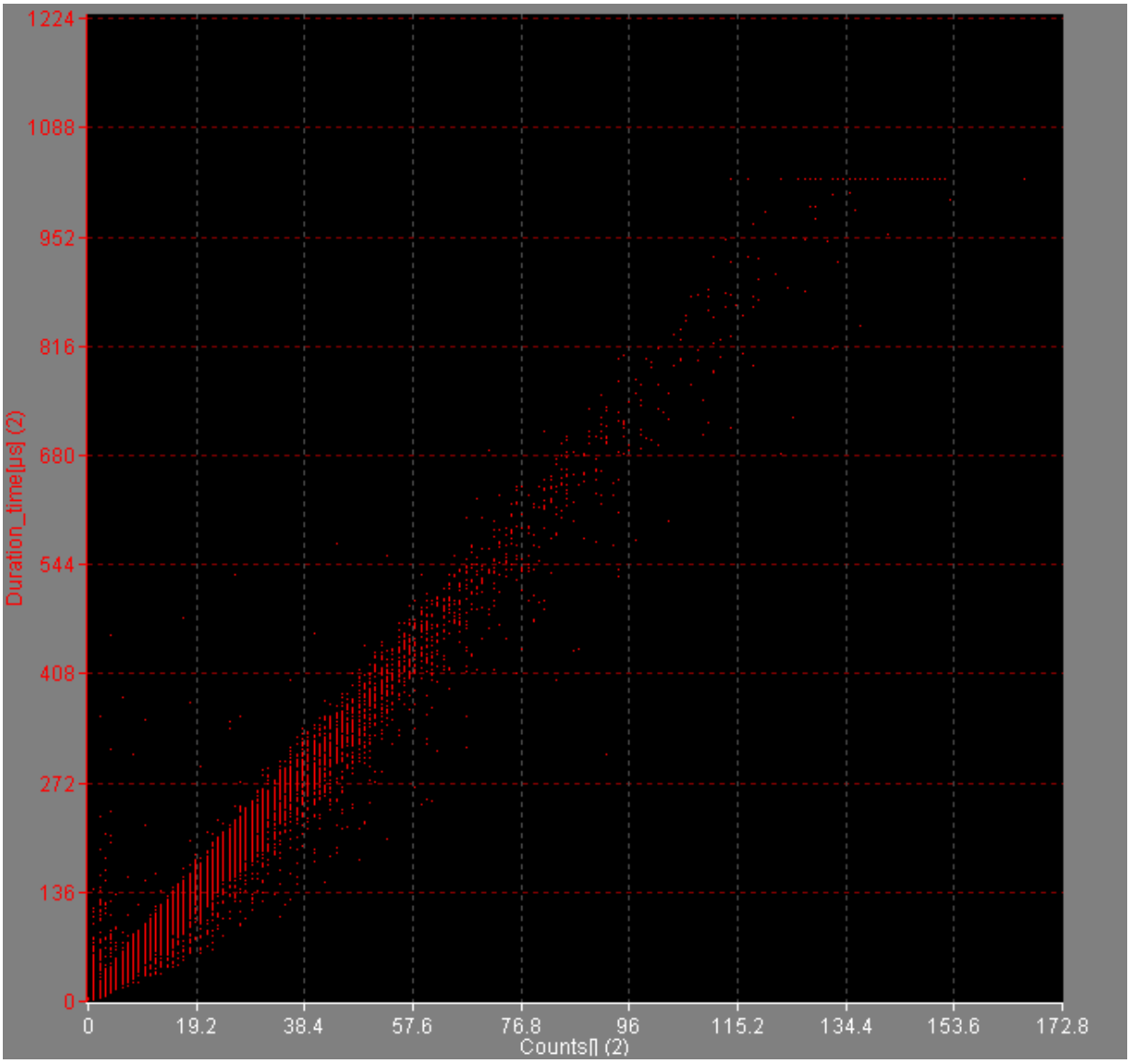
Figure 4.2.5. Amplitude of hits from sensor 2

One of the most important dependence can be seen on figure 4.2.5. This is the dependence of amplitude of AE hits in time together with pressure variation in time. It is clearly seen that at the beginning the amplitude was between the threshold level and70dB. After the Kaiser effect, more exactly after the second constant pressure level, which was about 18 bars (compare it with the figure 4.2.2), at the pressure about 20 bars the minimum level of the amplitude of the hits became larger than the trehshold level and it was growing constatly together with the pressure rise.
The higest amplitudes were recorded by sensors 3 and 4 above 100 dB in the moments of the break (see in the Appendix). This is a proof that the break of the vessel was near to those two sensors (between them, cf. Photo4)
However, it is interesting that the sensor 8 also detected high amplitudes. (see in Appendix)



Figrue 4.2.6 Marse measured by sensor 4

MARSE function has similar behaviour (see a typical behaviour on figure 4.2.6.). But the amplitude seems to be better for the clear explanation.



Figrue 4.2.7 Duration and count dependence measured by sensor 2

On the figure 4.2.7 we show a typical counts and duration dependence. It is rather similar for all sensors and the liner dependence is typical for AE events.

Finally on figure 4.2.8 we present the localized AE events during the Meas.No5. This distribution was made using the filtering capabilit of AED-40. All double localization was filtered, and the dead time was set to 2mse (2000 microsec).
We call the attention to the high densitiy of events around sensor1 in the direction of the sensor 4. This is clearly connected with the break, we shall demosntrate that in the following. There are a curve of localized evenst beween the sensors 1 and 10. We believe this can be attributed to the weld between them. Also slightly higher activities were recorded in teh quadrant 3,4,5,6 especially during the first part of the Meas.No5.

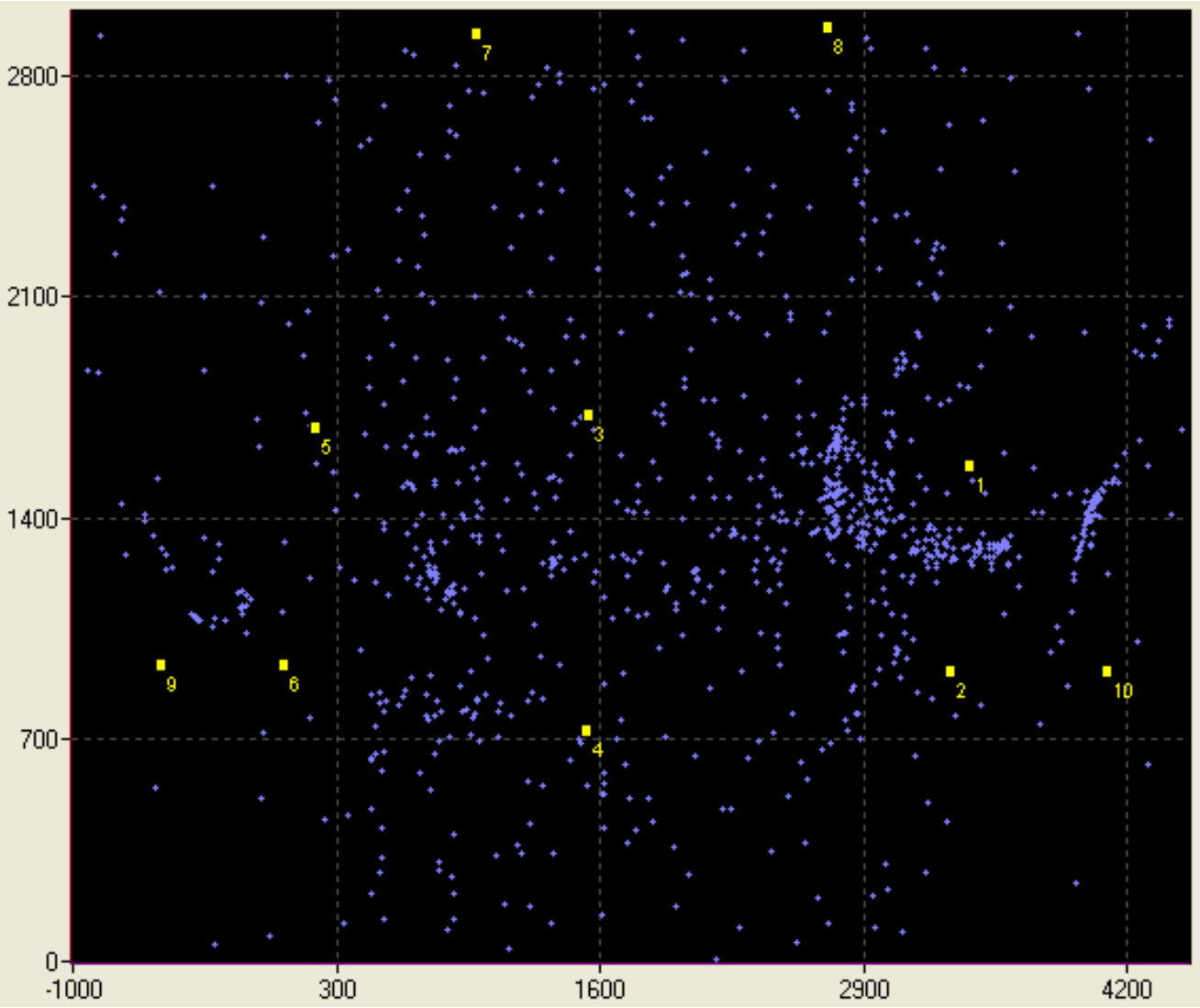


Figure 4.2.8. Filtered localized AE sources during measurement N5

4.1.2.1. Photos about Measurement 5.

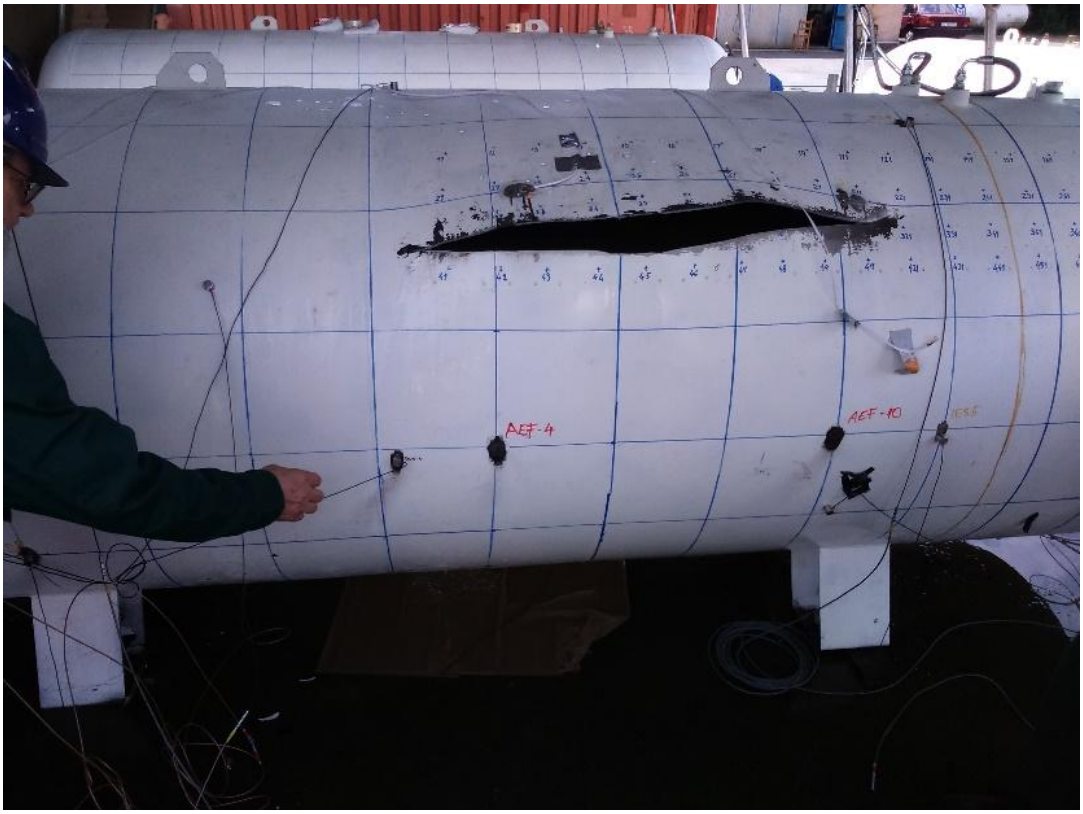
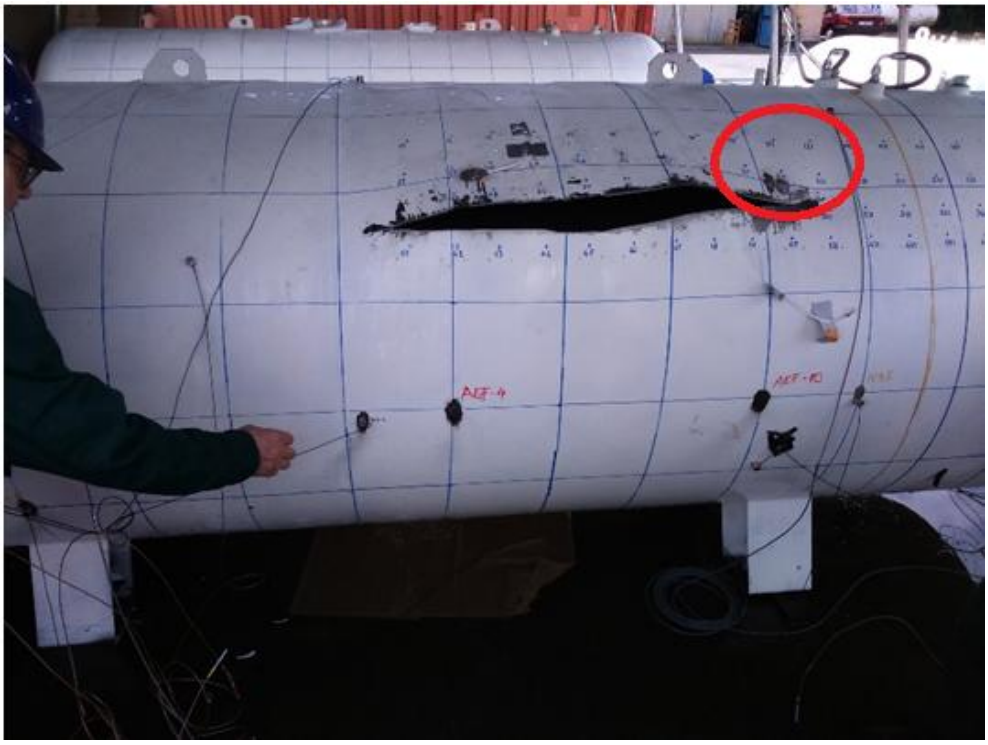


Photo 2. – Vessel After Measurement N5.



Where most of the evenets were localized

4.1.3. Measurement N6– Pressure Vessel without artificial defect (faultless vessel)

Figure 4.3.1. Pressure variation during meas.N6 measured by our AED-40

The pressure variation during the test on the second vessel can be divided at least into three main parts, while the experiment went smoothly without stops. This is reflected on Fig. 4.3.1. First the pressure was raised upto 10 bars, then after a short waiting time it was elevated

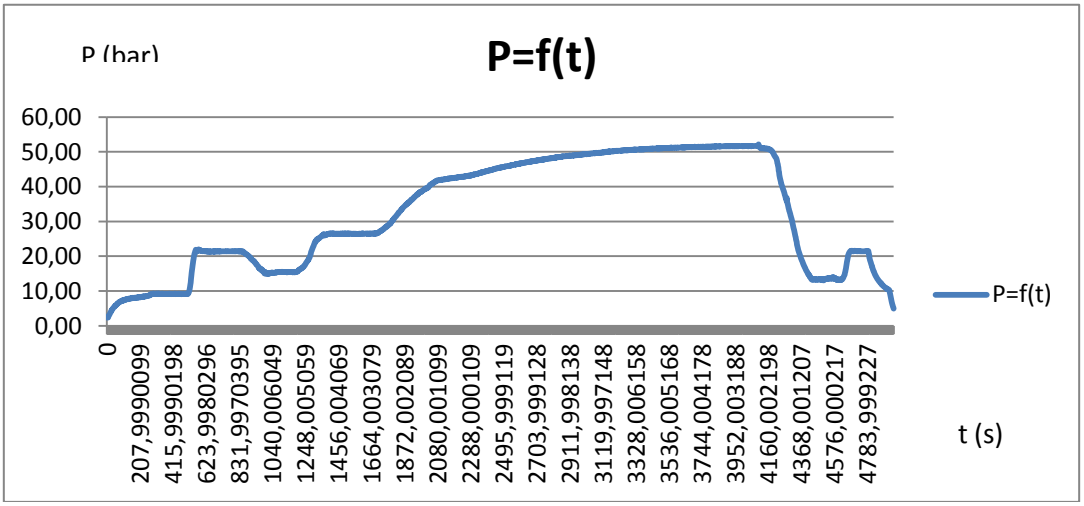


Figure 4.3.2 Pressure variation from official source show the variation in real pressure units

to 20 bars. Here we were waiting for a time then the pressure was reduced according to AE standard to 15 bars, which was the working pressure of the vessel during its lifetime. This was done to find Kaiser's effect if there was any. After raising the pressure again to 25 bars, we started to head to break or to reach the maximum possible pressure value. It was decided not to exceed too much a maximum of 50 bars. Then the pressure was reduced to 14 bars (or 15 bars). Due to request of participants we raised the pressure again to 20 bars before reducing it to zero

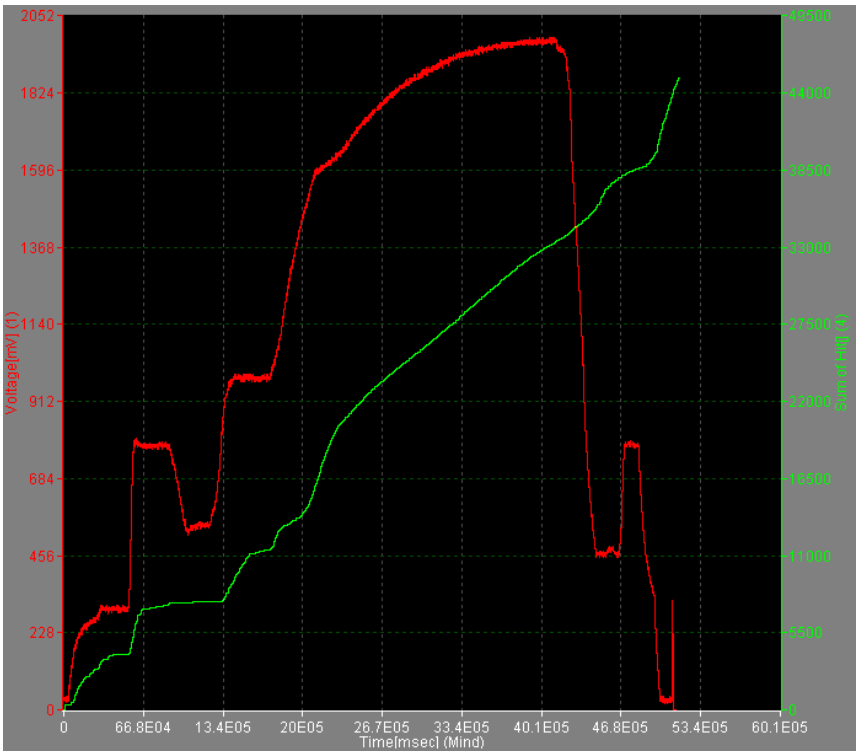


Figure 4.3.3 . Typical pressure variation and sum of hits during the Mes.No6

Saying the truth on this figure 4.3.3.one can see not simply a typical sum of hit curve, but in reality all the curves from different sensors are so similar (see Appendix) that it is difficult to distinguish them. What we can see on the figure 4.3.3? At the beginning there was a pressure raise in two steps then after a constant pressure we had a pressure drop to 15 bars, to check if the Kaiser's effect is present. Yes, it was!!! That proves, that we bravely could continue the AE measurement. (It was observed on-line and real time also during the measurement).

The next figure (figure 4.3.4) shows a typical rate of hits during the Meas.No6. At the beginning (first third of the measurement one can see a very precise Kaiser' effect again. In the middle part one can see a typical tensile test experiments with all attributes, including the high rate of hits during the elasticity and beginning of plasticity. Then the rate of hits drops, when stresses (here the pressure) reach the top level. This is typical in many publications about tensile test provided by AE measurement. Finally the leadership of the test decided not to exceed the pressure 58 bars.

First the pressure was reduced below 15 bars, then it was raised again around 22 bars.

During the pressure drop we measured quite a lot of AE hits and events. This is also a well known effect. Usually it is explained with closing of the micro cracks and corresponding frictional noises. After that raising again the pressure, high activity of AE events has been observed, which was claimed by one of the participants to be named as Gereb's effect. This is some kind of felicity effect since according to Kaisers we should not have AE event below the top pressure the material was tested before. However, this is not the case of normal Kaiser's effect, since we had produced micro cracks. In corresponding literature, this effect had been connected with reopening or displacement of micro crack surfaces i.e. again friction noises.

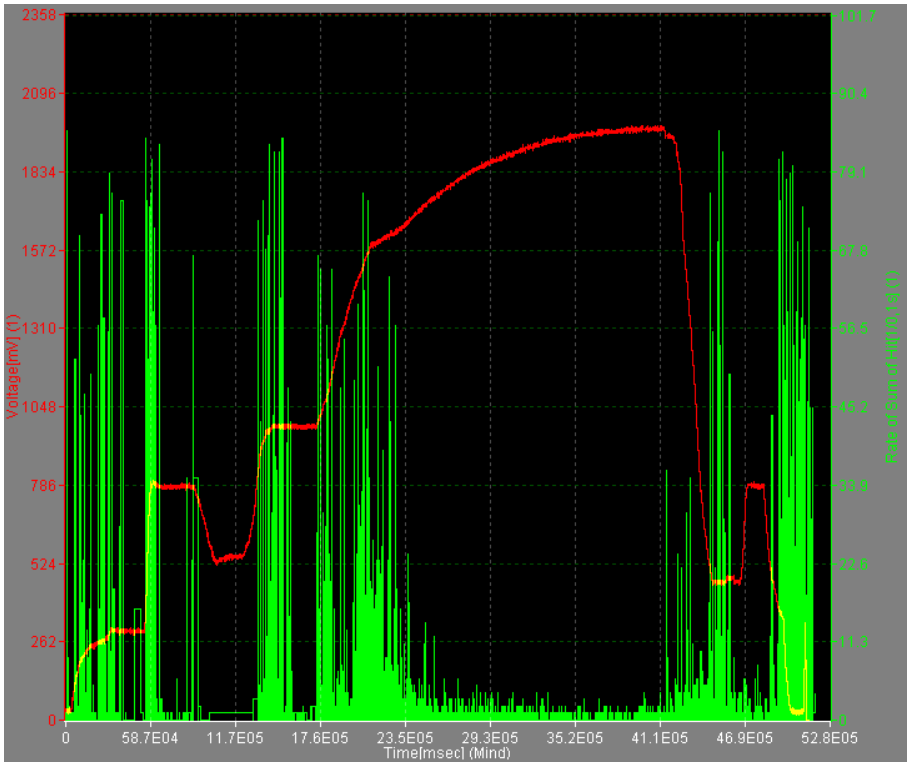


Figure.4.3.4. Showing typical rate of hit during experiment MEas.No6 Note Kaiser's effect, the tensile test and Gereb's effect as three parts

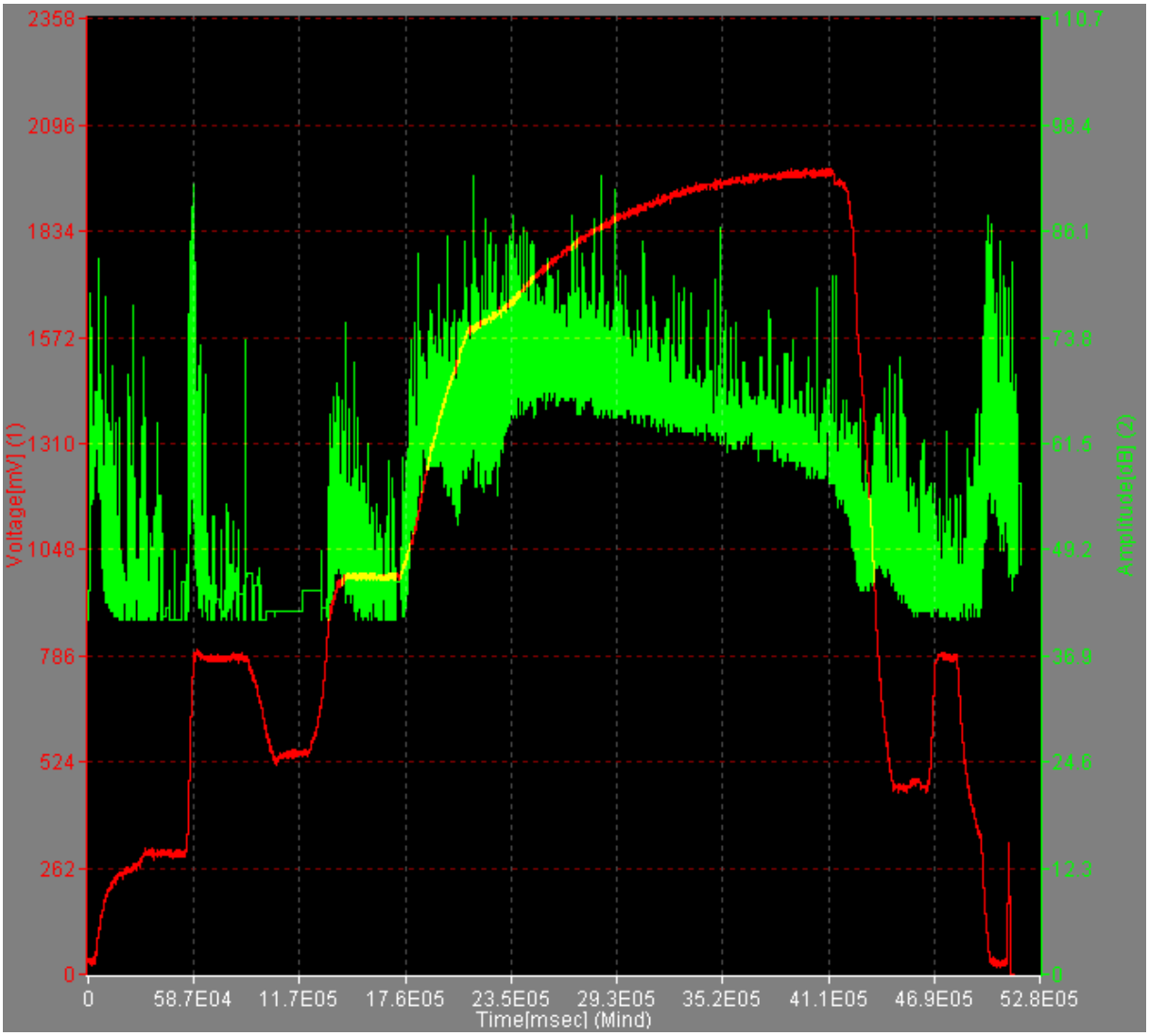


Figure 4.3.5. Typical change of amplitude of AE hits during Meas.No6

Examining the change of the amplitude of AE hits (figure 4.3.5) one can see the first high amplitudes were registered, when we had a relatively fast pressure rise to 20 bars. That was slightly above than the normal working pressure of the vessel. As we have told there is a second part of the test, where the change of the pressure resembled us to usual tensile test behavior. The amplitudes of hits show exactly that behavior. After elasticity, where the amplitude grew rapidly we passed the plasticity limit which has been followed by further rise of the amplitude. Then the rate of hits reducing (see Fig. 4.3.4) and also the amplitudes were reducing.

Saying the truth there are not too much exiting thing on the curves showing the change of rise times (see fig.4.3.6), neither on count and duration curves.

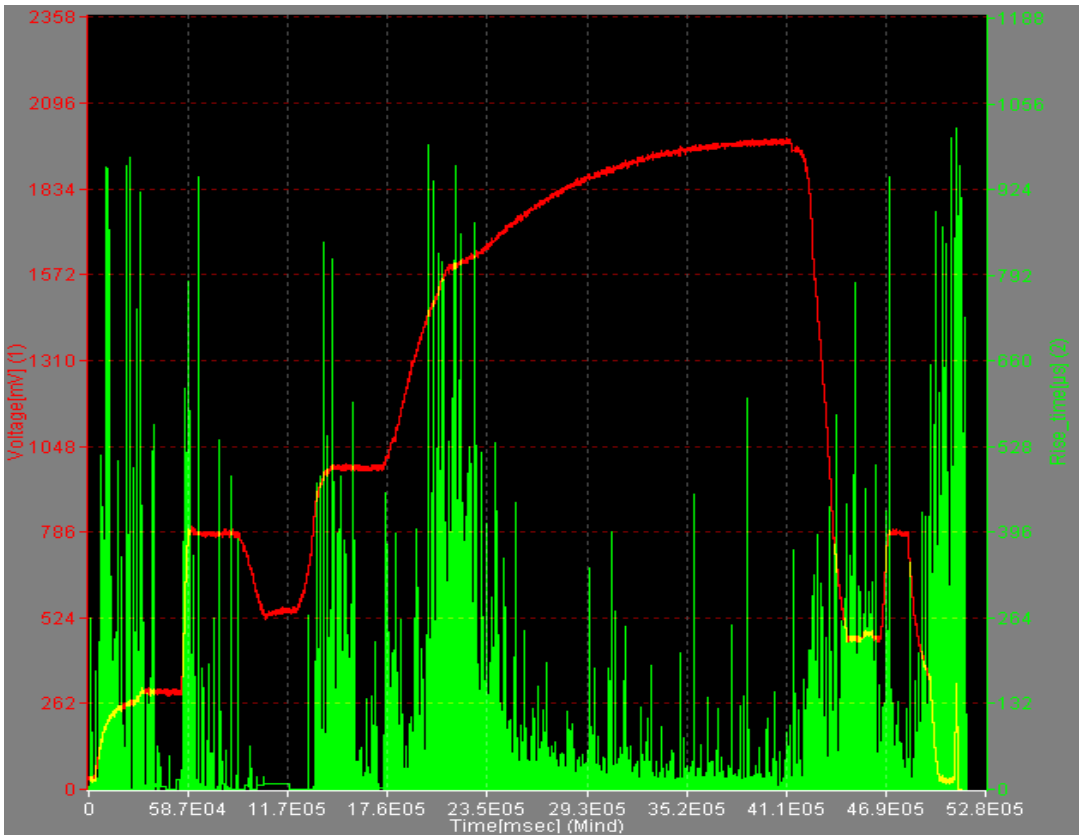


Figure 4.3.6. Typical rise time during Meas.No6

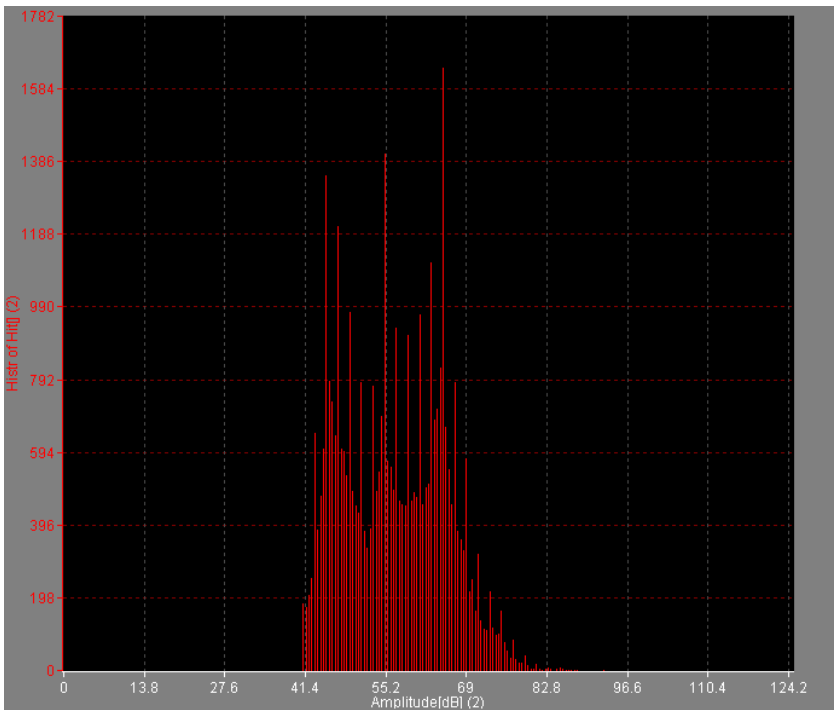


Figure 4.3.7 Distribution of amplitudes of hits during Meas.No6

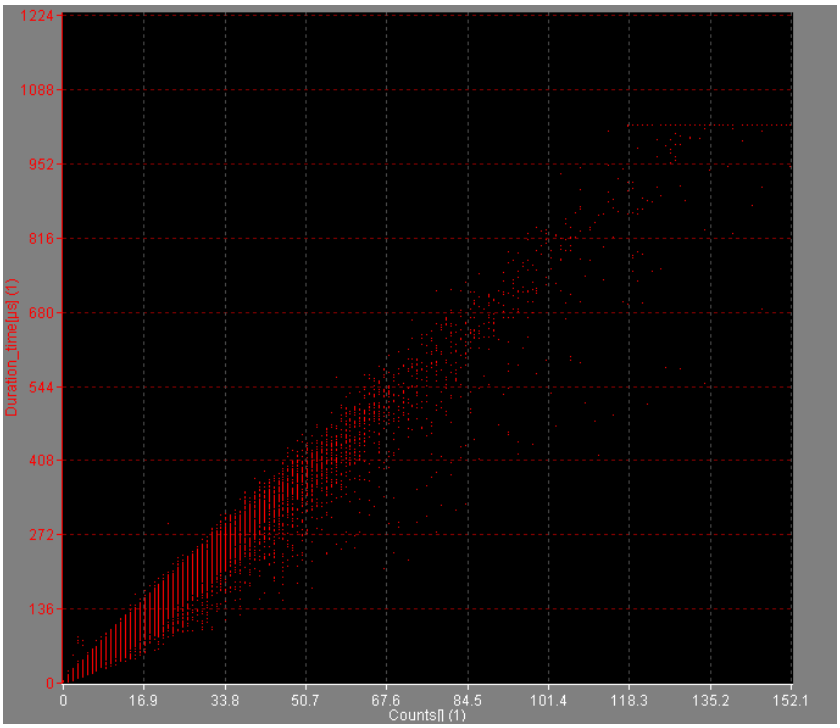


Figure 4.3.8. Duration versus Counts of sensor1

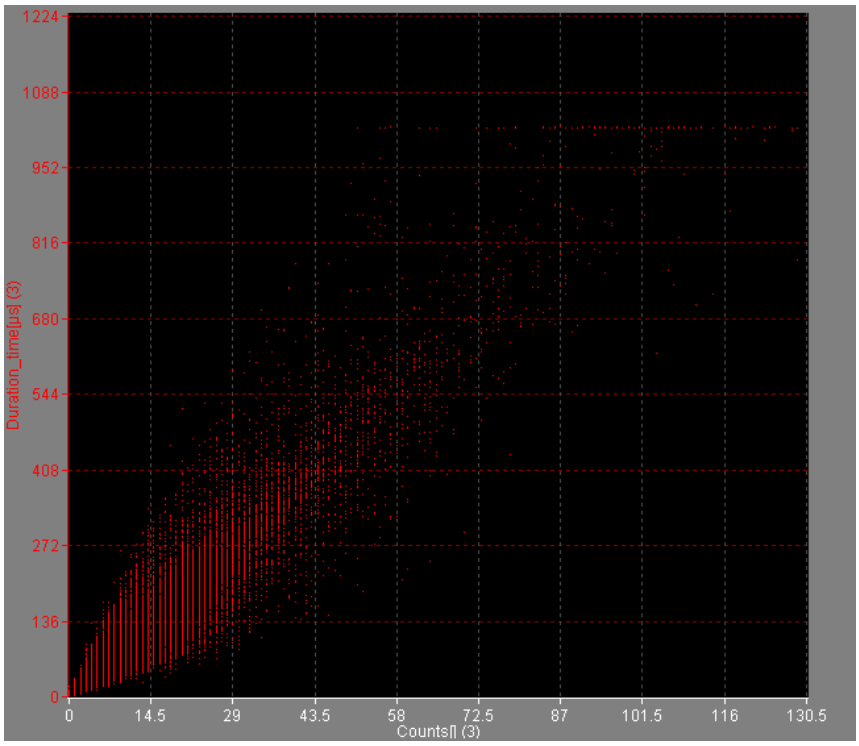


Figure 4.3.9. Duration versus counts of sensor 3

All this figure corresponds absolutely to expectation.

5. FURTHER EVALUATION OF TEST RESULTS

5.1. First part of test vessel with artificial defect (meas.4)

Generally speaking this was only a pretest that we had to stop due to high amount of false AE hits and events and mainly due to leakage at the water inlet nozzle which was later fixed. However we cannot neglect this part of the test (not presenting it), since the pressure was raised until 15 bars and a preliminary stress, and we believe plastic deformation has been started in thinner region. This can be seen on the map of the localized events.

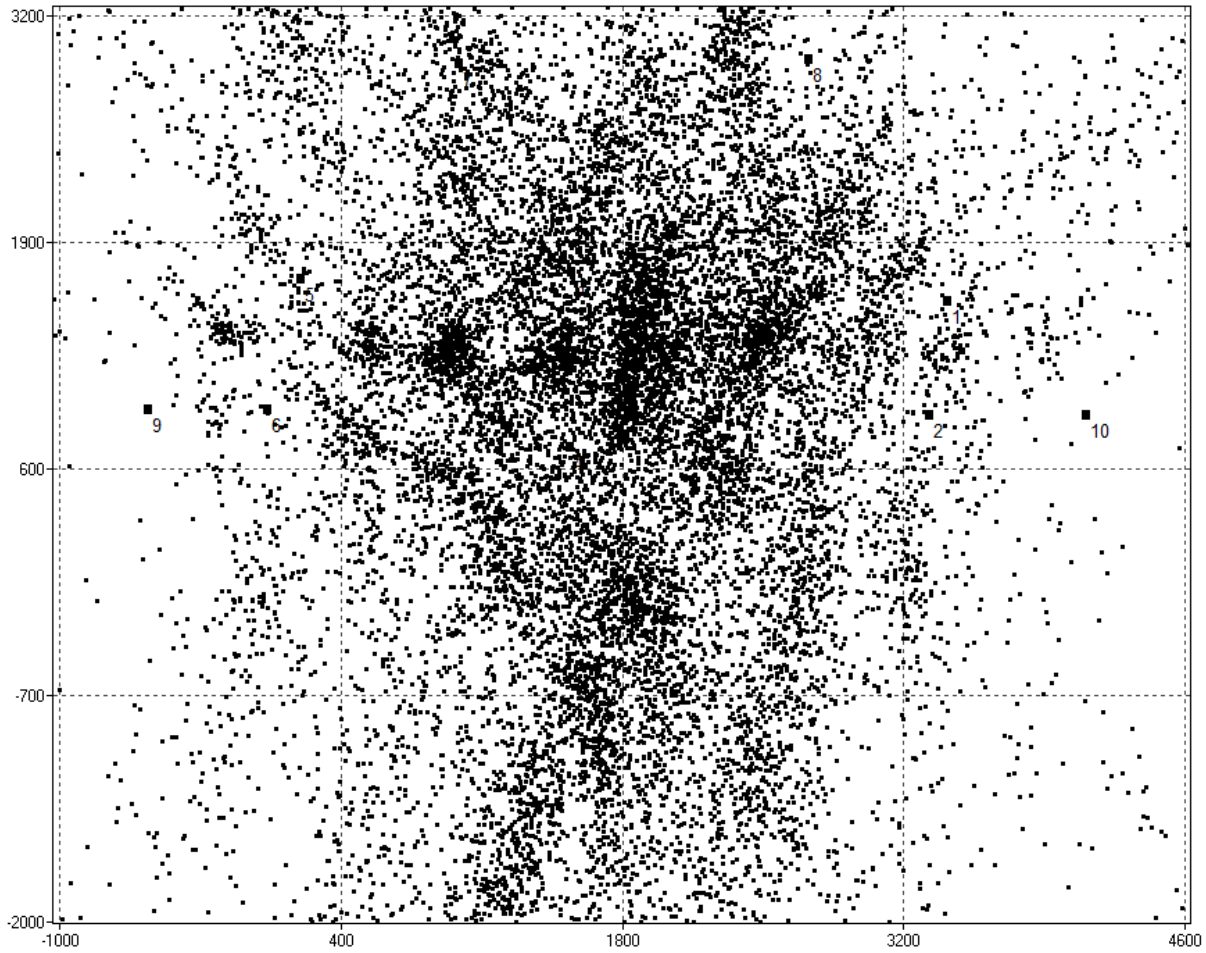


Figure 5.1 All localize events during the first part of the Test on the defected vessel

One can see there are much more localized event in the area where artificial defect, the thinner wall had been prepared. We believe that during this part of the test we had some plasticity and the AE events from the second part is missing in our data evaluation.

5.2. History of appearance of events on defected vessel (Meas.No5)

While typically only the final results of registered events are presented in most of publications or reports, here we demonstrate that not only the final events could we find, when the vessel was breaking apart, but the history of localized event proves, that well before the slimming the growing number of registered and localized events warned us about the forthcoming break.

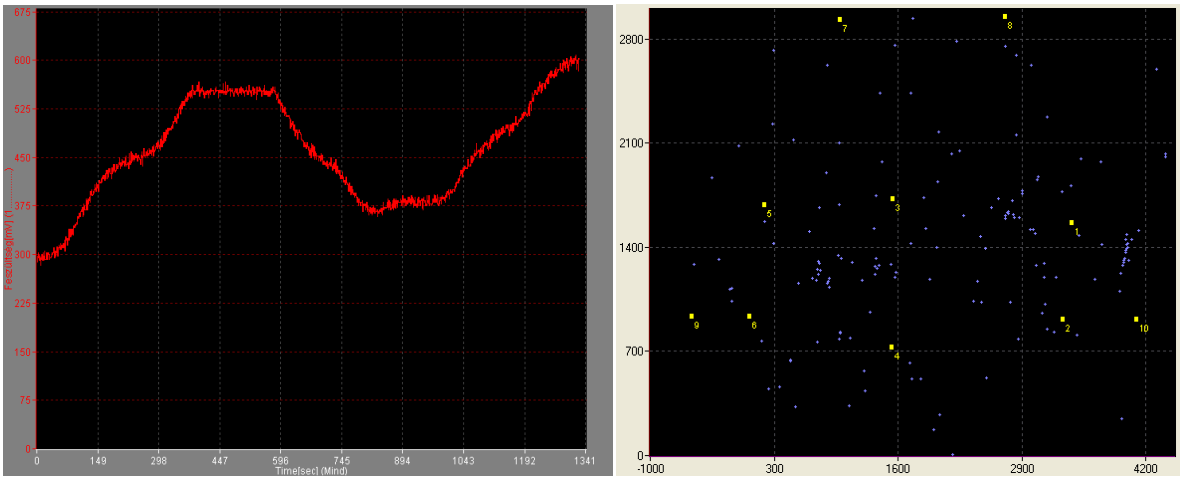
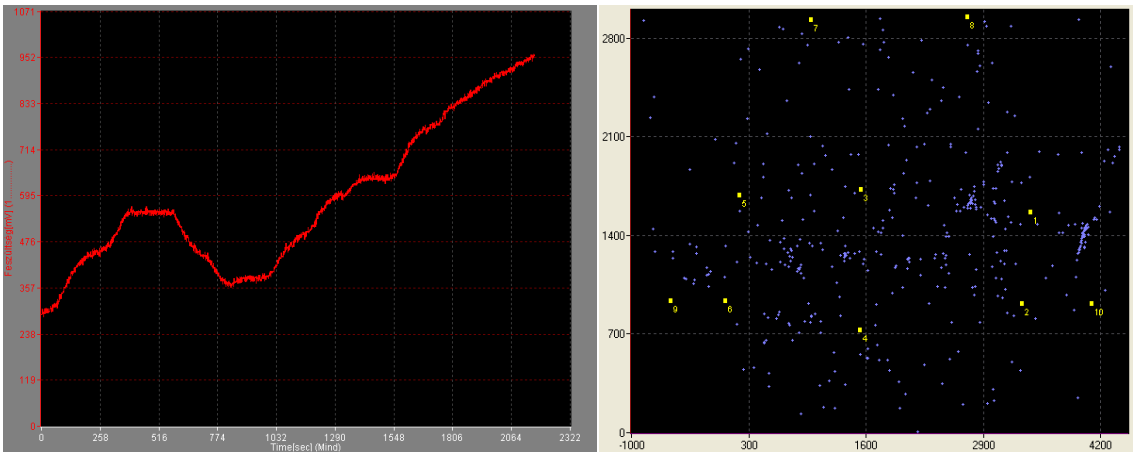


Figure 5.2 Show the localized events when the pressure has been grown up to approx. 20 bars.

There are clearly higher density at three places on figure 5.2 which shows the localized events until pressure 20 bars: in the centre of 3,4,5,6 sensors (left hand side). There are higher density near to sensor 1. This is very important because this is the place, where the break later was localized. Finally there is a thin line of events between the sensors 1 and 10. There is a weld on the vessel, which might shoes activity.

The next figure 5.3 we selected at about 25 and 33 bars well below the break pressure (38 bars)



Figure, 5.3. the localized event density at about 25 bars

At 30 bars (figure 5.4), events has been appeared near to final break point, near to sensor 1. This is a clear prewarning, where we can expect break

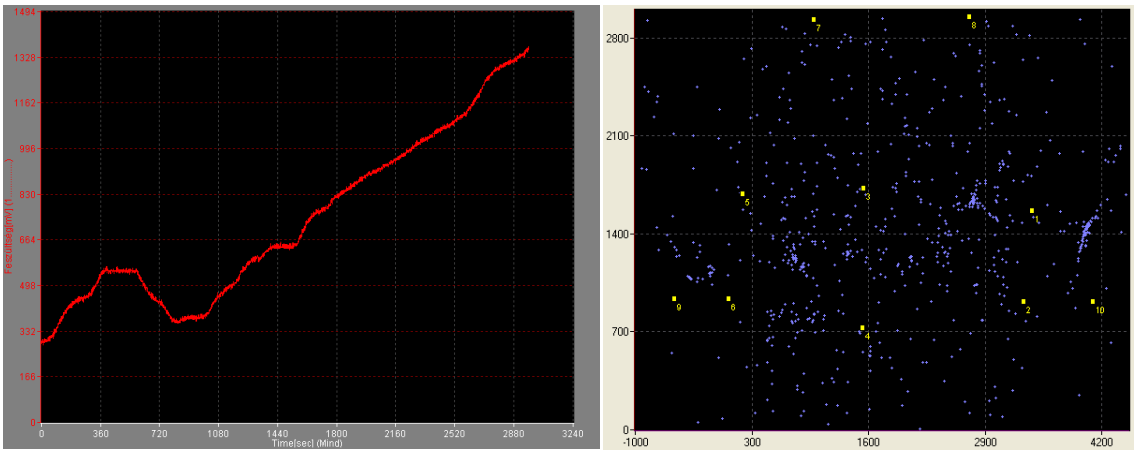


Figure 5.4. The localized events at about 30 bars

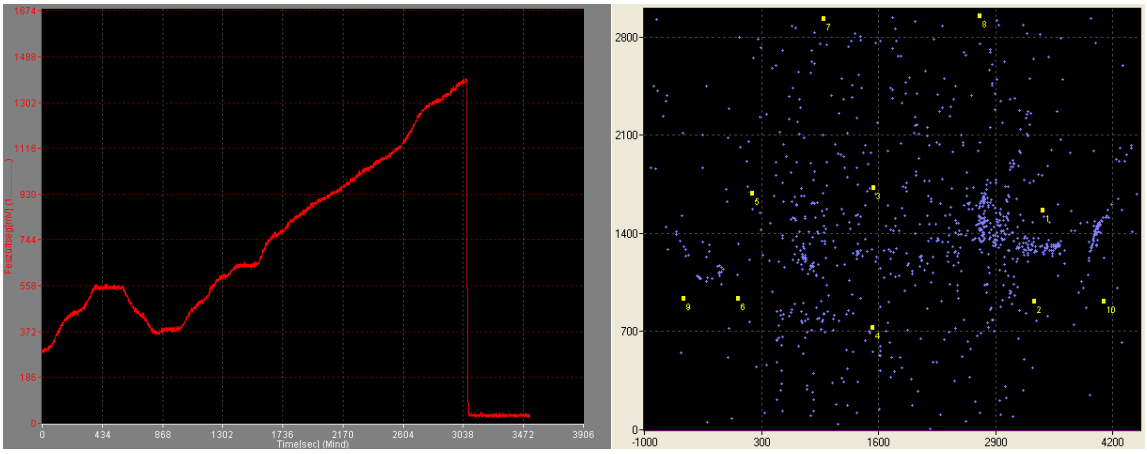


Figure 5.5.The localized events including the real break

As we can see, there are a lot of events where the break took place around the sensor 1. Saying the truth the localization was disappointing, since the real break took place on the halfway between sensors 1 and 4.

However, despite the not very precise localization (mislocalization less than 25 cm! only) from the series of the figure we can conclude, that the number of localized event had been growing from 25 bars and at 30 bars that place showed several localized events attracting the attention of the observer to the given spot. It is worth to look also the video attached to this report, which was compiled from such series of measured parameters (pressure and localized event together). It gives a real sense how events appears with the growth of the pressure with raising density to the incriminated breaking place.

5.3. Localization of events on good vessel (Meas.No6)

It is an important part of any AE measurement to localize the sources of AE events. In spite the fact, that we stopped the test before the break of the vessel it is interesting to learn where most of the AE events were emitted.

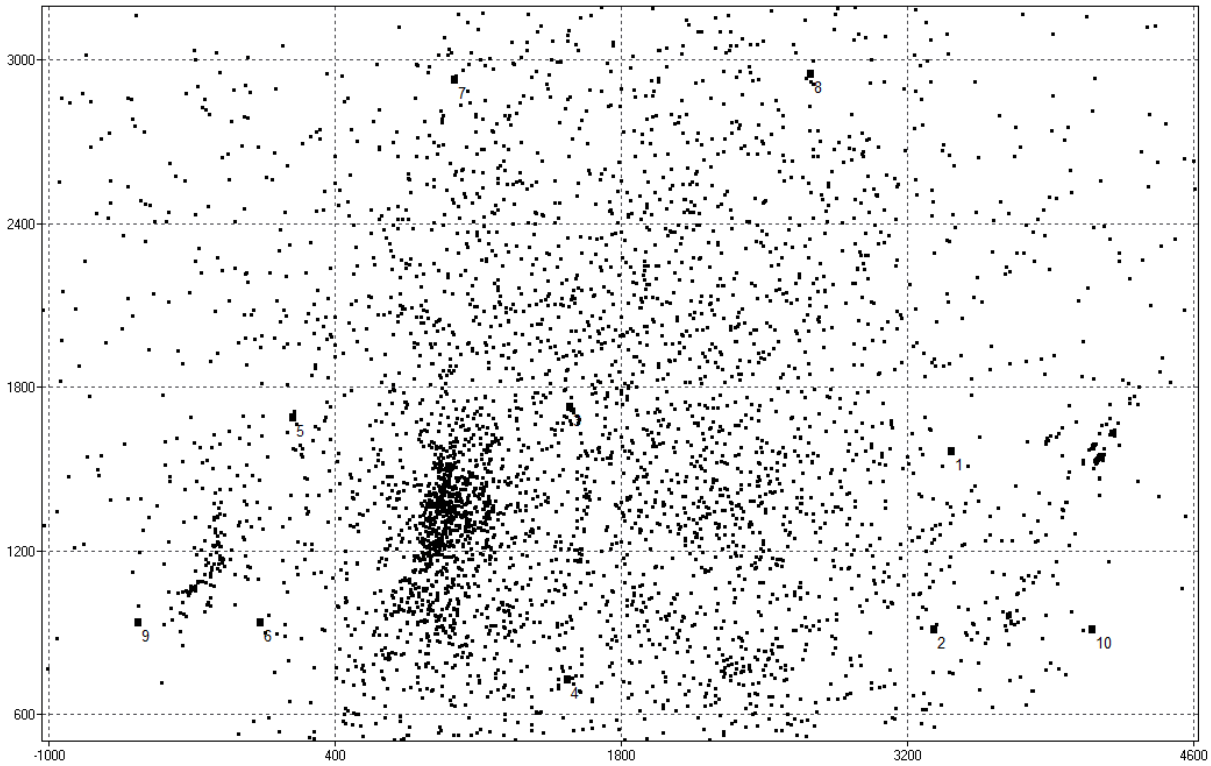


Figure 5.6. Localization of e sources in the Meas.No6

The figure shows the filtered localized source places. Filtering was taken to avoid marking two or more times a given source place, and also we set timeout filter to 1 millisecond (1000 microsecond, sound velocity 3000m/sec).

There are at least three areas on the figure, where the density of the source higher:

- one in quadrant 3,4,5,6 and two others in left hand side and right hand side, where the domes are attached to the cylindrical surface. In such case we always advice the customer to check those spots using ultrasound. We note, that the high density was noticed in all the time in quadrant 3,4,5,6, but the majority appeared when the pressure has been released partly at the end part of the test (cf. Gereb-felicity effect)
- the second curved line with higher density can be observed on the left hand side between sensors 6 and 9. This seems to follow the welding.
- The third higher density on the right hand side between sensors 1 and 10 is well known from the previous chapter. It follows also the weld of the dome.

5.4. Acknowledgements

Data evaluation were made by Zsolt Lukács and Sándor Molnár. Special thanks to Sandor Molnár for the innovation in attached mp4 file and for his work in this area. We appreciate the help from Janos Gereb in fast correction of data evaluation program.

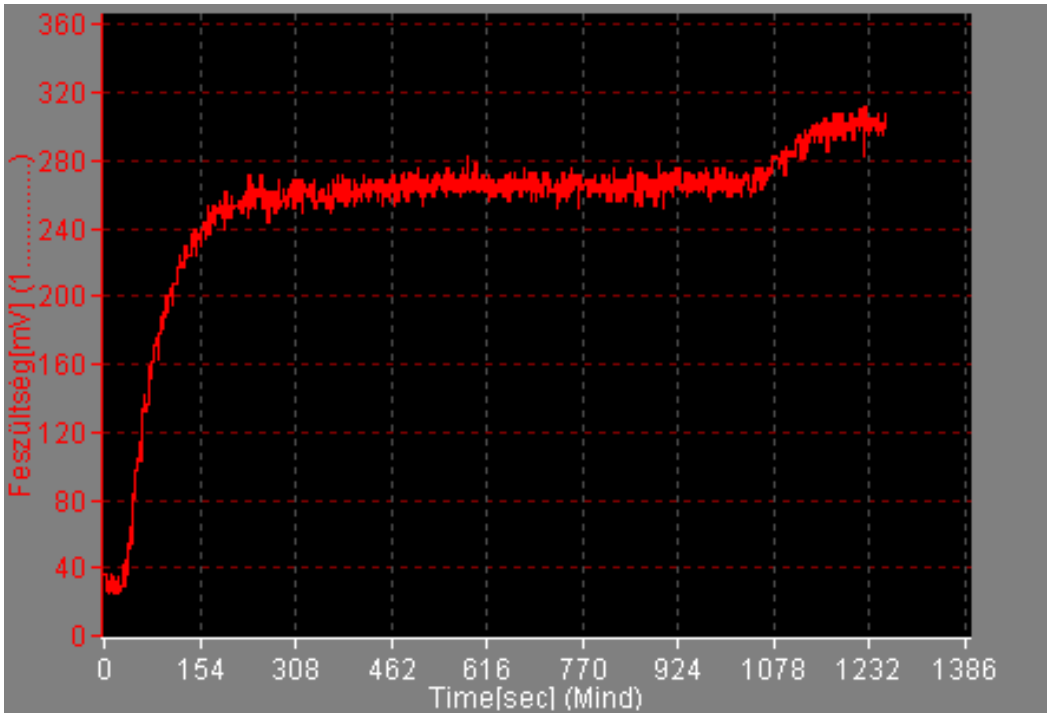
SUPPLEMENT to MEASUREMENT Report MAID_M16_013_VJ_01

Results of data evaluation for all sensors one by one

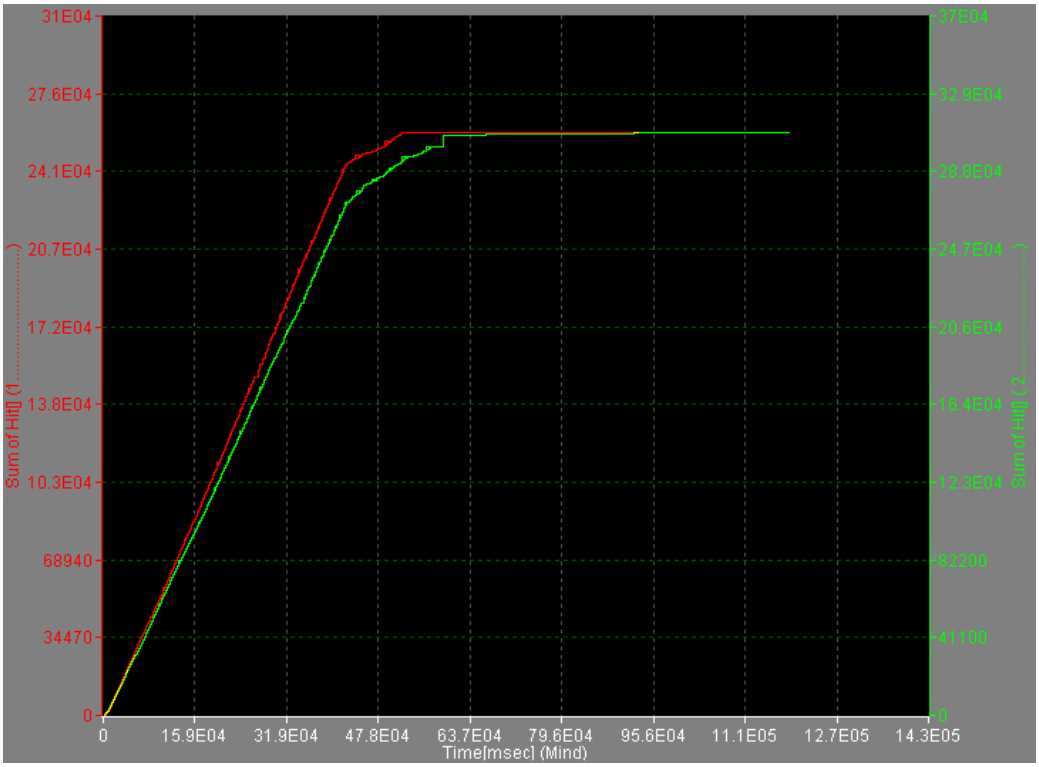
6. APPENDIX / SUPPLEMENT

6.1. Two animation videos made from the direct measurement demonstrating the AE hits during growing pressure (courtesy of Sandor Molnar)

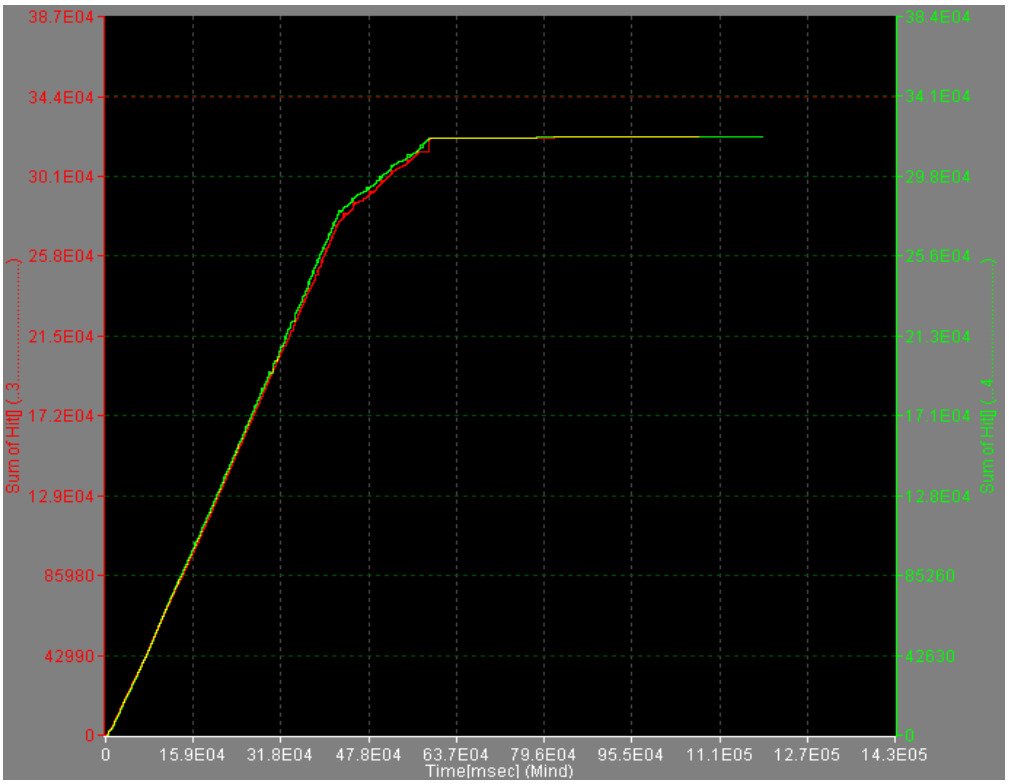
6.2. AE functions elaborated from meas. N4



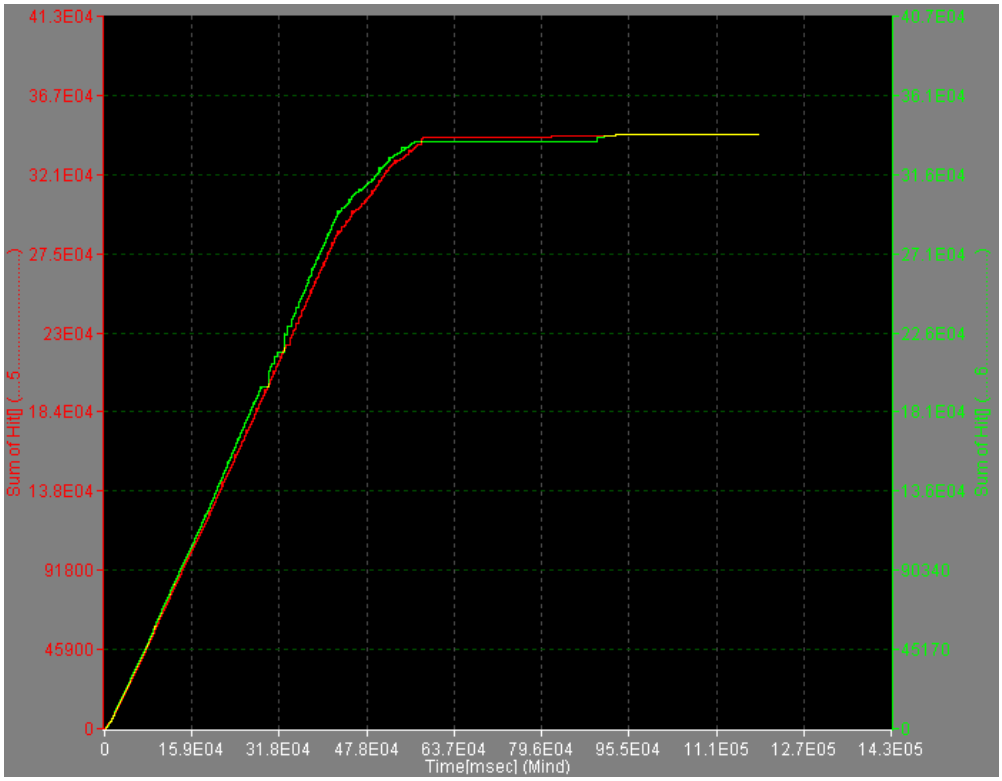
Changing pressure during measurement N4



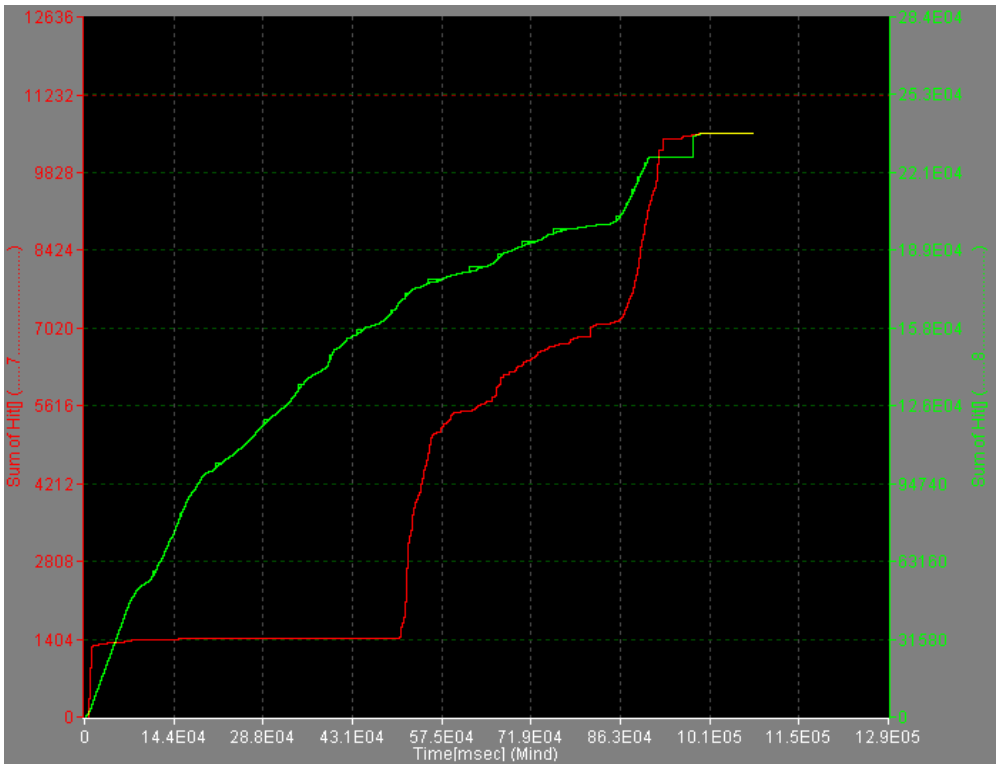
Sum of hits from sensors 1 and 2



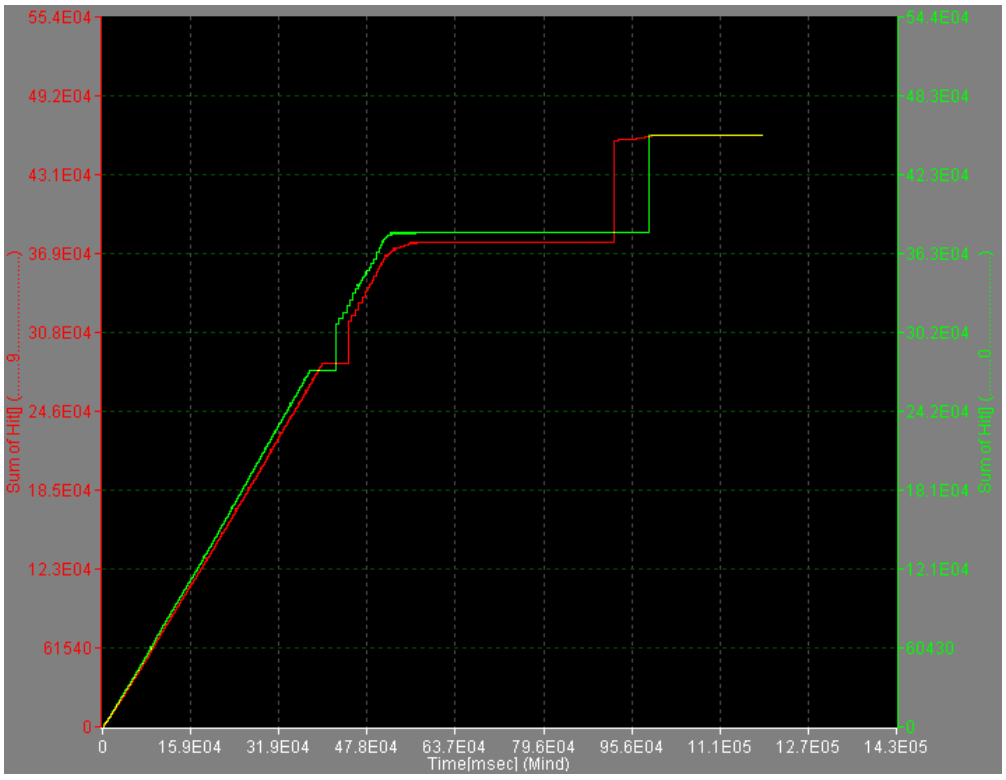
Sum of hits from sensors 3 and 4



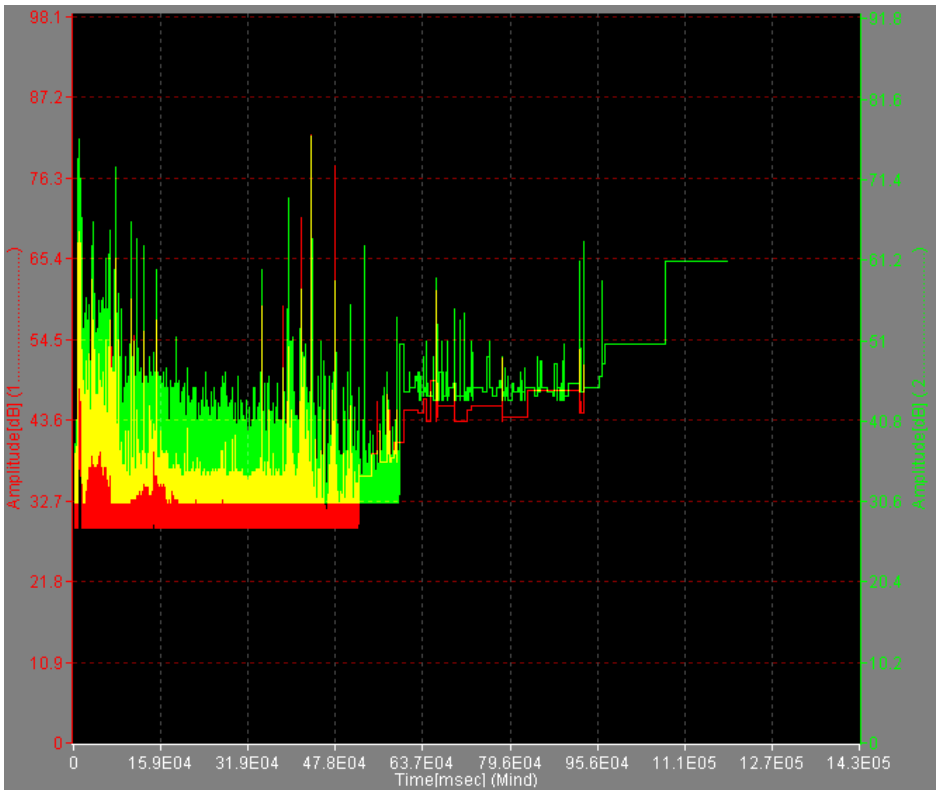
Sum of hits from sensors 5 and 6



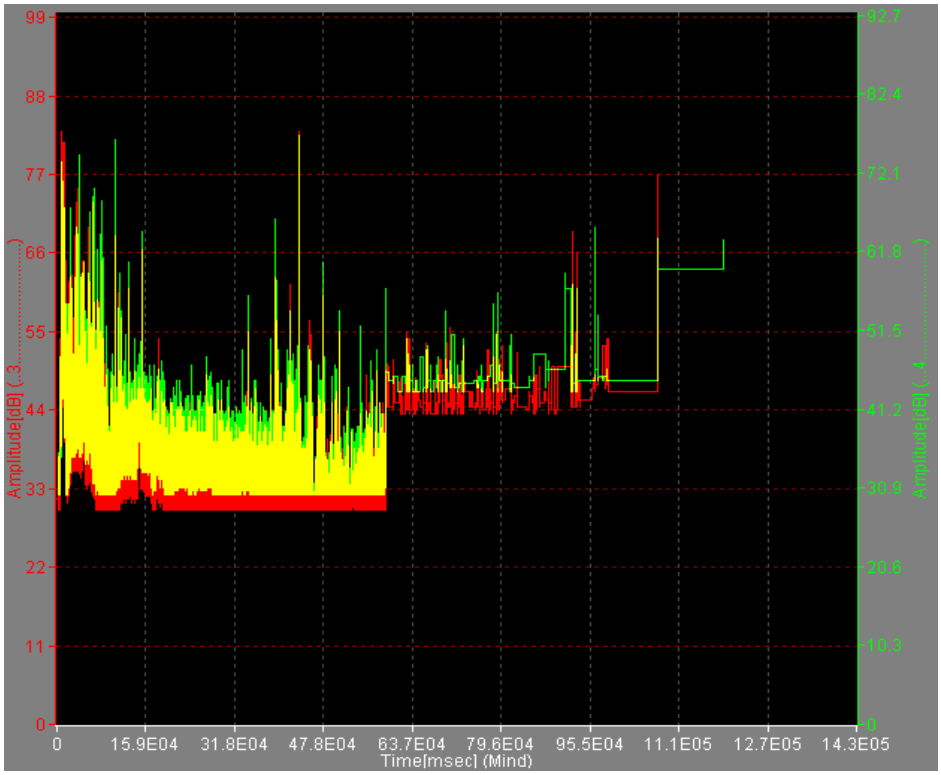
Sum of hits from sensors 7 and 8



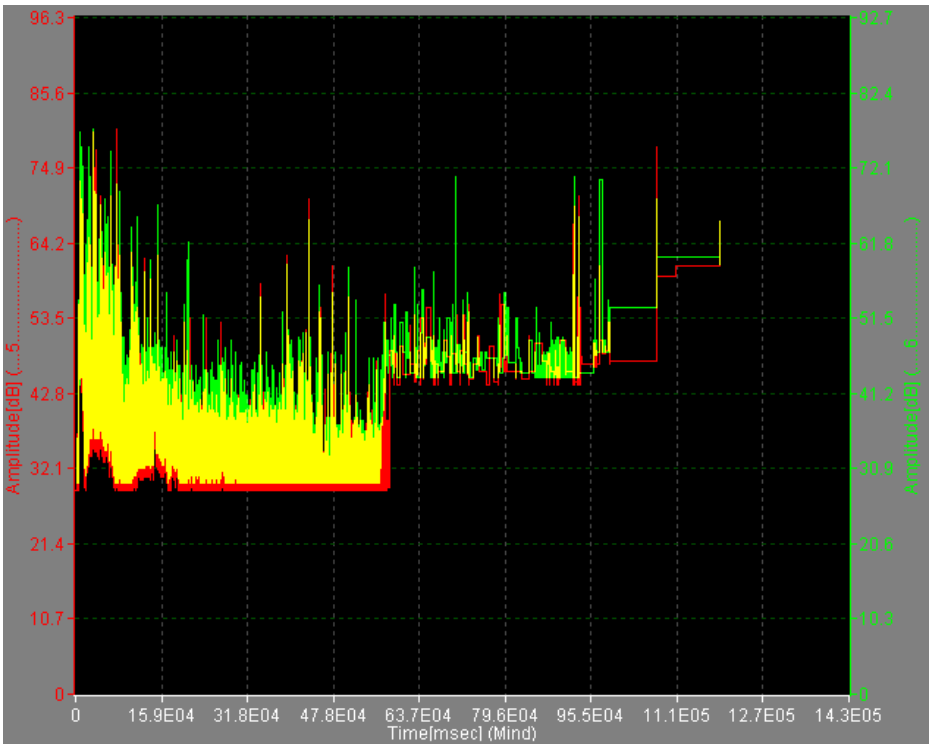
Sum of hits from sensors 9 and 10



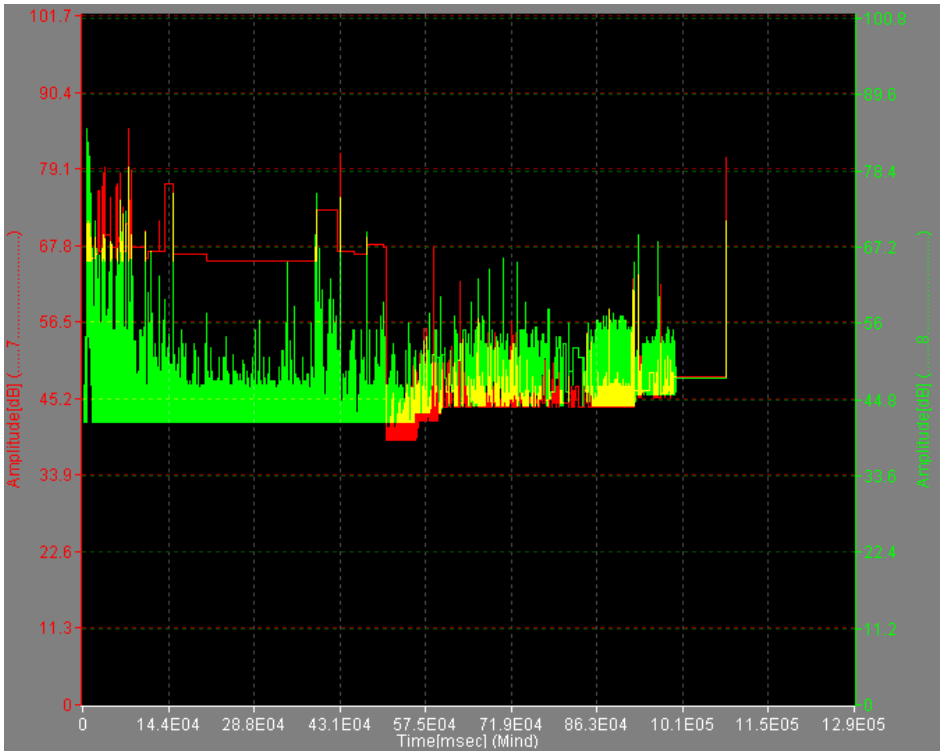
Amplitude of hits from sensors 1 and 2



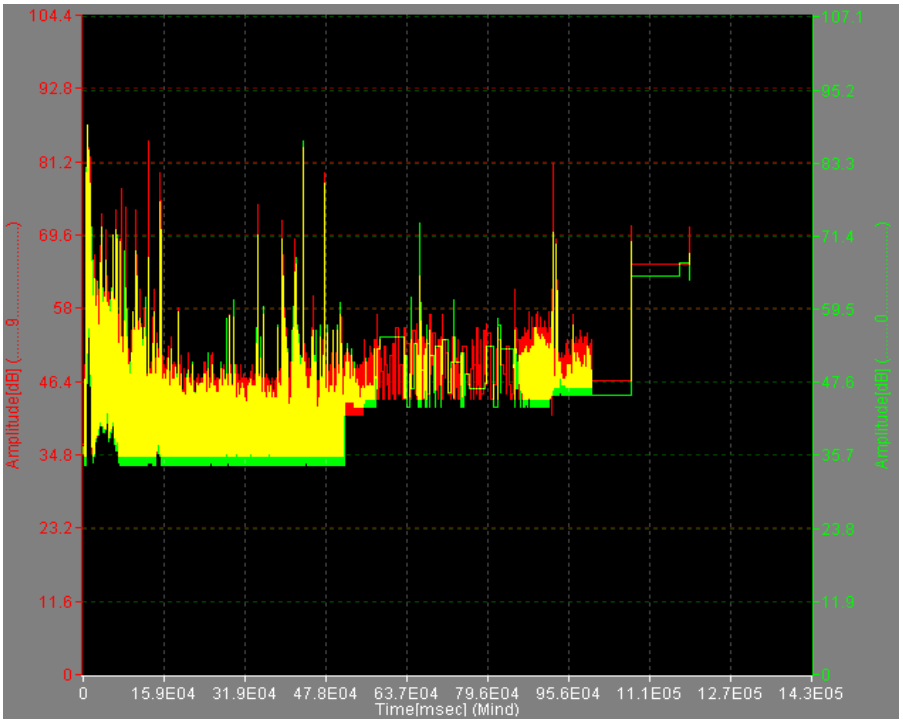
Amplitude of hits from sensors 3 and 4



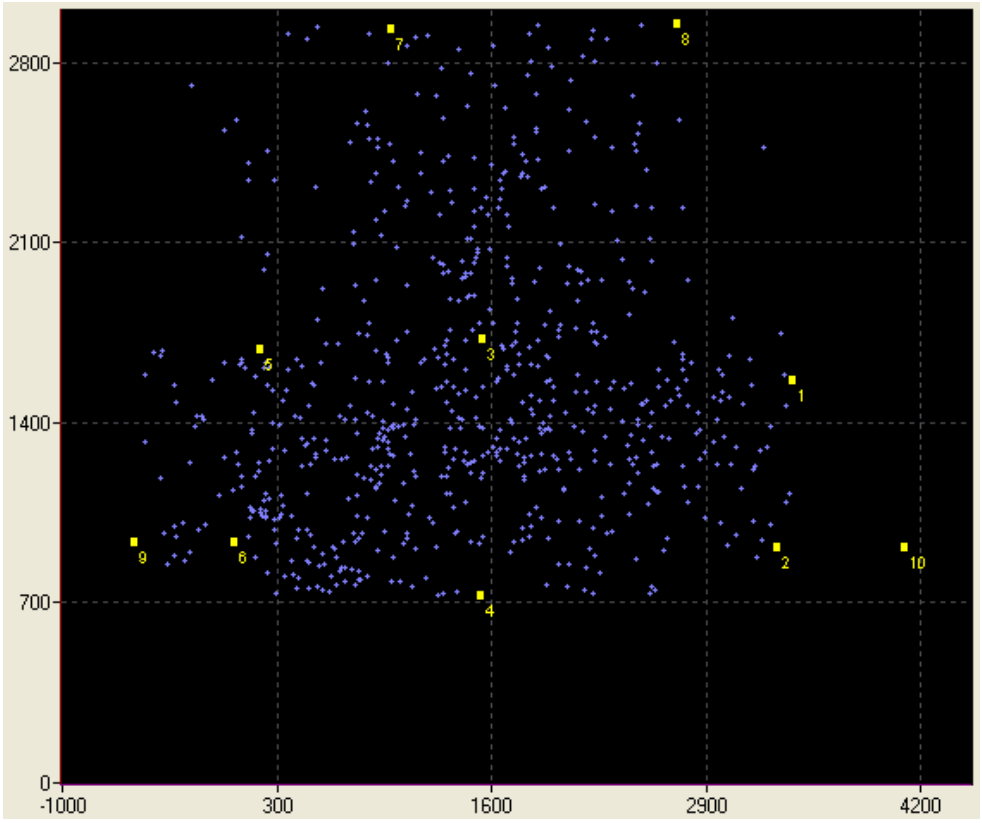
Amplitude of hits from sensors 5 and 6



Amplitude of hits from sensors 7 and 8

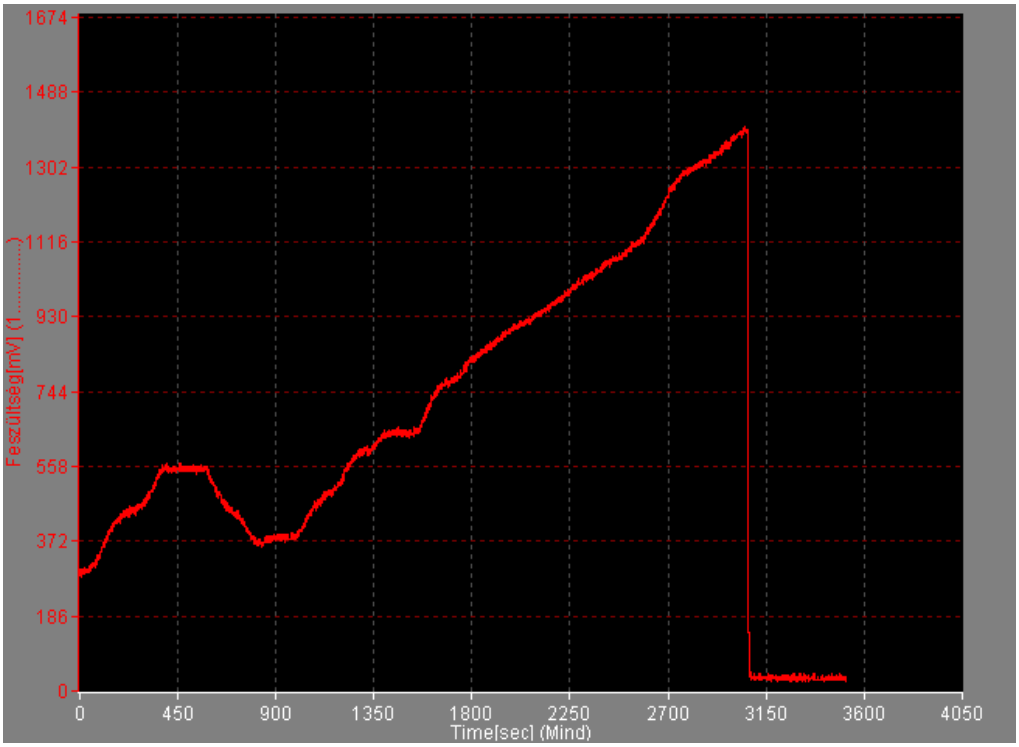


Amplitude of hits from sensors 9 and 10



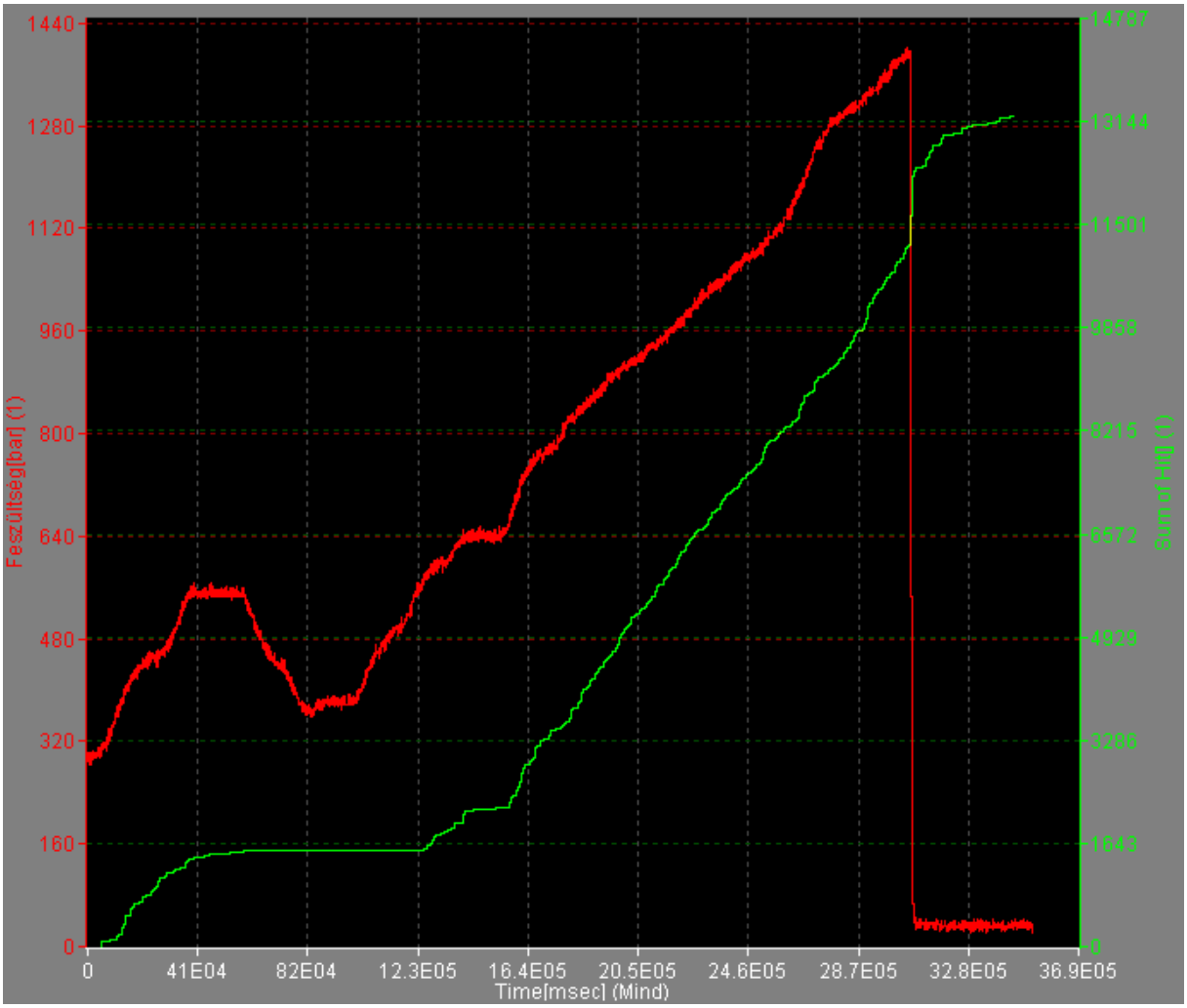
Filtered localized events during measurement N4

6.3. AE functions elaborated from meas. N5

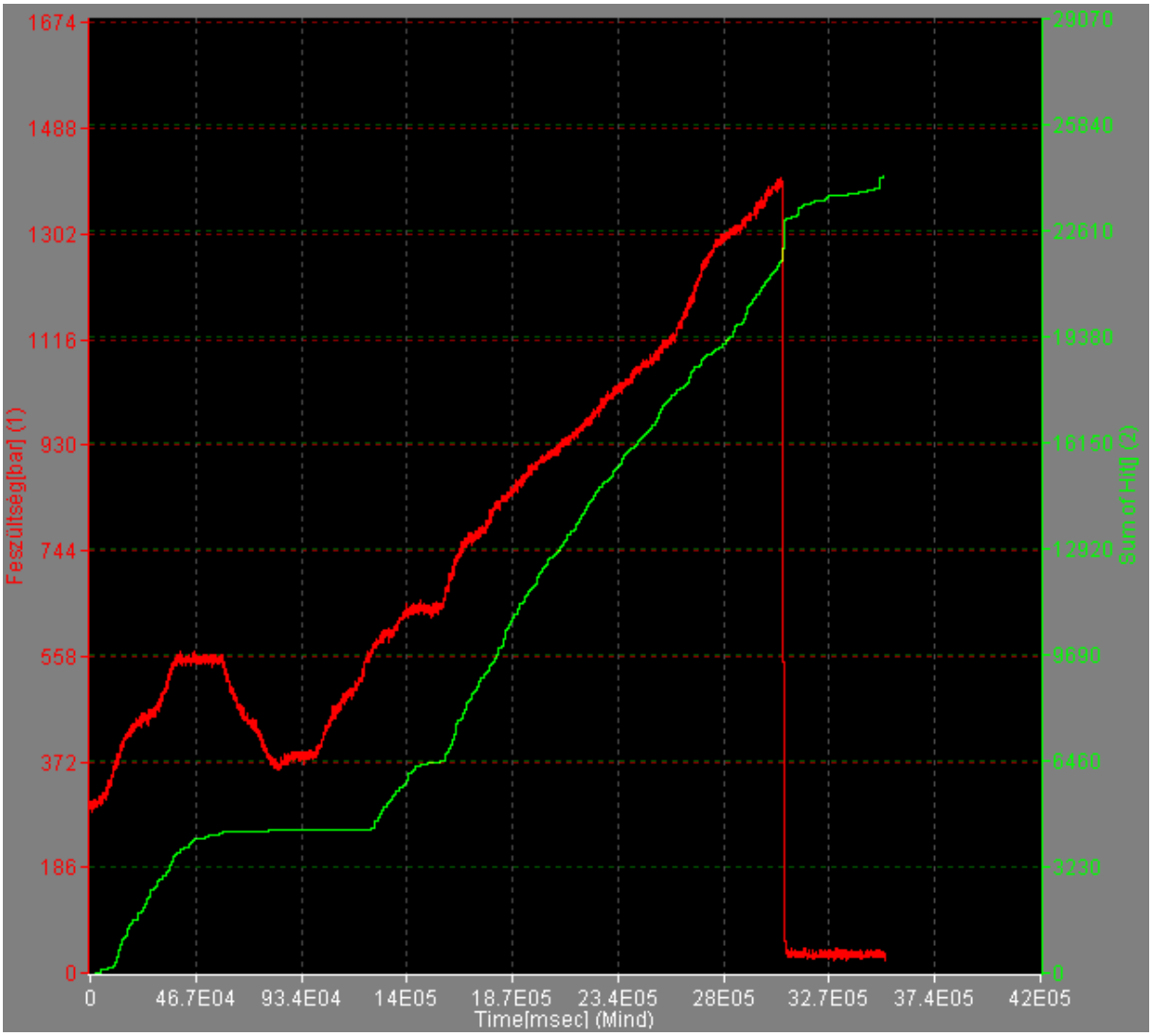


Changing pressure during measurement N5

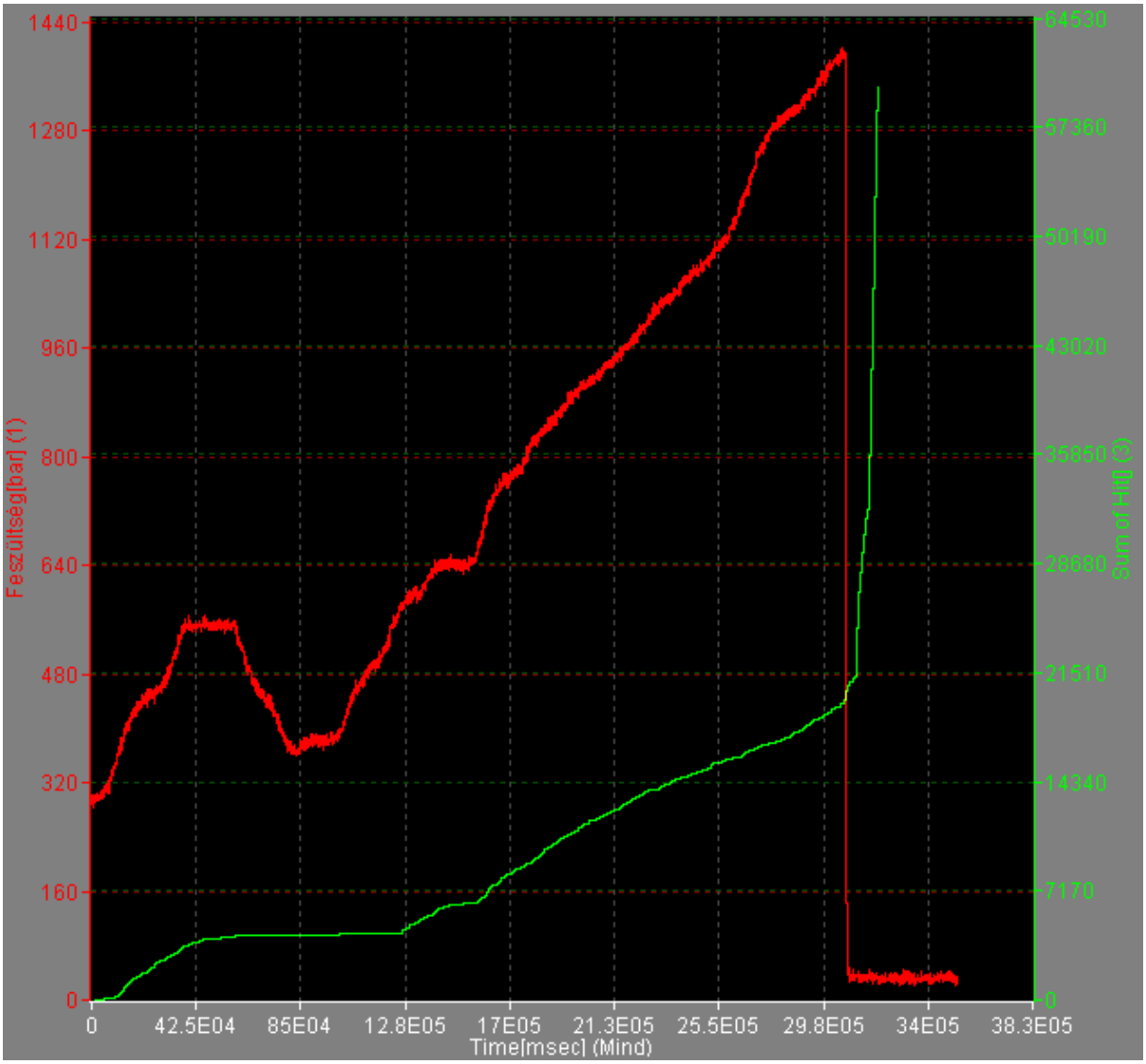
6.3.1. Sum of hits in Meas.No5



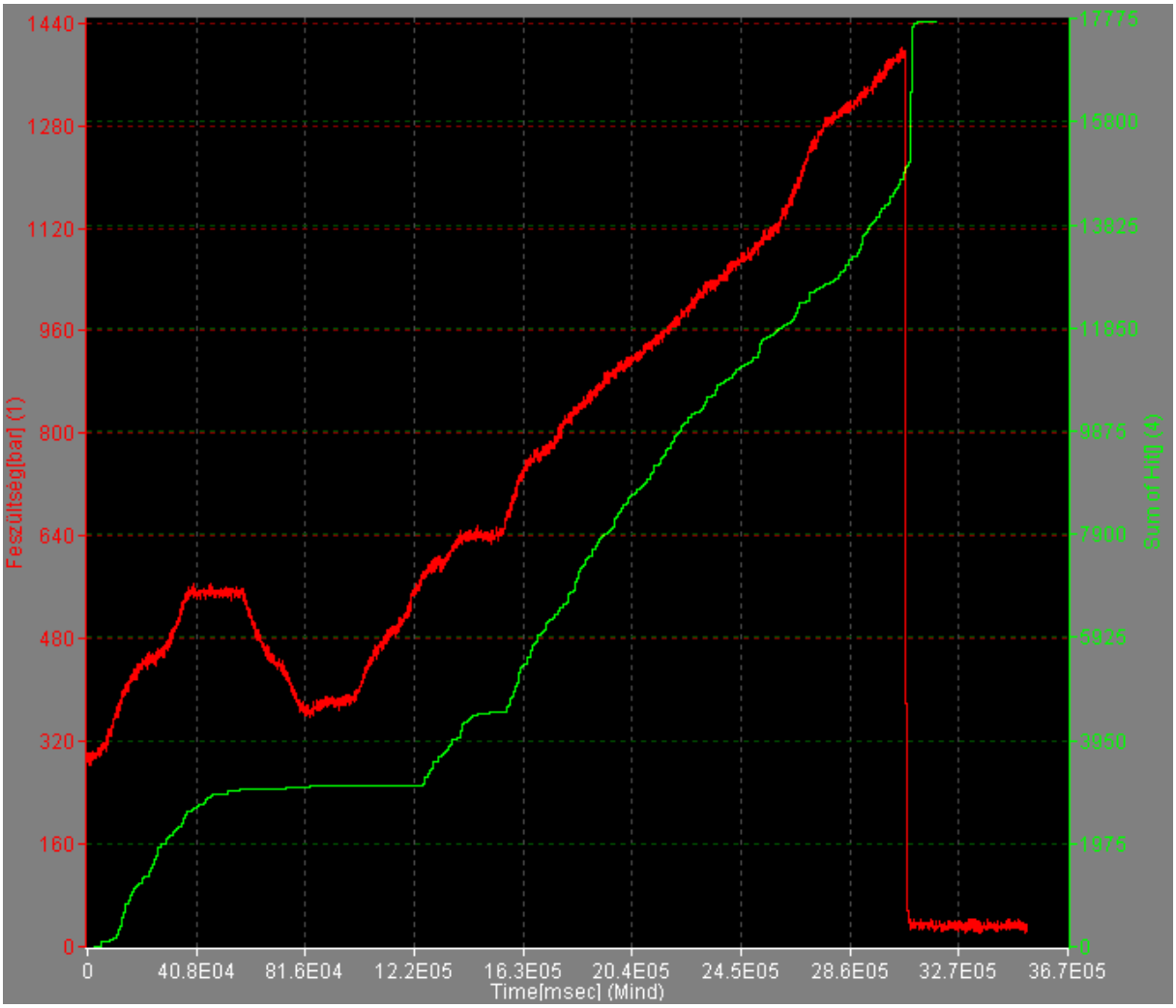
Pressure (red) and sum of hits from sensor 1



Pressure (red) and sum of hits from sensor 2



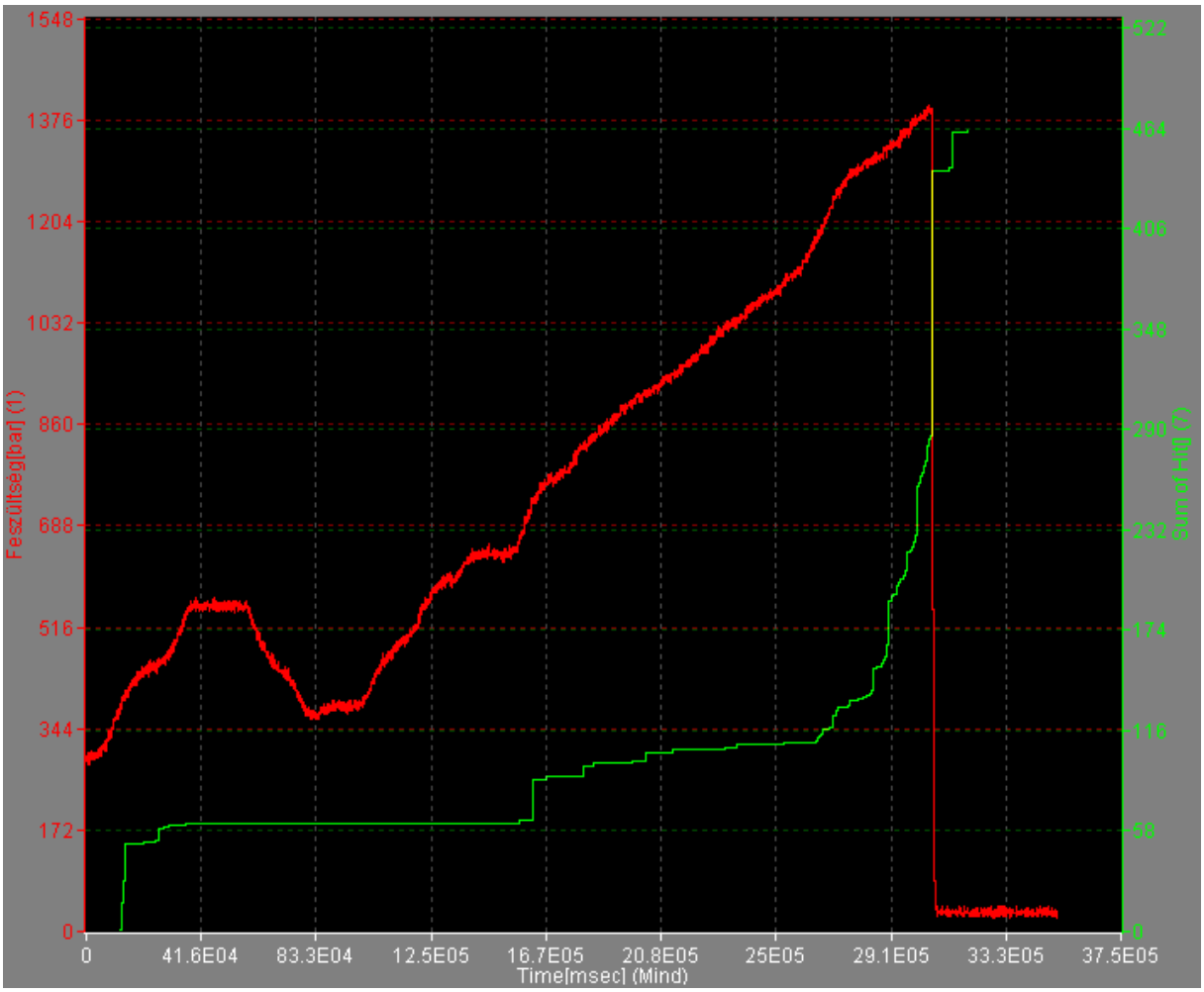
Pressure (red) and sum of hits from sensor 3



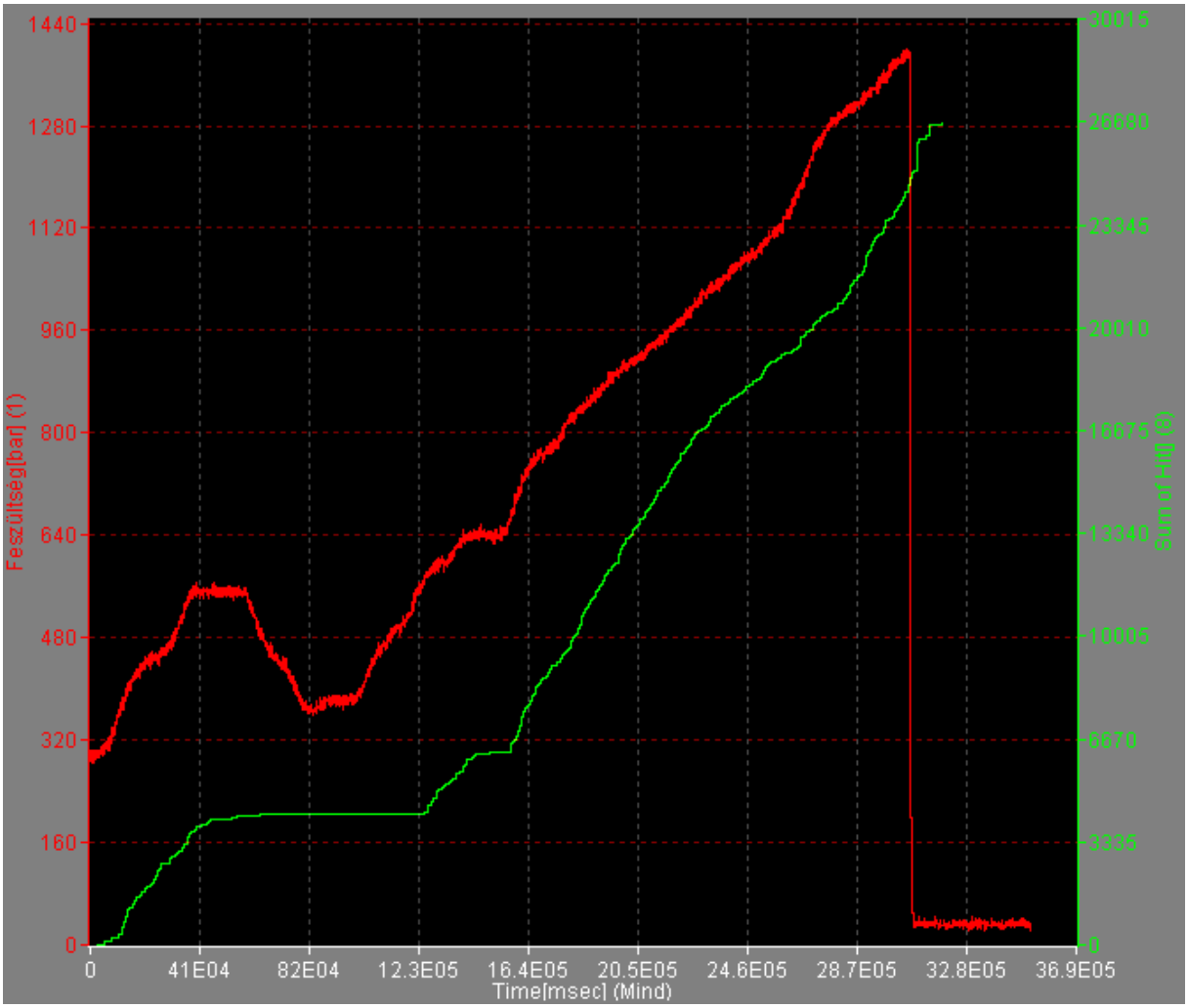
Pressure (red) and sum of hits from sensor 4

Pressure (red) and sum of hits from sensor 5

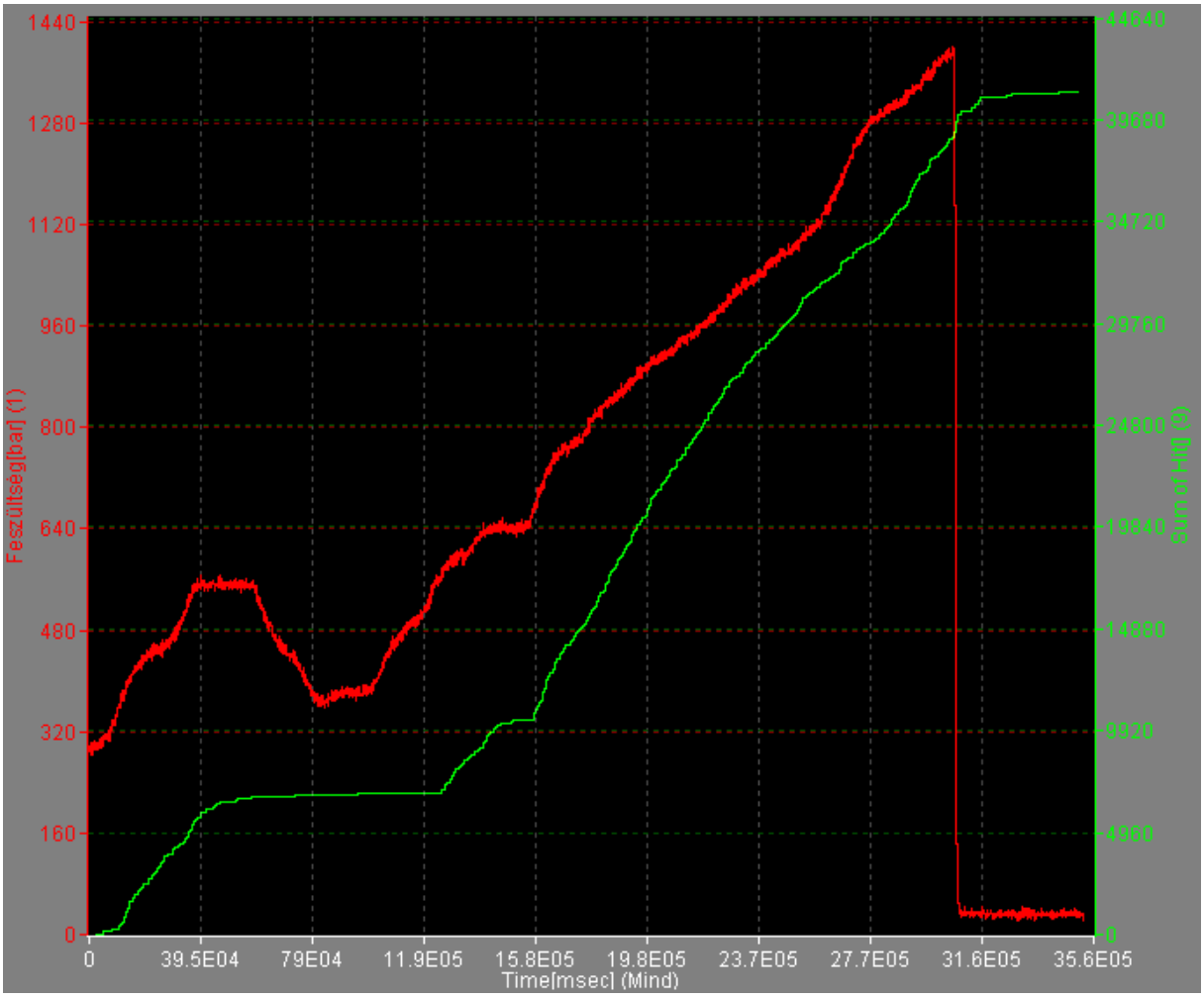
Pressure (red) and sum of hits from sensor 6



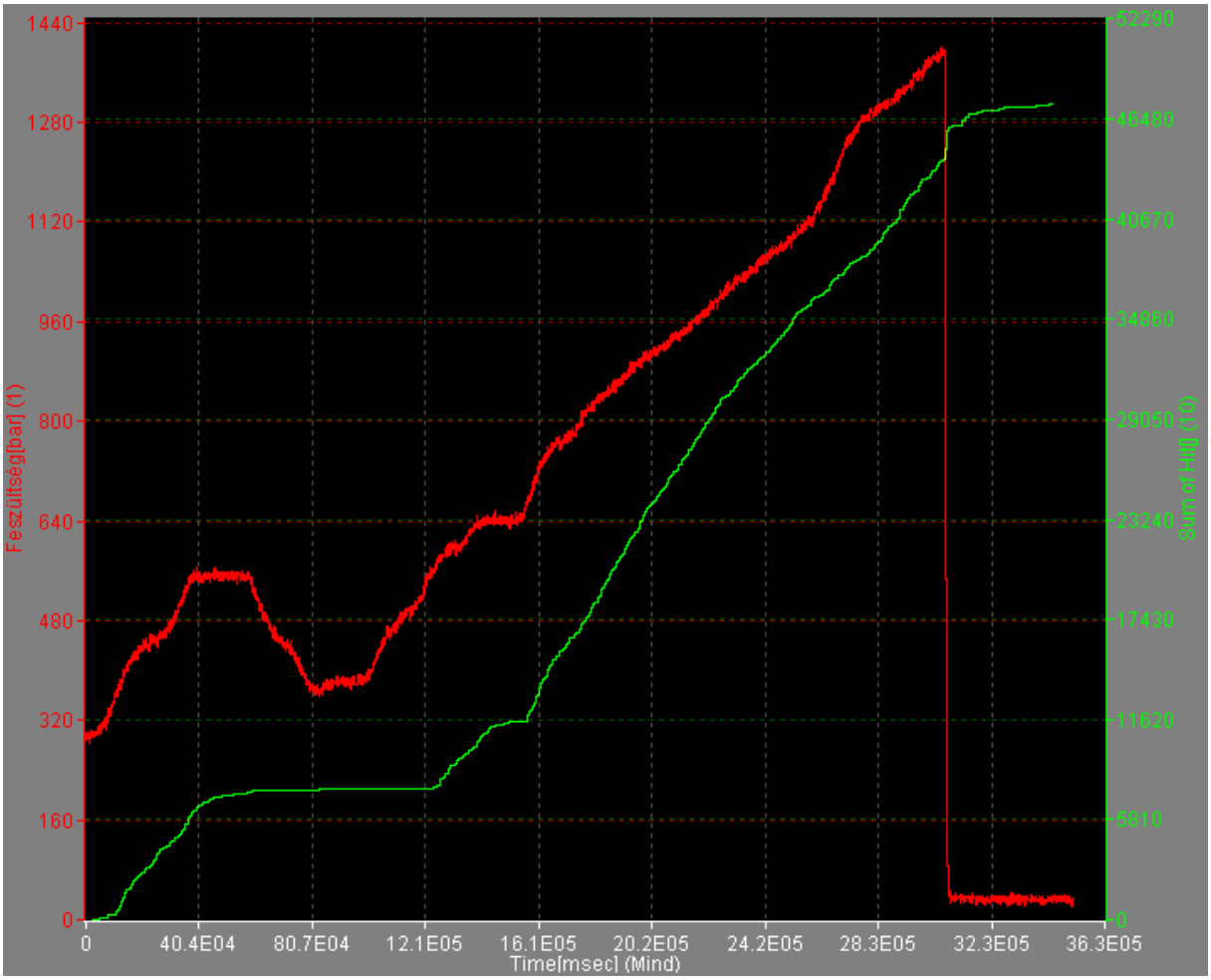
Pressure (red) and sum of hits from sensor 7



Pressure (red) and sum of hits from sensor 8

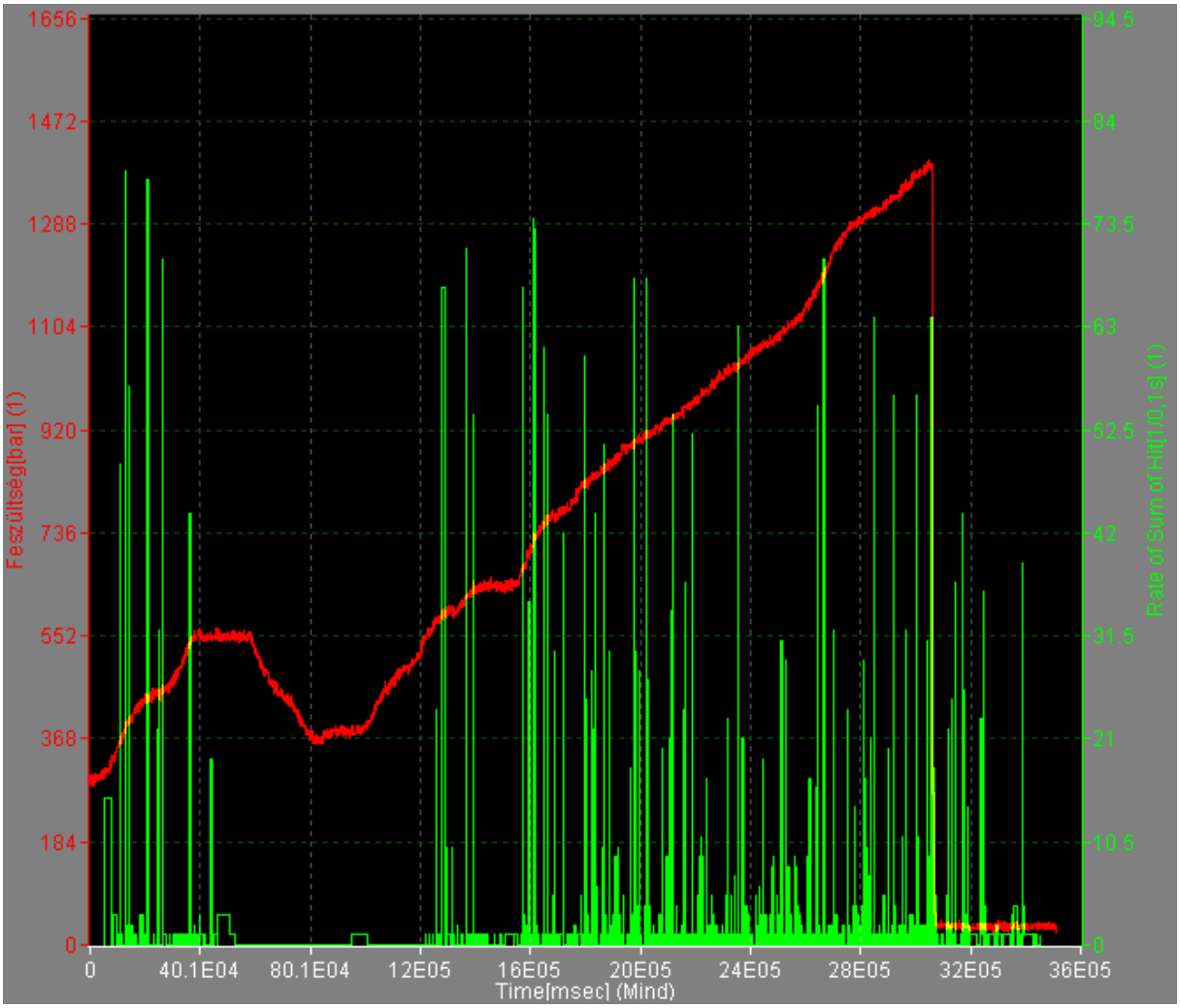


Pressure (red) and sum of hits from sensor 9 (left dome)

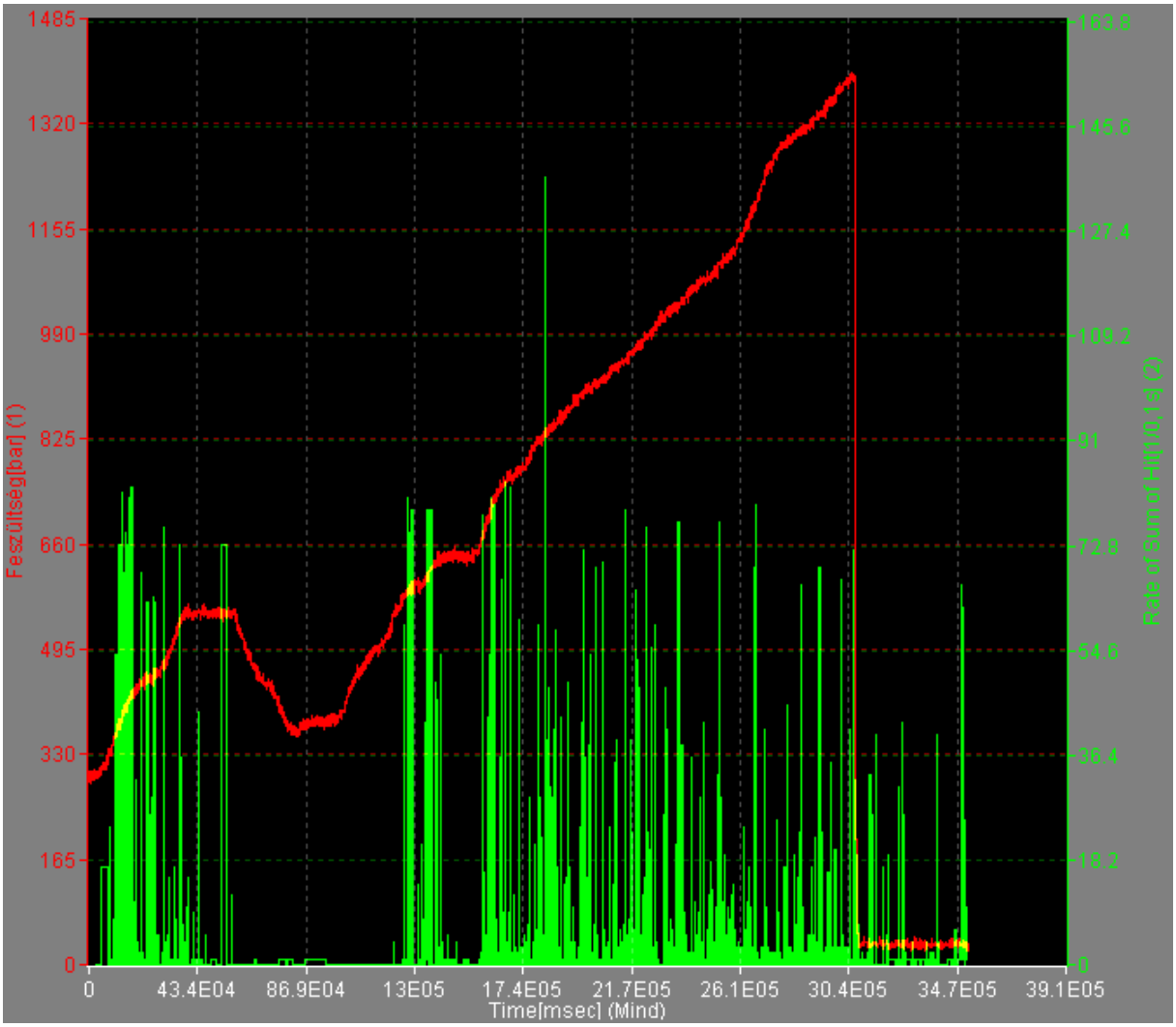


Pressure (red) and sum of hits from sensor 10 (right dome)

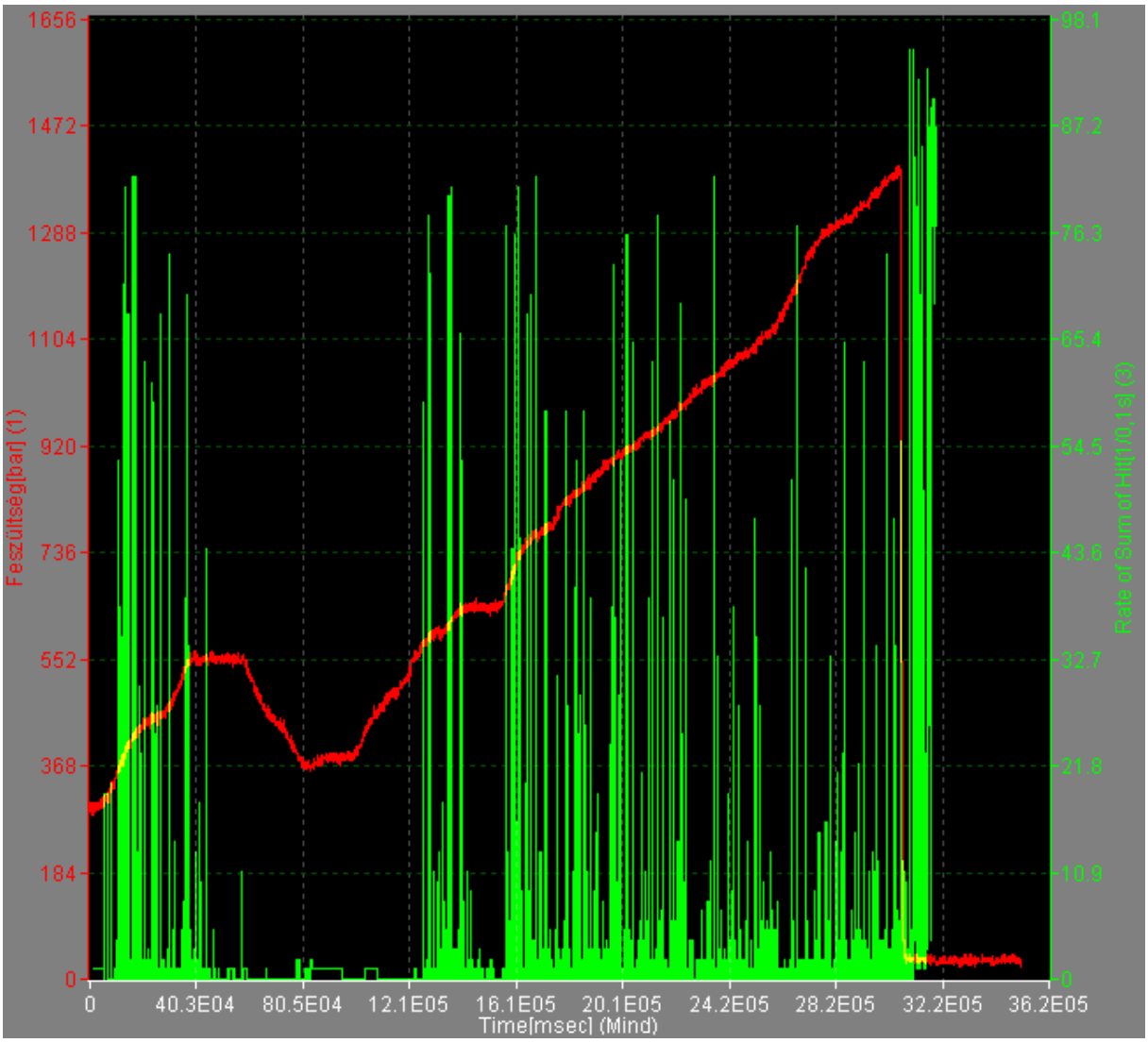
6.3.2. Rate of hit Meas.No5



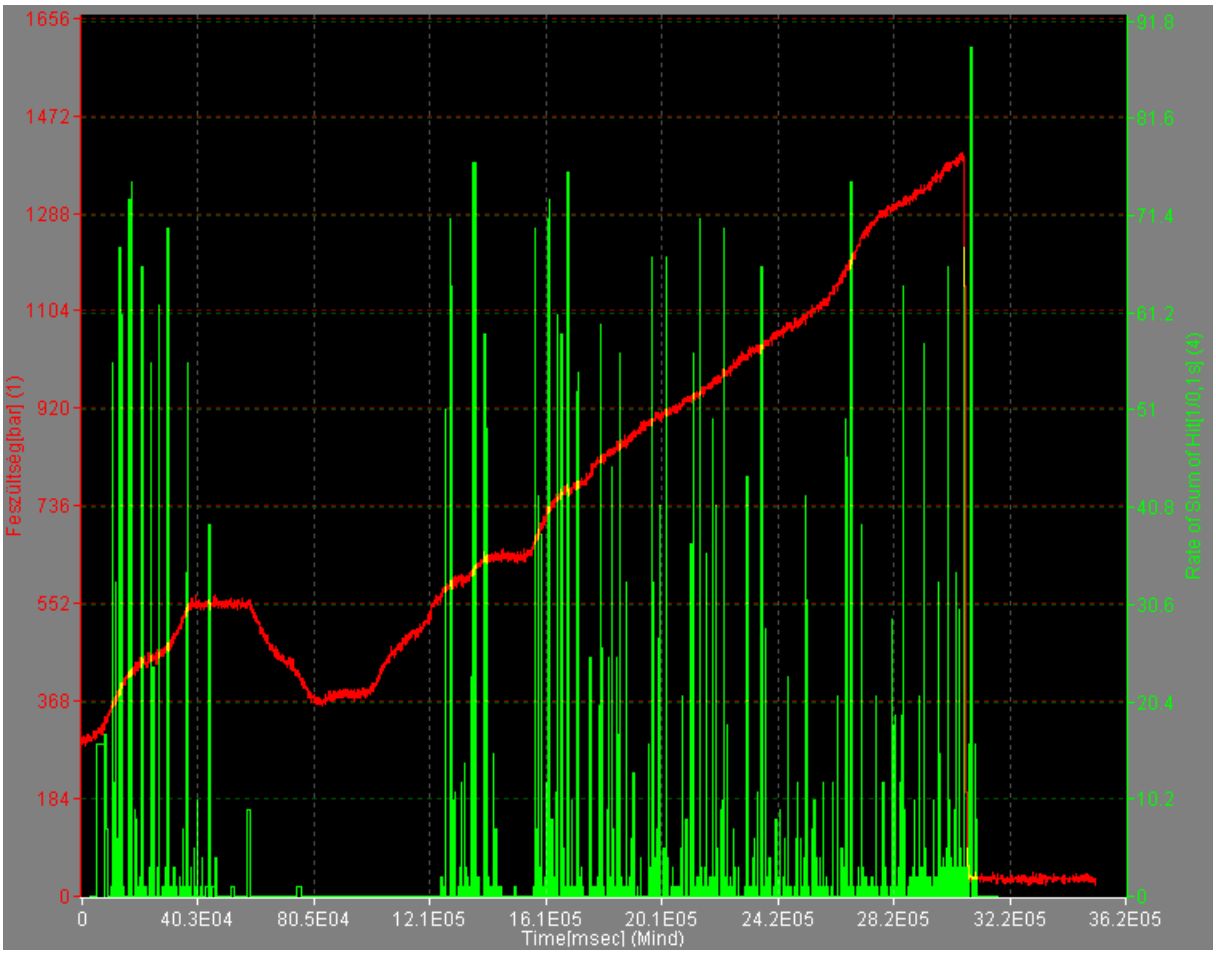
Rate of hits from sensor 1



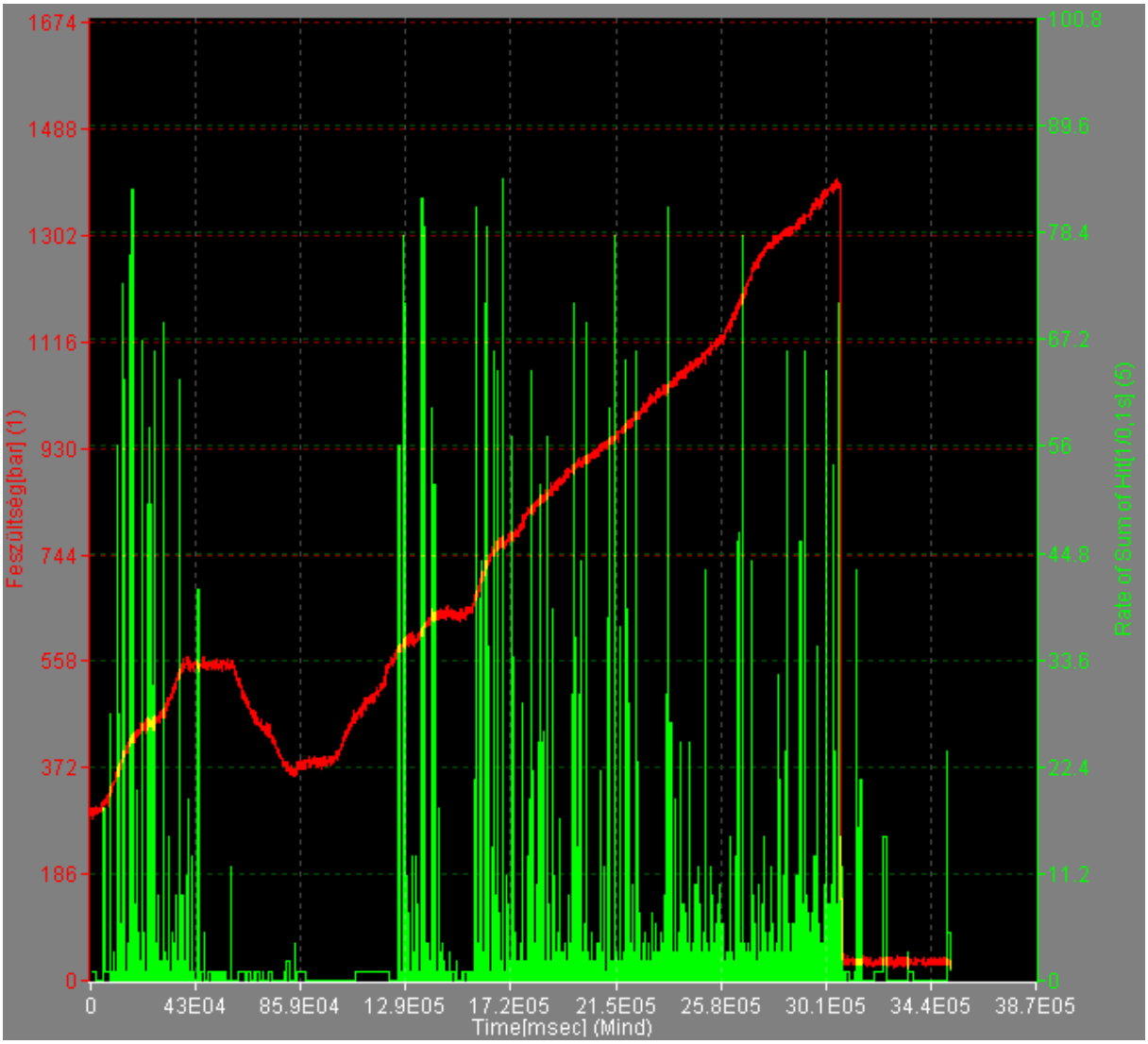
Rate of hits from sensor 2



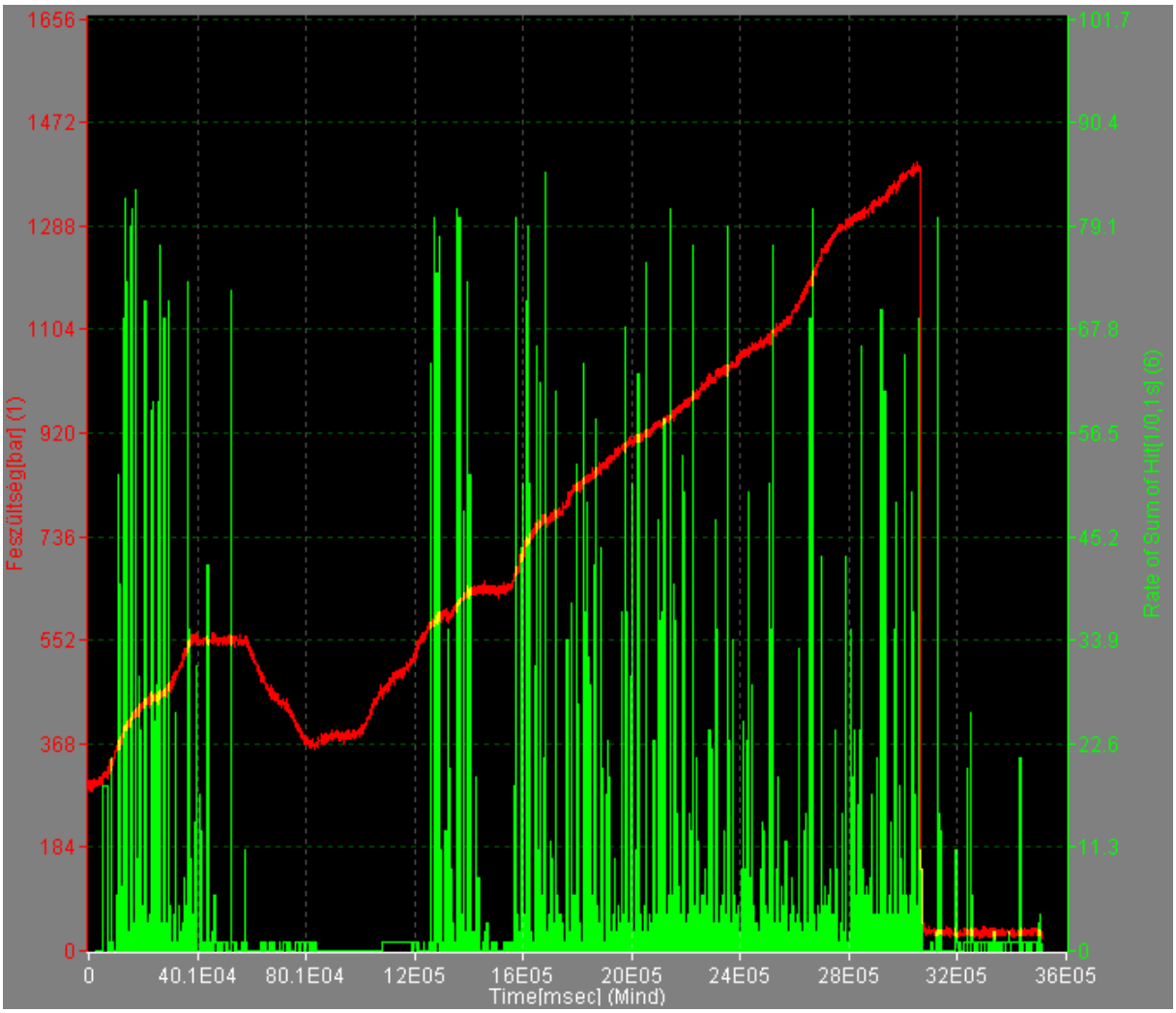
Rate of hits from sensor 3



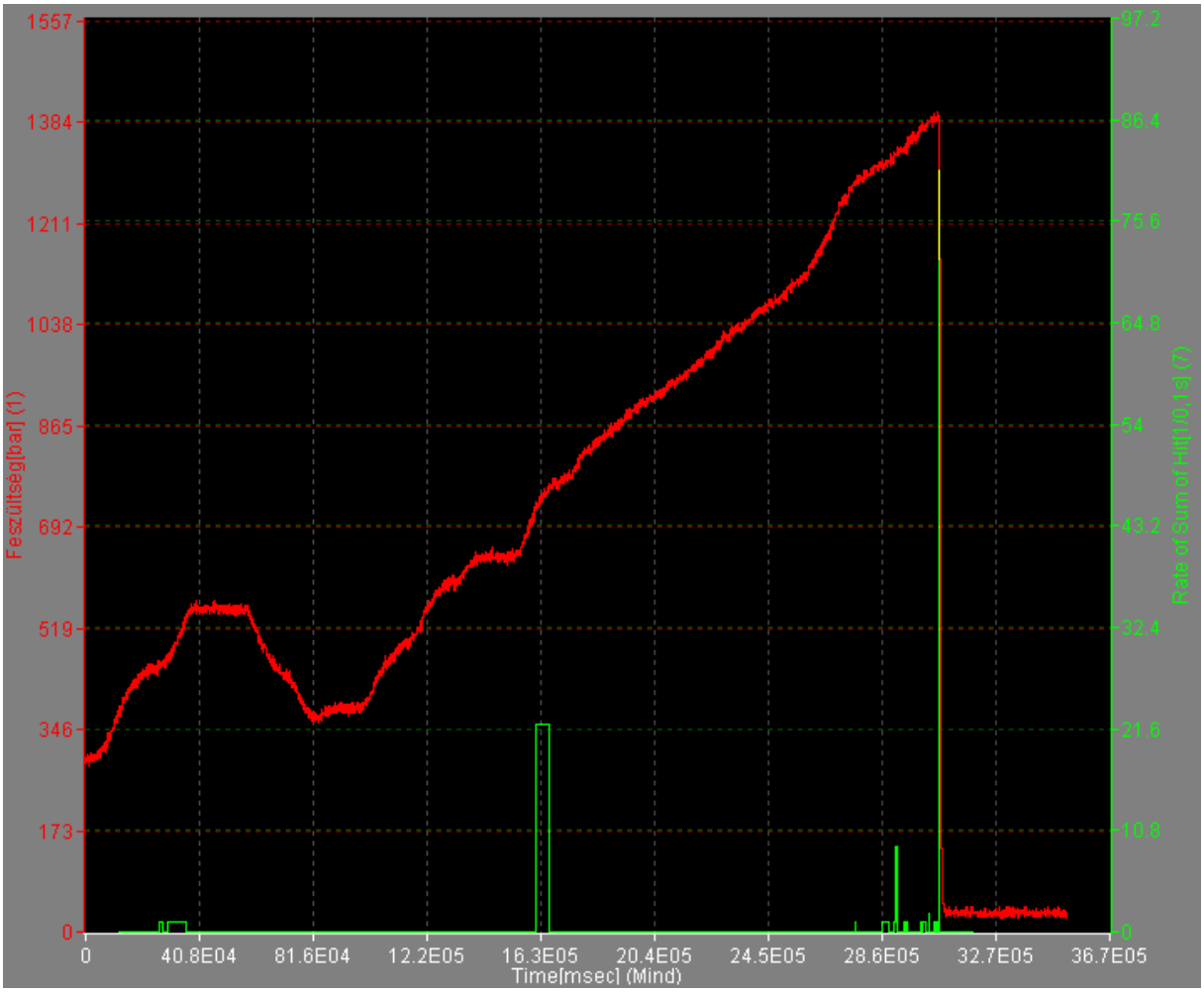
Rate of hits from sensor 4



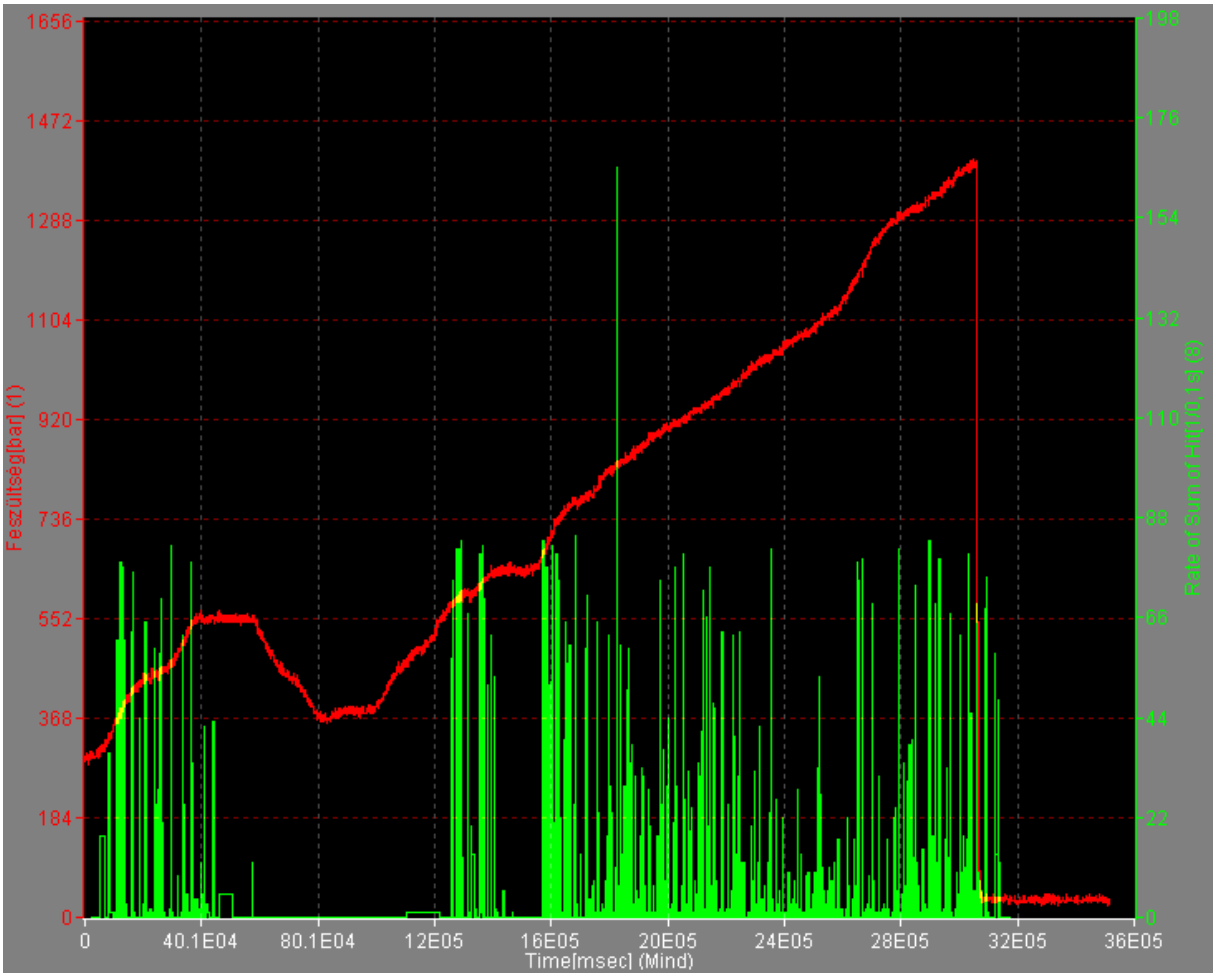
Rate of hits from sensor 5



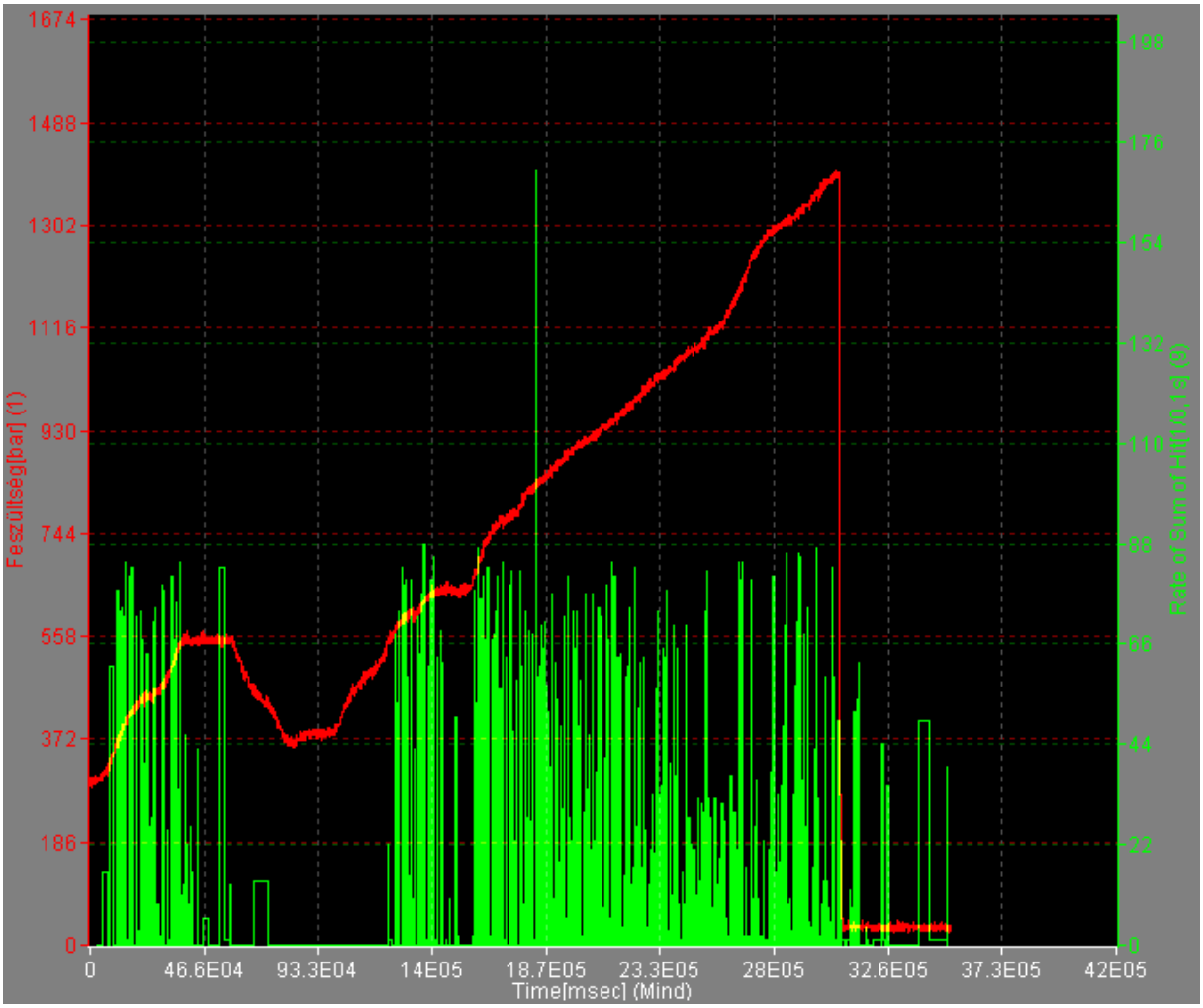
Rate of hits from sensor 6



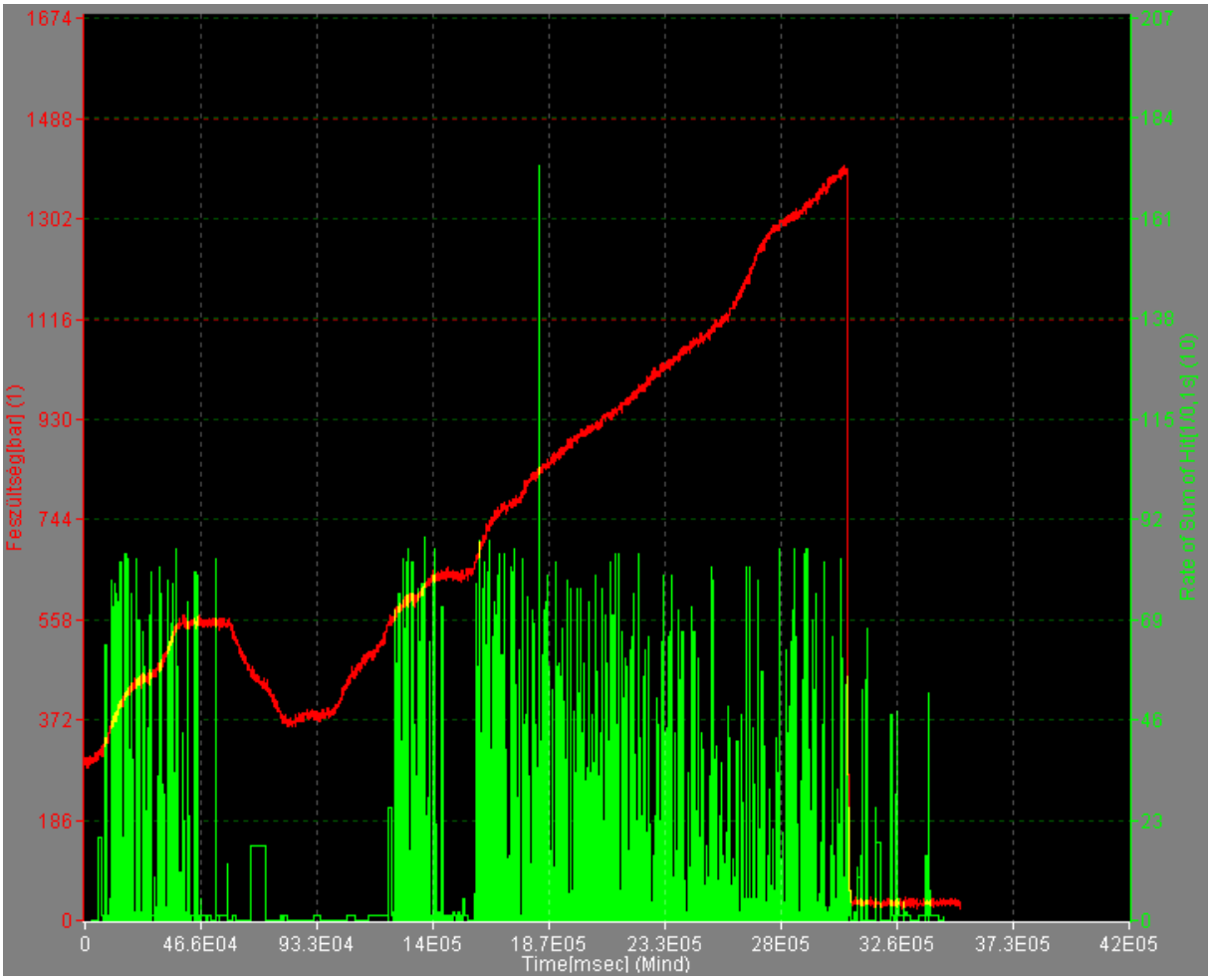
Rate of hits from sensor 7



Rate of hits from sensor 8

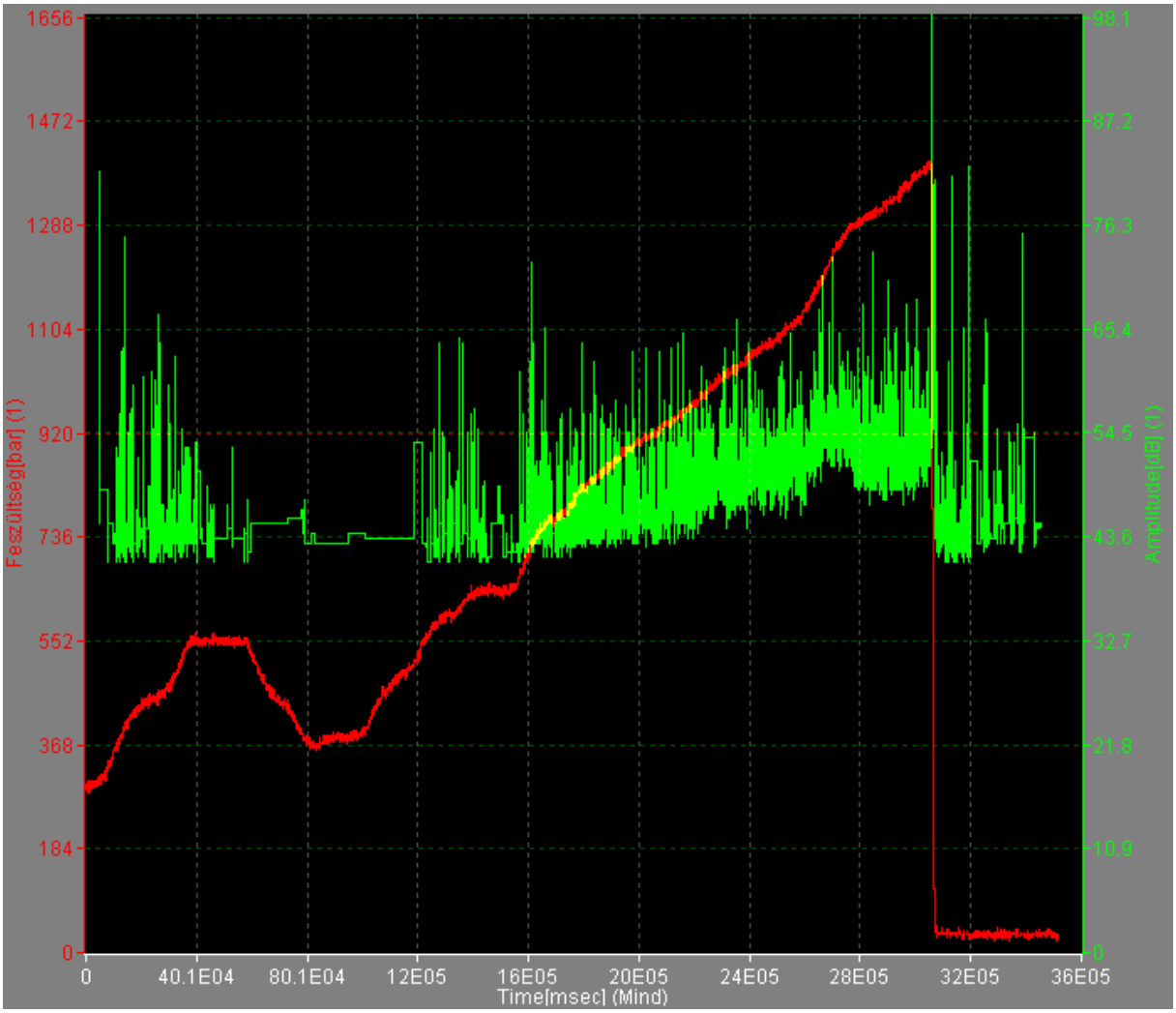


Rate of hits from sensor 9

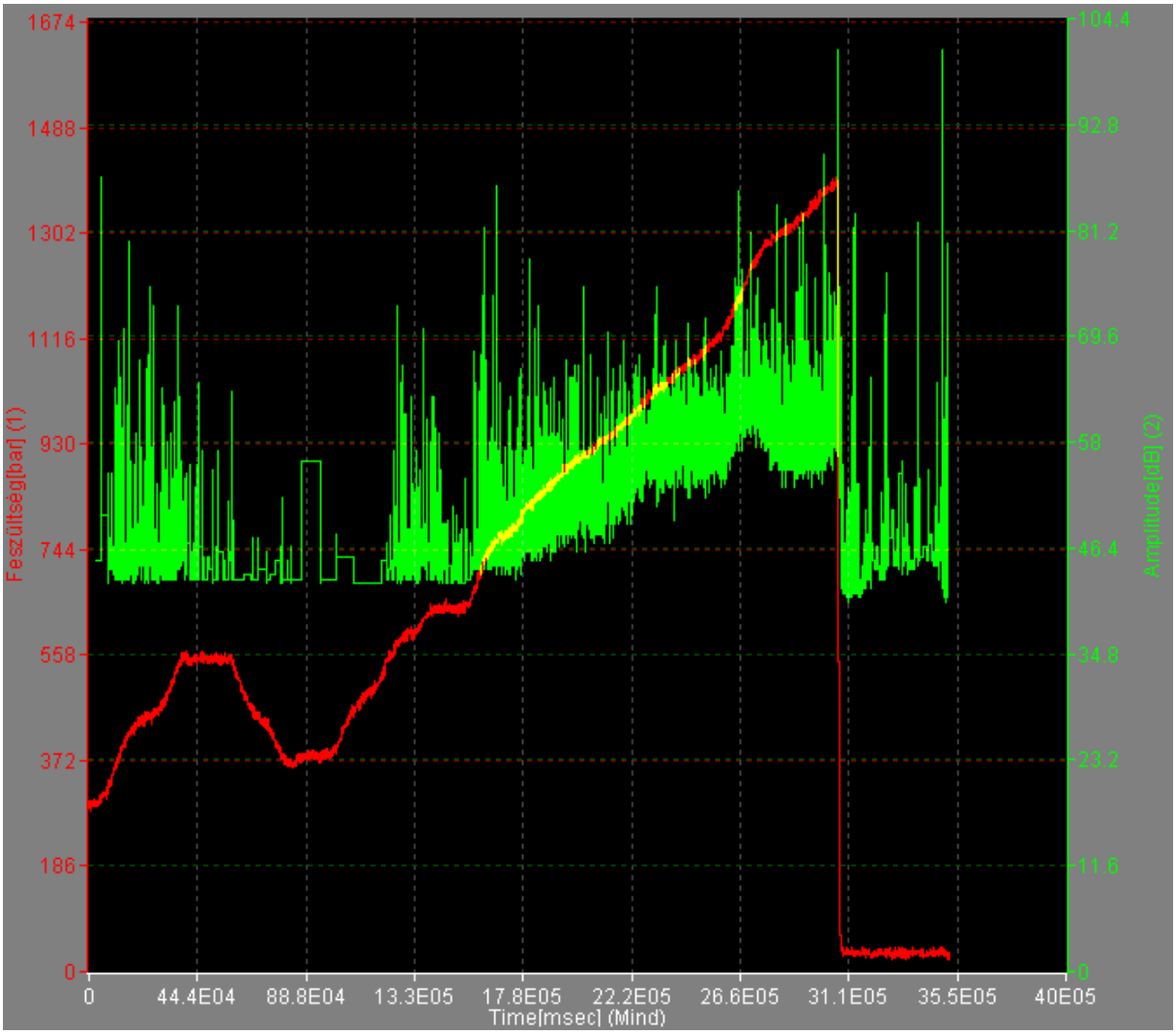


Rate of hits from sensor 10

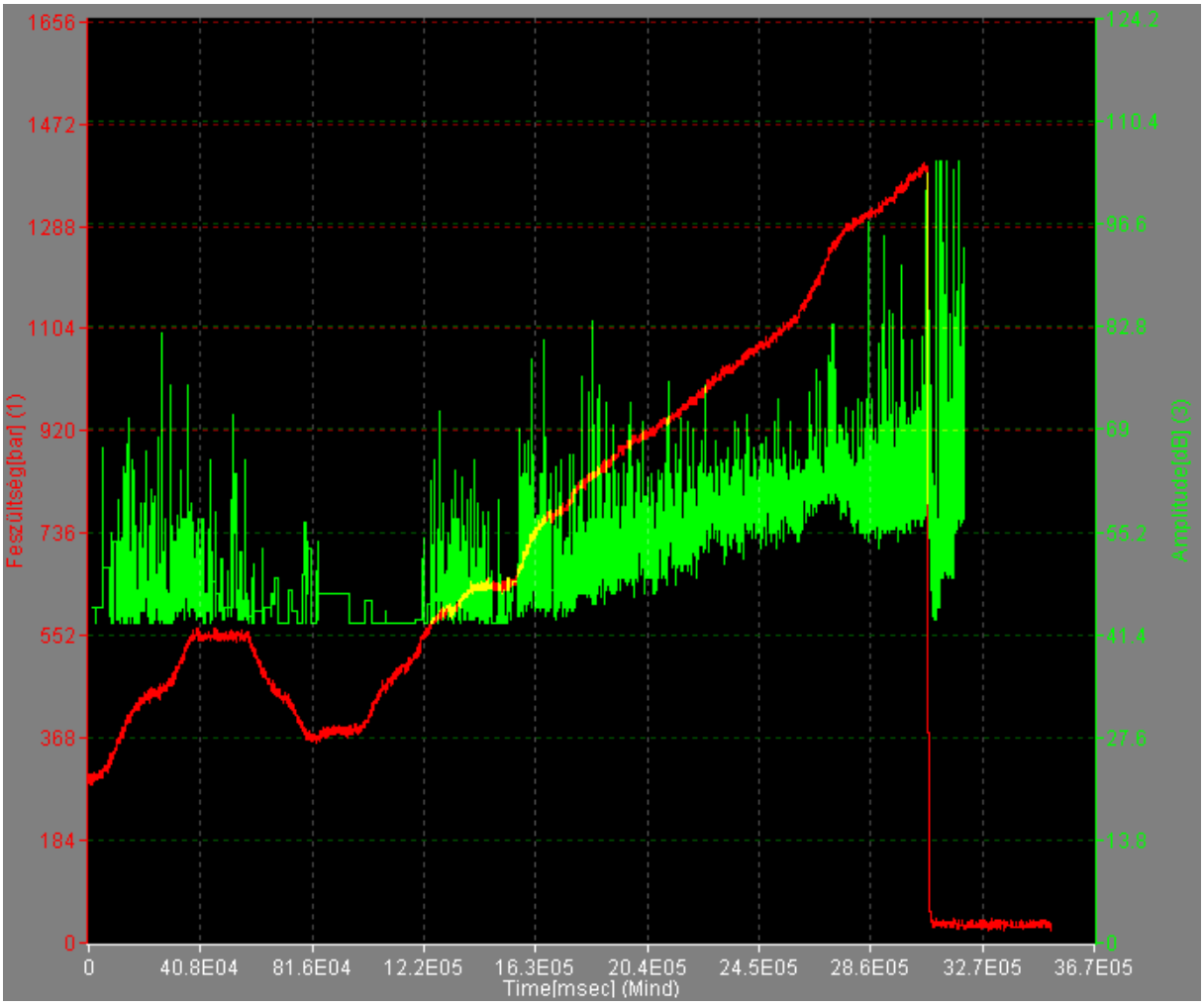
6.3.3. Amplitude of hits from Mes No5



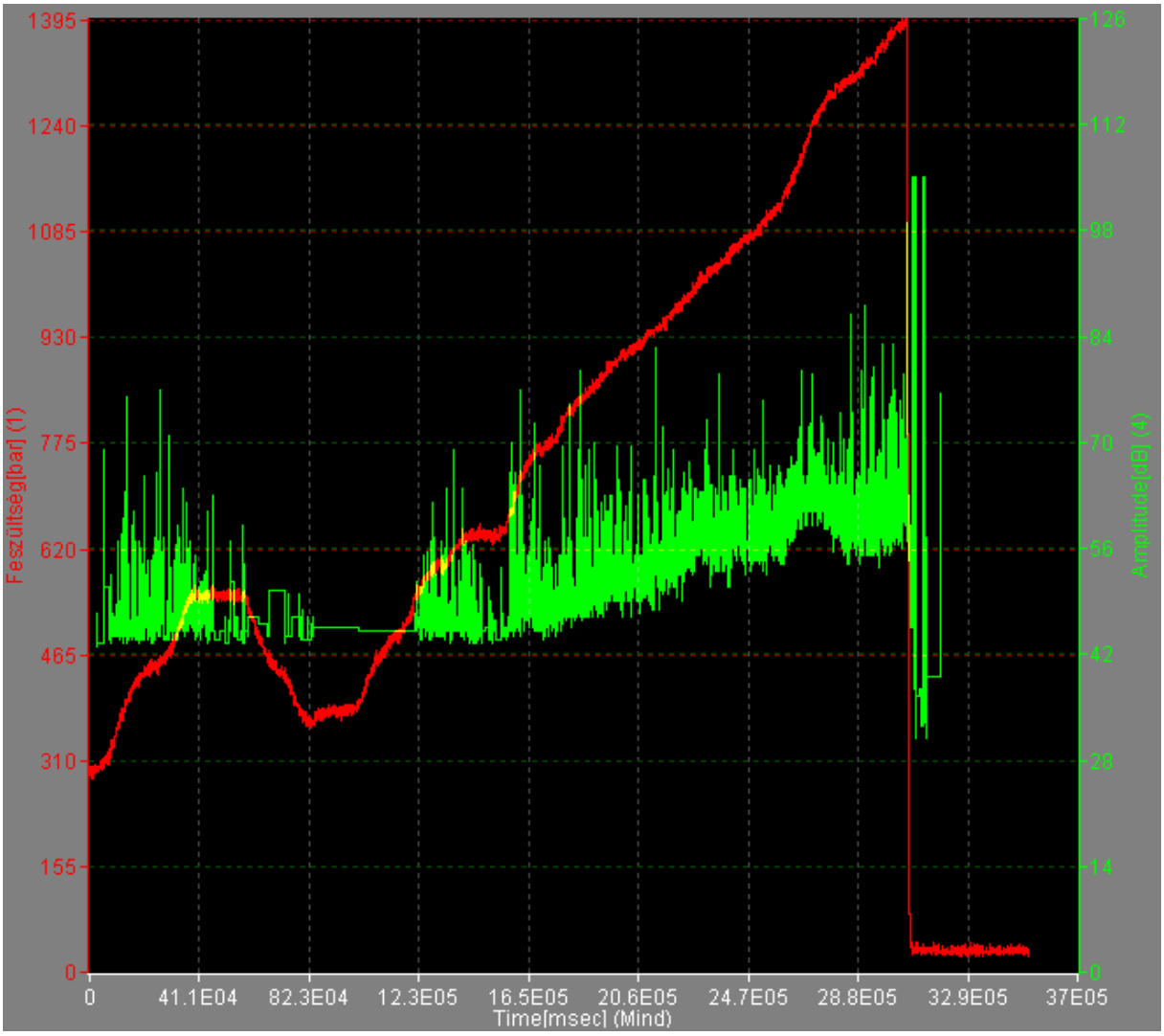
Amplitude of hits from sensor 1



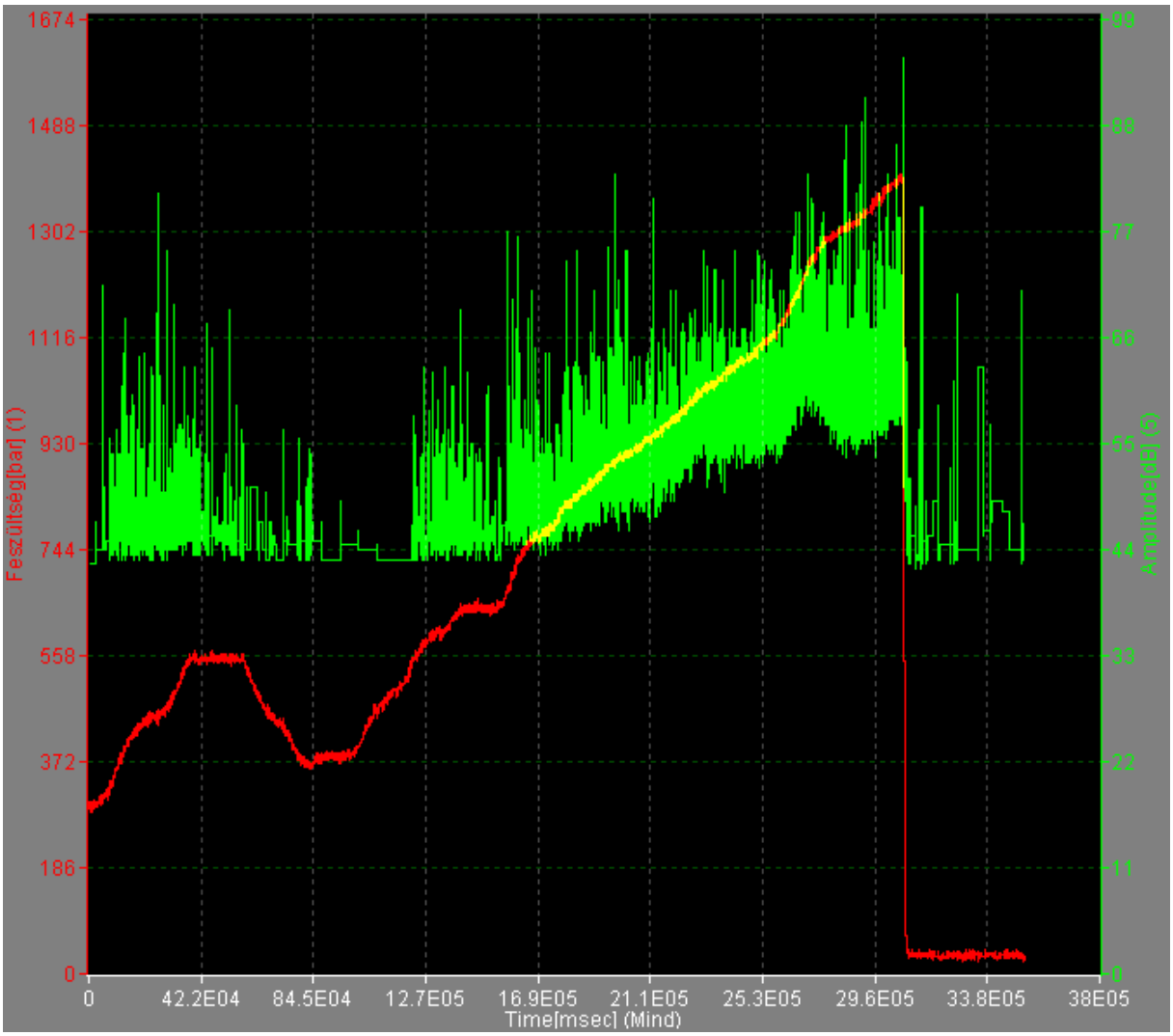
Amplitude of hits from sensor 2



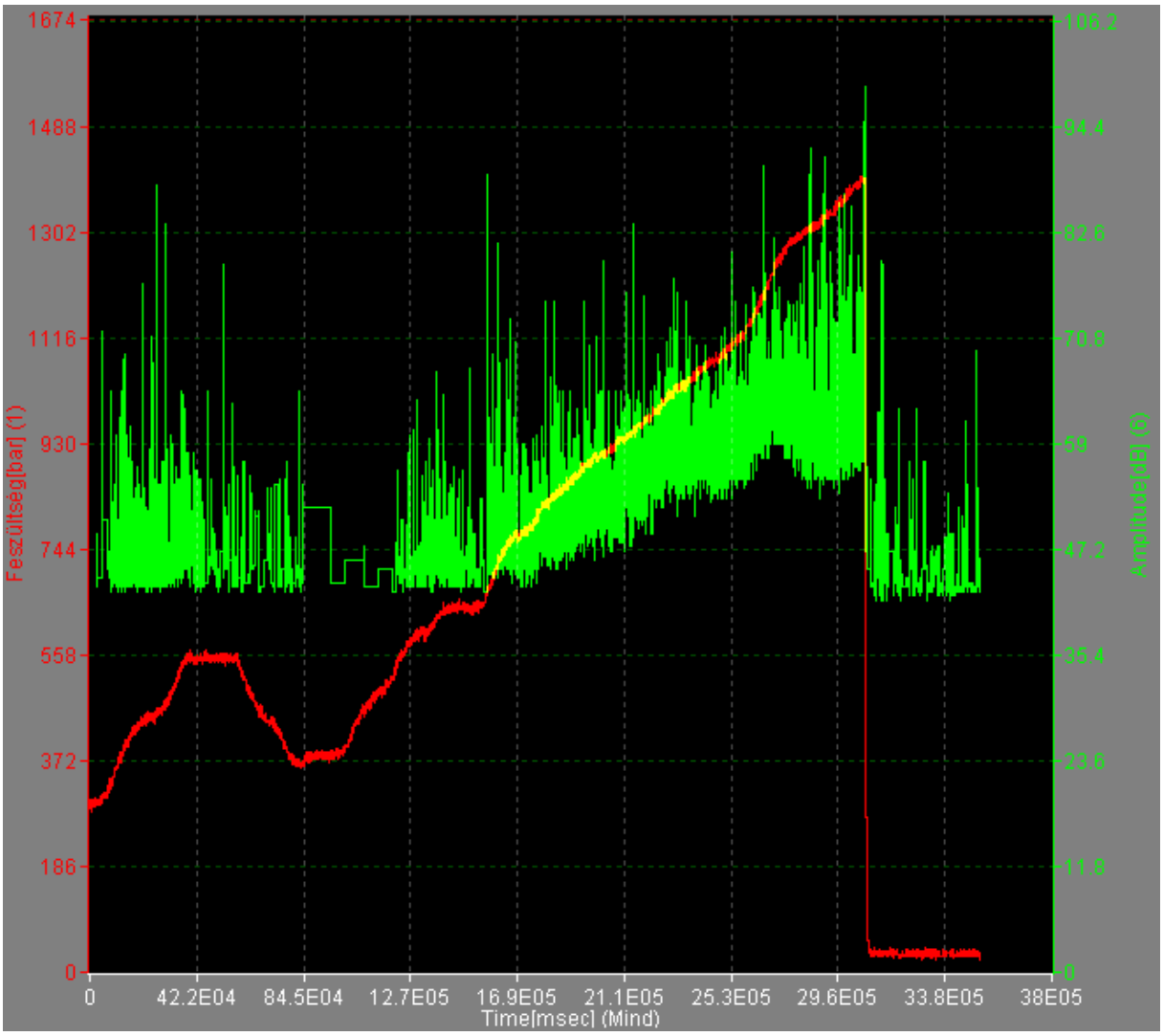
Amplitude of hits from sensor 3



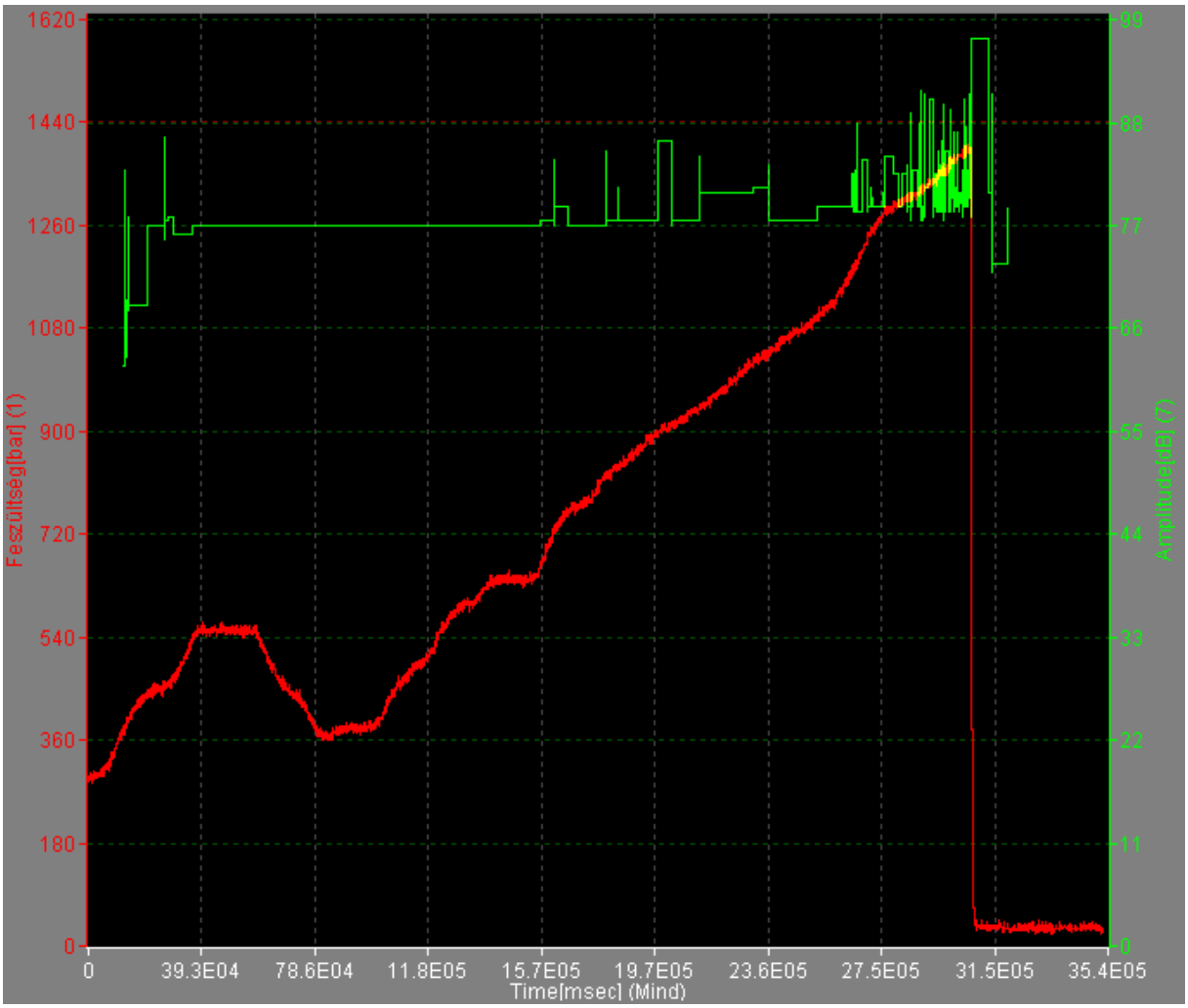
Amplitude of hits from sensor 4



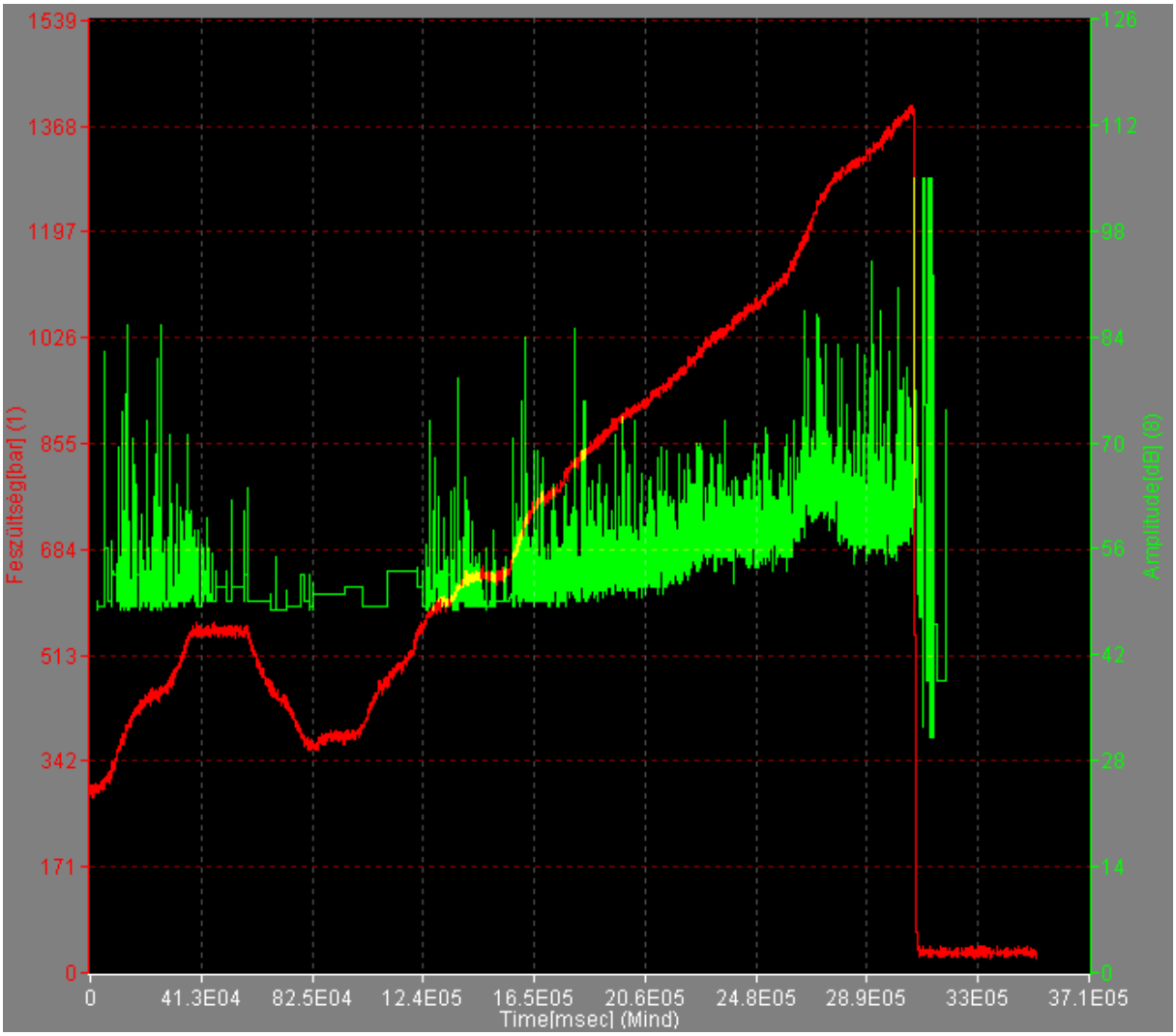
Amplitude of hits from sensor 5



Amplitude of hits from sensor 6

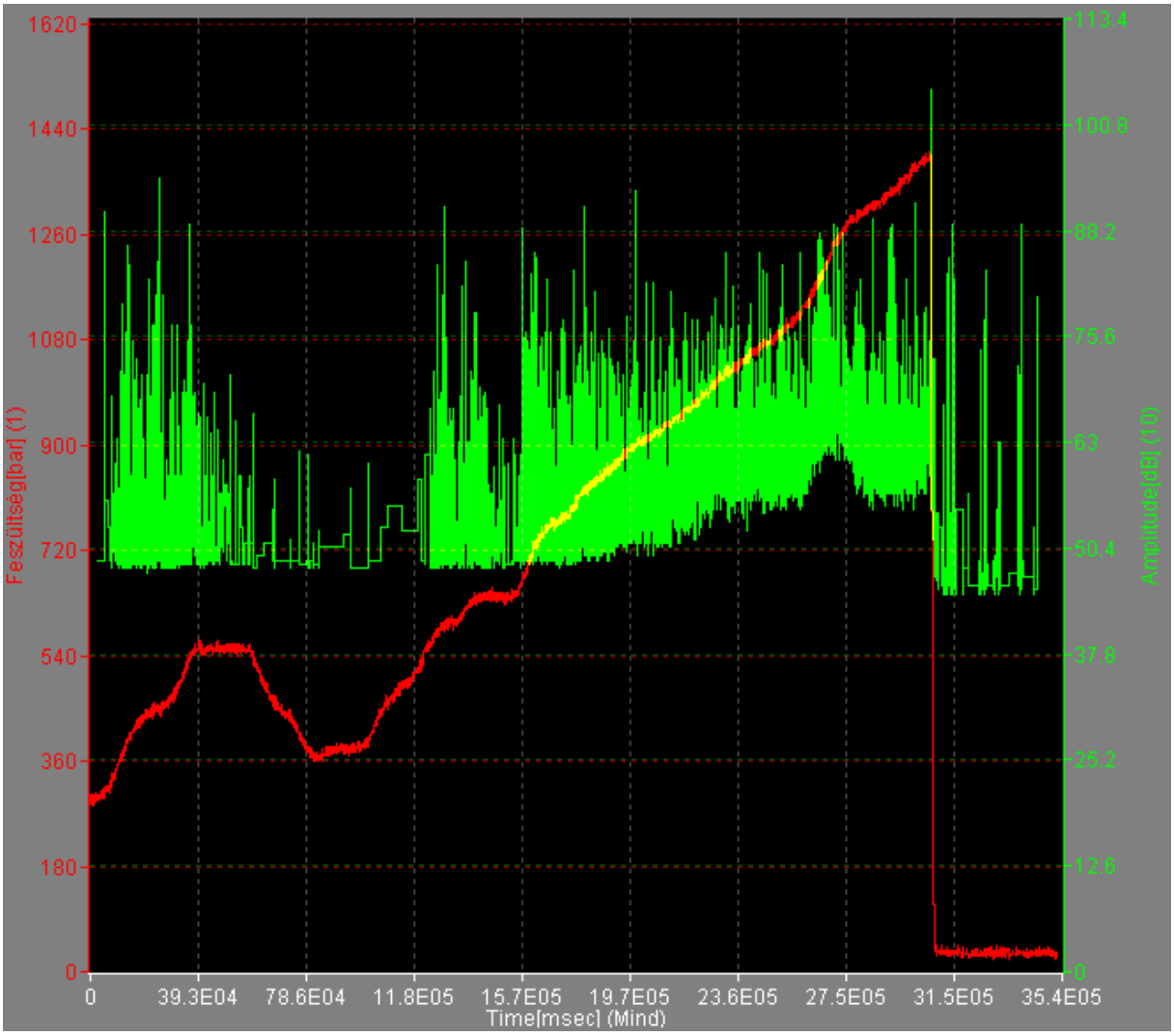


Amplitude of hits from sensor 7



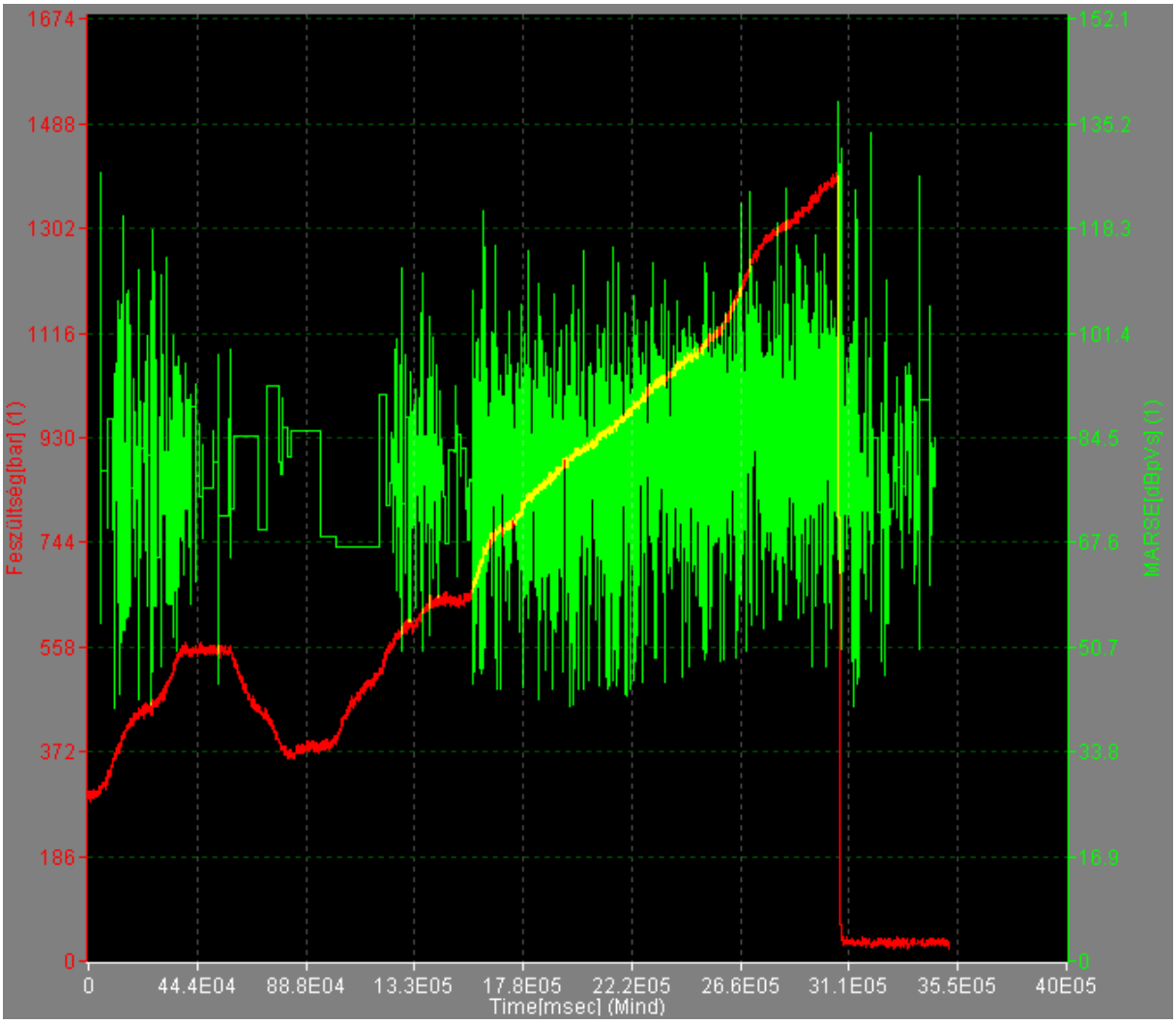
Amplitude of hits from sensor 8

Amplitude of hits from sensor 9

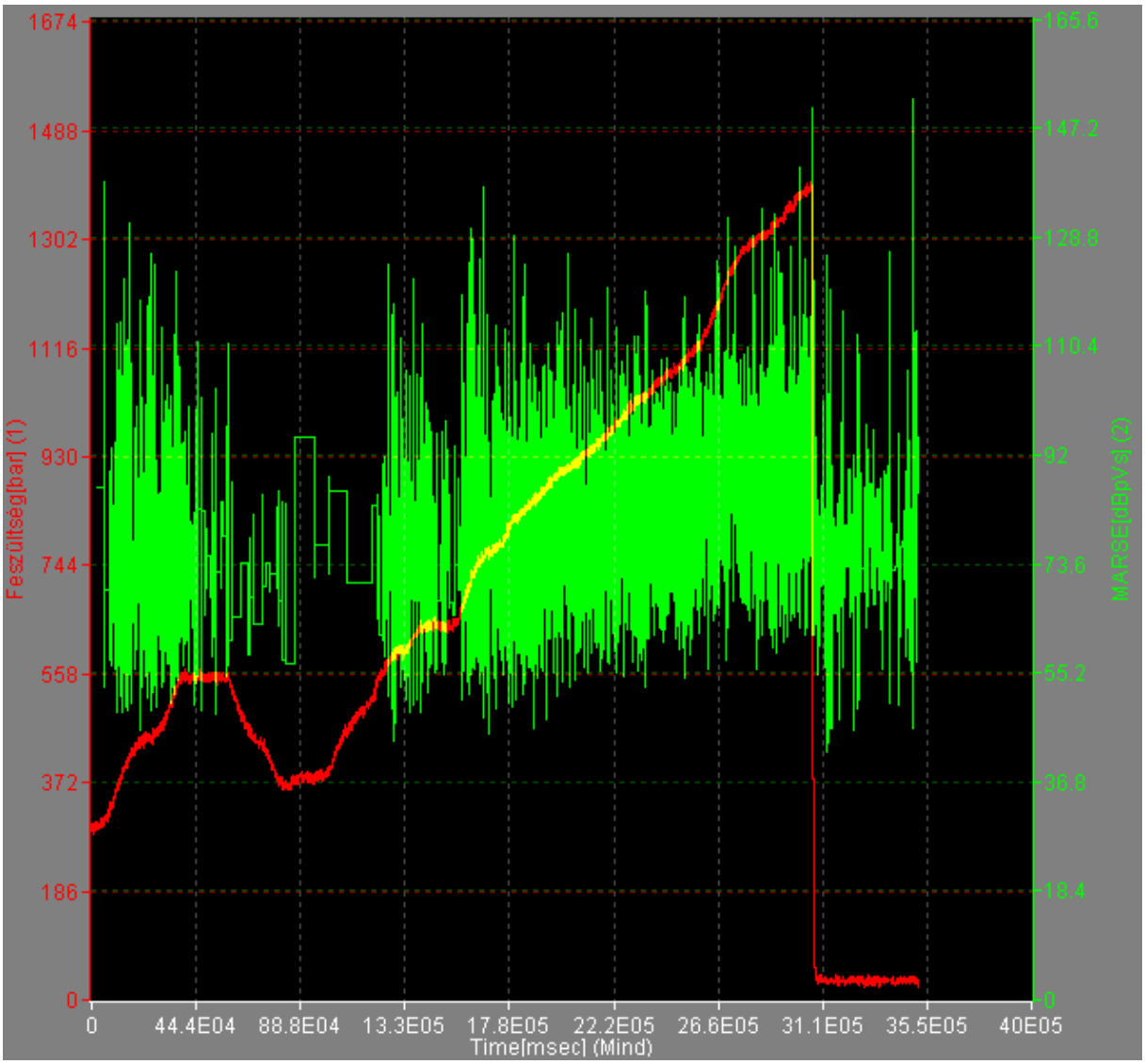


Amplitude of hits from sensor 10

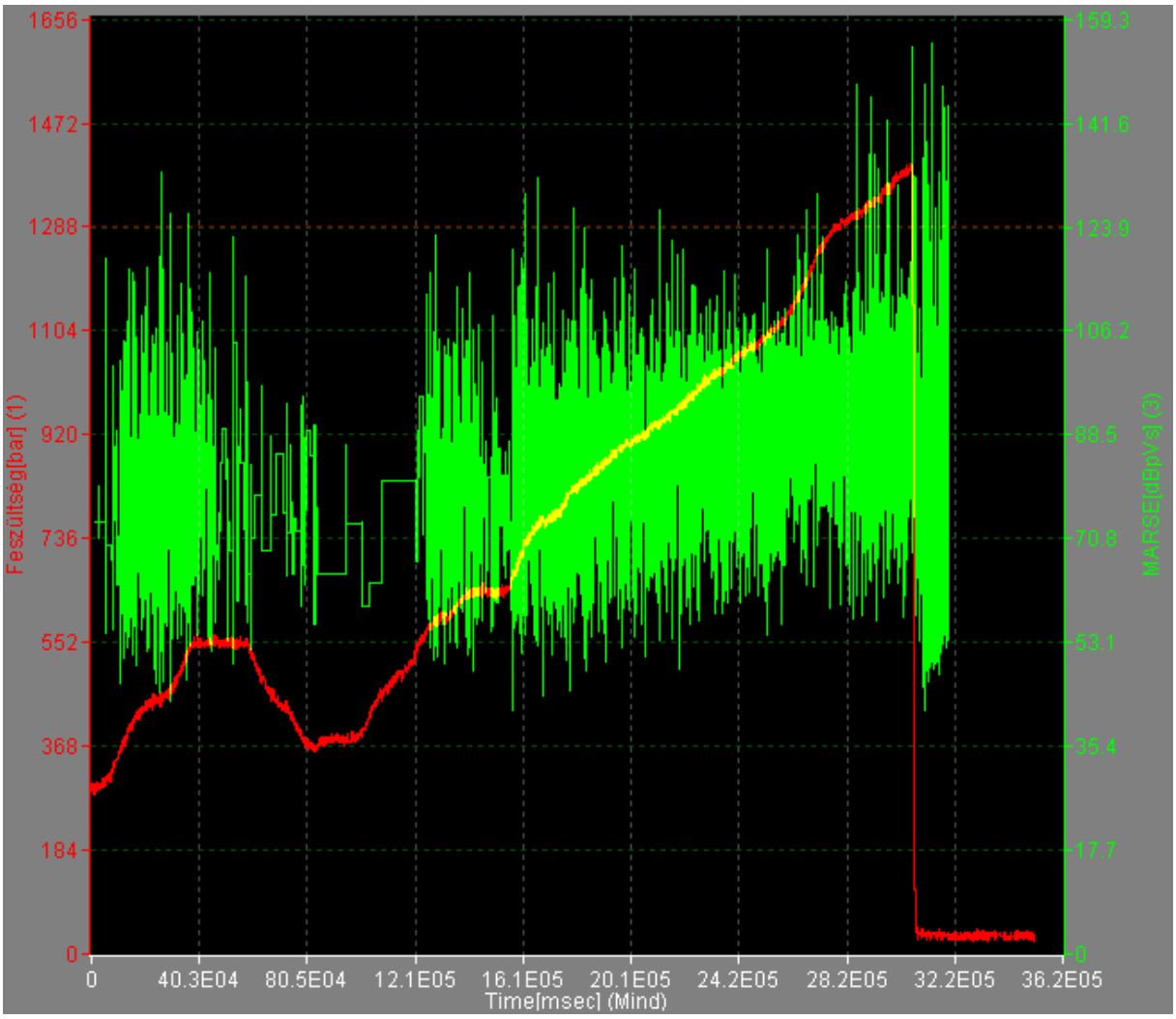
6.3.4. MARSE measured in Meas N5



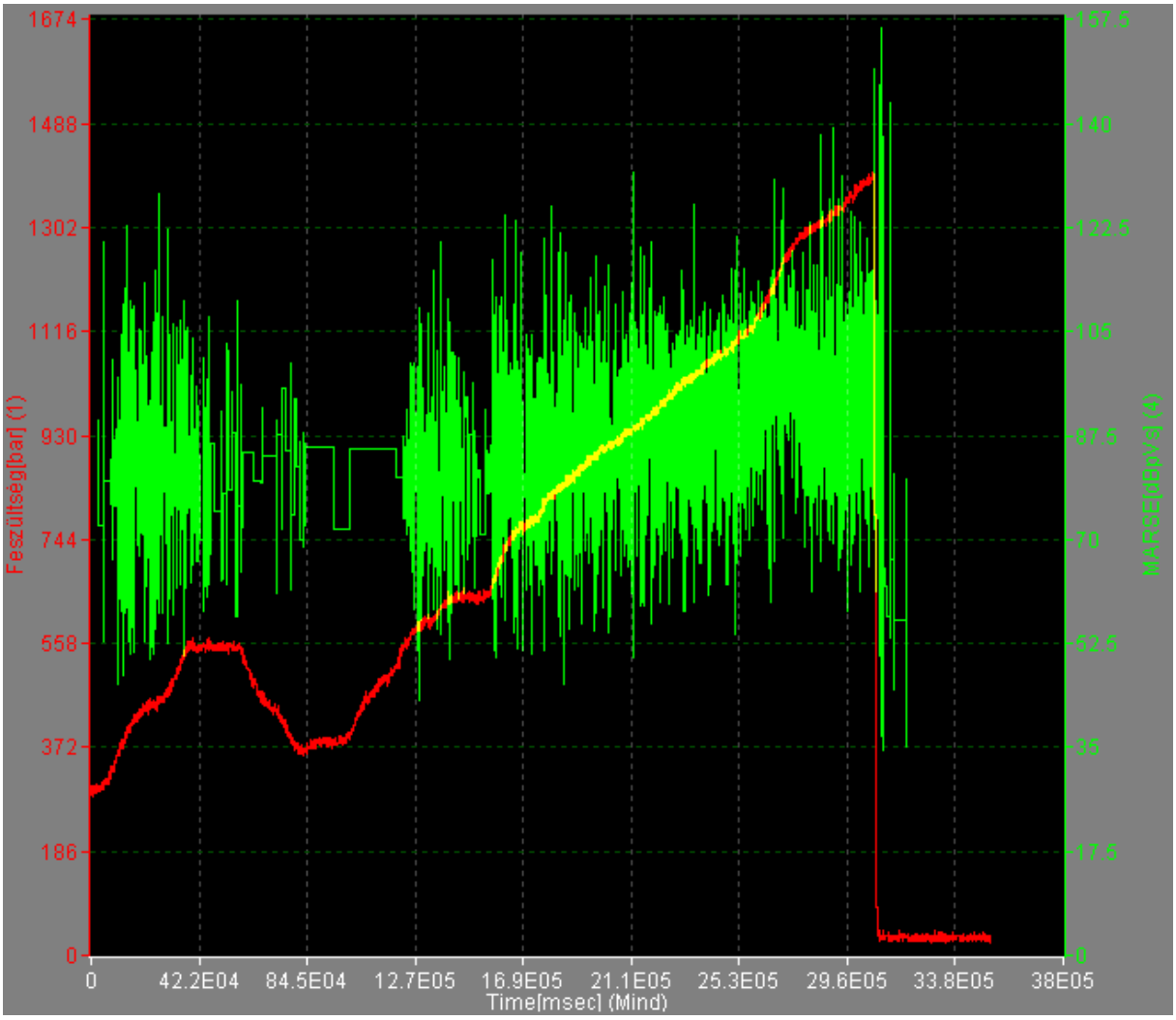
Marse measured by sensor 1



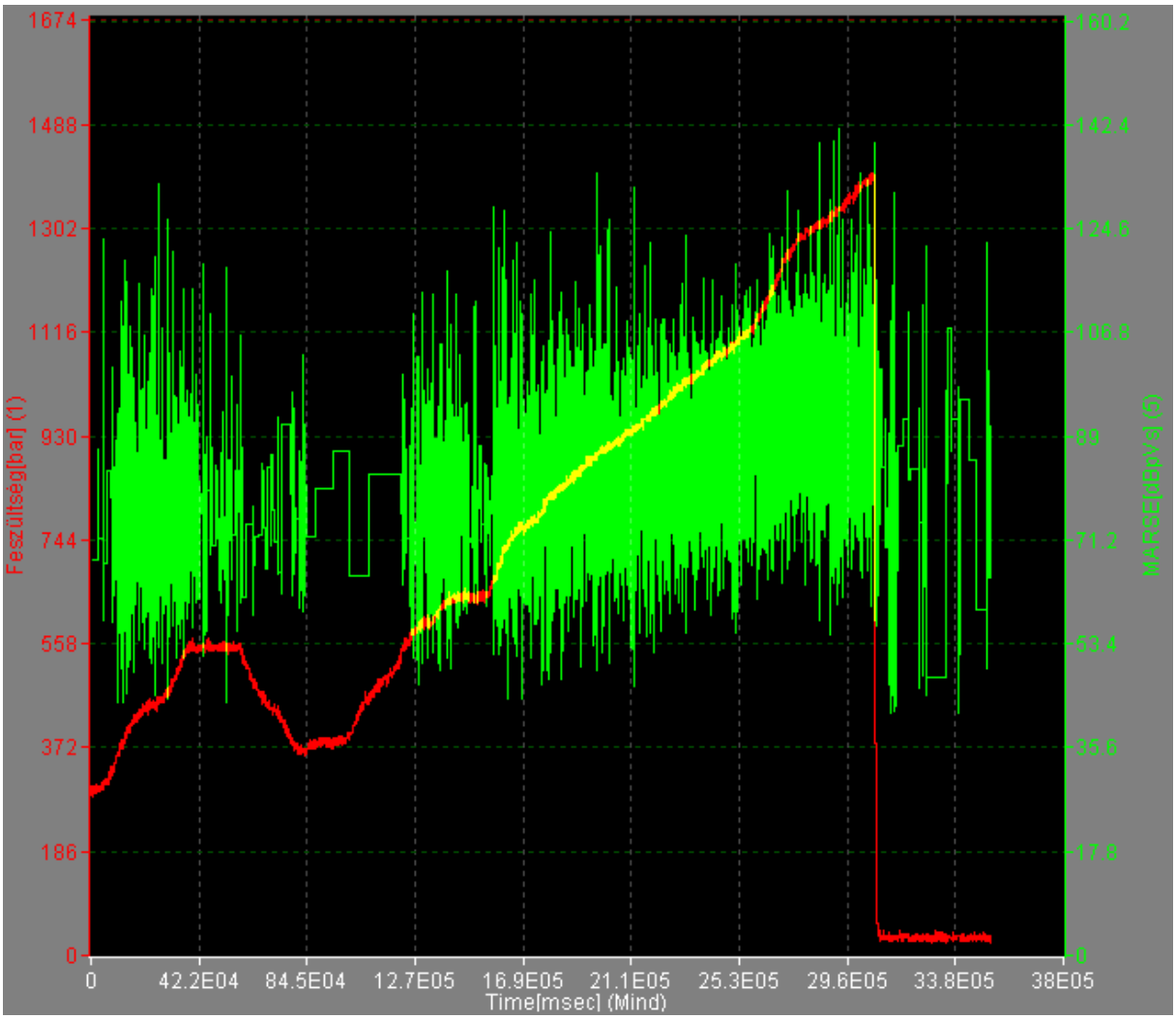
Marse measured by sensor 2



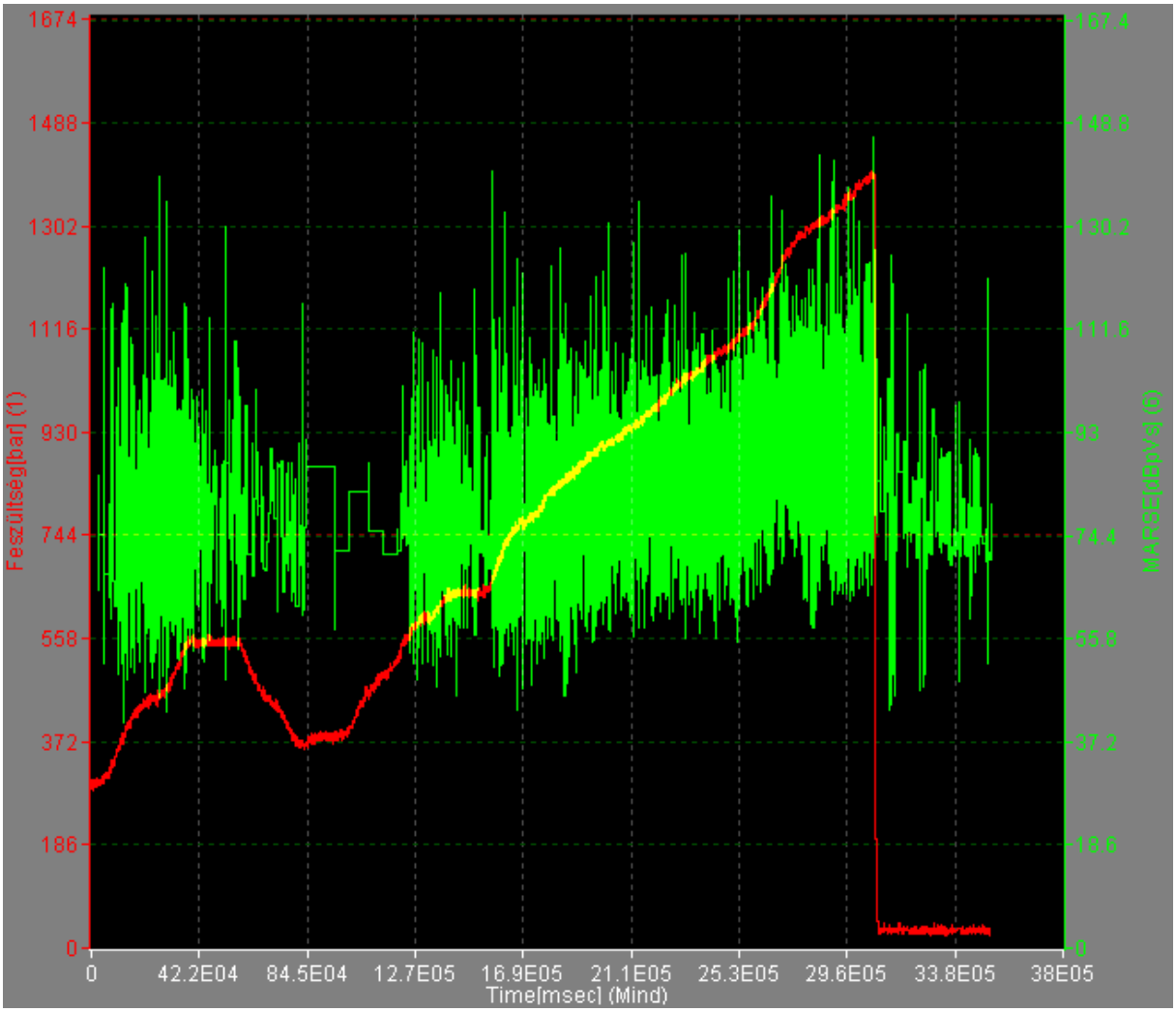
Marse measured by sensor 3



Marse measured by sensor 4

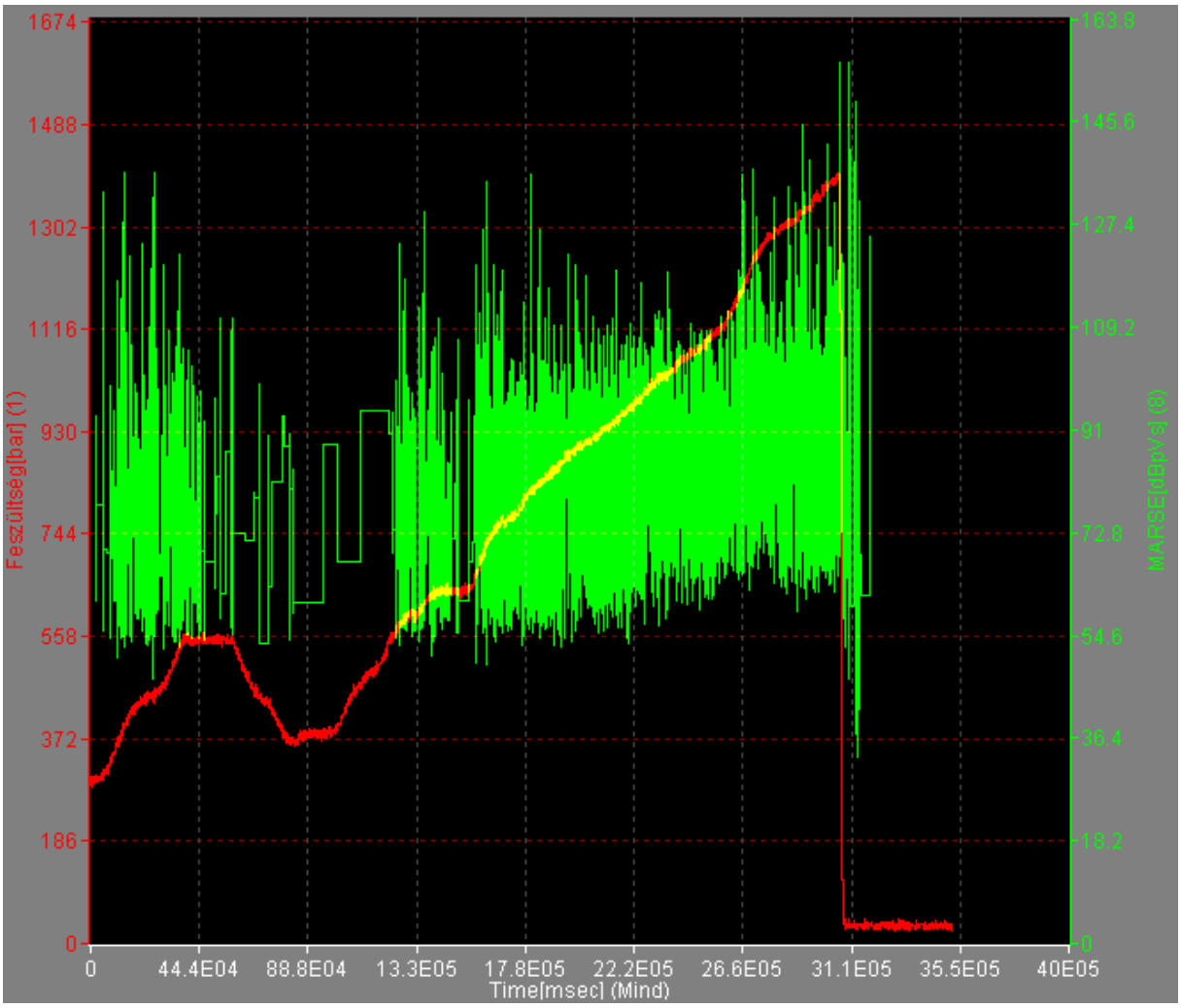


Marse measured by sensor 5

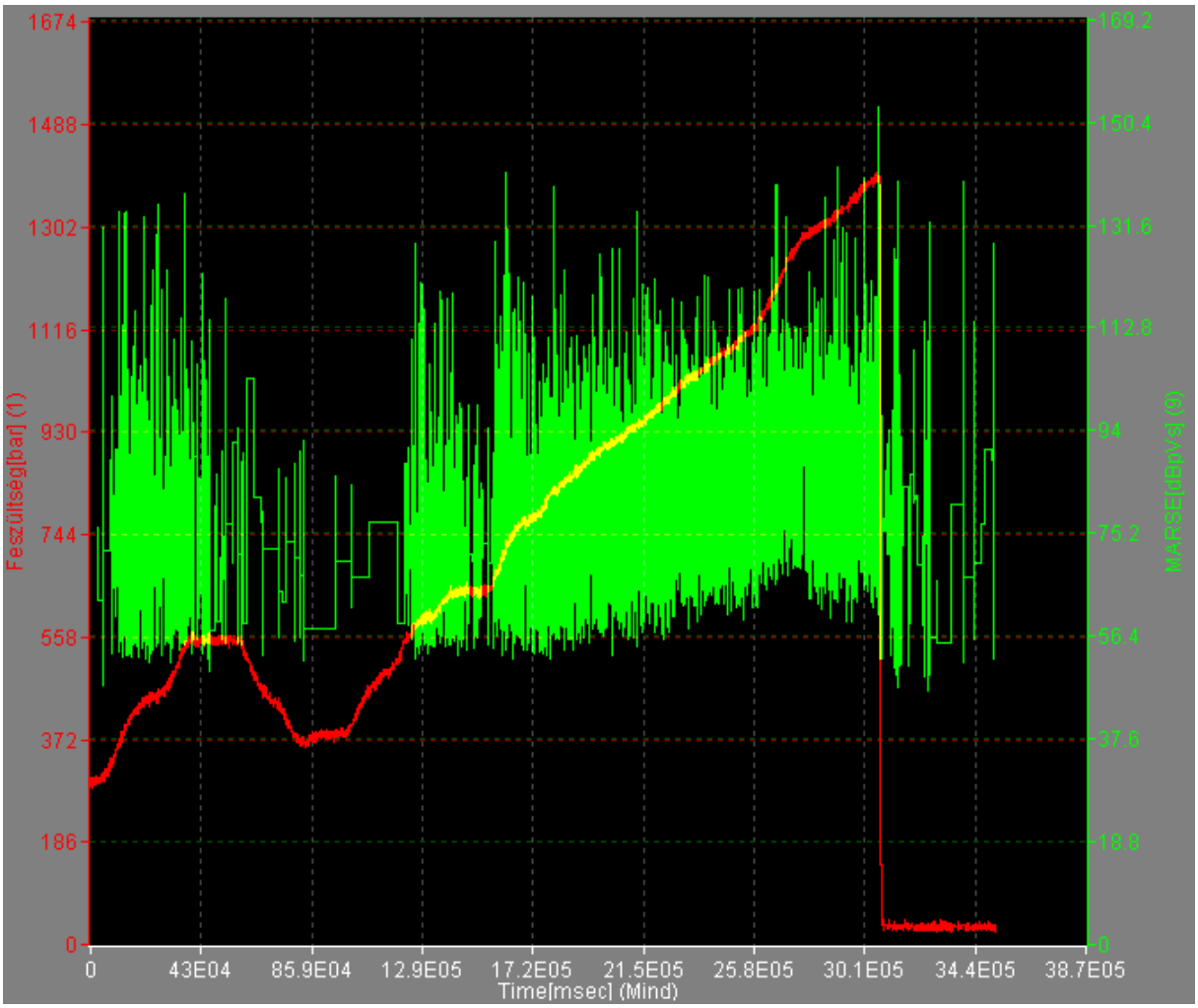


Marse measured by sensor 6

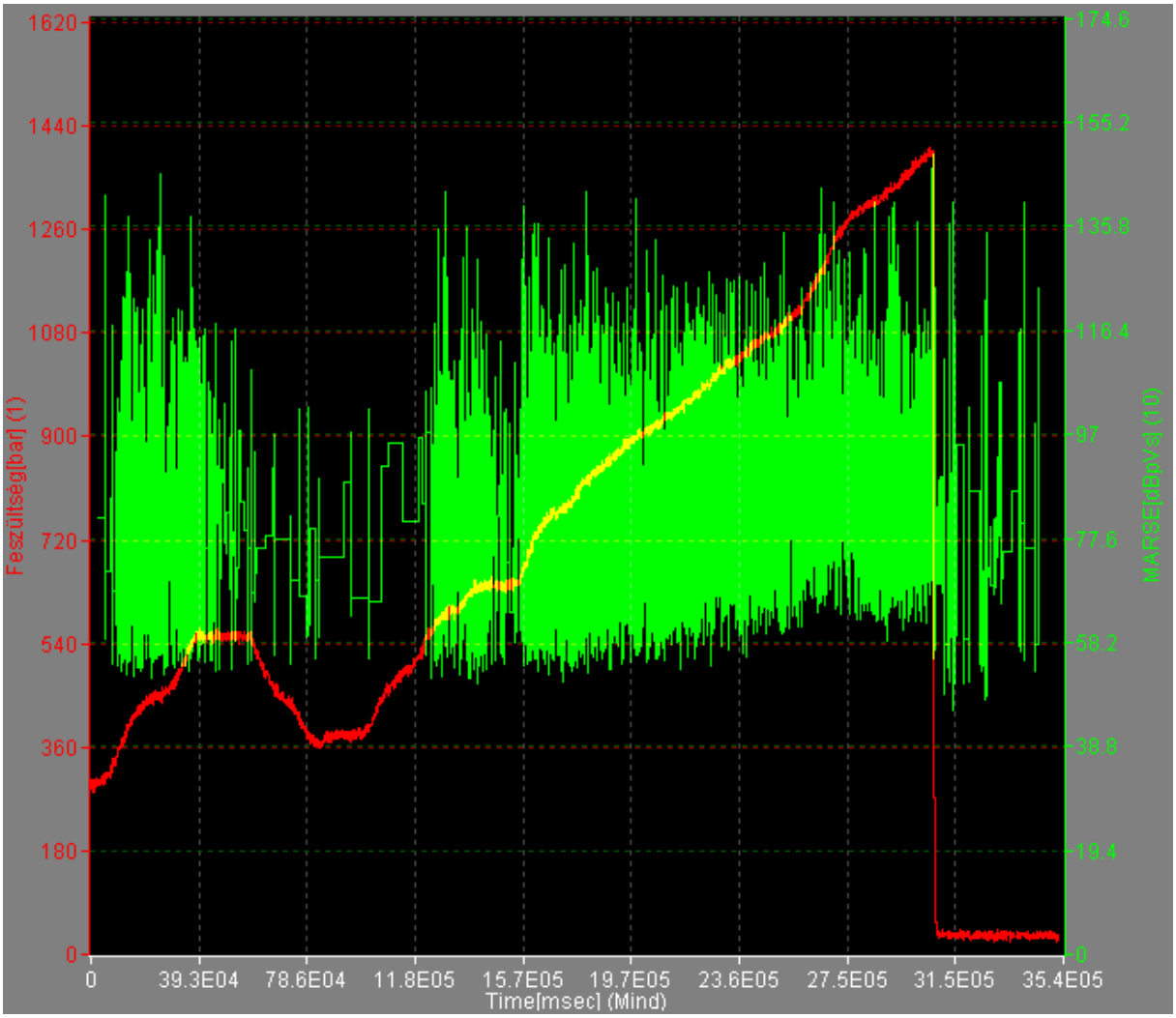
Marse measured by sensor 7



Marse measured by sensor 8

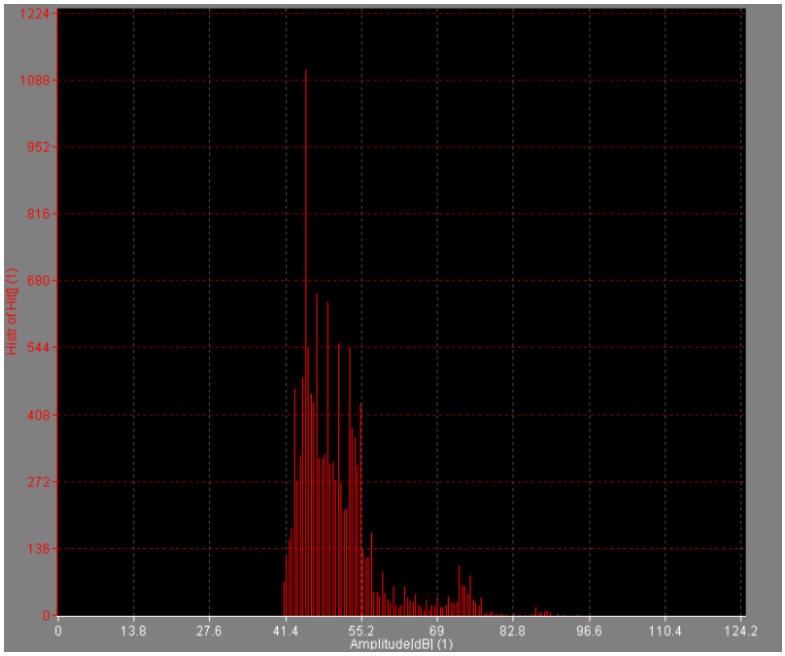


Marse measured by sensor 9

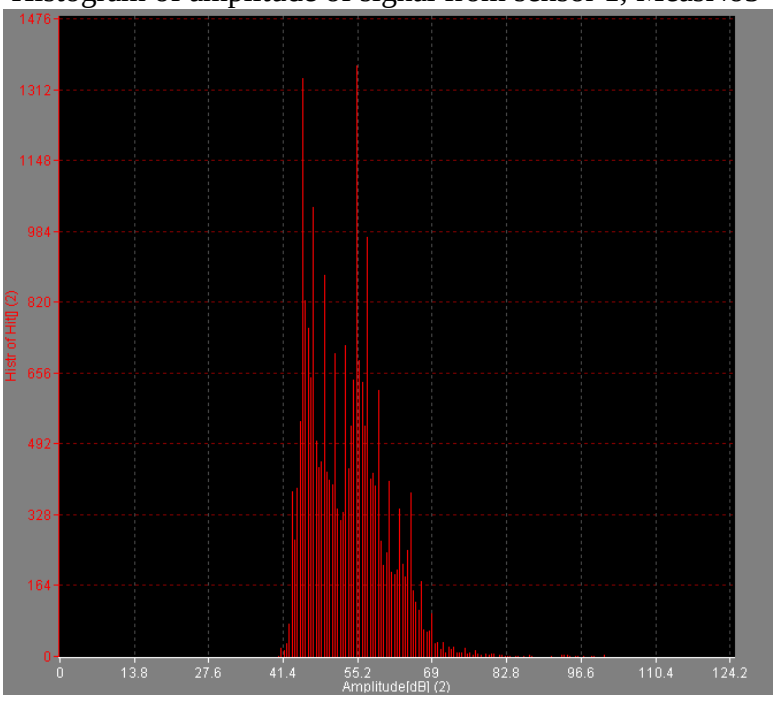


Marse measured by sensor 10

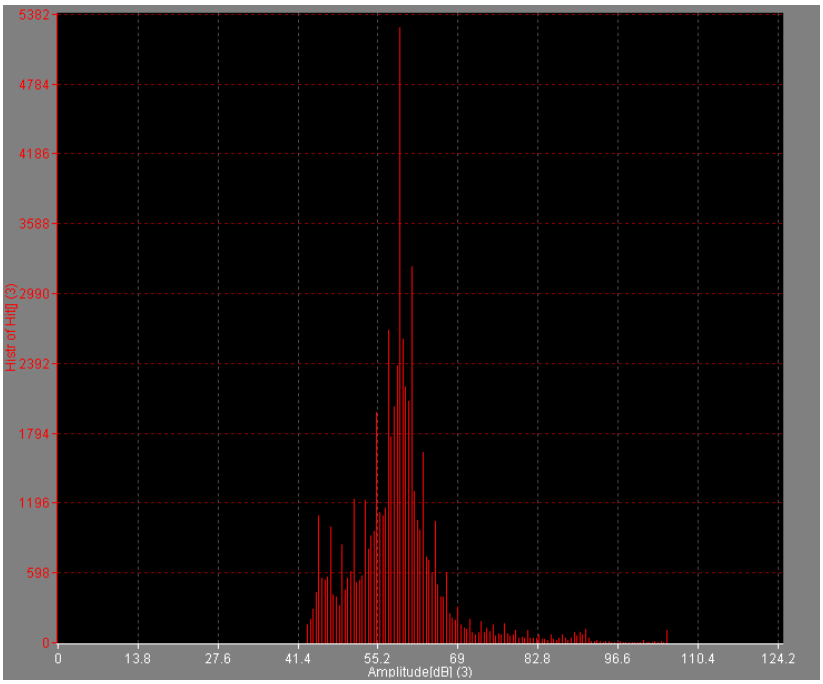
6.3.5. Histograms of amplitudes of signals measured during Meas.No5



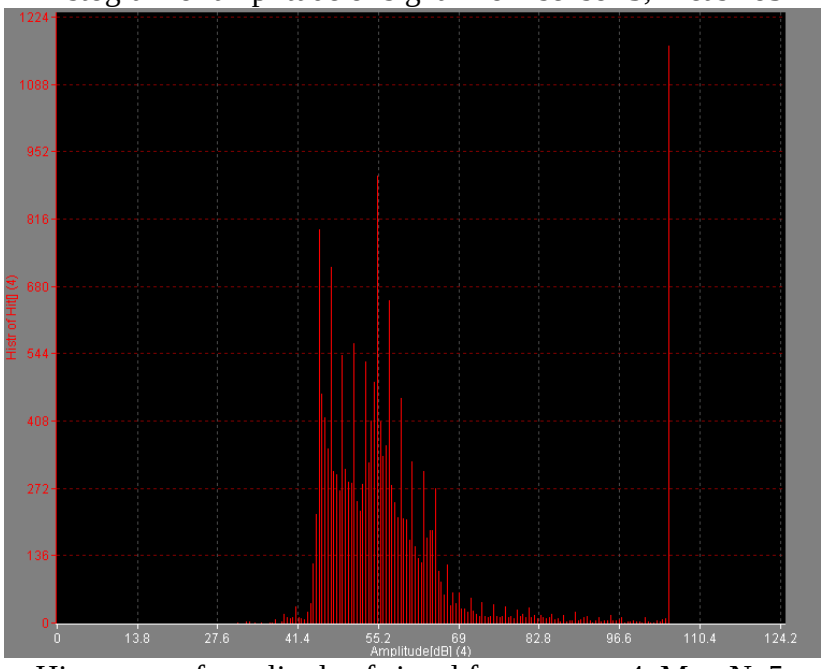
Histogram of amplitude of signal from sensor 1, MeasNo5



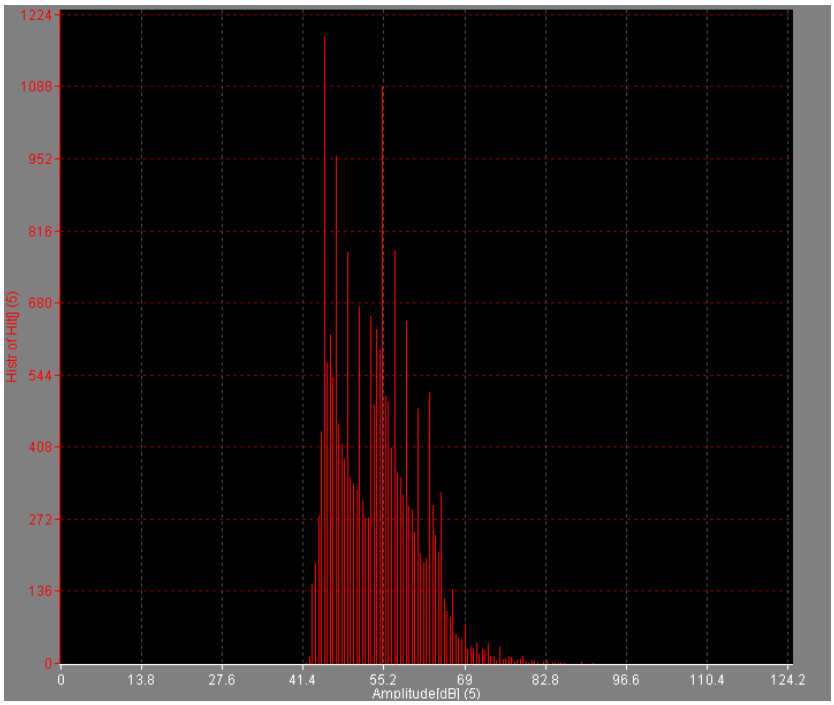
Histogram of amplitude of signal from sensor 2, MeasNo5



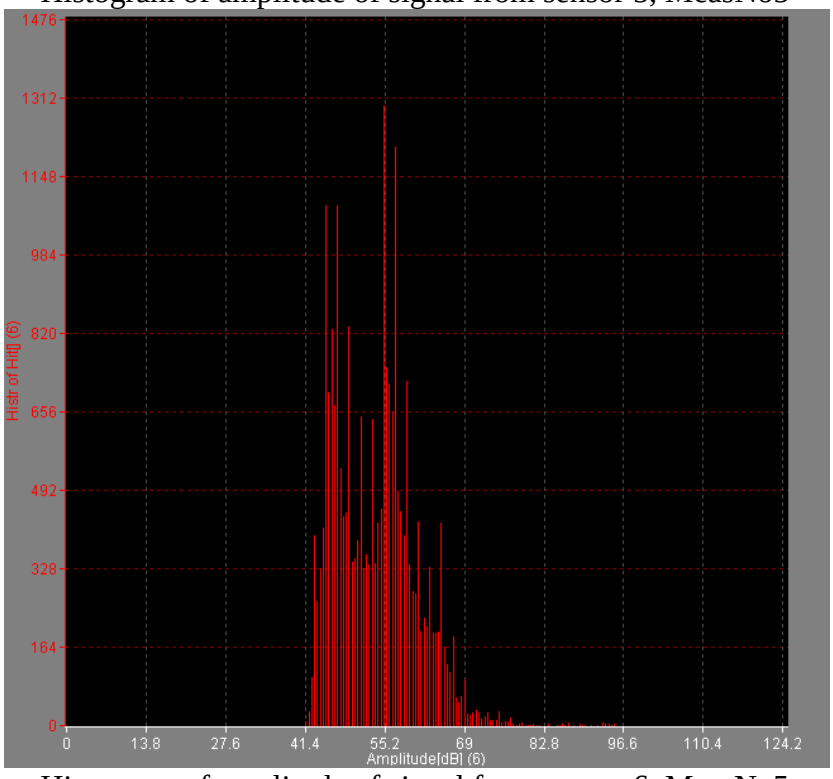
Histogram of amplitude of signal from sensor 3, MeasNo5



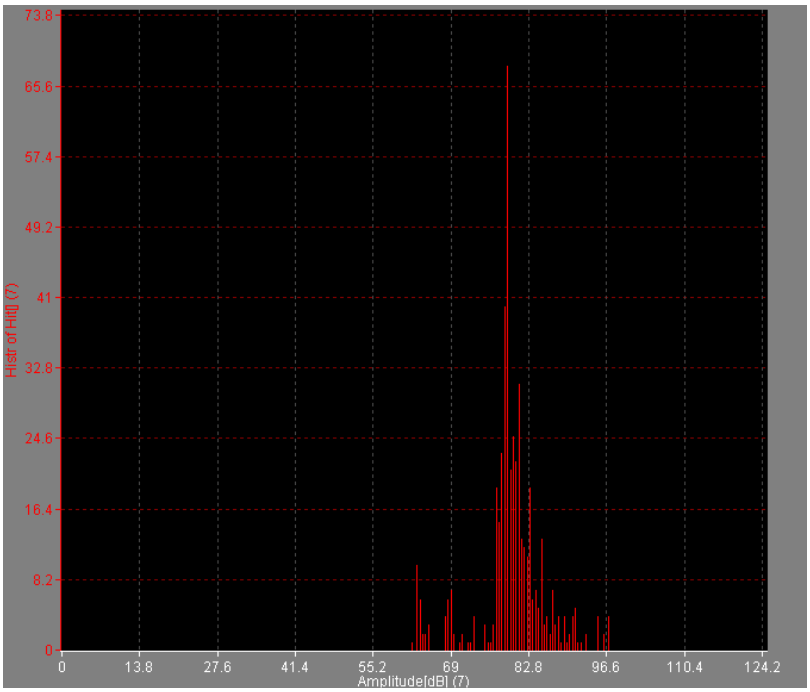
Histogram of amplitude of signal from sensor 4, MeasNo5



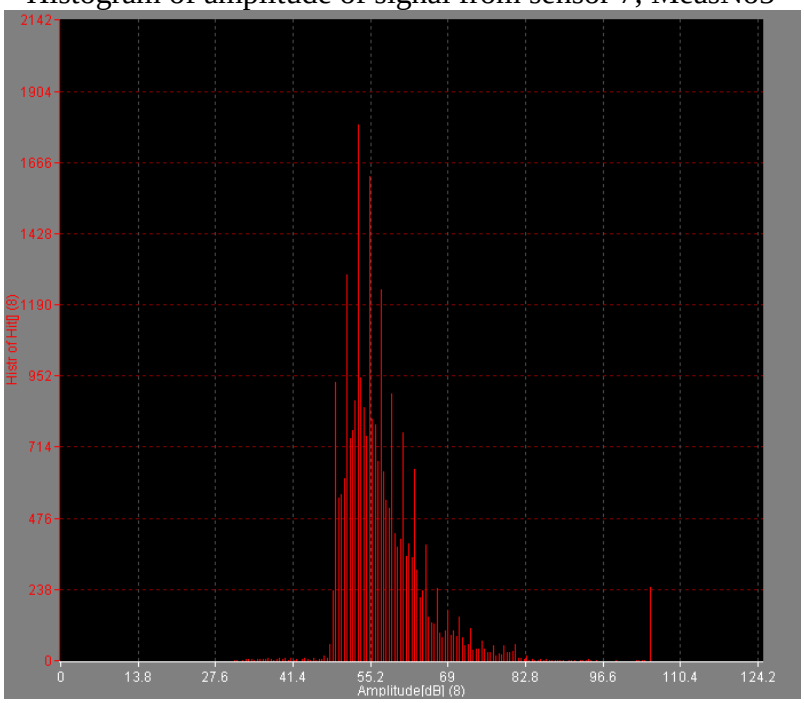
Histogram of amplitude of signal from sensor 5, MeasNo5



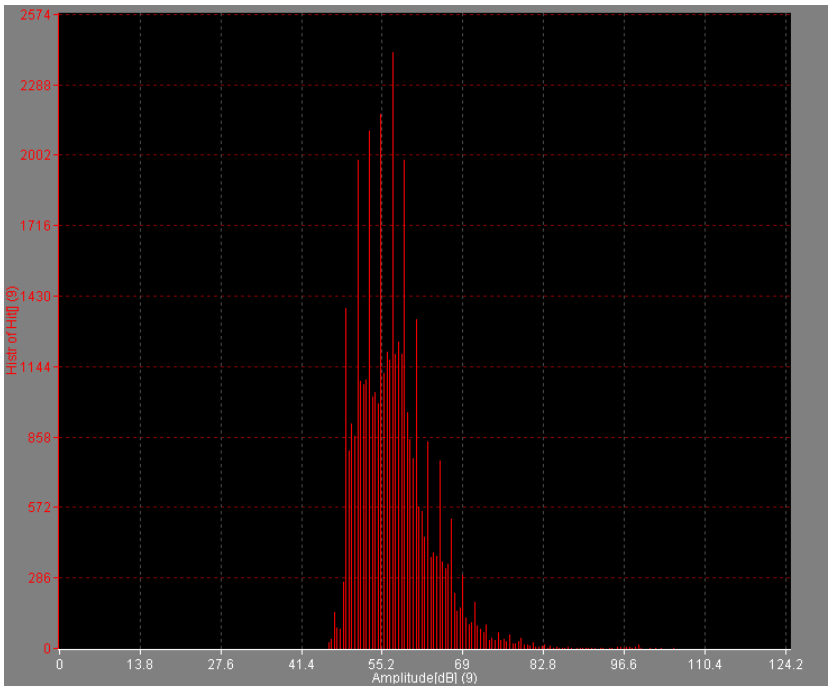
Histogram of amplitude of signal from sensor 6, MeasNo5



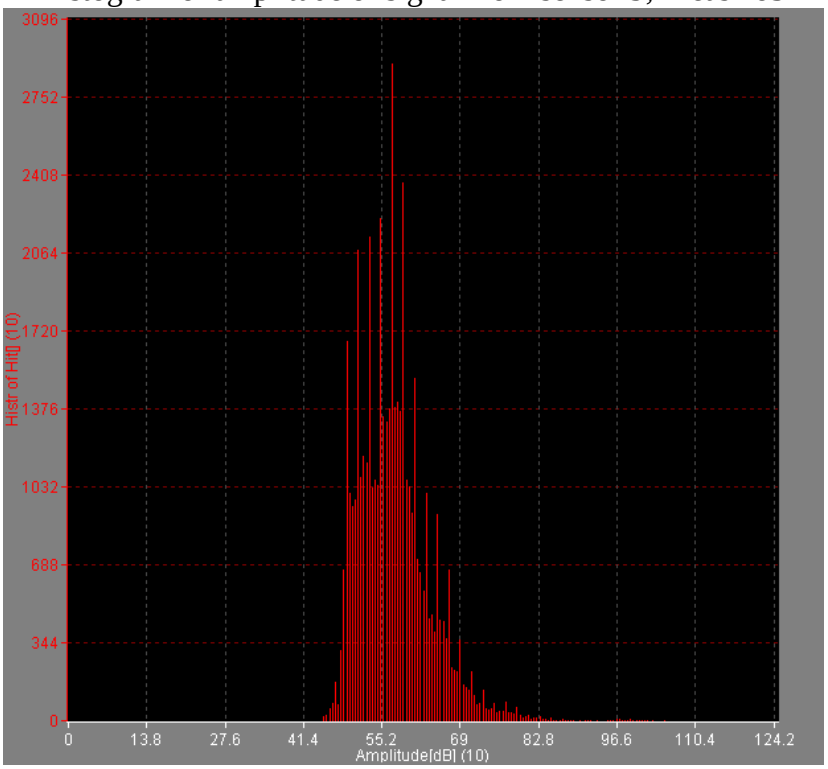
Histogram of amplitude of signal from sensor 7, MeasNo5



Histogram of amplitude of signal from sensor 8, MeasNo5

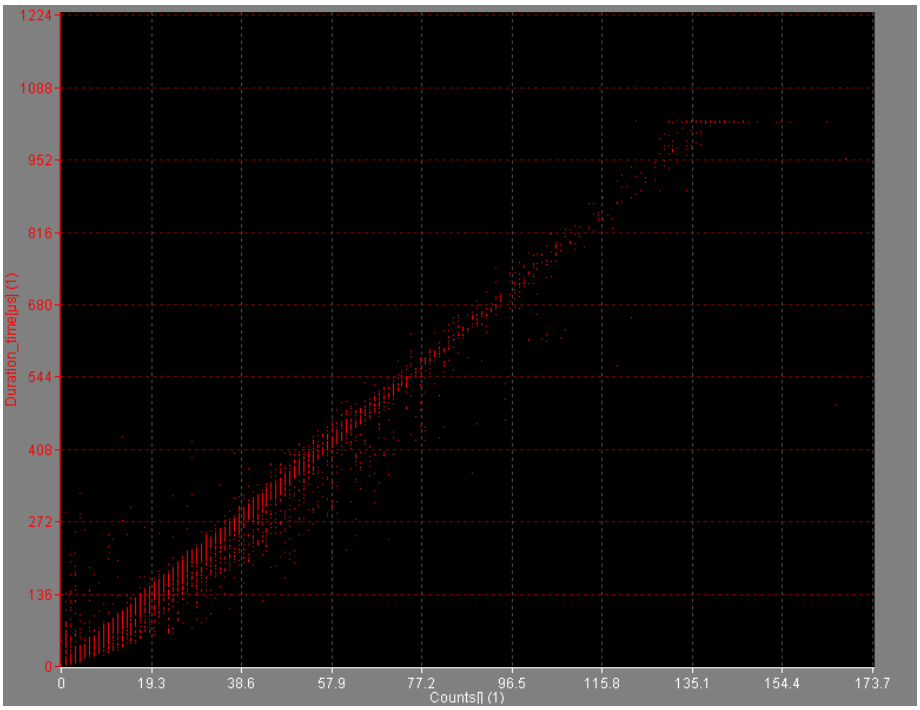


Histogram of amplitude of signal from sensor 9, MeasNo5

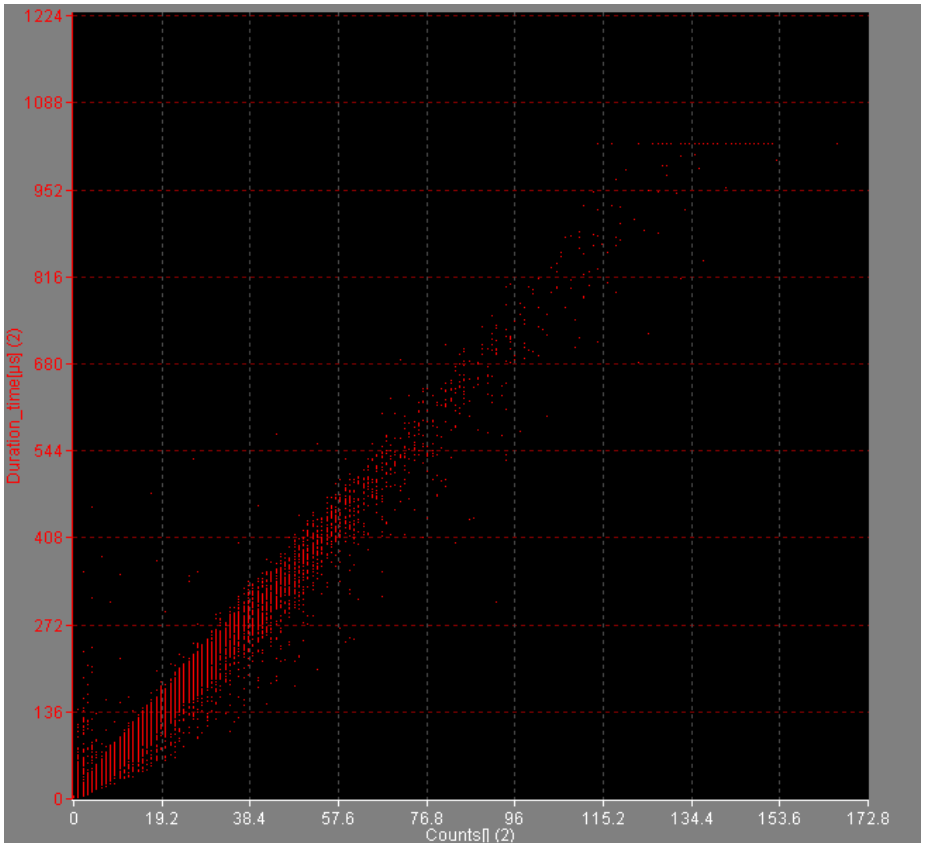


Histogram of amplitude of signal from sensor 10, MeasNo5

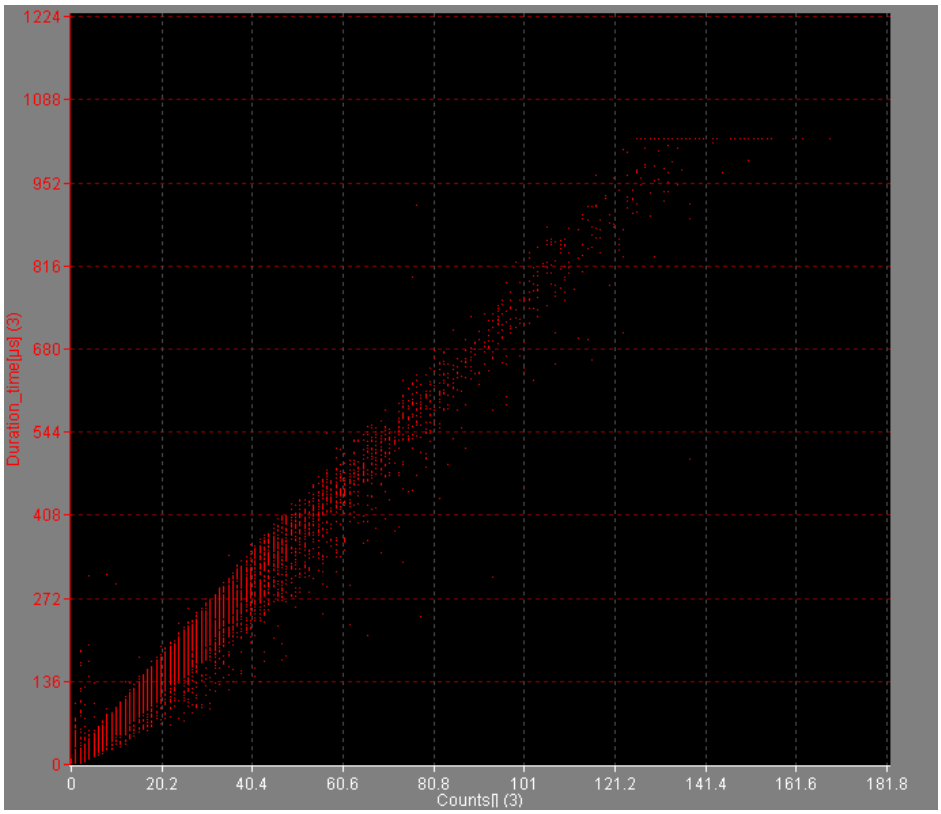
6.3.6. Duration versus Counts in Meas.No5



Duration versus Councts from sensor 1 in Meas.No5

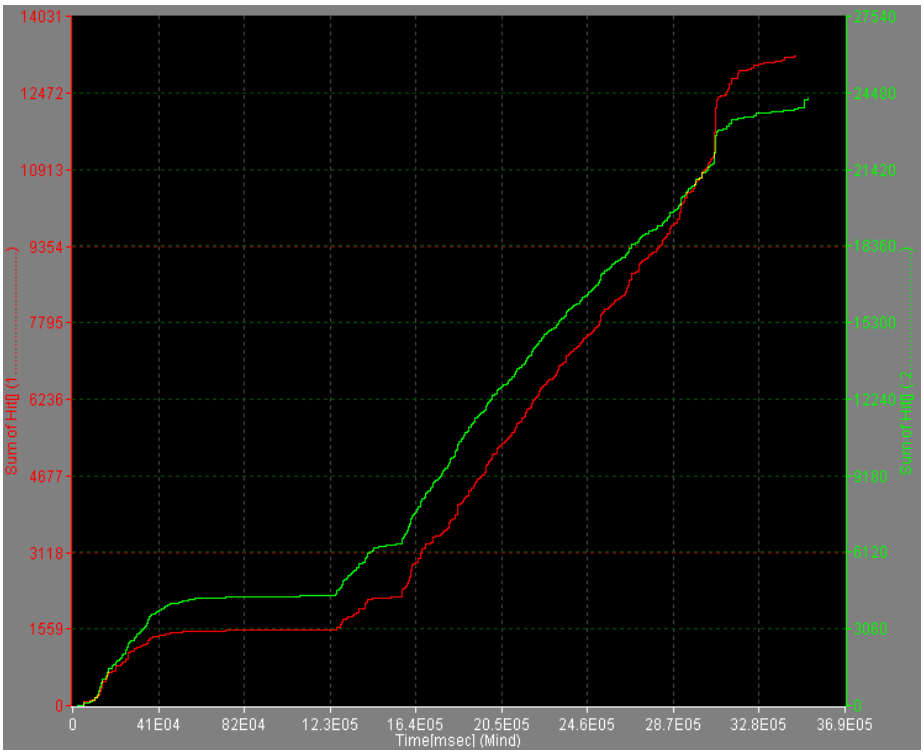


Duration versus Councts from sensor 2 in Meas.No5

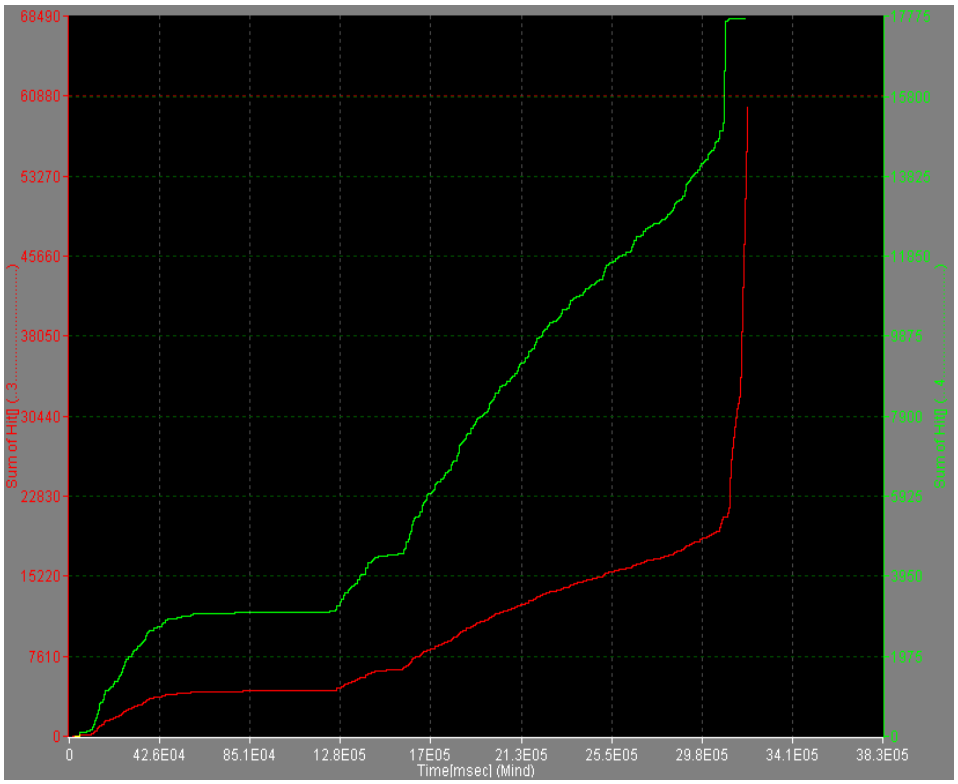


Duration versus Councts from sensor 3 in Meas.No5

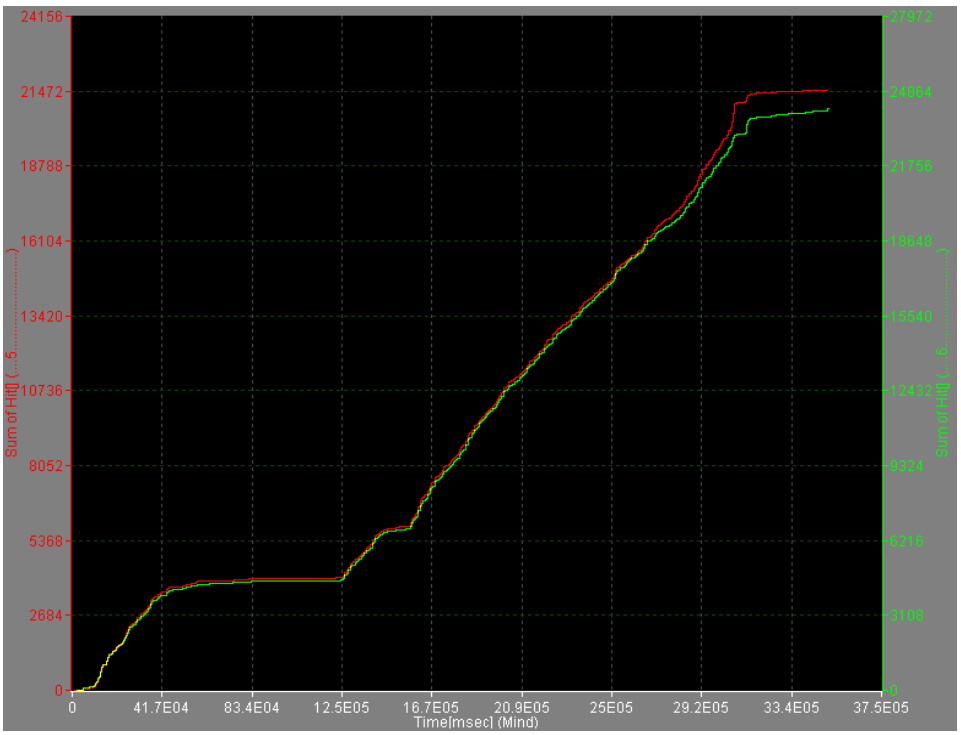
Comparison of measured functions of pairs of sensors



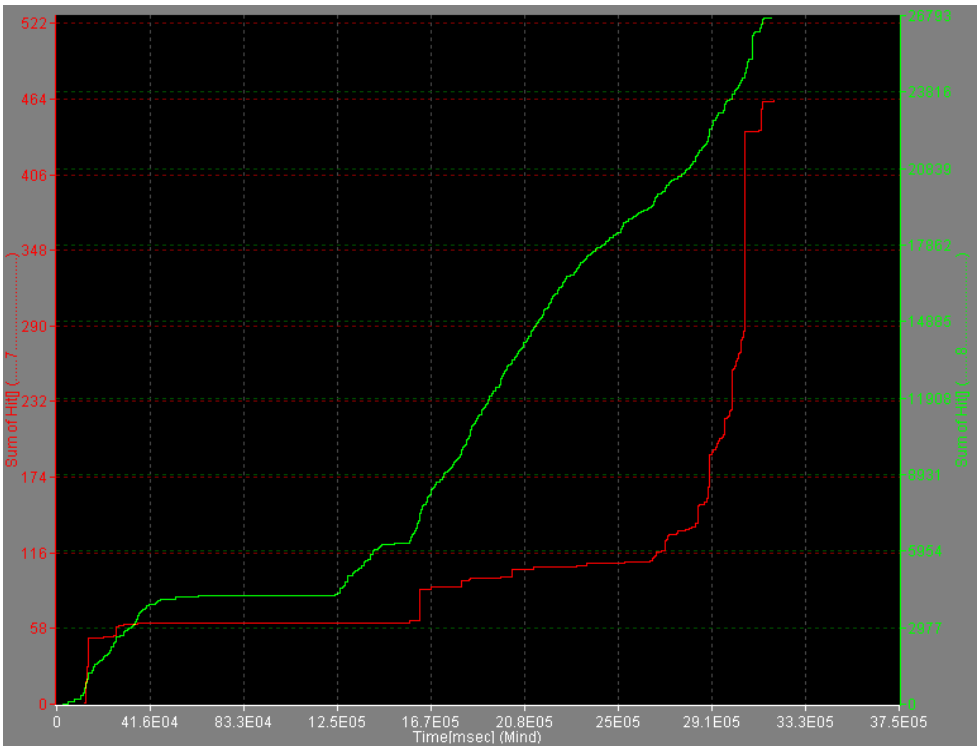
Sum of hits from 1 and 2 sensors



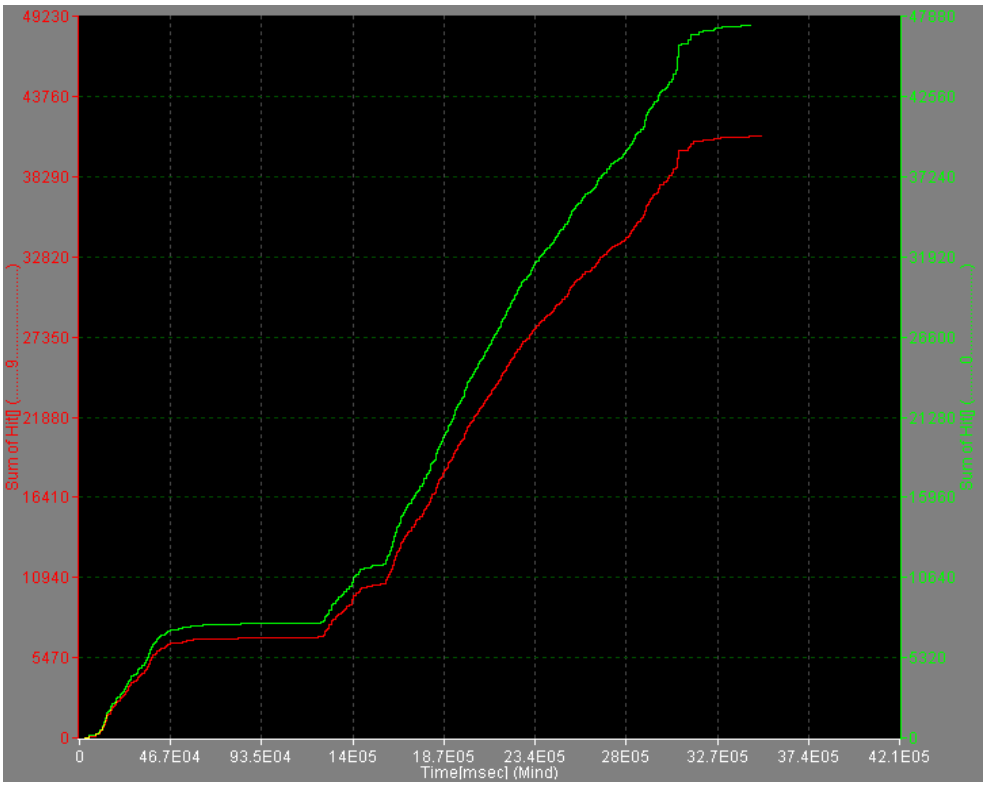
Sum of hits from 3 and 4 sensors



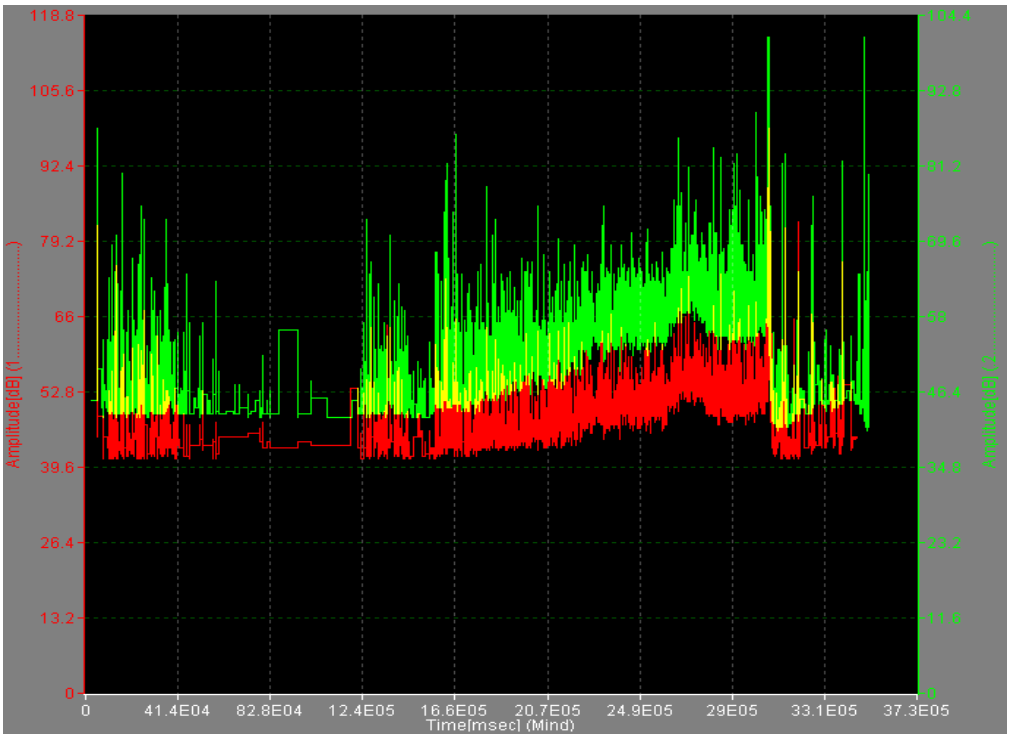
Sum of hits from 5 and 6 sensors



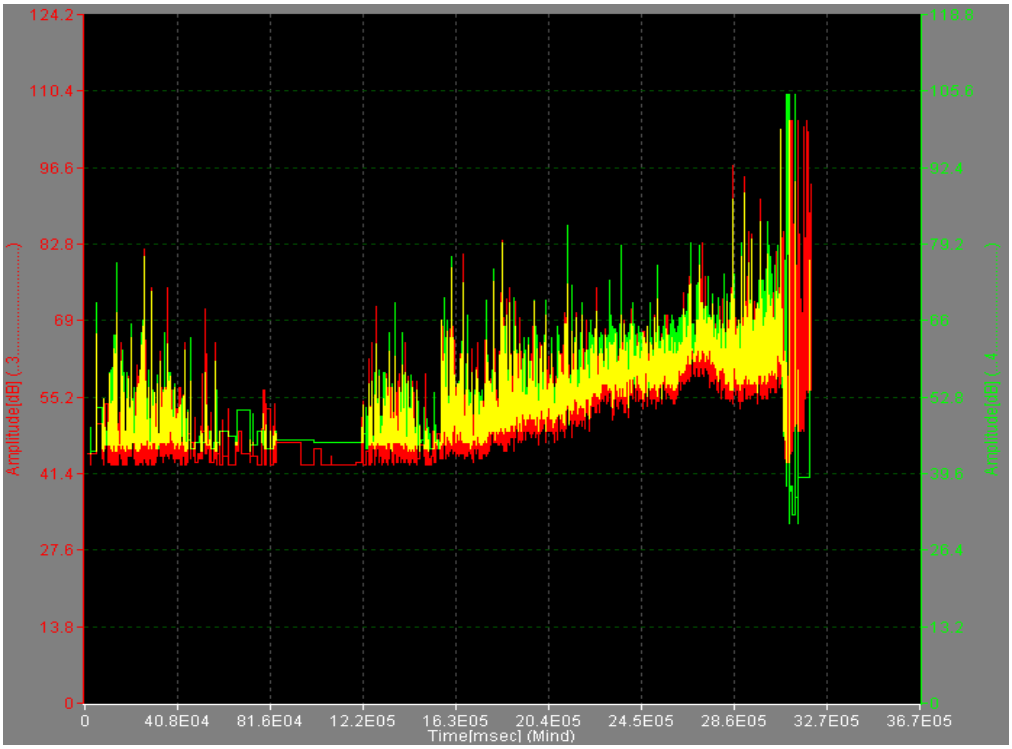
Sum of hits from 7 and 8 sensors



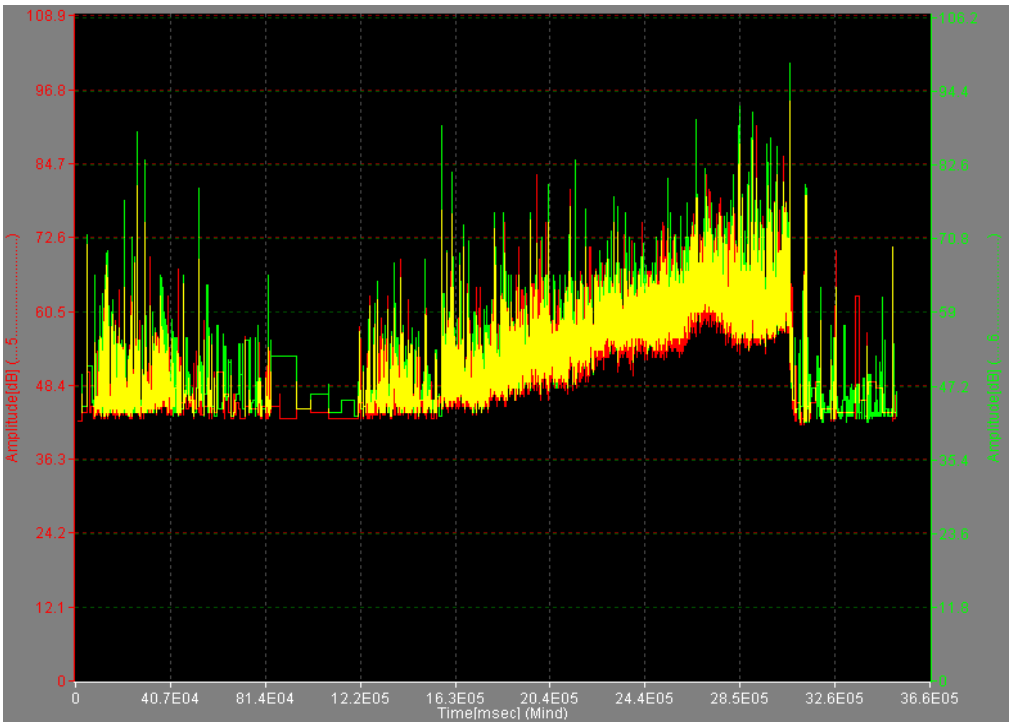
Sum of hits from 9 and 10 sensors



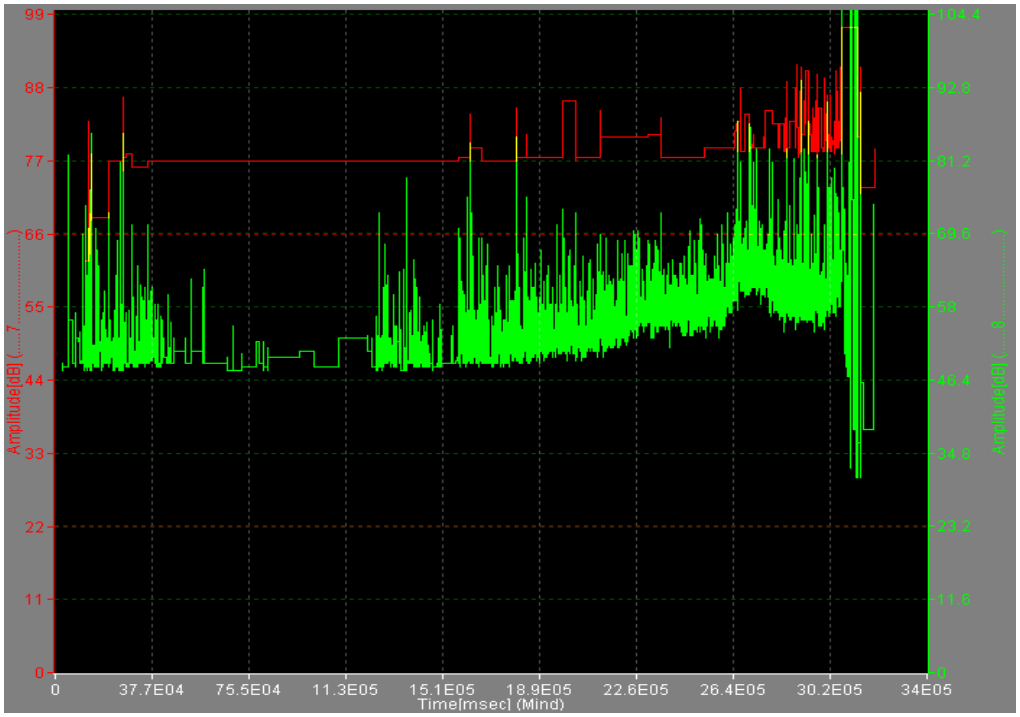
Amplitude of hits from sensors 1 and 2



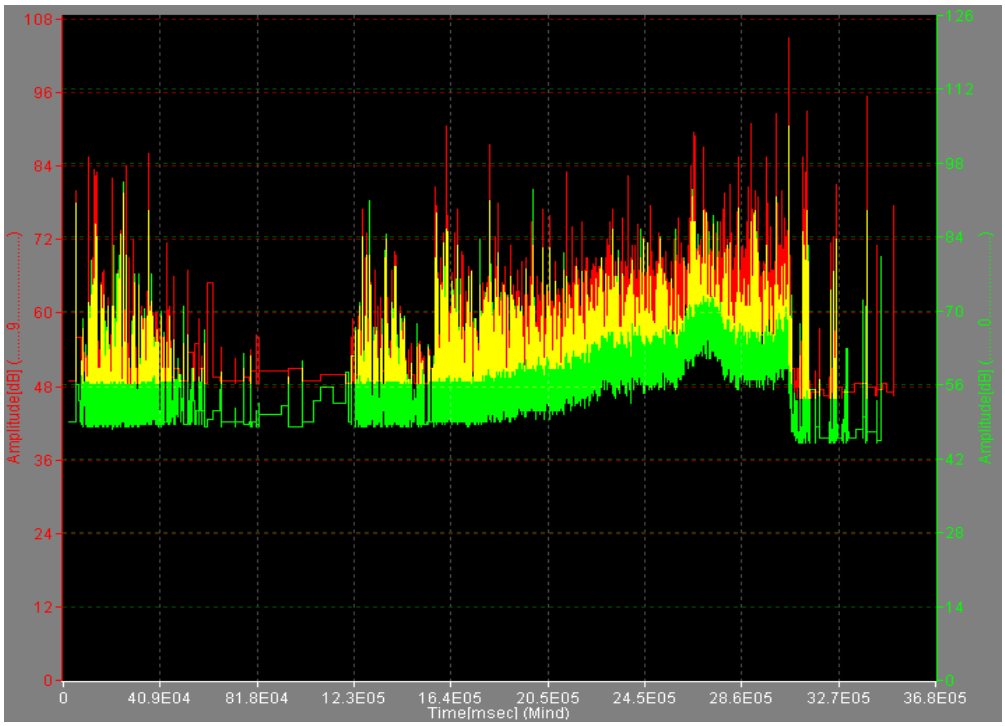
Amplitude of hits from sensors 3 and 4



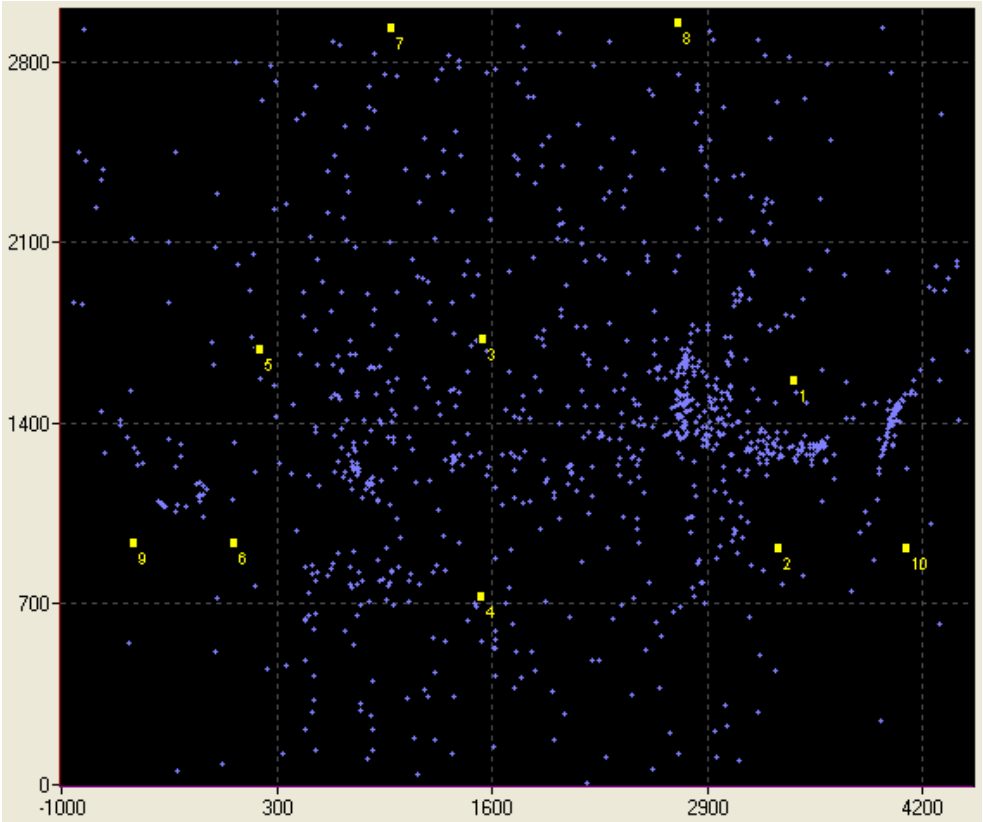
Amplitude of hits from sensors 5 and 6



Amplitude of hits from sensors 7 and 8

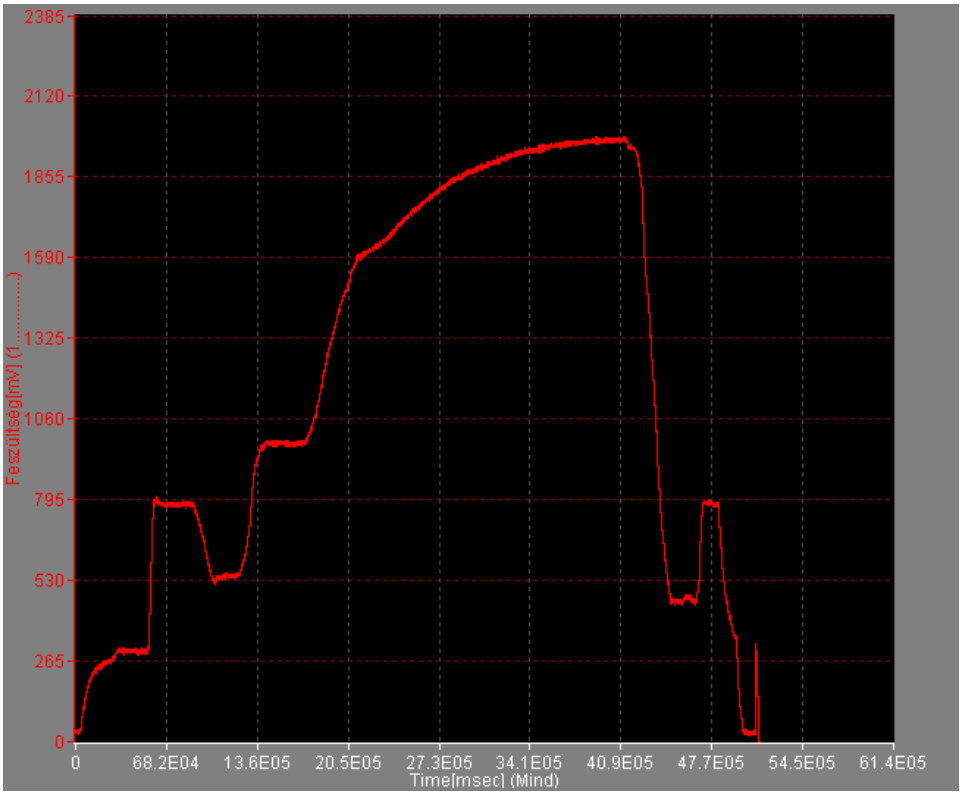


Amplitude of hits from sensors 9 and 10



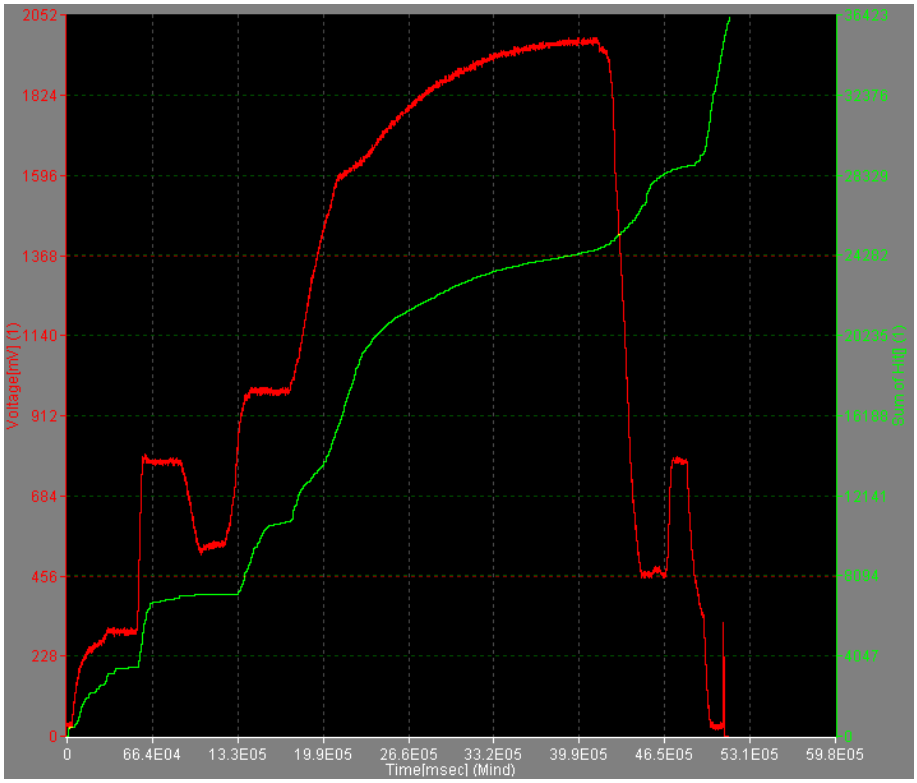
Filtered hits during measurement N5

6.4. AE functions elaborated from meas. N6



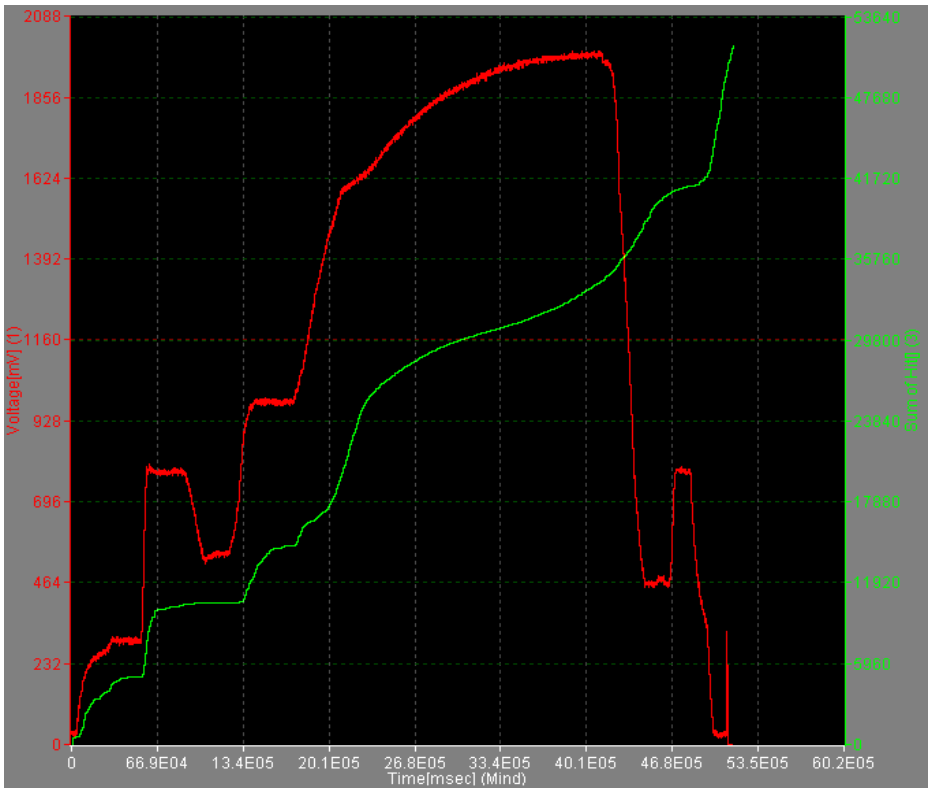
Pressure variation during meas.N6 on the second vessel

6.4.1. Sum of hits measured by different sensors during Meas.N6



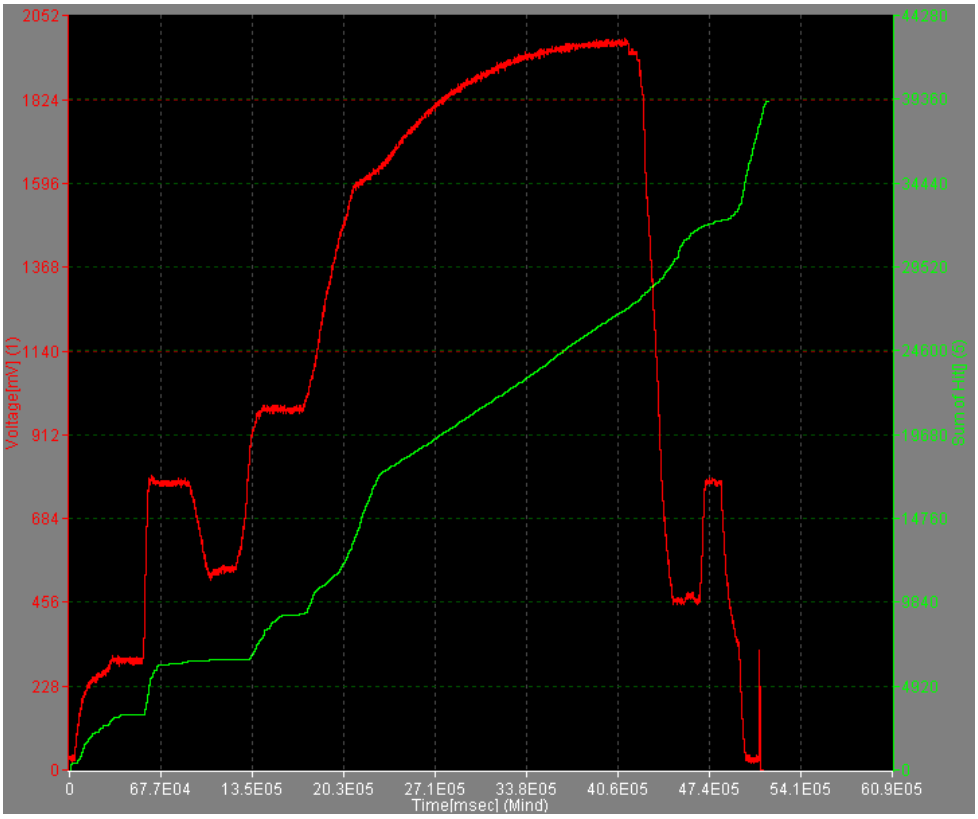
Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 1 during Meas.N6

Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 2 during Meas.N6



Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 3 during Meas.N6

Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 4 during Meas.N6



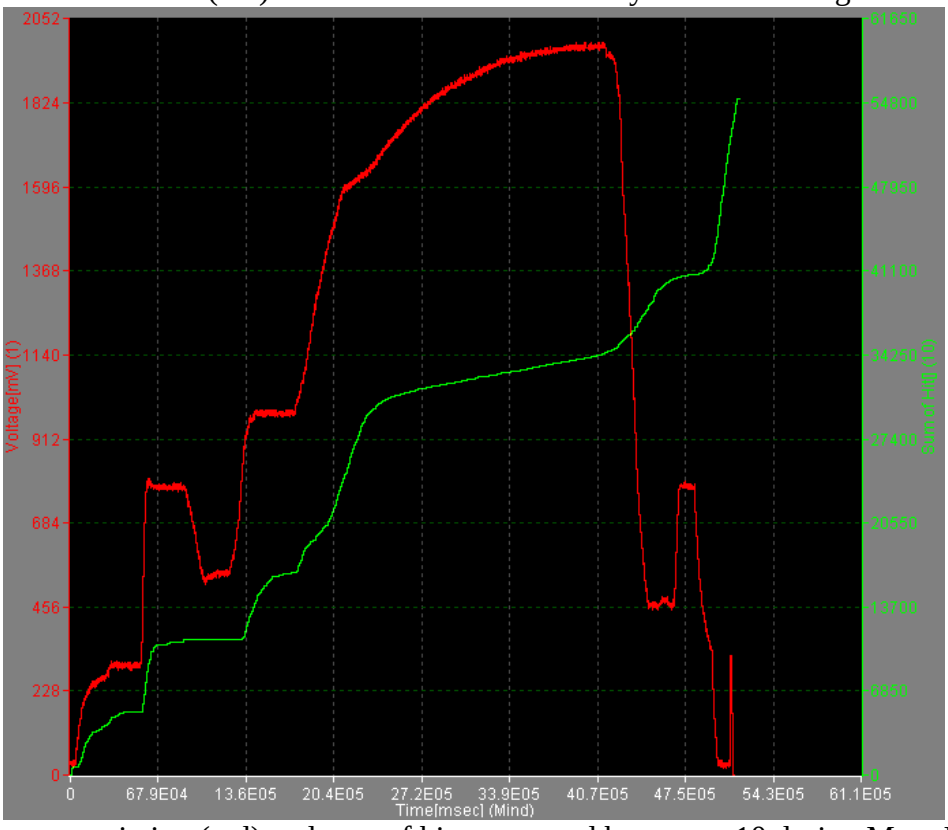
Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 5 during Meas.N6

Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 6 during Meas.N6

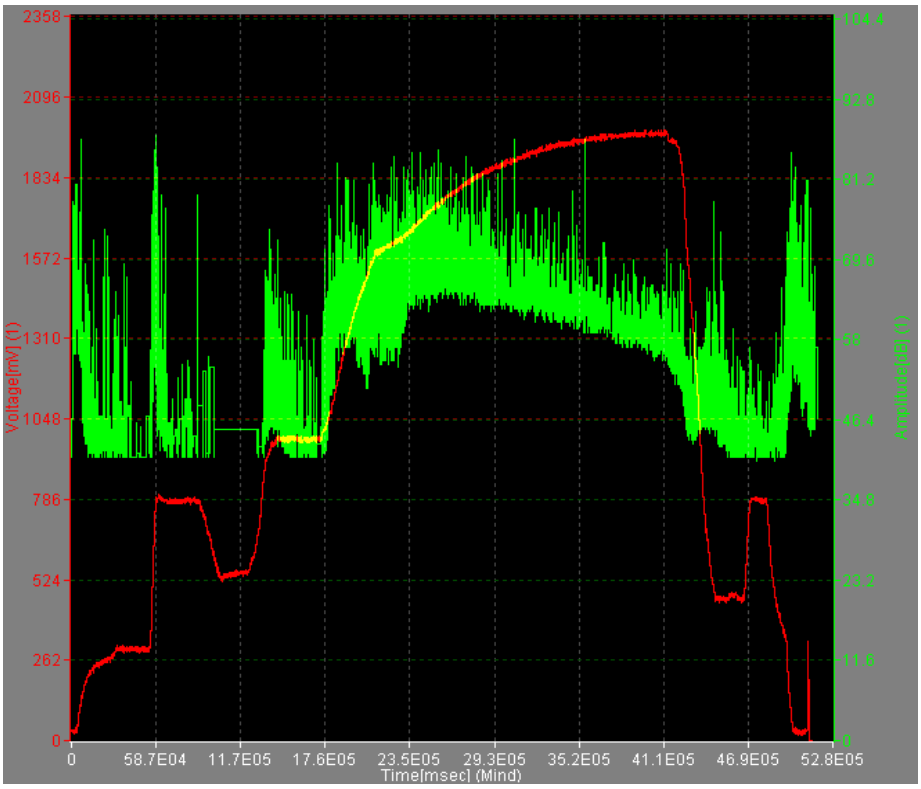
Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 7 during Meas.N6

Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 8 during Meas.N6

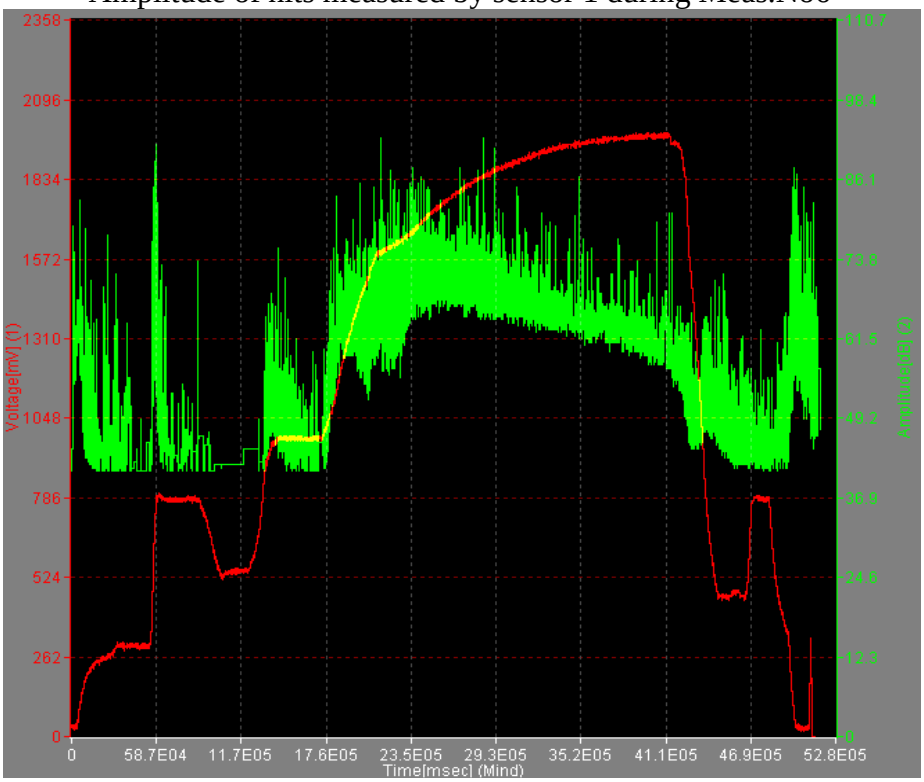
Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 9 during Meas.N6



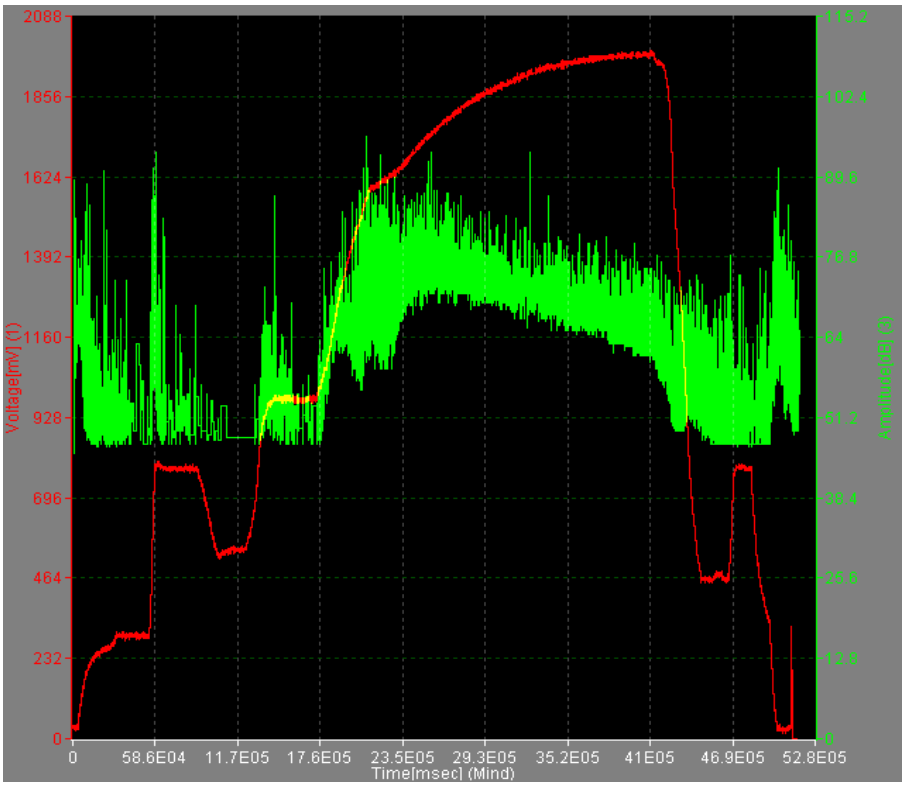
Pressure variation (red) and sum of hits measured by sensor 10 during Meas.N6



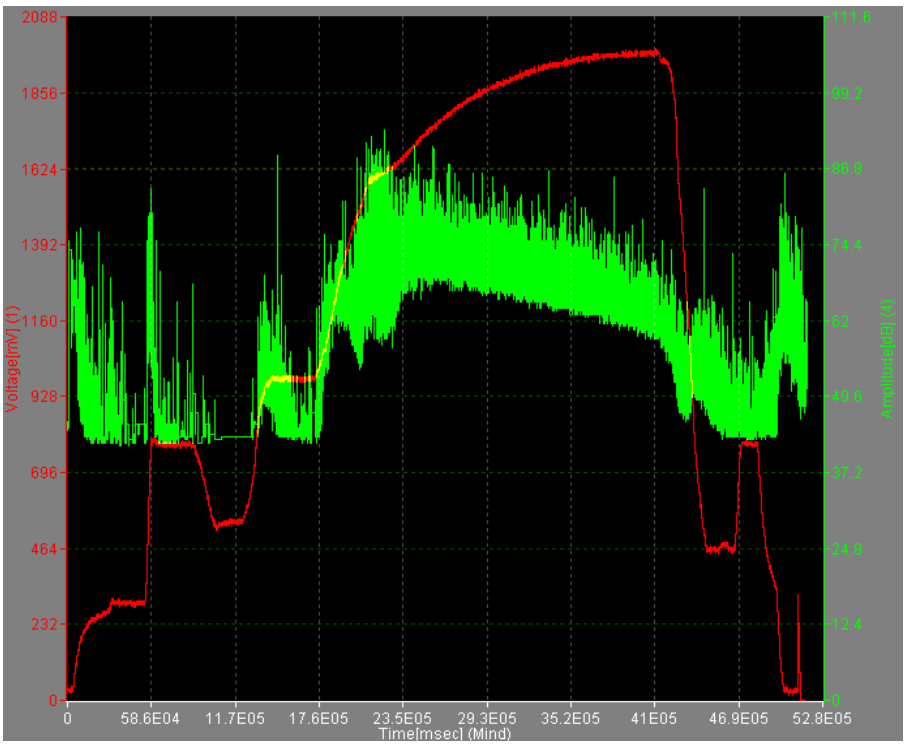
Amplitude of hits measured by sensor 1 during Meas.No6



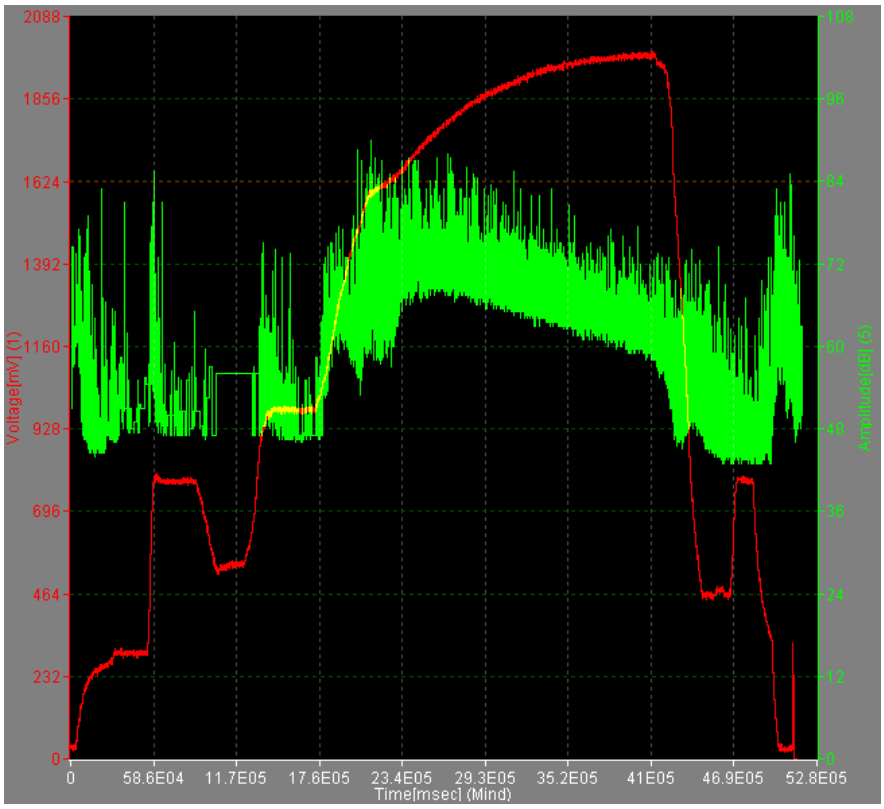
Amplitude of hits measured by sensor 2 during Meas.No6



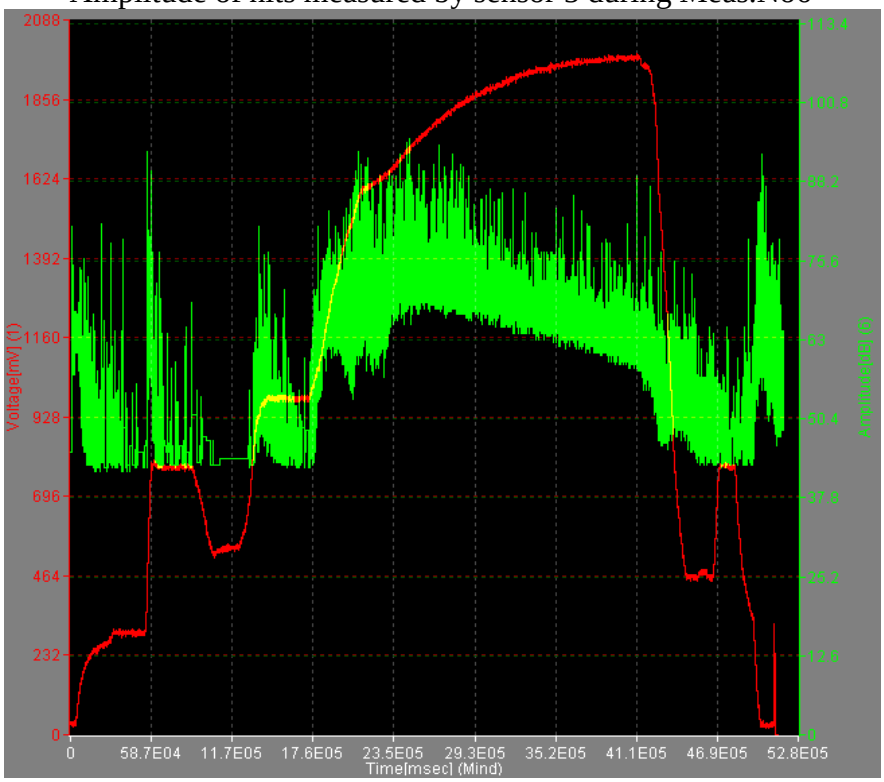
Amplitude of hits measured by sensor 3 during Meas.No6



Amplitude of hits measured by sensor 4 during Meas.No6

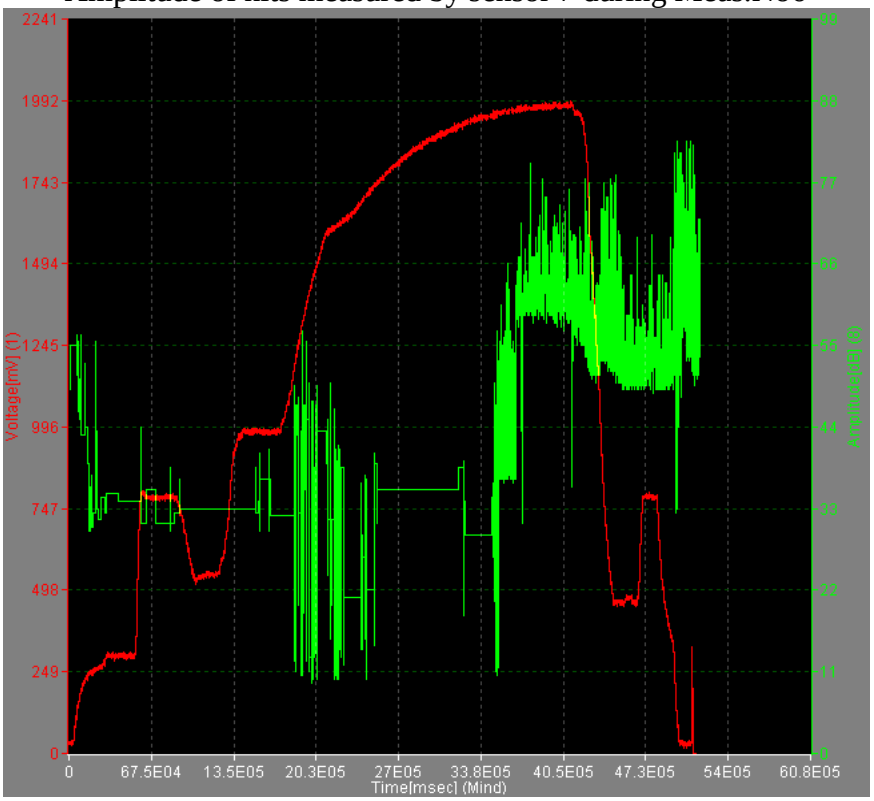


Amplitude of hits measured by sensor 5 during Meas.No6

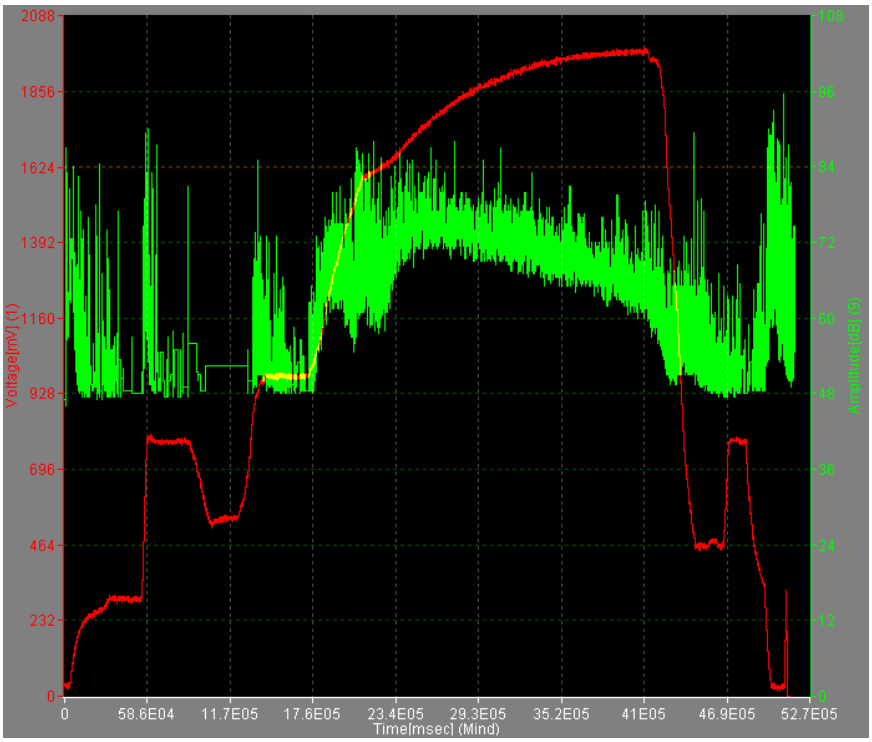


Amplitude of hits measured by sensor 6 during Meas.No6

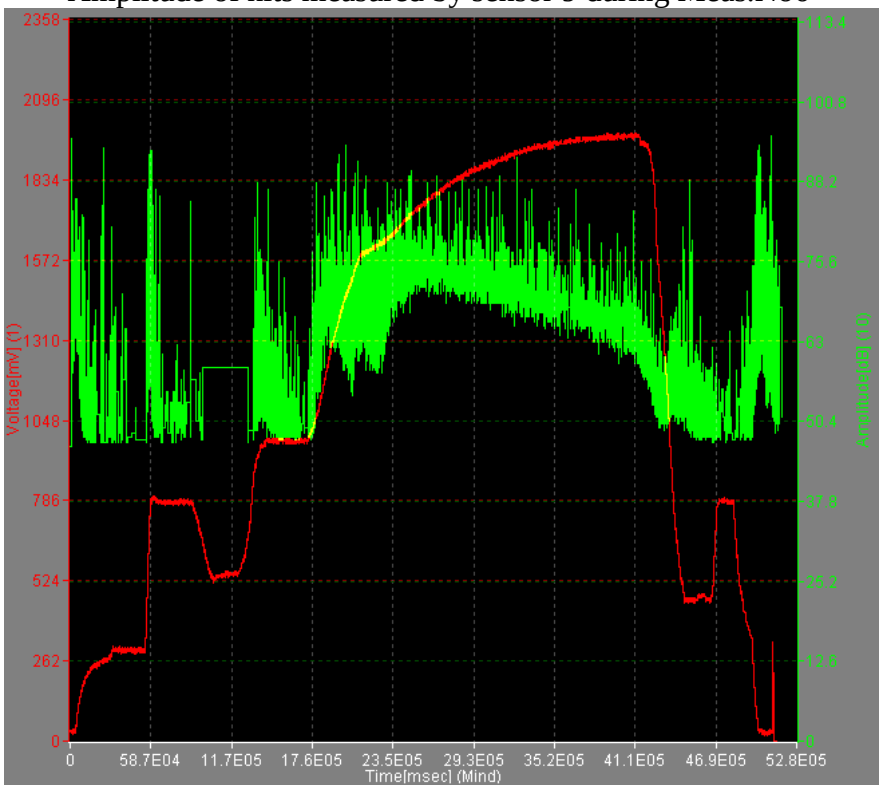
Amplitude of hits measured by sensor 7 during Meas.No6



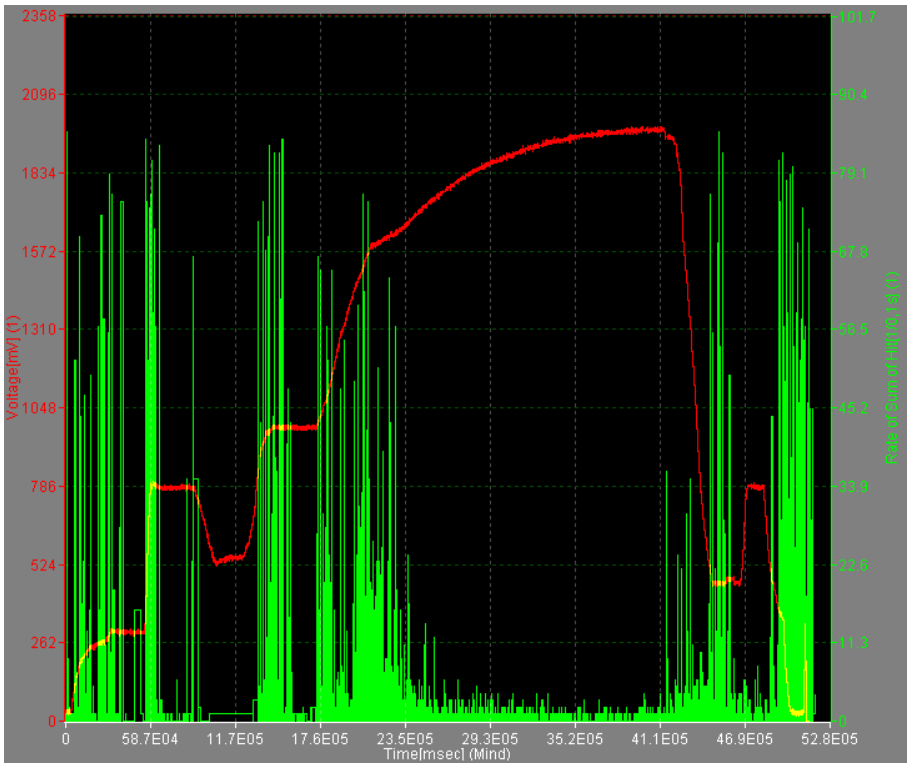
Amplitude of hits measured by sensor 8 during Meas.No6



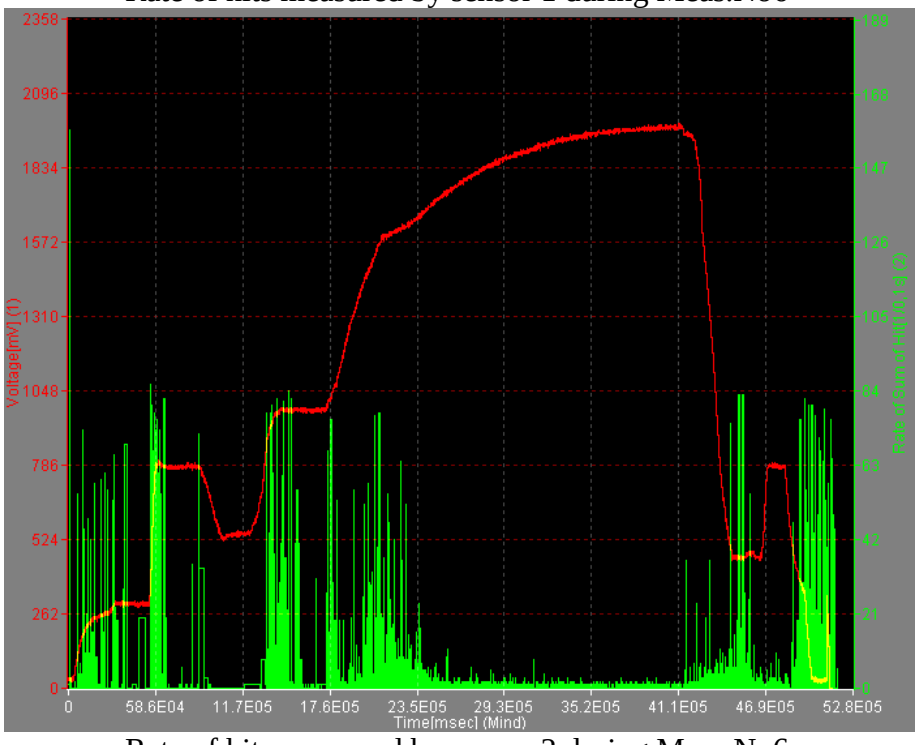
Amplitude of hits measured by sensor 9 during Meas.No6



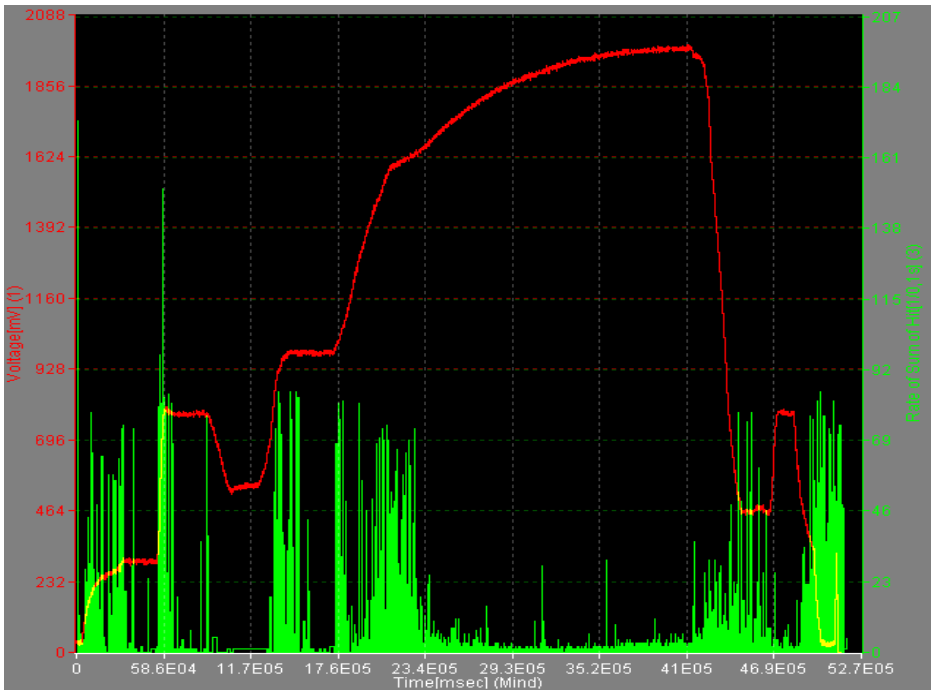
Amplitude of hits measured by sensor 10 during Meas.No6



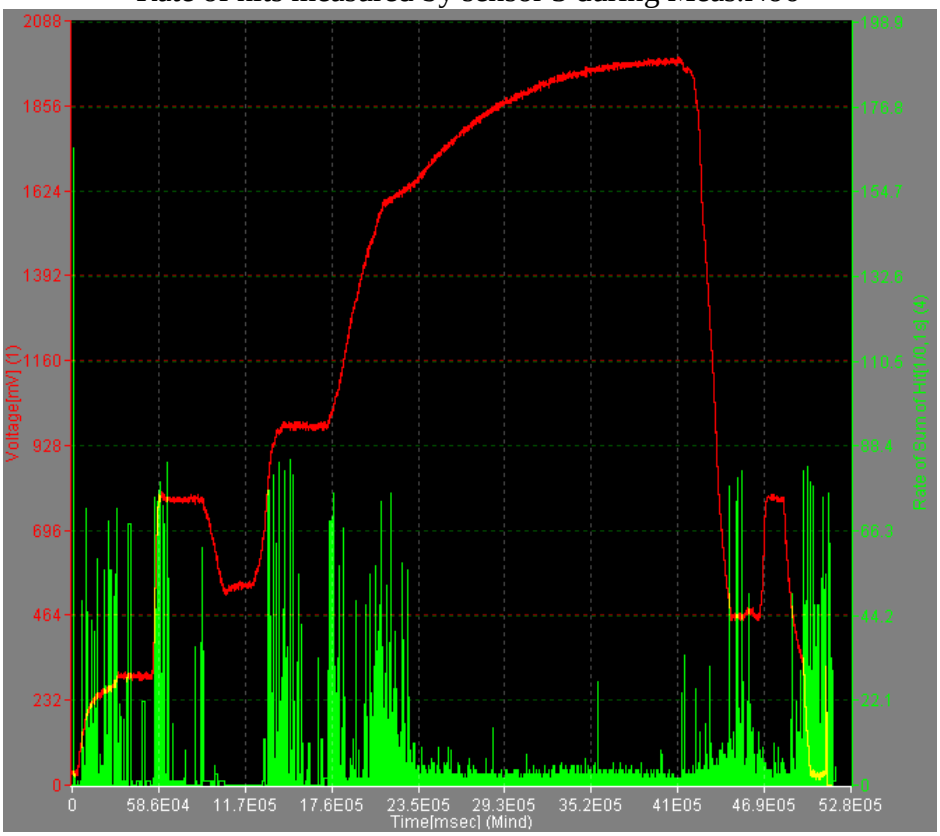
Rate of hits measured by sensor 1 during Meas.No6



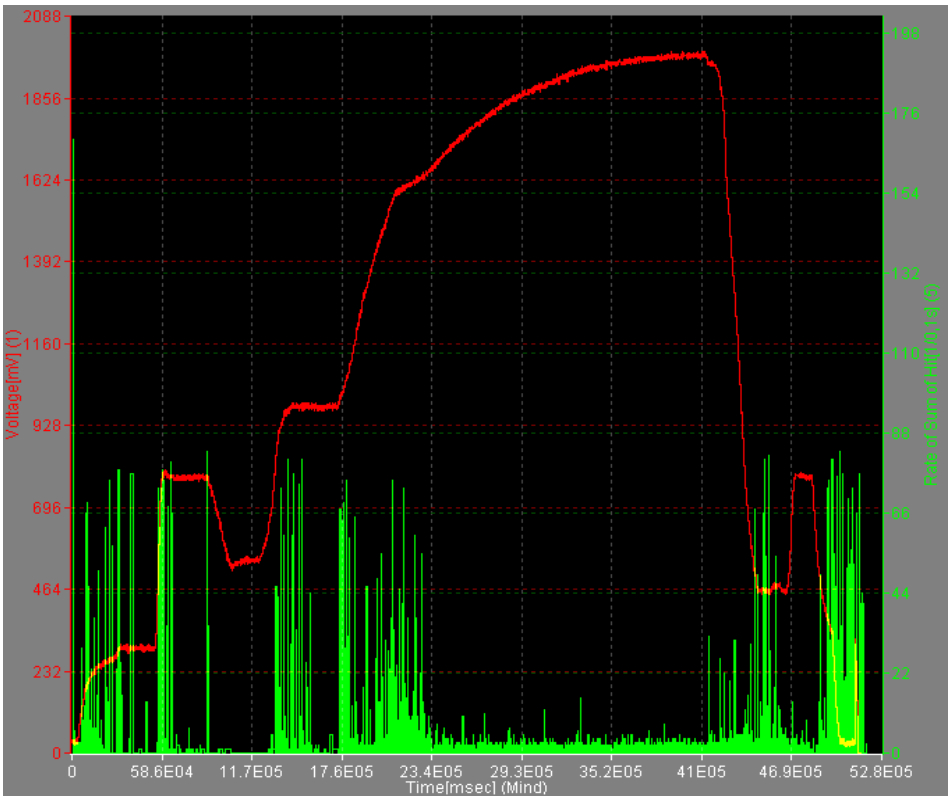
Rate of hits measured by sensor 2 during Meas.No6



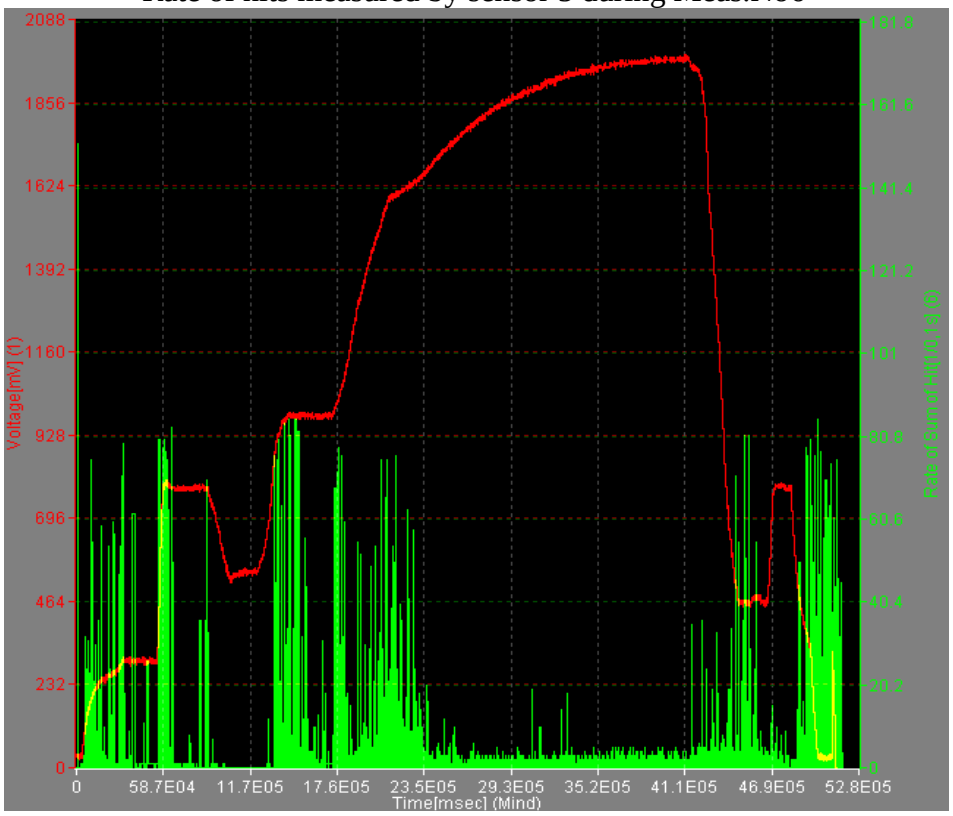
Rate of hits measured by sensor 3 during Meas.No6



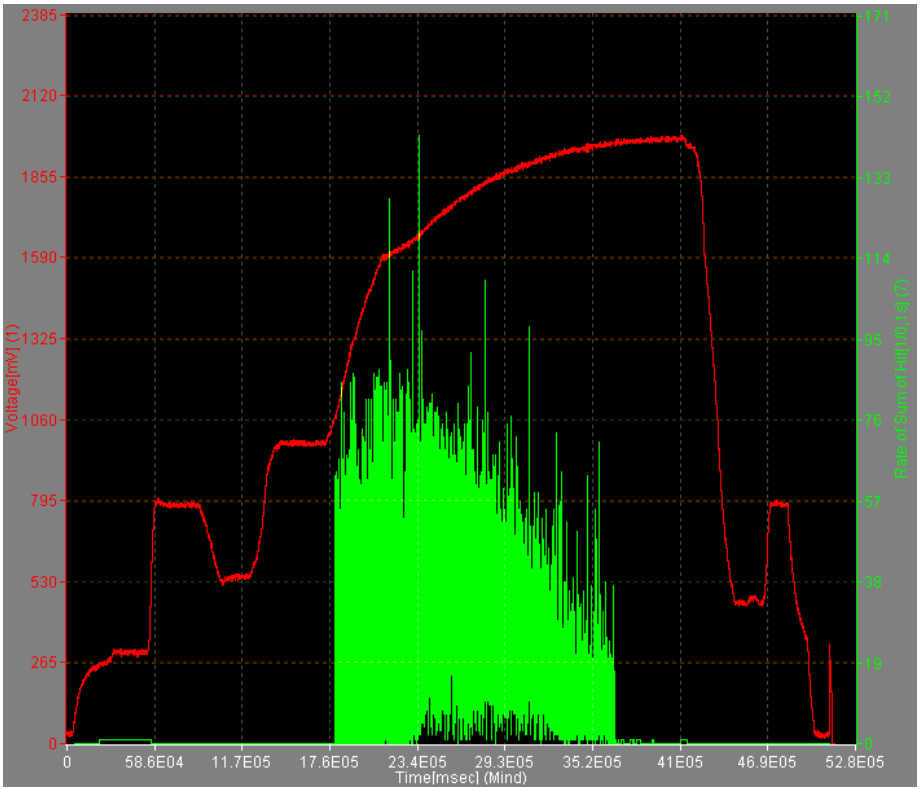
Rate of hits measured by sensor 4 during Meas.No6



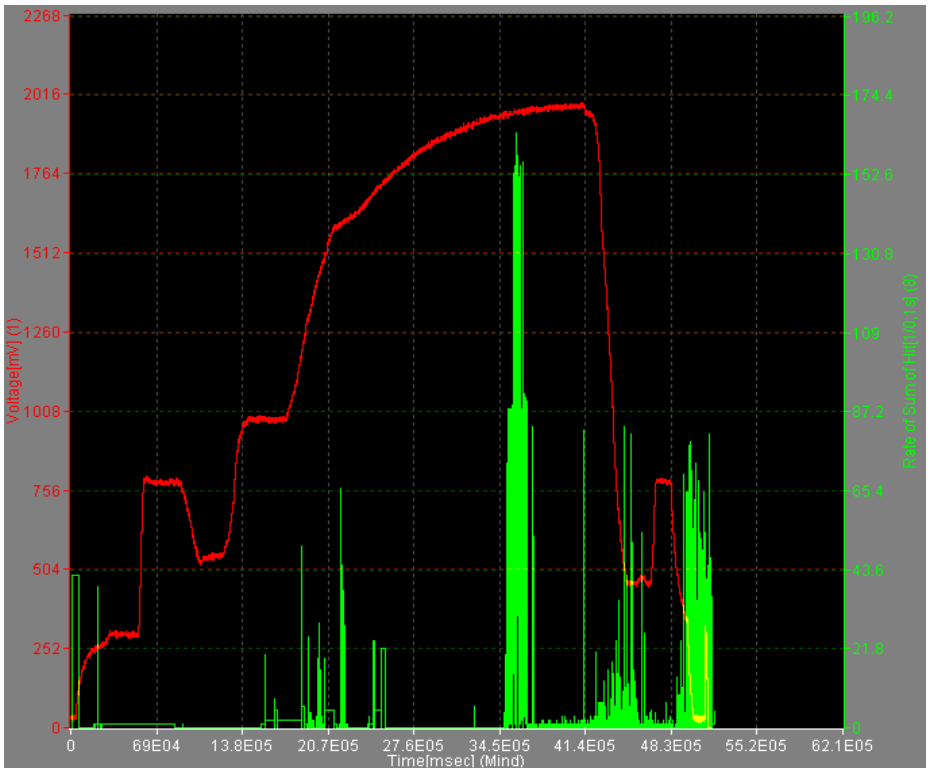
Rate of hits measured by sensor 5 during Meas.No6



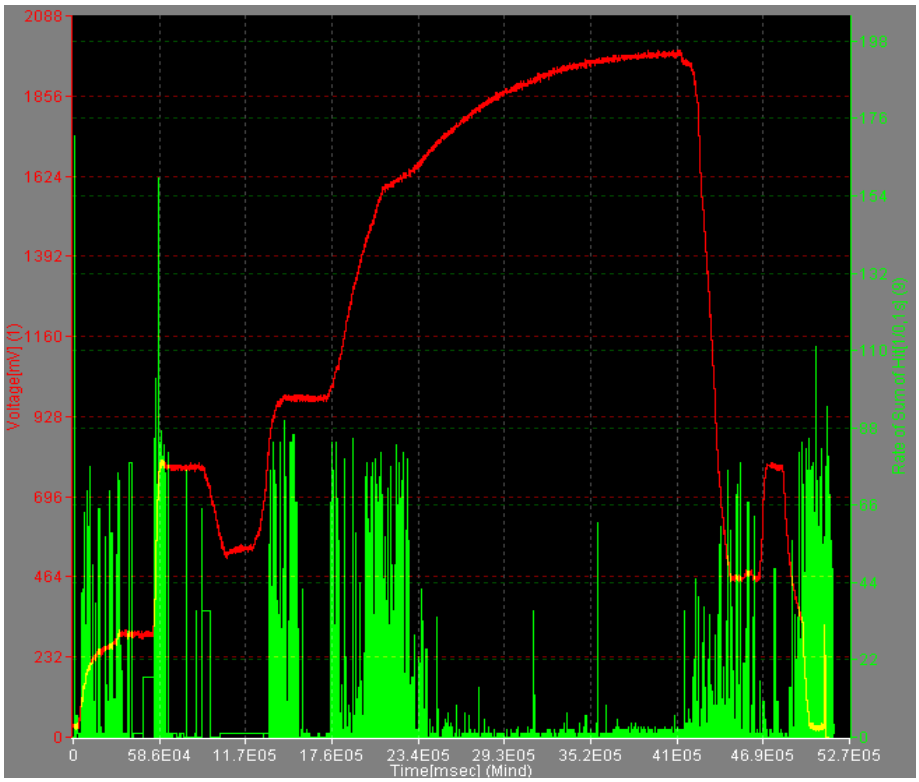
Rate of hits measured by sensor 6 during Meas.No6



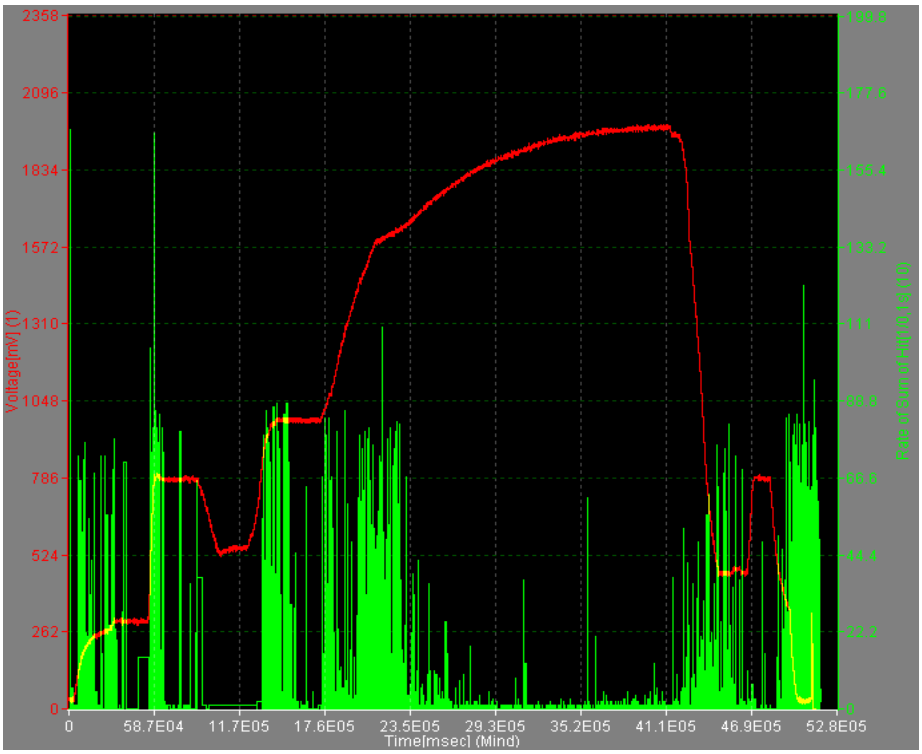
Rate of hits measured by sensor 7 during Meas.No6



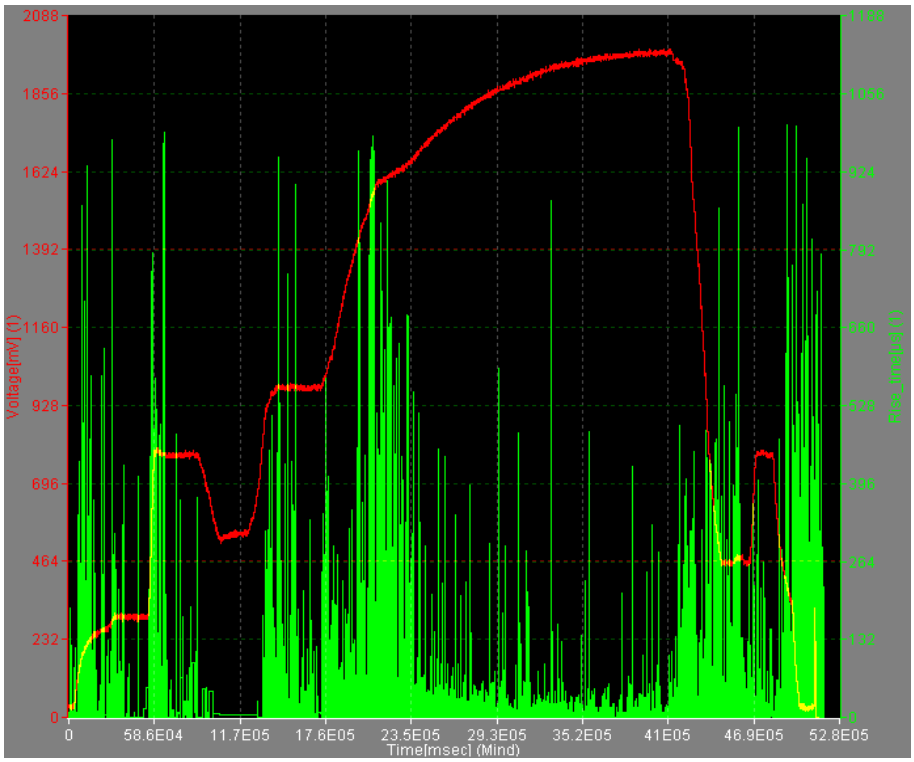
Rate of hits measured by sensor 8 during Meas.No6



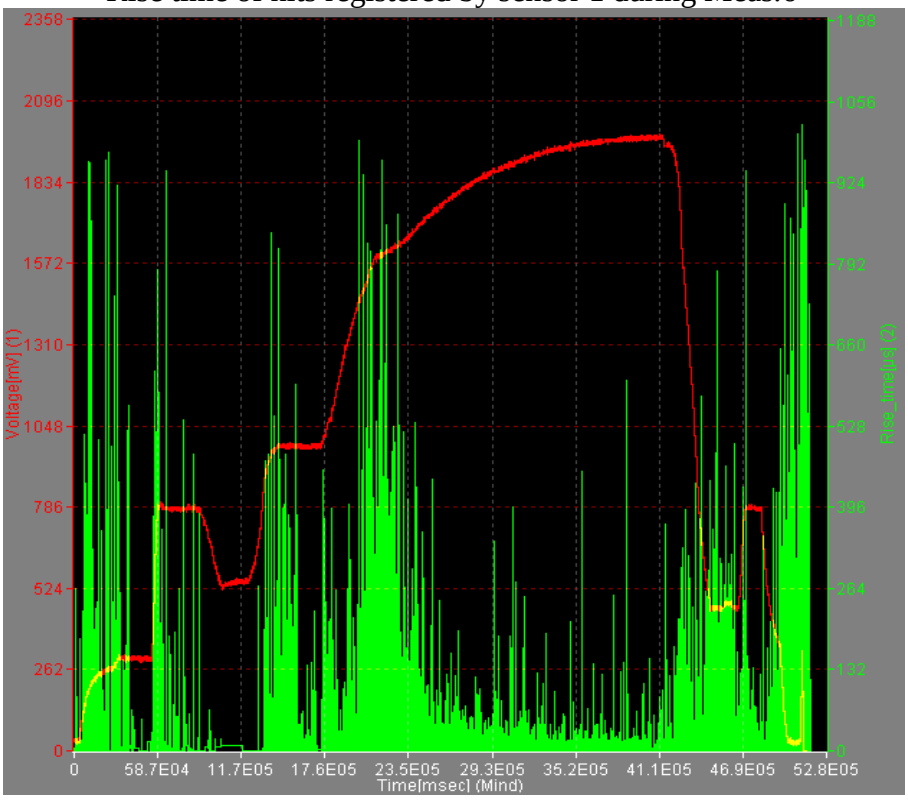
Rate of hits measured by sensor 9 during Meas.No6



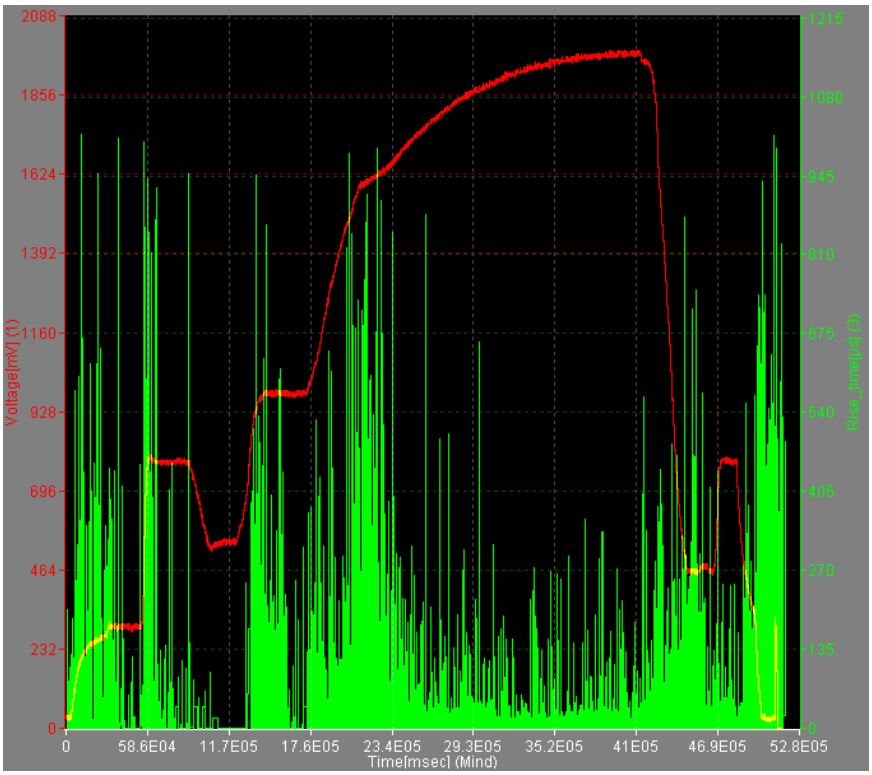
Rate of hits measured by sensor 10 during Meas.No6



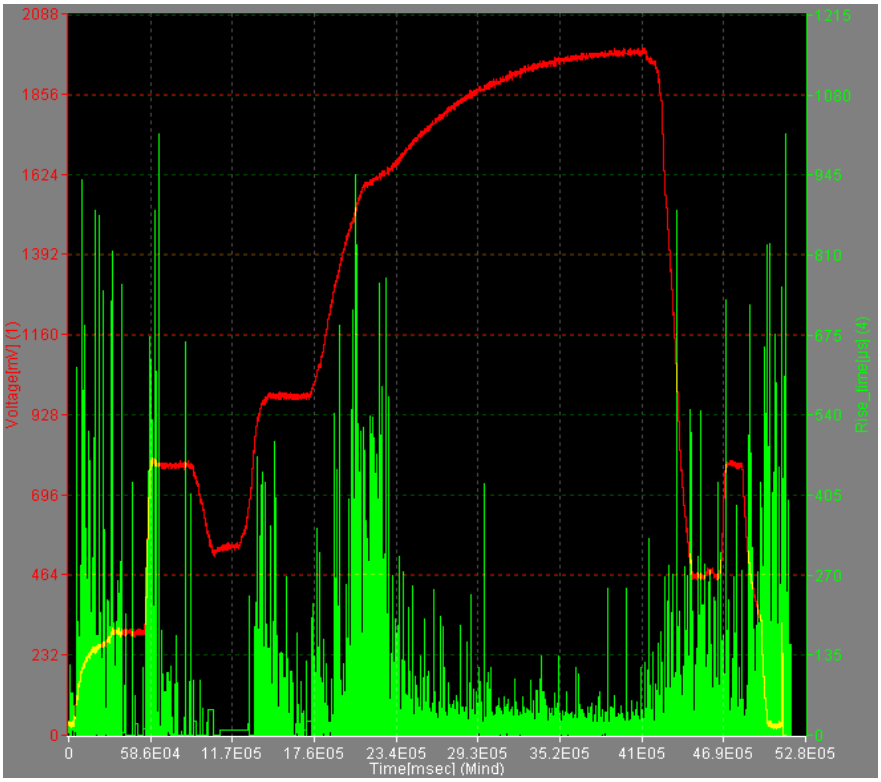
Rise time of hits registered by sensor 1 during Meas.6



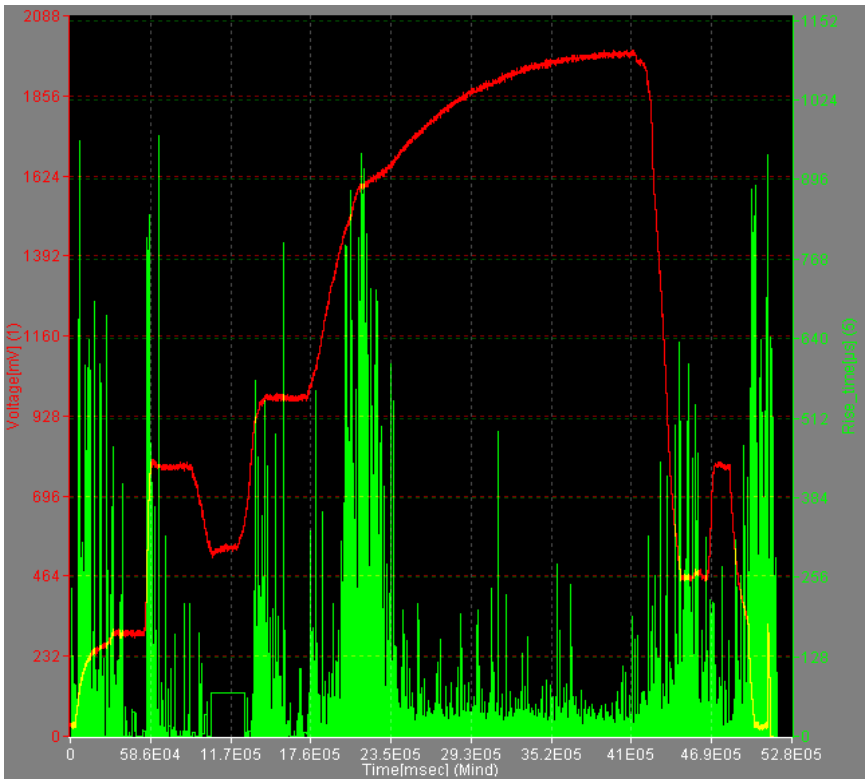
Rise time of hits registered by sensor 2 during Meas.6



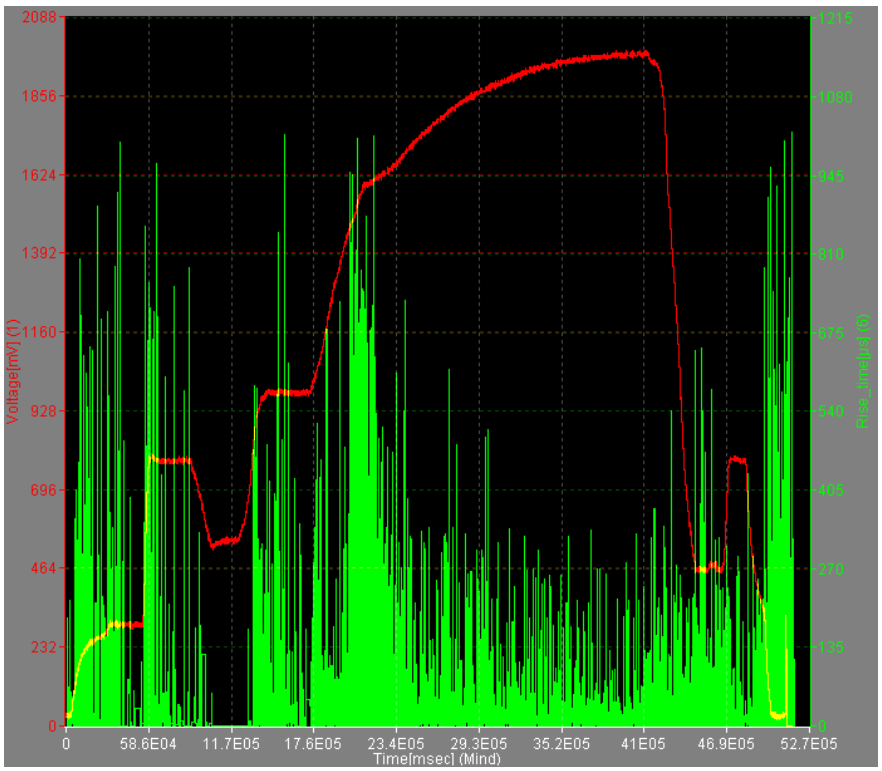
Rise time of hits registered by sensor 3 during Meas.6



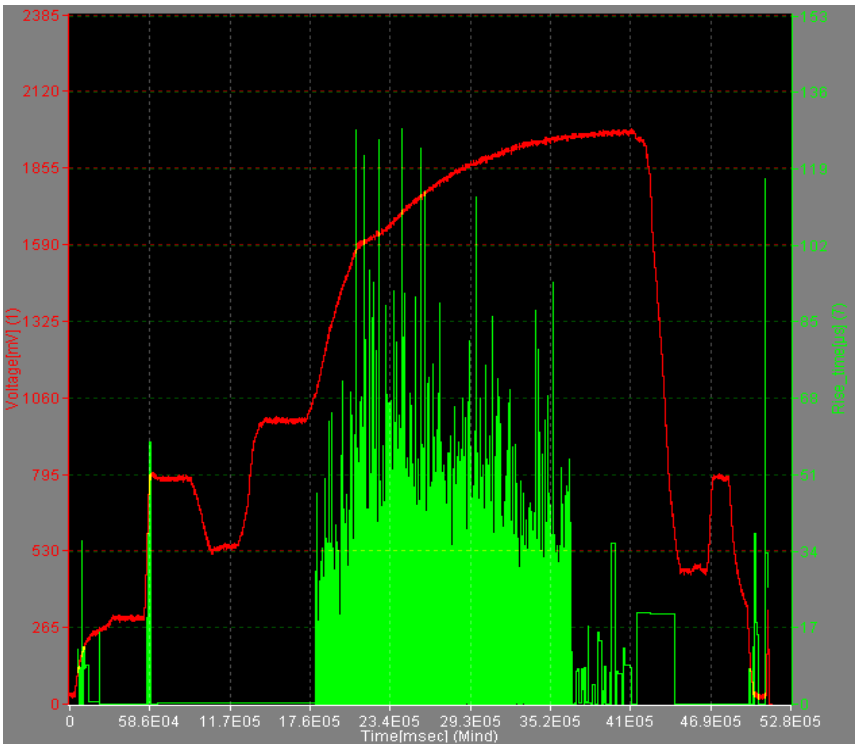
Rise time of hits registered by sensor 4 during Meas.6



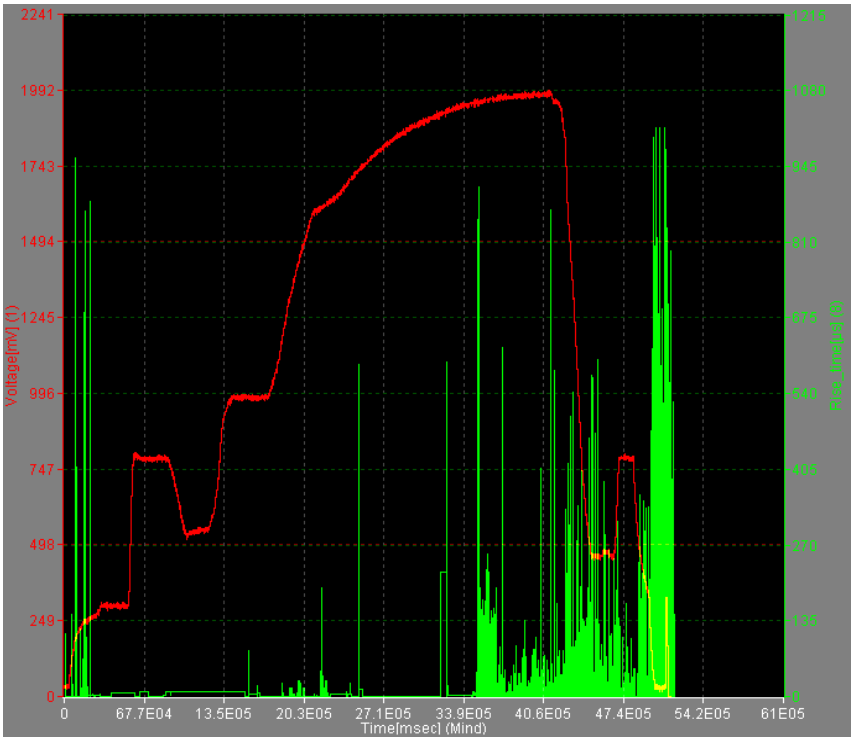
Rise time of hits registered by sensor 5 during Meas.6



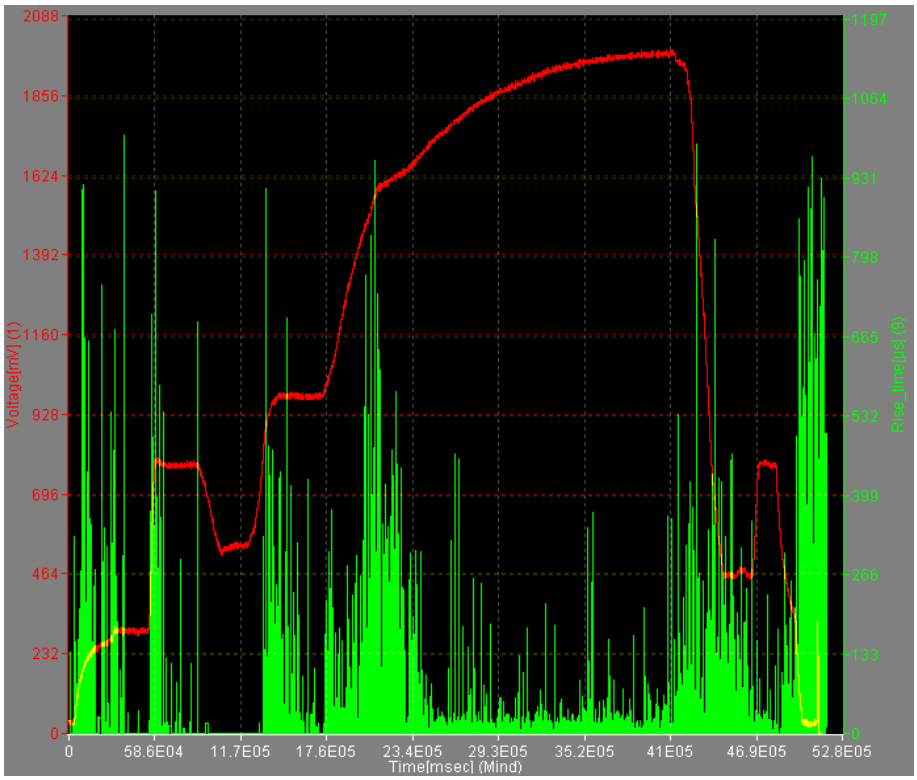
Rise time of hits registered by sensor 6 during Meas.6



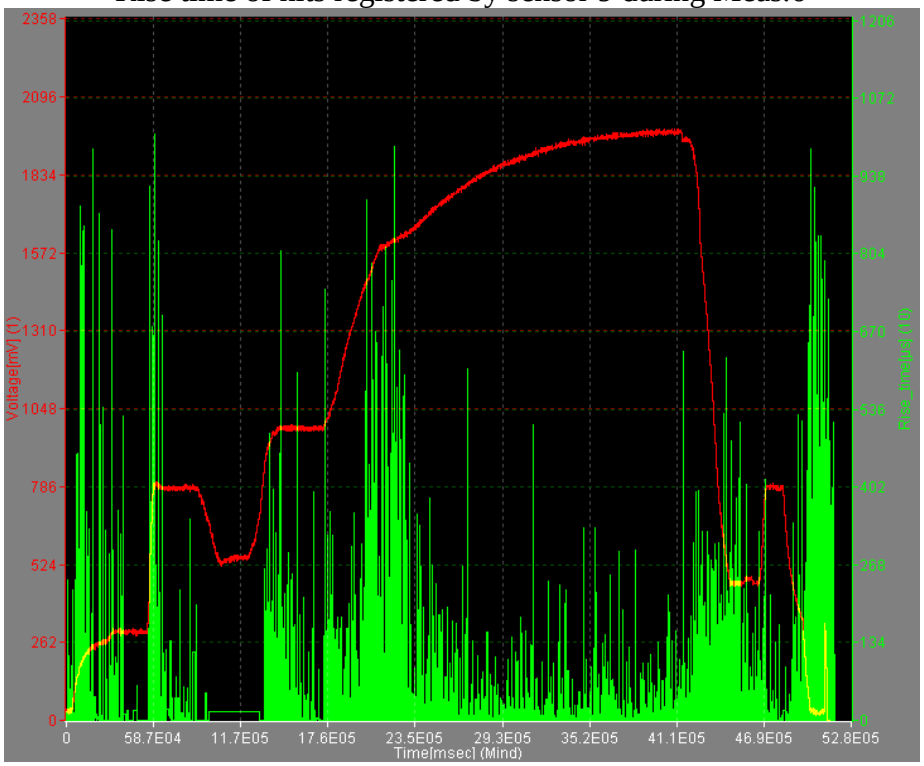
Rise time of hits registered by sensor 7 during Meas.6



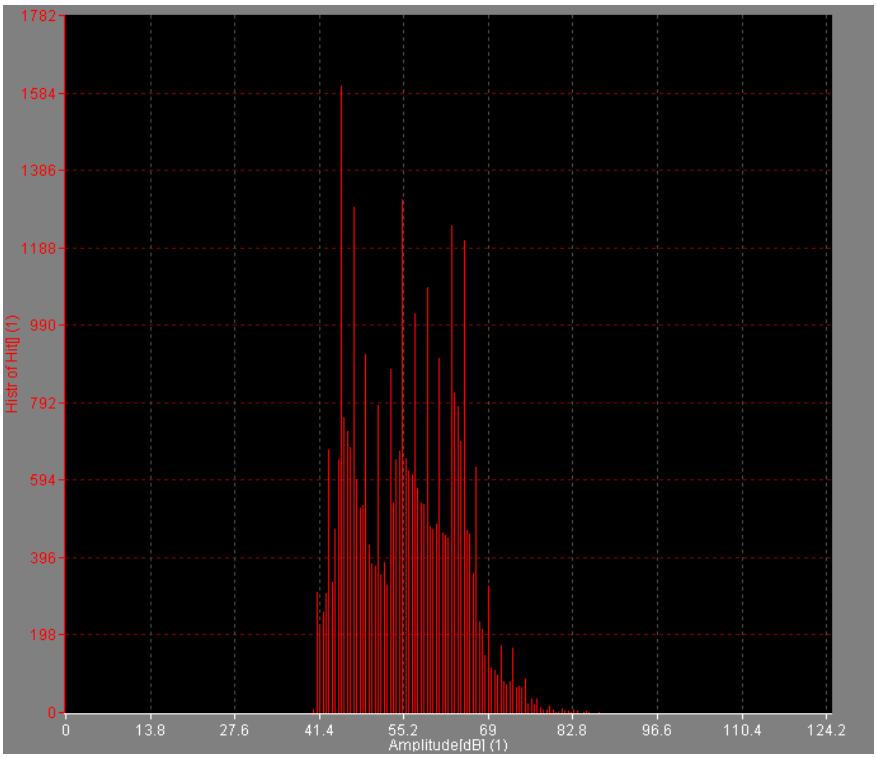
Rise time of hits registered by sensor 8 during Meas.6



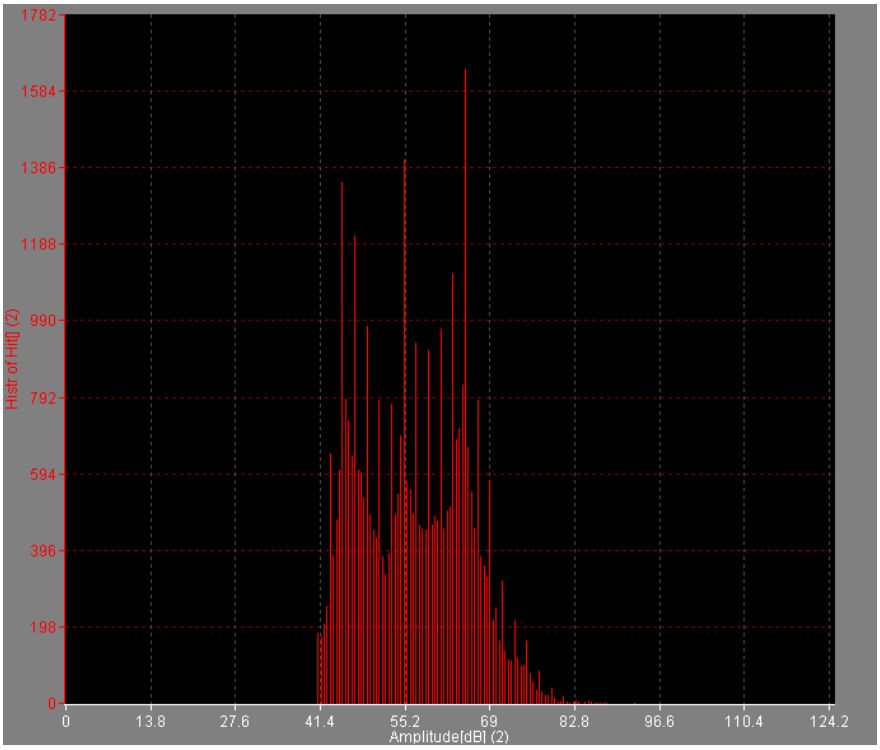
Rise time of hits registered by sensor 9 during Meas.6



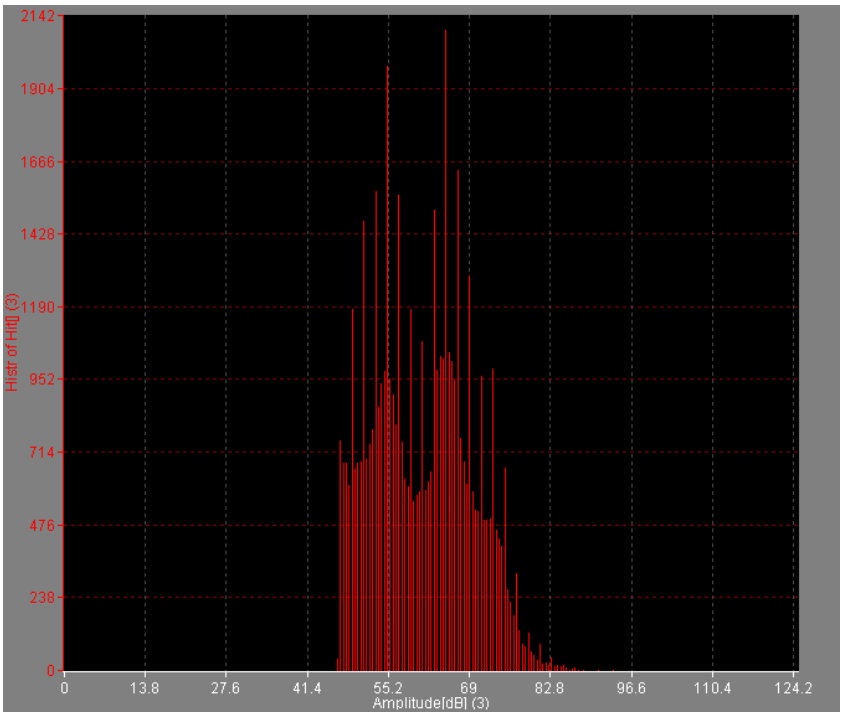
Rise time of hits registered by sensor 10 during Meas.6



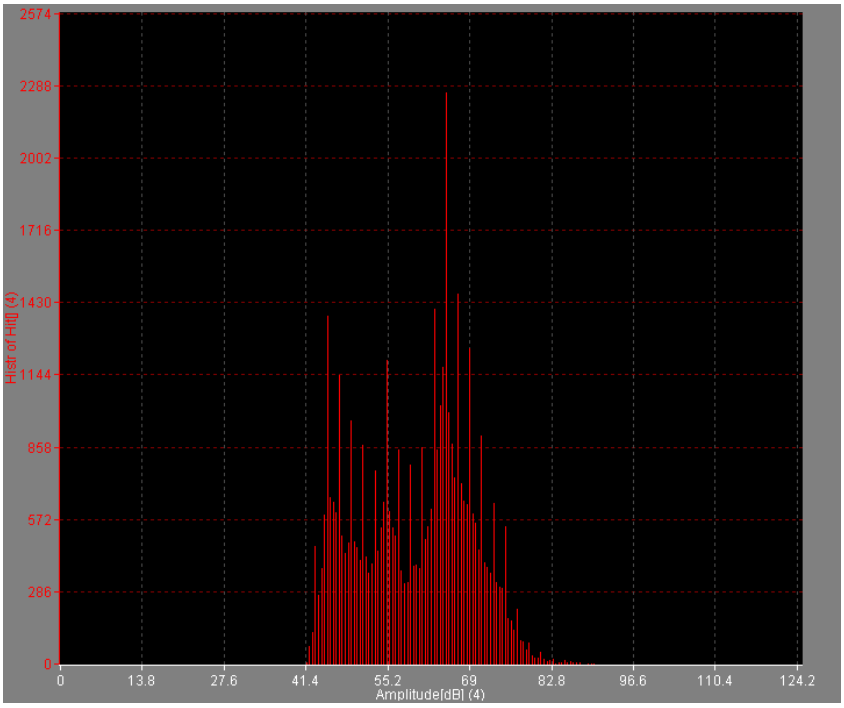
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 1 during Meas.No6



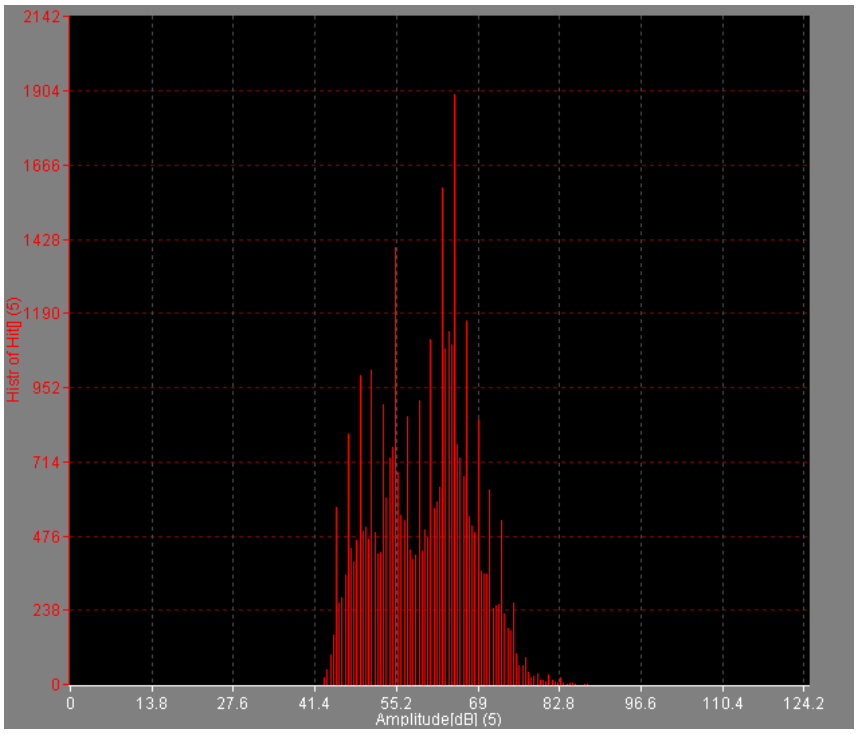
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 2 during Meas.No6



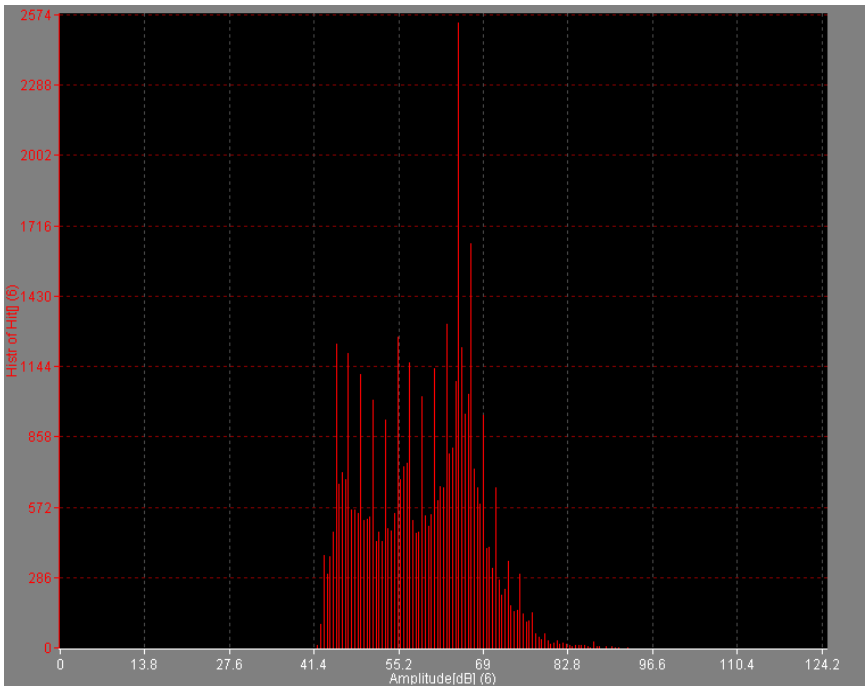
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 3 during Meas.No6



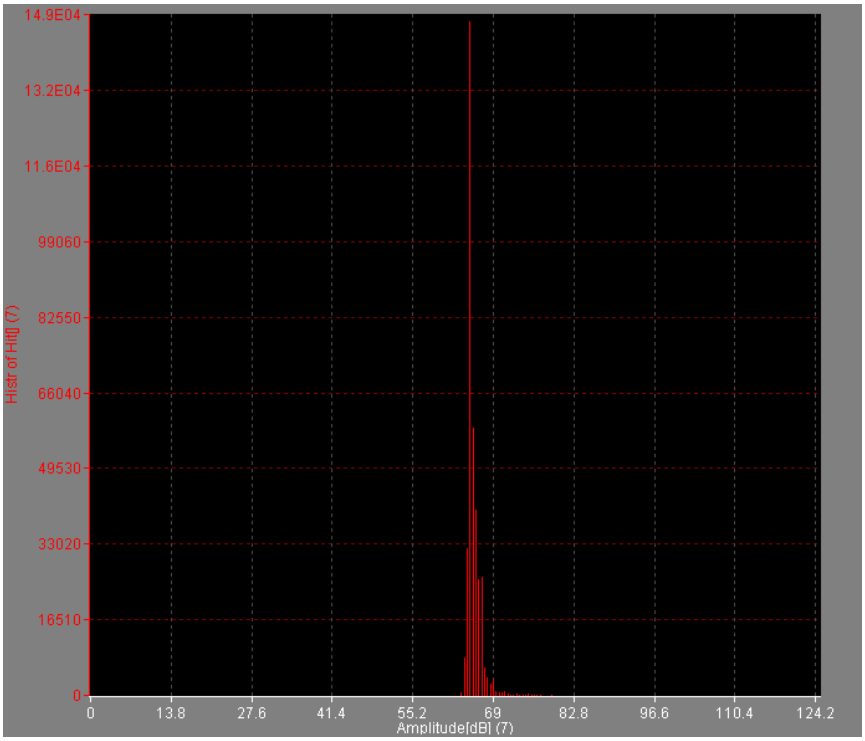
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 4 during Meas.No6



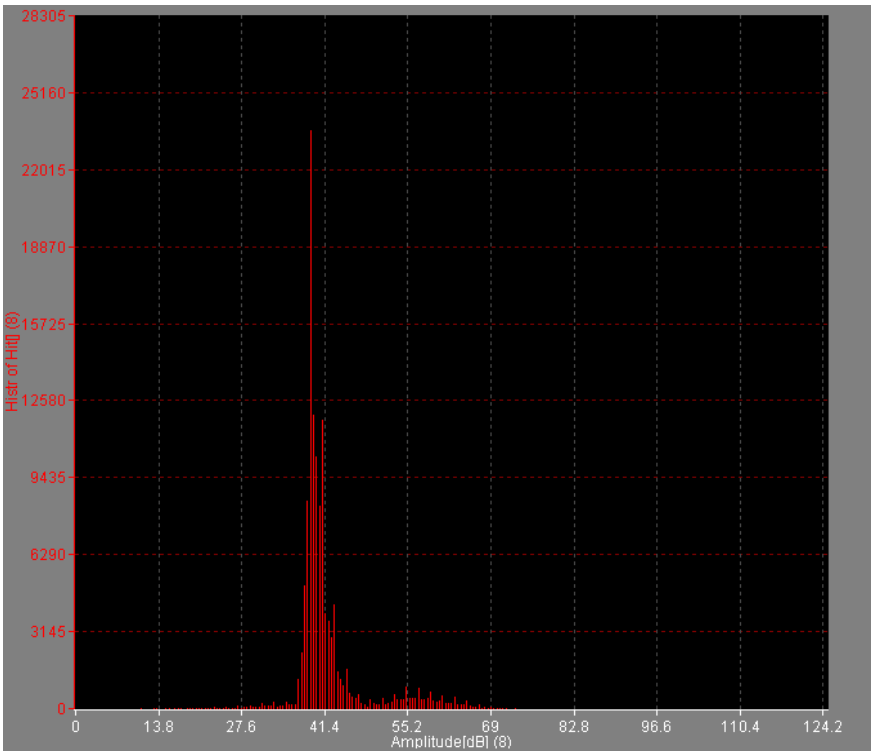
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 5 during Meas.No6



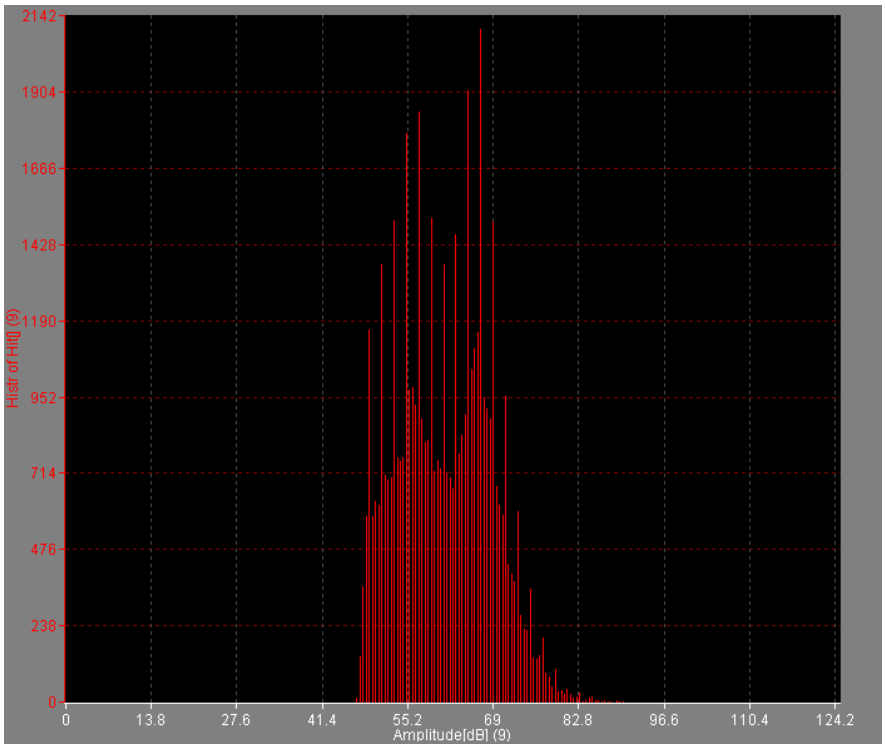
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 6 during Meas.No6



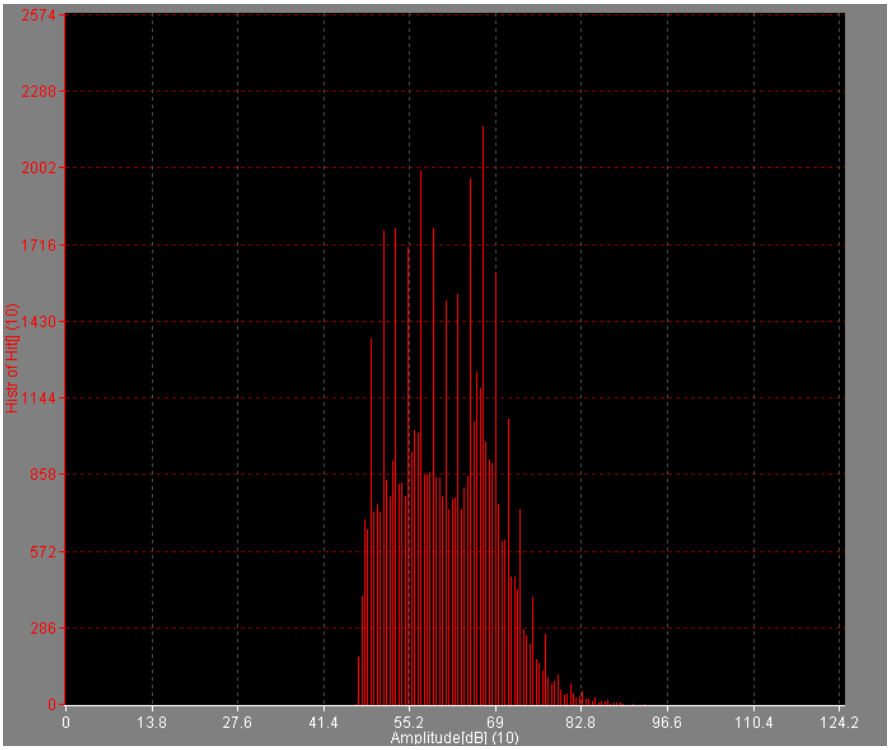
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 7 during Meas.No6



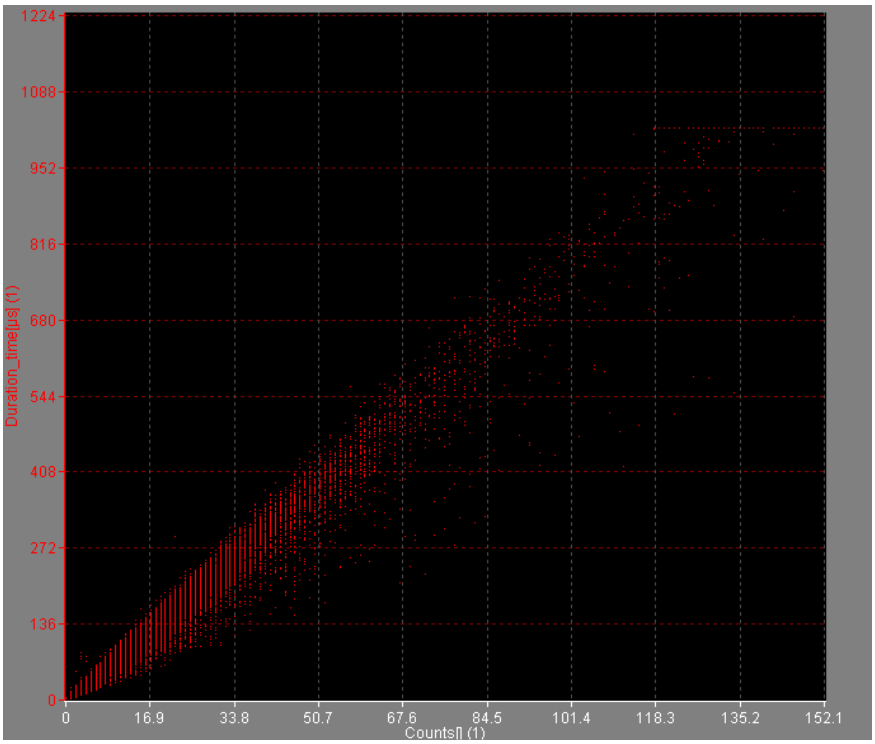
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 8 during Meas.No6



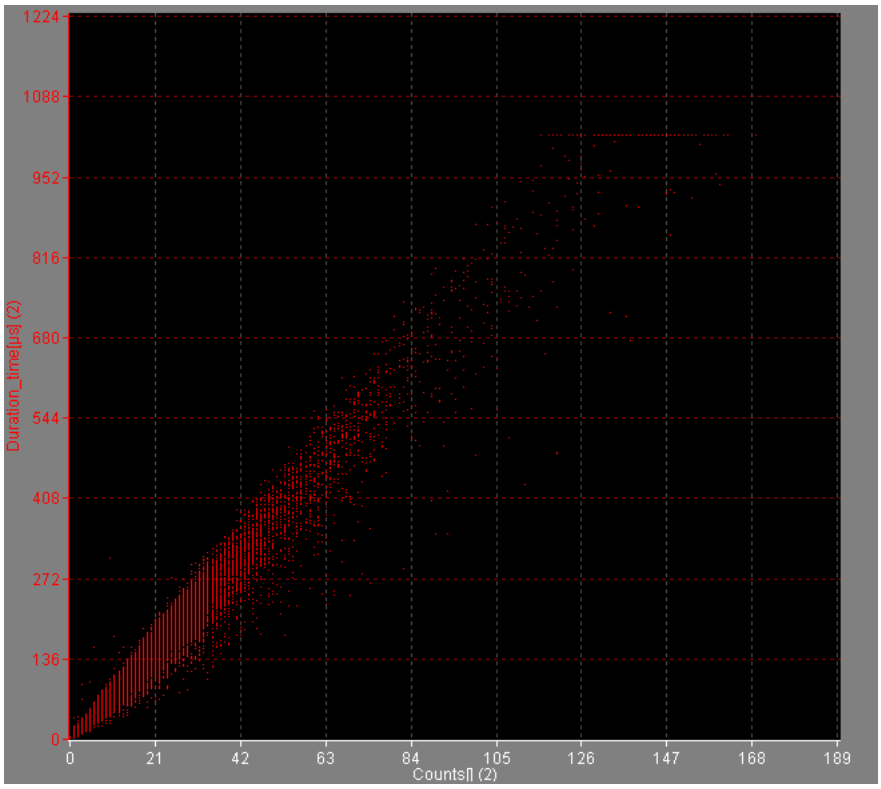
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 9 during Meas.No6



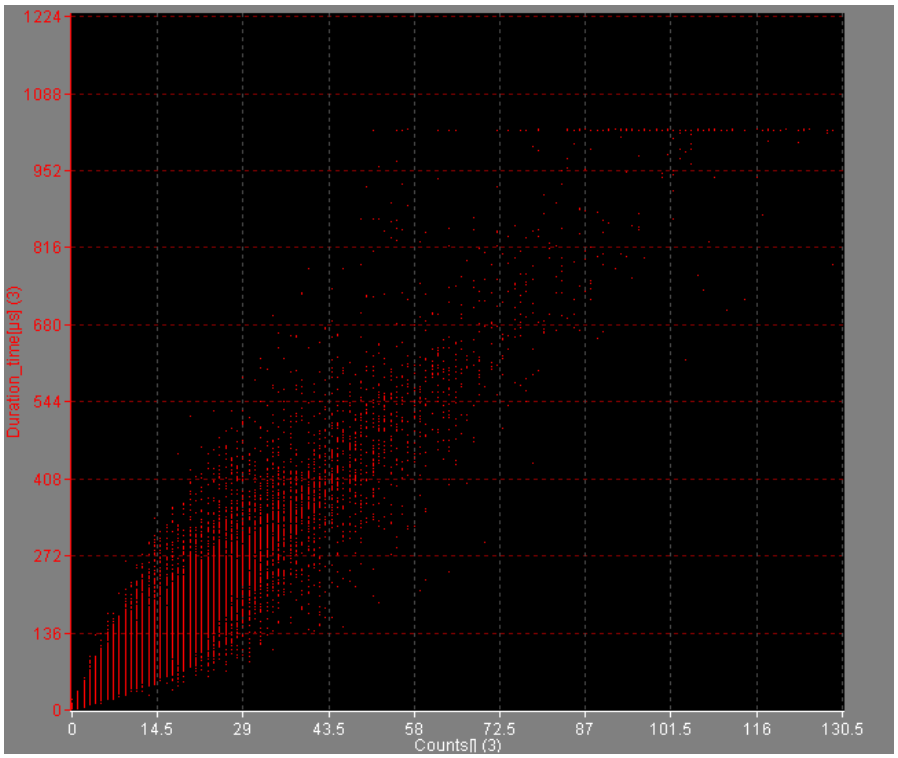
Distribution of amplitude of hits measured by sensor 10 during Meas.No6



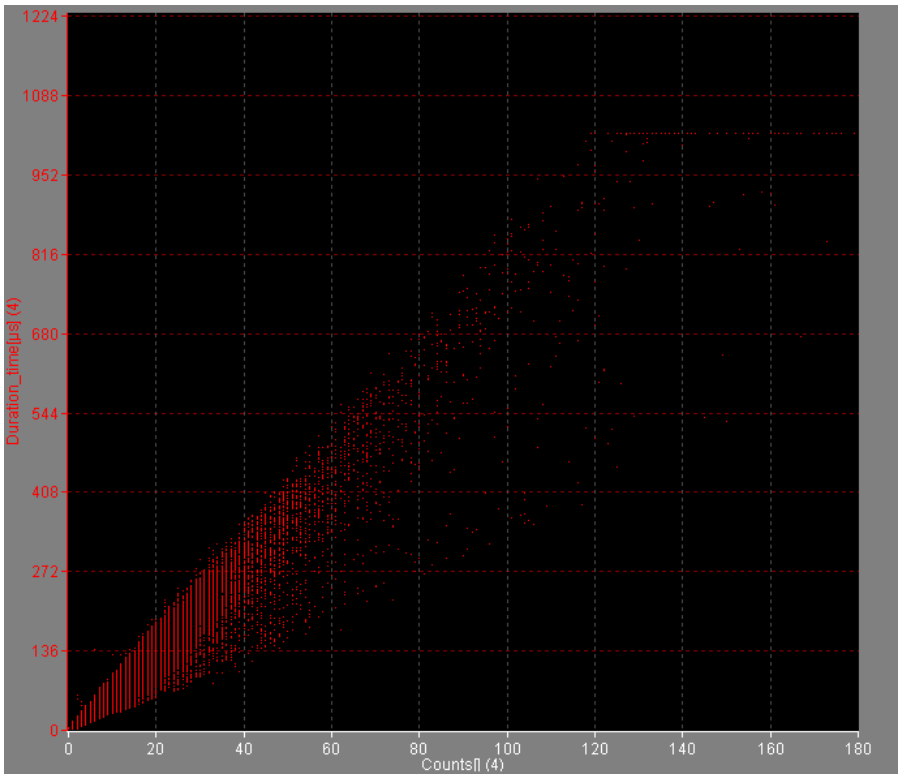
Duration versus Counts measured by sensor 1 during Meas.No6



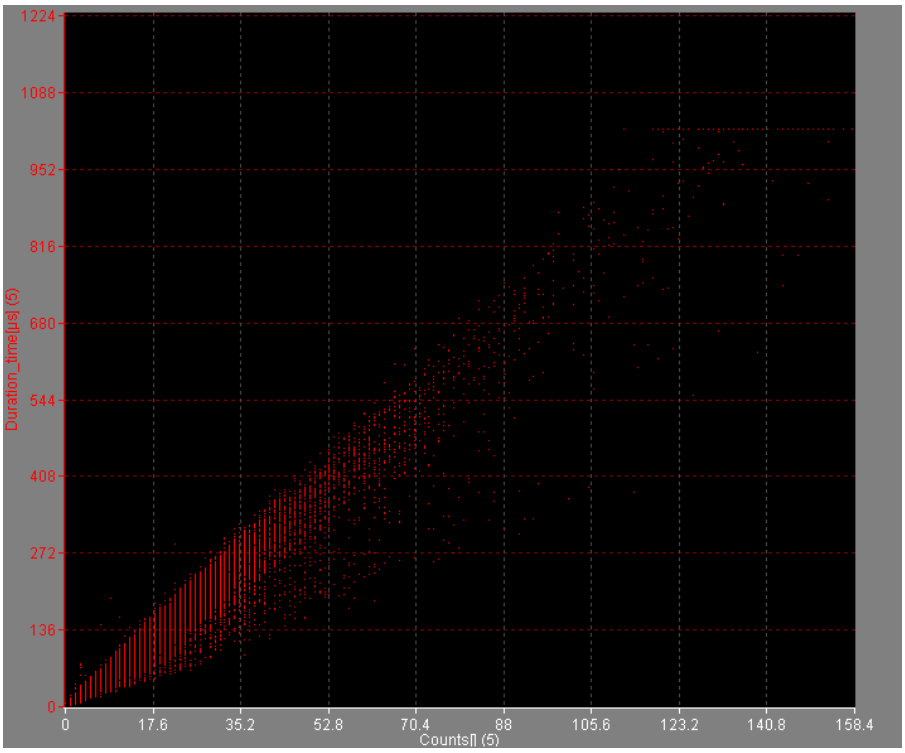
Duration versus Counts measured by sensor 2 during Meas.No6



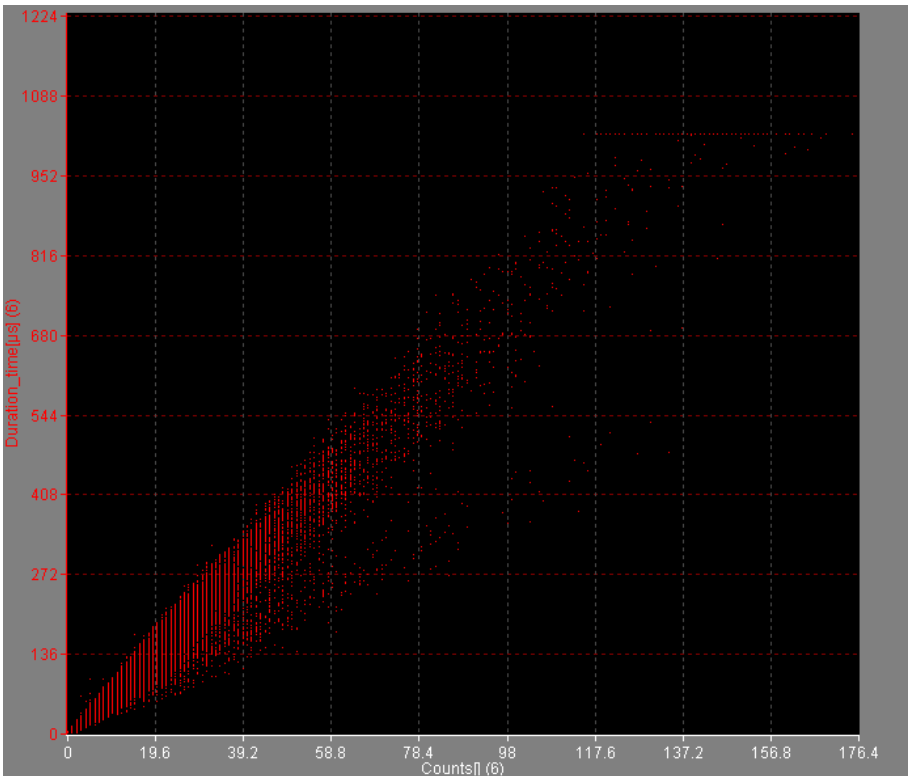
Duration versus Counts measured by sensor 3 during Meas.No6



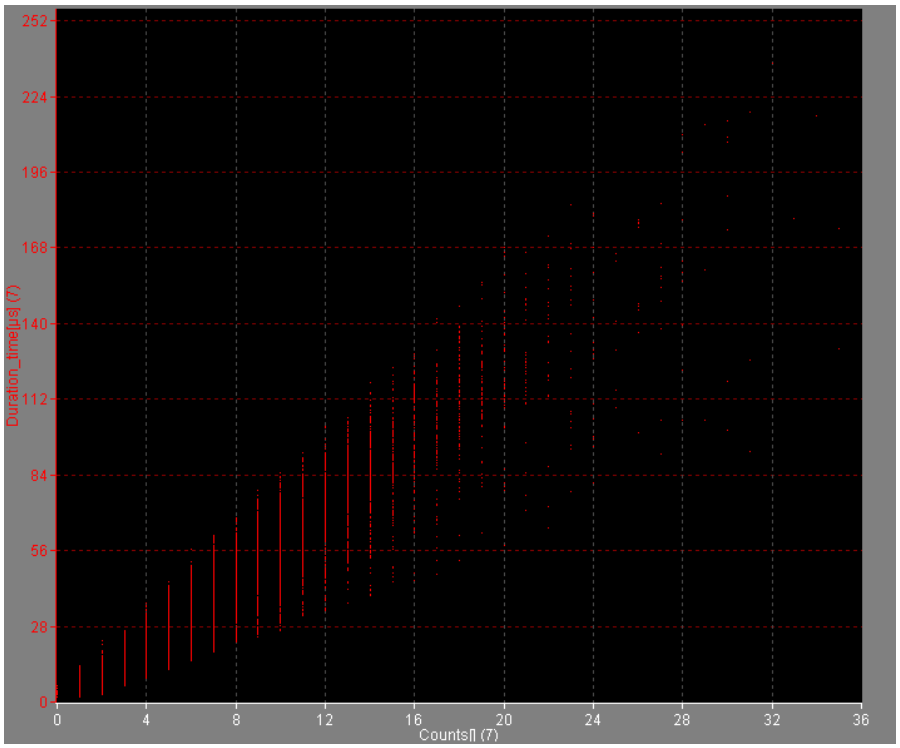
Duration versus Counts measured by sensor 4 during Meas.No6



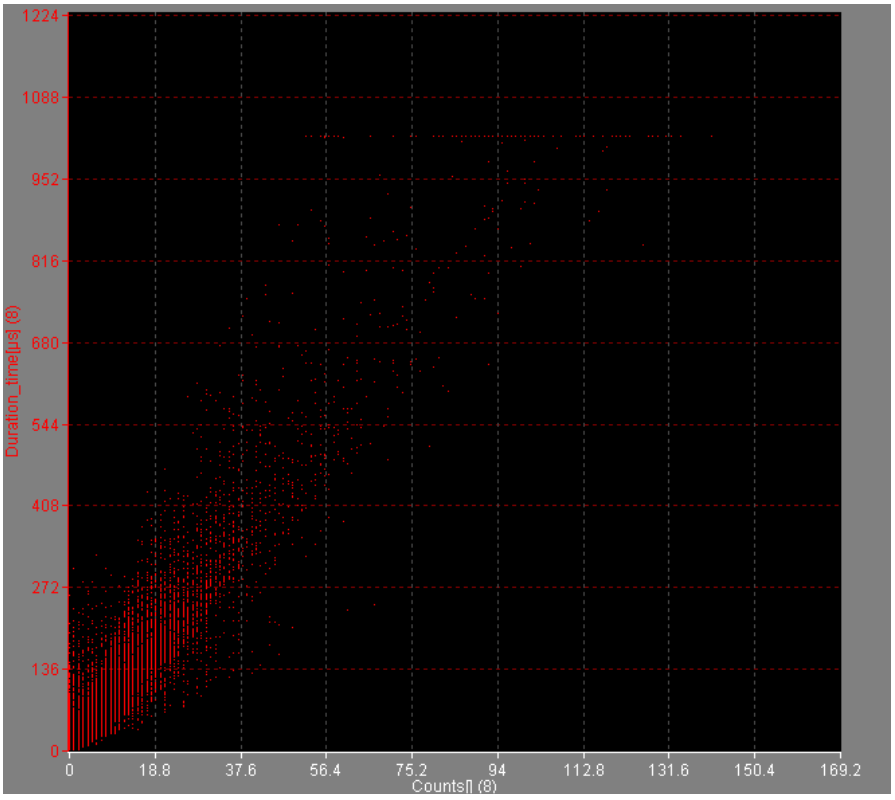
Duration versus Counts measured by sensor 5 during Meas.No6



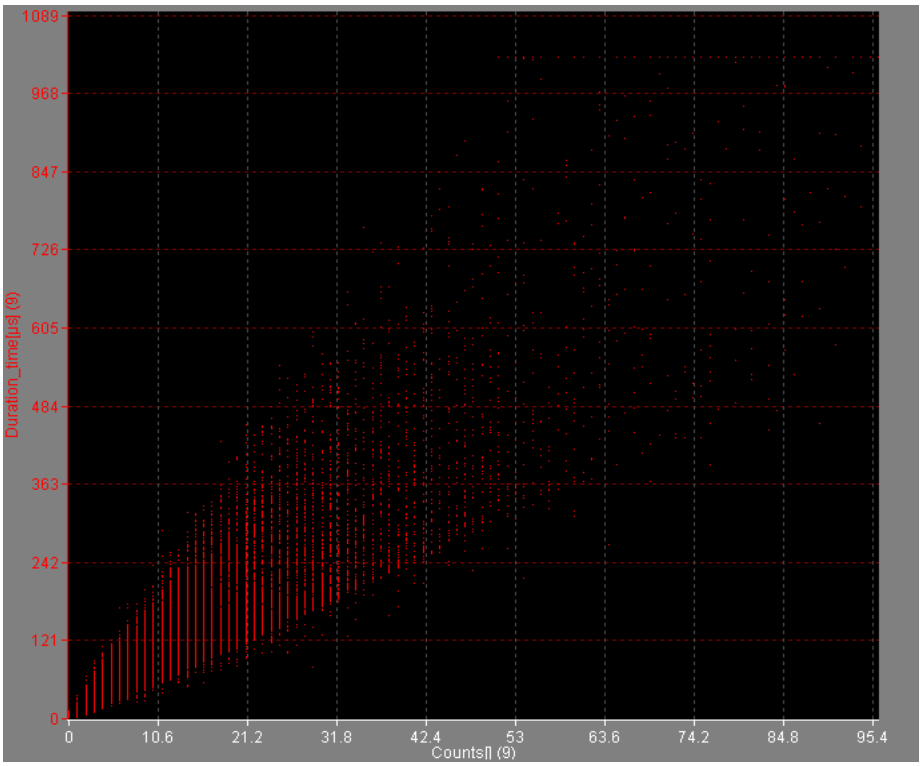
Duration versus Counts measured by sensor 6 during Meas.No6



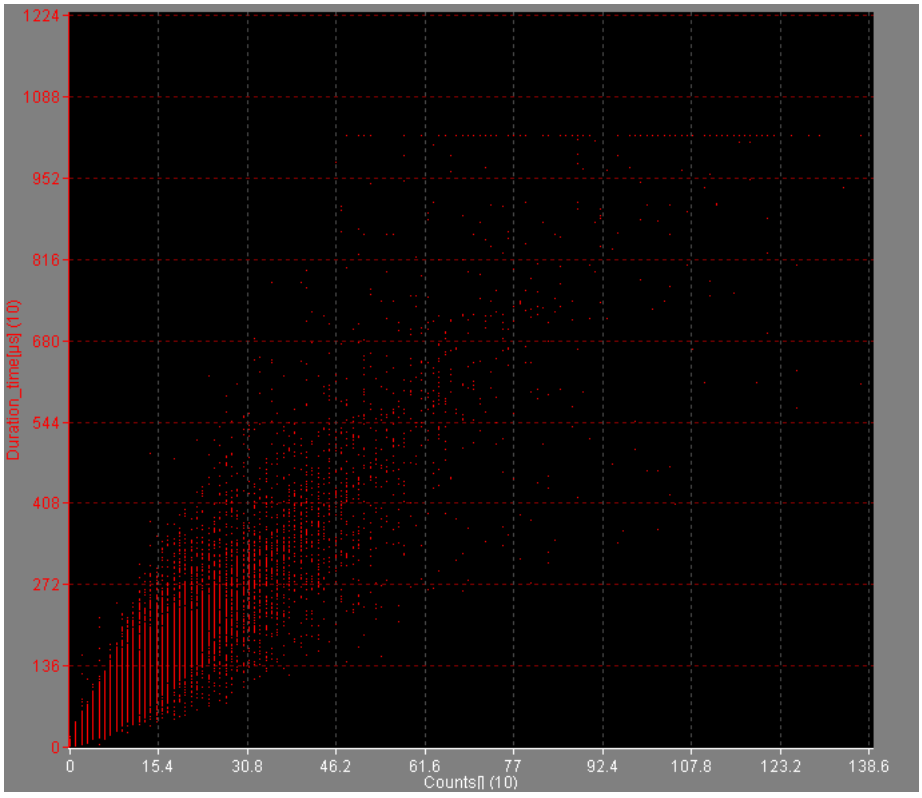
Duration versus Counts measured by sensor 7 during Meas.No6



Duration versus Counts measured by sensor 8 during Meas.No6

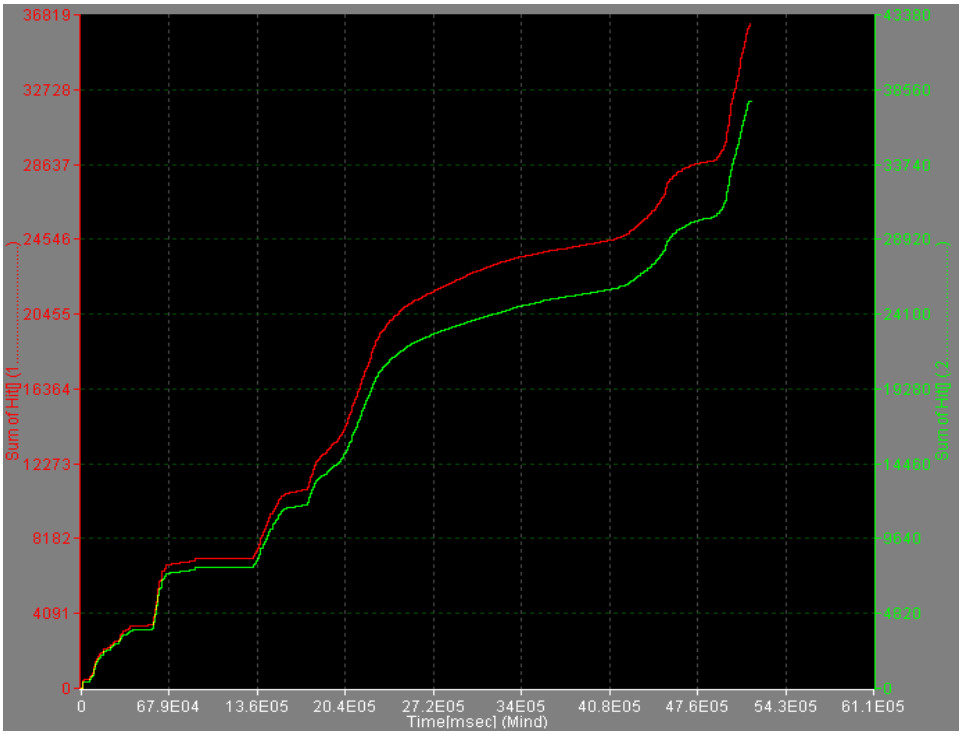


Duration versus Counts measured by sensor 9 during Meas.No6

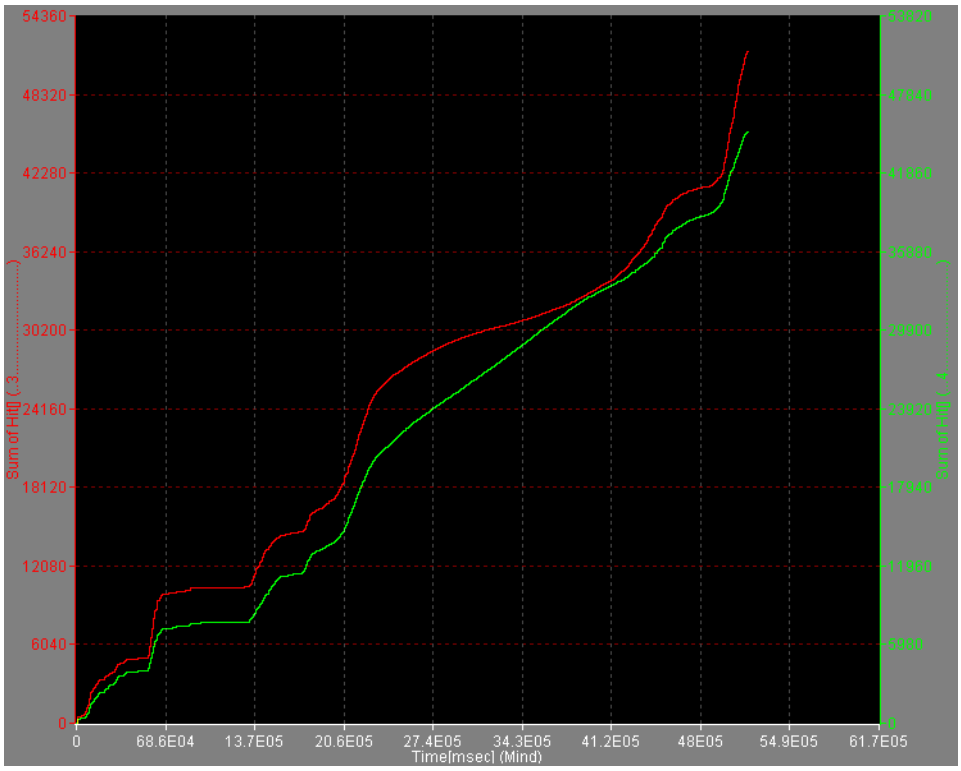


Duration versus Counts measured by sensor 10 during Meas.No6

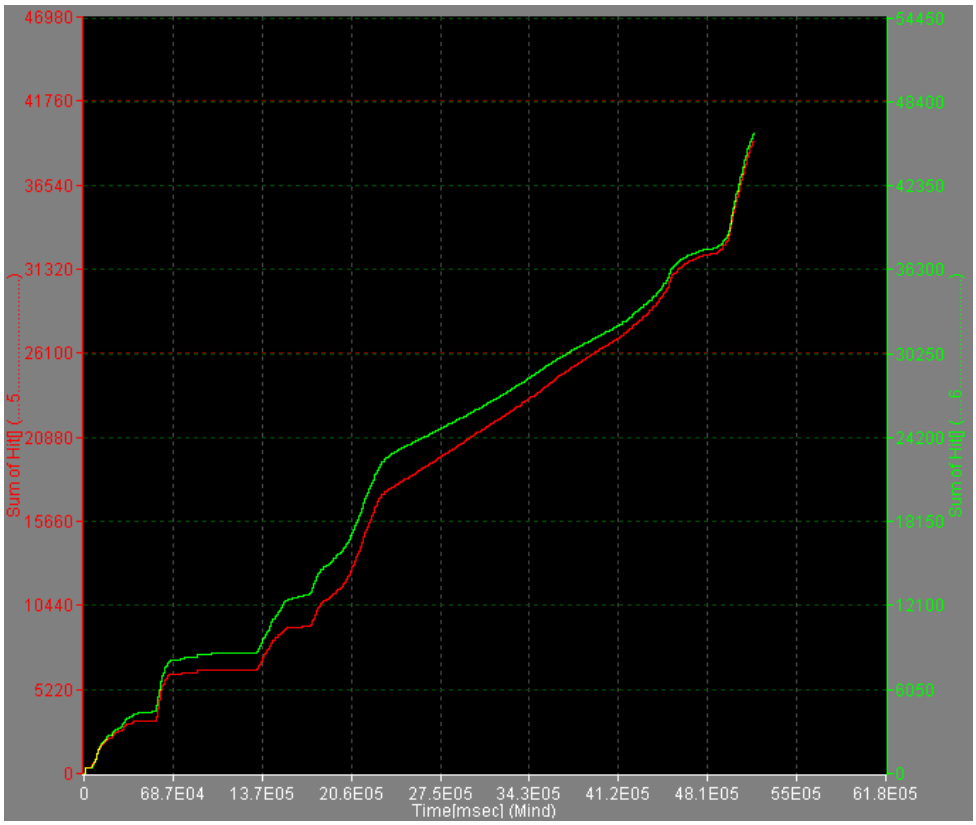
Comparison few pair of signals in Meas No6



Sum of hits from 1 and 2 sensors

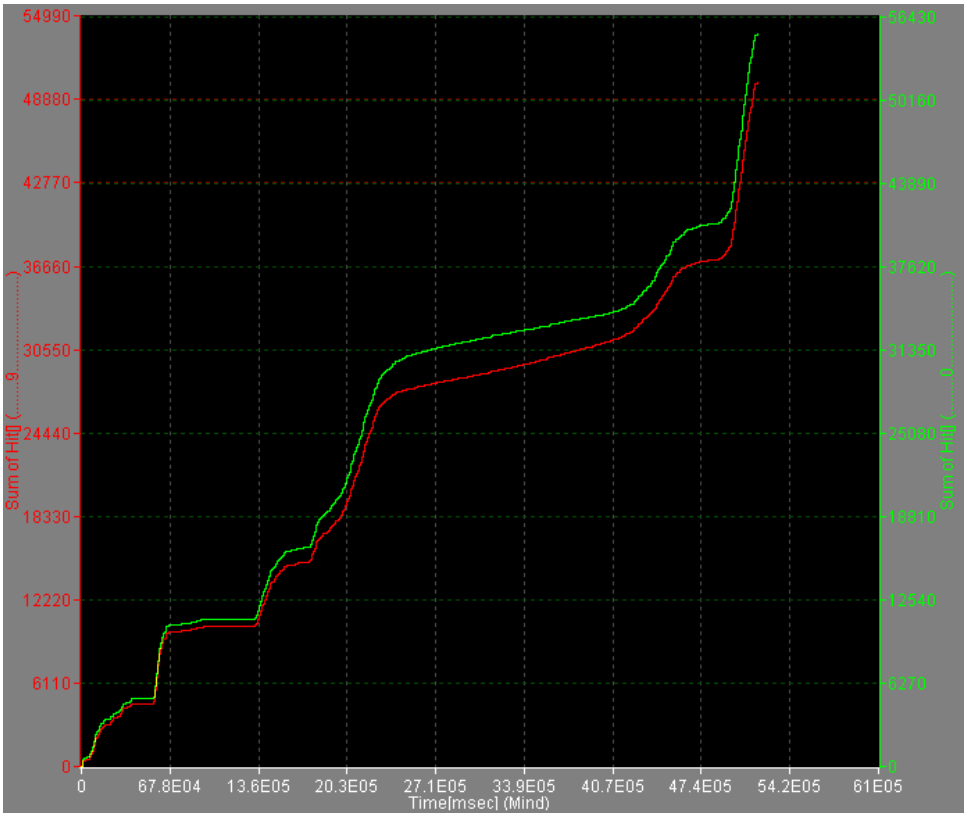


Sum of hits from sensors 3 and 4

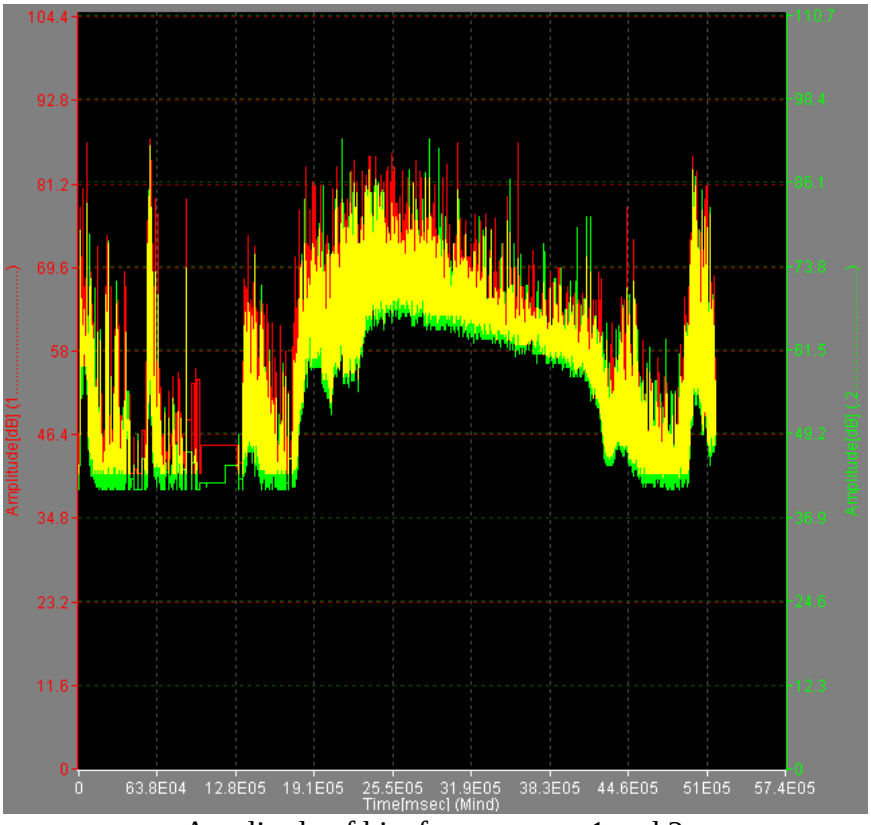


Sum of hits from sensors 5 and 6

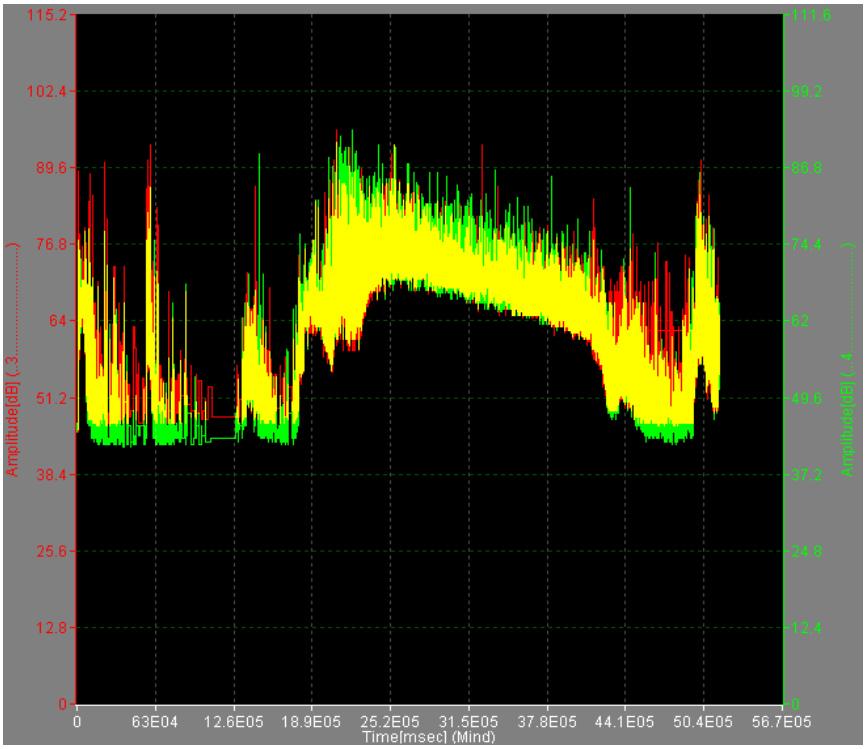
Sum of hits from sensors 7 and 8



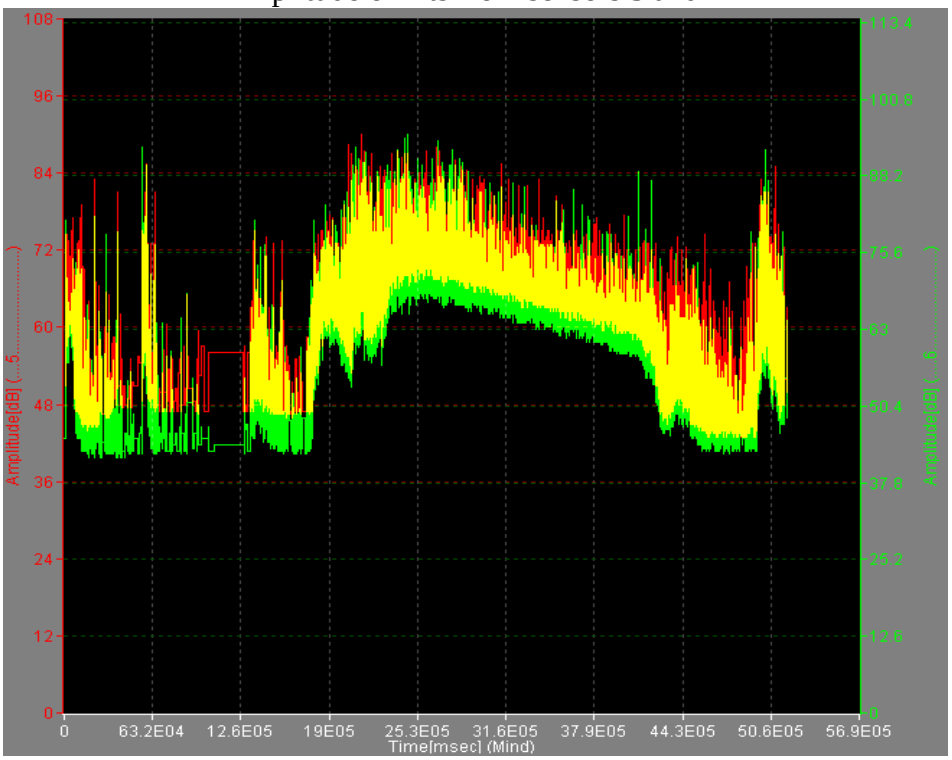
Sum of hits from sensors 9 and 10



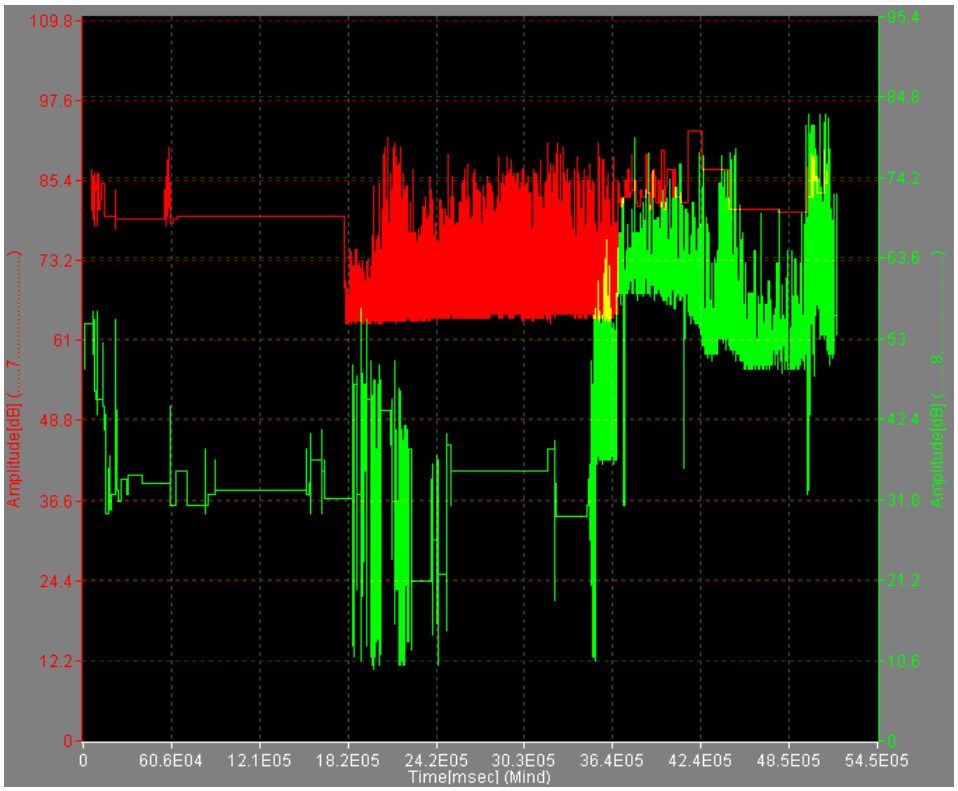
Amplitude of hits from sensors 1 and 2



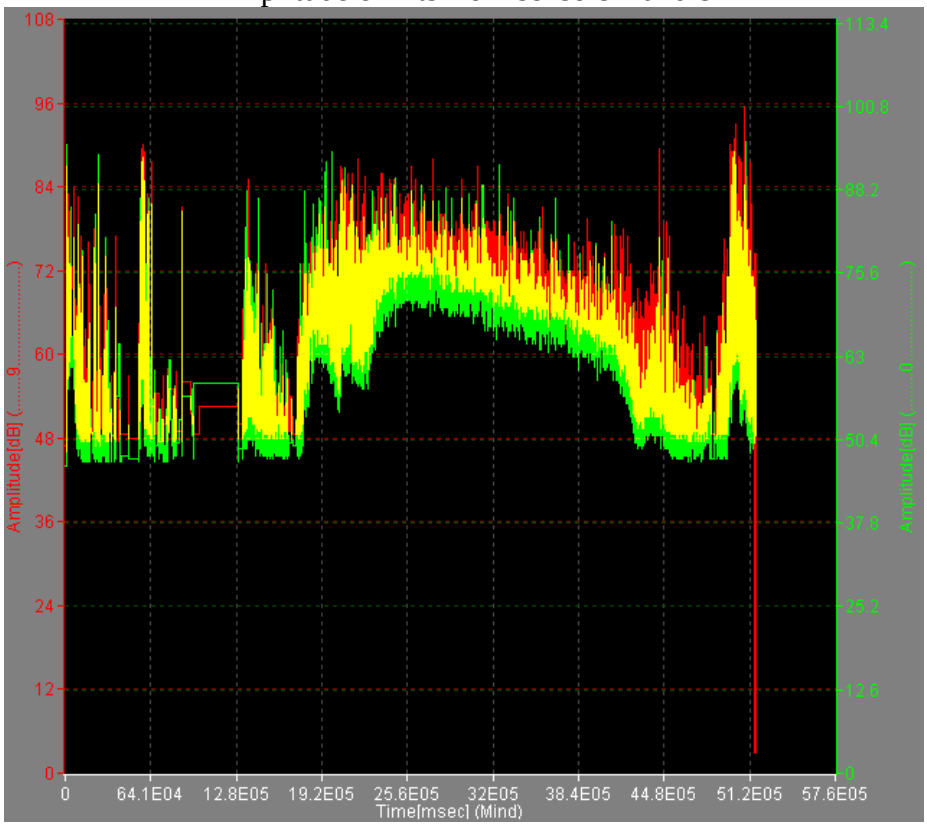
Amplitude of hits from sensors 3 and 4



Amplitude of hits from sensors of 5 and 6

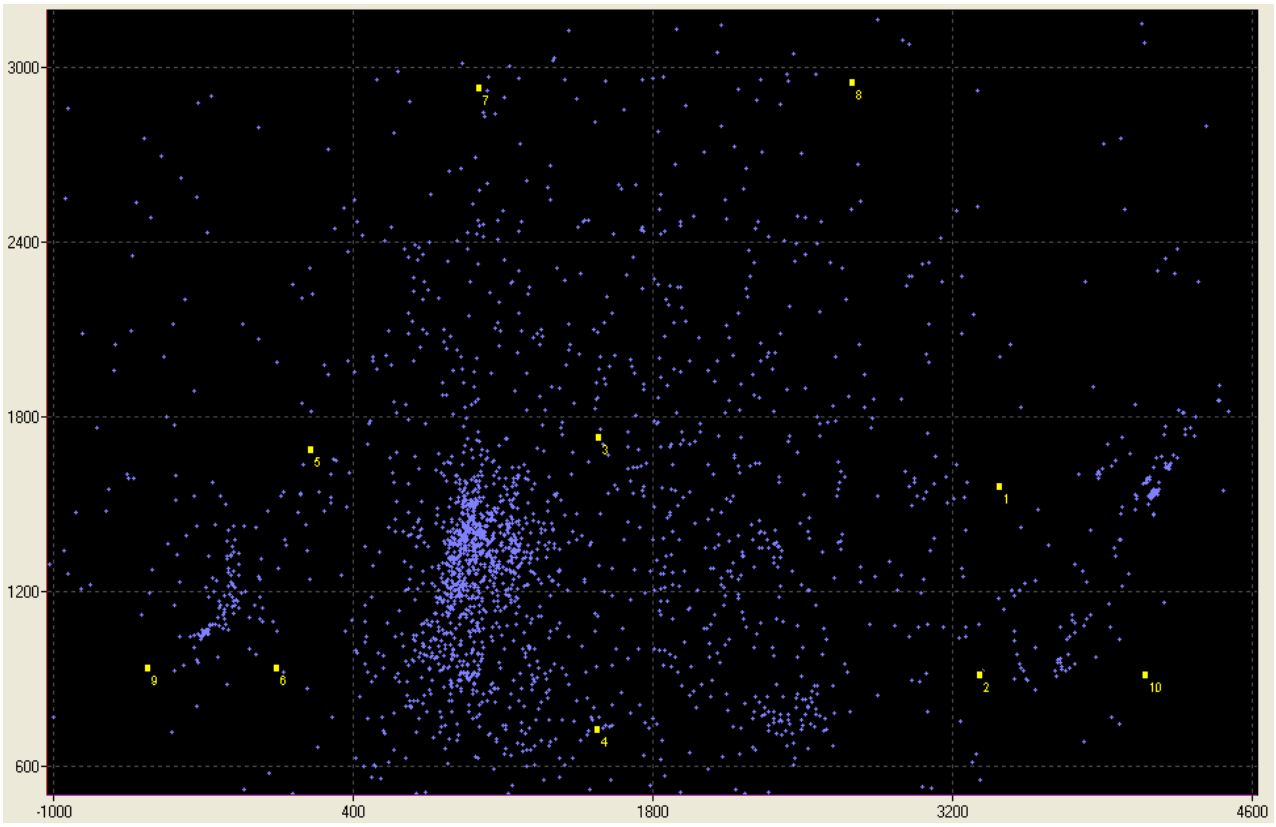


Amplitude of hits from sensors 7 and 8



Amplitude of hits from sensors 9 and 10

6.4.2. Localization of AE events in Meas. No6



Filtered hits during measurement N6

Budapesti University of Technology and Economics
Faculty of Mechanical Engineering www.att.bme.hu
Department of Materials Science and Engineering

BURST TEST OF LPG TANKS within the framework of acoustic emission test

RESEARCH FINAL REPORT

Commissioned by PÉBÉ-COOP Ltd.
at the Department of Materials Science and Engineering, Budapest University of Technology and Economics
Reference number: 288.149 / 2016

Drawn up by: János Dobránszky
scientific advisor, doctor of the Hungarian Academy of Sciences
Budapest, 12th of November 2016

The final report consists of 47 (forty-seven) numbered pages and 11 annexes.

This document contains the English translation ONLY of the executive summary and the conclusions!

E.O. Paton Electric Welding Institute

Executive Summary for the research final report

A) Subject of the final report

Burst test of two LPG tanks (one with thinned wall and one intact - unprepared)

B) The purpose of the R+D program

Testing of the effect of the damages caused under normal operating conditions – basically due to the external corrosion – on the load-bearing capacity of the LPG tank. Sensitivity test of the acoustic emission test (AET) Checking the acceptability of the test procedure performed under pre-standard MSZE 1728:2015 developed for the status evaluation and recertification.

C) Organizations taking part in the tank burst test

Customer: PÉBÉ-COOP Kft.

R+D partner: Department of Material Science and Technology of the Budapest University of Technology,
ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (material testing company)

Professional supervision authority:
MAROVISZ – Hungarian Association for Nondestructive Testing

The professional authorities invited by MAROVISZ to AE test:
University of Dunaújváros / Ecotech Nonprofit Kft.
Geréb és Társa Kft.
Ukrainian Academy of Science, E. O. Paton, Welding Research Institute (Ukraine),
TPA KKS GmbH. (Austria)

D) The most important results of the R+D program based on the conclusions of the final report

The performed research program – bursting of an intact tank + acoustic-emission test + deformation test – that gave us new and important insight are important at a global level. These make possible that the professionals working with LPG tanks may answer the controversies arisen by taking into due account the known facts.

D.1. Structural integrity of the LPG tanks

a) The greater part of the inner surface of the tanks is completely intact. Small-sized corrosion loss can be measured on the sides and upper part of the tank shell, which was above the liquid surface for a long time.
b) The outer corrosion damage concentrates to the lower zone of the tank shell. The thickness reduction in the metallic material can reach the depth of approx. 1 mm at the corrosion spots.
c) This experiences show that the corrosion damage of the outer-lower parts of the tank shell during the periodic inspections must be checked first of all.
d) The inspection of the welded joints, legs, stubs did not reveal any error or damage that could pose operational risks.

D.2. The bursting of the tank weakened on large surface

a) The damage modelled on the tank no. 24344 was closer to the damage occurred in the reality, than any other damages made during the previous tests.
b) The plastic deformation started only above the pressure of the safety valve (15.6 bar), at a pressure of 16–17 bar.
c) The value of the burst pressure was 37 bar. The crack formed in the thinnest zone of the weakened area (where the smallest measured wall thickness was 3.39 mm).

D.3. Bursting of tanks after 20 years of service life that were not prepared with artificial damages

a) According to our current knowledge, no such test (burst test of LPG tank after 20 years of service life under controlled conditions) took place in the past.
b) The tank was burst at a pressure of 50.8 bar, after having reached the maximum pressure and after 20% increase in volume, and after a long stage of slowly reducing pressure.
c) The burst of the tank occurred on the part of the tank with the greatest thickness reduction: on the bottom, in the zones of the spot-like corrosion.
d) After having compared the maximum endured pressure (~52 bar), the yield pressure (~27 bar) and the pressure value of the safety valve (15.6 bar), we may presume that the structural integrity of the tank is appropriate, the strong corrosion spots does not threaten the technical safety.
e) The general corrosion spreading in spots on the outer side of the tank shell must be considered obviously as the most important deterioration factor.

D.4. Sensitivity of the acoustic emission test

a) The AET detected properly the yield of the material of the tank (~16–17 bar on weakened tank, ~27 bar on the intact tank), as well as the Kaiser-effect. Before the yield, only the charging noises, the cracks of the varnish and the rust could indicate the acoustic emission (AE) phenomena.
b) One of the four laboratories detected “critical active AE sources” in one of the longitudinal weld seams. The radiographic inspection of the whole weld seam revealed local porosity that cannot be regarded as weld defects. It is very unlikely that this may act as AE source; especially at the detected pressure (12.5 bar).
c) The foreign laboratories managed to forecast the burst pressure on the weakened tank with particularly great precision. As for the intact tank, neither the forecast was accurate, nor the localization maps drawn up during the test interrupted at reaching the maximum pressure were able to approach the location of the future burst.
d) The laboratories performing AET carried out their own analyses with the precision as they saw fit; however, they could achieve test materials that are available only for few persons during the normal operation.
We firmly believe that the more detailed analysis of their own data and understanding each other’s data could provide new and important information for the future development of the profession.
It is therefore suggested that the results of the previous and future analyses may be shared with the profession, within the framework of a round table or at the professional conference of the next year.

D.5. The grounding of the status evaluation under pre-standard MSZE 1728:2015

a) The pre-standard mentioned above determines a procedure for the requalification of above-ground LPG tanks with capacity less than 13 m^3. It is based on the MSZ EN 12817:2010 standard and the technical expertise system introduced by PÉBÉ-COOP Kft. in 2010. This latter is frequently referred to as KOR-method or “statistical method”.
b) The fundamental element of the MSZE 1728 is that it prescribes the measurement of the wall thickness, such as an alternative procedure under standard MSZ EN 12817:2010 for the substitution of the hydraulic pressure test. The wall thickness must be measured at precisely defined locations.
c) In accordance with the rules of MSZE 1728, the corrosion spots must be located, the wall thickness must be measured there as well, and the lowest measured value must be entered into the expert system database. Consequently, the most important data in terms of the deterioration will be entered into the database: the smallest, the actual and accurate value of the thickness decreasing due to the corrosion.
d) The expert system calculates the corrosion rate based on the wall thickness and estimates the remaining service life. The limit wall thickness means the wall thickness necessary for strength (~4.7 mm). After the yield and burst pressure known for the tank thinned to 3.5 mm (~16 bar and ~37 bar, respectively), this is a cautiously defined threshold limit.

4.7 mm is the design minimum value, and the safety reserve is quite notable in this value as well. The 3.5 mm means that there are abundant reserves even in case of a deep corrosion spot.

e) The AET is widely applied in the national practice for the periodic inspection of the above-ground LPG tanks. The recent experiences suggest that the AET performed under national practice is not appropriate for the procedure that may appropriately check the structural integrity that is able to guarantee the recertification. This is justified by more than one factor:
   - The tank was pressurized multiple times in the past: to 19–20 bar with water, then to 13 bar multiple times during the former AETs: therefore, the Kaiser-effect takes place.
   - The operating pressure of the appliance with 15.6 bar safety valve may reach the test pressure (12–13 bar) applied during the AET without any problem. For this reason, this pressure test is not appropriate for gas tightness test or leakage test.
   - The AET performed under national practice (with 2 sensors) cannot reveal anything about corrosion damages. The tests revealed that measurable AE phenomena were detected at the thinned zone only when reaching 16–17 bars. As for the intact tank, the localized phenomena did not become more extensive right before the burst, nor at the place of the crack, despite the fact that the test was carried out with 10 sensors.
   - In the national practice, the pressure during the AET is not increased with adding their own media. Instead, natural gas is added to the PB; the combustibles thinned with natural gas clearly endanger the safe operation of the combustion units applied for LPG.

f) During the burst tests, both tanks (including the completely unprepared tank, with serial number 24452) were damaged at the place where the corrosion deterioration was the most serious. These places were precisely measured by means of ultrasonic wall thickness measurement carried out during the preliminary status survey. This simple fact proves clearly that the procedure determined by the European standards and the Hungarian pre-standard no. 1728 is appropriate for the requalification of the LPG tanks.

g) In order to assess the suitability of the pre-standard no. MSZE 1728:2015, we should make it clear that the statistical processing of the measurement data (including the extrapolation) is an engineering method accepted and applied worldwide.
In essence, the procedure under MSZE 1728 is an expert system equal to other technical expert systems developed for the condition monitoring of facilities built of appliances, the so-called Asset Integrity Management systems (AIMS). Such systems are the Credo5, SGS AIM, TWI RiskWISE/IntegriWISE, DNV Synergi, Antea Palladio, Rosen Group ROAIMS or the Hungarian-developed systems used in the MOL plants: SKÁF used in Százhalombatta and SAVASYS used in Tiszaújváros.

h) The results of the performed research and development program give us grounds to spread the procedure based on MSZE 1728 and to adapt it to other pressure vessels operating under the same deterioration conditions. The cost-effectiveness is not insignificant either, but it is more important from a technical point of view: it is a better alternative than the hydraulic pressure test in a number of respects.

E) The structure of the final report

Structurally, the final report starts with an executive summary, the main frame consists of a general presentation, an analysis and evaluation, and 12 annexes are attached to it. There are three types of annex:

– 1. The detailed presentation of the data relating to certain parts of the master document, as text, illustrated text, → 2 annexes, 2 files.
– 2. The detailed presentation of the data relating to certain parts of the master documents as video documents → 2 annexes, 2 files.
– 3. The material test reports of the AET laboratories, analyses as texts and videos. Among these, see 2 original documents in Russian language, with Hungarian translation as well → 7 annexes, 10 files.

5. Overall assessment on the results of the R&D program and the fulfilment of the objectives

The events and results of the burst test carried out in the framework of the hydraulic pressure test and acoustic emission test of the LPG tanks were explained above. We think that the importance of this research cannot be exaggerated, since the testing and inspection program carried upon the initiative of PÉBÉ-COOP Kft., in a close cooperation with the ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (material testing company) and under supervision of MAROVISZ may be considered exceptional at a global level.

Thanks to this research, we gained great deal of important, objective and new, scientific knowledge. These are appropriate, and hopefully enough for answering any controversial questions or questions deemed to be indisputable, denied, hypothetical or unanswered based on the known facts among thousands of designers, manufacturers, owners, operators, maintenance organizations, consumer, material testers, structural integrity testers, official inspectors, heads of authority involved in any kinds of activities with LPG tanks.

At the beginning of the final report, we emphasized that the research program had specific and clearly determined objectives. These require that the assessment must be provided by answering the original objectives, i.e. the questions arising in connection with them.

5.1. What is the structural integrity of the LPG tanks look like?

- *What is the internal and external status, structural integrity of the tanks with long service life and the tanks withdrawn from use?*

a) The major part of the inner surface of the LPG tanks is completely corrosion-free. The wall thickness checks revealed slight (~0,05–0,2 mm) corrosion loss on the sides and upper part of the shell. The surface condition is completely original at the lower region of the shell and on the surfaces mostly under liquid; this is the situation on the sample pieces cut out after the hydraulic pressure test as well. Slight corrosion deterioration and thin, reddish rust can be discovered on the side and upper surfaces.

b) The corrosion deterioration of the outer surface is concentrated on the lower zone of the tank shell, and partially to the “5h–7h” zones. The type of the damage: general corrosion appearing in spots. The thickness reduction of the metallic material reaches almost 1 mm in the corrosion spots (corrosion allowance: 1 mm). The corrosion is the strongest at the lower part of the shell, at the damaged points of the coating and in the surroundings of the lower area (6h), where the wet and humid environment is quite common due to the rainwater and the evaporation of the soil surface.

c) The non-destructive testing of the welded joints did not reveal any kind of operational risk. From the point of view of the corrosion, the same slight corrosion can be discovered at the internal weld seams of the stubs welded by two-sided weld seams, such as on the surface of the shell itself.

d) During the preliminary status survey, we detected one imperfection of 2012 at one circumferential weld (non continuous undercut).
The TPA found “critical active AE sources” in one of the longitudinal welds. The radiographic inspection covering the whole weld seam revealed a deviation of 2011 and 2013 (gas pore / local porosity), and it is unlikely that these act as AE source, especially at the detection pressure, 12,5 bar.
The uncovered deviations of the welded joints are otherwise permitted in the welded structures, and they easily meet the requirements of the strictest reception level “B” in accordance with the standard MSZ EN ISO 5817:2014.

e) After having summarized the experiences on structural integrity: the checked tanks were absolutely appropriate for the future operation after 20 years of service life, but the external corrosion deteriorated a significant portion of the corrosion allowance at some places. This experience shows that the corrosion damage of the outer-lower parts of the tank shell during the periodic inspections must be checked first and foremost.

5.2. How much pressure is tolerated by the tank weakened at large surface?

- *What is the internal pressure that can be tolerated by the tank containing a damage that was modelled more realistically than the previous one?*

a) The damage modelled on the tank no. 24344 was closer to the damage occurred in the reality than any other damages made during the previous AETs.
b) The plastic deformation of the thinned tank shell started only above the pressure of the safety valve (15.6 bar), at a pressure of 16–17 bar; this definition refers to the weakened area. Another yield is detected on the strain diagrams at about 27 bar, which started the plastic deformation on most parts of original thickness of the tank structure.
c) The value of the burst pressure was 37 bar.
d) The figure 3 and 4 show exactly that the burst occurred in the thinnest zone, where the smallest wall thickness was 3.39 mm. The logical conclusion is that the plastic deformation caused by the internal pressure concentrates on the weakest (thinnest) part.

5.3. How much pressure is tolerated by the tank after 20 years of service life?

- *How much internal pressure is tolerated by the tank that has never been checked and that does not contain any technical defects? At which part of the tank the burst occurred?*

a) According to our current knowledge, the burst test of the unprepared tank no. 24452 that worked for 20 years is clearly meaningful, because no such test has ever taken place under controlled circumstances.
b) The previous finding also implies that nobody had thorough experiences about the possible behaviour of the tank. The burst tests of the early days of the production – in the years 1990 – were carried out on tanks considered as production scrap, and only for the purpose of personal amusement; the stories of experienced boiler inspectors say much about this era.
c) Most of the burst pressure predictions is closer to 70 bars than to 60 bar.
Predictions for deformation: 36 - 26 - 35 - 35 - 36 - xx - xxxx - 36 - 28 - 35 - 28 - 65 - x.
Predictions for burst: 70 - 68 - 69 - 64 - xx - 60 - 62,5 - 70 - 65 - 60 - N - 72 - N; the letters “x” mean here that there was no prediction, while the “N” mean that it will not burst.
d) Finally, the tank burst on a pressure of 50.8 bar, after having reached the maximum pressure of 51.7 bar, at the end of a slowly decreasing pressure drop phase.
e) The burst of the tank occurred on the part of the tank with the greatest thickness reduction: on the bottom (the belly), in the zones of the spot-like corrosion. We note that the strap connecting the legs stayed on the tank, presumably inhibiting the steady dilatation of the shell.
f) The burst occurred “only” at 51 bar and the preceding “structural contraction” that takes long time with slight pressure drop can be considered as a completely new discovery, even if we obviously know how the tensile test diagram of a mild steel test piece looks like.
g) Comparing the pressure values of the maximum pressure (52 bar), the yield pressure (27 bar) and the safety valve (15.6 bar) with each other, it becomes obvious that there is no cause for concern in respect of the structural integrity of the tank.
h) Nonetheless, the general corrosion spreading in spots on the outer side of the tank shell must be considered obviously as the most important deterioration factor.
i) It can be surprising that no one has ever thought that the tank might burst at the belly. Most people thought that the burst might occur on the upper part of the tank, at the place of the filling, saying that there are pressure surges and residual air there. However, we have to add that no one could see the tank turned upside down before the varnishing – except the persons carrying out the preliminary inspections – (*Annex 1, Figure 8*), so no one could have any idea of the widespread corrosion deteriorations exceeding 0.8 mm.

5.4. What is the sensitivity of the AE test in different stages of the pressure boosting?

- *What phenomena were detected by the AET carried out during pressure boosting, in the structure with long service life, “pressurized” many times and loaded until burst?*

a) The AET minutes have different structures. This is obvious, because we did not define any requirement beforehand. As a consequence, the details and evaluation of the AE phenom-

ena is different: It spreads from page 7 to page 130. We also have to see that the test was carried out by using incompressible media, therefore a quite rapid pressure increase was detected even with the strongest choke of the "weaker" pump, until 5–8 bar. This pressure value is within the normal operating pressure range.

b) From the point of view of the AET sensitivity, the stage between the first stop (approx. 8–9 bar) and the yield pressure (~16–17 bar and 27 bar) had significant importance. Why is this important?
1.) The upper pressure range of the operating 3 and 5 m^3 LPG tanks falls into this range (the safety valve relieves on 15.6 bar).
2. The AE test carried out with gas pressure test (by adding natural gas according to the national practice) as periodic revision falls into this range (approx. 12–13 bar). In this stage, the charging noises, the cracks of the varnish and the rust flakes indicated the physical phenomena in the background of the AE events.

c) We already mentioned in section 5.1.d that the TPA detected an AE source of critical activity (class 3) in case of the tank no. 24344, at a pressure of 12.5 bar. In order to assess this detection and classification, we must take into account the following:
1.) We asked them to localize the source, therefore the Austrian colleagues marked the complete longitudinal weld of the shell in question (approx. 1500 mm) and the complete weld seam of the tank leg. The results of the subsequent test were already presented in section 5.1.d.
2.) The tank received 37 bars of internal pressure, and no damage occurred in the meantime at the place concerned.
3.) The other three AET systems (each of them working with 10–10 sensors) did not detect this phenomenon at 1,5 bars and later either.
This implies that there was a false detection by TPA or a false non-detection by the others. Nevertheless, we are planning to have further consultation with the TPA and we will continue the inspection of the "suspicious spots" by means of non-destructive and destructive tests.

d) From the point of view of the AET sensitivity, the second stage is related to the yield phenomenon, i.e. the plastic deformation occurring in the material of the tank shell. The AET detected the yield precisely. Each AET data became active at this time, and the test provided accurate and clear data from here on. The animation provided by DUE *(Annex no. 7b of AET)* shows well the development of the localization map as a function of the pressure: this makes it clear that the number of the AE phenomena until the beginning of the yield is relatively low and they appear randomly.

e) The Kaiser-effect appeared in the pressure increase stage after the pressure reduction stage, i.e. the pause of the detection of the AE phenomena until the previously reached pressure. As for the Kaiser-effect, we should take note that the AET is able to show any signs of damage only in two cases in the concerned (non-prepared) LPG tank:
1.) The testing pressure is higher than the pressure of the previous pressure tests (19–20 bar).
2.) New "error" occurred during the operation. No other thing can be taken into account, only the wall thickness reduction caused by corrosion, which was demonstrated well by both tanks.

f) The loading stage above the yield pressure is very interesting from the point of view of the AET sensitivity, and it is also close to the burst pressure. In this stage, we can see particular fluctuations, local and absolute peaks and drops in the evaluation factors of AET that were not explained by the colleagues performing the assessment, but hopefully they will check it later on, since they possess measurement data of unparalleled importance.

g) We consider important that the burst pressure could be forecast with great accuracy. This is not related with the AET sensitivity, but with the level of development of the engineering / mathematical / statistical / software-based methods. It is also clear that the yield and the detection of the related AE phenomena is a prerequisite for this forecast.

5.5. How well grounded is the status evaluation under MSZE 1728:2015?

- Do the test results described in pre-standard *MSZE 1728:2015 create basis for the status evaluation based on statistical principles* and the further application of the method?

a) The pre-standard mentioned above determines new procedure for the recertification of above-ground LPG tanks with capacity less than 13 m^3. It is based on the MSZ EN 12817:2010 standard and the technical expertise system introduced by PÉBÉ-COOP Kft. in 2010. This latter is frequently referred to as KOR-method or "statistical method".

b) Since the KOR-method and the draft standard was harshly criticized and attacked by the sceptics, therefore it is completely understandable that the PÉBÉ-COOP Kft. should check the justification of the procedure under MSZE 1728:2015 by means of an overall test program.

c) One of the pillars of the MSZE 1728 is that it prescribes the wall thickness measurement at certain points of the tank. The EN 12817:2010 standard defines this materials testing method as an alternative procedure for the substitution of the hydraulic pressure test, such as the AET, for example. The measurement must be performed at predetermined points.

d) In accordance with the rules of MSZE 1728, the corrosion spots must be located, the wall thickness must be measured there as well, and the lowest measured value must be entered into the experts' system database. Conclusions? The fact, that the most important data in terms of the tank deterioration is entered into the expert system database: the corrosion; and it is clear that the real value of the thickness decreasing due to the outer corrosion of the tank shell.

e) The second pillar of the MSZE 1728, the "statistics" start at this point. The expert system calculates the corrosion rate based on the wall thickness and forecasts it for the future, estimating the remaining service life. The wall thickness limit of the residual lifetime is indicated by the wall thickness necessary for strength. This is quite conservative threshold limit, since we saw that even the tank thinned under the wall thickness necessary for strength on a great surface, yielded only above the limiting pressure of the safety valve and burst at 37 bars.

f) Although the method under MSZE 1728 of the status evaluation and the estimation of the rest lifetime can be criticized, or can be referred to as "statistical method" by those who believe in "integrity check", but it must be taken into account that the statistical methods structured under the same methods serve as a basis for the definition of the deterioration process speed and the estimation of the rest of the lifetime everywhere, where the condition monitoring is taken seriously.

g) At this point, we have to mention the periodical inspection of the above-ground LPG tanks, which is a widely used "integrity inspection" in Hungary, and for the suitability of the acoustic emission test (AET).
After having checked our previous and newly acquired experiences, we can conclude that the pressure enhancement carried out until 12–13 bars of internal pressure cannot be referred to as a real "integrity check" for more than one reason. Therefore, it is doubted if it is suitable or it has any sense. The justification is given by the following:

- The tank was pressurized already to 19–20 bar, then to 13 bar multiple times during the former AETs: therefore, the Kaiser-effect detected in the subject test takes place inevitably.
- The operating pressure of the tank fitted with 15,6 bar safety valve can reach the value of the test pressure in question, therefore the pressure test carried out at 12–13 bar is not suitable for a conventional gas tightness test or leakage test.
- The detection of the integrity deviations occurring due to the corrosion effects is an important element of the evaluation of the structural integrity. The AET performed under national practice cannot reveal anything about corrosion damages. We saw during the tests that the clearly visible AE phenomena were revealed only at the beginning of the plastic deformation, even at the zones that were thinned to the half of the wall thickness. We also revealed during the tests that the AET is not able to localize the deterioration spots even to the critical corrosion deterioration spots right before the pressure value of the burst damage of tanks.

- In respect of the suitability evaluation of the AET test, we have to see that the national practice is different from the Austrian practice applied by TPA, and this difference implies technical safety risk. The difference between the national and the Austrian practice is that in Austria the pressure enhancement is carried out by adding the same media (propane), while in the Hungarian practice natural gas is added to the LPG. However, 97 percent of the natural gas consists of methane and the density of this gas is lower than the LPG (PB-gas). Additionally, the dispensers and safety appliances set for LPG of the combustion units were not designed for natural gas.

h) As for the essence – therefore the principle of operation and data sources–, the procedure under MSZE 1728 is an expert system equal to other technical expert systems developed for the condition monitoring of facilities built of appliances, the so-called Asset Integrity Management systems (AIMS). Such systems are the Credo5, SGS AIM, TWI Risk-WISE/IntegriWISE, DNV Synergi, Antea Palladio, Rosen Group ROAIMS or the Hungarian-developed condition monitoring systems used in the MOL plants (in Százhalombatta or Tiszaújváros), such as SKÁF-system or SAVASYS system.

i) What did we see at the tanks tested during this research?
Both tanks (including the completely unprepared tank, with serial number 24452) were damaged at the place where the corrosion deterioration was the strongest, which places were thoroughly checked by means of wall thickness measurement. Nothing else could prove better than the wall thickness measurement and the estimation of the remaining lifespan referred to in the European standards and the Hungarian pre-standard 1728 is more than adequate for the recertification of the LPG tanks.

j) We have to mention another factor that led to the initiatives and the development of the MSZE 1728:2015: this is the question of the hydraulic pressure test.
It is of utmost importance that the possibility of the substitution of the hydraulic pressure test as periodical inspection was clearly referred to in the relevant European standards, such as EN 12817 and EN 12819. This is important because the hydraulic pressure test is considered useless for the LPG tanks as pressure vessels even in the best-case scenario, but it may be deemed harmful if we take into account its corrosive effect revealed by us. Lots of notable Hungarian experts share this opinion. However, the persons and representatives of authorities with key role in the industrial practice still stick to the hydraulic pressure test in their way of thinking and in their technical practice for decades, still thinking that this method is a miracle.

k) One key motivation for the development of revision procedure under MSZE 1278 was that there was a need for developing a method that could mean an alternative for the hydraulic pressure test. We think that the MSZE 1728 meets this requirement completely; in addition, it provides output information on the condition of the tanks, for which the water pressure test is completely unsuitable.

l) Finally, we would like to call the attention to the principle of the method according to MSZE 1728 and their practical elements could and should be extended. The principle and the method give us opportunity to apply the new revision method not only for the periodical inspections of certain LPG tanks, but also for other pressure vessels, avoiding thereby the dismantling and the pressure tests.

Budapest, 10th of November 2016
Date of this translation: 23 February, 2017

János Dobránszky
scientific advisor

Dr. Péter János Szabó
professor and head of department

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Alapítva: 1889
Tanszékvezető: Dr. Szabó Péter János Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366

2017. november 28.

Hajdú István, ügyvezető úr és
Váczi Róbert, ügyvezető úr részére

PÉBÉ-COOP Kft.

2400 Hajdúszoboszló, Ady Endre utca 60.

Telefon: +36 30 983-0317

E-mail: istvan.hajdu@fibermail.hu
vaczi.robert@t-online.hu

Iktatószám: 288.166 / 2017

Szakmai felelős:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó

Tárgy:
4 db pébégáztartály
felszakítási kísérlete

Tisztelt Hajdú Úr, tisztelt Váczi Úr!

Mellékelten küldöm a pébégáztartályok felszakítási kísérletei tárgykörben, a 2017. év folyamán végzett kutató-fejlesztő munka eredményeit és következtetéseit összefoglaló zárójelentésünket.

A zárójelentés nyilvánosságra hozatala szempontjából az Önök szándékait tekintjük irányadónak, ami azt jelenti, hogy harmadik félnek nem adtuk és a jövőben sem adjuk át a dokumentumokat, és bármilyen publikálást csak az Önök előzetese jóváhagyása alapján végzünk, viszont tudomásul vesszük, hogy Önök mindezeket szabadon megteszik.

Ugyanakkor jelezzük, hogy igen hasznosnak tartanánk, ha a zárójelentésben összegzett tapasztalatok – amelyek elsősorban a PÉBÉ-COOP Kft. szakmai és anyagi áldozatvállalásának köszönhetően születhettek meg – minél szélesebb szakmai körhöz eljutnának, a tervezőktől a szakterületen működő vállalatok szakemberein át a felügyelő hatóságokig. Az itt összegzett tapasztalatok megismerése, remélhetőleg, segíteni tud eloszlatni a tévhiteket, és kitölti a szakmai ismerek olykor nem csekély hézagait.

Köszönetünket fejezzük ki azért, hogy a tavalyi év után ismét közösen dolgoztunk az e téren világviszonylatban is páratlan kutatómunkában, amelynek folytatásában – pl. az MSZ 1728 szabvány kidolgozása és a KOR-módszer kiterjesztése céljával – készen állunk a további együttműködésre.

Szívélyes üdvözlettel:

. . . . . .

Dr. Szabó Péter János
tanszékvezető egyetemi tanár

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK
Tanszékvezető: Dr. Szabó Péter János Budapest, XI. Bertalan Lajos utca 7. Telefon: +36-1-463-1234
E-mail cím: matsci@att.bme.hu Levelezési cím: 1521 Budapest Telefax: +36-1-463-1366
Alapítva: 1889

Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata

KUTATÁSI ZÁRÓJELENTÉS

A PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken
Iktatószám: 288.166 / 2017

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A zárójelentés 12 (tizenkettő) számozott oldalból és 11 mellékletből áll

Budapest, 2017. november 28.

TARTALOMJEGYZÉK

1. A K+F program harmadik fázisának kiterjedése 3
2. A K+F program harmadik fázisának célja 3
   2.1. Műszaki-tudományos cél 3
   2.2. Üzemviteli-technológiai cél 3
   2.3. A műszaki szakértői rendszer alkalmazásának kiterjesztése 3
3. A K+F program harmadik fázisának anyagvizsgálati munkaszakasza 3
   3.1. Előkészítési fázis egy tartályra vonatkozóan 3
   3.2. A tönkremenetelig terjedő vizsgálat fázisai 4
   3.3. A vizsgálati eredmények kiértékelése 4
4. A kutatás-fejlesztési program közreműködői 4
5. A kutatás-fejlesztési program előző – 2016. évi – szakaszának fő tanulságai 5
6. A 4 db teljesen ép tartály előkészítése a felszakítási kísérletre 6
7. A felszakítási kísérletek végrehajtása 7
8. A felszakítás után végzett vizsgálatok 10
9. A kutatás-fejlesztési program most lezárult, III. fázisában elvégzett felszakítási kísérletek és az anyagvizsgálati eredmények értékelése, valamint a teljes K+F program eredményeiből levont általános következtetések 11

MELLÉKLETEK

1. melléklet: A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett, az MSZE 1728 szerinti vizsgálatok jegyzőkönyvei
2. melléklet: A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett, mágnesezhető poros vizsgálat jegyzőkönyve (ÁEF)
3. melléklet: A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett ellenőrző mérések adatlapjainak összefoglalója
4. melléklet: A felszakítási vizsgálat közben elvégzett, akusztikus emissziós vizsgálatok jegyzőkönyve (ÁEF)
5. melléklet: A 30608-as tartály felszakításának összefoglaló videója www.att.bme.hu/~femtech/letoltes/1-es_tartaly.mp4
6. melléklet: Az 503694-es tartály felszakításának összefoglaló videója www.att.bme.hu/~femtech/letoltes/2-es_tartaly.mp4
7. melléklet: A 727750-es tartály felszakításának összefoglaló videója www.att.bme.hu/~femtech/letoltes/3-as_tartaly.mp4
8. melléklet: A 961450-es tartály felszakításának összefoglaló videója www.att.bme.hu/~femtech/letoltes/4-es_tartaly.mp4
9. melléklet: A felszakítási vizsgálat után elvégzett, az MSZE 1728 szerinti vizsgálatok jegyzőkönyvei
10. melléklet: A felszakítási vizsgálat után elvégzett, mágnesezhető poros vizsgálat és vizuális vizsgálat jegyzőkönyve (ÁEF)
11. melléklet: A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerének (KOR) kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra; A 2013. szeptember 30-i, azonos című szakmai zárójelentés aktualizált változata

Kutatási zárójelentés
a pébégáztartályok felszakítási vizsgálatára irányuló kutatás-fejlesztési program harmadik fázisáról 2017.

1. A K+F program harmadik fázisának kiterjedése

A 2016-ban kezdett tartályfelszakítási K+F program harmadik fázisa a Magyarországon üzembe helyezett, 13 m^3-nél kisebb űrtartalmú, cseppfolyós propán- és butángázt vagy ezek elegyeit tároló nyomástartó berendezések (a továbbiakban: tartályok, pébégáztartályok) közül olyanoknak a felszakítási vizsgálatára irányult, amelyek gyártóinak a gyártmányait az eddigiekben még senki nem vizsgálta meg e K+F programot megelőzően. A szóban forgó gyártók és tartályaik köpenylemezének névleges falvastagsága:

a) Walter Krämer 5,7 mm névleges falvastagság,
b) VPS 5,1 mm névleges falvastagság,
c) Ermert 5,7 mm névleges falvastagság.
d) Gönczi és Fia Kft. 6,0 mm névleges falvastagság,

2. A K+F program harmadik fázisának célja

2.1. Műszaki-tudományos cél

A tartályok műszaki biztonsági állapotának (szerkezeti épségének / integritásának) ellenőrzése a szabványos újraminősítési vizsgálatokkal és a tönkremenetelig terjedő vizsgálattal.

2.2. Üzemviteli-technológiai cél

A vizsgálati eredmények birtokában az MSZE 1728 számú előszabványban meghatározott – károsodási osztályba soroláson, kockázatelemzésen és a falvastagságmérési adatok statisztikai elemzésen alapuló – műszaki szakértői rendszer aktualizálásával az előszabvány nemzeti szabvánnyá tételének és a gyakorlatba való bevezetésének tudományos megalapozása.

2.3. A műszaki szakértői rendszer alkalmazásának kiterjesztése

Az MSZE 1728 szabványban meghatározott rendszerben alkalmazott eljárásnak a kiterjesztése 13 m^3 űrtartalmat meghaladó méretű tartályok időszakos és újraminősítési vizsgálatára, az erre a tartálycsoportra vonatkozó szakértői rendszer kidolgozása.

3. A K+F program harmadik fázisának anyagvizsgálati munkaszakasza

3.1. Előkészítési fázis egy tartályra vonatkozóan

a) A tartály gáztalanítása.
b) Az MSZE 1728 szerinti újraminősítési vizsgálatok elvégzése.
c) A tartály hegesztési varratainak előkészítése a roncsolásmentes anyagvizsgálatok végrehajtásának érdekében (a festékréteg eltávolítása).
d) A roncsolásmentes vizsgálatok (VT, MT) elvégzése.
e) A tartályok csatlakozási pontjainak zárása.
Megjegyzés: a kémlelőnyílások fedelei a helyükön maradtak, tehát nem lettek beépítve új tömítőelemek, mindössze az eredeti csavaranyák meghúzását ellenőriztük.
f) A tartály felületére az alakváltozás-ellenőrzés érdekében szükséges mennyiségű grafikus jelek fölrajzolása: négy alkotó mentén egy-egy vonal és 10-10 mérési pont megjelölése.

g) A nyomásfokozást biztosító technológiai kör kiépítése, melynek részei a szivattyú, a csatlakozóvezetékek, továbbá a beépített, helyi és távadásra szolgáló hitelesített manométerek. A vízkörbe a bepumpált víz mennyiségét mérő 2 db vízóra is került.

h) A nyomásfokozás hatására a tartály anyagában létrejövő alakváltozásokat mérni képes nyúlásmérő rendszer és akusztikus emissziós vizsgálórendszer elhelyezésére, az általuk mért adatok továbbítását, megjelenítését szolgáló rendszer kiépítése.

i) A tartály felszakadása során keletkező esetleges káros hatások elleni védelem kiépítése.

j) A tartály feltöltés vízzel.

3.2. A tönkremenetelig terjedő vizsgálat fázisai

k) A nyomásfokozással során a tartály anyagában végbemenő alakváltozások folyamatos mérése nyúlásmérő bélyegekkel.

l) Akusztikus emissziós vizsgálat (AE-vizsgálat).

m) Nyomásfokozás a tartály felszakadásáig. A nyomástávadóról vett jelek alapján számított nyomás értéke kb. 2,5–3,0 bar-ral kisebb, mint a manométerek által kijelzett érték.

n) A tartály felszakadását követően a hossztengelyére merőleges síkban történő felvágása annak érdekében, hogy a tartály belső felülete közvetlen közelről szemrevételezéssel vizsgálható legyen, továbbá elvégezhető legyen a belső felületen a hegesztési varratok mágneses repedésvizsgálata, a vizsgálat eredményeinek rögzítése és dokumentálása.

o) A tartály felszakadását követően az MSZE 1728 szerinti vizsgálat ismételt végrehajtása.

p) A roncsolásmentes vizsgálatok megismétlése az előzetes vizsgálat során erre kijelölt helyeken.

3.3. A vizsgálati eredmények kiértékelése

q) Zárójelentés összeállítása.

r) Az MSZ 1728:2017 szabvány tervezetének megalapozása.

4. A kutatás-fejlesztési program közreműködői

1. A K+F program kidolgozása, egyeztetése és elfogadása;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft., BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék (BME ATT), ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (ÁEF).
2. A MAROVISZ felkérése a szakmai felügyeletre;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft., MAROVISZ.
3. A tartályok előkészítése a felszakítási kísérletre;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft.
4. Roncsolásmentes vizsgálat a felszakítási kísérlet előtt és az után;
   résztvevő: PÉBÉ-COOP Kft., ÁEF Laboratórium Kft.
5. A felszakítási kísérlet végrehajtása, akusztikus emissziós (AE) vizsgálati laboratóriumok részvételével;
   Akusztikus emissziós vizsgálati (AEV-i) laboratóriumok:
   - ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. (Budapest, Magyarország)
   - Dunaújvárosi Egyetem / Ecotech Nonprofit Kft. (Dunaújváros, Magyarország)
   - Geréb és Társa Kft. (Budapest, Magyarország).
6. A vizsgálati eredmények összegyűjtése, értékelése és utólagos vizsgálatok;
   résztvevő: BME ATT.
7. Általános értékelés, a kutatási zárójelentés elkészítése;
   résztvevő: BME ATT.
8. A kutatási zárójelentés szakmai véleményezése;
   résztvevő: MAROVISZ.

5. A kutatás-fejlesztési program előző – 2016. évi – szakaszának fő tanulságai

Magyarországon az anyagvizsgálati gyakorlatban 2016. május 12-én került sor az első olyan felszakítási vizsgálatra, amelyet teljesen ép, tehát semmiféle mesterségesen bevitt hibát nem tartalmazó, pébégáztartályon végeztek. Ennek a legfontosabb tanulságai a következők:

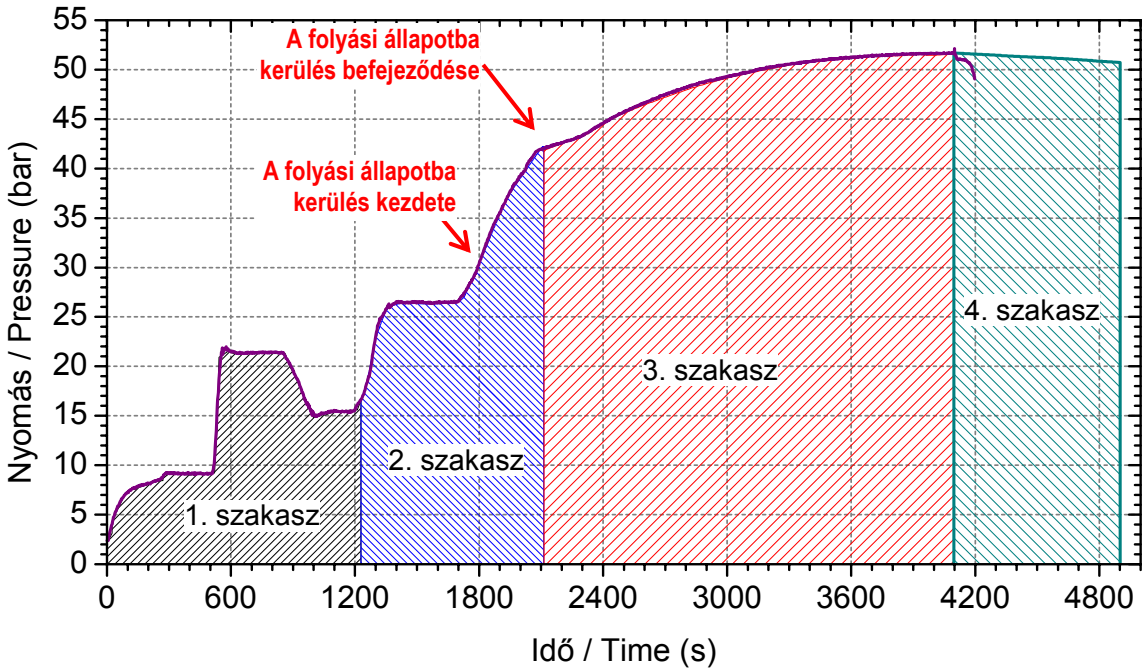
a) A műszaki-tudományos megközelítését tekintve teljesen új feltételek között végzett felszakítási vizsgálatok eredményei azt igazolták, hogy a szakértői rendszer – az ún. KOR-módszer – elméleti alapjai és a gyakorlati alkalmazásának módszertani feltételei egyértelműen helyesek. Tehát a KOR-módszer alkalmas a pébégáztartályok időszakos újraminősítésére és maradék élettartamának becslésére, vagyis a KOR-módszer alkalmazása esetén nincs szükség sem belső szerkezeti vizsgálatra, sem szilárdsági nyomáspróbára, sem gáz közeggel végrehajtott nyomáspróbára.

b) A tartály anyagának képlékeny alakváltozása (megfolyása) 27 bar nyomáson indult meg, és 42 bar nyomáson vált általánossá. A teljes tartály képlékeny alakváltozási állapotba kerülésének kezdete a köpeny középső szakaszára, a befejeződése pedig a fenekek szerkezetileg legmerevebb részére esik; ezeket a nyomásértékeket az *1. ábrán* nyilakkal jelezzük. A teljes képlékeny alakváltozás állapotába kerüléshez 15 bar nyomástöbblet és ~400 s idő volt szükséges.

c) A tartály egészének egyenletes képlékeny alakváltozása 42-től 52 bar-ig és 2100-tól 3800 s-ig tartott, majd elkezdődött a tartály anyagának egészét tekintve a képlékeny alakváltozás lokalizálódása – a kontrakció – a későbbi felszakadás zónájára. A kontrakciós szakasz időtartama 1000 s (3900-tól 4900 s-ig), nyomásesése 1,5 bar (52-ről 50,5 bar-ra).

d) Az akusztikus emissziós vizsgálat az első riasztást csak 35 bar-on adta ki, vagyis ekkor kapott a mérőrendszer olyan jeleket, amelyek a tartály anyagának képlékeny alakváltozásából már érzékelhetőek voltak. Ebből is világosan látható, hogy az időszakos ellenőrzésre alkalmazott, 12–14 bar-os gáznyomáspróba és a hozzá kapcsolt akusztikus emissziós vizsgálat a szerkezeti épség minősítésére nem alkalmas; ezt a következtetésünket a 2017. évi felszakítási vizsgálatok eredményei újra megerősítették.

e) A kontrakció és a felszakadás helye a külső oldali korrózió hatására legerősebben lecsökkent falvastagságú zónában következett be, amely jelen esetben a tartályköpeny legalsó zónája volt. Ennek a zónának a tönkremeneteli hellyé válási kockázatát az előzetes falvastagságmérési adatok világosan előrejelezték.



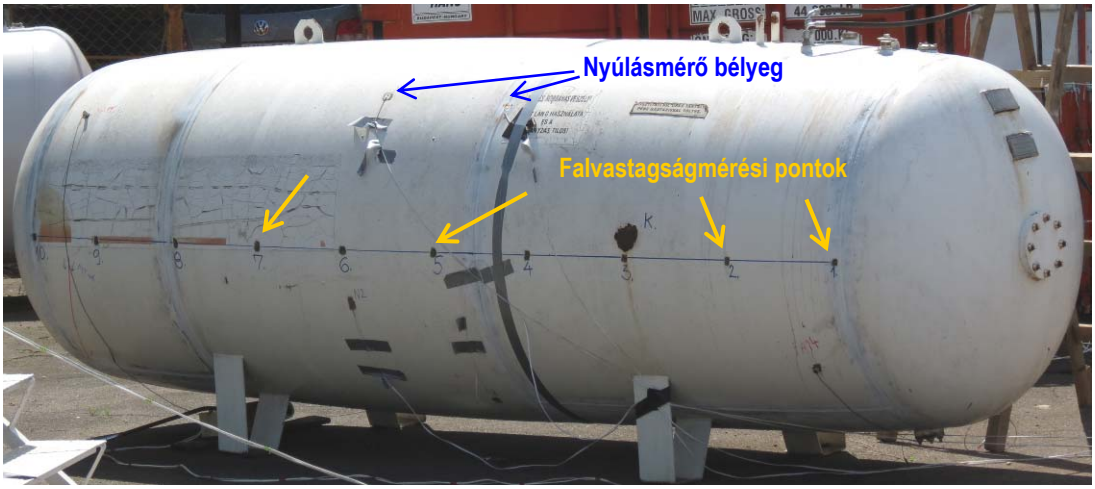
1. ábra – A 24452-es tartály felszakítási kísérlete során felvett nyomásfokozási diagram és a felszakadási hely a köpeny alsó részén (2016. május)

6. A 4 db teljesen ép tartály előkészítése a felszakítási kísérletre

A felszakítási kísérletre a PÉBÉ-COOP Kft. választotta ki a négy darab 5 m^3-es tartályt; adattáblájuk a *2. ábrán* látható. A felszakítást megelőzően a következő részfeladatokat végeztük el.

- Az MSZE 1728 szerinti időszakos vizsgálat; jegyzőkönyveit az *1. melléklet* tartalmazza.
- Mágnesezhető poros vizsgálat; a jegyzőkönyveket a *2. melléklet* tartalmazza. A vizsgálat során 3 tartályon észlelték repedés jellegű anyagfolytonossági hiány lehetséges létezését, amelyeket külön figyeltünk a felszakítás során, s majd azt követően újra megvizsgáltunk.
- Falvastagságmérés és geometriai mérések, melyek eredményét a *3. melléklet* tartalmazza. A mérési pontokat úgy jelöltük meg, hogy utólag visszamérhetők legyenek (*3. ábra*).
- A nyomásfokozási technológiai kör kiépítése, vízóra és a hitelesített nyomásmérő műszer beépítése a nyomásfokozási rendszerbe.
- Az akusztikus emissziós vizsgálat és a nyúlásmérő bélyeges mérés feltételeinek kialakítása.

2. ábra – A vizsgálat tartályok adattáblája



3. ábra – A 961450-es tartályon a 270°-os alkotóra feljelölt falvastagságmérési pontok; 1-től 10-ig 500 mm-enként, a köpeny 4 db alkotója mentén. A négy alkotó a fenék felől nézve a 0°, a 90°, a 180° és a 270° forgásszögnél húzódik. A nyúlásmérő bélyegek a köpenylemez ~közepén és a körvarraton voltak elhelyezve

7. A felszakítási kísérletek végrehajtása

A nyomásfokozási folyamatot 6 db kamerából álló képrögzítőrendszerrel filmeztük. A felszakadási helyeket a *4–5. ábra* mutatja. A köpeny anyagának képlékeny alakváltozását nyúlásmérő bélyeggel mértük, és három mérőcsoport akusztikus emissziós vizsgálatot végzett. A vizsgálatok közül az ÁEF által készített AT-vizsgálati jegyzőkönyveket a *4. melléklet* tartalmazza.

a)

(30608)

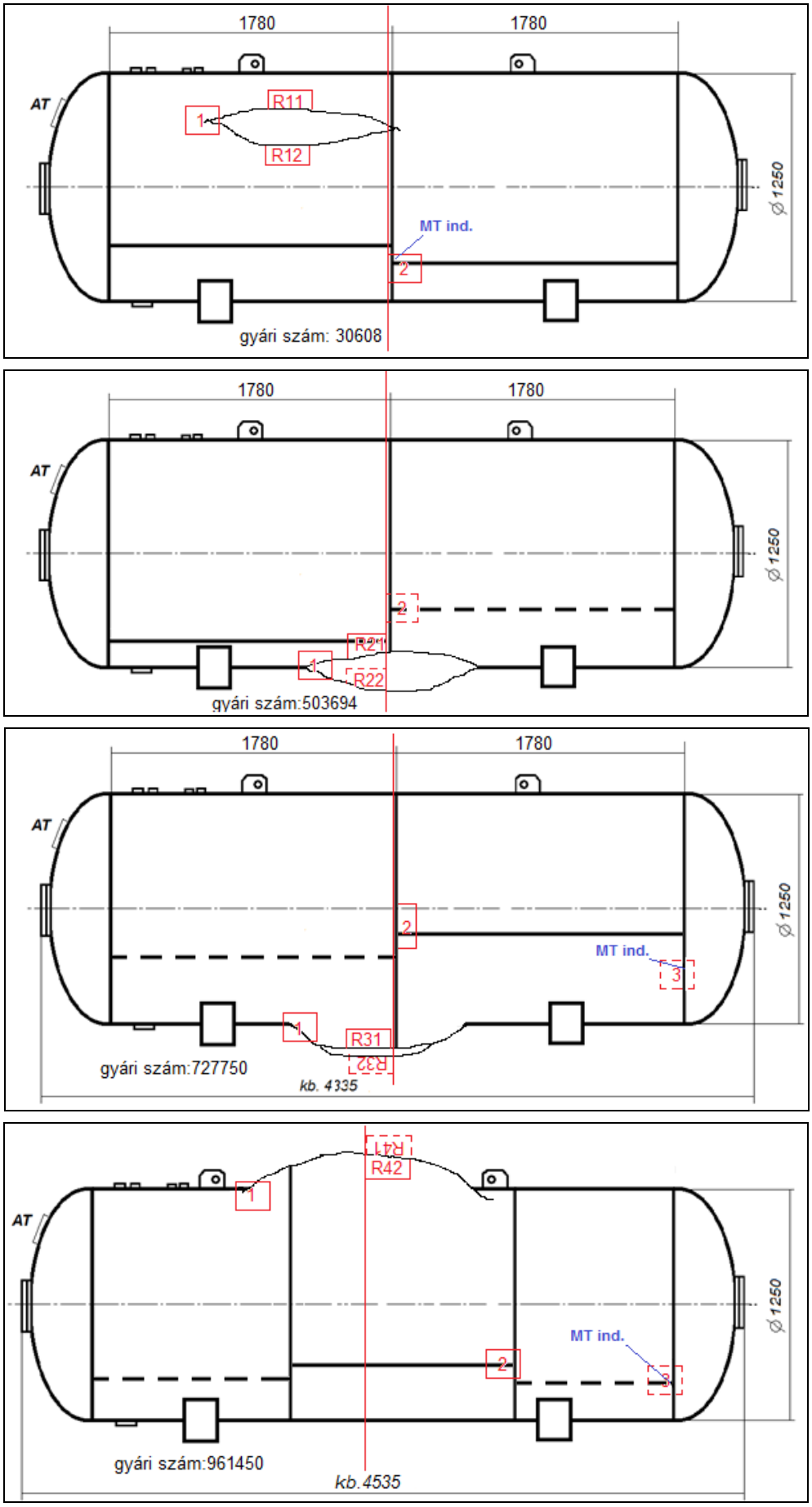
b)

(503694)

c)
(727750)

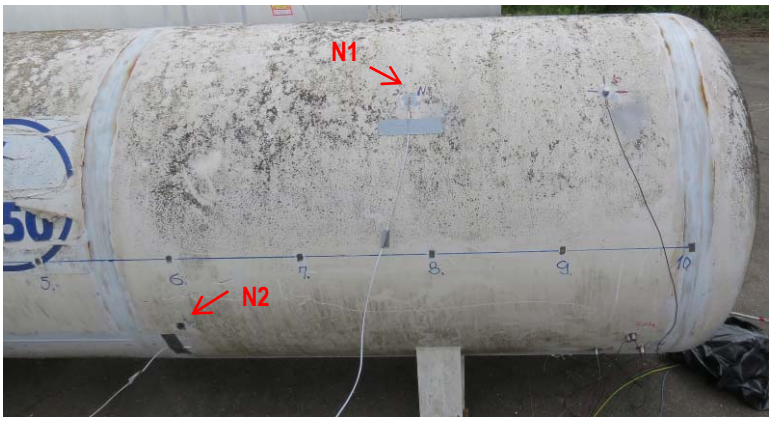
d)
(961450)

4. ábra – A felszakadási helyek a vizsgált tartályokon



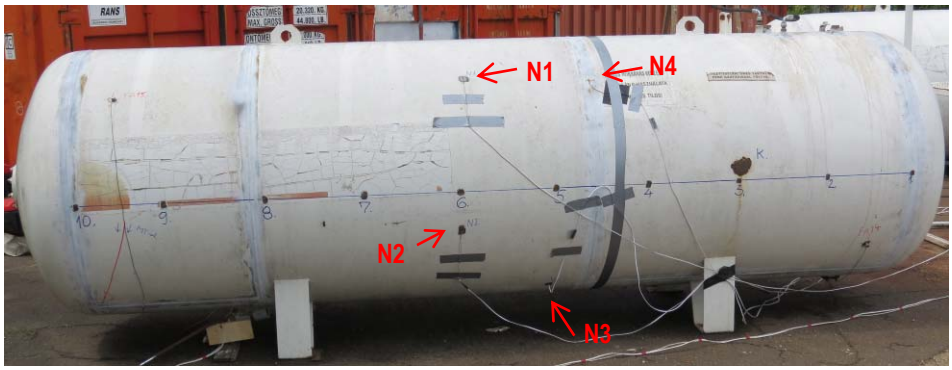
5. ábra – A felszakadási helyek megjelölése a tartályok vázlatain

Két tartályon 2 db, egyen 4 db nyúlásmérő bélyeggel mértük a köpeny, egy bélyeggel pedig a K2 körvarrat nyúlását. A nyúlásmérő bélyegek helyét és a nyúlásgörbéket a *6. ábra* mutatja.

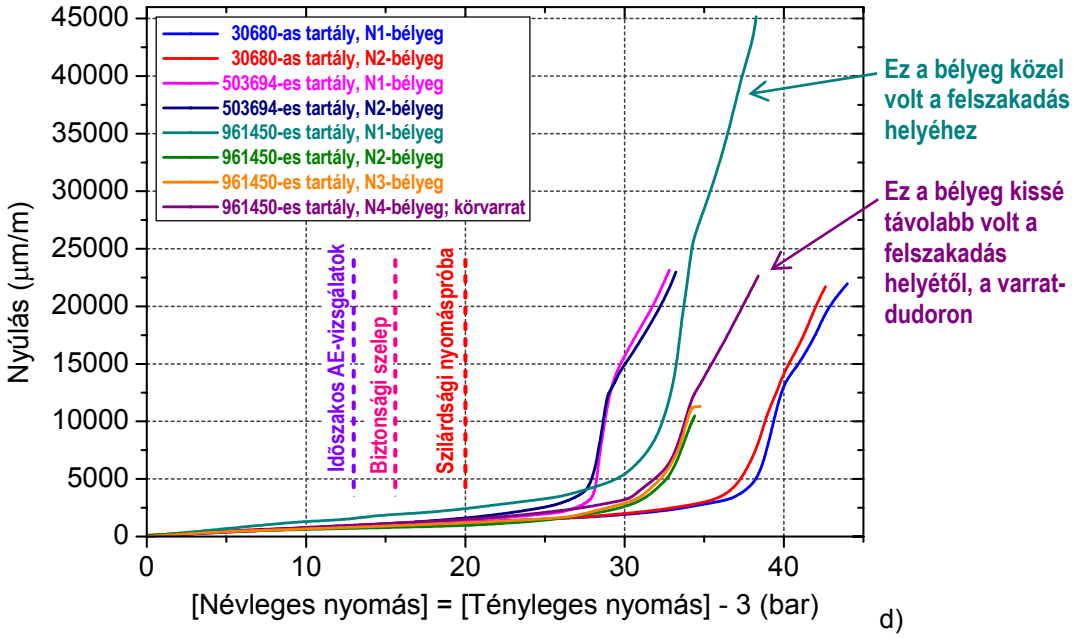


a)

b)



c)

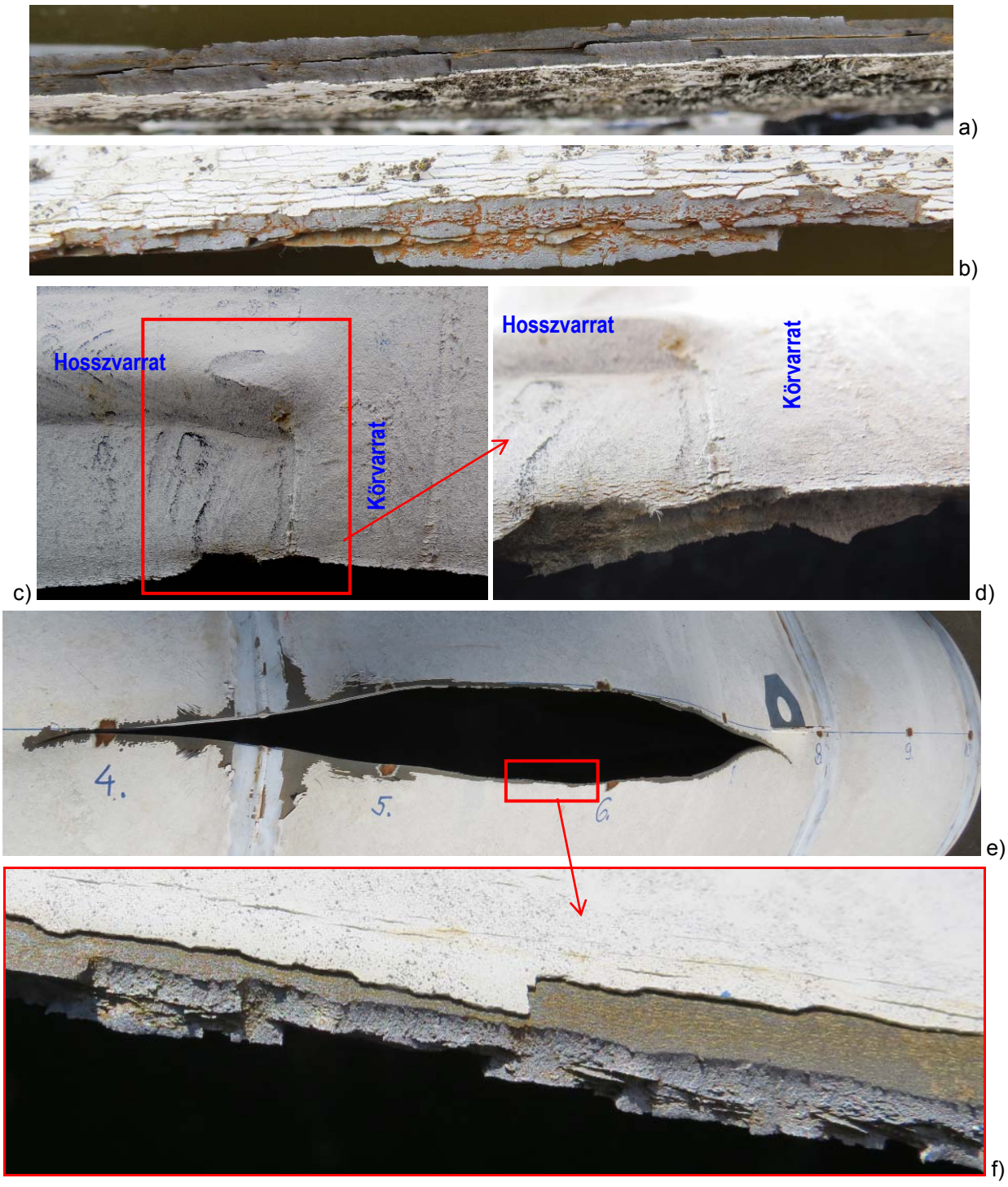


d)

6. ábra – A nyúlásmérő bélyegek (N1–N4) helye és a rögzített nyúlásgörbék

8. A felszakítás után végzett vizsgálatok

A felszakadási folyamatról 6–8 kamerával készített filmek valamelyike minden tartályon megörökítette a törés folyamatát. A filmek összefoglalói – az *5–8. melléklet* – képkockákra bontva mutatják a felszakadási folyamat legvégső, kb. néhány száz ms idejű fázisát: ekkor jelent meg az addig a lemez teljes vastagságán stabil repedésterjedéssel áthatoló repedés szájánál a folyadéksugár, majd néhány tíz ms alatt lezajlott az instabil repedésterjedés és a repedésmegállás. A felszakadási repedésterjedés során kialakult, jellegzetes töretfelületeket mutatja a *7. ábra*.



7. ábra – A felszakadási helyek töretfelületének egyes részletei

Az MSZE 1728 szerinti vizsgálat újra elvégzése után (*9. melléklet*) a tartályokat az *5. ábra* vázlatain látható piros vonal mentén kettévágták, és belülről is szemrevételezéses vizsgálatot (VT) és mágnesezhető poros vizsgálatot (MT) végeztünk; e vizsgálatok jegyzőkönyvei képezik a jelen zárójelentés *10. mellékletét*.

9. A kutatás-fejlesztési program most lezárult, III. fázisában elvégzett felszakítási kísérletek és az anyagvizsgálati eredmények értékelése, valamint a teljes K+F program eredményeiből levont általános következtetések

A 4 db (s ötödikként a 2016. májusi) teljesen ép pébégáztartály felszakítása és a hozzá kapcsolt anyagvizsgálati program eredményei alapján az alábbi következtetéseket fogalmazzuk meg.

1) A nyomásfokozás során a tartály anyagában végbemenő alakváltozások mérése több olyan dologra mutatott rá, amelyek egyébként törvényszerűen következnek a tervezési elvekből és az anyagtulajdonságokból, de az eddigi kísérleti igazolás híján nem kevesen megkérdőjelezték ezeknek a műszaki feltételeknek a fennállását.
   a. A felszakadási nyomás értéke még a legkisebb falvastagságú tartálynál is legalább háromszor nagyobb, mint a biztonsági szelep lefúvási nyomása (15,6 bar).
   b. A tartályköpeny képlékeny alakváltozásának kezdete egybevág a belső nyomásból, az anyag folyáshatárából és a tényleges falvastagságból számítható folyási feszültséggel.
   c. A felszakadás várható helye a köpeny legkisebb falvastagságú zónája, több ilyen zóna esetén pedig a körvarratok és lábak közé eső, legkevésbé merevített zóna.
2) Az AE-vizsgálat során az előzőleg, MT-vizsgálattal észlelt helyi eltérések nem aktiválódtak, és más, rendellenes zajforrások sem. Eme eltérésészlelési helyeknek az újra elvégzett vizsgálata azt mutatta, hogy az észlelt eltérések mérete semmit sem változott.
3) Az pébégáztartályok időszakos ellenőrzése során az AE-vizsgálattól nem is várható olyan eredmény, amely hiteles képet tudna adni a vizsgált berendezés szerkezeti épségről.
4) A most elvégzett AE-vizsgálatok páratlan lehetőséget nyújtottak az e területen tevékenykedő szakembereknek, mivel kivételes jelentőségű tapasztalatokra tehettek szert, és ezeket fel tudják használni a vizsgálati eljárás kiértékelési elveinek és módszereinek a fejlesztéséhez.
5) A tartályok felszakadásáig egyhuzamban végzett nyomásfokozás során a képlékeny alakváltozás okozta méret- és térfogat-növekedés elsősorban a tartályköpeny eredeti lemezvastagságtól és a falvastagságnak a külső vagy/és belső korrózió okozta csökkenésétől függ.
6) A tartályok felszakadását követően a hossztengelyükre merőleges síkban történő felvágás után elvégzett szemrevételezéses vizsgálat igazolta, hogy a tartályok belső felületén a korrózió csak enyhe felületi rozsdásodást okoz a köpeny és a varratok felületén, a kovácsolt fenék revés felületén még azt sem. A vékony rozsdaréteg a tartályba került víz hatására alakul ki, és jellemzően a köpeny felső részén, a gőztérben, képez egyenletes felületi lerakódást. Az ebből eredő többlet falvastagság-csökkenés kb. 5–15 századmilliméter, és a külső oldalról végzett falvastagságméréssel pontosan mérhető.
7) A tartályok felszakítását követően az MSZE 1728 szerinti vizsgálat és az átfogó geometriai mérések ismételt végrehajtása rámutatott, hogy a felszakadási helyek környezetében mérhető a köpenylemez legnagyobb mértékű falvastagság-csökkenése és a hengeres köpeny még folytonos kerületének a legnagyobb növekedése.
8) A végrehajtott tudományos kísérletsorozat tapasztalatai és eredményeinek értékelése alapján fogalmazzuk meg az alábbi, általános következtetéseinket:
   a. A külföldi gyártók által gyártott, kisebb falvastagságú tartályokat – amelyek forgalomba kerültek Magyarországon – a hazai gyártók által gyártott, nagyobb falvastagságú tartályokkal közel azonos repesztési szilárdság jellemzi, a belső szerkezeti állapotuk pedig alapvetően megegyezik. Ennek folytán a külföldről behozott tartályok szerkezeti épségéről megfogalmazott feltételezések és aggodalmak indokolatlanok.
   b. A falvastagságmérések és a tartályok belső felületen a felszakítást (repesztést) követően elvégzett vizsgálat azt mutatja, hogy a belső felületeken az ún. általános korrózió a kb. 20 év üzemeltetést követően sem okozott számottevő falvastagság-csökkenést. A korrózió-termék képződése (rozsdásodás) enyhe, és jellemzően a gőztér szabad felületein jelentkezik. Ez megerősíti azt a korábbi következtetésünket, mely szerint, ha az üzemeltetés során víz nem kerül vagy marad a tartályokba, akkor a belső korrózió miatti károsodás akár elhanyagolhatónak is tekinthető, ha viszont víz bekerülése vagy bent maradása feltételez-

hető, akkor az általa okozott korróziós fogyás egyenletes, és a külső oldalról a falvastagság mérésével pontosan nyomon követhető.

c. A hegesztési varratokban a korábbi vizsgálatok során és III. fázisban észlelt eltérések mérete, kiterjedése nem növekedett a felszakadásig tartó szakaszban sem, és a felszakadási helyek az észlelt eltérésektől távol keletkeztek. Ez azt jelenti, hogy a hegesztési varratokban bent lévő, hasonló jellegű eltérések – pl. salakzárványok, porozitás – az engedélyezett üzemi nyomás értéken sem jelentenek a szerkezeti épségre kiható kockázatot.

d. Az a határozott álláspontunk, hogy az MSZE 1728:2015 előszabvány szerinti időszakos vizsgálati módszer nemzeti szabvánnyá való tételéhez minden szakmai igazolás adott, ezt a most lezárult kutatás-fejlesztési program eredményei egyértelműen alátámasztják.

e. Az ún. KOR- módszer *vizsgálati eljárása* alkalmas az 5 köbméternél nagyobb űrtartalmú pébégáztartályok időszakos vizsgálatára, a továbbüzemeltethetőség tényének megállapítására és a maradék élettartam becslésére belső szerkezeti vizsgálat és szilárdsági nyomáspróba nélkül.
Az alkalmazás feltételeit, követelményeit az MSZ1728:2018 számú magyar nemzeti szabvány tervezetében javasoljuk meghatározni.

f. A KOR-módszer *műszaki szakértői eljárása* alkalmas arra, hogy a károsodási osztályokba sorolt tartályok esetében kockázat- és statisztikai elemzésen alapuló mintavételezéssel jelölje ki az esedékes vizsgálati programot, és így a teljes szakértői rendszer alkalmazásra, ill. bevezetésre kerüljön, az időszakos vizsgálatok végzése során.
Az alkalmazás feltételeit, követelményeit az MSZ1728:2018 számú magyar nemzeti szabvány tervezetében javasoljuk meghatározni.

g. Úgy véljük, hogy a fenti megállapításainkat a most lezárult, többéves kutatás-fejlesztési program tudományosan megalapozta, készek vagyunk a Tisztelt Megbízóval együttműködve az előzőekben említett szabványosítási eljárásban reszt venni, vagyis közösen kidolgozni az MSZ1728:2018 számú magyar nemzeti szabvány tervezetét.

Budapest, 2017. november 28.

. . . . .	. . . . .
Dobránszky János	Dr. Szabó Péter János
tudományos tanácsadó	tanszékvezető egyetemi tanár

A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett, az MSZE 1728 szerinti vizsgálatok jegyzőkönyvei

1. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült

a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

Készítette:

Dobránszky János

tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 11 (tizenegy) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-01	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15	30608/KRA

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/KRAMER	30608/KRA	1995.12.31	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **50,00** év.

A Pébé-Coop Kft. kijelenti, hogy a nyomástartó berendezés létesítési, üzemeltetési körülményei és műszaki paraméterei a tervezett biztonsági szintnek megfelelnek. Üzeme az élettartam végéig, ezen belül a következő időszakos vizsgálat időpontjáig biztonságos abban az esetben, ha a létesítési körülményekben nem történik változás, üzemeltetése rendeltetésszerű, és külső szerkezet állapotára, tartozékaira, szerelvényeire vonatkozó dokumentált műszaki paraméterei nem módosulnak.

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft. Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	Hivatkozási szám		
KOR-02		PRG	2017.05.15	30608/KRA

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	30608/KRA	1995	KRAMER
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	75660,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28				5,1	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	PRG 2017.05.15./30608/KRA	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	PRG 2017.05.15./30608/KRA	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2												
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,38					
	M1								5,25					
	M2								5,34					
	M3								5,27					
	M4								5,25					
	M5								5,31					
	M6								5,24					
	M7								5,27					
	MK													
4.2	S_{om}								5,34					
	Kár. szám								56,64					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								50,00					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000	B49527	2017.03.31	B17/2	2027.12.31
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,60	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése: MEGFELELŐ	

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma		
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.04.25.	30608/KRA

Nyomástartó berendezés VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑	GPS:	Gyártó telephelyén: ☐	Neve:
20174 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87			
Üzemeltető neve, címe:		Tulajdonos neve, címe:	
20174 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87		Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2	

2. NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	30608/KRA	1995	4850	15,6	-20 +40

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

3. A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

4. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑

5. A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	nincs	B49527	1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.03.31.	B17/2	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

6. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☐	nem ☑

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐

7. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m | 5-63 m^3 → 10 m | 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐	nem ☑		igen ☐	nem ☑		igen ☑	nem ☐	
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☑	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	5,1	1 vast.köpeny	MF 6,38	M1 5,25	M2 5,34	M3 5,27	M4 5,25	M5 5,31	M6 5,24	M7 5,27	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: ..... **MF:** ....; **M1:** ....; **M2:** ....; **M3:** ....; **M4:** ....; **M5:** ....; **M6:** ....; **M7:** ....; **K:** ....;
K+F III. repesztés előtt. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.04.25.	2017.04.25.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15	30608/KRA

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja		Szöveges leírás	Igazolás
5	*megjegyzés*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye nincs gy.sz.-ról B49527gy.sz-ra lett cserélve	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvényének vill.véd. sérült	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: a teljes felületen	

Megjegyzés:
K+F 2017. repesztés utáni állapot. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 503694/VTG

Nyomástartó berendezés VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑ GPS:	Gyártó telephelyén: ☐ Neve:
20171 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	
Üzemeltető neve, címe:	**Tulajdonos neve, címe:**
20171 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	**503694/VTG**	**1994**	**4850**	**15,6**	**-20 +40**

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

3. A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

4. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑

5. A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	nincs	F04232	1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.03.31.	B17/4	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

6. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☑	nem ☐

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐

7. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☑	igen ☑		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☐	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	6	1 vast.köpeny	MF 6,65	M1 6,1	M2 6,13	M3 6,18	M4 6,07	M5 6,05	M6 6,17	M7 6,24	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható: igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: ..... **MF:** ....; **M1:** ....; **M2:** ....; **M3:** ....; **M4:** ....; **M5:** ....; **M6:** ....; **M7:** ....; **K:** ....;
K+F III. 2017. repesztés előtti állapot. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.04.25.	2017.04.25.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 503694/VTG

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20171	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja		Szöveges leírás	Igazolás
5	*megjegyzés*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye nincs gy.sz.-ról F04232gy.sz-ra lett cserélve	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: - db -legnagyobb átmérő: mm	

Megjegyzés:
K+F III. 2017. repesztés el?tti állapot. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-01	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.04.25.	727750/ERM

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/ERMERT	727750/ERM	1993.12.31.	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **50,00** év.

A Pébé-Coop Kft. kijelenti, hogy a nyomástartó berendezés létesítési, üzemeltetési körülményei és műszaki paraméterei a tervezett biztonsági szintnek megfelelnek. Üzeme az élettartam végéig, ezen belül a következő időszakos vizsgálat időpontjáig biztonságos abban az esetben, ha a létesítési körülményekben nem történik változás, üzemeltetése rendeltetésszerű, és külső szerkezet állapotára, tartozékaira, szerelvényeire vonatkozó dokumentált műszaki paraméterei nem módosulnak.

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87
Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám
KOR-02	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 727750/ERM

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	727750/ERM	1993	ERMERT
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	77600,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28.				5,1	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.04.25.	PRG 2017.04.25./727750/ERM	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31.
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.04.25.	PRG 2017.04.25./727750/ERM	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31.

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,15					
	M1								5,31					
	M2								5,25					
	M3								5,26					
	M4								5,30					
	M5								5,36					
	M6								5,34					
	M7								5,39					
	MK													
4.2	S_{0m}								5,39					
	Kár. szám								57,45					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								50,00					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000	C30453	2017.03.31.	B17/3	2027.12.31.
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,30	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése: MEGFELELŐ	

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 727750/ERM

Nyomástartó berendezés
VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑	GPS:	Gyártó telephelyén: ☐	Neve:
20172 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87			
Üzemeltető neve, címe:		Tulajdonos neve, címe:	
20172 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87		Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2	

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	**727750/ERM**	**1993**	**4850**	**15,6**	**-20 +40**

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

3. A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

4. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑

5. A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	nincs	C30453	1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.03.31.	B17/3	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

6. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☐	nem ☑

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐

7. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☑	igen ☑		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☑	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	5,1	1 vast.köpeny	MF 6,15	M1 5,31	M2 5,25	M3 5,26	M4 5,3	M5 5,36	M6 5,34	M7 5,39	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: ..... **MF:** ....; **M1:** ....; **M2:** ....; **M3:** ....; **M4:** ....; **M5:** ....; **M6:** ....; **M7:** ....; **K:** ....;
K+F III. 2017. repesztés előtt. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.04.25.	2017.04.25.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 727750/ERM

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja		Szöveges leírás	Igazolás
5	*megjegyzés*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye nincs gy.sz.-ról C30453gy.sz-ra lett cserélve	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvényének vill.véd. sérült	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: a teljes felületen	

Megjegyzés:
K+F III. 2017. repesztés el?tt. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-01	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.04.25.	961450/GF

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/GÖNCZI ÉS	961450/GF	1996.12.31.	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **50,00** év.

A Pébé-Coop Kft. kijelenti, hogy a nyomástartó berendezés létesítési, üzemeltetési körülményei és műszaki paraméterei a tervezett biztonsági szintnek megfelelnek. Üzeme az élettartam végéig, ezen belül a következő időszakos vizsgálat időpontjáig biztonságos abban az esetben, ha a létesítési körülményekben nem történik változás, üzemeltetése rendeltetésszerű, és külső szerkezet állapotára, tartozékaira, szerelvényeire vonatkozó dokumentált műszaki paraméterei nem módosulnak.

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám
KOR-02	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 961450/GF

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	961450/GF	1996	GÖNCZI ÉS FIA
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	75660,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28.				6	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.04.25.	Prí 2017-04-25/961450/GF	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31.
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.04.25.	Prí 2017-04-25/961450/GF	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31.

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,32					
	M1								5,92					
	M2								5,93					
	M3								5,89					
	M4								5,91					
	M5								5,91					
	M6								5,93					
	M7								5,90					
	MK								5,85					
4.2	S_{om}								6,00					
	Kár. szám								48,33					
	Kár osztály								2					
	Mar. élettart.								50,00					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000	B43895	2017.07.31.	B17/1	2027.12.31.
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,30	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése: MEGFELELŐ	

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 961450/GF

Nyomástartó berendezés VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑ GPS:	Gyártó telephelyén: ☐ Neve:
20173 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	
Üzemeltető neve, címe:	Tulajdonos neve, címe:
20173 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	961450/GF	1996	4850	15,6	-20 +40

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

3. A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

4. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑

5. A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	B43895	B43895	1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.07.31.	B17/1	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐

6. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☐	nem ☑

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐

7. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐	nem ☑		igen ☐	nem ☑		igen ☑	nem ☐	
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☐	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):								
S_0:	6	1 vast.köpeny	MF 6,32	M1 5,92	M2 5,93	M3 5,89	M4 5,91	M5 5,91	M6 5,93	M7 5,90	K 5,85

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható: igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☑	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: ..... **MF:** ....; **M1:** ....; **M2:** ....; **M3:** ....; **M4:** ....; **M5:** ....; **M6:** ....; **M7:** ....; **K:** ....;
K+F III 2017. Repesztés előtt. 7,8,9 nem vizsgálva. 13 x: 840mm y: 2990mm

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.04.25.	2017.04.25.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.04.25. 961450/GF

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja		Szöveges leírás	Igazolás
5	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye nem lett cserélve! NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvényének vill.véd. sérült	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: - db -legnagyobb átmérő: mm	

Megjegyzés:
K+F III 2017. Repesztés előtt. 7,8,9 nem vizsgálva. 13 x: 840mm y: 2990mm

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett, mágnesezhető poros vizsgálat jegyzőkönyve (ÁEF)

2. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 3 (három) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV
REPORT OF MAGNETIC PARTICLE TESTING

Munkaszám/Work No.: 170330_MT
Témafelelős/Executive: Zsoldos Zsuzsanna
Hivatkozási szám No.: -

Megrendelő/Customer: Pébé-Coop Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdu István
Megrendelési szám/No.: -
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4 db. 5 m^3-es PB tartály

A vizsgálat célja/Purpose of the test: Edények varratainak mágnesezhetőporos vizsgálata

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017. 03. 31.
A vizsgálat helye/Location of the test: Pébé-Coop telephelye, Hajduszoboszló

Jelölés/Mark: gyári szám: 727750; 503694; 961450; 30608
Darabszám/No.: 4
Méret/Dimensions: 4850; 4850; 4970; 4850 l
Anyagminőség/Material: acél
Felület állapota/Surface condition: helyenként festéktől tisztított
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life: -
Gyártási év: 1993; 1994; 1996; 1995
Gyártó: ERMERT; nem látható az adattáblán; Gönczi és Fia Kft.; Walter Kramer GmbH
Vizsgálati utasítás száma/Written procedure No.:
AEF_NH3edények/2015szeptember vizsgálati terv részét képezi

Vizsgálati előírás/Test instruction: MSZ EN ISO 9934-1; MSZ EN ISO 3059
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure:-
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: -

Mágnesezési mód/Magnetizing technique: járommágnesezés; fekete-fehér technika

Vizsgáló készülék/Equipment: Tiede járommágnes 230 v Száma/No.: 1044667/WN230 és
Vizsgáló anyagok gyártója/Manufacturer of testing materials: MR Chemie 8724483
Indikáló közeg/Detection media: MR 76S Adag szám/Batch no.: 76S/1143 A
Kontraszt festék/Contrast paint: MR 72 Adag szám/Batch no.: 72/1175 A

Felület előkészítés/Surface cleaning: varratok kb. 5-20 mm-es környezete csiszolt, fémtiszta
Térerősség/Field strength: min. 2kA/m
Lemágnesezés/Demagnetization: -

Felület hőmérséklete/Surface temperature: környezeti (kb. 15-18° C)
UV-A fény intenzitás/UV-A irradiance: -
Látható fény erőssége/ Illuminance: min. 500 lux természetes
Mérő és segédeszközök/Instruments: kézilámpa, fénymérő, mérőszalag

Fotó/Photo: készült/nem készült

Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description: irányok az edény felső részén elhelyezett szerelvények oldalán lévő fenék felől nézve; az ehhez a fenékhez tartozó palást-fenék körvarrat az X irányú, alkotó menti koordináta bázisa; a felső alkotót bázisként használva az S irányú, körív menti koordináta pozitív iránya az óramutató járása szerint került kijelölésre

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A vizsgálat terjedelme/Extent of test:

- Az edénytest hossz és körvarratai 100%-ban
- 5 db. csonk (szerelvények) sarokvarrata az edény felső részén 100%-ban

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: -

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

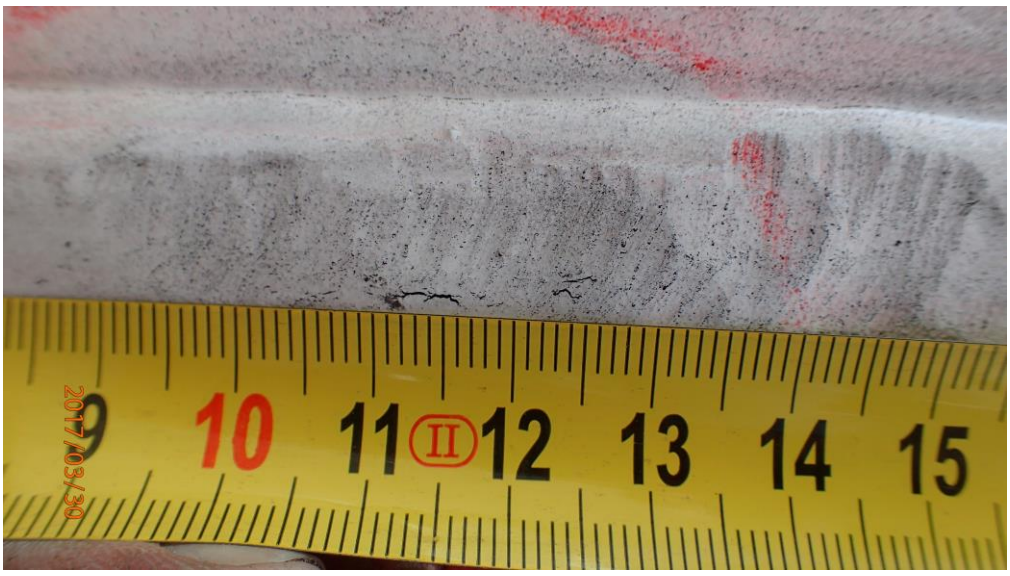
*A vizsgálat során **3 edény esetében találtunk anyagfolytonossági hiányra utaló indikációt.***
503694 gyári számú edény esetében anyagfolytonossági hiányra utaló indikáció nem volt.

Eltérések/Imperfections						
Száma/ No.	Tipusa /Type	Helye/ Location	Helyzete/ Position	Mérete/ Size (mm)	Értékelés/ Evaluation	Megjegyzés/ Comment
Gysz: **727750**	3 db. lineáris indikáció	leghátsó körvarrat x: 3545 mm s:-1510 mm	körvarrat közepén, azzal párhuzamosan futó	kb. 1,5 2 5	-	korábban köszörülhették ld. 1 ábra
Gysz: **30608**	1 db. lineáris indikáció	középsőkörv arrat x: 1785 mm s:+1610 mm	körvarrat szélén, azzal párhuzamosan futó	kb. 2	-	vélhetőleg gyártási eredetű,ráfolyásból származó ld. 2 ábra
Gysz: **961450**	1 db. lineáris indikáció	leghátsó hosszvarrat x: 3760 mm s:-1590mm	hosszvarrat közepén, azzal párhuzamosan futó	kb. 10	-	ld. 3 ábra köszörülést követő ismételt vizsgálatát javasoljuk

Dátum/Date: Budapest, 2017. 03.31.

.....
Weisz István/Zsoldos Zsuzsanna
MSZ EN ISO 9712 szerinti MT1/MT2 anyagvizsgáló
vizsgálatot végezte/examined by

.....
Fodor Olivér
jóváhagyta/validated by
laboratórium műszaki vezető

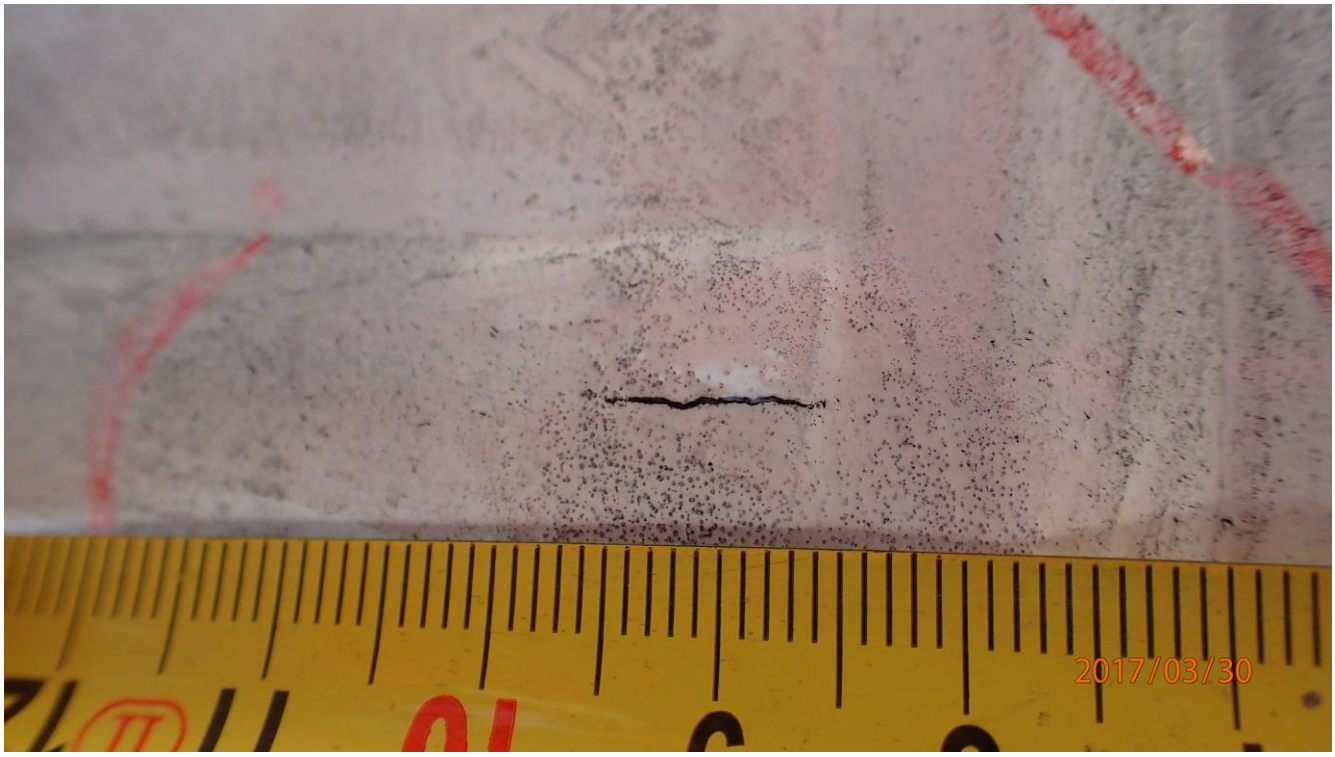


A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

1. ábra

2. ábra



3. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A felszakítási vizsgálat előtt elvégzett ellenőrző mérések adatlapjainak összefoglalója

3. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

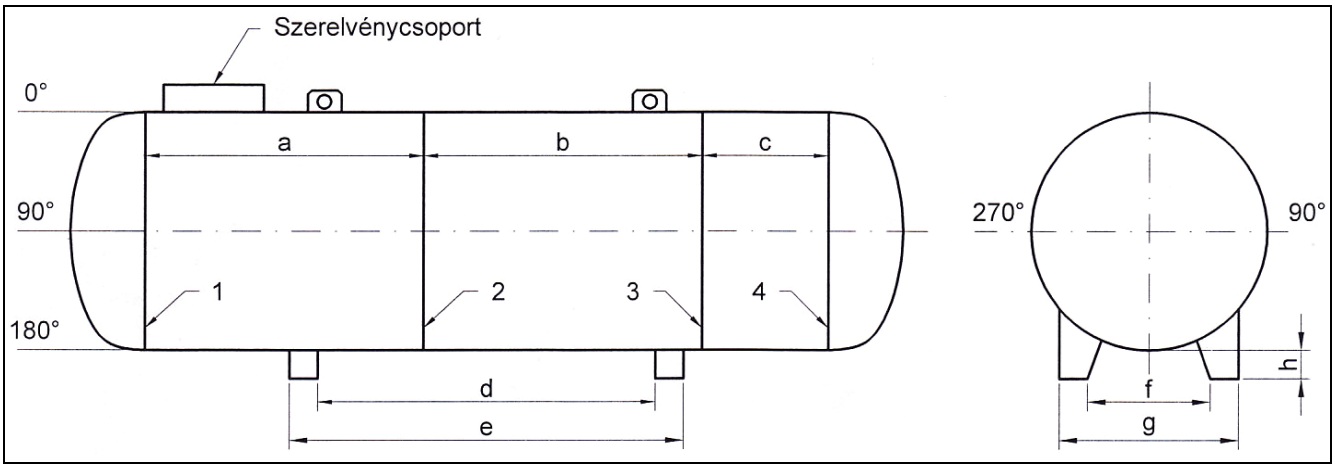
Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 5 (öt) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

Az ellenőrző mérések adatlapjainak összefoglalója

A felszakítási kísérlet előtti és utáni ellenőrző méréseket a PÉBÉ-COOP Kft. szakemberei végezték. Ez az összefoglaló az Hajdúszoboszlón, 2017. július 4-én készült adatlapjaik összegzésével készült.



A méretmegadás magyarázóábrája

1. A vizsgált pébégáztartály gyári száma és KOR-azonosítója: 30608 – Walter Krämer

I. Körvarratok egymástól mért távolsága (mm)

Kijelölt alkotók	Repesztés előtt			Repesztés után			Eltérés		
	a	b	c, (b+c)	a	b	b+c	a	b	b+c
0°	1775		1780	1780		1785	+5		+5
90°	1783		1775	1785		1785	+2		+10
180°	1785		1780	1790		1787	+5		+7
270°	1780		1780	1790		1785	+10		+5

II. Körvarratok kerülete (mm)

	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
mm	3922	3924		3928	3940	4150		3945	+18	+226		+17

III. Falvastagság (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
1.	5,22	5,17	5,22	5,22	5,10	5,10	5,05	5,15	–0,12	–0,07	–0,17	–0,07
2.	5,32	5,28	5,28	5,28	4,90	5,00	4,95	4,90	–0,42	–0,28	–0,33	–0,38
3.	5,30	5,29	5,29	5,31	4,85	4,70	4,90	4,85	–0,45	–0,59	–0,39	–0,46
4.	5,33	5,26	5,28	5,29	4,80	4,75	4,80	4,70	–0,53	–0,51	–0,48	–0,59
5.	5,26	5,25	5,27	5,27	4,45	4,75	4,75	4,80	–0,81	–0,50	–0,52	–0,47
6.	5,38	5,38	5,31	5,37	5,05	5,10	5,00	5,10	–0,33	–0,28	–0,31	–0,27
7.	5,38	5,41	5,38	5,36	5,10	5,15	5,15	5,10	–0,28	–0,26	–0,23	–0,26
8.	5,43	5,41	5,36	5,38	5,25	5,15	5,20	5,15	–0,18	–0,26	–0,16	–0,23
9.	5,39	5,40	5,37	5,35	5,15	5,15	5,15	5,20	–0,24	–0,25	–0,22	–0,15
10.	5,28	5,28	5,25	5,29	5,20	5,25	5,15	5,25	–0,08	–0,03	–0,10	–0,04

IV. Nyomástartó berendezés lábszerkezet - méretei (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt	Repesztés után	Eltérés
d pont	1850	1860	+10
e pont	2150	2160	+10
f pont	650	691	+41
g pont	940	990	+50
h pont	Vízfeltöltés előtt: 155 mm	Vízfeltöltés után: 155 mm	

V. Nyomásfokozás előtt betöltött víz mennyisége (L):	4870

VI. Nyomásfokozás során betöltött vízmennyiség (L)

Betöltött vízmennyiség nyomásfokozatonként										
10 bar	15 bar	20 bar	25 bar	30 bar	35 bar	40 bar	45 bar	50 bar	49,2 bar	Összesen
12	3	4	7	8	10	55	190		264	553

A tartály kétöves, a 2. számú öv mérete a b+c összeg, és a 20° vízszintes alkotó mentén szakadt fel.

2. A vizsgált pébégáztartály gyári száma és KOR-azonosítója: 503694 – VTG

I. Körvarratok egymástól mért távolsága (mm)

Kijelölt alkotók	Repesztés előtt			Repesztés után			Eltérés		
	a	b	c, (b+c)	a	b	b+c	a	b	b+c
0°	1802		1800	1810		1810	+8		+10
90°	1802		1802	1810		1810	+8		+8
180°	1781		1820	1810		1845	+29		+25
270°	1800		1802	1810		1815	+10		+13

II. Körvarratok kerülete (mm)

	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
mm	3924	3929		3928	3960	4520		3960	+36	+594		+32

III. Falvastagság (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
1.	6,04	6,12	6,02	6,040	5,95	6,05	6,00	5,95	–0,09	–0,07	–0,02	–0,09
2.	6,15	6,24	6,14	6,18	5,70	5,85	5,75	5,75	–0,45	–0,39	–0,39	–0,43
3.	6,12	6,24	6,08	6,17	5,65	5,75	5,60	5,65	–0,47	–0,49	–0,48	–0,52
4.	6,13	6,20	6,05	6,10	5,35	5,55	5,55	5,50	–0,78	–0,65	–0,50	–0,60
5.	6,08	6,15	5,95	6,09	5,25	5,55	5,20	5,40	–0,83	0,60	–0,75	–0,69
6.	6,18	6,17	6,15	6,20	5,45	5,60	4,95	5,55	–0,73	–0,57	–1,20	–0,65
7.	6,25	6,21	6,18	6,25	5,55	5,65	4,80	5,70	–0,70	–0,56	–1,38	–0,55
8.	6,24	6,22	6,18	6,28	5,85	5,75	5,00	5,85	–0,39	–0,47	–1,18	–0,43
9.	6,25	6,25	6,20	6,29	5,85	5,85	5,50	6,00	–0,40	–0,40	–0,70	–0,29
10.	6,17	6,15	6,03	6,16	6,05	6,00	5,90	6,10	–0,12	–0,15	–0,13	–0,06

IV. Nyomástartó berendezés lábszerkezet - méretei (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt	Repesztés után	Eltérés
d pont	1854	1860	+6
e pont	2146	2170	+24
f pont	652	740	+38
g pont	930	1010	+80
h pont	Vízfeltöltés előtt: 152 mm	Vízfeltöltés után: 152 mm	

V. Nyomásfokozás előtt betöltött víz mennyisége (L):	4919

VI. Nyomásfokozás során betöltött vízmennyiség (L)

Betöltött vízmennyiség nyomásfokozatonként										
10 bar	15 bar	20 bar	25 bar	30 bar	35 bar	40 bar	45 bar	50 bar	55,8 bar	Összesen
27	6	4	4	7	38	64	125	127	409	811

A tartály kétöves, a 2. számú öv mérete a b+c összeg, és a 180° vízszintes alkotó mentén szakadt fel.

3. A vizsgált pébégáztartály gyári száma és KOR-azonosítója: 727750 – Ermert

I. Körvarratok egymástól mért távolsága (mm)

Kijelölt alkotók	Repesztés előtt			Repesztés után			Eltérés		
	a	b	c, (b+c)	a	b	b+c	a	b	b+c
0°	1772		1774	1780		1780	+8		+6
90°	1771		1777	1780		1780	+9		+3
180°	1772		1778	1785		1790	+13		+15
270°	1772		1778	1780		1790	+8		+12

II. Körvarratok kerülete (mm)

	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
mm	3920	3922		3924	3925	4500		3940	+5	+578		+6

III. Falvastagság (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
1.	5,31	5,28	5,32	5,26	5,30	5,20	5,15	5,25	–0,01	–0,08	–0,17	–0,01
2.	5,45	5,44	5,44	5,46	5,15	5,10	5,10	5,10	–0,30	–0,34	–0,34	0,36
3.	5,51	5,51	5,49	5,53	5,20	5,15	5,05	5,10	–0,31	–0,36	–0,44	–0,43
4.	5,47	5,47	5,48	5,51	5,00	5,00	4,90	5,10	–0,47	–0,47	–0,58	–0,41
5.	5,36	5,37	5,40	5,41	4,75	4,85	4,60	4,90	–0,61	–0,52	–0,80	–0,51
6.	5,40	5,43	5,45	5,43	4,70	4,85	4,50	4,85	–0,70	–0,58	–0,95	–0,58
7.	5,46	5,51	5,57	5,52	4,85	5,00	4,80	5,00	–0,61	–0,51	–0,77	–0,52
8.	5,48	5,51	5,53	5,52	5,00	5,10	5,05	5,10	–0,48	–0,41	–0,48	–0,42
9.	5,43	5,47	5,48	5,45	5,10	5,15	5,05	5,20	–0,33	–0,32	–0,43	–0,25
10.	5,24	5,26	5,32	5,32	5,10	5,20	5,20	5,25	–0,14	–0,06	–0,12	–0,07

IV. Nyomástartó berendezés lábszerkezet - méretei (mm)

Kijelölt pontok	Repesztés előtt	Repesztés után	Eltérés
d pont	1852	1860	+8
e pont	2146	2150	+6
f pont	640	680	+40
g pont	835	880	+45
h pont	Vízfeltöltés előtt: 151 mm	Vízfeltöltés után: 151 mm	

V. Nyomásfokozás előtt betöltött víz mennyisége (L):	4880

VI. Nyomásfokozás során betöltött vízmennyiség (L)

Betöltött vízmennyiség nyomásfokozatonként										
10 bar	15 bar	20 bar	25 bar	30 bar	35 bar	40 bar	45 bar	50 bar	48,7 bar	Összesen
25	2	6	10	15	46	112	157	-	324	697

A tartály kétöves, a 2. számú öv mérete a b+c összeg, és a 180° vízszintes alkotó mentén szakadt fel.

4. A vizsgált pébégáztartály gyári száma és KOR-azonosítója: 961450 – Gönczi és Fia

I. Körvarratok egymástól mért távolsága (mm)									
Kijelölt alkotók	Repesztés előtt			Repesztés után			Eltérés		
	a	b	c, (b+c)	a	b	b+c	a	b	b+c
0°	1508	1500	749	1515	1520	755	+7	+20	+6
90°	1505	1502	750	1530	1510	760	+25	+8	+10
180°	1505	1500	750	1525	1520	760	+20	+20	+10
270°	1502	1500	749	1510	1515	755	+8	+15	+6

II. Körvarratok kerülete (mm)												
	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
mm	3922	3926	3929	3927	3950	4500	4300	3950	+28	+574	+371	+23

III. Falvastagság (mm)												
Kijelölt pontok	Repesztés előtt				Repesztés után				Eltérés			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
1.	5,91	5,89	5,89	5,88	5,80	5,70	5,80	5,75	–0,11	–0,19	–0,09	–0,13
2.	5,90	5,89	5,89	5,90	5,40	5,40	5,70	5,45	–0,50	–0,49	–0,18	–0,45
3.	5,92	5,90	5,86	5,91	5,15	5,20	5,40	5,30	–0,77	–0,70	–0,46	–0,61
4.	5,86	5,89	5,84	5,90	5,00	5,10	5,55	5,10	–0,86	–0,79	–0,29	–0,80
5.	5,89	5,91	5,88	5,91	4,50	5,00	5,60	5,00	–1,39	–0,91	–0,28	–0,91
6.	5,92	5,93	5,83	5,93	4,50	4,90	5,40	4,90	–1,42	–1,03	–0,43	–1,03
7.	5,92	5,91	5,87	5,93	4,50	4,95	5,45	5,10	–1,42	–0,96	–0,42	–0,83
8.	5,88	5,90	5,90	5,91	5,20	5,20	5,45	5,30	–0,68	–0,70	–,045	–0,61
9.	5,88	5,88	5,84	5,89	5,40	5,45	5,50	5,45	–0,44	–0,43	–0,34	–0,44
10.	5,90	5,91	5,87	5,91	5,80	5,75	5,65	5,75	–010	–0,16	–0,22	–0,16

IV. Nyomástartó berendezés lábszerkezet - méretei (mm)			
Kijelölt pontok	**Repesztés előtt**	**Repesztés után**	**Eltérés**
d pont	1850	1850	0
e pont	2130	2150	+20
f pont	645	700	+55
g pont	955	1015	+60
h pont	Vízfeltöltés előtt: 152 mm	Vízfeltöltés után: 152 mm	

V. Nyomásfokozás előtt betöltött víz mennyisége (L):	4895

VI. Nyomásfokozás során betöltött vízmennyiség (L)										
Betöltött vízmennyiség nyomásfokozatonként										
10 bar	15 bar	20 bar	25 bar	30 bar	35 bar	40 bar	45 bar	50 bar	bar	Összesen
11	3	5	6	10	26	115	146	756		1078

A tartály kétöves, a 2. számú öv mérete a b+c összeg, és a 0° vízszintes alkotó mentén szakadt fel.

A felszakítási vizsgálat közben elvégzett, akusztikus emissziós vizsgálatok jegyzőkönyve (ÁEF)

4. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 40 (negyven) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

REPORT OF ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT

Munkaszám/Work No.: 11443_AT.1
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017
A jegyzőkönyvet összeállította: Fehérvári Attila

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: vállalkozói szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4,85 m^3-es PB tartály kísérleti felszakításánakakusztikus emissziós vizsgálata

A vizsgálat célja/Purpose of the test: felszakításos vizsgálat

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017.05.11.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark:	**gyári szám: 30608**
Darabszám/No.:	1 db
Anyagminőség/Material:	acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition:	festett
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life:	üzemelt berendezés
Gyártási év:	1995
Gyártó:	W.Krämer GmbH, Daaden Deutschland
Térfogat/Volume:	kb. 4850 liter
Maximális üzemi nyomás/Max. woking pressure:	15,6 bar
Maximális próbanyomás a gyártóműben:	20 bar

Vizsgálati utasítás száma/Written procedure no.: –
Vizsgálati előírás/Test instruction: –
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure: –
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: –

Vizsgáló berendezés/Testing instrument: 20 csatornás Sensophone Száma/Nr.: AED40
Threshold/Threshold: 16 dB, lebegő
Előerősítés/Pre amplify: logaritmikus
Holtidő/Deadtime: 20.000 µs
Érzékelők tipusa, száma/Sensors type, Nr.: A-15AM (068,061,070,067) önerőből mágneses, 4 db.
Csatoló anyag/Couplant medium: Mediszintech gél
Paraméterjel/External input: 0-250 bar-os nyomástávadó, ifm electronic PN3001 (20217A), 1s mintavételi idő.
Mérő és segédeszközökeszközök/Instruments: mérőszalag, ceruzabél.

Fotó/Photo: készült/nem készült

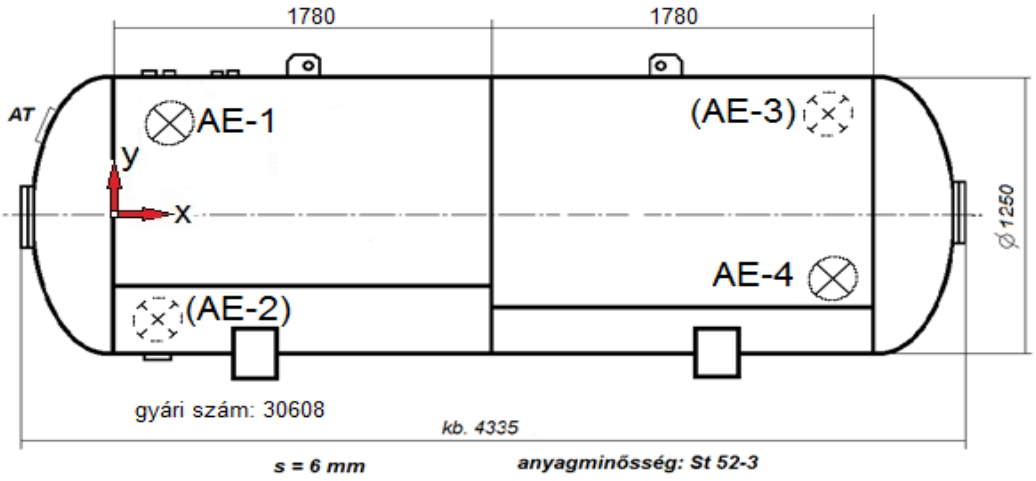
Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description:
Az akusztikus érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja (a szaggatott vonallal jelölt, zárójeles érzékelők az edény túloldalán találhatók).

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: –

A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás, sebesség és hanggyengülés teszteket végeztünk. A nyomásfokozást megrendelő végezte vízfeltöltéssel.
A mérést hegesztett kivitelű, fekvőhengeres, md.fenekekkel lezárt, 2db nézőnyílással ellátott, készüléklábakon álló tartályon végeztük.

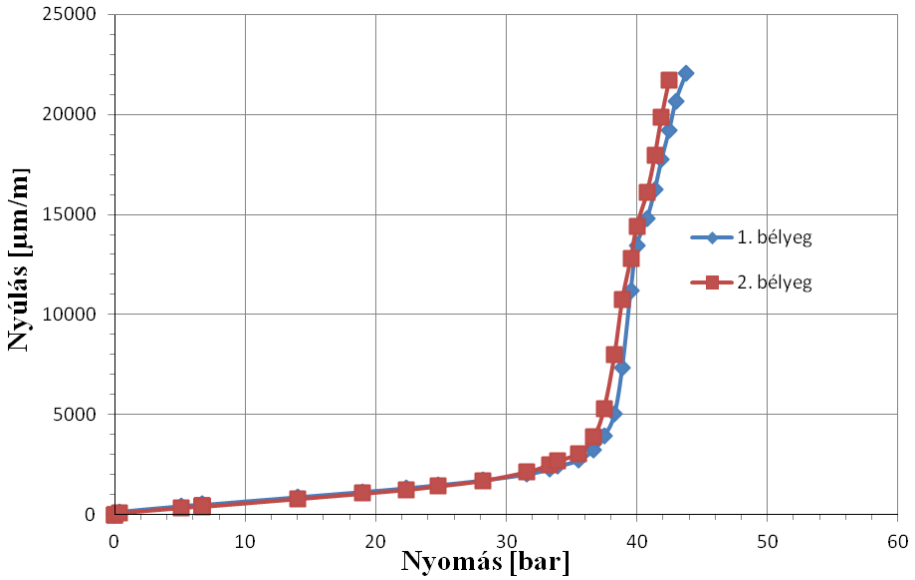
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



1. ábra

A nyúlásmérő bélyeges mérés eredményét mutatja a 2. ábra (nyúlásmérés szoftveréből nyert diagram, az általunk végzett akusztikus mérés kezdeti és bejezési időpontja ettől eltér). Ennek alapján a szerkezet anyagának megfolyása kb. 35 bar-os terhelés elérésekor indult el. A kiértékeléskor figyelembe kell venni, hogy az általunk végzett akusztikus emissziós méréshez használt nyomástávadó jele kb. 3 bar-ral kisebb nyomásjelet adott mint a nyomásfokozó rendszerben lévő mérőóra nyomásértéke.
A kb.35 bar-os (1300s időintervallum) nyomáshoz tartozó szakaszt a továbbiakban az akusztikus emissziós mérésből nyert diagramokon feltüntettük. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja.



2. ábra

Terhelési folyamat/Application of load:

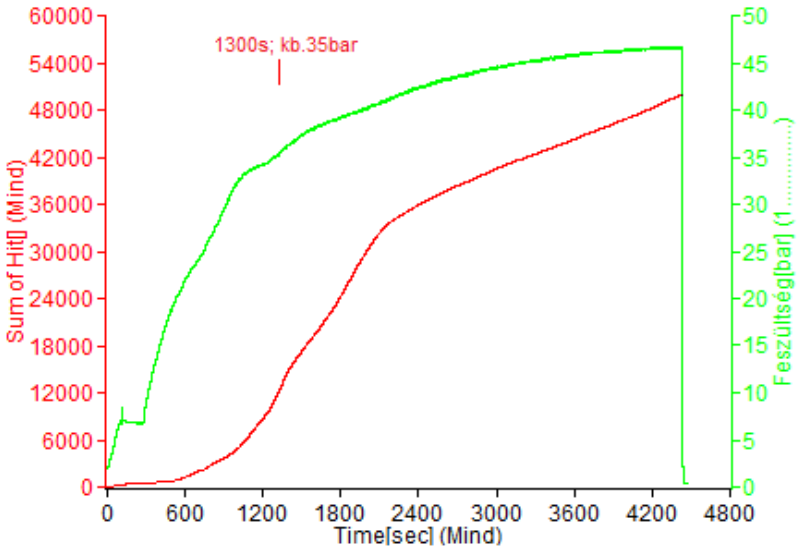
kb. 0 bar -ról 7 bar -ig növekvő terhelés
7 bar nyomáson tartva 5 percig
7 bar -ról 46,6 bar -ig növekvő terhelés
46,6 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően a tartály felszakadt

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

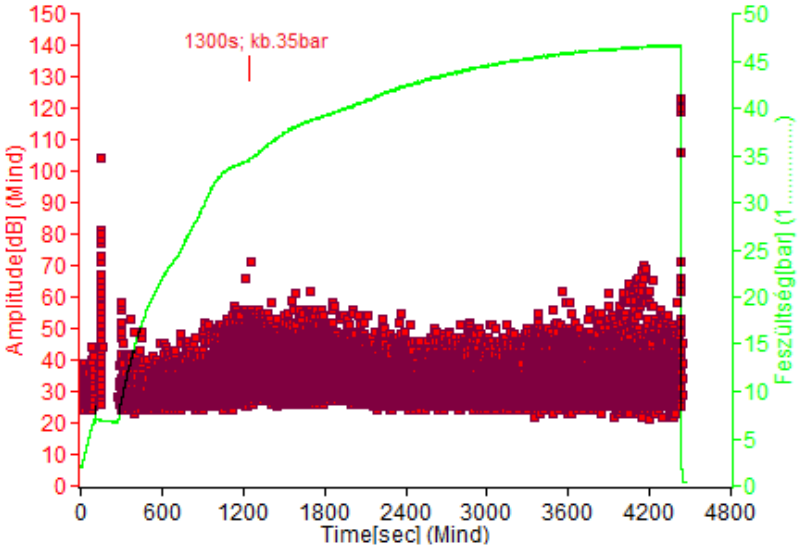
AE jelrögzítés és kiértékelés a műszerhez csatlakoztatott számítógép segítségével történt. Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat a 3-23. ábrák mutatják.

A 3. ábra a 4 db. akusztikus szenzor által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében. A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki.



3. ábra

A 4. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. Az 60 dB-t meghaladó beütések száma nem jelentős. A kis amplitúdójú beütések száma a mérés során mindvégig jelentősnek mondható, de az 50 dB-nél magasabb beütések száma nem szignifikáns. Kismértékű amplitúdó növekedés a 20 bar-os szakaszt követő nyomásemeléstől kezdődően megfigyelhető, ez azonban további elemzést igényel, mert a diagramban határozott eltérés nem látható. A mérés során 3900-4200s között nagyobb amplitúdójú beütéseket is regisztráltunk, de a felszakadás előtti utolsó percekben ezek eltűntek.

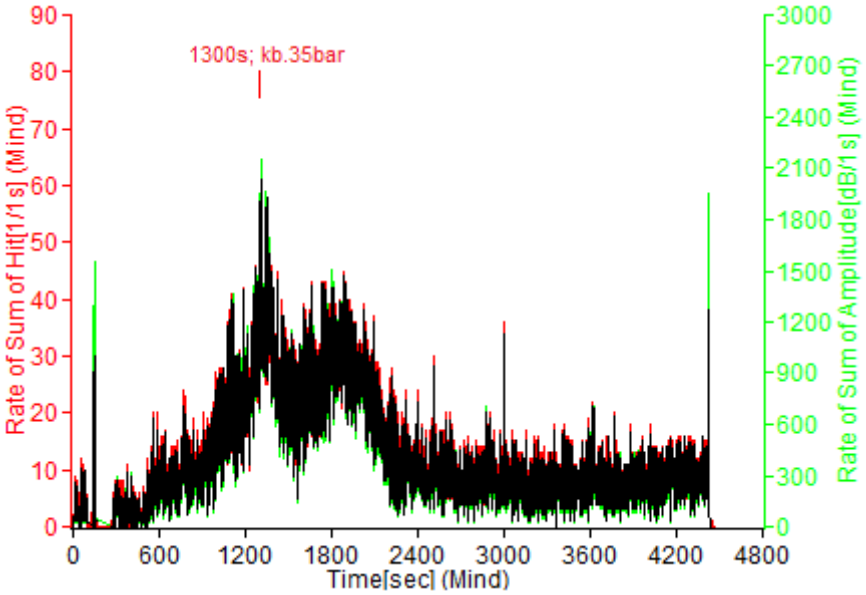


4. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

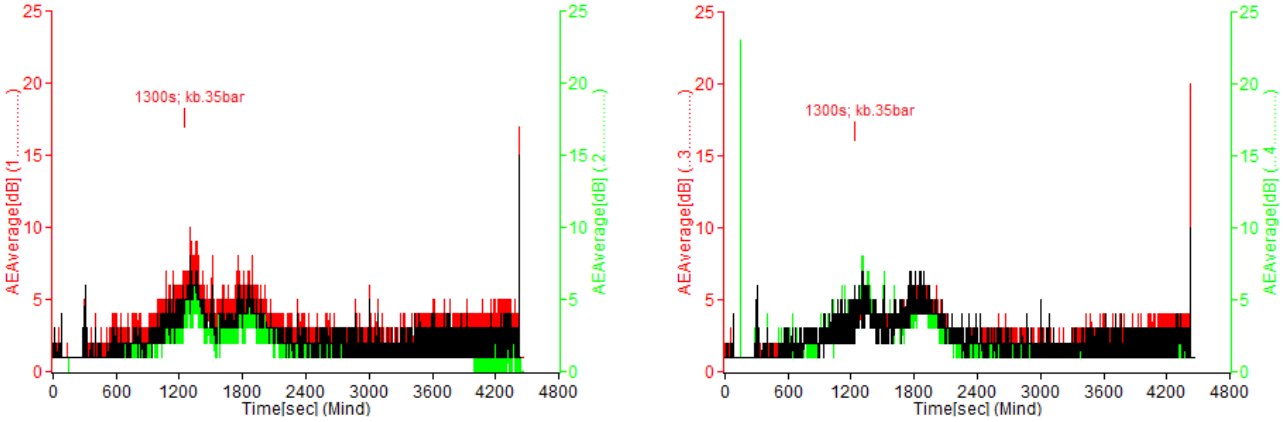
ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Az 5. ábrán az összes beütésszám változási sebessége és a beütések amplitúdó összegének változási sebessége (az összes beütés és az összegzett amplitúdók idő szerinti első differenciálja) enyhe növekedése figyelhető meg 500 sec-tól. „Csúcsa” a max. nyomás elérése előtt kb. 1350 sec környékén látható.



5. ábra

Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 6-7. ábrákon látható. Minden csatornán egyértelmű növekedés figyelhető meg kb. 500 sec-tól. Helyi „csúcs” 1350sec és 1850sec környékén látható.

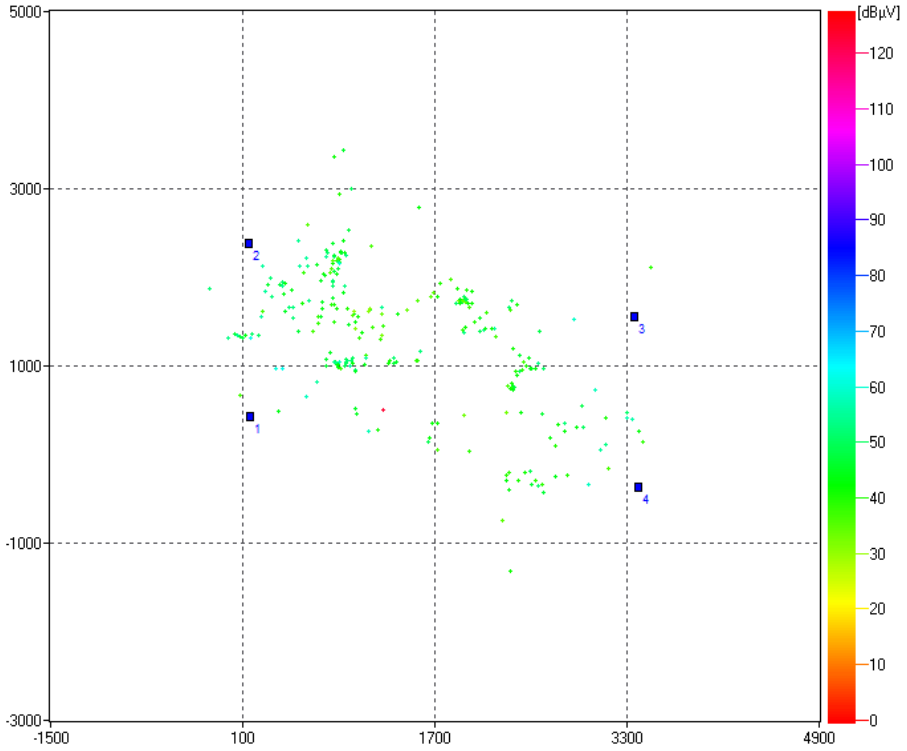


6-7. ábra

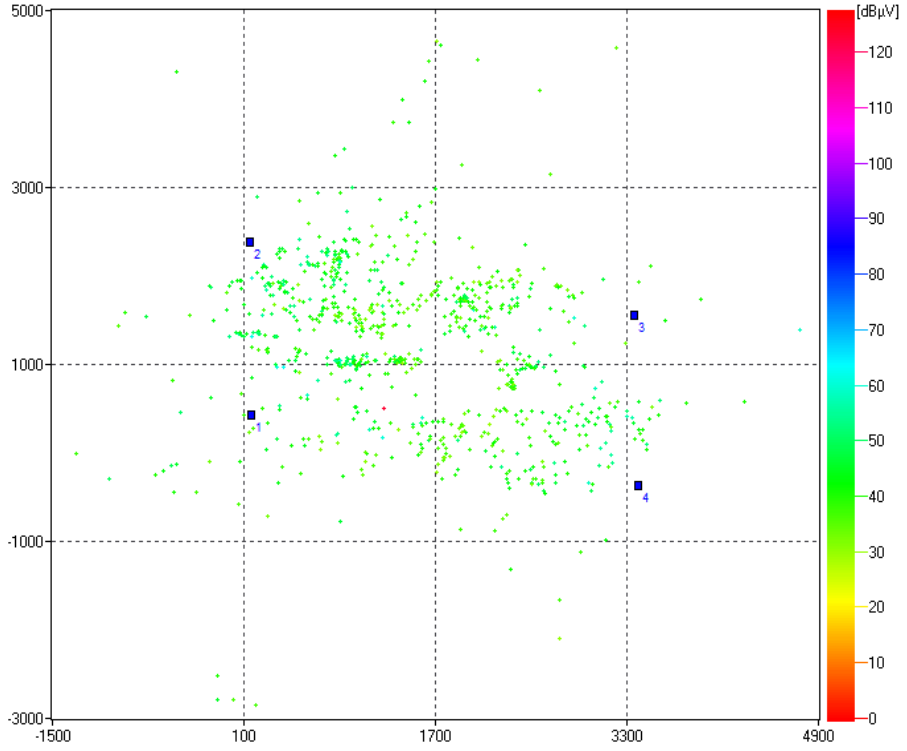
A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 8-9. ábrák mutatják 4 Beütés/Esemény (276db Esemény), ill. 3 Beütés/Esemény (895db Esemény) beállításra. A vizsgálat során lokalizált események számottevő csoportosulást nem mutatnak, kisebb “sűrűsödés” jellemzően alacsony amplitúdóval a palástlemez felső alkotója mentén (y=1000, kb. az edény tetején) látható.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



8. ábra

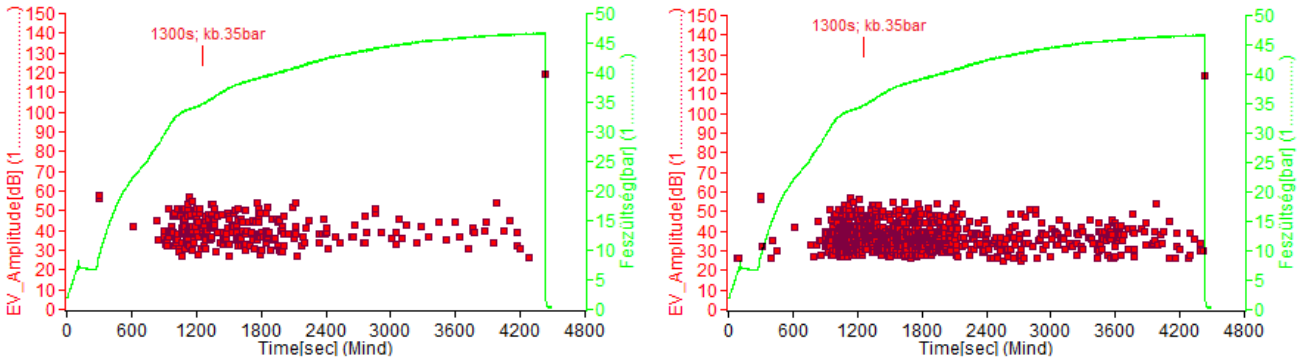


9. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

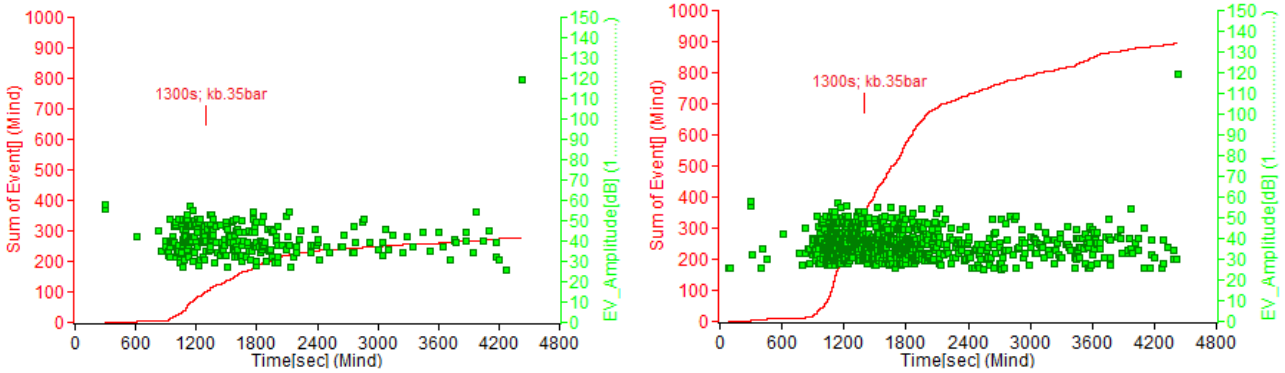
ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A 10-11. ábrákon a detektált akusztikus események amplitúdói, valamint a nyomás változása látható az idő függvényében. Bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra.



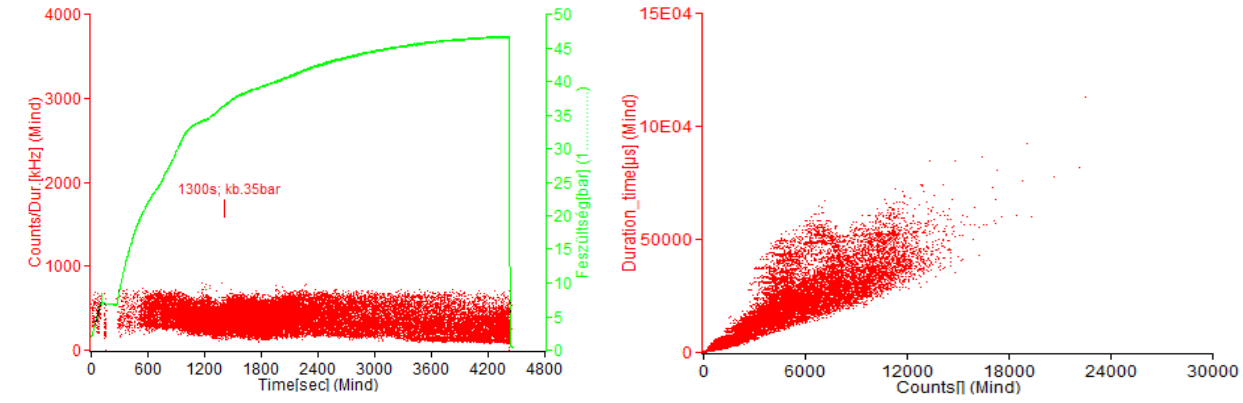
10-11. ábra

A 12-13. ábrákon az akusztikus események összege és azok amplitúdói láthatók, hasonló elrendezésben az idő függvényében.



12-13. ábra

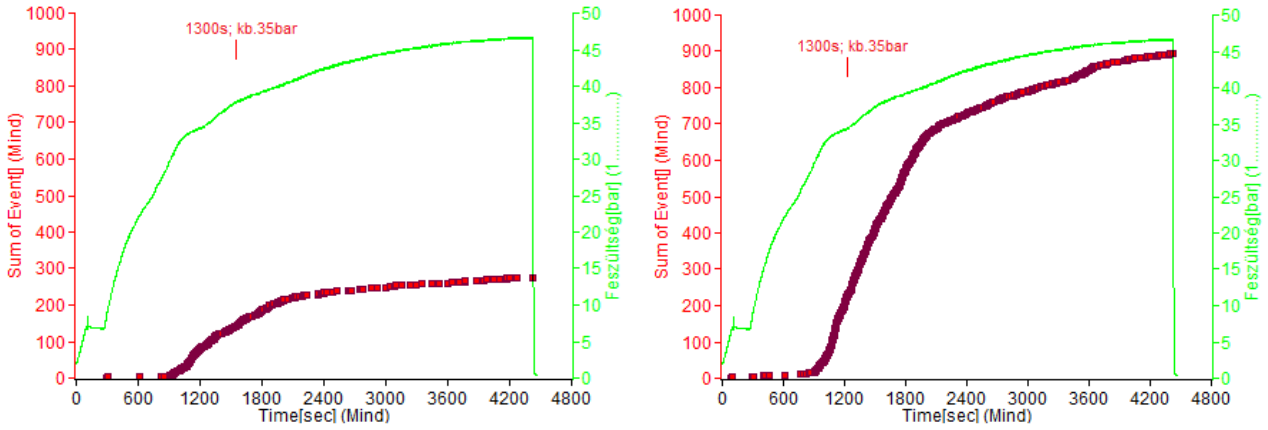
Az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) hányadosának (frekvencia) időbeli összefüggését a 14. ábra tartalmazza. A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a magasabb frekvenciák felé történő eltérés látható. A 15.ábrán a beütések frekvenciáinak szóródása látható.



14-15. ábra

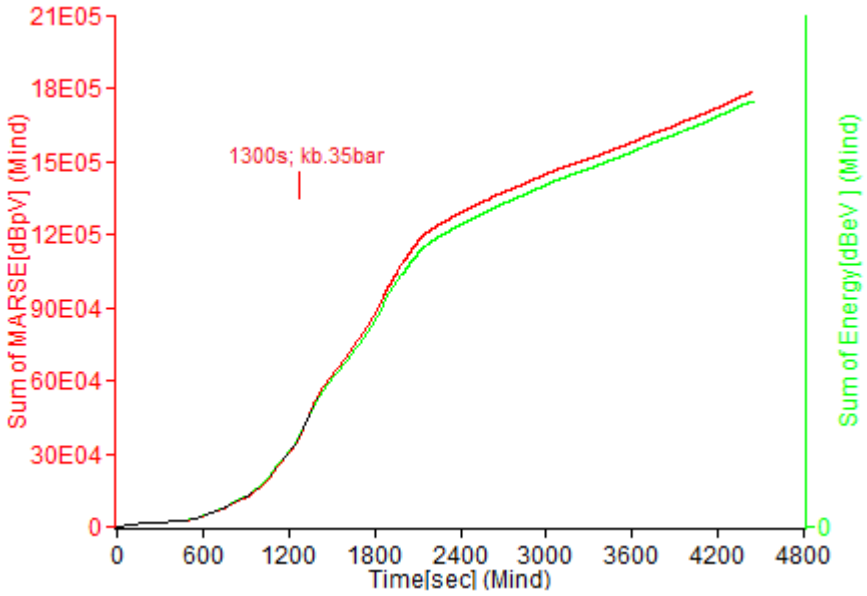
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését valamint a nyomás változását a 16-17. ábrák mutatják, bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra. Csakúgy, mint az összes beütésszám görbe esetében határozott csökkenés figyelhető meg a görbe meredekségében a 2000 sec-ot követő időszakban.



16-17. ábra

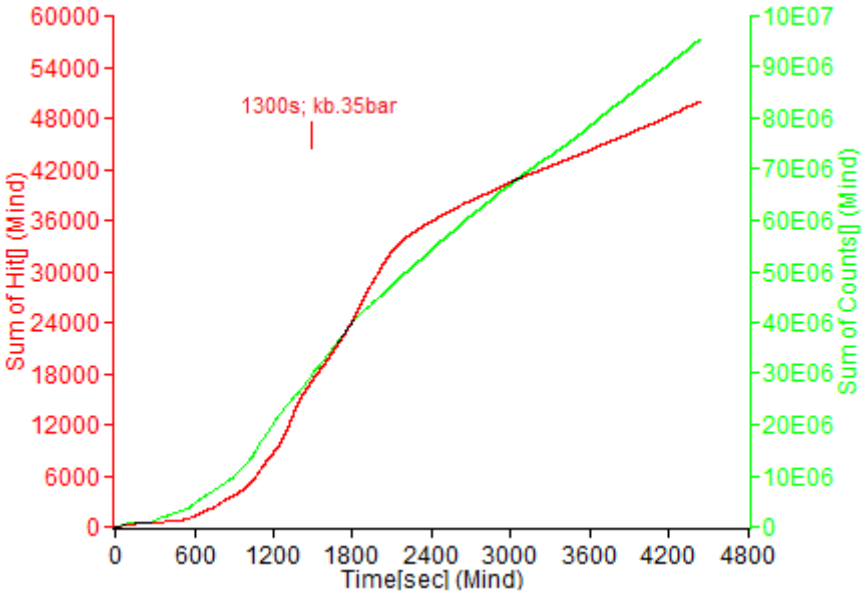
Az energia jellegű paraméterekben (MARSE, Energy) bekövetkező változást mutatja a 18. ábra. A görbék meredekségében itt is egy jelentős változás figyelhető meg a 2000 sec-ot követő időszakban.



18. ábra

A 19. ábra az összegzett beütés szám, és az összegzett oszcilláció szám (counts) görbét mutatja, érdekes megfigyelni, hogy a két görbe némileg elérő tendenciájú.

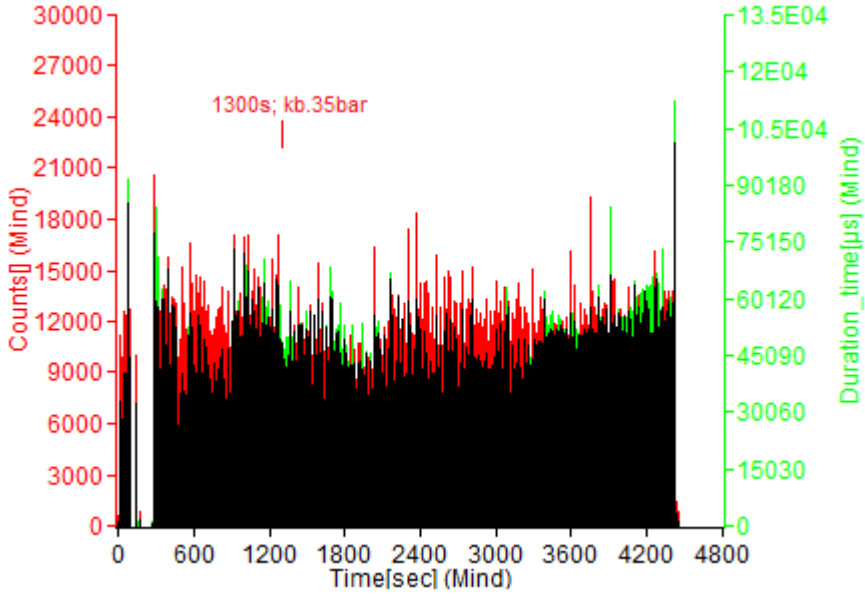
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces



19. ábra

Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezek alapján általában elmondható, hogy a változás nem határozott.

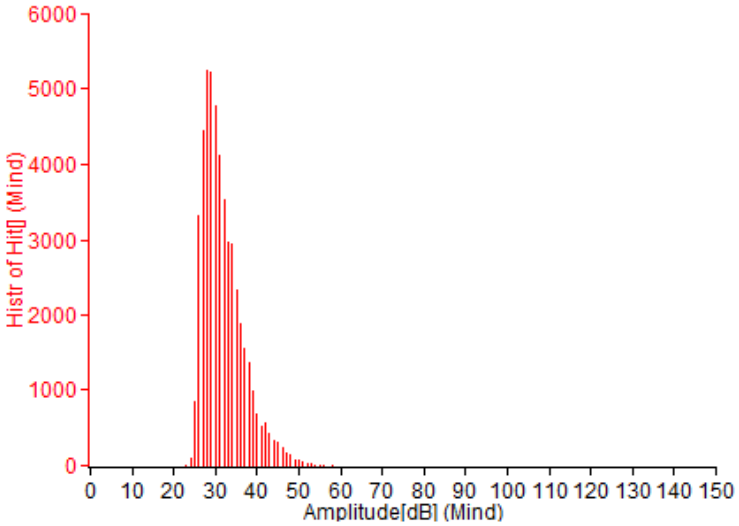
A 20. ábrán az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) idő szerinti függése látható.



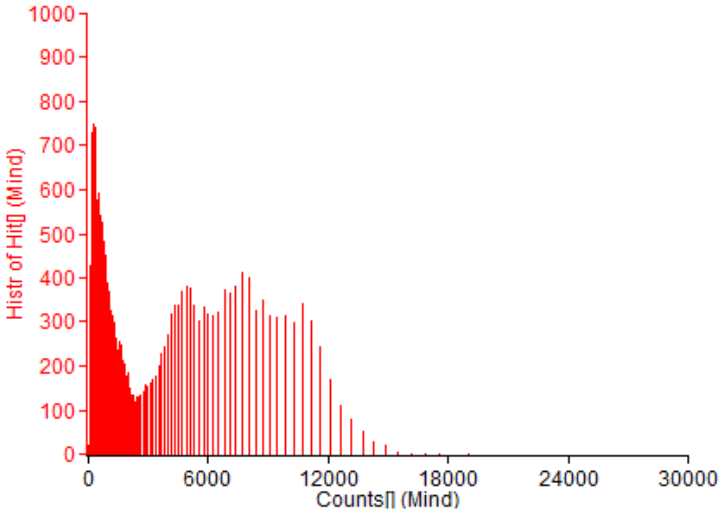
20. ábra

A beütések amplitúdó eloszlása a 21. ábrán, oszcilláció szerinti eloszlása pedig a 22. ábrán figyelhető meg. Az amplitúdó eloszlás, jellemzően alacsony amplitúdójú jeleket (<50 dB) mutat. Az oszcilláció szám eloszlásnál is az alacsony osszcillációszámú beütések (<3000) a jellemzőek.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

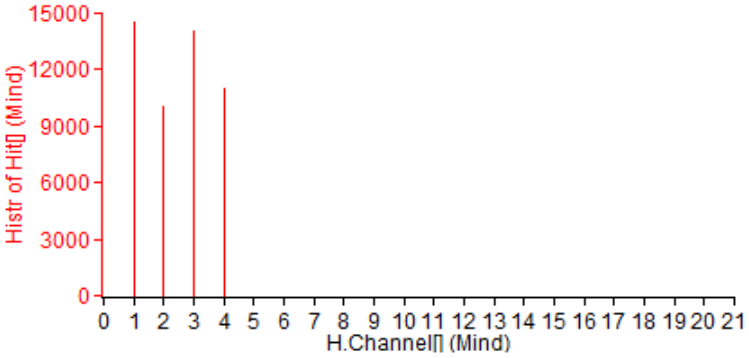


21. ábra



22. ábra

A 23.ábrán az egyes csatornákon érkező akusztikus beütések összege látható. Az 1. és 3. csatornákon némileg több beütést regisztráltunk, az edény palást felső része a nyomáspróba során akusztikusan aktívabban viselkedett.



23. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Összefoglalás

A mérési folyamat végén 4430s-nál, 46,6 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően az edény a töltőcsonkot tartalmazó övpaláston 2óra iránynál (az adattábla felől nézve) felszakadt. A nyomásfokozást végzőktől kapott információ szerint a felszakadásig betöltött víz mennyisége 550 liter volt.
Az akusztikus emissziós mérés során a terhelést nyúlásmérő bélyeges mérés is kísérte, a nyúlásmérő bélyeges mérés eredményei alapján (ld. 2. ábra) a folyási mechanizmus kb. 35 bar-os terhelési szakaszban indult meg.
Az akusztikus mérések egyik célja, ezeknek a jellegzetes tönkremeneteli pontoknak (folyási szakaszhoz tartozó terhelési érték és idő) és helyeknek (edénytesten történő lokalizált események) a kimutatása; egyfelől a nyomáspróba megfelelő időben történő felfüggesztése, másfelől a további roncsolásmentes vizsgálatok helyének kijelölése miatt. A helyszíni és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás kezdetének felvett kb. 35 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen viszonylag sok esemény látható, de határozott csoportosulást nem mutatnak, kisebb "sűrűsödés" jellemzően alacsony amplitúdóval a palástlemez felső alkotója mentén látható. Az edény felszakadásának vélhető kiindulási pontját a 8-9.ábrákon is látható piros pont jelöli ki (ld. a 8-9.ábrákon).

A szűretlen adat file-t a tartály gyári számával megegyezően archiváltuk.

Dátum/Date: Budapest, 2017.06.21.

.....	.....
Fehérvári Attila	Fodor Olivér
MSZ EN ISO 9712 szerinti AT2 anyagvizsgáló	jóváhagyta/validated by
vizsgálatot végezte/examined by	laboratórium műszaki vezető

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

REPORT OF ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT

Munkaszám/Work No.: 11443_AT.2
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017
A jegyzőkönyvet összeállította: Fehérvári Attila

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: vállalkozói szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4,85 m^3-es PB tartály kísérleti felszakításánakakusztikus emissziós vizsgálata

A vizsgálat célja/Purpose of the test: felszakításos vizsgálat

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017.05.11.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark:	**gyári szám: 5036 4**
Darabszám/No.:	1 db
Anyagminőség/Material:	acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition:	festett
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life:	üzemelt berendezés
Gyártási év:	1994
Gyártó:	Vasipari és Tartálygyártó Kisszövetkezet, Debrecen
Térfogat/Volume:	kb. 4850 liter
Maximális üzemi nyomás/Max. woking pressure:	15,6 bar
Maximális próbanyomás a gyártóműben:	20 bar

Vizsgálati utasítás száma/Written procedure no.: –
Vizsgálati előírás/Test instruction: –
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure: –
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: –

Vizsgáló berendezés/Testing instrument: 20 csatornás Sensophone Száma/Nr.: AED40
Threshold/Threshold: 16 dB, lebegő
Előerősítés/Pre amplify: logaritmikus
Holtidő/Deadtime: 20.000 µs
Érzékelők tipusa, száma/Sensors type, Nr.: A-15AM (068,061,070,067) önerőből mágneses, 4 db.
Csatoló anyag/Couplant medium: Mediszintech gél
Paraméterjel/External input: 0-250 bar-os nyomástávadó, ifm electronic PN3001 (20217A), 1s mintavételi idő.
Mérő és segédeszközökeszközök/Instruments: mérőszalag, ceruzabél.

Fotó/Photo: készült/nem készült

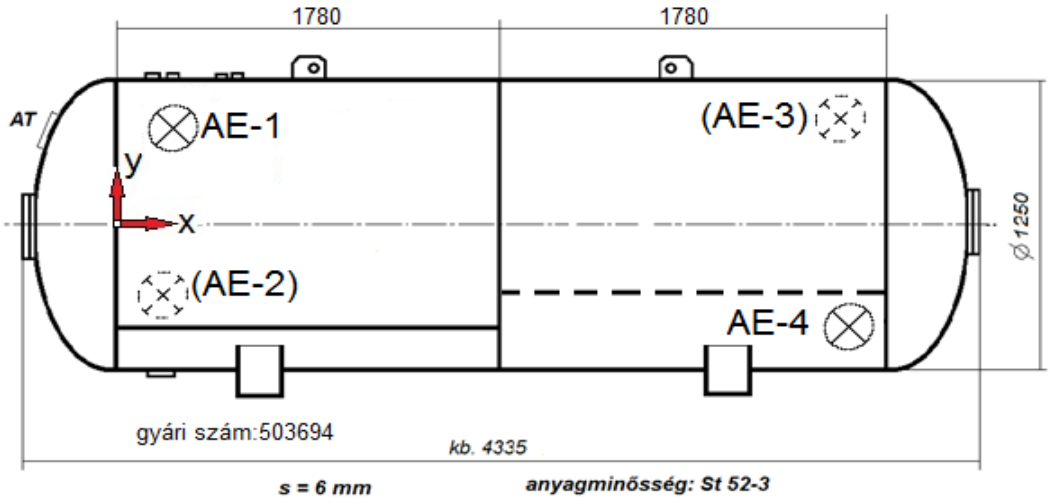
Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description:
Az akusztikus érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja (a szaggatott vonallal jelölt, zárójeles érzékelők az edény túloldalán találhatók).

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: –

A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás, sebesség és hanggyengülés teszteket végeztünk. A nyomásfokozást megrendelő végezte vízfeltöltéssel.
A mérést hegesztett kivitelű, fekvőhengeres, md.fenekekkel lezárt, 2db nézőnyílással ellátott, készüléklábakon álló tartályon végeztük.

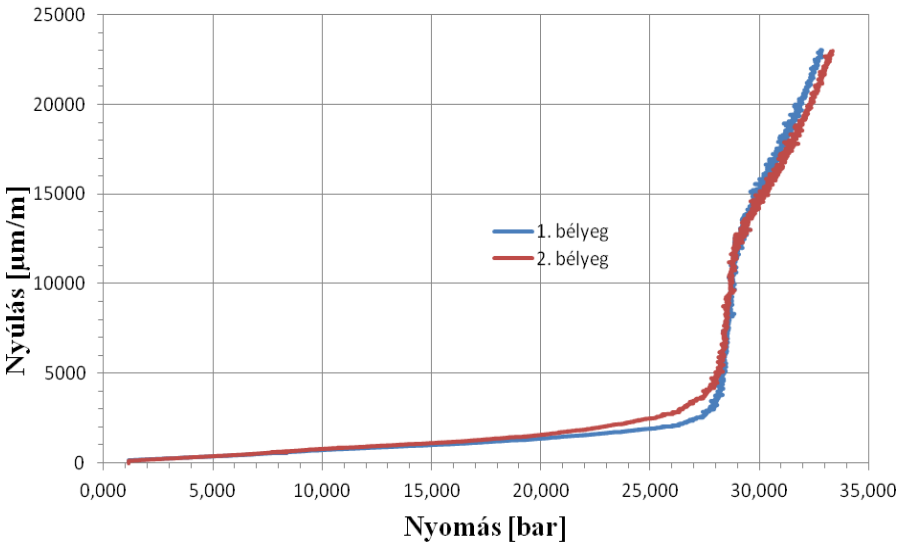
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



1. ábra

A nyúlásmérő bélyeges mérés eredményét mutatja a 2. ábra (nyúlásmérés szoftveréből nyert diagram, az általunk végzett akusztikus mérés kezdeti és bejezési időpontja ettől eltér). Ennek alapján a szerkezet anyagának megfolyása kb. 28 bar-os terhelés elérésekor indult el. A kiértékeléskor figyelembe kell venni, hogy az általunk végzett akusztikus emissziós méréshez használt nyomástávadó jele kb. 3 bar-ral kisebb nyomásjelet adott, mint a nyomásfokozó rendszerben lévő mérőóra nyomásértéke.
A kb. 28 bar-os (870s időintervallum) nyomáshoz tartozó szakaszt a továbbiakban az akusztikus emissziós mérésből nyert diagramokon feltüntettük. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja.



2. ábra

Terhelési folyamat/Application of load:

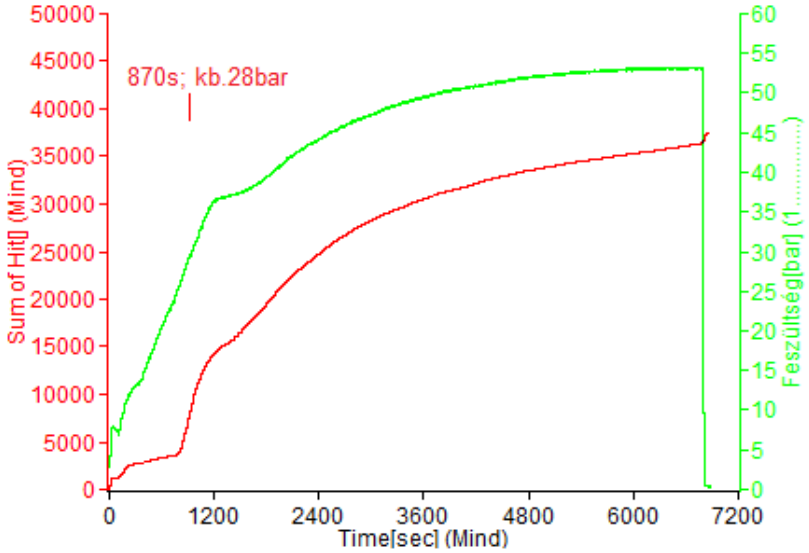
kb. 0 bar -ról 7 bar -ig növekvő terhelés
7 bar nyomáson tartva 1 percig
7 bar -ról 53,1 bar -ig növekvő terhelés
53,1 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően a tartály felszakadt

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

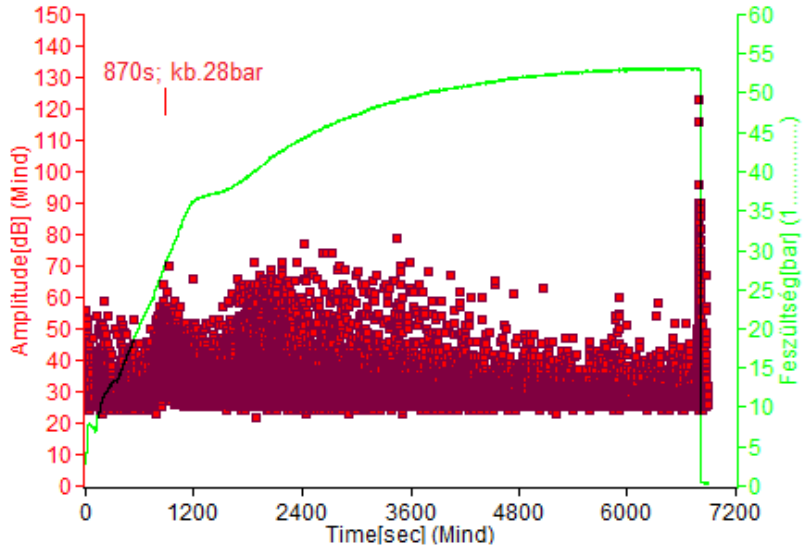
AE jelrögzítés és kiértékelés a műszerhez csatlakoztatott számítógép segítségével történt. Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat a 3-23. ábrák mutatják.

A 3. ábra a 4 db. akusztikus szenzor által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében. A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki.



3. ábra

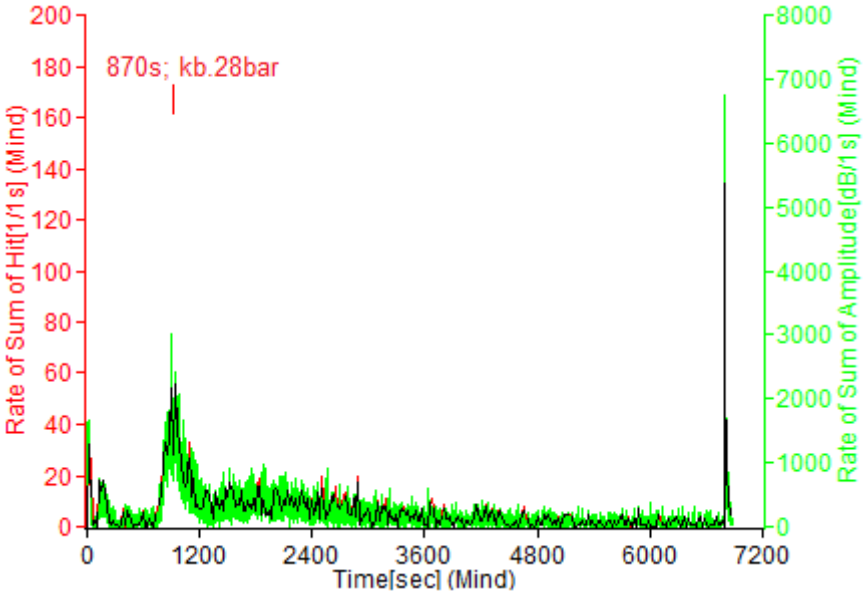
A 4. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. Az 60 dB-t meghaladó beütések száma nem jelentős. A kis amplitúdójú beütések száma a mérés során mindvégig jelentősnek mondható, de a 50 dB-nél magasabb beütések száma nem szignifikáns. Kismértékű amplitúdó növekedés a kb. 20 bar-os szakaszt követő nyomásemeléstől kezdődően megfigyelhető, ez azonban további elemzést igényel, mert a diagramban határozott eltérés nem látható. A mérés során 1500-4400s között nagyobb amplitúdójú beütéseket is regisztráltunk, de később ezek eltűntek.



4. ábra

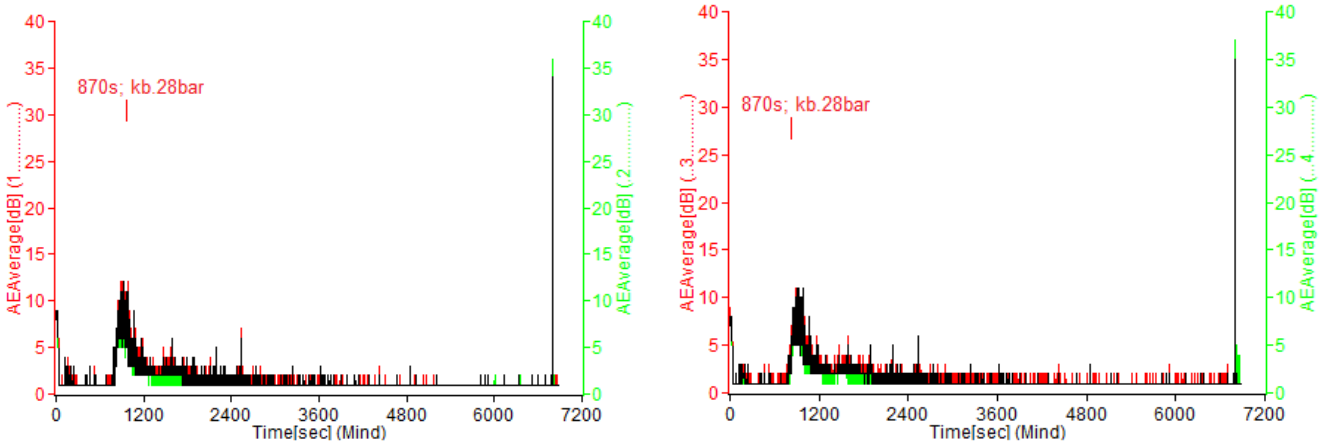
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Ennek elemzését segíti az 5. ábra. Az 5. ábrán az összes beütésszám változási sebessége és a beütések amplitúdó összegének változási sebessége (az összes beütés és az összegzett amplitúdók idő szerinti első differenciálja) enyhe növekedése figyelhető meg 750 sec-tól. „Csúcsa" a max. nyomás elérése előtt kb. 900 sec környékén látható.



5. ábra

Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 6-7. ábrákon látható. *Minden satornán egyértelm növekedés igyelhet meg kb. 750 sec-tól. elyi s s 900 se környékén látható.*

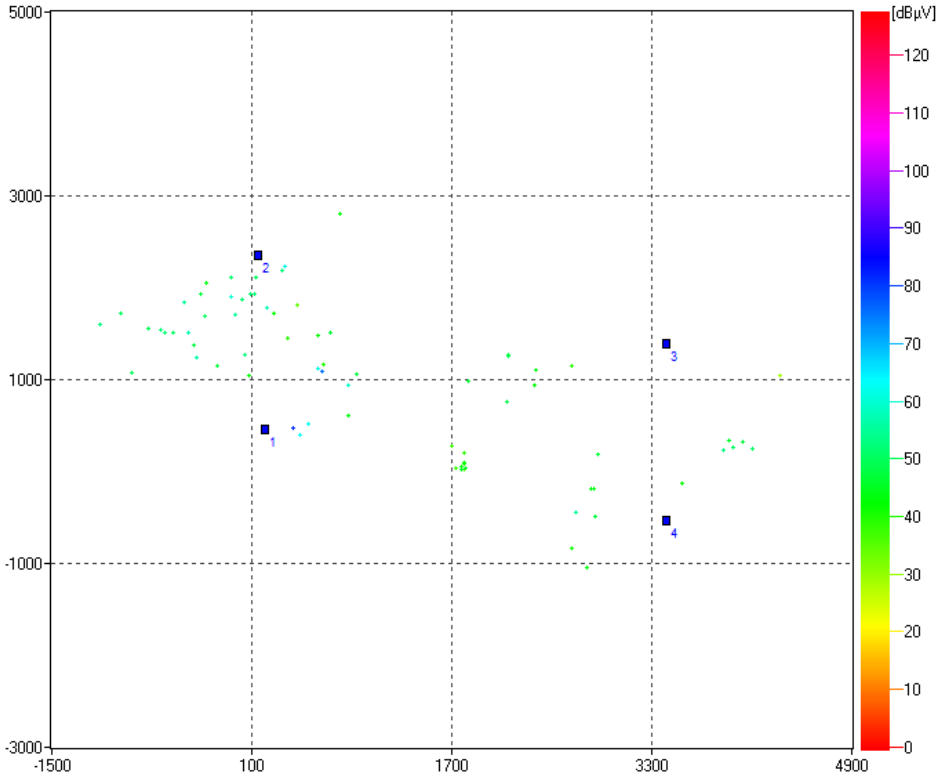


6-7. ábra

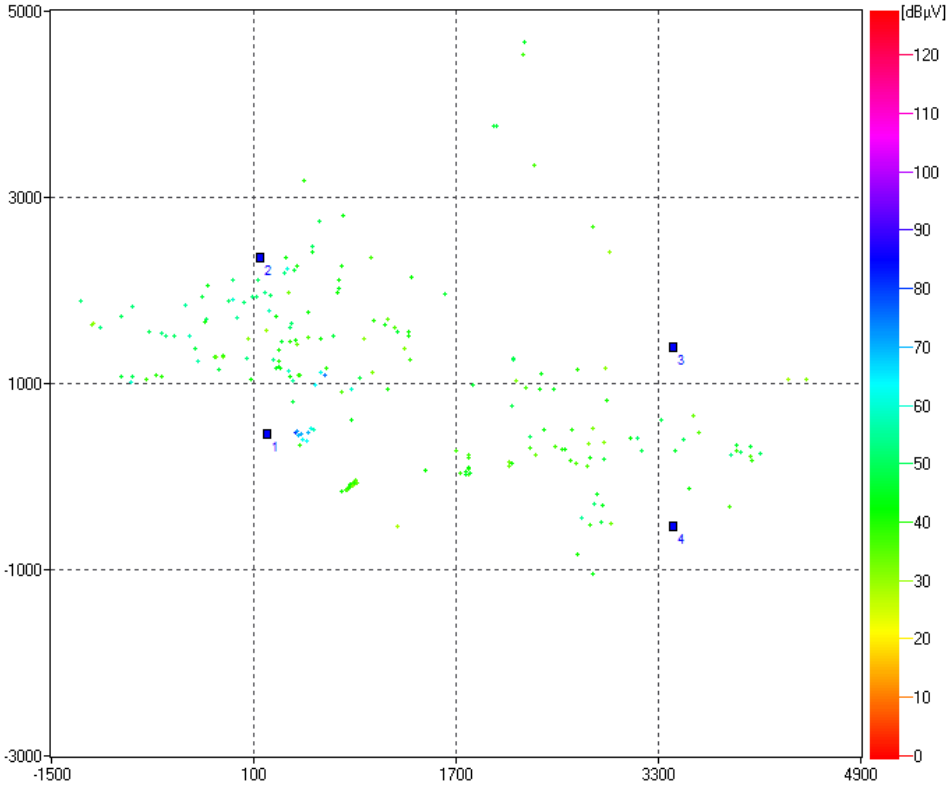
A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 8-9. ábrák mutatják 4 Beütés/Esemény (75db Esemény), ill. 3 Beütés/Esemény (253db Esemény) beállításra. A vizsgálat során lokalizált események számottevő csoportosulást nem mutatnak, kisebb "sűrűsödés" jellemzően alacsony amplitúdóval a palástlemez felső alkotója mentén (kb. az edény tetején) látható.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



8. ábra

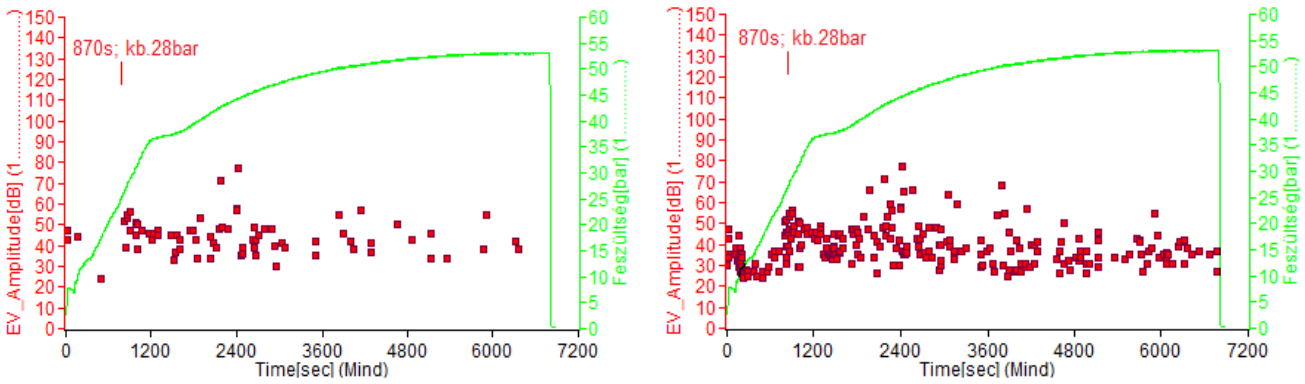


9. ábra

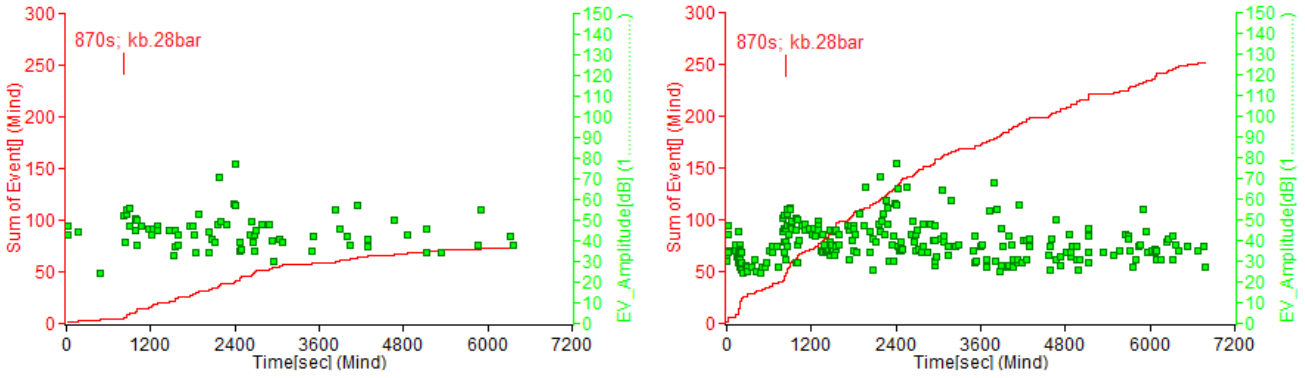
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A 10-11. ábrákon a detektált akusztikus események amplitúdói, valamint a nyomás változása látható az idő függvényében. Bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra.

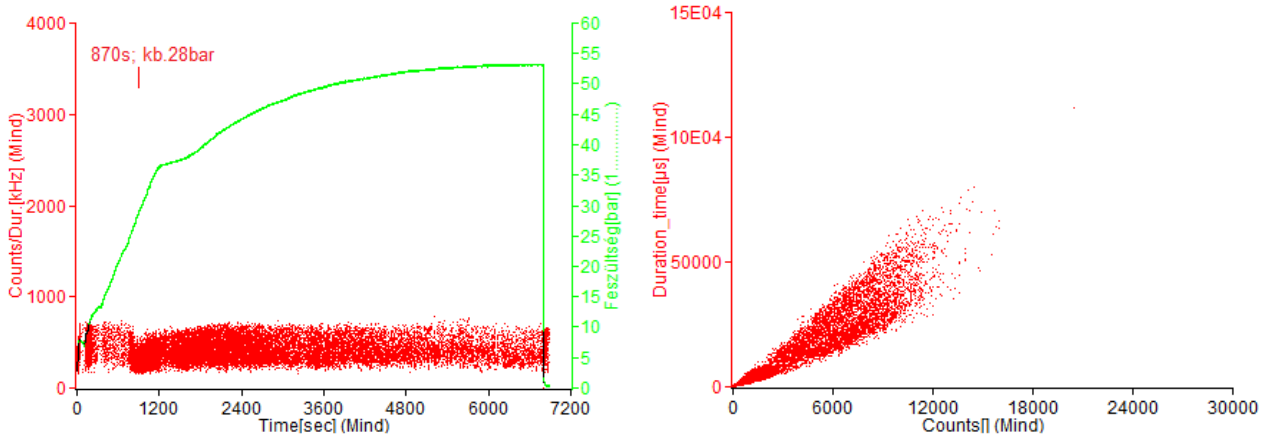


10-11. ábra



12-13. ábra

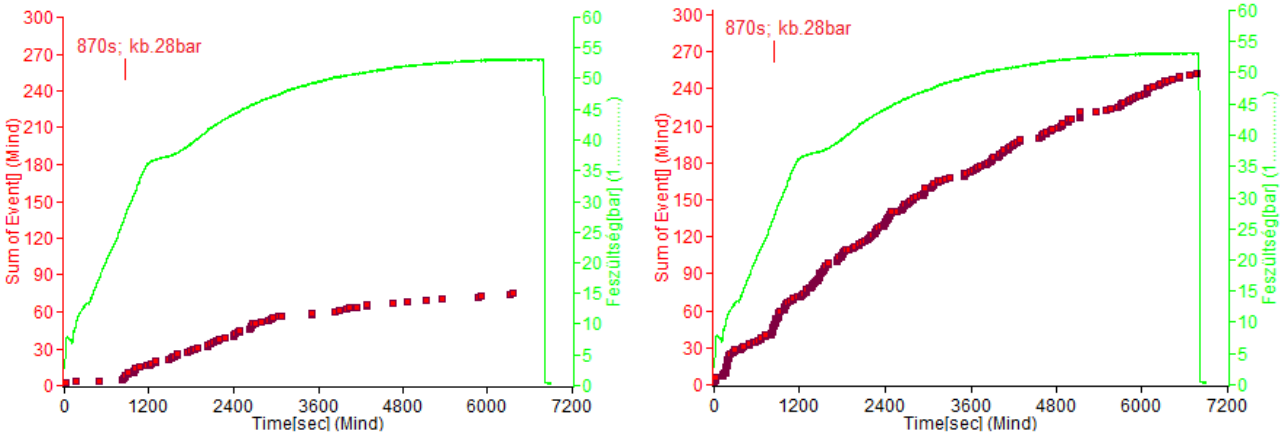
Az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) hányadosának (frekvencia) időbeli összefüggését a 14. ábra tartalmazza. A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a magasabb frekvenciák felé történő eltérés látható. A 15.ábrán a beütések frekvenciáinak szóródása látható.



14-15. ábra

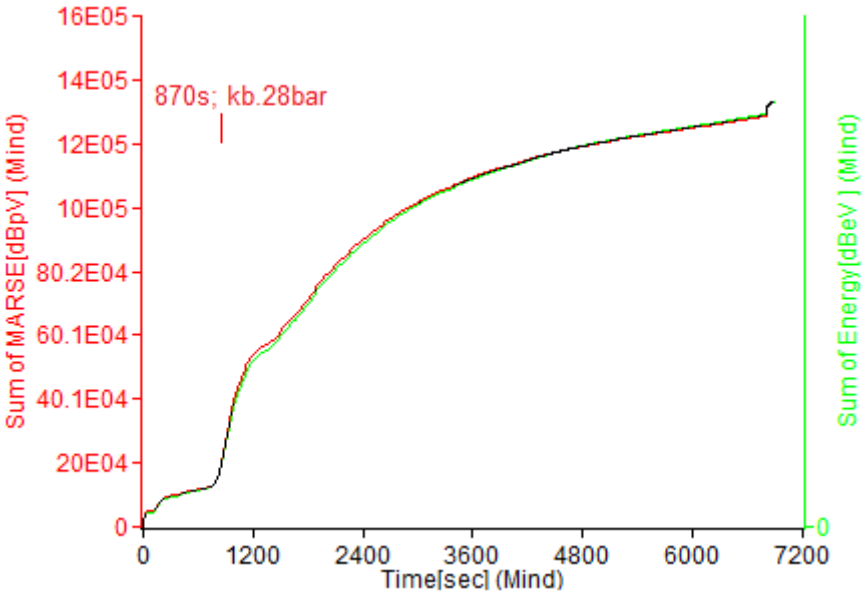
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését valamint a nyomás változását a 16-17. ábrák mutatják, bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra. Csakúgy, mint az összes beütésszám görbe esetében határozott növekedés figyelhető meg a görbe meredekségében a 900 és 1350 sec-ot követő időszakban.



16-17. ábra

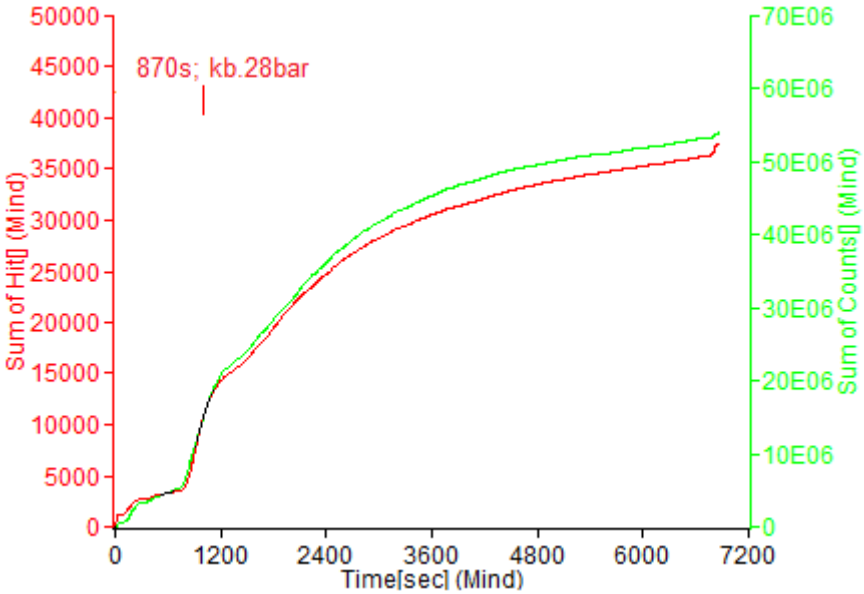
Az energia jellegű paraméterekben (MARSE, Energy) bekövetkező változást mutatja a 18. ábra. A görbék meredekségében itt is egy jelentős változás figyelhető meg a 750-850s, valamint és 1350sec-ot követő időszakban.



18. ábra

A 19. ábra az összegzett beütés szám, és az összegzett oszcilláció szám (counts) görbét mutatja, érdekes megfigyelni, hogy mindkét görbe azonos ponton mutatja a változást.

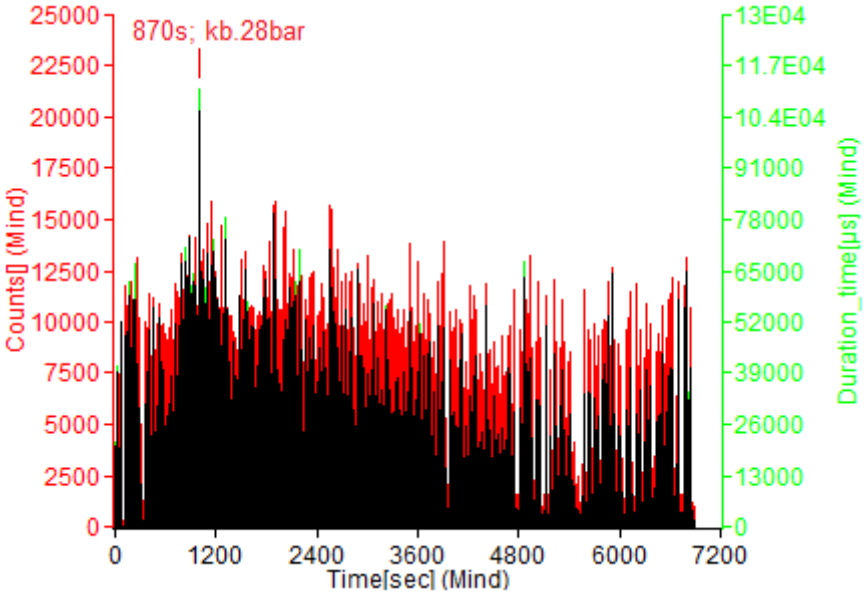
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces



19. ábra

Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezek alapján általában elmondható, hogy a változás nem határozott.

A 20. ábrán az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) idő szerinti függése látható.

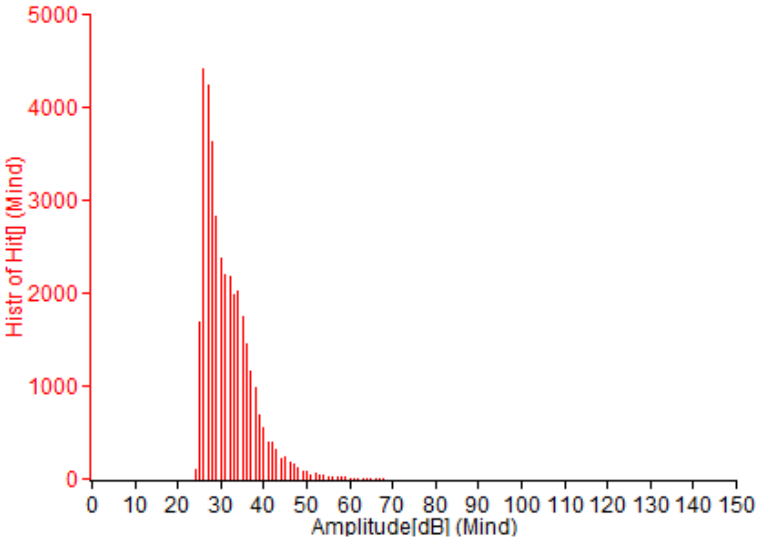


20. ábra

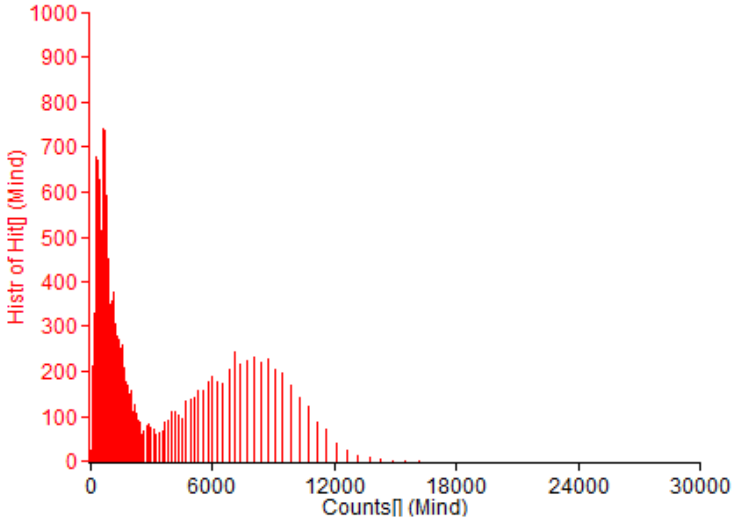
A beütések amplitúdó eloszlása a 21. ábrán, oszcilláció szerinti eloszlása pedig a 22. ábrán figyelhető meg. Az amplitúdó eloszlás, jellemzően alacsony amplitúdójú jeleket (<50 dB) mutat. Az oszcilláció szám eloszlásnál is az alacsony osszcillációszámú beütések (<3000) a jellemzőek.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

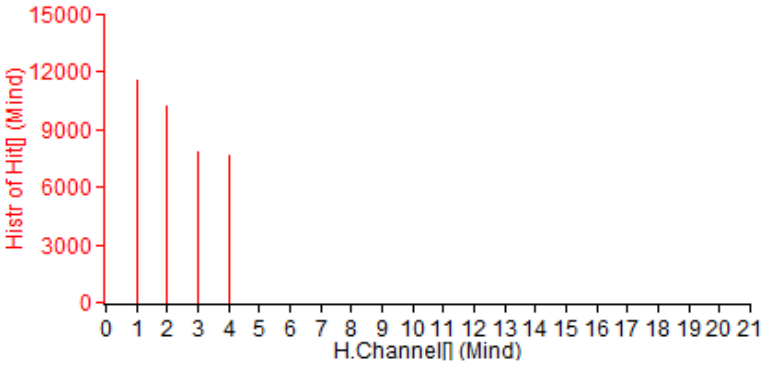


21. ábra



22. ábra

A 23.ábrán az egyes csatornákon érkező akusztikus beütések összege látható. Az 1. és 2. csatornákon némileg több beütést regisztráltunk, ezek a csatornák a töltőcsonkhoz közelebbi akusztikus rezgők által gyűjtött beütéseket regisztrálták.



23. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Összefoglalás

A mérési folyamat végén 6800s-nál, 53,1 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően az edény a palást közepéhez és az alsó alkotóhoz közel, felszakadt. A nyomásfokozást végzőktől kapott információ szerint a felszakadásig betöltött víz mennyisége 750 liter volt.
Az akusztikus emissziós mérés során a terhelést nyúlásmérő bélyeges mérés is kísérte, a nyúlásmérő bélyeges mérés eredményei alapján (ld. 2. ábra) a folyási mechanizmus kb. 28 bar-os terhelési szakaszban indult meg.
Az akusztikus mérések egyik célja, ezeknek a jellegzetes tönkremeneteli pontoknak (folyási szakaszhoz tartozó terhelési érték és idő) és helyeknek (edénytesten történő lokalizált események) a kimutatása; egyfelől a nyomáspróba megfelelő időben történő felfüggesztése, másfelől a további roncsolásmentes vizsgálatok helyének kijelölése miatt. A helyszíni, és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás kezdetének felvett kb. 28 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen viszonylag kevés esemény látható, az edény felszakadásának helyén nem látható jelentős csoportosulás (ld. a 8-9.ábrákon).

A szűretlen adat file-t a tartály gyári számával megegyezően archiváltuk.

Dátum/Date: Budapest, 2017.06.21.

.....	.....
Fehérvári Attila	Fodor Olivér
MSZ EN ISO 9712 szerinti AT2 anyagvizsgáló	jóváhagyta/validated by
vizsgálatot végezte/examined by	laboratórium műszaki vezető

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

REPORT OF ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT

Munkaszám/Work No.: 11443_AT.3
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017
A jegyzőkönyvet összeállította: Fehérvári Attila

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: vállalkozói szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4,85 m^3-es PB tartály kísérleti felszakításánakakusztikus emissziós vizsgálata

A vizsgálat célja/Purpose of the test: felszakításos vizsgálat

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017.05.12.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark:	**gyári szám: 50**
Darabszám/No.:	1 db
Anyagminőség/Material:	acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition:	festett
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life:	üzemelt berendezés
Gyártási év:	1993
Gyártó:	ERMERT GmbH, Herdorf BR.Deutschland
Térfogat/Volume:	kb. 4850 liter
Maximális üzemi nyomás/Max. woking pressure:	15,6 bar
Maximális próbanyomás a gyártóműben:	20,3 bar

Vizsgálati utasítás száma/Written procedure no.: –
Vizsgálati előírás/Test instruction: –
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure: –
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: –

Vizsgáló berendezés/Testing instrument: 20 csatornás Sensophone Száma/Nr.: AED40
Threshold/Threshold: 16 dB, lebegő
Előerősítés/Pre amplify: logaritmikus
Holtidő/Deadtime: 20.000 µs
Érzékelők tipusa, száma/Sensors type, Nr.: A-15AM (068,061,070,067) önerőből mágneses, 4 db.
Csatoló anyag/Couplant medium: Mediszintech gél
Paraméterjel/External input: 0-250 bar-os nyomástávadó, ifm electronic PN3001 (20217A), 1s mintavételi idő.
Mérő és segédeszközökeszközök/Instruments: mérőszalag, ceruzabél.

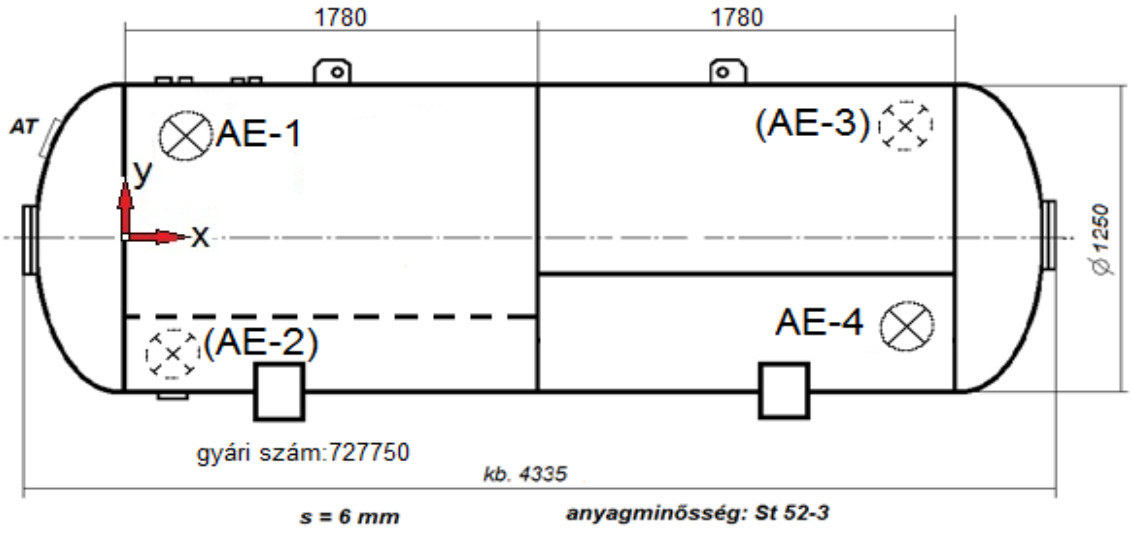
Fotó/Photo: készült/nem készült

Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description:
Az akusztikus érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja (a szaggatott vonallal jelölt, zárójeles érzékelők az edény túloldalán találhatók).

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: –

A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás, sebesség és hanggyengülés teszteket végeztünk. A nyomásfokozást megrendelő végezte vízfeltöltéssel.
A mérést hegesztett kivitelű, fekvőhengeres, md.fenekekkel lezárt, 2db nézőnyílással ellátott, készüléklábakon álló tartályon végeztük.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces



1. ábra

A 727750 gyári számú edény a felszakító vizsgálata során nem történt nyúlásmérő bélyeges mérés. Ennek alapján a szerkezet anyaga megfolyásának kezdete egyértelműen nem megítélhető. A felszakított edényt mutatja a 2. ábra. A kiértékeléskor figyelembe kell venni, hogy az általunk végzett akusztikus emissziós méréshez használt nyomástávadó jele kb. 3 bar-ral kisebb nyomásjelet adott mint a nyomásfokozó rendszerben lévő mérőóra nyomásértéke. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja.

2. ábra

Terhelési folyamat/Application of load:

kb. 0 bar -ról 19 bar -ig növekvő terhelés
19 bar nyomáson tartva 5 percig
19 bar -ról 46,5 bar -ig növekvő terhelés
46,5 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően a tartály felszakadt

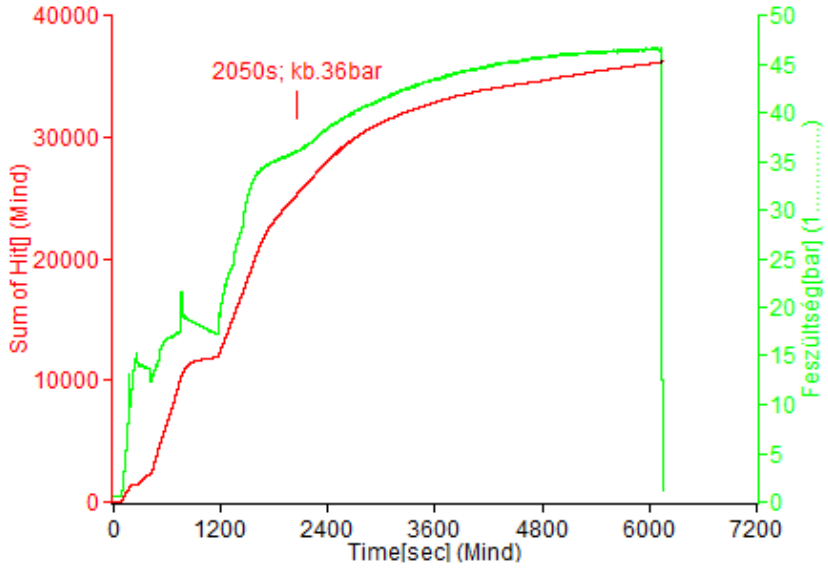
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

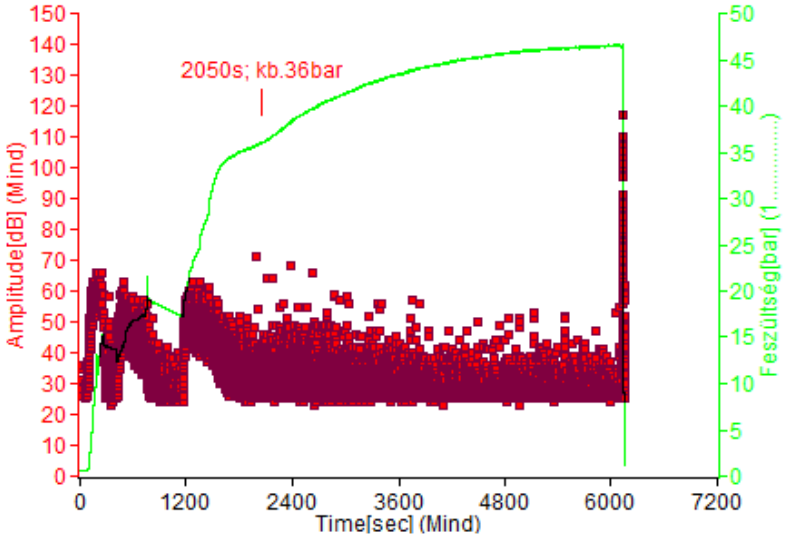
AE jelrögzítés és kiértékelés a műszerhez csatlakoztatott számítógép segítségével történt. Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat a 3-23. ábrák mutatják.

A 3. ábra a 4 db. akusztikus szenzor által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében. A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki. Az összes beütésszám görbe alakja megfelel a vártnak.



3. ábra

A 4. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. A 60 dB-t meghaladó beütések száma nem jelentős. A kis amplitúdójú beütések száma a mérés során mindvégig jelentősnek mondható, de a 50 dB-nél magasabb beütések száma nem szignifikáns.
770-1150s között nyomáson tartás idejére a szivattyút kikapcsolták. 1150s-tól növekvő nyomás mellett az a beütések amplitúdói 60dB-es szintig növekedtek. 1250s-tól (kb.22 bar nyomás) az amplitúdók csekkenése figyelhető meg.

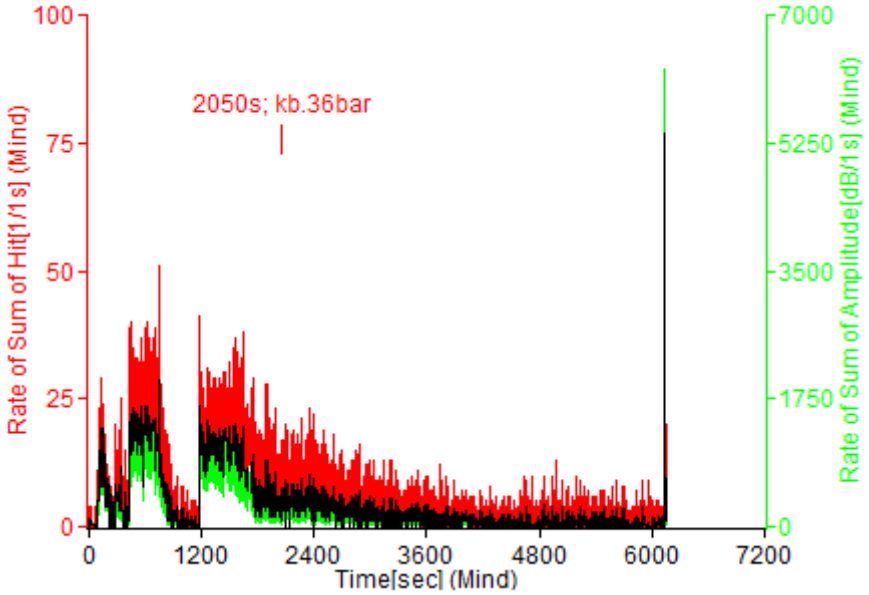


4. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

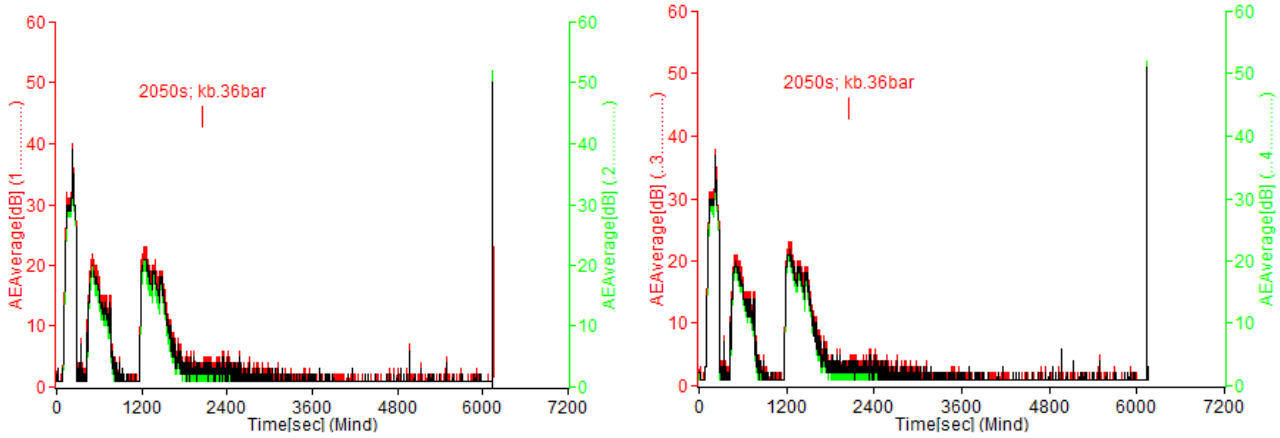
ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Az 5. ábrán az összes beütésszám változási sebessége és a beütések amplitúdó összegének változási sebessége (az összes beütés és az összegzett amplitúdók idő szerinti első differenciálja) enyhe növekedése figyelhető meg 1150 sec-tól. „Csúcsa” a max. nyomás elérése előtt kb. 1600 sec környékén látható.



5. ábra

Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 6-7. ábrákon látható. *Minden satornán egyértelm növekedés igyelhet meg kb. 1150 sec-tól. elyi s s 1250 se környékén látható.*

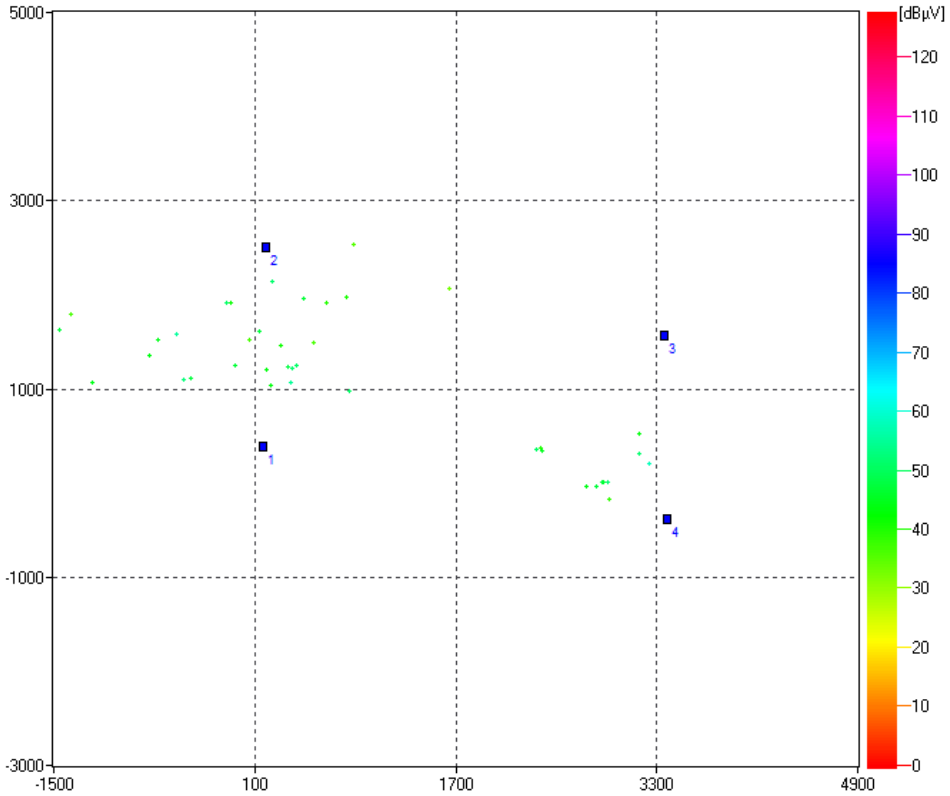


6-7. ábra

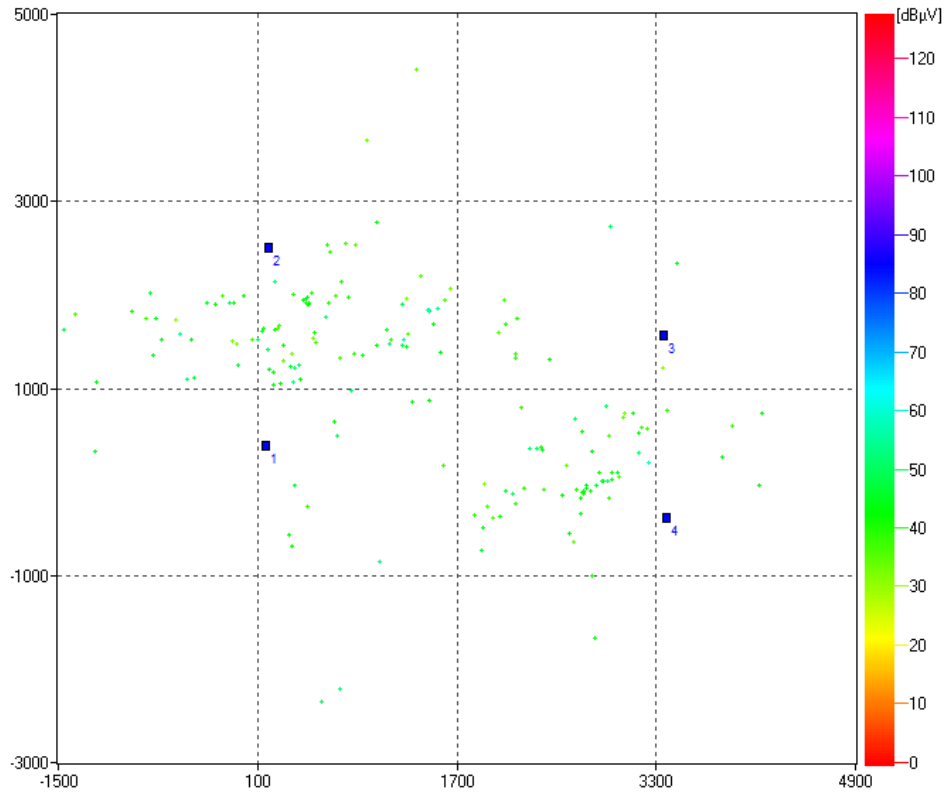
A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 8-9. ábrák mutatják 4 Beütés/Esemény (44db Esemény), ill. 3 Beütés/Esemény (188db Esemény) beállításra. A vizsgálat során lokalizált események számottevő csoportosulást nem mutatnak, kisebb “sűrűsödés” jellemzően alacsony amplitúdóval a palástlemez hosszvarrataihoz közeli területeken figyelhetők meg.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



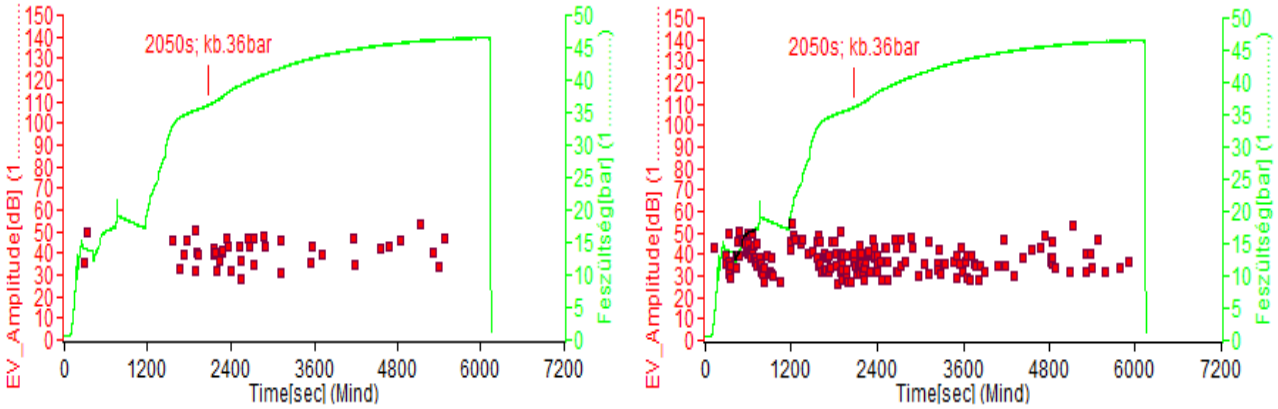
8. ábra



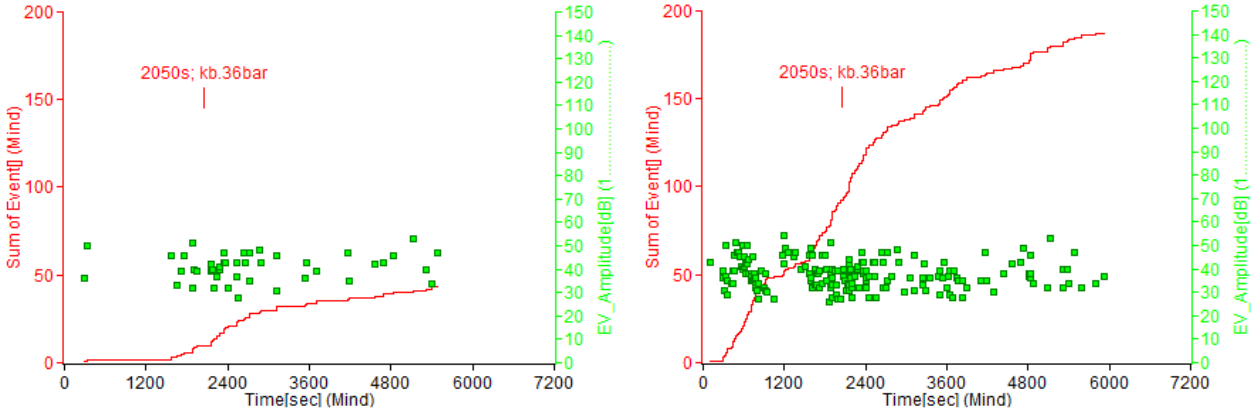
9. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A 10-11. ábrákon a detektált akusztikus események amplitúdói, valamint a nyomás változása látható az idő függvényében. Bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra.

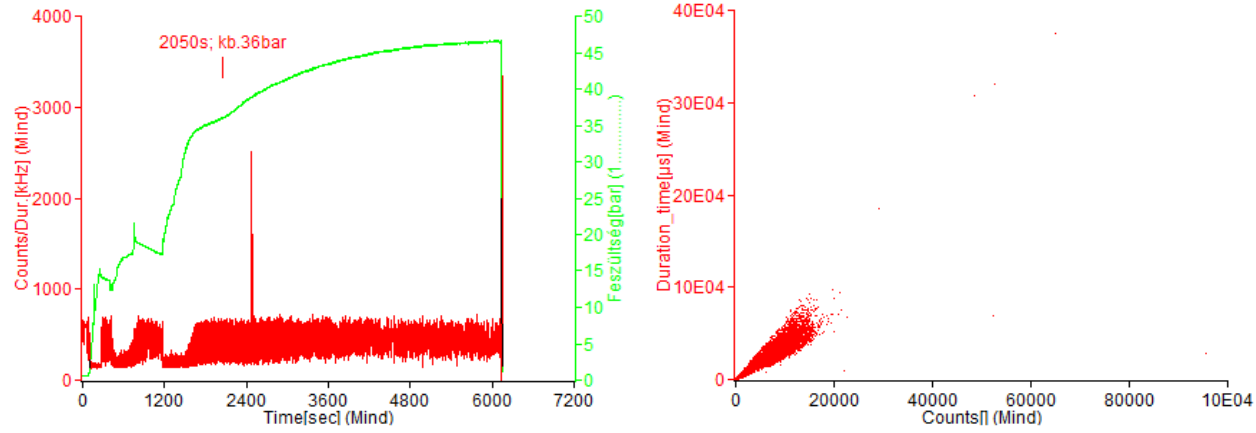


10-11. ábra



12-13. ábra

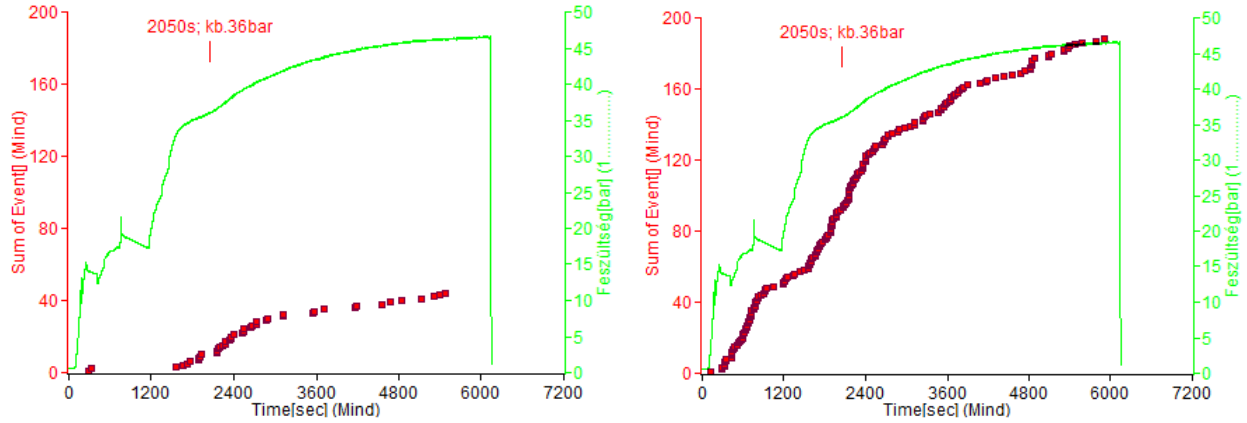
Az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) hányadosának (frekvencia) időbeli összefüggését a 14. ábra tartalmazza. A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a magasabb frekvenciák felé történő eltérés látható. A 15.ábrán a beütések frekvenciáinak szóródása látható.



14-15. ábra

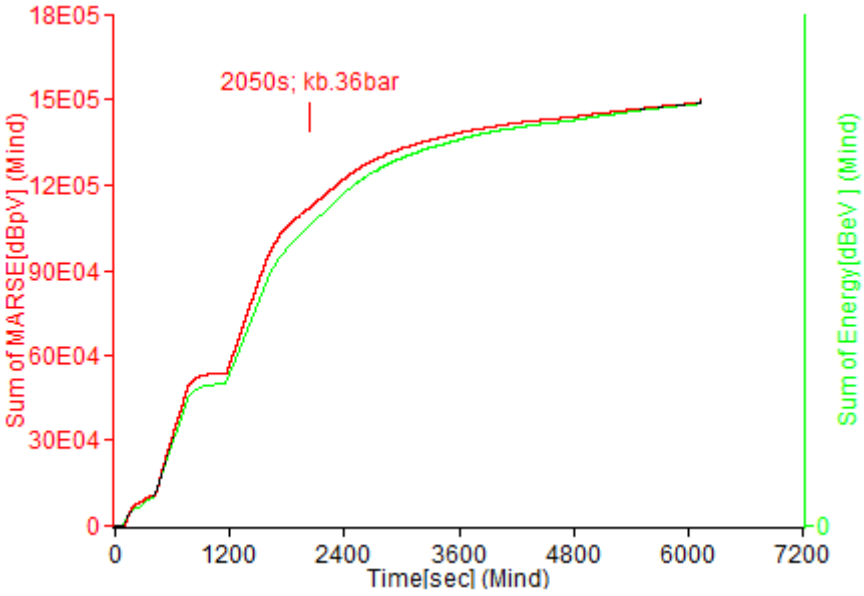
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését valamint a nyomás változását a 16-17. ábrák mutatják, bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra. Csakúgy, mint az összes beütésszám görbe esetében határozott növekedés figyelhető meg a görbe meredekségében (inflexió) a 2050 sec-nál.



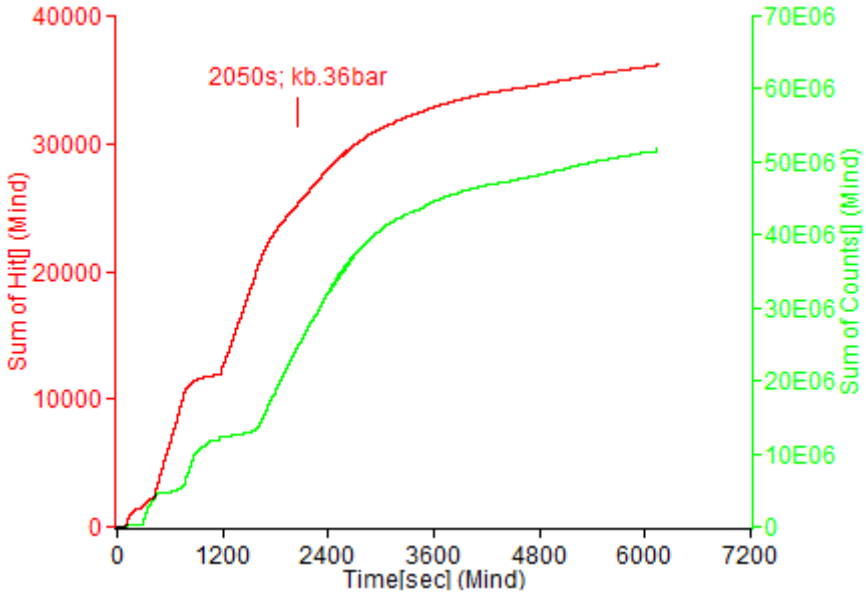
16-17. ábra

Az energia jellegű paraméterekben (MARSE, Energy) bekövetkező változást mutatja a 18. ábra. A görbék meredekségében itt is egy változás figyelhető meg a 2050 sec-nál.



18. ábra

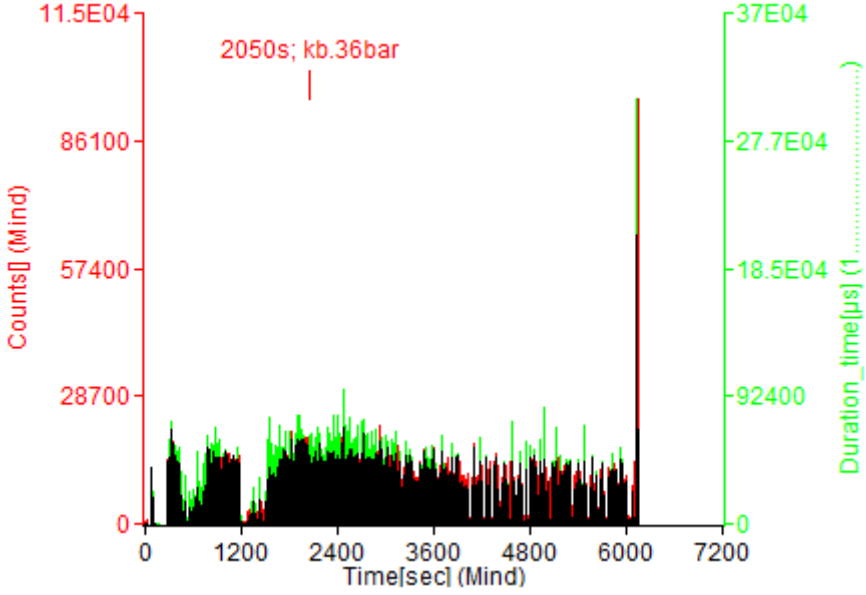
A 19. ábra az összegzett beütés szám, és az összegzett oszcilláció szám (counts) görbét mutatja.



19. ábra

Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezek alapján általában elmondható, hogy a változás nem határozott.

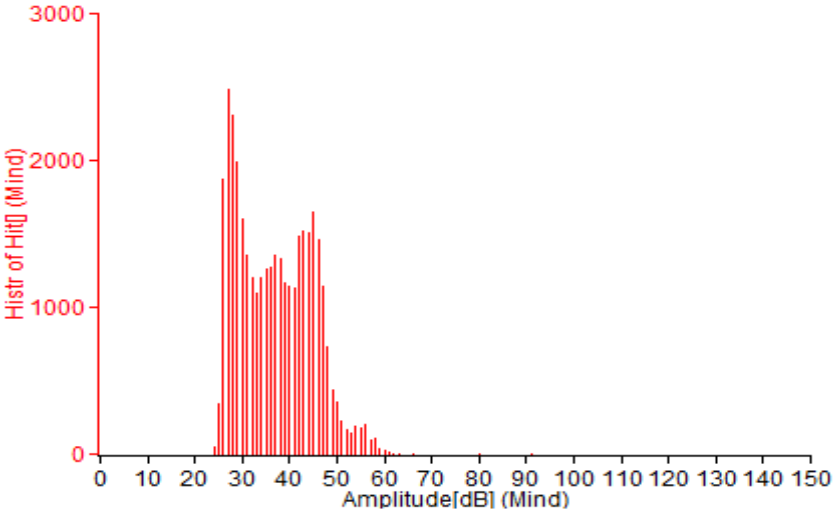
A 20. ábrán az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) idő szerinti függése látható.



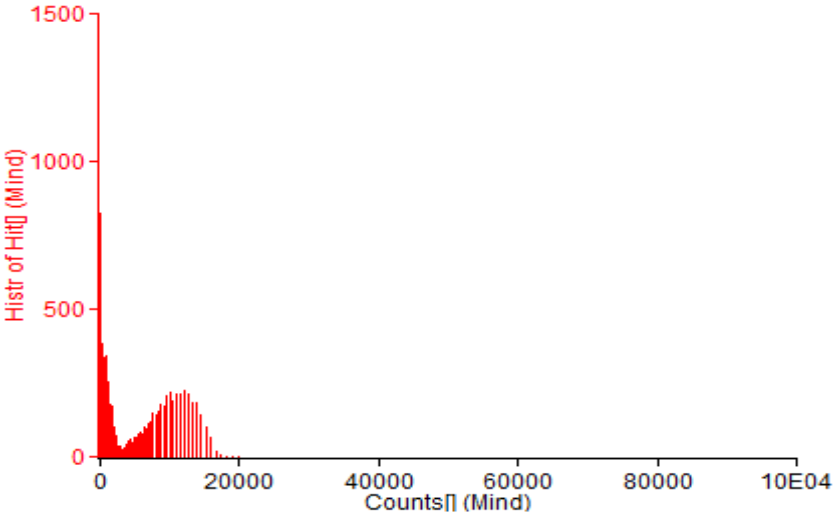
20. ábra

A beütések amplitúdó eloszlása a 21. ábrán, oszcilláció szerinti eloszlása pedig a 22. ábrán figyelhető meg. Az amplitúdó eloszlás, jellemzően alacsony amplitúdójú jeleket (<60 dB) mutat. Az oszcilláció szám eloszlásnál is az alacsony osszcillációszámú beütések (<8000) a jellemzőek.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

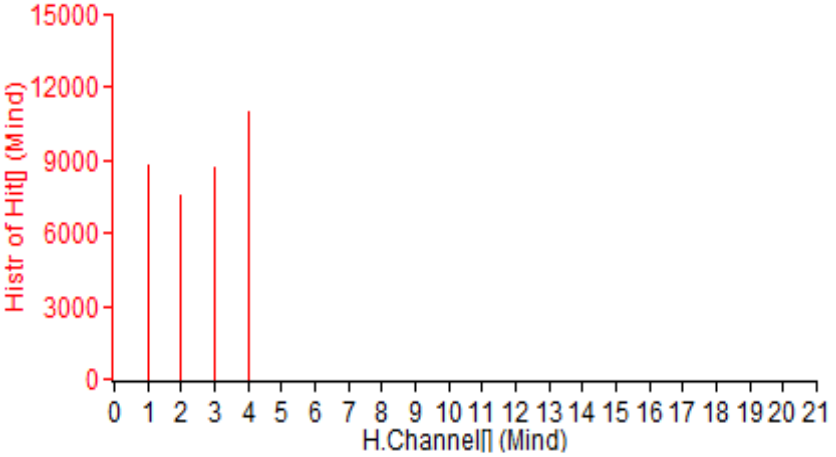


21. ábra



22. ábra

A 23.ábrán az egyes csatornákon érkező akusztikus beütések összege látható.



23. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Összefoglalás

A mérés során többször is előfordult, hogy hirtelen felugrott, majd hirtelen visszacsökkent a nyomás (10,0-13,0-10bar; 18,0-21,5-19,0 bar). A mérési folyamat végén 6150s-nál, 46,5 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően az edény a palást közepéhez és az alsó alkotóhoz közel, felszakadt. A nyomásfokozást végzőktől kapott információ szerint a felszakadásig betöltött víz mennyisége 700 liter volt.
Az akusztikus emissziós vizsgálatot nem kísérte nyúlásmérő bélyeges mérés, ennek alapján a szerkezet anyaga megfolyásának kezdete egyértelműen nem megítélhető.
Az akusztikus mérések egyik célja, ezeknek a jellegzetes tönkremeneteli pontoknak (folyási szakaszhoz tartozó terhelési érték és idő) és helyeknek (edénytesten történő lokalizált események) a kimutatása; egyfelől a nyomáspróba megfelelő időben történő felfüggesztése, másfelől a további roncsolásmentes vizsgálatok helyének kijelölése miatt. A helyszíni, és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás feltételezett kezdetének felvett kb. 36 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen viszonylag kevés esemény látható, határozott csoportosulást nem mutatnak (ld. a 8-9.ábrákon).

A szűretlen adat file-t a tartály gyári számával megegyezően archiváltuk.

Dátum/Date: Budapest, 2017.06.21.

.....	.....
Fehérvári Attila	Fodor Olivér
MSZ EN ISO 9712 szerinti AT2 anyagvizsgáló	jóváhagyta/validated by
vizsgálatot végezte/examined by	laboratórium műszaki vezető

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

REPORT OF ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT

Munkaszám/Work No.: 11443_AT.4
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017
A jegyzőkönyvet összeállította: Fehérvári Attila

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: vállalkozói szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4,97 m^3-es PB tartály kísérleti felszakításánakakusztikus emissziós vizsgálata

A vizsgálat célja/Purpose of the test: felszakításos vizsgálat

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017.05.12.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark:	**gyári szám: 961450**
Darabszám/No.:	1 db
Anyagminőség/Material:	acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition:	festett
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life:	üzemelt berendezés
Gyártási év:	1996
Gyártó:	Gönczi és Fia Kft.
Térfogat/Volume:	kb. 4970 liter
Maximális üzemi nyomás/Max. woking pressure:	15,6 bar
Maximális próbanyomás a gyártóműben:	20 bar

Vizsgálati utasítás száma/Written procedure no.: –
Vizsgálati előírás/Test instruction: –
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure: –
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: –

Vizsgáló berendezés/Testing instrument: 20 csatornás Sensophone Száma/Nr.: AED40
Threshold/Threshold: 16 dB, lebegő
Előerősítés/Pre amplify: logaritmikus
Holtidő/Deadtime: 20.000 µs
Érzékelők tipusa, száma/Sensors type, Nr.: A-15AM (068,061,070,067) önerőből mágneses, 4 db.
Csatoló anyag/Couplant medium: Mediszintech gél
Paraméterjel/External input: 0-250 bar-os nyomástávadó, ifm electronic PN3001 (20217A), 1s mintavételi idő.
Mérő és segédeszközökeszközök/Instruments: mérőszalag, ceruzabél.

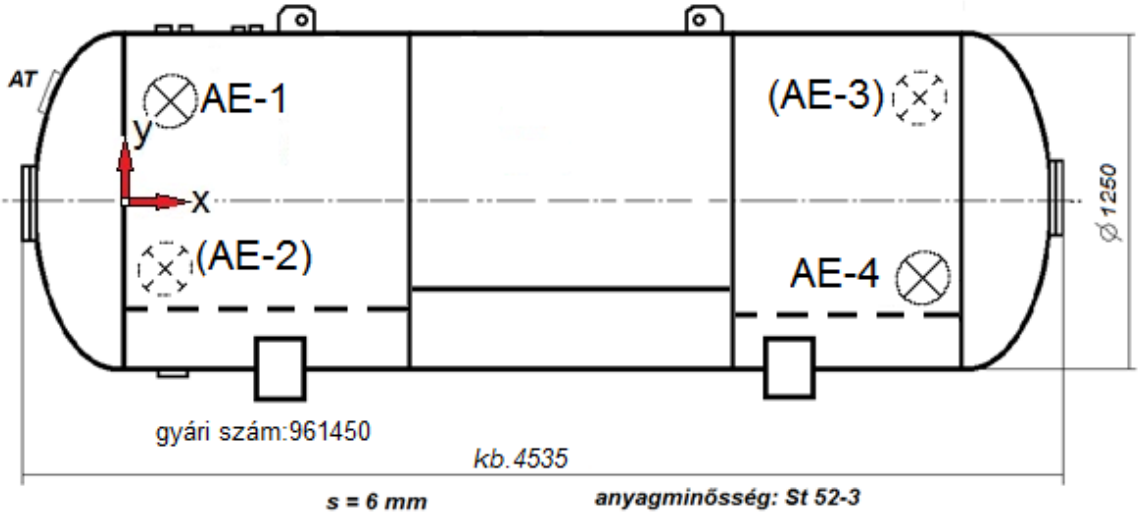
Fotó/Photo: készült/nem készült

Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description:
Az akusztikus érzékelők elhelyezését vázlatosan az 1. ábra mutatja (a szaggatott vonallal jelölt, zárójeles érzékelők az edény túloldalán találhatók).

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: –

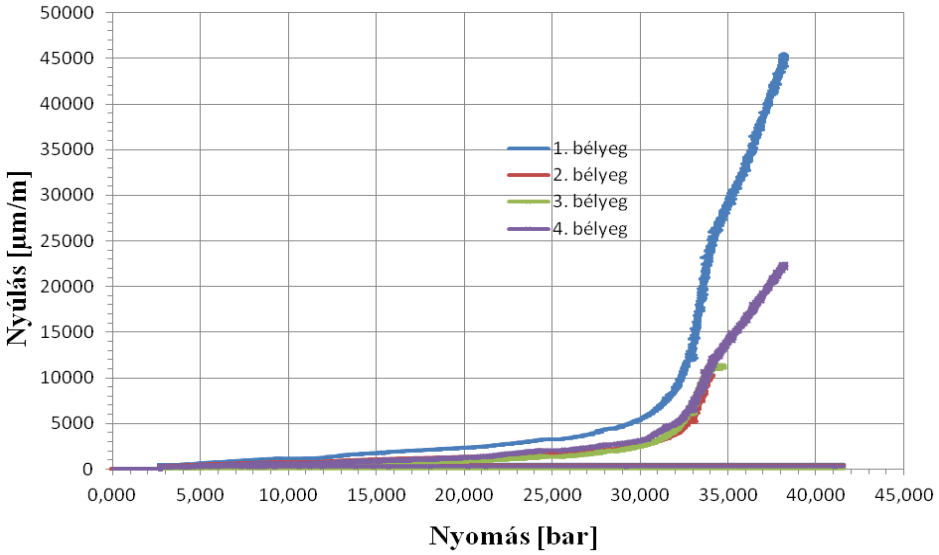
A helyszínen a mérés megkezdése előtt csatolás, sebesség és hanggyengülés teszteket végeztünk. A nyomásfokozást megrendelő végezte vízfeltöltéssel.
A mérést hegesztett kivitelű, fekvőhengeres, md.fenekekkel lezárt, 2db nézőnyílással ellátott, készüléklábakon álló tartályon végeztük.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces



1. ábra

A nyúlásmérő bélyeges mérés eredményét mutatja a 2. ábra (nyúlásmérés szoftveréből nyert diagram, az általunk végzett akusztikus mérés kezdeti és bejezési időpontja ettől eltér). Ennek alapján a szerkezet anyagának megfolyása kb. 34 bar-os terhelés elérésekor indult el. A kiértékeléskor figyelembe kell venni, hogy az általunk végzett akusztikus emissziós méréshez használt nyomástávadó jele kb. 3 bar-ral kisebb nyomásjelet adott mint a nyomásfokozó rendszerben lévő mérőóra nyomásértéke.
A kb.34 bar-os (1600s időintervallum) nyomáshoz tartozó szakaszt a továbbiakban az akusztikus emissziós mérésből nyert diagramokon feltüntettük. A megvalósult terhelési diagramot a 3. ábra mutatja.



2. ábra

Terhelési folyamat/Application of load:

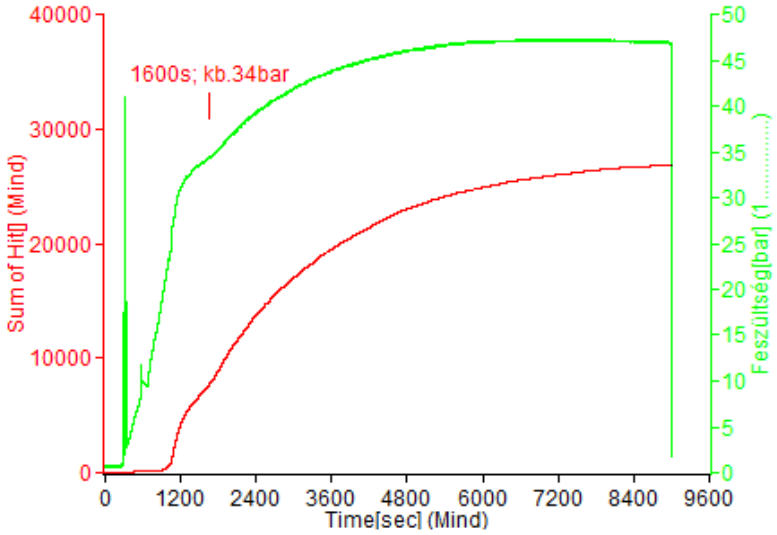
kb. 0 bar -ról 10 bar -ig növekvő terhelés
10 bar nyomáson tartva kb. 1 percig
10 bar -ról 47 bar -ig növekvő terhelés
47 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően a tartály felszakadt

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

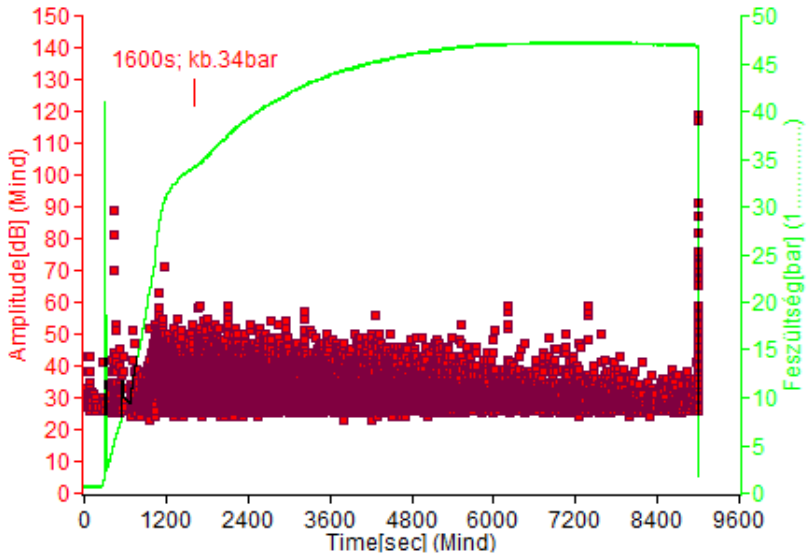
AE jelrögzítés és kiértékelés a műszerhez csatlakoztatott számítógép segítségével történt. Az akusztikus emissziós mérés során rögzített adatokból nyert diagramokat a 3-23. ábrák mutatják.

A 3. ábra a 4 db. akusztikus szenzor által rögzített akusztikus beütések összegét (Sum of Hit), valamint a nyomás (Feszültség) változását mutatja bar - ban az idő függvényében. A nyomáspróba során detektált akusztikus beütések száma jelentős, vélhetőleg egy részük töltési eredetű, másik részük egyéb zajok (pl. festékpattogás) következtében alakult ki.



3. ábra

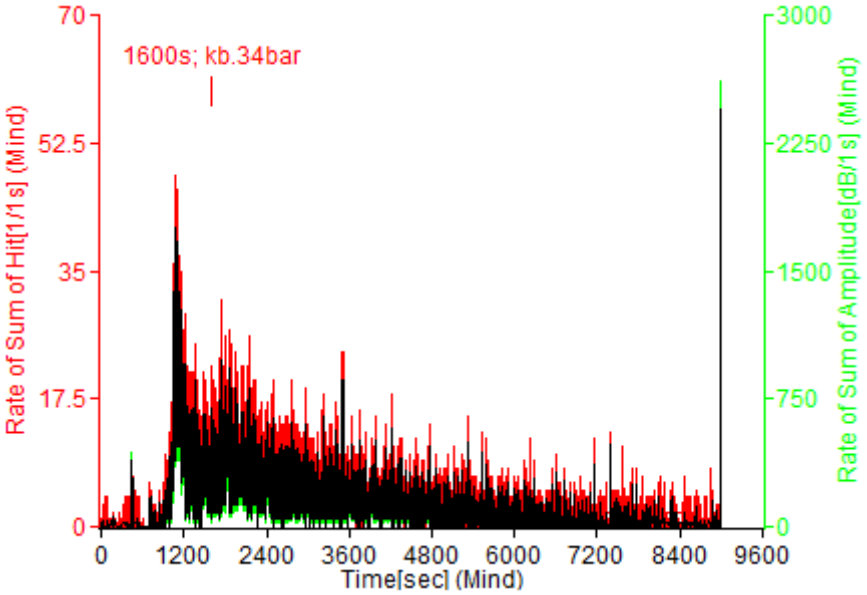
A 4. ábrán az idő függvényében az amplitúdók, valamint a nyomás változása látható. Az50 dB-t meghaladó beütések száma csekély. A kis amplitúdójú beütések száma a mérés során mindvégig jelentősnek mondható, de a 40-50 dB-nél magasabb beütések száma nem szignifikáns. 550-600s között nyomáson tartás idejére a szivattyút kikapcsolták. 900s-tól 1100 s-ig növekvő nyomás melett az a beütések amplitúdói 50dB-es szintig növekedtek. 1100s-tól az amplitúdók csekkenése figyelhető meg, ez azonban további elemzést igényel, mert a diagramban határozott eltérés nem látható.



4. ábra

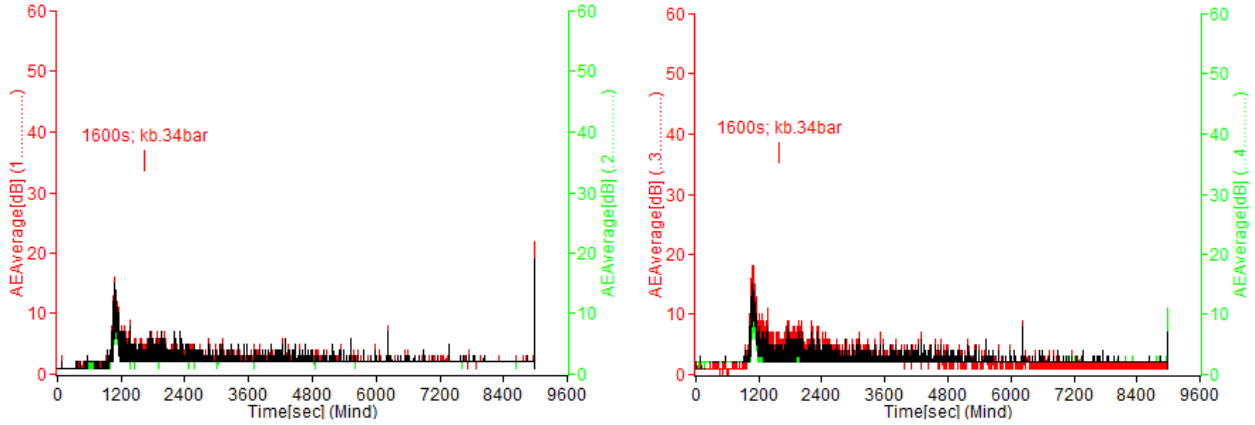
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Az 5. ábrán az összes beütésszám változási sebessége és a beütések amplitúdó összegének változási sebessége (az összes beütés és az összegzett amplitúdók idő szerinti első differenciálja) enyhe növekedése figyelhető meg 900 sec-tól. „Csúcsa" a max. nyomás elérése előtt kb. 1100 sec környékén látható.



5. ábra

Az átlagos jelszint (average) egyes fejekre lebontva a 6-7. ábrákon látható. Minden csatornán egyértelmű növekedés figyelhető meg kb. 900 sec-tól. Helyi „csúcs" 1100sec környékén látható.

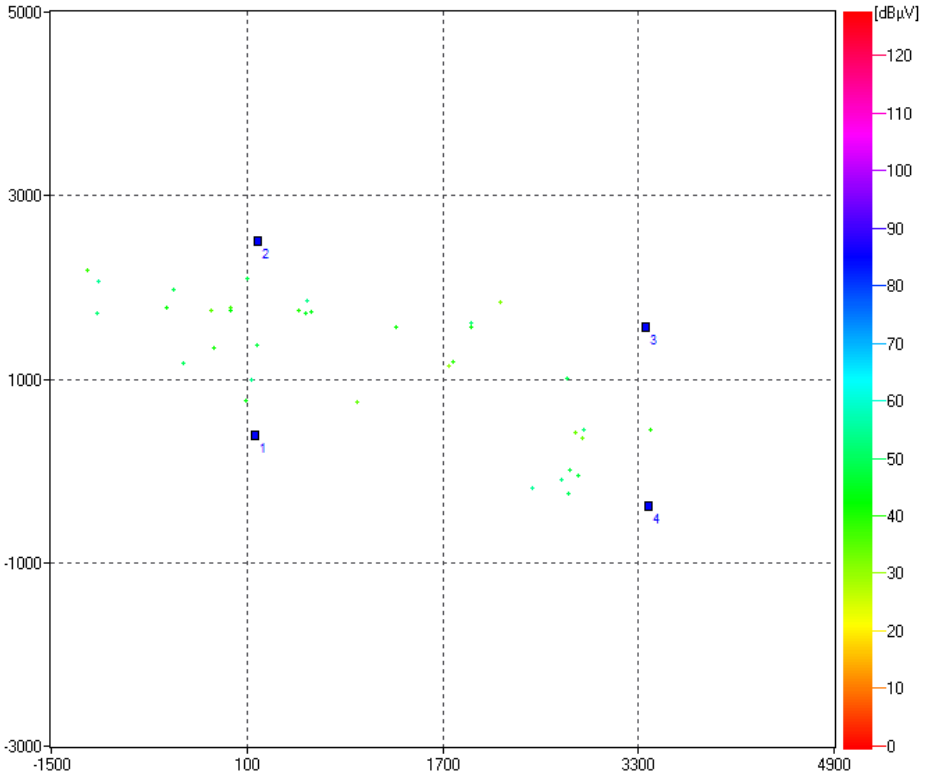


6-7. ábra

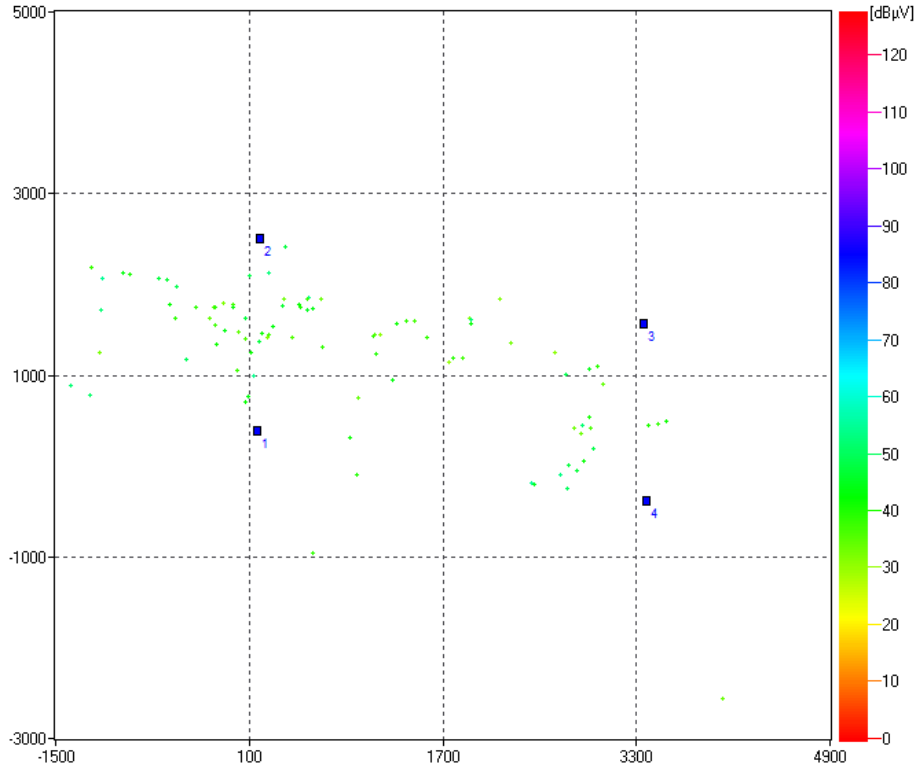
A mérés során detektált akusztikus események lokalizációs térképét a 8-9. ábrák mutatják 4 Beütés/Esemény (56db Esemény), ill. 3 Beütés/Esemény (117db Esemény) beállításra. A vizsgálat során lokalizált események számottevő csoportosulást nem mutatnak.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



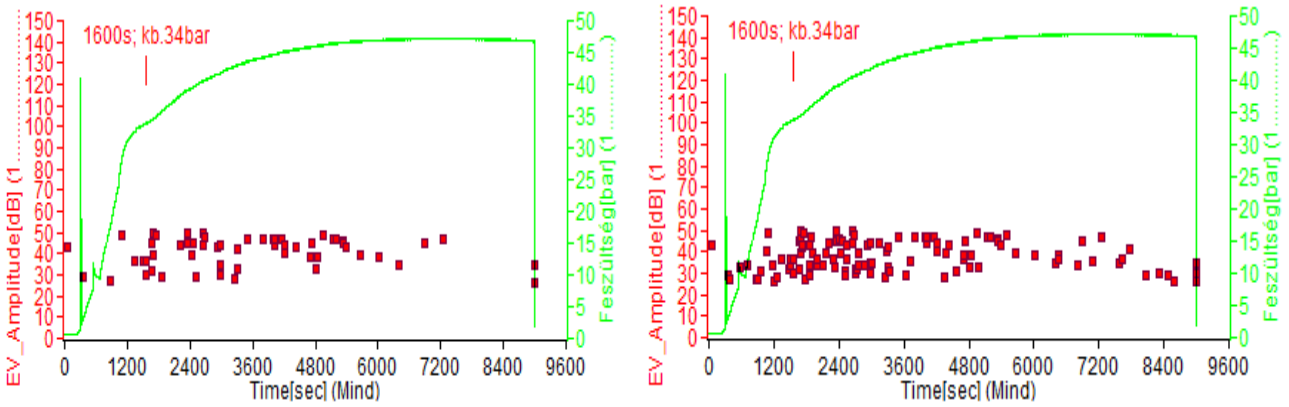
8. ábra



9. ábra

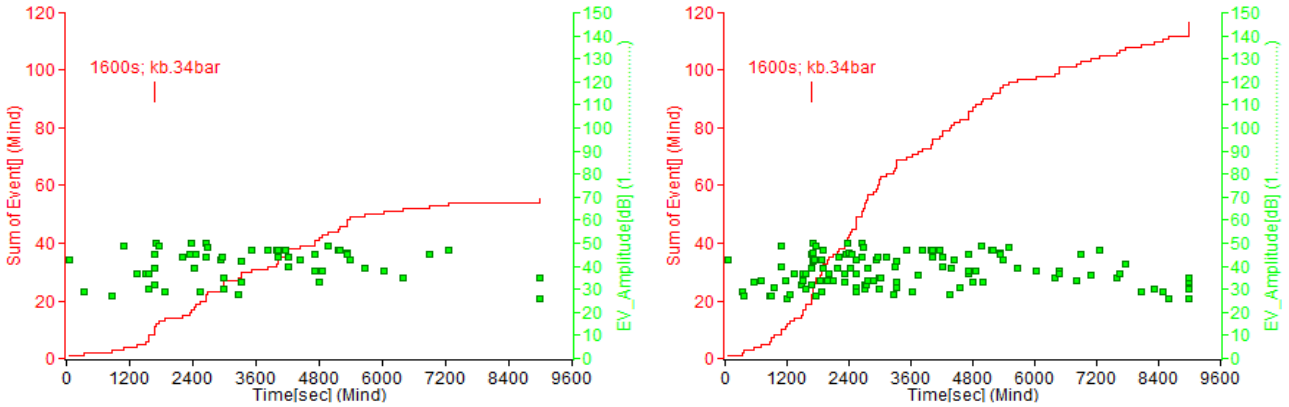
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A 10-11. ábrákon a detektált akusztikus események amplitúdói, valamint a nyomás változása látható az idő függvényében. Bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra.



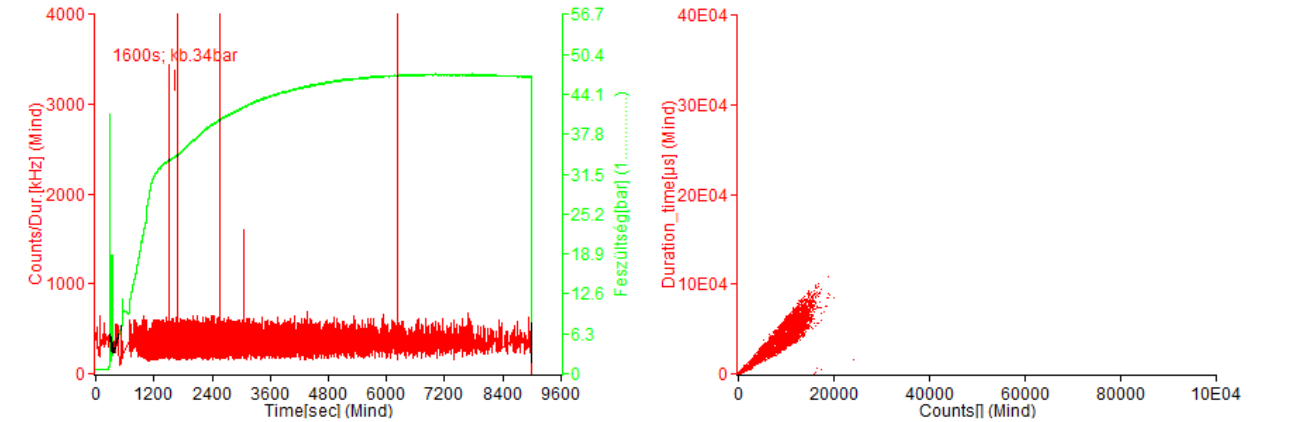
10-11. ábra

A 12-13. ábrákon az akusztikus események összege és azok amplitúdói láthatók, hasonló elrendezésben az idő függvényében.



12-13. ábra

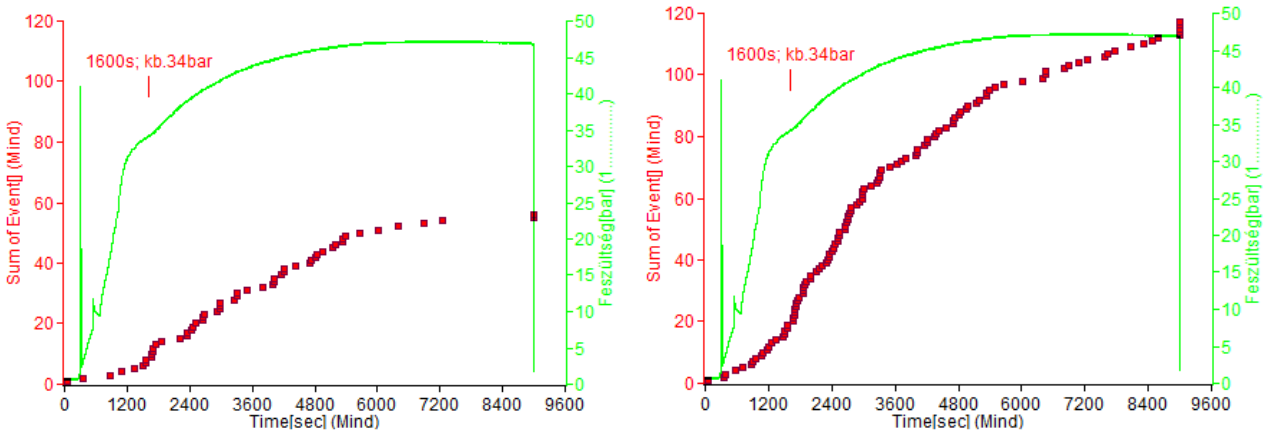
Az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) hányadosának (frekvencia) időbeli összefüggését a 14. ábra tartalmazza. A jelek normál körülmények között várható kb. 150 kHz-es frekvenciájától a magasabb frekvenciák felé történő eltérés látható. A 15.ábrán a beütések frekvenciáinak szóródása látható.



14-15. ábra

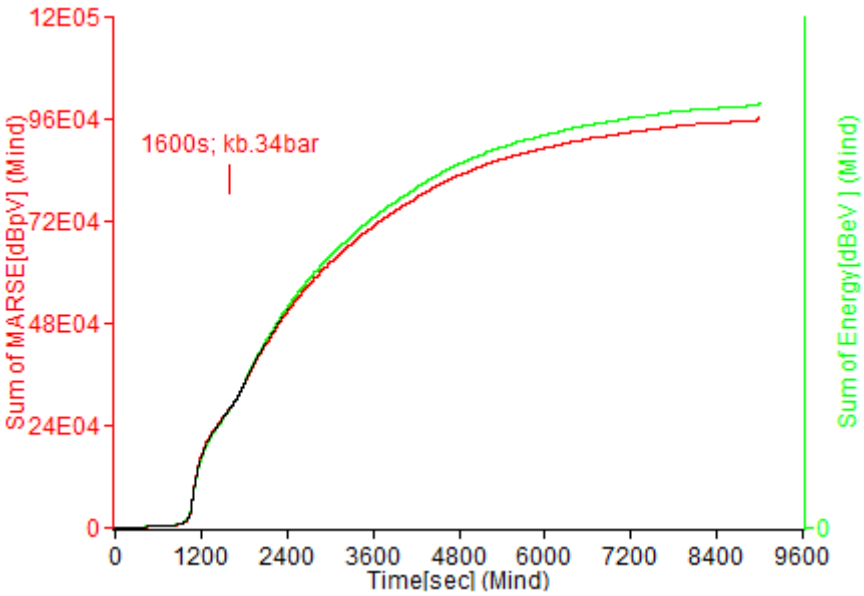
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

Az összegzett eseményszám görbe idő szerinti függését valamint a nyomás változását a 16-17. ábrák mutatják, bal oldalon 4 Beütés/Esemény, jobb oldalon 3 Beütés/Esemény beállításra. Csakúgy, mint az összes beütésszám görbe esetében, 1600 sec-nál határozott csökkenés figyelhető meg a görbe meredekségében.



16-17. ábra

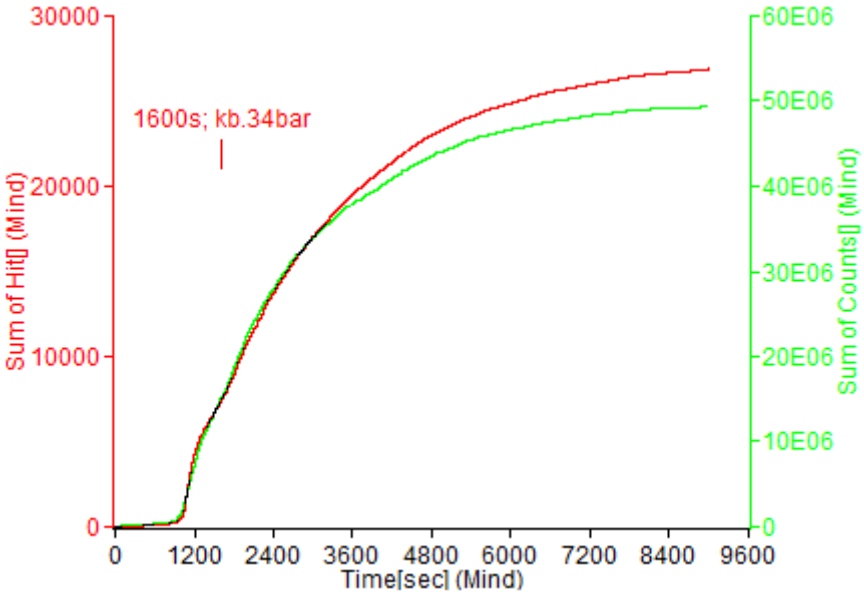
Az energia jellegű paraméterekben (MARSE, Energy) bekövetkező változást mutatja a 18. ábra. A görbék meredekségében itt is enyhe változás figyelhető meg a 1600 sec-nál.



18. ábra

A 19. ábra az összegzett beütés szám, és az összegzett oszcilláció szám (counts) görbét mutatja.

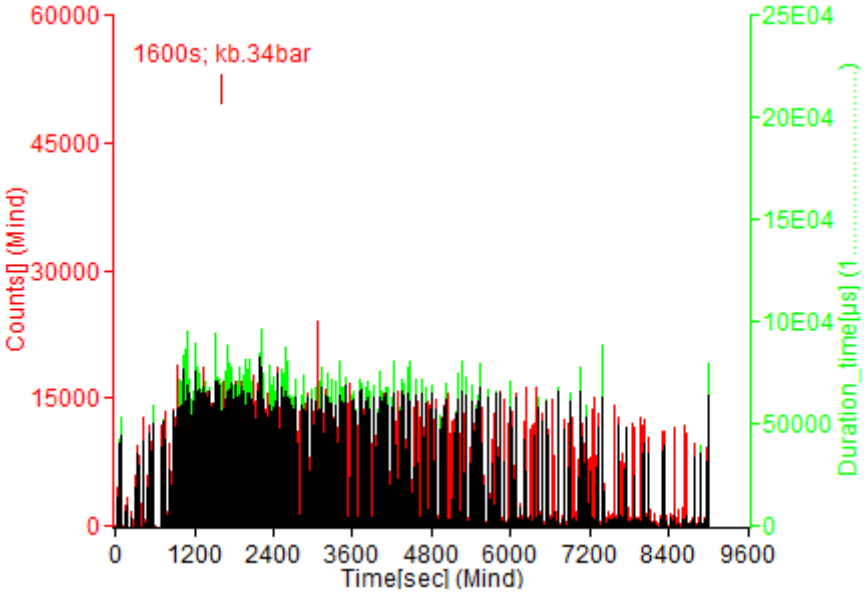
A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces



19. ábra

Tájékoztatásként néhány további, a gyakorlatban alkalmazott görbe. Ezek alapján általában elmondható, hogy a változás nem határozott.

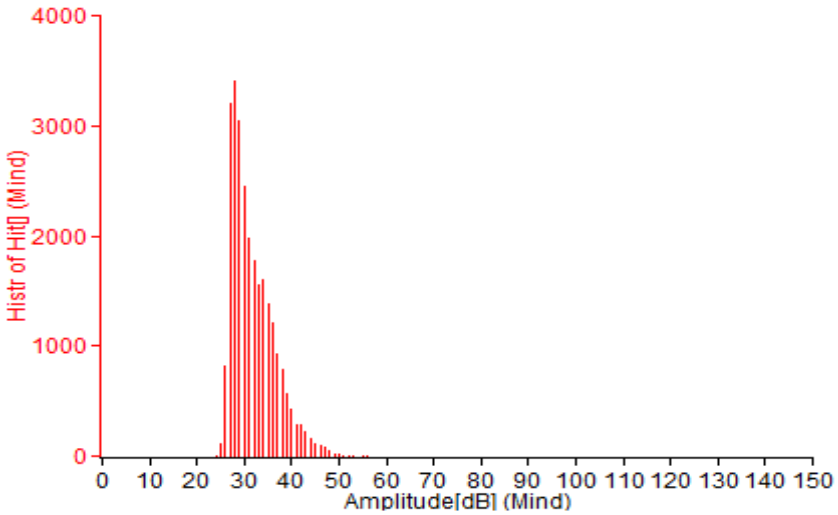
A 20. ábrán az oszcilláció szám (counts) és az eseményszélesség (duration_time) idő szerinti függése látható.



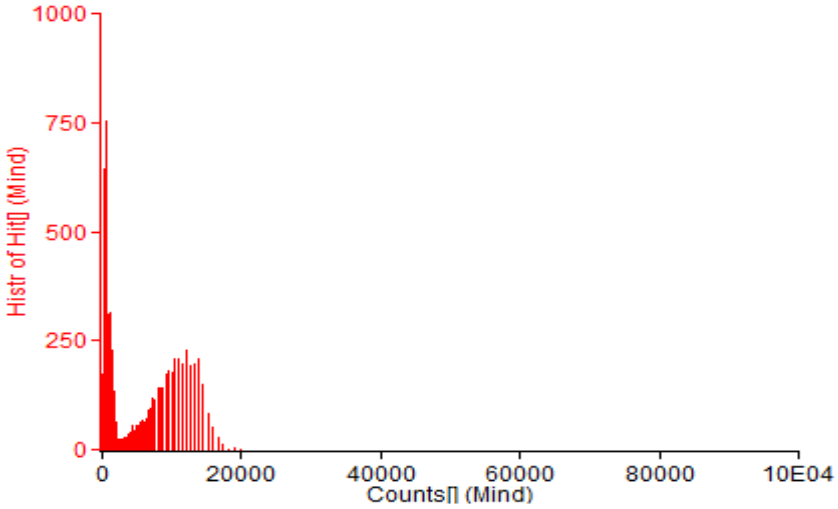
20. ábra

A beütések amplitúdó eloszlása a 21. ábrán, oszcilláció szerinti eloszlása pedig a 22. ábrán figyelhető meg. Az amplitúdó eloszlás, jellemzően alacsony amplitúdójú jeleket (<50 dB) mutat. Az oszcilláció szám eloszlásnál is az alacsony osszcillációszámú beütések (<8000) a jellemzőek.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

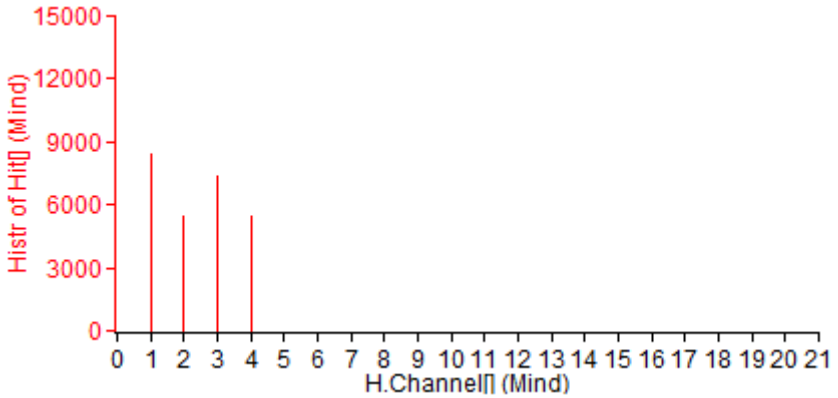


21. ábra



22. ábra

A 23.ábrán az egyes csatornákon érkező akusztikus beütések összege látható. Az 1. és 3. csatornákon némileg több beütést regisztráltunk, az edény palást felső része a nyomáspróba során akusztikusan aktívabban viselkedett.



23. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

Összefoglalás

A mérési folyamat végén 9000s-nál, 47 bar nyomáson képlékeny alakváltozást követően az edény a palást közepéhez és a felső alkotóhoz közel, felszakadt. A nyomásfokozást végzőktől kapott információ szerint a felszakadásig betöltött víz mennyisége 1078 liter volt.
Az akusztikus emissziós mérés során a terhelést nyúlásmérő bélyeges mérés is kísérte, a nyúlásmérő bélyeges mérés eredményei alapján (ld. 2. ábra) a folyási mechanizmus kb. 34 bar-os terhelési szakaszban indult meg. A mérés során többször is előfordult, hogy hirtelen felugrott,majd hirtelen visszacsökkent a nyomás (1,6-41,0-2,0bar; 2,5-18,5-2,8 bar; 8-11,5-10 bar), ami a nyúlásmérő bélyeges mérést jelentősen megzavarhatta.
Az akusztikus mérések egyik célja, ezeknek a jellegzetes tönkremeneteli pontoknak (folyási szakaszhoz tartozó terhelési érték és idő) és helyeknek (edénytesten történő lokalizált események) a kimutatása; egyfelől a nyomáspróba megfelelő időben történő felfüggesztése, másfelől a további roncsolásmentes vizsgálatok helyének kijelölése miatt. A helyszíni, és a későbbi kiértékelés során is több görbe együttes, határozott változást mutatott a folyás kezdetének felvett kb. 34 bar-os nyomás elérését követően. A lokalizációs térképen viszonylag kevés esemény látható, az edény felszakadásának helyén nem látható jelentős csoportosulás (ld. a 8-9.ábrákon).

A szűretlen adat file-t a tartály gyári számával megegyezően archiváltuk.

Dátum/Date: Budapest, 2017.06.21.

.....	.....
Fehérvári Attila	Fodor Olivér
MSZ EN ISO 9712 szerinti AT2 anyagvizsgáló	jóváhagyta/validated by
vizsgálatot végezte/examined by	laboratórium műszaki vezető

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A felszakítási vizsgálat után elvégzett, az MSZE 1728 szerinti vizsgálatok jegyzőkönyvei

9. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült

a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 11 (tizenegy) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft. Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	Hivatkozási szám:		
KOR-01		PRG	2017.05.15.	30608/KRA

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/KRAMER	30608/KRA	1995.12.31.	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **-1,19** év.

NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft. Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	Hivatkozási szám		
KOR-02		PRG	2017.05.15.	30608/KRA

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	30608/KRA	1995	KRAMER
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	75660,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28.				5,1	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15.	PRG 2017-05-15/30608/KRA	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31.
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15.	PRG 2017-05-15/30608/KRA	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31.

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,35					
	M1								5,10					
	M2								4,45					
	M3								5,25					
	M4								5,15					
	M5								4,90					
	M6								5,15					
	M7								5,10					
	MK													
4.2	S_{0m}								5,34					
	Kár. szám								87,89					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								-1,19					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000		2017.03.31.	B17/2	2027.12.31.
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,60	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése:	

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma		
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15.	30608/KRA

Nyomástartó berendezés
VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑	GPS:	Gyártó telephelyén: ☐	Neve:
20174 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87			
Üzemeltető neve, címe:		Tulajdonos neve, címe:	
20174 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87		Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2	

2. NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	30608/KRA	1995	4850	15,6	-20 +40

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

3. A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

4. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑

5. A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	.....	.....	1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.03.31.	B17/2	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☐ nem ☑ Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐

6. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☑	nem ☐

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐

7. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☑	igen ☑		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☑	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	5,1	1 vast.köpeny	MF 6,35	M1 5,10	M2 4,45	M3 5,25	M4 5,15	M5 4,90	M6 5,15	M7 5,10	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: 2017.04.25 **MF:** 6,38; **M1:** 5,25; **M2:** 5,34; **M3:** 5,27; **M4:** 5,25; **M5:** 5,31; **M6:** 5,24; **M7:** 5,27; **K:** ...;
K+F III. 2017. repesztés utáni. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.05.15.	2017.05.15.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 30608/KRA

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Primaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20174	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja	Szöveges leírás		Igazolás
5	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye nem lett cserélve! NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!	
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: a teljes felületen	

Megjegyzés:
K+F III. 2017. repesztés utáni. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-01	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15	503694/VTG

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20171	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/VTG	503694/VTG	1994.12.31	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **-0,52** év.

NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft. Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	Hivatkozási szám		
KOR-02		PRG	2017.05.15	503694/VTG

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20171	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	503694/VTG	1994	VTG
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	77600,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28				6	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	Prí 2017.05.15./503694/VTG	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	Prí 2017.05.15./503694/VTG	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,65					
	M1								5,95					
	M2								4,48					
	M3								6,10					
	M4								6,00					
	M5								4,55					
	M6								6,05					
	M7								6,10					
	MK													
4.2	S_{0m}								6,24					
	Kár. szám								85,21					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								-0,52					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000		2017.03.31	B17/4	2027.12.31
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,50	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése:	

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 503694/VTG

Nyomástartó berendezés VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☐ GPS:	Gyártó telephelyén: ☐ Neve:
20171 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	
Üzemeltető neve, címe:	**Tulajdonos neve, címe:**
20171 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2

2.

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	**503694/VTG**	**1994**	**4850**	**15,6**	**-20 +40**

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

3.

A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☐	töm. nypr. ☐	igen ☐	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

4.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☐**

5.

A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	.....	.....	1 ☐ 2 ☐ 15,6 bar		.....	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

6.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☐	nem ☐

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐**

7.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐		nem ☐		igen ☐		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☐	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	< 30 m ☐	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m³ → 3 m 5-63 m³ → 10 m 63 - 500 m³ → 15 m

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☐		nem ☐	igen ☐		nem ☐	igen ☐		nem ☐	igen ☐	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☐**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☑	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	0 mm ☐	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	6	1 vast.köpeny	MF 6,65	M1 5,95	M2 4,48	M3 6,10	M4 6,00	M5 4,55	M6 6,05	M7 6,10	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: 2017.04.25 **MF:** 6,65; **M1:** 6,1; **M2:** 6,13; **M3:** 6,18; **M4:** 6,07; **M5:** 6,05; **M6:** 6,17; **M7:** 6,24; **K:** ...;
K+F III. 2017. repesztés utáni. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.05.15.	2017.05.15.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15 503694/VTG

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20171	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja	Szöveges leírás		Igazolás
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: a teljes felületen	

Megjegyzés:
K+F III. 2017. repesztés utáni állapot. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-01	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15	727750/ERM

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/ERMERT	727750/ERM	1993.12.31	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **-5,20** év.

NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám
KOR-02	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15 727750/ERM

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	727750/ERM	1993	ERMERT
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	77600,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28				5,1	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	Prí 2017.05.15./727750/ERM	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15	Prí 2017.05.15./727750/ERM	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,13					
	M1								5,25					
	M2								4,30					
	M3								5,20					
	M4								5,25					
	M5								4,25					
	M6								5,30					
	M7								5,25					
	MK													
4.2	S_{0m}								5,39					
	Kár. szám								94,49					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								-5,20					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000		2017.03.31	B17/3	2027.12.31
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	14,30	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése: J	

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 727750/ERM

Nyomástartó berendezés
VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA	
Felállítás helyén: ☐ GPS:	Gyártó telephelyén: ☐ Neve:
20172 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	
Üzemeltető neve, címe:	Tulajdonos neve, címe:
20172 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87	Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2

2.

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	**727750/ERM**	**1993**	**4850**	**15,6**	**-20 +40**

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

3.

A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA				
Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☐	töm. nypr. ☐	igen ☐	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐
1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák				

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

4.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA			
A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	
1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz			

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☐**

5.

A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma	Plomba sorszáma
SV5000	.....	.....	1 ☐ 2 ☐ 15,6 bar	2017.03.31.	B17/3 .....
1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint					

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

6.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA			
Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☐	nem ☑	sérülés mentes	
1 ☑ 2 ☑ 3 ☑ 4 ☑ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☐	nem ☐
1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél			

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás/pótlás szükséges: igen ☑ nem ☐**

7.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA										
Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei sziv.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐		nem ☐		igen ☐		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.										

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☐	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	< 30 m ☐	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☐		nem ☐	igen ☐		nem ☐	igen ☐		nem ☐	igen ☐	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☐**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☑	igen ☐		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☑	.....	.....	☑	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☑ nem ☐**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózióméntes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☐	nem ☐	igen ☐	nem ☐	0 mm ☐	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☐**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	5,1	1 vast.köpeny	MF 6,13	M1 5,25	M2 4,30	M3 5,20	M4 5,25	M5 4,25	M6 5,30	M7 5,25	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☐ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: 2017.04.25 **MF:** 6,15; **M1:** 5,31; **M2:** 5,25; **M3:** 5,26; **M4:** 5,3; **M5:** 5,36; **M6:** 5,34; **M7:** 5,39; **K:** ...;
K+F III. 2017. repesztés utáni. 7,8,9 nem vizsgálva.

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.05.15.	2017.05.15.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:		
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG	2017.05.15	727750/ERM

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20172	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja	Szöveges leírás		Igazolás
6	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés feliratozás, tartozékai, plombák hiányosságai: -termékazonosító -tulajdonos -figyelmeztető -tiltó -vészhívószám	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén általános korrózió található: a teljes felületen	
11	*nem megfelelősség*	Nyomástartó berendezés külső felületén egyéb szennyeződés található: a teljes felületen	

Megjegyzés:
K+F III. 2017. repesztés utáni állapot. 7,8,9 nem vizsgálva.

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft. Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	Hivatkozási szám:		
KOR-01		PRG	2017.05.15.	961450/GF

NYILATKOZAT

Az MSZE 1728:2015 számú szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményei alapján.

A Pébé-Coop Kft. ellenőrző szervezete igazolja, hogy az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint az alábbi adatokkal azonosított nyomástartó berendezés időszakos ellenőrzését elvégezte:

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN					
	Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
	5 M3 FF TARTÁLY/GÖNCZI ÉS	961450/GF	1996.12.31.	4850	15,6	-20 +40

A fenti nyomástartó berendezés a szakértői rendszer szerint megállapított élettartama a tárgyévi lezárt vizsgálatok eredménye alapján **-2,87** év.

NEM ÜZEMELHET TOVÁBB!

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő,
Forgalmazó és Gyártó Kft.
4200 Hajdúszoboszló, Ady E. u. 87

Pébé-Coop Kft.

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

Érvényes: 2016. 10.15-től

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám
KOR-02	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 961450/GF

Nyomástartó berendezés
adatainak nyilvántartása

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Primaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

2	Nyomástartó berendezés adatai 2.1					
2.1	Tartály típusa	Megnevezés	Töltet	Gyáriszám	Gyártási év	Gyártó neve
	5 M3 FF TARTÁLY	Nyomástartó berendezés	Cseppf. pr.-but. gáz és el.	961450/GF	1996	GÖNCZI ÉS FIA
	Tanúsító neve	Tanúsítvány száma	Max. eng. nyomás (bar)	Max. eng. hőmér. (°C)	Térfogat (lit.)	Besorolási ábra szám
			15,6	-20 +40	4850	R : 1.
	PS x V (bar x lit.)	Veszélyességi osztály	Létesítési eng. szám	Lét. Engedélyező szerv	Haszn. eng. szám	Haszn. engedélyező szerv
	75660,00	B.				
	Üzembe hely. időp.		Haszn. kívül hely. időp.		S_0 (mm)	
	2000.12.28.				6	

3	Időszakos ellenőrzések adatai, vizsgálati ütemterv (3.1 5 éves ciklusidő, 3.2 10 éves ciklusidő szerinti vizsgálat)				
3.1	Külső szerkezeti vizsgálat időp.:	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15.	Prí 2017.05.15./961450/GF	Bertli János	198.SZ.	2022.12.31.
3.2	KOR szerinti időszakos vizsgálat időpontja	Vizsgálat jegyzőkönyv száma:	Vizsgáló szakember:	Tanúsító engedélyszáma:	Következő vizsgálat időpontja:
	2017.05.15.	Prí 2017.05.15./961450/GF	Bertli János	198.SZ.	2027.12.31.

4	Falvastagság mérések (mm) 4.1, KOR adatok 4.2													
4.1	Mérés helye:	2010 év	2011 év	2012 év	2013 év	2014 év	2015 év	2016 év	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2022 év
	MF								6,30					
	M1								5,75					
	M2								4,20					
	M3								5,70					
	M4								5,80					
	M5								5,10					
	M6								5,75					
	M7								6,65					
	MK													
4.2	S_{0m}								6,65					
	Kár. szám								83,06					
	Kár osztály								4					
	Mar. élettart.								-2,87					

5	Biztonsági szerelvény adatai 5.1					
5.1	Megnevezése	Típusa	Gyári száma	Utolsó beáll. időpont	Beáll. tanúsító jkv. száma:	Következő beáll. időp.
	Nyomáshatároló szer.	SV5000		2017.04.20.	B17/1	2027.12.31.
5.2	Nyitó nyomás (bar)	Záró nyomás (bar)	Vizsgáló műhely neve		Minősítés	
	15,6	15,60	Cseh és Társai Kft.		A biztonsági szelep működése:	

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Dokumentum sorszáma
KOR-03	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 961450/GF

Nyomástartó berendezés
VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Mely tartalmazza az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések eredményeit.

1.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATÁNAK, FELÁLLÍTÁSÁNAK HELYSZÍNE, ÜZEMELTETŐJE, TULAJDONOSA

Felállítás helyén: ☑	GPS:	Gyártó telephelyén: ☐	Neve:
20173 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87			
Üzemeltető neve, címe:		Tulajdonos neve, címe:	
20173 4200 HAJDÚSZOBOSZLÓ, ADY E. U. 87		Prímaenergia Zrt. 1117 Budapest, Alíz u. 2	

2.

NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA, ILLETVE NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa/Gyártó neve:	Gyári szám:	Gyártási év:	Űrtartalom (liter):	Eng. nyomás (bar):	Eng. hőm. (°C):
5 M3 FF	**961450/GF**	**1996**	**4850**	**15,6**	**-20 +40**

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

3.

A NYOMÁSTARTÓ BER. SZERELVÉNYEI, MŰSZEREI ÉS CSATL. PONTJAI SZIVÁRGÁSMENTES ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálat módja		Szivárgásmentes		Szivárgó pontok
műszeres ☑	töm. nypr. ☐	igen ☑	nem ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz, 9.bizt.sz. cs/sz.10. karimák

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

4.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS SZERELV., MŰSZEREINEK, CSATLAKOZÓ PONTJAINAK VIZSGÁLATA

A működés rendeltetésszerű		A csatlakozó pontok sérülés- és kopásmentesek	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐		1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9 ☐	

1. töltő cs/sz 2. foly.elv. cs/sz 3. gázf. cs/sz 4. ny.szab. cs/sz 5 hőmérő cs/sz, 6. szintjelző cs/sz, 7. távadó cs/sz, 8. víztelenítő cs/sz 9. bizt sz. cs/sz

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás/csere szükséges: igen ☐ nem ☑**

5.

A NYOMÁSTARTÓ BER. BIZT. SZERELVÉNYÉNEK AZONOSÍTÁSA ADATTÁBLA ILL. NYILVÁNTARTÁS ADATAI ALAPJÁN

Típusa	Gyári szám (régi/új)		Nyitó nyomás	Vizsg. jkv. dátuma/száma		Plomba sorszáma
SV5000	.....		1 ☑ 2 ☐ 15,6 bar	2017.04.20.	B17/1	.....

1. vizsgálati-jegyzőkönyv szerint, 2. adattábla szerint

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

6.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS FELIRATOZÁSÁNAK, TARTOZÉKAINAK, VILLÁMVÉDELMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Feliratozás teljeskörű, védőelemek, zárókupak, plomba elhelyezve		Vill.véd. hálózat	
igen ☑	nem ☐	sérülés mentes	
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐		igen ☑	nem ☐

1.termékazonosító, 2.tulajdonos, 3.figyelmeztető, 4.tiltó, 5.vészhívószám, 6.szintjelző, 7.bizt.szelep, 8.folyadék elvételi-/töltőszerelvény, 9.zárófedél

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás/pótlás szükséges: igen ☐ nem ☑**

7.

A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉKÉNEK ÉS ELEMEINEK VIZSGÁLATA

Cs.v. korrózióméntes		Cs.v. alátámasztása biztonságos		Csatl.pont/elemei szív.mentesek				Cs.v. elemei működőképesek		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑		nem ☐		igen ☑		nem ☐
hossza (m)	mérete (Ø mm)	tartályon	szabadban	1	2	3	4	2	3	4
.....	.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. karimás köt. 2. szerelv./csatl 3. nyom.szab/csatl. 4. flexi.tömlő/csatl.

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

8. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ALÉPÍTMÉNYÉNEK VIZSGÁLATA

Függőleges elmozdulás mértéke			Törés- és repedésmentes		Tartálylábak rögzíthetőségét biztosítja	
0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

9. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS ÉS CSATLAKOZÓ VEZETÉK BIZTONSÁGI ÖVEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Éghető any./ tűzgy.forr. mentes		Létesítési állapotnak megfelel		Állagvédelme biztosított		Tartányjármű megközelítése	
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	< 30 m ☑	> 30 m ☐

Biztonsági övezet mérete a tartály palástjától számítva

0-5 m^3 → 3 m 5-63 m^3 → 10 m 63 - 500 m^3 → 15 m

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Mentesítés/javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

10. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

Horpadásmentes			Kidudorodásmentes			Bemetszésmentes			Égésnyommentes	
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑	nem ☐
db:	átm. (mm):	mélys.(mm):	db:	átm. (mm):	mag. (mm):	db:	hossz(mm):	mélys(mm):	db	méret(mm):
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás / anyagvizsgálat szükséges: igen ☐ nem ☑**

11. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS KÜLSŐ FELÜLET KORRÓZIÓS ÁLLAPOTÁNAK ÉS SZIGETELÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Általános korrózió mentes			Egyéb szennyeződés mentes			Hegesztési varratok hibamentesek		
igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐	igen ☑		nem ☐
db:	méret(mm):	teljes felületen	db:	méret (mm):	teljes felületen	folytonossági (db):	repedés (mm):	szélbeégés (mm):
.....	.....	☐	.....	.....	☐	.....	.....	☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

12. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS LÁBSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA

Deformáció-, korrózómentes		Heg. varr. repedésmentes, folyt.		Vízszintes elmozdulás mentes		
igen ☑	nem ☐	igen ☑	nem ☐	0 mm ☑	0-50 mm ☐	>50 mm ☐

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítás szükséges: igen ☐ nem ☑**

13. A NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉS PALÁSTFALVASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Gépkönyv szerinti falvastagság (mm)			Jelölt pontokon mért falvastagság érték (mm):							
S_0:	6	1 vast.köpeny	MF 6,3	M1 5,75	M2 4,2	M3 5,7	M4 5,8	M5 5,1	M6 5,75	M7 6,65	K .....

UH falvastagságmérő típusa, gyáriszáma:	*Dakota PR-8V5174*	Etalon gyáriszáma:	*LSW1-8/12/41; BMGE PBET-2*

Megfelelő: igen ☑ nem ☐ **Javítható : igen ☐ nem ☐**

14. NEM MEGFELELŐSSÉGEK ÖSSZESÍTÉSE, MEGFELŐSSÉGEK IGAZOLÁSA

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

15. Feljegyzés: Előző vizsgálat időpontja: 2017.04.25 **MF:** 6,32; **M1:** 5,92; **M2:** 5,93; **M3:** 5,89; **M4:** 5,91; **M5:** 5,91; **M6:** 5,93; **M7:** 5,9; **K:** 5,85;

16. Tovább üzemelhet: igen ☐ nem ☑

2017.05.15.	2017.05.15.	Bertli János
Vizsgálat végzésének időpontja	Vizsgálat lezárásának időpontja	Vizsgálatot végezte

Dokumentum azonosító	PÉBÉ-COOP Kft.	Hivatkozási szám:
KOR-04	Ellenőrző szervezet Hatósági bizonyítvány szám: 58-2/2011	PRG 2017.05.15. 961450/GF

HIBAJEGYZÉK

Mely készült az MSZE 1728:2015 szabvány előírásai szerint végrehajtott ellenőrzések által feltárt nem megfelelőségekről

1	Tulajdonos 1.1, üzemeltető 1.2 és felállítás 1.3 adatai						
1.1	Tulajdonos:		Prímaenergia Zrt.	1117	Budapest	Alíz u.	2
1.2	Üzemeltető:	00000	20173	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87
1.3	Felállítás:		Hajdú-Bihar	4200	HAJDÚSZOBOSZLÓ	ADY E. U.	87

Vizsg.jkv.pontja	Szöveges leírás		Igazolás
5	*megjegyzés*	Nyomástartó berendezés bizt. szerelvénye gy.sz.-ról	

Megjegyzés:

Tulajdonosi nyilatkozat:

A fent „x"-el jelölt „nem megfelelősségeket" – a hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével – dokumentáltan felszámoltam.

---

tulajdonos cég képviselője

Kelt: Hajdúszoboszló, 2017.11.30.

A felszakítási vizsgálat után elvégzett, mágnesezhető poros vizsgálat és vizuális vizsgálat jegyzőkönyve (ÁEF)

10. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata” című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült

a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

Készítette:
Dobránszky János
tudományos tanácsadó, az MTA doktora

A melléklet 6 (hat) számozott oldalból áll

Budapest, 2017. november 28.

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV
REPORT OF MAGNETIC PARTICLE TESTING

Munkaszám/Work No.: 11443_MT.2
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017.
A jegyzőkönyvet összeállította: Fehérvári Attila

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: Vállalkozói Szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4 db. ~5 m^3-es PB tartály

A vizsgálat célja/Purpose of the test: Edények varratainak mágnesezhetőporos vizsgálata

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017. 05. 22.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. telephelye, Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark: gyári szám: 30608; 503694; 727750; 961450
Darabszám/No.: 4
Méret/Dimensions: 4850; 4850; 4850; 4970 liter
Anyagminőség/Material: acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition: helyenként festéktől tisztított
Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life: -
Gyártási év: 1995; 1994; 1993; 1996
Gyártó: Walter Kramer GmbH; Vasip.Tartálygyártó Kisszöv.; ERMERT GmbH; Gönczi és Fia Kft.
Vizsgálati utasítás száma/Written procedure No.:
AEF_NH3edények/2015szeptember vizsgálati terv részét képezi

Vizsgálati előírás/Test instruction: MSZ EN ISO 9934-1; MSZ EN ISO 3059
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure:-
Átvételi követelmények/Acceptance criteria: -

Mágnesezési mód/Magnetizing technique: járommágnesezés; fekete-fehér színkontrasztos eljárással

Vizsgáló készülék/Equipment: Tiede járommágnes 230V Száma/No.: 1044667/WN230 és
Vizsgáló anyagok gyártója/Manufacturer of testing materials: MR Chemie
Indikáló közeg/Detection media: MR 76S Adag szám/Batch no.: 76S/1143A
Kontraszt festék/Contrast paint: MR 72 Adag szám/Batch no.: 72/1175A

Felület előkészítés/Surface cleaning: varratok kb. 5-20 mm-es környezete csiszolt, fémtiszta
Térerősség/Field strength: min. 2kA/m
Lemágnesezés/Demagnetization: -

Felület hőmérséklete/Surface temperature: környezeti (kb. 20-25° C)
UV-A fény intenzitás/UV-A irradiance: -
Látható fény erőssége/ Illuminance: min. 500 lux természetes
Mérő és segédeszközök/Instruments: kézilámpa, fénymérő, mérőszalag

Fotó/Photo: készült/nem készült

Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás, mérési pontok leírása /marking of component, location, site details, measurement point description: irányok az edény felső részén elhelyezett szerelvények oldalán lévő fenék felől nézve; az ehhez a fenékhez tartozó palást-fenék körvarrat az X irányú, alkotó menti koordináta bázisa; a felső alkotót bázisként használva az S irányú, körív menti koordináta pozitív iránya az óramutató járása szerint került kijelölésre.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

A vizsgálat terjedelme/Extent of test:

- ÁEF Kft. 2017.03.31-i keltű MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYÉBEN (vizsgálatot végezte Weisz István és Zsoldos Zsuzsanna) felsorolt anyagfolytonossági hiányra utaló indikációk helyének újraellenőrzése a megrendelővel a vizsgálatot megelőzően egyeztetve.

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: -

A vizsgálat eredménye/Result of the test:

A jelen vizsgálat alapján az 1. táblázatban feljegyeztük, hogy a korábban megtalált eltérések méretei (ld. a vizsgálat terjedelme részt) *nem változtak.*

Eltérések/Imperfections						
Száma/ No.	Tipusa /Type	Helye/ Location	Helyzete/ Position	Mérete/ Size (mm)	Értékelés/ Evaluation	Megjegyzés/ Comment
Gysz: **30608**	1 db. lineáris indikáció	középső körvarrat x: 1785 mm s:+1610 mm	körvarrat szélén, azzal párhuzamosan futó	kb. 2	-	ld. 1 ábra
Gysz: **727750**	3 db. lineáris indikáció	leghátsó körvarrat x: 3545 mm s:-1510 mm	körvarrat közepén, azzal párhuzamosan futó	kb. 1,5; 2; 5	-	ld. 2 ábra
Gysz: **961450**	1 db. lineáris indikáció	leghátsó hosszvarrat x: 3760 mm s:-1590mm	hosszvarrat közepén, azzal párhuzamosan futó	kb. 10	-	ld. 3 ábra

1. táblázat

Dátum/Date: Budapest, 2017.05.22.

....

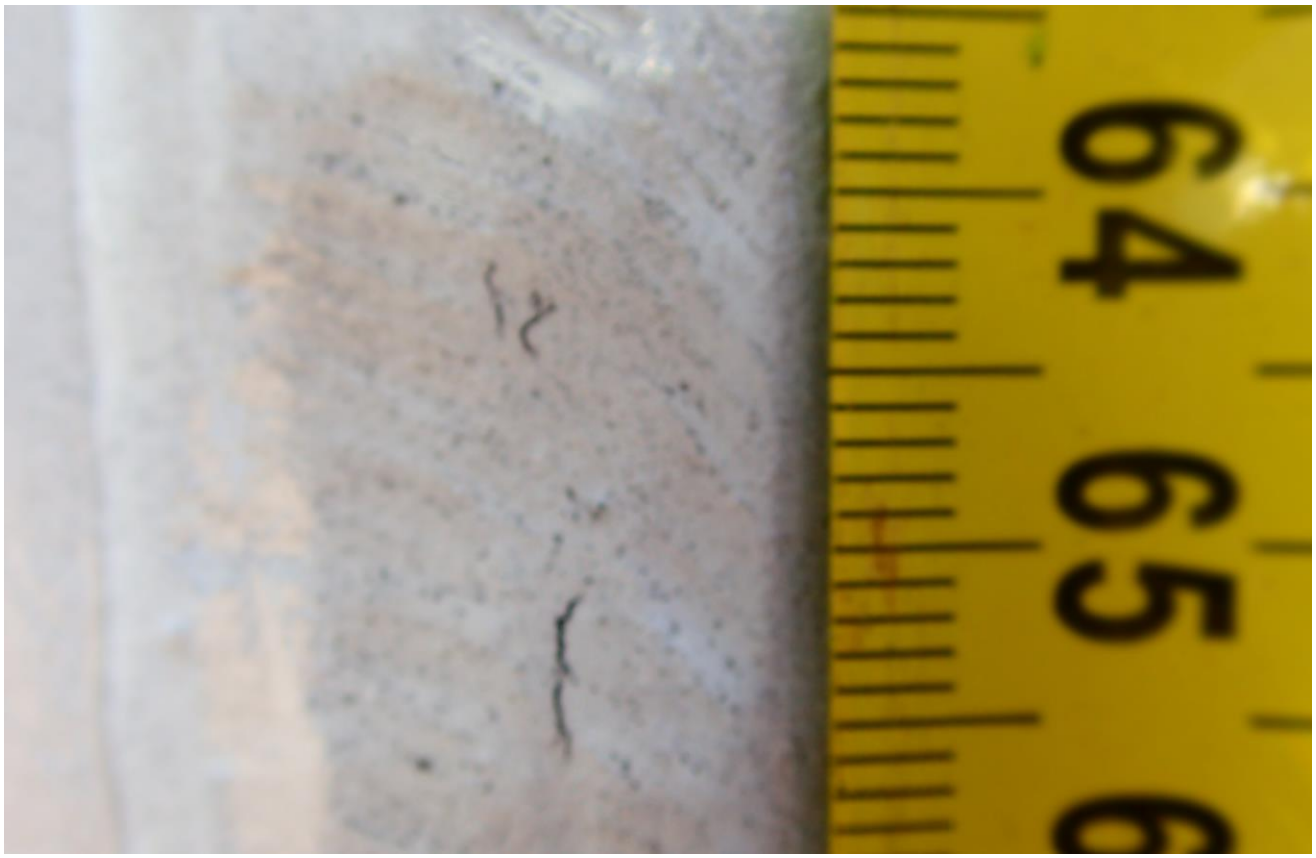
Fehérvári Attila / Koncz Gergő
MSZ EN ISO 9712 szerinti MT2 anyagvizsgálók
vizsgálatot végezte/examined by

Fodor Olivér
jóváhagyta/validated by
laboratórium műszaki vezető

1. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium



2. ábra

3. ábra

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

SZEMREV TELEZ SES VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV
REPORT OF VISUAL EXAMINATION

Munkaszám/Work No.: 11443_VT.1
Témafelelős/Executive: Fodor Olivér
Hivatkozási szám No.: L-173/2017.

Megrendelő/Customer: PÉBÉ-COOP Kft.
Ügyintéző/Executive: Hajdú István
Megrendelési szám/No.: Vállalkozói Szerződés
Megrendelés kelte/Date of order: 2017.03.17.

Vizsgálat tárgya/Subject: 4 db. ~5 m^3-es PB tartály

A vizsgálat célja/Purpose of the test: edények belső szerkezeti vizsgálata

A vizsgálat kelte/Date of exam.: 2017. 05. 22.
A vizsgálat helye/Location of the test: PÉBÉ-COOP Kft. telephelye, Hajdúszoboszló

Jelölés/Mark:	**gyári szám: 30608; 503694; 727750; 961450**
Darabszám/No.:	4
Méret/Dimensions:	V=4850; 4850; 4850; 4970 liter
Anyagminőség/Material:	acél, St52-3
Felület állapota/Surface condition:	kívül festett

Gyártási, ellenőrzési fázis/Stage of manufacture, service life: felszakítás után keresztben szétvágott
Gyártási év: 1995; 1994; 1993; 1996
Gyártó: Walter Kramer GmbH; Vasip.Tartálygyártó Kisszöv.; ERMERT GmbH; Gönczi és Fia Kft.
Vizsgálati utasítás száma/Written procedure No.:
AEF_NH3edények/2015szeptember vizsgálati terv részét képezi

Vizsgálati előírás/Test instruction: MSZ EN 13018, MSZ EN ISO 17637
Eltérés a vizsgálati előírástól, utasítástól/Deviation from test instruction, procedure:
Átvételi követelmények/Acceptance criteria:

Vizsgálat módja/Method:	közvetett/<u>közvetlen</u>
Mérő és segédeszközök/Instruments:	kézilámpa, fényképezőgép, mérőszalag
Megvilágítás/Illumination:	min. 500 lux (kézilámpával)

Fotó/Photo: <u>készült</u>/nem készült

Alkalmazott jelölések, elrendezés, tájolás /marking of component, location, site details: -

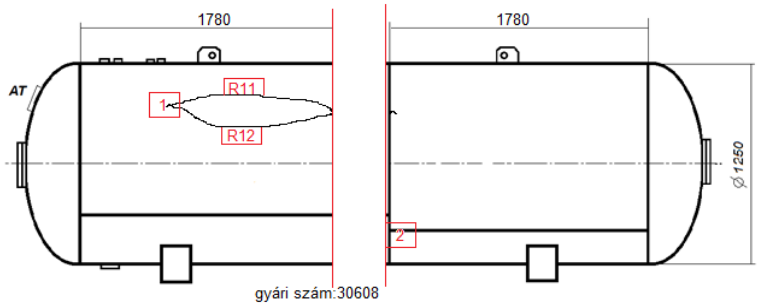
A vizsgálat terjedelme/Extent of test: a hozzáférhető külső felületek

Egyéb a vizsgálatot befolyásoló tényező/Other influential element: Üzemelő berendezés, az edény köpenylemezét a szigetelés eltakarja.

A vizsgálat eredménye/Result of the test:
Az vizsgált négy edény fekvőhengeres, szigeteletlen, kívülről festett. Az edényeken több, különböző átmérőjű csonk található. Az edényeket (jelentős deformációt és törési felületeket okozó) felszakítási kísérleteket követően középen, a hossztengelyükre merőleges síkban kettévágták. A vizsgálati eredményeket edényenként, illetve edényfelenként csoportosítva részletezzük.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

edény gyári száma: 30608

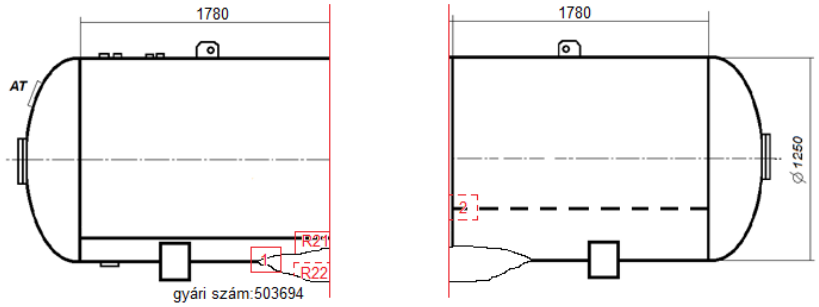


1.ábra

F1 tartályfél:
A tartály alján, valamint a köpenyen lazán tapadó korróziós üledék gyűlt össze. Eltávolítása után a felületen jelentős falvastagság csökkenésre utaló nyomokat nem találtunk.
F2 fenék belső felületén foltokban felületi korrózió látható, könnyen eltávolítható. Alatta számottevő falvastagság csökkenés nem látható.
A palást felső részén (a gőztérben), valamint az alsó részen sok apró méretű pontszerű bemaródások láthatók, de jelentős falvastagság csökkenést ezek sem eredményeznek.
Középső körvarraton, valamint a hosszvarraton enyhe felületi korrózió látható, kisebb gyártási eredetű eltérésekkel (pl. egyenetlen varratszélesség egy-egy rövid szakaszon).
Az F2 fenék és a palást közös körvarrata belülről nem hozzáférhető.

F2 tartályfél:
Ugyanazok a jellemzők, mint F1 tartályfélen.

edény gyári száma: 503694



2.ábra

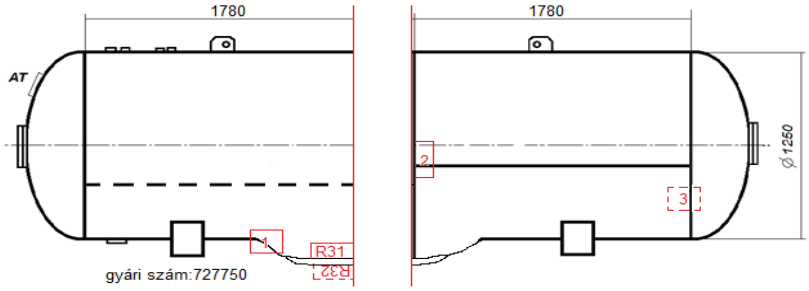
1 tartályfél:
Hosszvarrat egyenletes, enyhe felületi korrózió.
Palástonn a gőztérben pontszerű sekély bemaródások láthatók. A tartály alsó részén szintén fellelhetők ezek a bemaródások, viszont kevesebb számmal.
F1 fenék belső felületén hólyagszerű réteg leválások, foltokban könnyen eltávolítható felületi korróziós nyomok láthatók. Jelentős falvastagság csökkenést nem eredményeznek.

2 tartályfél:
Hosszvarrat egyenletes, enyhe felületi korrózió.
F2 fenékre ugyanaz jellemző mint F1-re.
Palástonn ugyanazok a nyomok fellelhetők, mint F1 tartályfélen.
Körvarraton kisebb gyártási eredetű eltérések (rövidebb szakaszokon egyenetlen varratszélesség), valamint enyhe felületi korrózió és kisebb pontszerű bemaródások láthatók, melyek jelentős falvastagságcsökkenést nem eredményeznek.

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

ÁEF KFT.
ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.
Tel/fax: +36(1) 319-3181 **Tel**: +36(1) 309-2621 **Mobil**: +36(20) 288-2137 **E-mail**: labor@aef.hu
A NAT által NAT-1-0827/2014 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

edény gyári száma: 727750

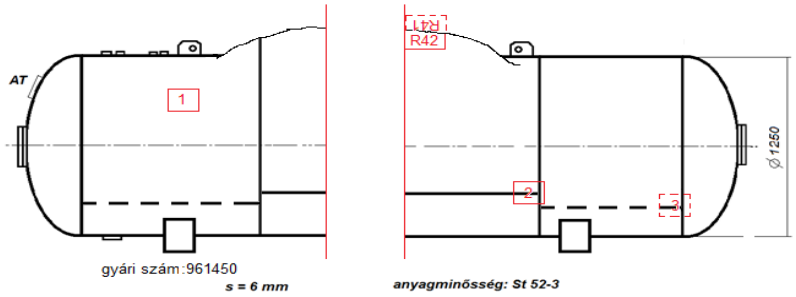


3.ábra

F1 tartályfél:
Hosszvarrat egyenletes, enyhe felületi korrózió. F1 fenék belső felülete a kisrádiusznál erősebben korrodált, mint a középrészen.
Palástón felül a gőztérben és alul a merülőcső környezetében jellemzők a pontszerű bemaródások.

2 tartályfél:
Középső körvarrat, valamint a hosszvarrat állapota jónak mondható, kisebb gyártási eredetű eltérésekkel.
Palástón felül a gőztérben erősebben jellemzők a pontszerű bemaródások, mint az alsó részben.

edény gyári száma: 961450



4.ábra

F1 tartályfél:
Középső körvarrat, valamint a két hosszvarrat állapota jónak mondható, kisebb gyártási eredetű eltérésekkel.
Palástón felül a gőztérben és alul a merülőcső környezetében jellemzők a pontszerű bemaródások, de itt még kevésbé jellemzően, mint a 727750 gyári száma edénynél.

2 tartályfél:
Hasonlóan a másik tartályfélhez, a középső körvarrat, valamint a két hosszvarrat állapota jónak mondható, kisebb gyártási eredetű eltérésekkel.
A palástón nagyobb területre kiterjedő korrózió foltok láthatók. F2 fenék belső felületén a többi edényhez hasonlóan foltokban felületi korrózió látható, ami könnyen eltávolítható. Alatta számottevő falvastagság csökkenés nem látható.
Általánosan elmondható, hogy a bemaródások mélysége nem állapítható meg szemrevételezéssel (vélhetőleg kis mélységű bemaródások).

Dátum/Date: Budapest, 2017.06.21.

.....	.....
Fehérvári Attila, Koncz Gergő	Fodor Olivér
MSZ EN ISO 9712 szerinti VT2 anyagvizsgáló	jóváhagyta/validated by
vizsgálatot végezte/examined by	laboratórium műszaki vezető

A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This Certificare may only be copied in its entire length
A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintára vonatkoznak/Results of tests concerns only for the examined pieces

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerének (KOR) kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra

A 2013. szeptember 30-i, azonos című szakmai zárójelentés aktualizált változata

11. MELLÉKLET

a „Teljesen ép pébégáztartályok felszakadási viselkedésének vizsgálata" című kutatási zárójelentéshez

amely a PÉBÉ-COOP Kft. megbízásából készült
a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken

A 2011–2013. évi, eredeti kutatás-fejlesztési programot vezette, az eredeti és a jelen, aktualizált zárójelentést készítette: **Dobránszky János,** tudományos tanácsadó

A szakmai zárójelentés tartalomjegyzéke

Melléklet M1–M69 1
1. Az eredeti célkitűzések 1
2. A nagytartályok állapotfelmérése 1
3. A károsodási osztályozási rendszer (KOR) kiterjesztése a nagytartályokra: a *nagy-KOR* kidolgozása 4
4. Összegzés és javaslatok 12
Melléklet M1–M69

1. Az eredeti célkitűzések

Az innovációs program célkitűzései a következők voltak:

a) Az 5 m^3-nél nagyobb, föld feletti pébégáztartályok – a továbbiakban **„nagytartályok”** – helyszíni állapotfelmérési módszerének továbbfejlesztése.

b) A rendelkezésre bocsátott nagytartályok állapotfelmérésének elvégzése, és a vizsgálati eredmények rendszerezése.

c) A 2009-ben kifejlesztett szakértői rendszer – a KOR – kiterjesztése a nagytartályok maradék élettartamának megbízható becslése érdekében.

Az innovációs program tervezett munkaszakaszai a következők voltak:

	Feladat	Határidő
1.	A nagytartályok helyszíni állapotfelmérésére szolgáló eljárás kidolgozása a Tisztelt Megbízóval közösen.	2013. április 30.
2.	Állapotfelmérés a nagytartályok helyszíni vizsgálatával.	2011. december 31.
3.	A maradék élettartam becslésére szolgáló, általános érvényű szakértői rendszer – javasolt elnevezésével a „*nagy-KOR*” – kidolgozása.	Eredeti: 2011. december 31., módosított: 2013. augusztus 31.

A fenti táblázat 1–3. pontjában megjelölt feladatokat elvégeztük, a munka eredményeit ebben a részletes zárójelentésben ismertetjük. Az eredeti megállapodásban vállalt határidőket – sajnálatos módon – nem sikerült az eltervezett ütemezés szerint tartani, de a folyamatosan keletkező vizsgálati eredmények feldolgozása, értékelése és ellenőrzése, valamint a szakértői adatbázis ezekkel való összhangba hozása és tesztelése miatt indokolt volt a véghatáridő többszöri meghosszabbítása. Köszönjük a Tisztelt Megbízó ebben mutatott kivételes türelmét.

2. A nagytartályok állapotfelmérése

A kis űrméretű – vagyis a 3–5 m^3-es – tartályok felülvizsgálata során szerzett tapasztalatokon alapult a nagy űrméretű tartályok (a továbbiakban: nagytartályok) állapotfelmérésére kidolgozott eljárás. Ezt több, mint 60 darab tartályon sikeresen alkalmaztuk, és ennek a tapasztalatnak a birtokában értékeltük a Tisztelt Megbízó által 2013 áprilisában kidolgozott munkautasítást, amelynek címe: *„A cseppfolyós propán-bután gázokat és ezek elegyeit tároló föld feletti tartályoknak a károsodásosztályozási szakértői rendszer, a KOR szerinti időszakos felülvizsgálata az 5 m^3-t meghaladó térfogatú tartályokra”*. E dokumentumot a javaslataink alapján a Tisztelt Címzett 2013 májusában véglegesítette.

A nagytartályok helyszíni állapotfelmérő felülvizsgálatára 2011 augusztusa elejétől 2011 szeptembere végéig terjedő időszakban került sor, és a vizsgálatsorozat két munkafázisból állt:

a) A nyomástartó edények gépkönyveinek áttanulmányozása, a szakértői rendszer szempontjából lényeges adatok kigyűjtése ezekből. Ezt az adatgyűjtő munkát a Prímagáz Zrt. horti telephelyén, illetve az onnan kölcsönbe kapott gépkönyvek elemzésével végeztük.

b) A nagytartályok helyszíni állapotfelmérése az ultrahangos falvastagságmérések elvégzése, a tartályok állapotjellemzési célú lefényképezése és korróziótermékek vizsgálati célú mintáinak gyűjtése.

A felülvizsgálatba bevont nagytartályok – 67 db üzemelő és raktáron lévő tartály – adatait a Tisztelt Megbízótól és a Prímagáz Zrt.-től kaptuk meg (1. és 2. táblázat). Ezek közül mindegyik, felkereshető tartály bekerült a felülvizsgálati munkaprogramba.

Cikk szám	Keresőnév	Gyári szám	Gyártó	Típus	GK másod	Rakt	Raktárhely kó	Vevő neve	Vevő irár	Vevő helysége	Megye
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	23930	FMF	FF	van	9TK	560730	BMSK ZRT.	1044	Budapest - IV. kerület	Budapest
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	23931	FMF	FF	eredeti	9TK	560730	BMSK ZRT.	1044	Budapest - IV. kerület	Budapest
TART15FF	15 M3 FF TARTÁLY	23002	FMF	FF	van	9TK	507696	HOTEL ESZTERGOM KFT.	2500	ESZTERGOM	Komárom
TART15FF	15 M3 FF TARTÁLY	26071	FMF	FF	van	9TK	560854	GONDVISELÉS SZOCIÁLIS OTTHON	7531	KŐKÚT	Somogy
TART18FF	18 M3 FF TARTÁLY	25431	FMF	FF	van	9TK	515984	LESENCE ZRT	8318	LESENCETOMAJ	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	23704	FMF	FF	van	9TK	561142	EGYED BÉLA	6800	HÓDMEZŐVÁSÁRHELY	Csongrád
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22998	FMF	FF	van	9TK	551288	MAGYAR ASZFALT KFT.	4032	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953009	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	544058	PÁLFI ILONA	8071	MAGYARALMÁS	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953017	GÖNCZI	FF	van	9TK	542853	NÖVÉNY 2002 KFT.	9676	HOSSZÚPERESZTEG	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953016	GÖNCZI	FF	van	9TK	500424	CISZÖV 49 KFT.	5462	CIBAKHÁZA	Jász-Nagykun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953006	GÖNCZI	FF	van	9TK	536334	KATYMÁRI MG. ZRT.	6455	KATYMÁR	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953007	GÖNCZI	FF	van	9TK	536334	KATYMÁRI MG. ZRT.	6455	KATYMÁR	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953003	GÖNCZI	FF	van	9TK	500517	AGROTÉT KFT.	9100	TÉT	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953004	GÖNCZI	FF	van	9TK	551286	COLAS ÚT ZRT.	9545	JÁNOSHÁZA	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953012	GÖNCZI	FF	van	9TK	500287	FIORÁCS KFT.	2941	ÁCS	Komárom
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953014	GÖNCZI	FF	van	9TK	500287	FIORÁCS KFT.	2941	ÁCS	Komárom
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953008	GÖNCZI	FF	van	9TK	536559	AGRO-MILCH KFT.	8437	LÁZI	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22880	FMF	FF	van	9TK	534751	DEBRECENI LÖSZHÁT KFT.	4002	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22881	FMF	FF	van	9TK	534751	DEBRECENI LÖSZHÁT KFT.	4002	DEBRECEN	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953018	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	518390	MULTIPÉK KFT.	6200	KISKŐRÖS	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963003	GÖNCZI	FF	van	9TK	514789	KÖRÖSLADÁNYI BARÁTSÁG MGSZ.	5516	KÖRÖSLADÁNY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963007	GÖNCZI	FF	van	9TK	514789	KÖRÖSLADÁNYI BARÁTSÁG MGSZ.	5516	KÖRÖSLADÁNY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963009	GÖNCZI	FF	van	9TK	547343	PATAKI LÁSZLÓ	5630	BÉKÉS	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963002	GÖNCZI	FF	van	9TK	518745	NAGYBARACSKAI HALADÁS MG. SZÖ	6527	NAGYBARACSKA	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963008	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	518745	NAGYBARACSKAI HALADÁS MG. SZÖ	6527	NAGYBARACSKA	Bács-Kiskun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22999	FMF	FF	van	9TK	561003	Pentavia Kft.	8246	TÓTVÁZSONY	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	22963	FMF	FF	van	9TK	547526	DÉLSOMOGYI GAZDA KFT.	7535	LAD	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963001	GÖNCZI	FF	van	9TK	545103	ORAVECZ TAMÁS	5666	MEDGYESEGYHÁZA	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963006	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	545192	TORMA LÁSZLÓ DÉNESNÉ	7400	KAPOSVÁR	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963018	GÖNCZI	FF	van	9TK	560263	MEZŐMAG KFT	5540	SZARVAS	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953036	GÖNCZI	FF	van	9TK	546685	MOROKO FARM KFT.	5551	CSABACSŰD	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963025	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	542355	SZEKERES KFT.	8154	POLGÁRDI	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963022	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	548694	AGRO-METZ KFT.	8973	CSESZTREG	Zala
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963014	GÖNCZI	FF	van	9TK	544594	PETŐFI MSZ.	5624	DOBOZ	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963017	GÖNCZI	FF	van	9TK	501011	SZELEKTA KFT.	2484	GÁRDONY - AGÁRD	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963019	GÖNCZI	FF	van	9TK	501066	VARGA JÁNOS	9800	VASVÁR	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963033	GÖNCZI	FF	van	9TK	546043	ABO TRADE ZRT.	5502	GYOMAENDRŐD - ENDRŐD	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963024	GÖNCZI	FF	van	9TK	551286	COLAS ÚT ZRT.	9545	JÁNOSHÁZA	Vas
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	24991	FMF	FF	van	9TK	527733	DIÁNA FARM KFT.	5244	TISZAFÜRED - TISZASZŐLŐS	Jász-Nagykun
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	25875	FMF	FF	van	9TK	561003	Pentavia Kft.	8246	TÓTVÁZSONY	Veszprém
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973018	GÖNCZI	FF	van	9TK	511445	PÉCSI EGYHÁZMEGYE	7694	HOSSZÚHETÉNY	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973019	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	522578	RÁBAMENTI TAKARMÁNY ÉS HÚSTE	9344	RÁBAKECÖL	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963034	GÖNCZI	FF	van	9TK	515468	BÁCSALMÁSI AGRÁRIPARI ZRT.	8083	CSÁKVÁR	Fejér
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973017	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	551428	MAGYAR ASZFALT KFT.	9000	GYŐR	Győr-Moson
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983016	GÖNCZI	FF	van	9TK	514428	FUTURA-G SZÖVETKEZET	4284	KOKAD	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973012	GÖNCZI	FF	van	9TK	544856	KURUCZ FARM KFT.	4211	EBES	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963035	GÖNCZI	FF	van	9TK	549850	ANTAL ÉS TÁRSA KFT.	6932	MAGYARCSANÁD	Csongrád
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983025	GÖNCZI	FF	van	9TK	560565	LÁDÁS KFT.	7348	HEGYHÁTMARÓC	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983030	GÖNCZI	FF	eredeti	9TK	531794	BÜRGEZD-COOP KFT	4762	TYUKOD	Szabolcs-Szatmár
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983031	GÖNCZI	FF	van	9TK	561191	NÁBRÁD HOLDING KFT	4912	Kérsemjén	Szabolcs-Szatmár
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	973020	GÖNCZI	FF	van	9TK	560924	KARDOSKÚTI AGRÁR ZRT	5945	Kardoskút	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993013	GÖNCZI	FF	van	9TK	549326	FVM DASZK SZAK.I. CSAPÓ DÁNIEL K	7960	SELLYE	Baranya
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993017	GÖNCZI	FF	van	9TK	550257	GAZDA SZÖVETKEZET	7525	JÁKÓ	Somogy
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983008	GÖNCZI	FF	van	9TK	561181	TEERAG-ASDAG ÉPÍTŐIPARI KFT.	5672	MURONY	Békés
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	993030	GÖNCZI	FF	van	9TK	507706	KABÁT-TANYA KFT.	4087	HAJDÚDOROG	Hajdú-Bihar
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	20003017	GÖNCZI	FF	van	9TK	531336	AGRO-SCHACH KFT.	7253	CSOMA	Somogy
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23718	FMF	FF	van	9TK	521773	ÉRVÖLGYE AGRÁRSZÖVETKEZET	4125	POCSAJ	Hajdú-Bihar
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23928	FMF	FF	van	9TK	545155	TERMÉNYTÁR KFT.	8675	ANDOCS	Somogy
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	22940	FMF	FF	van	9TK	507227	SZIGETHÁT KFT.	4069	EGYEK	Hajdú-Bihar
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	24627	FMF	FF	van	9TK	542916	DRÁVA-AGRO ZRT.	7968	FELSŐSZENTMÁRTON	Baranya
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	25348	FMF	FF	eredeti	9TK	551420	MAGYAR ASZFALT KFT.	2400	DUNAÚJVÁROS	Fejér
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	23720	FMF	FF	eredeti	9TK	542542	NÉGY AGRO-ÁSZ KFT.	8960	LENTI	Zala
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	25509	FMF	FF	van	9TK	530808	KESELYŐSI FÖLDMŰVELŐ KFT.	5500	GYOMAENDRŐD - GYOMA	Békés
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	25504	FMF	FF	van	9TK	510805	HERCEGSZÁNTÓI MG. SZÖVETKEZET	6525	HERCEGSZÁNTÓ	Bács-Kiskun
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	8635	BKG	FF	eredeti	9TK	551052	SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION HUN	3273	HALMAJUGRA	Heves
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	8634	BKG	FF	eredeti	9TK	551052	SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION HUN	3273	HALMAJUGRA	Heves

1. táblázat – A kihelyezett nagytartályok adatait tartalmazó lista

Cikk szám	Keresőnév	Gyári szám	Gyártó	Típus/Modell	GK másodpéldány	Raktár kódja	Raktárhely kódja
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	20003004	GÖNCZI	FF	eredeti	311	Magyarpolány
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953011	GÖNCZI	FF	eredeti	311	Magyarpolány
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	963023	GÖNCZI	FF	van	311	Magyarpolány
TART18FF	18 M3 FF TARTÁLY	23929	FMF	FF	van	710	Szajol
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953015	GÖNCZI	FF	eredeti	710	Szajol
TART40FF	40 M3 FF TARTÁLY	22673	FMF	FF	van	710	Szajol
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	8709	BKG	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART10FF	10 M3 FF TARTÁLY	8825	BKG	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	953010	GÖNCZI	FF	van	940	Gönczi és Fia Kft
TART63FF	63 M3 FF TARTÁLY	24090	FMF	FF	eredeti	940	Gönczi és Fia Kft
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983009	GÖNCZI	FF	Pébé-Coop	948	Pébé-Coop
TART25FF	25 M3 FF TARTÁLY	983007	GÖNCZI	FF	Pébé-Coop	948	Pébé-Coop

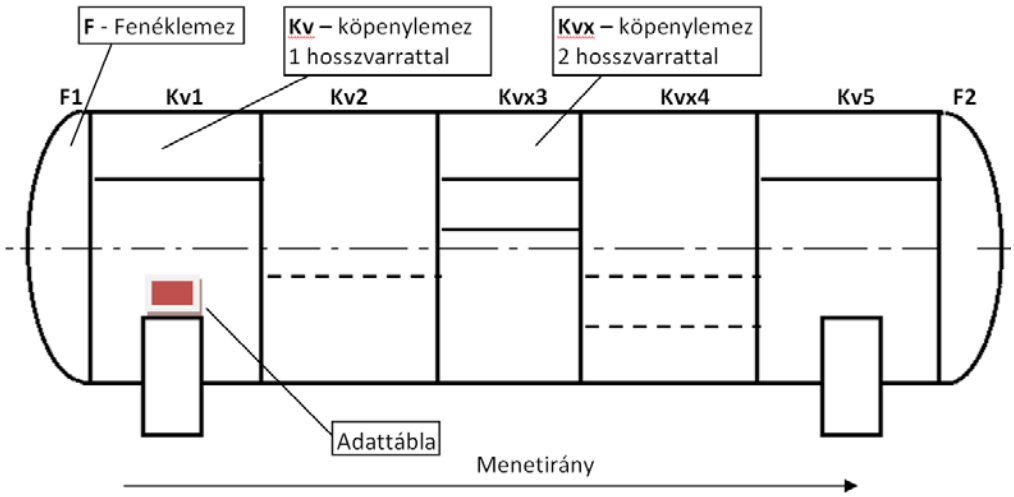
2. táblázat – A raktáron lévő nagytartályok adatait tartalmazó lista

2.1. A nagytartályok alapanyagának értékelése

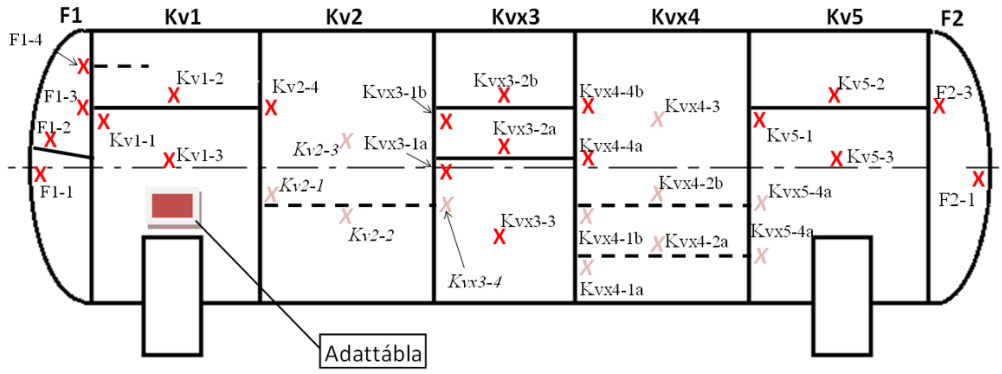
A nagytartályok anyagával kapcsolatos adatokat a gépkönyvek adatai alapján vittük be az adatbázisba. Amennyiben a gépkönyvben minden kétséget kizáróan hiteles adatokat találtunk az anyagminőség mellett a mechanikai tulajdonságokra – mégpedig a folyáshatárra – vonatkozóan, úgy azokat az adatokat vittük be az adatbázisba. Ha csak az anyagminőségjel volt ismert, úgy a melegen hengerelt állapotra szabványosan előírt legkisebb folyáshatárértéket választottuk.

2.2. Helyszíni ultrahangos falvastagságmérési vizsgálatok

Az ultrahangos hibakereső vizsgálatokat a többszörös visszhang elvén működő, *Dakota* típusú ultrahangos falvastagságmérő készülékkel végeztük, amely képes a bevonathatás kiküszöbölésére. A helyszíni vizsgálatokhoz az 1–3. ábrán bemutatott rendszert dolgoztuk ki a tartályok mérési pontjainak jelöléseire vonatkozóan. A köpenylemezek falvastagságmérési adatait vittük be az adatbázisba. A megvizsgált tartályokról készült helyszíni fényképfelvételeket az 1. mellékletben foglaltuk össze.



1. ábra – A mérési helyek általános jelölése



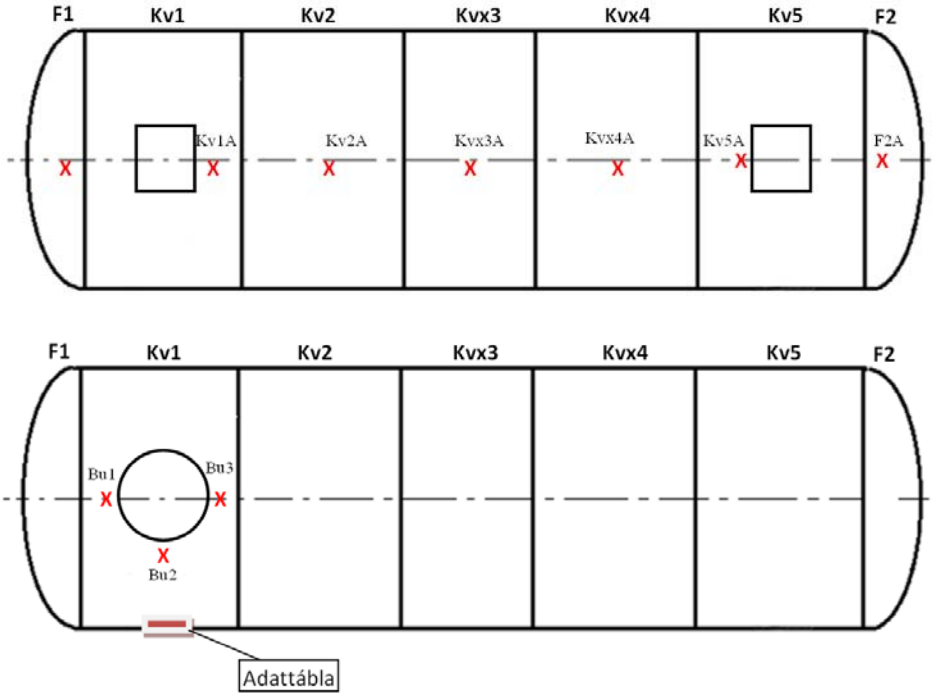
2. ábra – Az oldalnézet mérési pontjainak jelölése és magyarázata

Mérések a fenéklemezeken:

1. *pont – szemmagasságban történő mérés*
2. *pont – ha van, a fenék varrata mellett 20 mm-re*
3. *pont – a következő köpenylemez hosszvarrata mellett 20 mm-re*
4. *pont – ha a köpenylemez 2 hosszvarratos, a felső hosszvarrat mellett is*

Mérések a köpenylemezeken:

1. *pont – a hosszvarrat alatt a baloldali körvarrat mellett*
2. *pont – a köpenylemez közepén, a hosszvarrat felett 20 mm-re*
3. *pont – a köpenylemez közepén a hosszvarrat alatt vagy felett 500 mm-re*
4. *pont – az aktuálisat megelőző köpeny hosszvarrata mellett jobbra, 20 mm-re*



3. ábra – Az alul- és a felülnézeti mérési pontok jelölése és magyarázata. Alul, az edényfenekeken a körvarrattól 30 mm-re, és a köpenylemezek közepén mérünk. A tartály tetején a búvónyílás melletti 3 mérési pont: Bu1 az F1 fenékhez legközelebb eső pont, Bu2 középen, a Bu3 az F2 fenékhez közelebb eső pont

3. A károsodási osztályozási rendszer (KOR) kiterjesztése a nagytartályokra: a *nagy-KOR* kidolgozása

A károsodásbecslő szakértői rendszer lényege és alapelvei nem változtak a 3-5 m^3-es tartályokra kidolgozotthoz képest. Vagyis a szakértői rendszer számítási modulja a teljes elemzett tartályállományra, annak minden egyes tagjára meghatározza a KÁR károsodási számot (nagyobb KÁR érték nagyobb károsodást, veszélyeztetettséget jelent). Az adatbázisba bekerült tartályokat ennek alapján sorba lehet rendezni, és az így kapott sorszám adja minden tartálynak az ún. KÁRSOR károsodási sorszámát. A károsodási osztályokat (KÁROSZT) a jelen esetben nem hoztuk létre a kis mintaszám miatt, de indokolt esetben ennek semmi akadálya nincs. A KÁR érték mellett a legfontosabb számítási eredmény a becsült maradék élettartam, a MÉG érték.

A 3. táblázatban összefoglaltuk a megvizsgált, és az adatbázisban elemzett 67 darab nagytartály legfontosabb műszaki jellemzőit. Az összes gyártási, mérési és elemzési adat a jelen szakvélemény mellékletét képező MS Excel fájlban van összefoglalva. Ebben a fájlban minden műszaki jellemzőt egyértelműsítő magyarázatokkal láttunk el annak érdekében, hogy addig is használható legyen, ameddig a Tisztelt Megbízó a saját adatbázisába beépíti az új számítási modulokat. Természetesen ebben a munkában készen állunk a közreműködésre. Mindazonáltal az MS Excel fájlon végrehajtott új fejlesztési változásokat külön is kiemeljük az alábbiakban.

3.1. Az 'Információs lap' munkalapon csak valamely konkrét tartály adatai, valamint az egész állomány statisztikája jeleníthető meg, kivettük a lapról az első 300 tartály rangsorát, mivel a teljes állomány csak 67 darab.

3.2. Az 'Összesítő' munkalap ÚJ ELEM az adatbázisban; ez – pontosabban csak ennek fehér hátterű cellái – szolgál az adatok manuális bevitelére vagy külső forrásból való importálására. A bevitt adatok formátumára vonatkozó korábbi megkötések nem változtak.

3.3. Az 'Adatok' munkalapon történik minden számítás. Itt a következő fejlesztések történtek:

a. A HT3 hatástényező számításában az RF3 rizikófaktor értékét 3-ra növeltük 2-ről.

b. A HT7 számításához az eredeti KOR-adatbázis (KOR-TÁBLA.xls) 'Adatok' munkalapján a BK oszlopot előrehozva illesztettük be (jelenleg AD oszlop). Ez az oszlop a tartály külső átmérőjének gépkönyvben megadott értékét tartalmazza; jele: D.

c. A köpenyen mért falvastagsági értékek lehetséges számát 60-ra növeltük.

d. A DP–EB oszlopokkal kiegészítettük a számítási modult: itt történik meg minden olyan számítás, amely az eredeti KOR adatbázisban a 'VASTGY' munkalap B6–B18 celláiban történt. Így oldottuk meg azt az új helyzetet, hogy a nagytartályok külső átmérője változó, nem pedig szinte egységesen 1250 mm. A számításokban ezért minden olyan hivatkozást, amely a 'VASTGY' munkalap valamely értékére vonatkozott, átirányítottunk az adott tartály saját rekordjának – amely immár minden, a számításhoz szükséges adatot tartalmaz – megfelelő cellájára.

Sorszám	Gyári szám	Űrtartalom, m^3	Gyártási év	Gyártó	Átmérő, mm	S_0, mm	Re, MPa
1.	8634	63	1979	BKG	2200	20,0	296
2.	8635	63	1979	BKG	2200	20,0	302
3.	22434	40	1992	FMF	2200	12,0	355
4.	22435	40	1992	FMF	2200	12,0	355
5.	22880	25	1994	FMF	2000	10,0	383
6.	22881	25	1984	FMF	2000	10,0	355
7.	22940	40	1994	FMF	2000	10,0	355
8.	22963	25	1994	FMF	2000	10,0	363
9.	22998	25	1994	FMF	2000	10,0	355
10.	22999	25	1994	FMF	2000	10,0	355
11.	23002	18	1994	FMF	2000	10,0	355
12.	23704	25	1995	FMF	2000	10,0	355
13.	23718	40	1995	FMF	2000	10,0	355
14.	23720	40	1995	FMF	2000	10,0	355
15.	23928	40	1995	FMF	2000	10,0	355
16.	23930	10	1995	FMF	2000	8,0	355
17.	23931	10	1995	FMF	2000	8,0	355
18.	24627	40	1996	FMF	2200	10,0	408
19.	24991	25	1996	FMF	2000	10,0	355
20.	25348	40	1997	FMF	2000	10,0	355
21.	25431	18	1997	FMF	2000	10,0	355
22.	25509	40	1997	FMF	2000	10,0	355
23.	25875	25	1998	FMF	2000	10,0	355
24.	26071	18	1998	FMF	2000	10,0	355
25.	953003	25	1995	GF	2000	8,0	355
26.	953004	25	1995	GF	2000	8,0	355
27.	953006	25	1995	GF	2000	8,0	355
28.	953007	25	1995	GF	2000	8,0	355
29.	953008	25	1995	GF	2000	8,0	355
30.	953009	25	1995	GF	2000	8,0	355
31.	953012	25	1995	GF	2000	8,0	355
32.	953014	25	1995	GF	2000	8,0	355
33.	953016	25	1995	GF	2000	8,0	355
34.	953017	25	1995	GF	2000	8,0	355

Sorszám	Gyári szám	Űrtartalom, m^3	Gyártási év	Gyártó	Átmérő, mm	S_0, mm	Re, MPa
34.	953017	25	1995	GF	2000	8,0	355
35.	953018	25	1995	GF	2000	8,0	355
36.	953036	25	1995	GF	2000	8,0	355
37.	963001	25	1996	GF	2000	8,0	355
38.	963002	25	1996	GF	2000	8,0	355
39.	963003	25	1996	GF	2000	8,0	355
40.	963006	25	1996	GF	2000	8,0	355
41.	963007	25	1996	GF	2000	8,0	355
42.	963008	25	1996	GF	2000	8,0	355
43.	963009	25	1996	GF	2000	8,0	355
44.	963014	25	1996	GF	2000	8,0	355
45.	963017	25	1996	GF	2000	8,0	355
46.	963018	25	1996	GF	2000	8,0	355
47.	963019	25	1996	GF	2000	8,0	355
48.	963022	25	1996	GF	2000	8,0	355
49.	963024	25	1996	GF	2000	8,0	355
50.	963025	25	1996	GF	2000	8,0	355
51.	963033	25	1996	GF	2000	8,0	371
52.	963034	25	1996	GF	2000	8,0	355
53.	963035	25	1996	GF	2000	8,0	355
54.	973012	25	1997	GF	2000	8,0	355
55.	973017	25	1997	GF	2000	8,0	355
56.	973018	25	1997	GF	2000	8,0	355
57.	973019	25	1997	GF	2000	8,0	355
58.	973020	25	1997	GF	2000	8,0	355
59.	983008	25	1998	GF	2000	8,0	355
60.	983016	25	1998	GF	2000	8,0	355
61.	983025	25	1998	GF	2000	8,0	355
62.	983030	25	1998	GF	2000	8,0	355
63.	983031	25	1998	GF	2000	8,0	355
64.	993013	25	1999	GF	2000	8,0	355
65.	993017	25	1999	GF	2000	8,0	355
66.	993030	25	1999	GF	2000	8,0	355
67.	20003017	25	2000	GF	2000	8,0	355

3. táblázat – A megvizsgált nagytartályok fő műszaki jellemzői

e. A tartály eredeti falvastagsága szerinti hatástényező, a HT7, számítása tehát a következőképpen történik:

A tartály S_0 gyártási falvastagságát a bizonylatolt gépkönyvi (S_{GK}), illetve az ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) alapján határozza meg a *nagy-KOR*. Minden tartályra a gépkönyvből meghatároztunk egy-egy gyártási, illetve a mérésekből adott esetben több tucat mért köpenylemezvastagság értéket. Ama esetben, ha a műbizonylatolt gépkönyvi adat (S_{GK}) kisebb, mint a legnagyobb mérési adat (S_{UH}), a tervezési névleges vastagságra ($S_{100\%}$) ez utóbbi értékét veszi alapul a rendszer. Tehát:

$S_0 = S_{100\%} = S_{UH}$ ha az UH-mérési adatok maximuma nagyobb, mint S_{GK},

$S_0 = S_{GK}$ ha nem áll rendelkezésre UH-mérési adat, de van műbizonylatolt gépkönyvi adat, VAGY a műbizonylatolt gépkönyvi adat nagyobb maximális fémes vastagságnál (S_{Fmax}).

Ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}), de nincs bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság, akkor a maximális mért vastagságból számolja a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon:

e1. Az S_{UH} adatokból képezzük az S_{Fmax} legnagyobb és az S_{Fmin} legkisebb fémes vastagság különbségét – vastagságeltérés – minden mért tartályra: $DS_{UH} = S_{F\max} - S_{F\min}$.

e2. Képezzük az összes mért tartály DS_{UH} vastagságeltérésének átlagát, a $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérést, amely 67 tartály mérési adataiból most: 0,0240 mm.

e3. A meg nem mért falvastagságú tartályok jövőbeni értékelése céljából a $[DS_{UH}]$ átlagos vastagságeltérés és a mért tartályok átlagos életkorának ($\lfloor t_{Ü\,mért} \rfloor$) hányadosaként képezzük a $DS_{BÉ}$ becsült éves falvastagságfogyást: $DS_{BÉ} = 2 \cdot \frac{[DS_{UH}]}{\lfloor t_{Ü\,mért} \rfloor}$, amelynek értéke 67 tartály mérési adataiból jelenleg: 0,0403 mm.

e4. Képezzük a becsült eredeti (gyártási) vastagságot: $S_0 = S_{F\,MAX} + [DS_{UH}]$.

e5. Végül, ha egy tartályra rendelkezésre állnak ultrahangos vastagságmérési adatok (S_{UH}) is és létezik bizonylatolt gépkönyvi lemezvastagság is, DE ez utóbbi kisebb, mint az ultrahangos mérések legnagyobb értéke, abban az esetben a KOR a S_0 gyártási falvastagságot a következő módon határozza meg: $S_0 = S_{F\,MAX} + DS_{BÉ} \cdot t_{Ü}$.

Az eredeti falvastagságot a fenti öt mód valamelyikével megbízhatóan, a biztonságot is szem előtt tartva lehet megbecsülni.

A tartály gyártási falvastagsága szerinti hatástényező (HT7) a tartály mechanikai szilárdsága szempontjából értékeli a gyártási falvastagságot. A hatástényező számítási alapját a kazánformulával számítható, mechanikailag minimálisan szükséges falvastagság adja. A kazánformulához köthető számítási paraméterek és részeredmények a 'VASTGY' munkalap „Falvastagság szerinti HT paraméterei" című táblázatában is megtalálhatók, de immár minden egyes tartályra a saját rekordjában van első helyen megadva (a 'VASTGY' munkalapra valójában nincs szükség).

A *nagy-KOR* nem csak az 1250 mm átmérőjű tartályok minimálisan megkövetelt falvastagságát számolja (biztonsági tényező és varratjósági fok figyelembevételével). A számítási algoritmus feltételez egy 100%-os falvastagságot ($S_{100\%}$), mely alapesetben a gépkönyvben megadott névleges gyártási falvastagsággal egyezik meg.

A szilárdságilag szükséges s' minimális falvastagság a belső túlnyomással terhelt hengeres köpenyre a régi tartályok gyártása idején érvényben volt MSZ 13822 szerint:

$$s' = \frac{p \cdot D_b}{(2 f_m \cdot v_h) - p} = \frac{p \cdot D_k}{(2 f_m \cdot v_h) + p}$$

f_m – a köpeny falában megengedett feszültség, $f_m = \eta \frac{R_{eH}}{n_T}$; $\eta = 1{,}0$ $n_T = 1{,}5$.

p – a méretezési nyomás

D_b – a köpeny belső átmérője

D_k – a köpeny külső átmérője

v_h – a hosszvarratok szilárdsági tényezője:

kétoldali gépi hegesztésre 0,85–1,0; egyoldali gépi hegesztésre: 0,8–0,9

R_{eH} – a köpeny anyagának felső folyáshatára

R_m – a köpeny anyagának szakítószilárdsága

η_T – helyesbítő tényező

n_T – üzemi biztonsági tényező.

A jelenleg érvényes MSZ EN 12542:2010[⊕] szerint az f_m megengedett feszültség:

$$\min\left[f_m = \frac{R_{eH}}{1{,}5};\quad \frac{R_m}{2{,}4} \right].$$

Fontos még jelezni, hogy az MSZ EN 12542:2010 a klimatikus viszonyok szerint osztályokat határoz meg a tervezési nyomás vonatkozásában, amelyet 14 bar és 23 bar között állapít meg a besorolási osztályoktól függően. A *nagy-KOR* a nagytartályok tervezésekor figyelembe vett 15,4 bar tervezési nyomás alapján határozza meg a szilárdságilag szükséges falvastagságot. Tehát itt eltértünk a KOR-ban alkalmazott, egyszerűsített kazánformulát alkalmazó számítástól, amely a következőképpen működött:

$S_{KELL} = \dfrac{D \cdot p}{2\sigma_{meg}}$, ahol:

- S_{KELL} mechanikailag megkövetelt minimális falvastagság (mm),
- $D_{név}$ általános (tervezési) tartályátmérő (mm),
- p üzemi nyomás (MPa),
- σ_{meg} megengedett feszültség (MPa), $\sigma_{meg} = n \cdot u \cdot R_e$,
- n biztonsági tényező,
- u a hosszvarrat jósági tényezője,
- R_e az St52-3N acél minimálisan megkövetelt folyáshatára.

Visszatérve tehát a HT7 hatástényező számítására, ez az előre megadott, minimális (S_{KELL}) és 100%-os ($S_{100\%}$) falvastagságokhoz tartozó, hatástényező értékek ($HT7_{min} = 1$ és $HT7_{max} = 4$) alapján inter- avagy extrapolációval történik.

Amennyiben a kérdéses tartály gyártási falvastagsága a mechanikailag megkövetelt minimális és a 100%-osnak vett falvastagság között helyezkedik el, interpolációval kerül meghatározásra a hatástényező értéke, amennyiben az említett falvastagság-tartományon kívül esik a kérdéses tartály falvastagsága, extrapolációval számítódik a hatástényező a következő függvény szerint:

$HT7 = (m_{VASTGY} S_0 + b_{VASTGY}) \cdot v^2$, ahol:

- *HT7*: a gyártási falvastagsághoz (S_0) rendelt hatástényező,
- S_0: a tartály gyártási falvastagsága (mm),
- m_{VASTGY}: az interpolációs függvény meredeksége, $m_{VASTGY} = \dfrac{HT7_{\max} - HT7_{\min}}{S_{100\%} - S_{KELL}}$,
- b_{VASTGY}: az interpolációs függvény eltolása, $b_{VASTGY} = HT7_{\max} - m_{VASTGY} S_{100\%}$,
- $HT7_{min}$: a szilárdságilag megengedett minimális falvastagsághoz (S_{KELL}) rendelt hatástényező; ennek értéke a *nagy-KOR*-ban is 1.
- $HT7_{max}$: a 100%-os falvastagsághoz ($S_{100\%}$) rendelt hatástényező, értéke 4.
- v: a tartály névleges átmérőjéhez rendelt arányszám, $v = \dfrac{D_{névleges}}{D_{1250}}$; megjegyezzük, hogy az alapnak számító, 1250 mm-hez képest növekvő átmérők szerint növekvő kockázatot azzal is kifejezzük a *nagy-KOR*-ban, hogy a v átmérőaránynak a négyzetével arányosítottuk a *HT7* hatástényező értékét.

A HT7 számítási algoritmusa tehát úgy ad az 1250 mm átmérőjű tartályoktól eltérő esetekre megfelelő hatástényezőt, hogy az algoritmust kiegészül a *v* korrekciós szorzóval, mely az adott tartály névleges átmérője és az alapnak tekintett 1250 mm-es átmérő közötti arányszám négyzetével korrigálja a számítást (a KOR-ban csak v volt a szorzó).

[⊕] E szabvány csak a legfeljebb 13 m³-es LPG-tartályokra vonatkozik, de a nagyobbakra nem lévén szabvány, ezt alkalmazzuk.

f. A gépkönyvek némelyikében fellelhető olyan adat, amely külön megállapít egy ún. szilárdságilag szükséges falvastagságot. Ilyen pl. a 8634-es gyári számú tartály gépkönyve, amelyben megtalálható a Corrocont NDT Kft. vizsgálati jegyzőkönyve. A szóban forgó jegyzőkönyv számítás vagy hivatkozás nélkül közli: a szilárdságilag szükséges méretezési falvastagság 17,5 mm. Megjegyezzük, hogy ez az adat a kazánformulával végzett számítás alapján adódó 9,50 mm-nek ez az érték közel a kétszerese. További 6 db tartály gépkönyvében található olyan adat, amely megad egy számértéket mint „szilárdságilag szükséges méretezési falvastagság”. A 2000 mm átmérőjű és 8 mm névleges köpenylemez-vastagságú tartályokra pl. háromféle ilyen érték is létezik: 6,2 mm, 6,3 mm és 6,78 mm, ugyanakkor a kazánformula alapján 7,20 mm adódik.
Az itt, az 3.3.f) szakaszban említettek alapján nyilvánvaló, hogy igen nagy eltérések adódhatnak minden maradékélettartam-becslési számításban akkor, ha a minimálisan megkövetelt falvastagságot 6,2 és 7,20 mm között más-más értéken rögzítjük. Ennek kiküszöbölése érdekében a *nagy-KOR* rendszer a kazánformula jelenleg is szabványos változatával való számítást alkalmazza, és nem veszi figyelembe a gépkönyvek – ismeretlen módon meghatározott – effajta adatait.

g. Az ’Adatok’ munkalap DP oszlopában a kazánformulával számított SKELL legkisebb falvastagság szerepel. A DO oszlopba importálva láthatók azok az SKELL* adatok, amelyeket a gépkönyvekben megadott „szilárdságilag szükséges” adatok alapján mint alternatíva figyelembe vehetőnek tartunk. Megjegyezzük, hogy a kazánformulával számolt SKELL értékek a 2000 mm átmérőjű tartályok 8 mm vastag lemezeire (45 tartály a 67-ből) mindig nagyobbak, a 10 mm (18 db), 12 mm (2 db) és 20 mm (2 db) vastag lemezekre mindig kisebbek, mint az SKELL* értékek.

h. Az ’Adatok’ munkalapon a J oszlopba beszúrtuk a MÉG* jelölésű adatot, amely az imént, a 3.3.g) szakaszban említett SKELL* paraméter figyelembe vétele esetére adja meg a MÉG* maradék élettartamot. Ez csak egy tájékoztató adat, amely arra szolgál, hogy ha egy hiteles „szilárdságilag szükséges falvastagság” adat található egy tartályról az alapján is meg lehet becsülni a maradék élettartamot.

3.4. A ’GYARTO’ munkalapon jelenleg a 4. táblázatban megadott gyártók vannak programozva, de természetesen újabb gyártók hozzáadása is lehetséges:

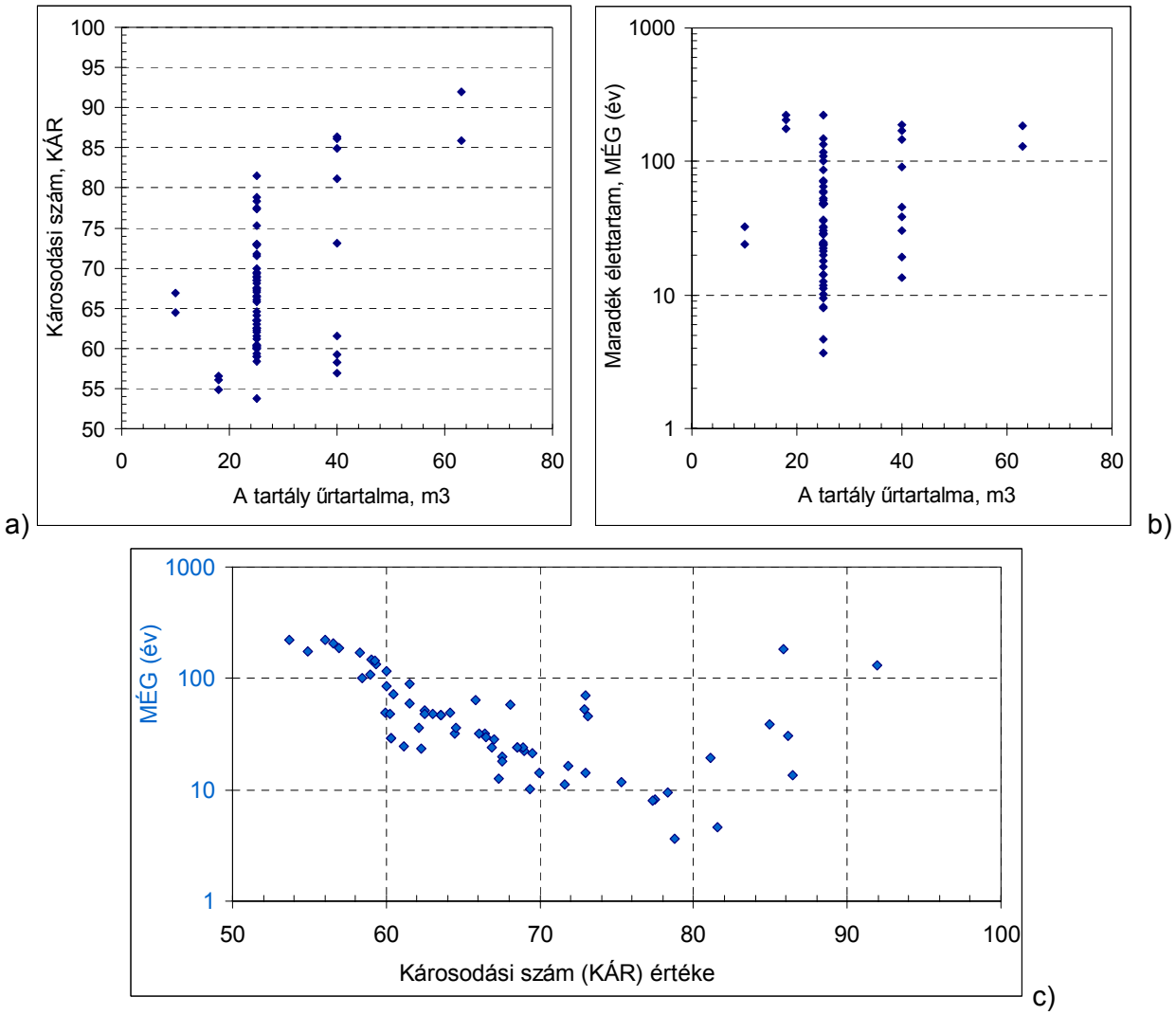
Április 4 Gépgyár
BKG
BVG
Deltagáz
Ermert
FMF
Gönczi és Fia
HIGH-TECH
Kramer
SVG
TGM Tabi Gépgyár
Thyssen
Total
Uniwatt
VTSZ

4. táblázat – A nagy-KOR adatbázisban jelenleg szereplő gyártók

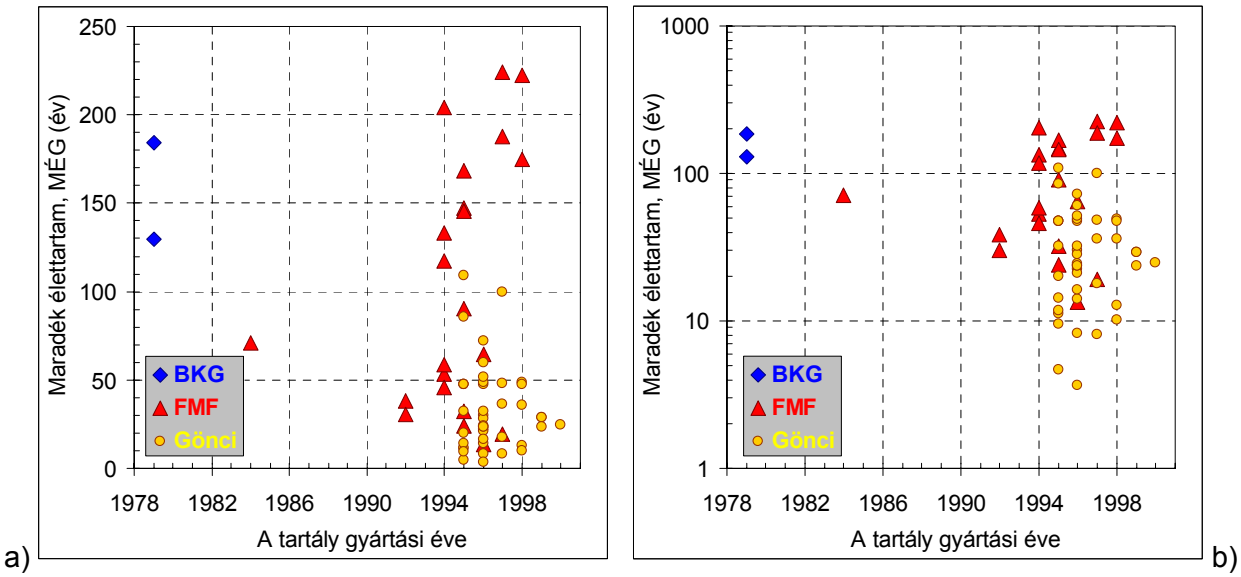
3.5. A ’Számítások’ munkalapon összefoglaltuk a *nagy-KOR* szakértői rendszerben végzett elemzéssel nyert releváns adatokat, és különféle statisztikai elemzéseket mutatunk be grafikonok segítségével. Az 5. táblázat összefoglalóan tartalmazza a 2011 augusztusában és szeptemberében megvizsgált nagytartályok fő károsodáselemzési jellemzőit: a műszaki adatok mellett a KÁR károsodási szám, a MÉG maradék élettartam, a RÉK relatív életkor és a DSUH – vagyis a mért falvastagságok eltérésintervalluma – értékeket. Pirossal kiemeltük a 11 évnél rövidebbnek becsült maradék élettartamú (MÉG < 11) tartályokat. A szakértői rendszerben nyert legjellegzetesebb adatokat grafikusan is ábrázoltuk, ezek a diagramok láthatók az 1–3. ábrán.

	Gyári sz.	m^3	*KÁR értéke*	Gyártási év	*MÉG értéke, év*	*RÉK értéke, %*	S0, mm	*DSUH, mm*
1.	8634	63	***85,8***	1979	***184,4***	*15,9*	20,0	*1,67*
2.	8635	63	***91,9***	1979	***129,8***	*21,1*	20,0	*2,25*
3.	22434	40	***84,9***	1992	***38,4***	*36,1*	12,0	*1,50*
4.	22435	40	***86,2***	1992	***30,3***	*41,8*	12,0	*1,76*
5.	22880	25	***72,9***	1994	***53,3***	*27,0*	10,0	*1,00*
6.	22881	25	***72,9***	1984	***71,0***	*29,5*	10,0	*0,63*
7.	22940	40	***73,2***	1994	***45,6***	*30,2*	10,0	*0,97*
8.	22963	25	***59,4***	1994	***133,5***	*12,9*	10,0	*0,28*
9.	22998	25	***60,0***	1994	***117,2***	*14,4*	10,0	*0,24*
10.	22999	25	***68,1***	1994	***58,5***	*25,2*	10,0	*0,72*
11.	23002	18	***56,6***	1994	***204,4***	*8,8*	10,0	*0,14*
12.	23704	25	***59,0***	1995	***147,4***	*11,3*	10,0	*0,19*
13.	23718	40	***61,5***	1995	***90,4***	*17,2*	10,0	*0,35*
14.	23720	40	***58,3***	1995	***168,6***	*10,0*	10,0	*0,25*
15.	23928	40	***59,2***	1995	***145,7***	*11,4*	10,0	*0,29*
16.	23930	10	***66,9***	1995	***24,0***	*43,9*	8,0	*0,30*
17.	23931	10	***64,5***	1995	***32,2***	*36,8*	8,0	*0,25*
18.	24627	40	***86,4***	1996	***13,5***	*56,8*	10,0	*0,30*
19.	24991	25	***65,8***	1996	***64,7***	*21,5*	10,0	*0,46*
20.	25348	40	***81,1***	1997	***19,3***	*46,5*	10,0	*1,14*
21.	25431	18	***56,1***	1997	***224,0***	*7,0*	10,0	*0,12*
22.	25509	40	***56,9***	1997	***187,9***	*8,2*	10,0	*0,14*
23.	25875	25	***53,7***	1998	***222,5***	*6,6*	10,0	*0,10*
24.	26071	18	***54,9***	1998	***174,9***	*8,3*	10,0	*0,12*
25.	953003	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,14*
26.	953004	25	***66,5***	1995	***32,2***	*36,8*	8,0	*0,21*
27.	953006	25	***67,6***	1995	***20,0***	*48,4*	8,0	*0,17*
28.	953007	25	***71,6***	1995	***11,2***	*62,6*	8,0	*0,22*
29.	953008	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,16*
30.	953009	25	***75,3***	1995	***11,9***	*61,3*	8,0	*0,46*
31.	953012	25	***59,0***	1995	***109,2***	*14,6*	8,0	*0,11*
32.	953014	25	***81,5***	1995	***4,7***	*80,1*	8,0	*0,58*
33.	953016	25	***60,0***	1995	***85,7***	*17,9*	8,0	*0,13*
34.	953017	25	***70,0***	1995	***14,2***	*56,9*	8,0	*0,20*
35.	953018	25	***63,5***	1995	***47,5***	*28,3*	8,0	*0,17*
36.	953036	25	***78,3***	1995	***9,5***	*66,5*	8,0	*0,57*
37.	963001	25	***69,0***	1996	***22,4***	*44,2*	8,0	*0,24*
38.	963002	25	***69,5***	1996	***21,2***	*45,6*	8,0	*0,28*
39.	963003	25	***66,5***	1996	***30,1***	*37,1*	8,0	*0,18*
40.	963006	25	***77,5***	1996	***8,2***	*68,4*	8,0	*0,42*
41.	963007	25	***67,0***	1996	***28,4***	*38,5*	8,0	*0,23*
42.	963008	25	***78,8***	1996	***3,6***	*83,0*	8,0	*0,26*
43.	963009	25	***73,0***	1996	***14,2***	*55,6*	8,0	*0,25*
44.	963014	25	***68,5***	1996	***23,7***	*42,8*	8,0	*0,20*
45.	963017	25	***66,0***	1996	***32,0***	*35,6*	8,0	*0,22*
46.	963018	25	***71,8***	1996	***16,3***	*52,1*	8,0	*0,37*
47.	963019	25	***60,5***	1996	***72,3***	*19,7*	8,0	*0,14*
48.	963022	25	***61,5***	1996	***60,0***	*22,8*	8,0	*0,14*
49.	963024	25	***63,0***	1996	***47,8***	*27,1*	8,0	*0,17*
50.	963025	25	***68,9***	1996	***24,2***	*42,3*	8,0	*0,33*
51.	963033	25	***64,2***	1996	***48,7***	*26,7*	8,0	*0,16*
52.	963034	25	***62,5***	1996	***51,4***	*25,7*	8,0	*0,12*
53.	963035	25	***68,5***	1996	***23,7***	*42,8*	8,0	*0,23*
54.	973012	25	***67,6***	1997	***17,9***	*48,3*	8,0	*0,15*
55.	973017	25	***62,5***	1997	***48,0***	*25,9*	8,0	*0,18*
56.	973018	25	***58,4***	1997	***99,8***	*14,4*	8,0	*0,10*
57.	973019	25	***64,5***	1997	***36,2***	*31,6*	8,0	*0,15*
58.	973020	25	***77,4***	1997	***8,0***	*67,5*	8,0	*0,42*
59.	983008	25	***62,1***	1998	***35,9***	*30,5*	8,0	*0,18*
60.	983016	25	***67,3***	1998	***12,7***	*55,4*	8,0	*0,19*
61.	983025	25	***59,9***	1998	***48,9***	*24,3*	8,0	*0,17*
62.	983030	25	***60,2***	1998	***47,6***	*24,9*	8,0	*0,18*
63.	983031	25	***69,4***	1998	***10,1***	*60,9*	8,0	*0,19*
64.	993013	25	***60,3***	1999	***29,0***	*33,7*	8,0	*0,14*
65.	993017	25	***60,3***	1999	***29,0***	*33,7*	8,0	*0,19*
66.	993030	25	***62,3***	1999	***23,4***	*38,6*	8,0	*0,27*
67.	20003017	25	***61,1***	2000	***24,9***	*35,6*	8,0	*0,21*

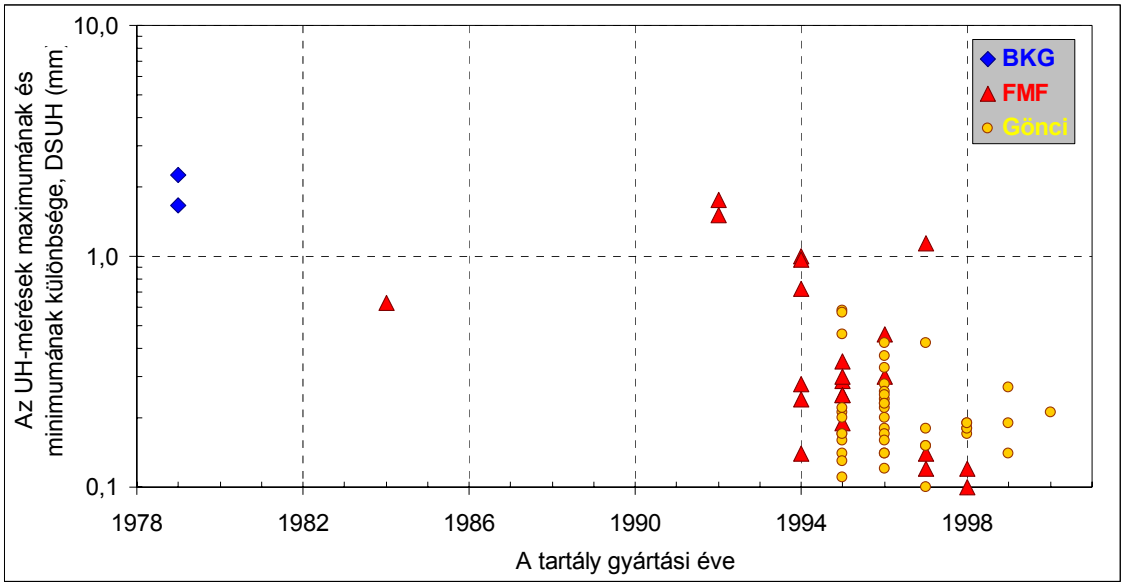
5. táblázat – A megvizsgált nagytartályok fő jellemzői; pirossal a 11 évnél rövidebbnek becsült maradék élettartamú tartályok; a DSUH értékek a mért falvastagságok eltérésintervallumai



4. ábra – A KÁR károsodási szám (a) és a MÉG maradék élettartam (b) értékei a tartályok űrtartalma függvényében, illetve e két rendszerparaméter kapcsolata (c)



5. ábra – A becsült maradék élettartam a gyártási év függvényében decimális skálán(a) és logaritmikus skálán (b) bemutatva. A diagram a gyártók szerinti megoszlást is mutatja



6. ábra – Az ultrahangos falvastagságmérésekkel mért legnagyobb és legkisebb érték különbsége; a diagram a gyártási év és a gyártók szerinti megoszlást is mutatja

3.6. A diagramokat értékelve a következő összefüggéseket emeljük ki mint szembeötlő jellegzetességek:

a. Az 1.a ábrához: két olyan űrméretcsoport van csak a 67 db-os mintában, amelynek a megoszlása statisztikailag értékelhető. A 25 m^3-es tartályok károsodási mértéke egyenletesen oszlik meg, míg a 40 m^3-es tartályoké érdekes módon a KÁR-szám intervallumának szélein helyezkedik el.

b. Az 1.b ábrához: a MÉG maradék élettartamra is érvényes az előző pontban említett jellegzetesség, de ami igazán kiemelendő, az az, hogy a legrövidebb maradék élettartamú tartályok kivétel nélkül a 25 m^3-es csoportba tartoznak, és amint ez az 5. táblázatból kitűnik, mindegyik Gönci-tartály.

c. Az 1.c ábrához: a diagram azt demonstrálja, hogy a KÁR károsodási szám és a MÉG maradék élettartam mint a *nagy-KOR* két alapvető rendszerparamétere milyen szorosan korrelálnak egymással. Ebből sorból csak a két 63 m^3-es és 20 mm vastag lemezből gyártott tartály „lóg ki”.

d. A 2. ábra mindkét diagramja ugyanazt az összefüggést jeleníti meg azzal az eltéréssel, hogy a b) ábrán a MÉG értékek logaritmikus skálán láthatók azért, hogy a MÉG < 50 év adatok jobban széthúzva legyenek láthatók. Szembeötlő az FMF- és a Gönci-tartályokra kapott egyértelmű eltérés a MÉG vonatkozásában, de azonnal le kell szögezni, hogy ennek az a fő oka, hogy az FMF-tartályok 10 mm-es, a Gönci-tartályok pedig 8 mm-es lemezből készültek.

e. Az egyes gyártók tartályai közötti összehasonlítást nem lehet a 3. ábra nélkül rendesen elvégezni; ez az ábra ugyanis az ultrahangos mérések során észlelt legnagyobb eltéréseket szemlélteti; ebben a tekintetben már nincs markáns eltérés a gyártók között. Azt viszont észre kell venni, hogy kb. 20 éves életkortól kezdve a belső korrózió egyenetlensége már 1–2 mm különbséget is képes okozni.

4. Összegzés és javaslatok

A kutató-fejlesztő munka célkitűzéseinek megfelelően a PÉBÉ-COOP Kft.-vel és a velünk együttműködő ÁEF Laboratórium Kft.-vel közösen elvégeztük az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű pébégáztartályok állapotfelmérését. Ennek alapján kidolgoztuk a károsodási mértékek és a maradék élettartamok becslésére alkalmas szakértői rendszert, amelyek leglényegesebb következtetéseit az alábbiakban foglaljuk össze.

4.1. A nagytartályok állapotát meghatározó tényezők elemzésével kidolgoztuk a nagy űrméretű pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerét, az ún. *nagy-KOR*-t, amely egy olyan szakértői rendszer, amely alkalmas a károsodási szint – másként veszélyeztetettségi szint – és a maradék élettartam becslésére.

4.2. A *nagy-KOR* elnevezésű szakértői rendszer első megközelítésben *az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű, cseppfolyós propán vagy bután gázt és ezek elegyeit tartalmazó, föld feletti üzemű acéltartályokra* vonatkozik. Fontos azonban kiemelni, hogy a jelen formájában már 2010 óta üzemelő KOR szakértői rendszer kiterjesztéséről van szó, így tehát az abban kezelt, 5 m^3-nél nem nagyobb pébégáztartályok együttes kezelésére is alkalmas.

4.3. A szakértői rendszer a jelen formájában egy önálló elektronikus adatbázisként működik, és feltöltöttsége alapján 67 db, 5 m^3-nél nagyobb pébégáztartály pébégáztartály adatait kezeli. Ez az állományi létszám tetszőlegesen bővíthető: kiterjeszthető úgy a jövőben gyártott, mint a jelenleg is üzemelő vagy/és felújításra váró tartályokra.
Javasoljuk a Tisztelt Megbízónak, hogy ezt az adatbázist és a saját adatbázisait hozza közös platformra, és illessze be a pébégáztartályok időszakos ellenőrzéseinek rendszerébe.

4.4. A nagytartályok körében is átfogó adatgyűjtést, értékelést és állapotfelmérést végeztünk a föld felett üzemelő tartályok 67 elemű csoportján a tartályok állapotának és károsodási mechanizmusainak általános jellemzésére. Megállapítottuk, hogy a meghatározó károsodási folyamatok azonosak a kis űrméretű tartályokon észleltekkel: a belső korrózió egyenletes, a külső korrózió egyedileg jól követhető, falvastagság-csökkenéssel járó külső mechanikai sérülést pedig nem észleltünk.
Egyéb mechanikai leromlási folyamat – pl. kifáradás, elridegedés, öregedés stb. – érdemlegesen nem károsítja a tartályokat.

4.5. A károsodási osztályozási rendszer alkalmas a maradék élettartam becslésére. A becslés alapját a mért lemezvastagsági adatok és a korróziós károsodási folyamat sebességének a mérési adatokon alapuló becslése képezi.

4.6. A pébégáztartályok *időszakos és rendkívüli ellenőrzésére szolgáló* felülvizsgálati módszereket illetően az itt ismertetett vizsgálatok újfent igazolták a következőket:

a. A hidraulikus (víz közeggel végzett) nyomáspróba nem szolgáltat semmilyen érdemleges információt. A hidraulikus nyomáspróba során a tartályokba bevitt víz nem távolítható el maradéktalanul még szárítással sem. Emiatt a víz a belső korrózió meghatározó korróziós ágense lesz az egyébként nem korrozív hatású töltetben. A hidraulikus nyomáspróba ennek folytán a belsőkorróziós folyamat előidézőjévé és gyorsítójává válik.

b. Tehát a hidraulikus nyomáspróbát súlyos tartálykárosító hatású eseménynek kell tekinteni. Az időszakos ellenőrzésnél a hidraulikus nyomáspróba beszüntetését javasoljuk.

c. A hidraulikus nyomáspróba mellőzésére a jogszabályi lehetőség eddig is adott volt: a 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelményeket tartalmazó „Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata” című dokumentum (2007. február 27.) V. rész 3.3.1. szakasza alapján.
A 273/2009. (2009. XII. 3.) Korm. Rendelet lehetőséget teremtett a 10 m^3-nél kisebb űrtartalmú pébégáztartályok belső szerkezeti vizsgálatának a KOR szakértői rendszerrel való elvégzésre. Álláspontunk szerint az annak alapelvén most kifejlesztett módszer, a *nagy-KOR* szakértői rendszer a nagytartályok esetében is teljes mértékben helyettesítheti a korábban alkalmazott módszereket.

d. A saját közeggel – tehát pébégázzal vagy földgáz közeggel – végzett akusztikus emissziós vizsgálatot, nyomáspróbát értékelve ismételten hangsúlyozzuk azt a tapasztalatunkat, hogy az akusztikus emissziós vizsgálat érzéketlen még az igen durva és nagy kiterjedésű hibák

érzékelésére is. Emiatt ezt az ún. pneumatikus nyomáspróbával kombinált akusztikus emissziós vizsgálatot szilárdsági ellenőrzésre eredménytelennek és szükségtelennek tartjuk.

4.7. A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése megbízhatóságának növelésére kidolgozott tartálydiagnosztikai és állapotértékelési eljárás lényeges jellemzői a következők:

a. A *nagy-KOR* meghatározza az egyes tartályok vagy azok csoportjai károsodási, veszélyeztetettségi szintjét. Ez alapján felállítja az időszakos ellenőrzésre javasolt tartályok vizsgálatának „sürgősségi" sorrendjét, és megadja az egyes tartályok becsült maradék élettartamát.

b. A *nagy-KOR* ultrahangos falvastagságmérést ír elő a tartály kritikus pontjain. Ezek kiválasztása a PÉBÉ-COOP Kft. munkautasításaiban pontosan meghatározott, és általunk megfelelőnek értékelt protokoll szerint történik. Az ultrahangos vizsgálat eredményei bekerülnek a károsodási osztályozási rendszerbe, és ez alapján folyamatosan pontosabbá válik a maradék élettartam becslése az adott tartályokra és a teljes statisztikai mintára egyaránt.

c. A *nagy-KOR* rendszer és a hozzá kapcsolódó vizsgálati metodika megbízható becslést ad a nyomástartó edények károsodottságának, veszélyeztetettségének mértékére és maradék élettartamára. Ezzel lényegesen hitelesebb eredményt ad, mint a hidraulikus vagy az akusztikus emissziós vizsgálattal kapcsolt pneumatikus nyomáspróba.
A *nagy-KOR* szakértői rendszer szakmailag feltétlenül megbízhatóbb eredményt ad az említett eljárásoknál, ezért jól alkalmazható a tartályok időszakos ellenőrzésének minden változatánál, és különösen alkalmas az üzemelő tartályok estében a szilárdsági nyomáspróbák és a belső szerkezeti vizsgálat helyettesítésére.

d. A KOR és a *nagy-KOR* szakértői rendszeren alapuló tartályvizsgálati eljárás tartálykárosító hatásoktól mentes.

4.8. A maradék élettartam becslésére kidolgozott szakértői rendszer mérési adatokkal való folyamatos feltöltését, illetve az újabb szakmai tapasztalatok alapján való folyamatos fejlesztését célszerűnek tartjuk. Az előző pontban említett mérések eredményei folyamatosan beépülve a károsodási osztályozási rendszerbe annak osztályozási és becslési pontosságát is növelik. Az ezzel kapcsolatos feladatok végrehajtásában készen állunk a PÉBÉ-COOP Kft.-vel való hosszú távú együttműködésre.

4.9. A 2016–2017-ben elvégzett felszakítási vizsgálatok tapasztalatai alapján a falvastagságmérési pontok helyét és számát optimalizálni lehet: a mérések helye a külső és a belső korrózióval fenyegetett helyekre kell, hogy összpontosuljon, tehát a köpeny felső és alsó alkotójának környezetére, valamint a külső korrózió jól látható helyeire. Szükségtelen mérni a köpenylemez oldalain és a domború fenekeken.

Melléklet a szakmai zárójelentéshez

A megvizsgált tartályok állapotának bemutatása a helyszíni állapotfelmérésen készített fényképeken

A pébégáztartályok
károsodási osztályozási rendszerének (KOR)
kiterjesztése az 5 m^3-nél nagyobb űrméretű tartályokra

készült a

PÉBÉ-COOP
Gázipari Fejlesztő Forgalmazó és Gyártó Kft.
részére

Gyári szám: 8634 # Űrtartalom: 63 m^3 # Felállítás helye: Halmajugra

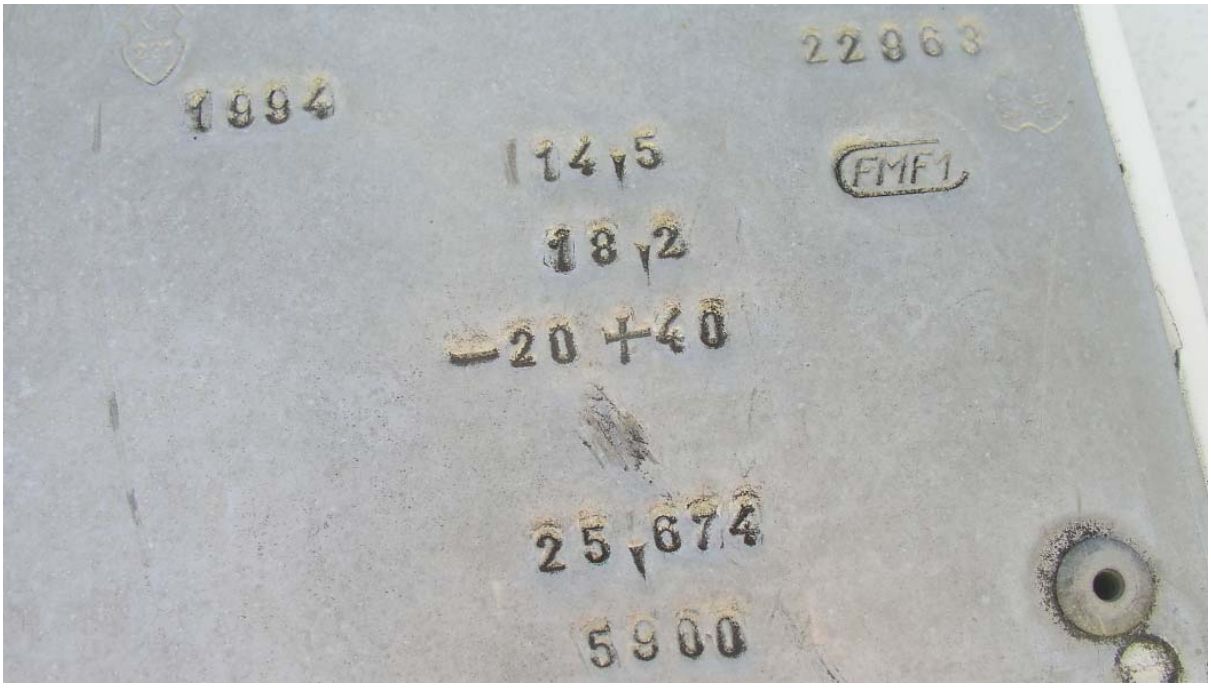
Gyári szám: 8635 # Űrtartalom: 63 m3 # Felállítás helye: Halmajugra

Gyári szám: 22880 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Debrecen

Gyári szám: 22881 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Debrecen

Gyári szám: 22940 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Egyek

Gyári szám: 22963 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Lad



Gyári szám: 22998 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Debrecen

Gyári szám: 22999 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Tótvázsony

Gyári szám: 23002 # Űrtartalom: 15 m3 # Felállítás helye: Esztergom

Gyári szám: 23704 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hódmezővásárhely

Gyári szám: 23718 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Pocsaj

Gyári szám: 23720 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Lenti

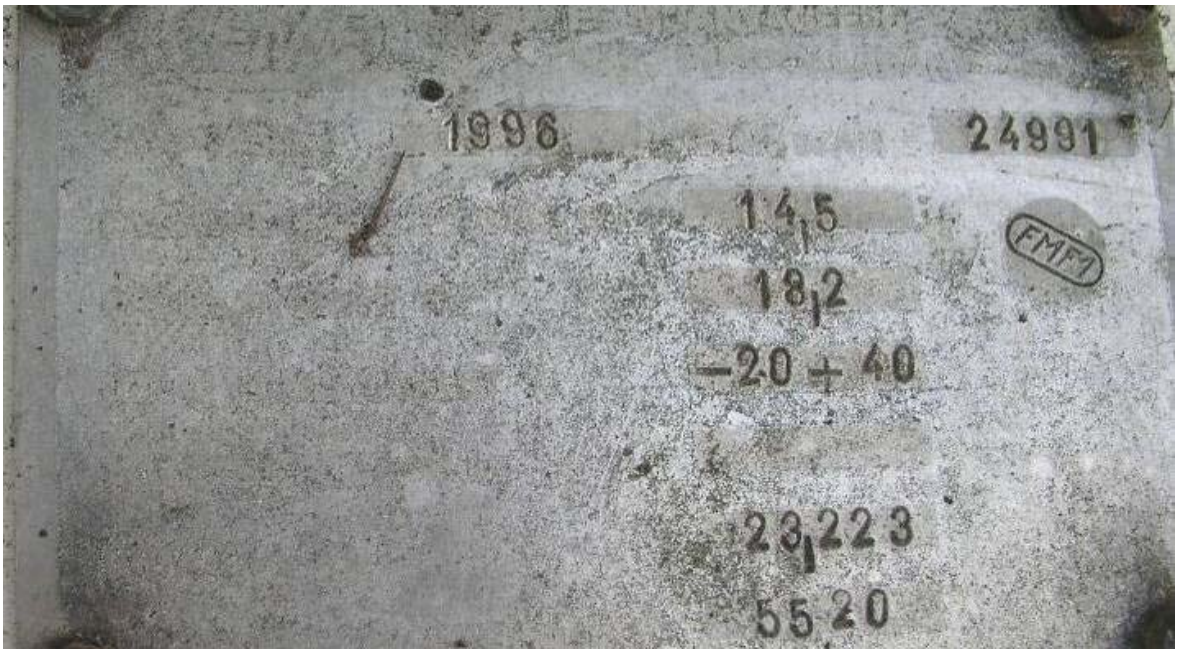
Gyári szám: 23928 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Andocs

Gyári szám: 23930 # Űrtartalom: 10 m3 # Felállítás helye: Budapest, IV. kerület

Gyári szám: 23931 # Űrtartalom: 10 m3 # Felállítás helye: Budapest, IV. kerület

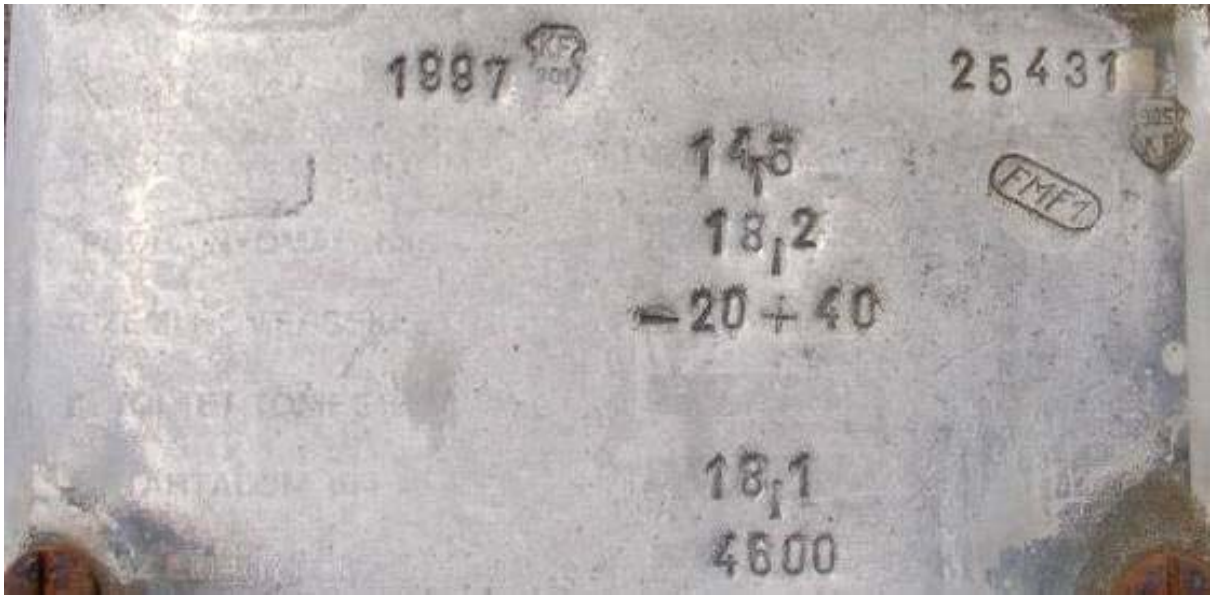
Gyári szám: 24627 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Felsőszentmárton

Gyári szám: 24991 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Tiszafüred – Tiszaszőlős



Gyári szám: 25348 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Dunaújváros

Gyári szám: 25431 # Űrtartalom: 18 m3 # Felállítás helye: Lesencetomaj



Gyári szám: 25504 # Űrtartalom: 63 m^3 # Felállítás helye: Hercegszántó

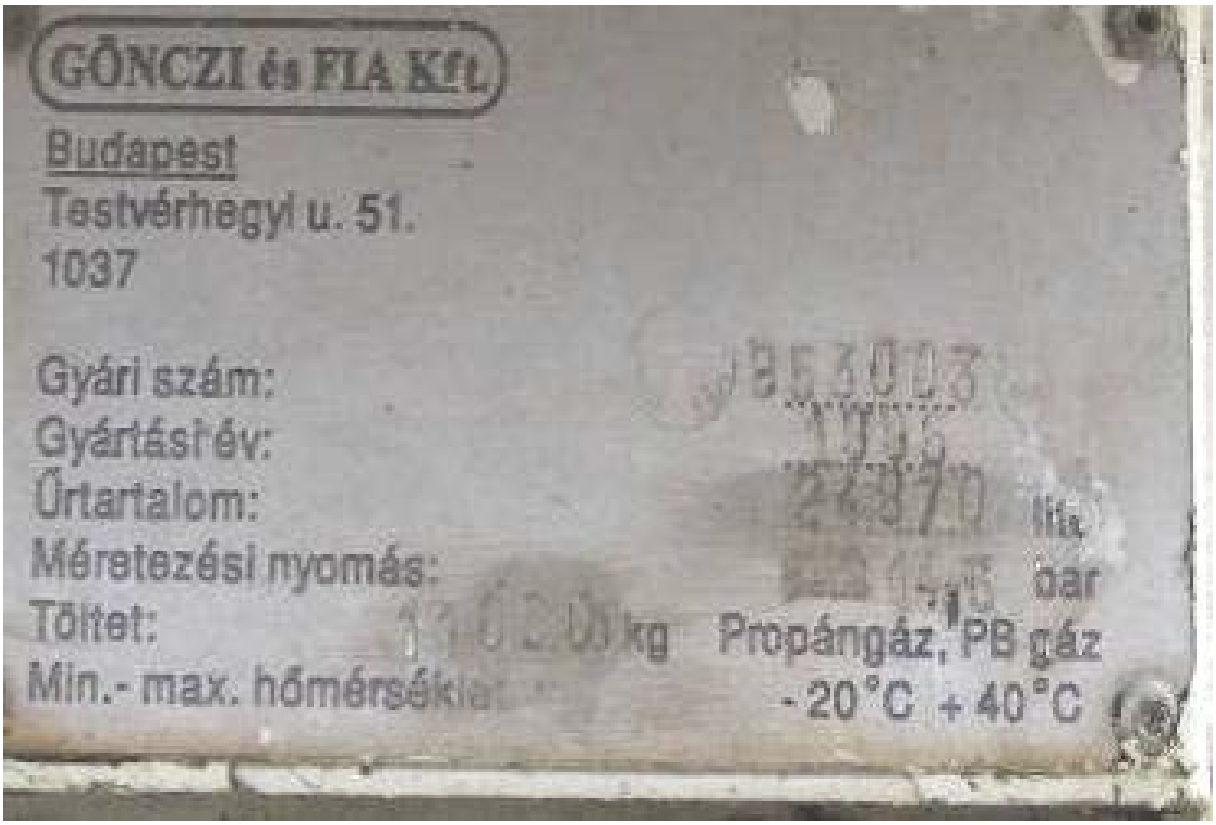
Nem készült fénykép a tartályról

Gyári szám: 25509 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Gyomaendrőd – Gyoma

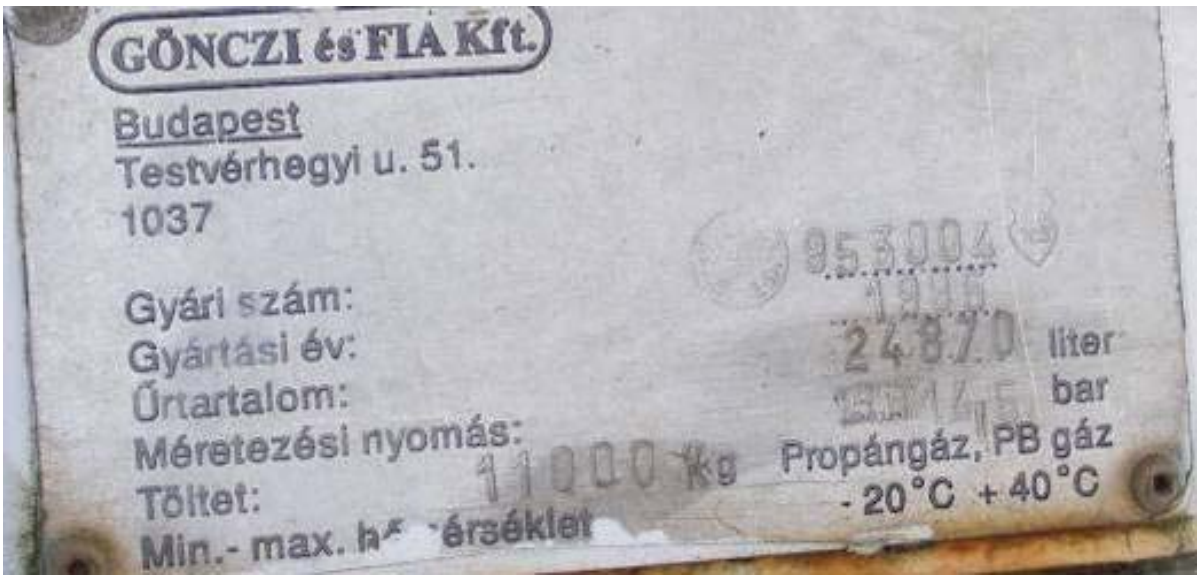
Gyári szám: 25875 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Tótvázsony

Gyári szám: 26071 # Űrtartalom: 15 m3 # Felállítás helye: Kőkút

Gyári szám: 953003 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Tét

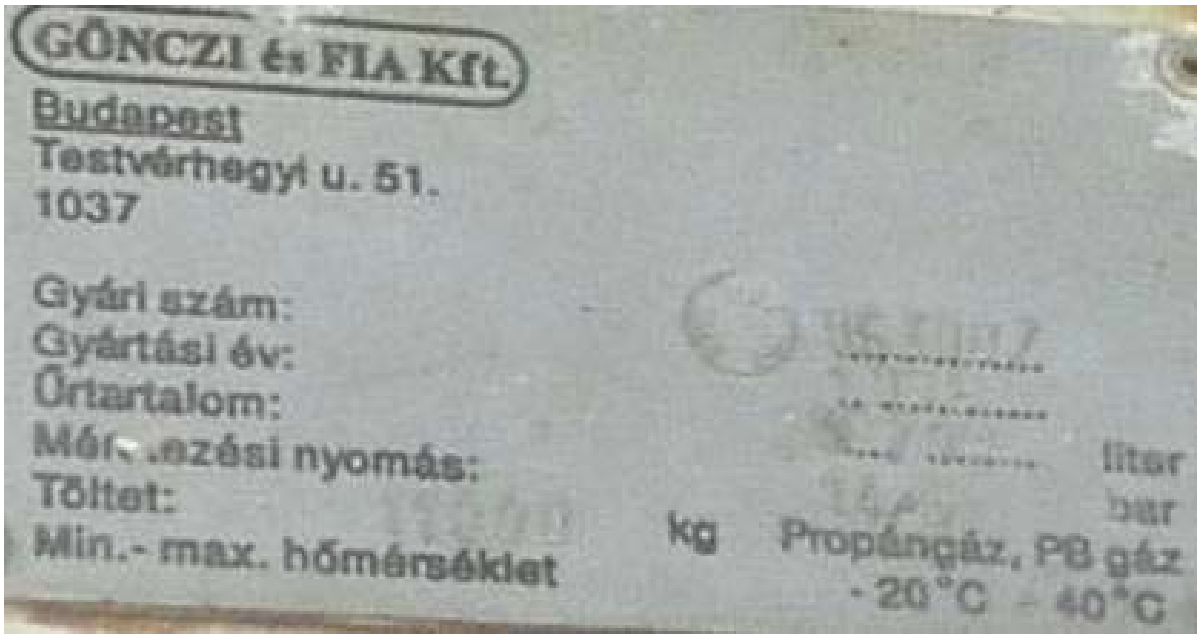


Gyári szám: 953004 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Jánosháza

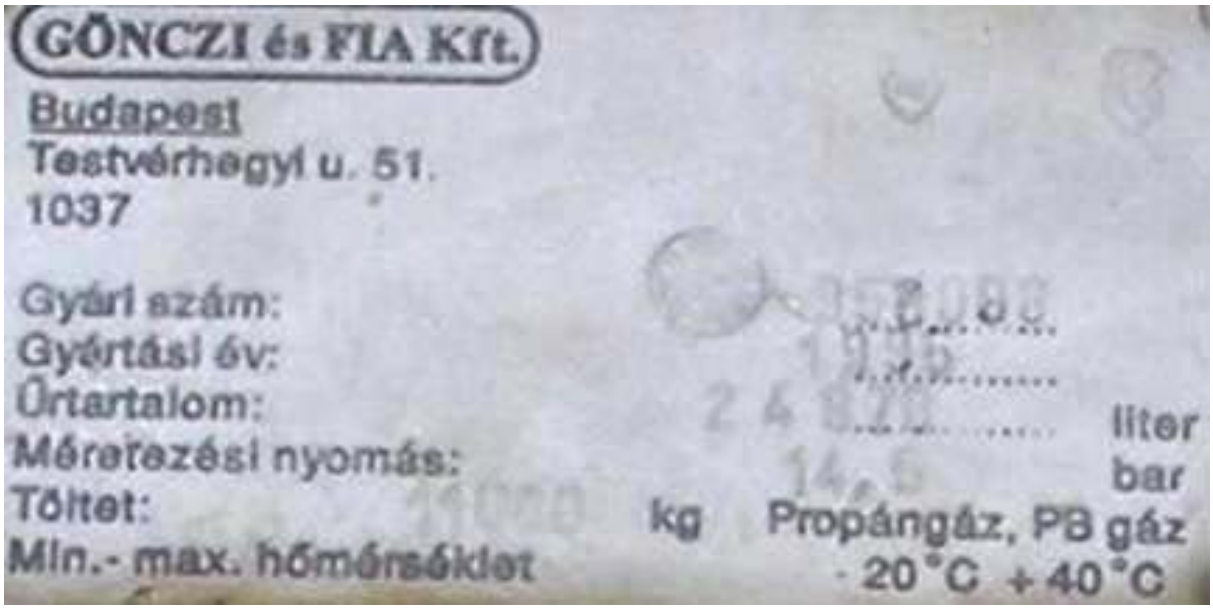


Gyári szám: 953006 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Katymár

Gyári szám: 953007 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Katymár



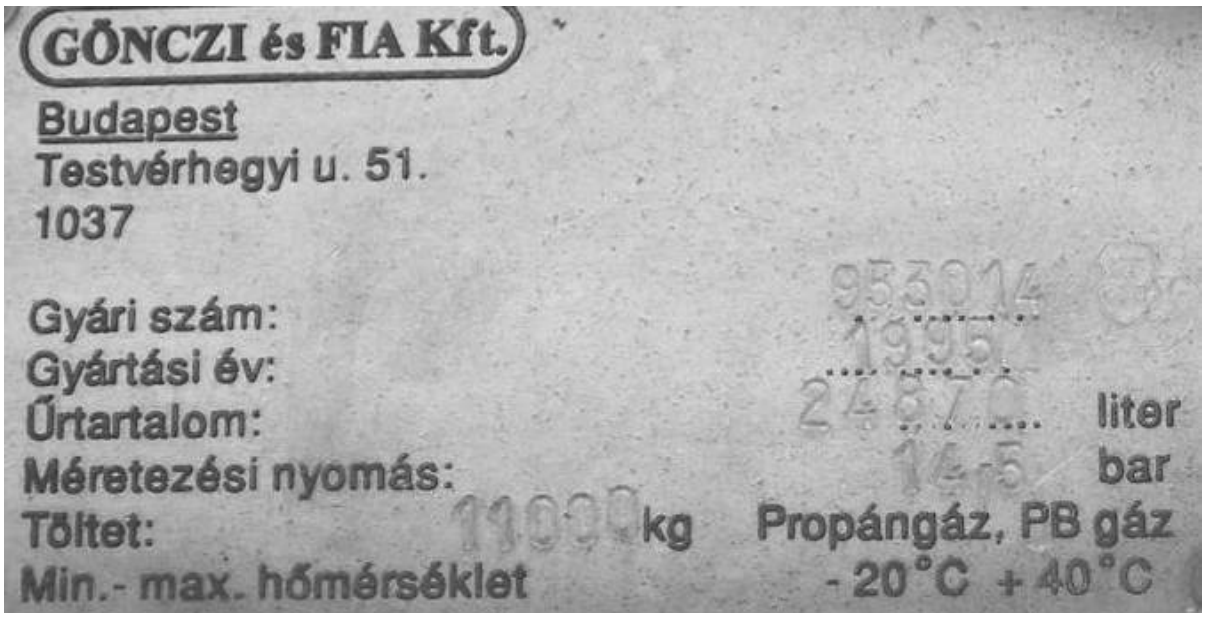
Gyári szám: 953008 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Lázi



Gyári szám: 953009 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Magyaralmás

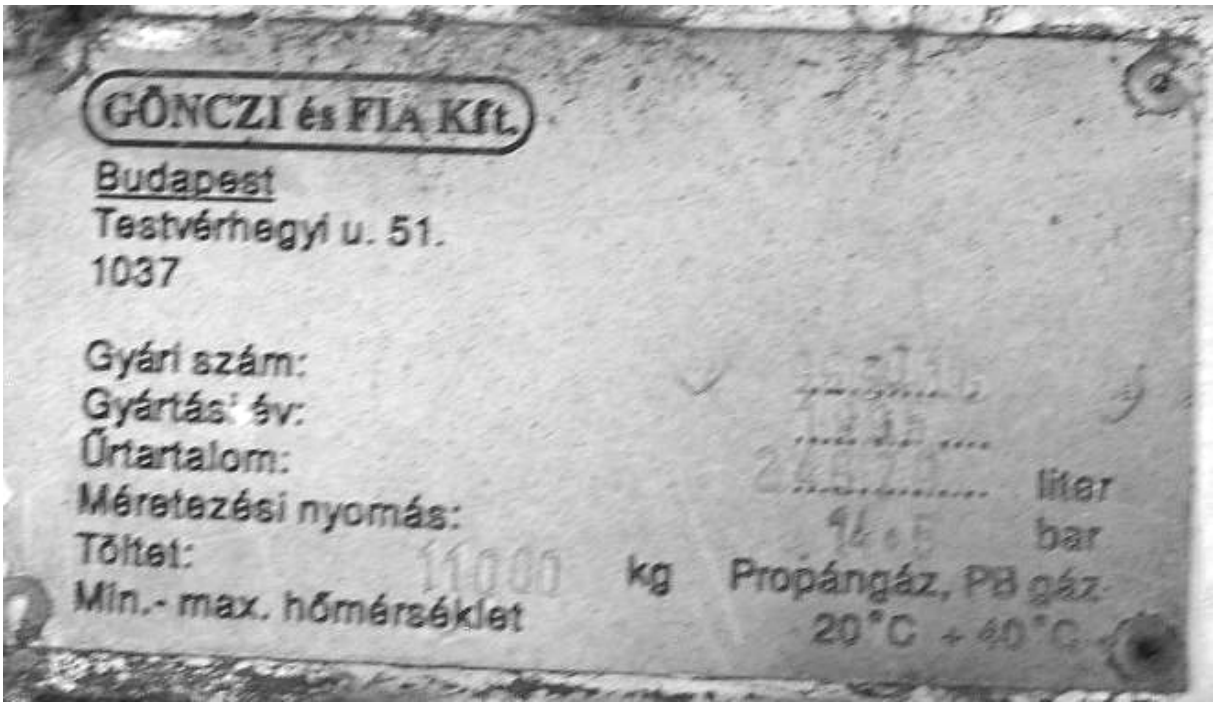
Gyári szám: 953012 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Ács

Gyári szám: 953014 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Ács



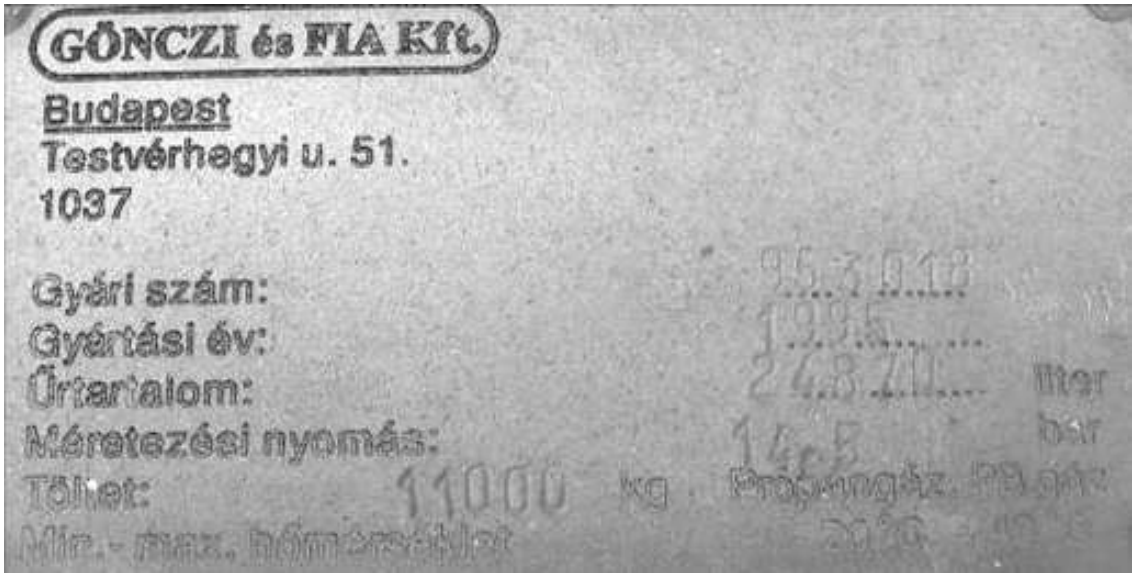
Gyári szám: 953016 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Cibakháza

A zöld jelölések nem a mi jelöléseink, valószínűleg az előző mérésről maradt rajta



Gyári szám: 953017 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hosszúpereszteg

Gyári szám: 953018 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Kiskőrös

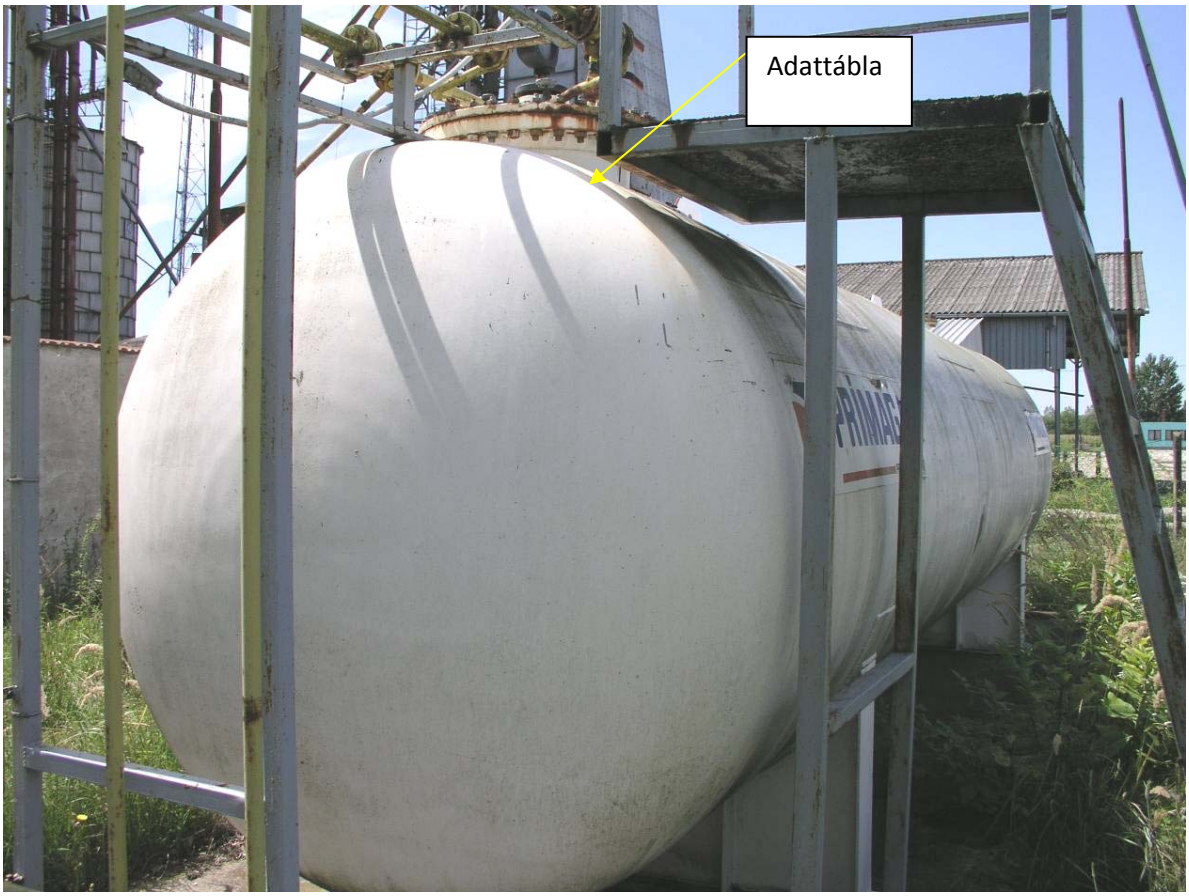


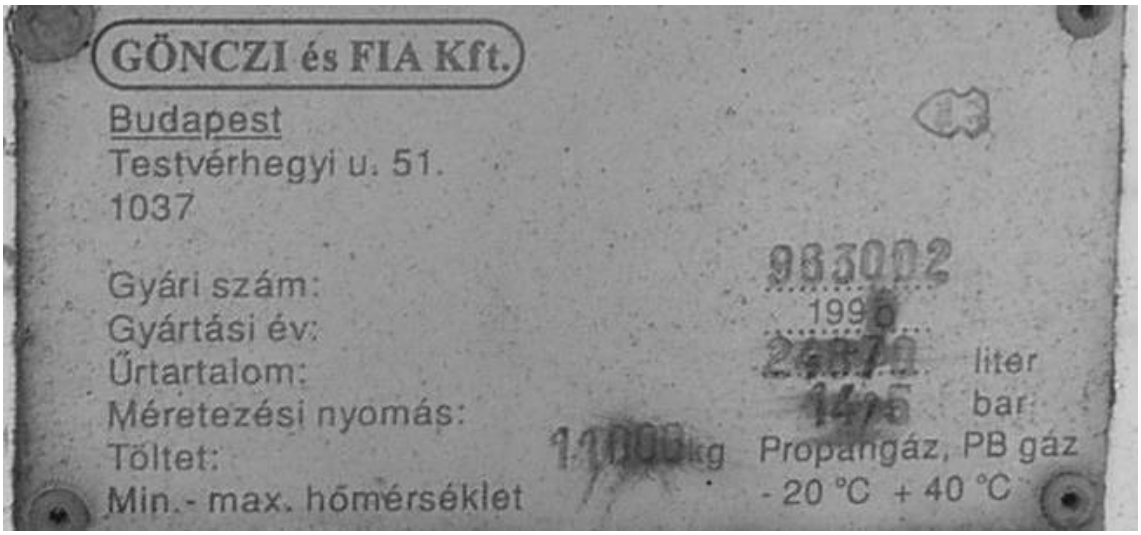
Gyári szám: 953036 # Űrtartalom: 25 m^3 # Felállítás helye: Csabacsűd

Nincs kép

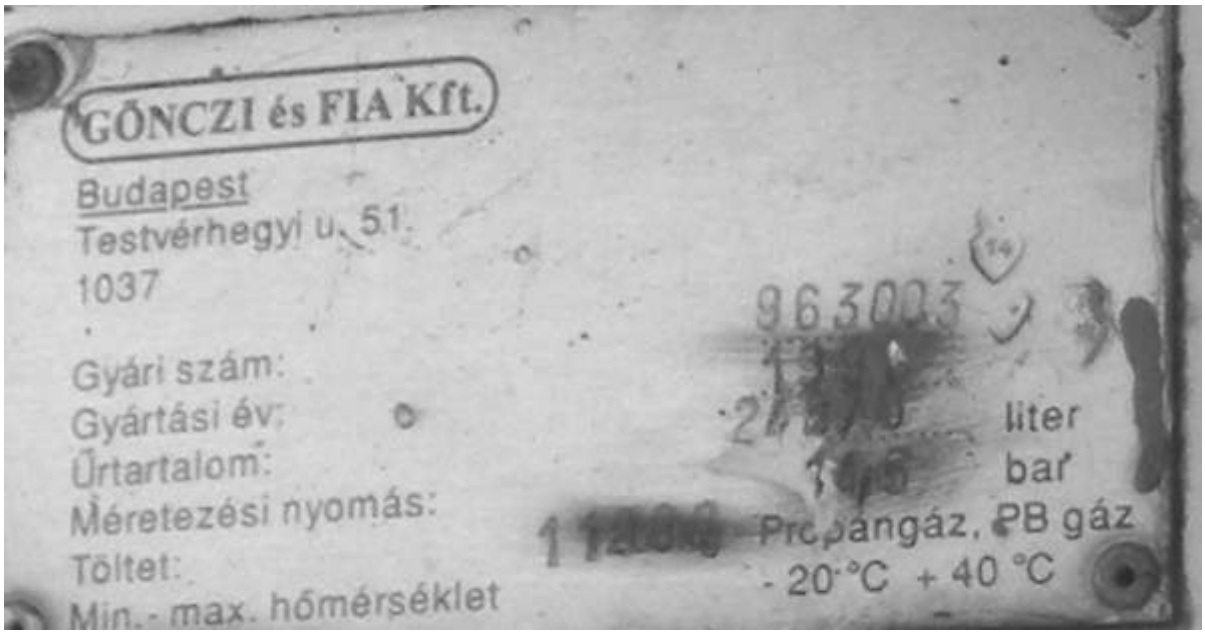
Gyári szám: 963001 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Medgyesegyháza

Gyári szám: 963002 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Nagybaracska

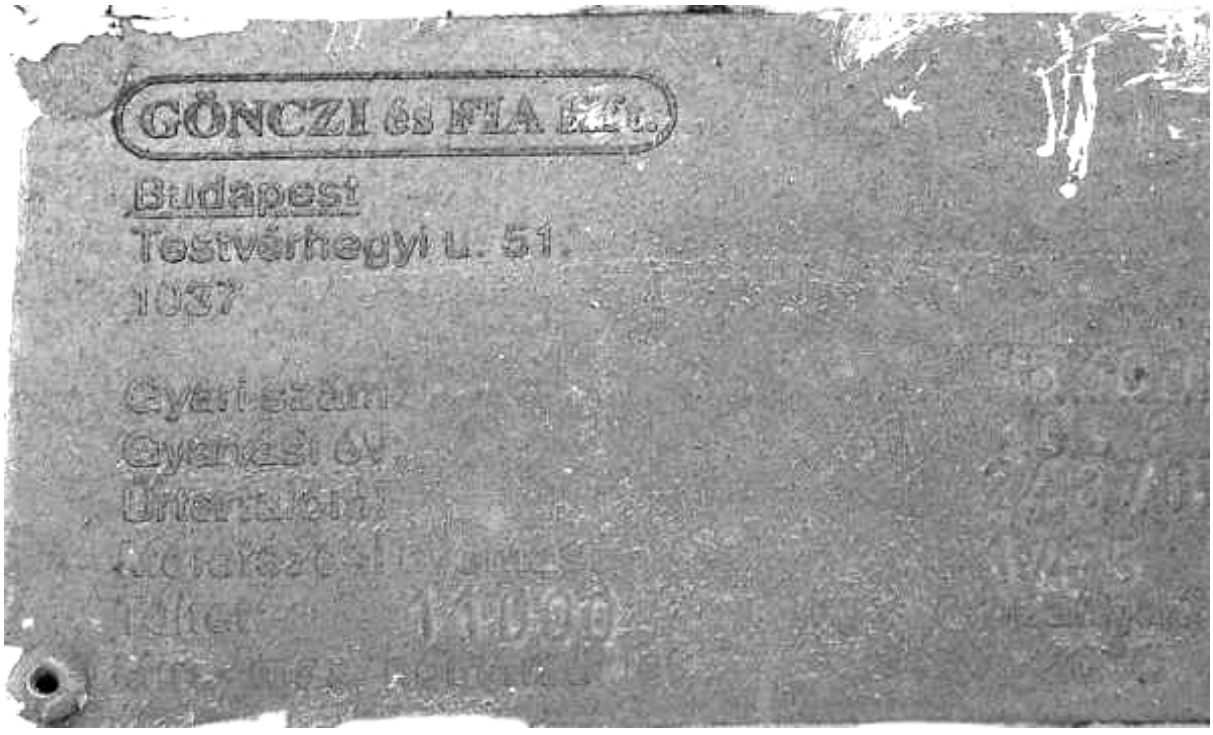




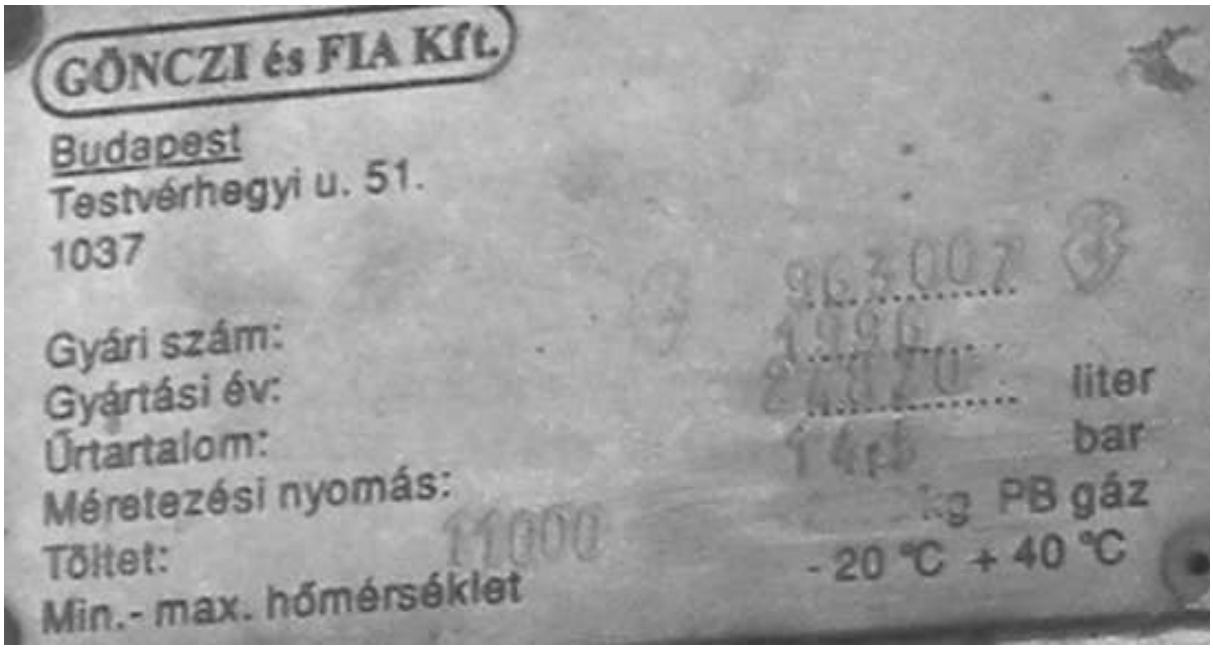
Gyári szám: 963003 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Körösladány



Gyári szám: 963006 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Kaposvár

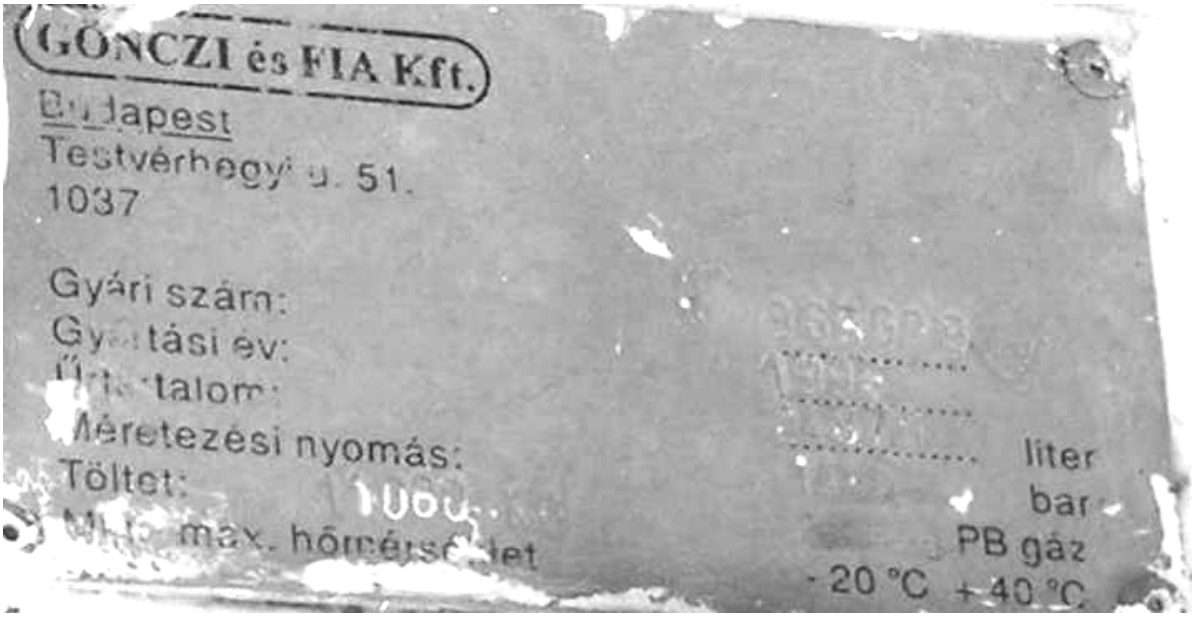


Gyári szám: 963007 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Körösladány



Gyári szám: 963008 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Nagybaracska

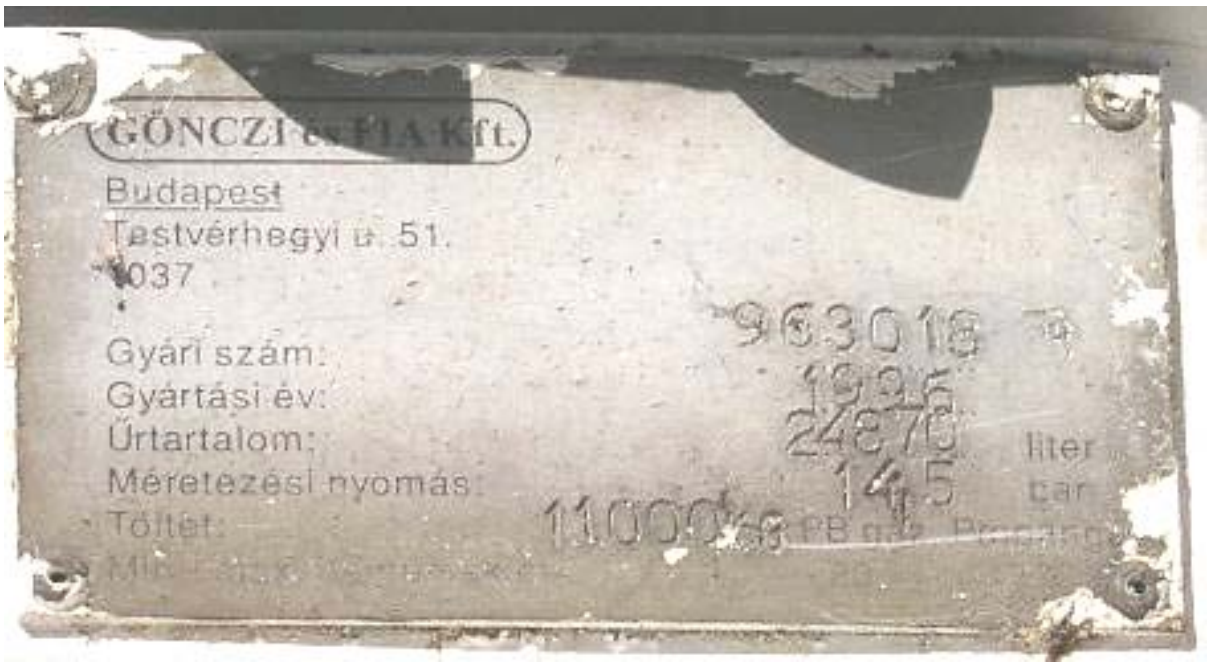
Gyári szám: 963009 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Békés



Gyári szám: 963014 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Doboz

Gyári szám: 963017 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Gárdony - Agárd

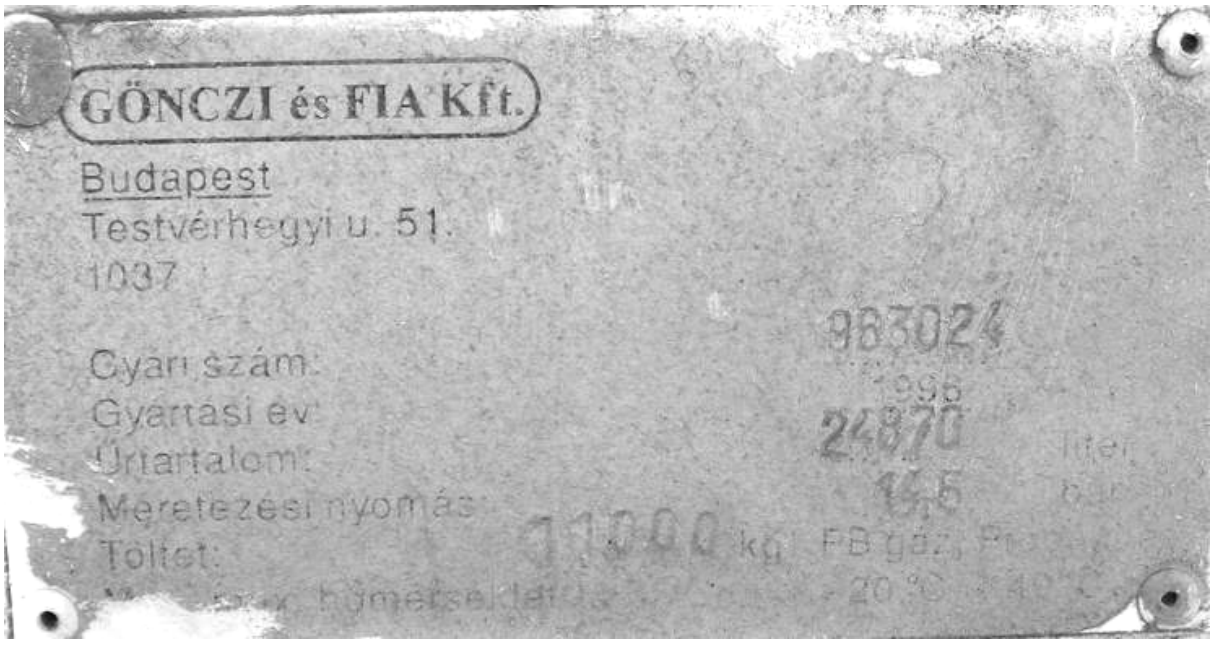
Gyári szám: 963018 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Szarvas



Gyári szám: 963019 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Vasvár

Gyári szám: 963022 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Csesztreg

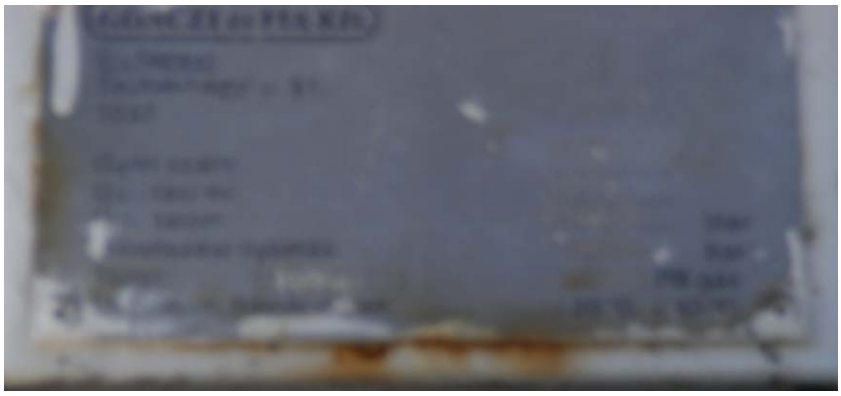
Gyári szám: 963024 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Jánosháza



Gyári szám: 963025 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Polgárdi

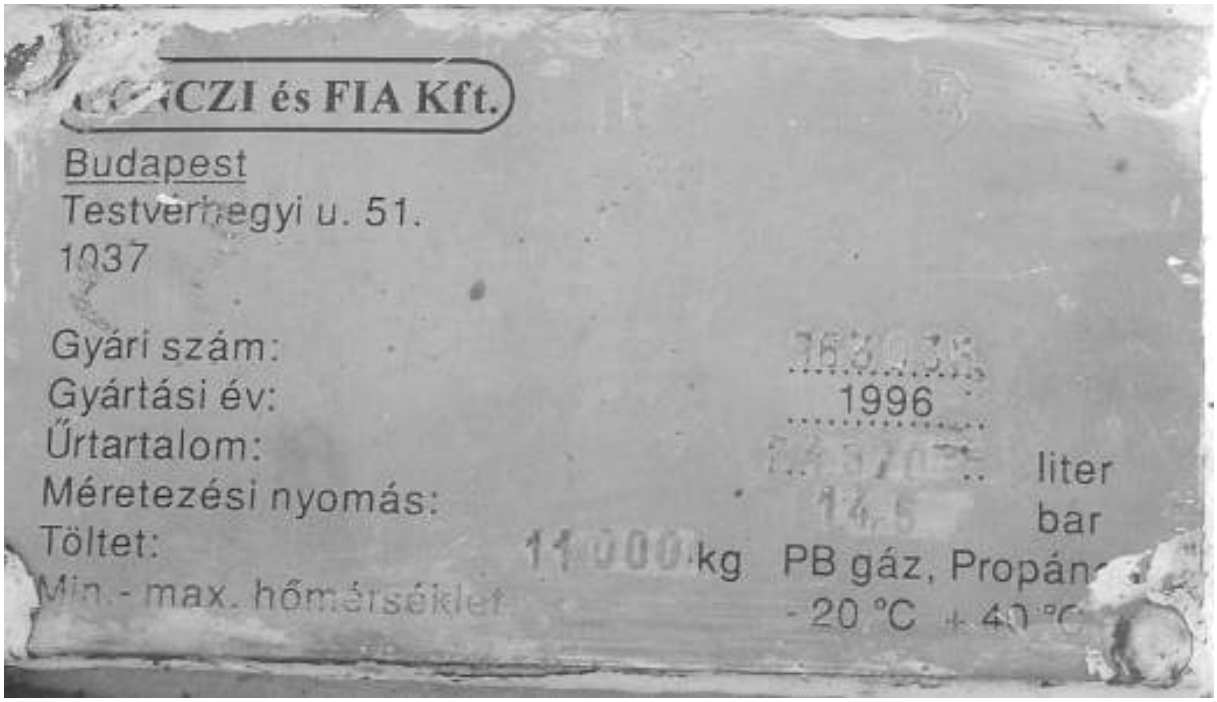
Gyári szám: 963033 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Gyomaendrőd – Endrőd

Homályos a kép az adattábláról



Gyári szám: 963034 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Csákvár

Gyári szám: 963035 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Magyarcsanád

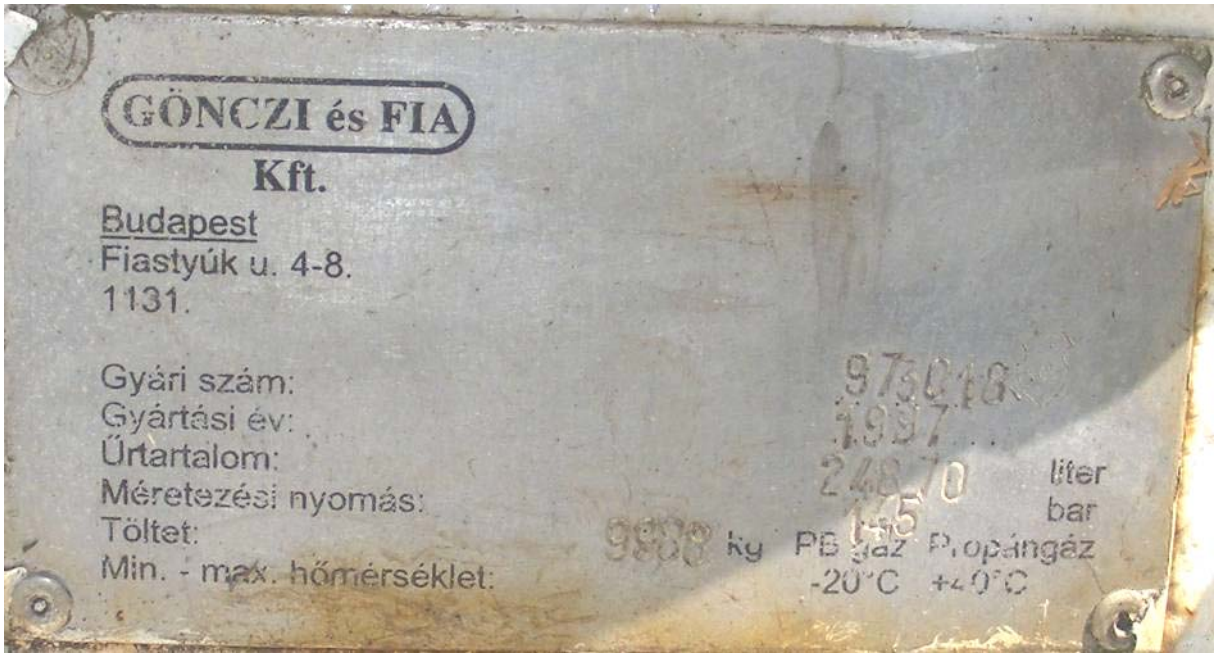


Gyári szám: 973012 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Ebes

Nincs kép az adattábláról

Gyári szám: 973017 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Győr

Gyári szám: 973018 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hosszúhetény



Gyári szám: 973019 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Rábakecöl

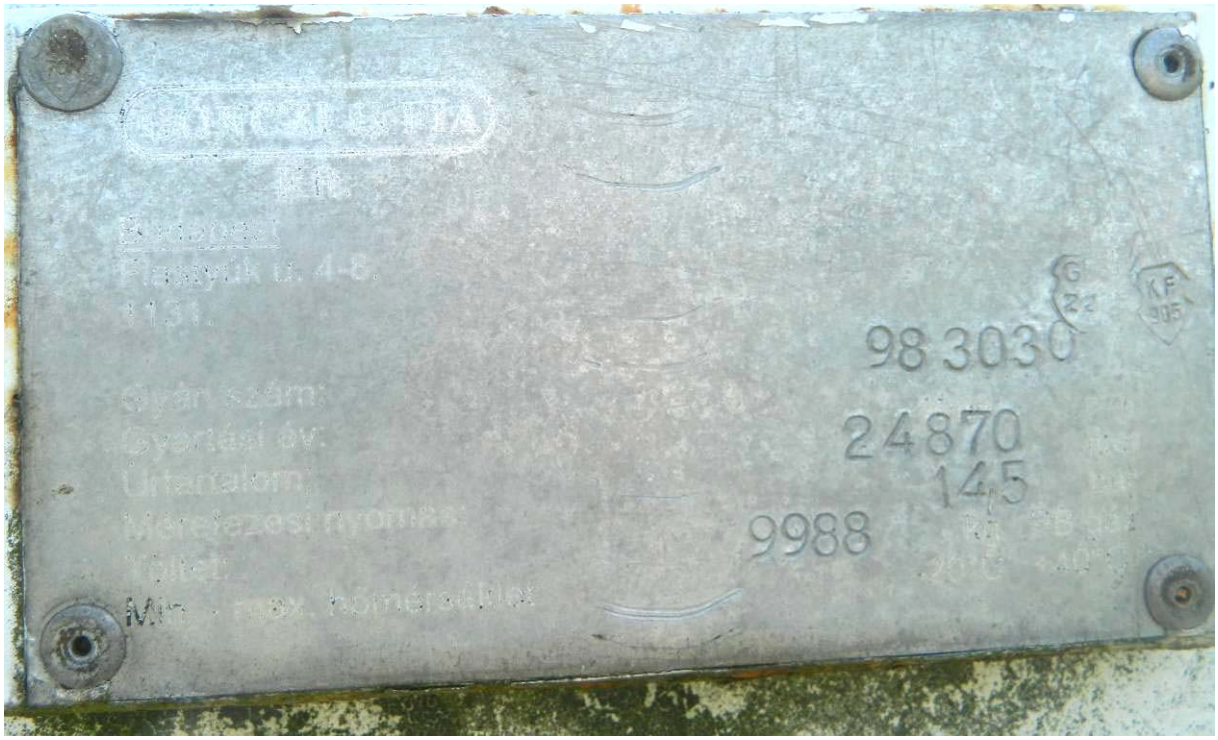
Gyári szám: 973020 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Kardoskút

Gyári szám: 983008 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Murony

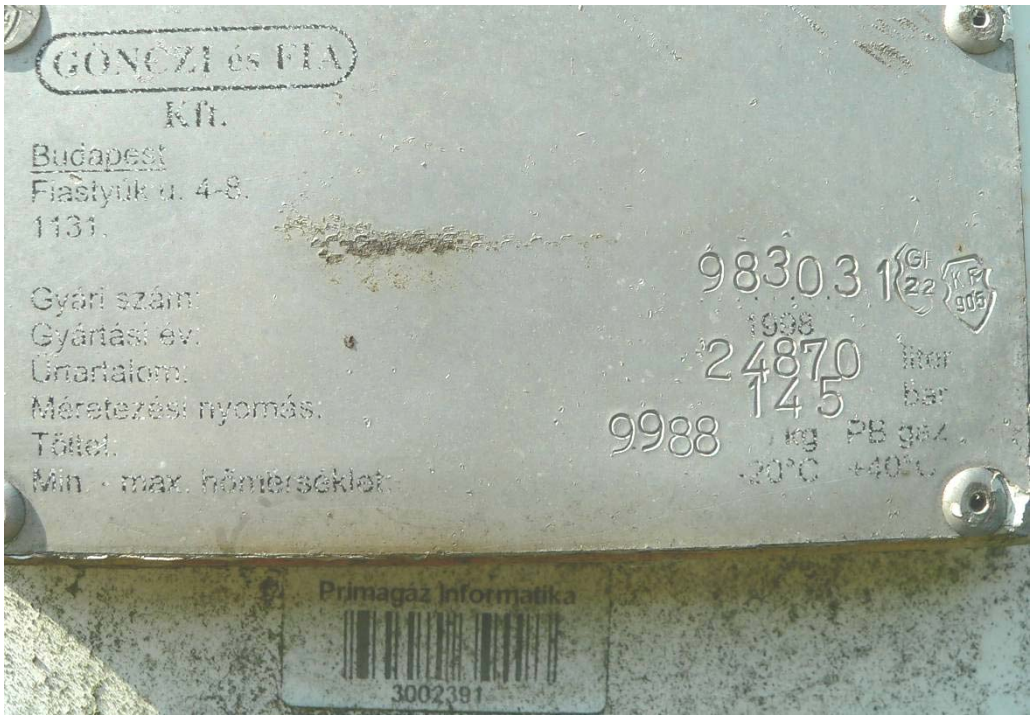
Gyári szám: 983016 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Kokad

Gyári szám: 983025 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hegyhátmaróc

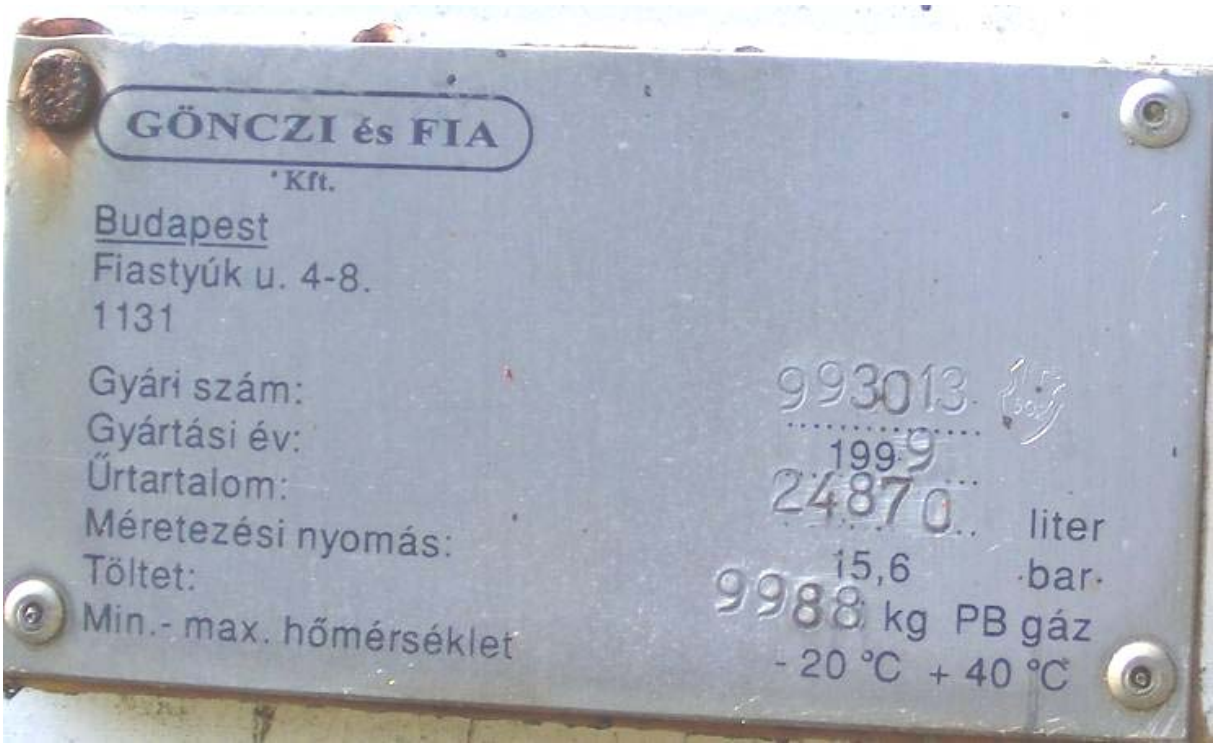
Gyári szám: 983030 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Tyukod



Gyári szám: 983031 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Kérsemjén

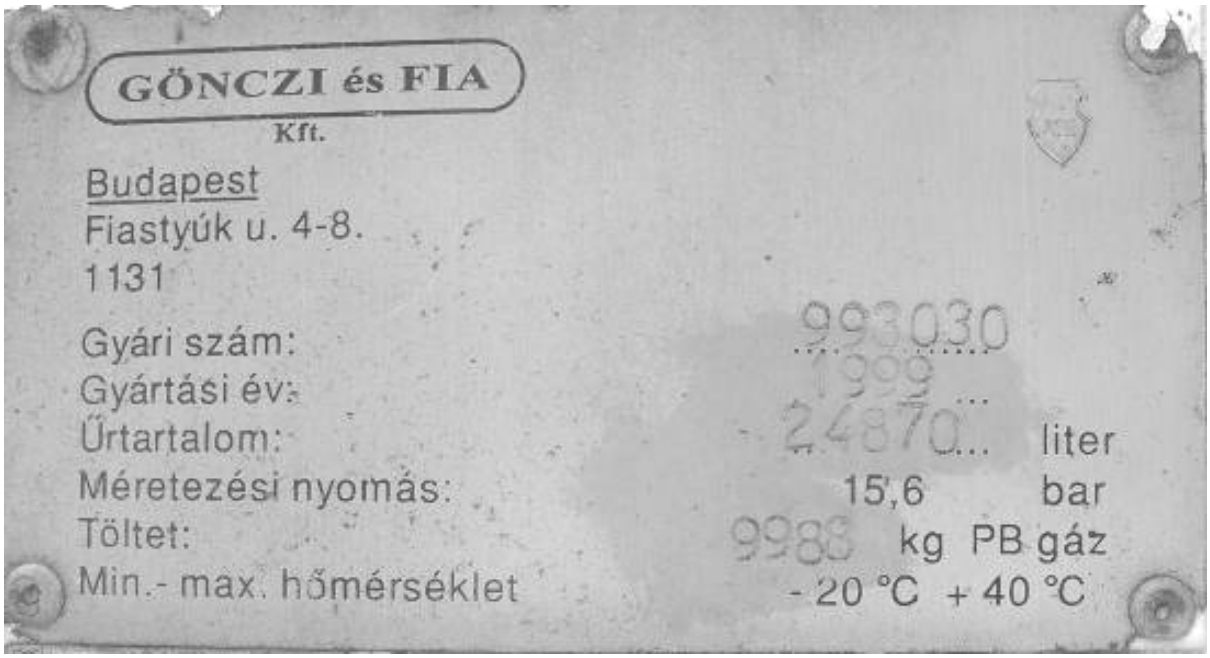


Gyári szám: 993013 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Sellye

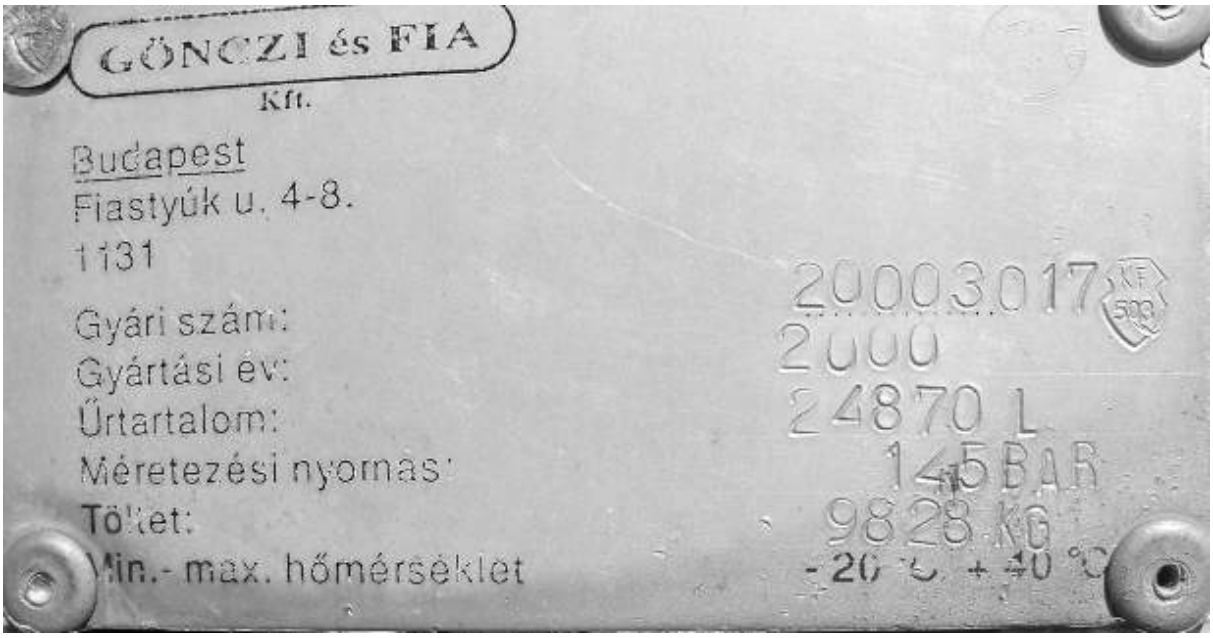


Gyári szám: 993017 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Jákó

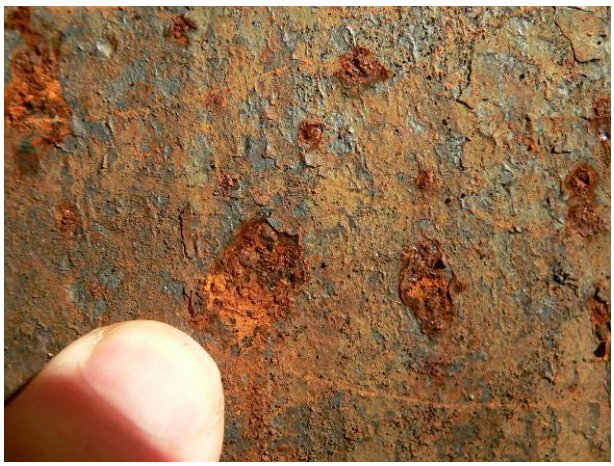
Gyári szám: 993030 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hajdúdorog



Gyári szám: 20003017 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Csoma



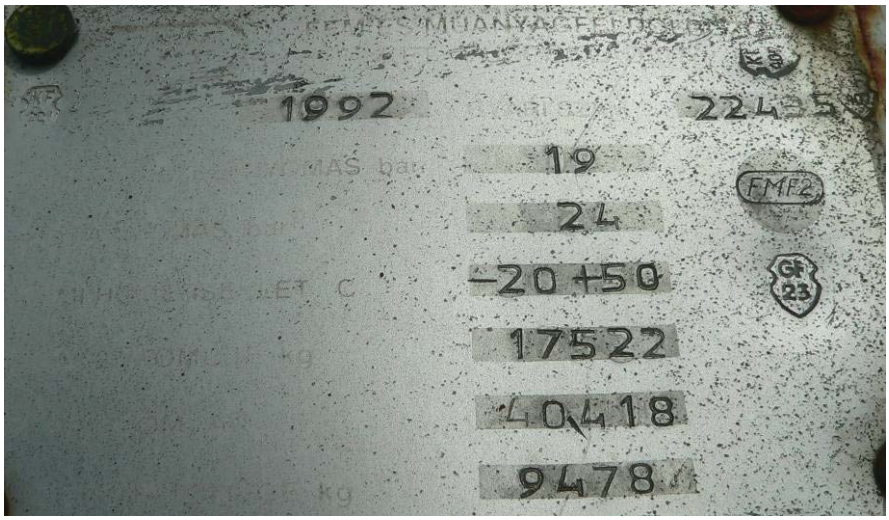
Gyári szám: 22571 # Űrtartalom: 25 m3 # Felállítás helye: Hajdúszoboszló



Ugyanaz a terület a rozsda eltávolítása után

Ugyanaz a terület a rozsda eltávolítása után

Gyári szám: 22435 # Űrtartalom: 40 m3 # Felállítás helye: Hajdúszoboszló



Az eredeti csiszolási nyom a hegesztési varrat mentén

A tartály alsó és oldalsó része a csapadékvíztől képződött rozsda eltávolítása előtt és az után

Az időszakos ellenőrzési tartályvizsgálatok ellentmondásai

Dobránszky János

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék

VIII. RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

2013. március 22.

Ez itt egy tartály

Jegyzékes jóváhagyó közleménnyel
MSZ EN 12817:2004 magyar
nemzeti szabványként közzétéve:
Szabványügyi Közlöny: 2004. évi 11. hónap

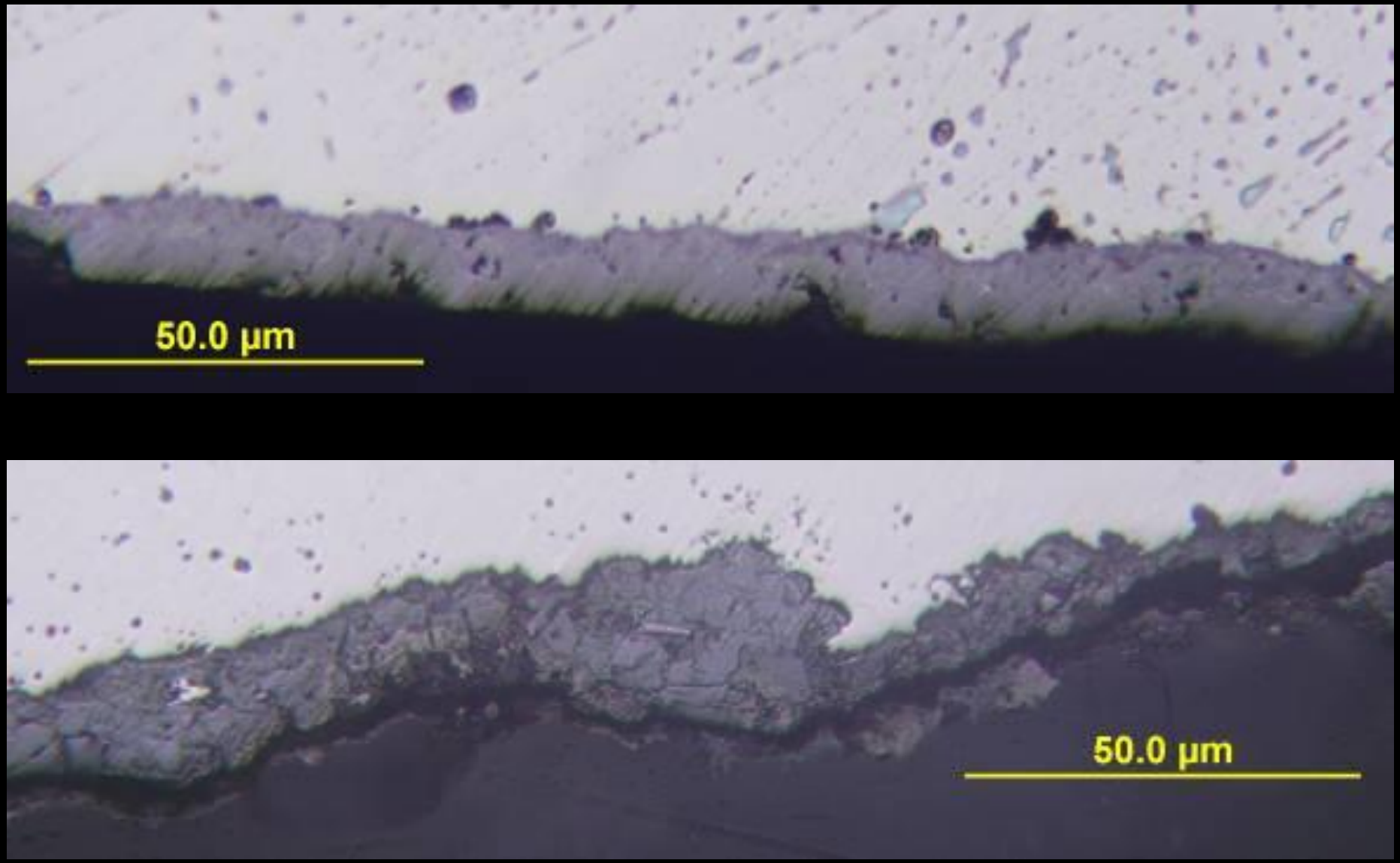
EUROPEAN STANDARD

EN 12817

NORME EUROPÉENNE

Inspection and requalification of LPG tanks up to and including 13 m³ overground

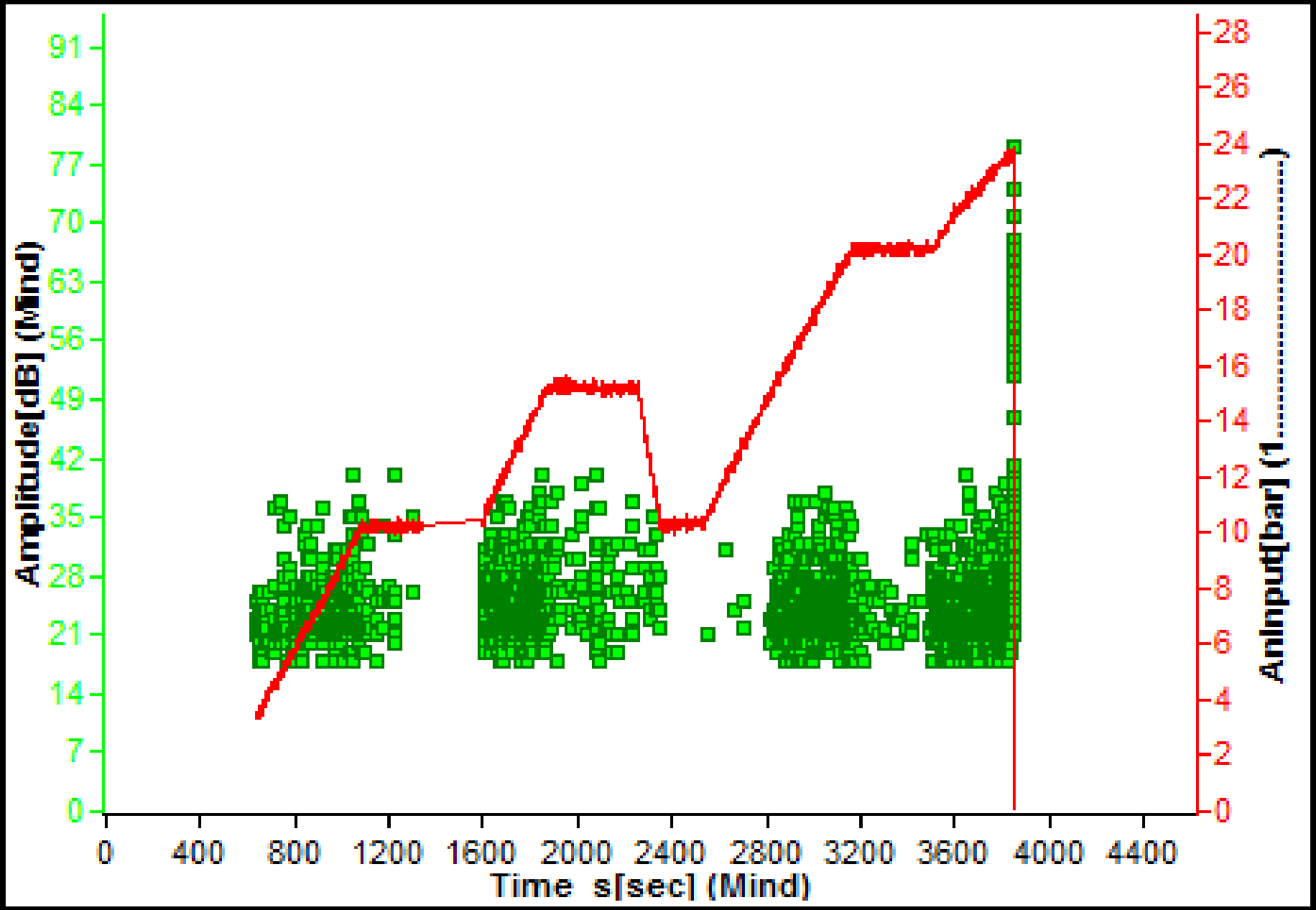
5 Tank inspection and requalification
5.1 Routine inspection
5.2 Periodic inspection
5.3 Requalification


50.0 µm
50.0 µm

Gy.sz. 954501 (2009-ben)

26 bar

Gy.sz. 58758 (2009-ben)
43 bar
1.
2.
3.
26
26


Amplitude[dB] (Mind)
91
84
77
70
63
56
49
42
35
28
21
14
7
0
AnInput[bar] (1
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
400
800
1200
1600
2000
2400
2800
3200
3600
4000
4400
Time s[sec] (Mind)

A jelenlegi gyakorlat

Saját közeg …

Változatlan nyomás …

Kaiser

Felicity

Dunegan

Tapasztalatok …

Kérdés → ??????????

A pébégáztartályok időszakos vizsgálatának ellentmondásai

Dobránszky János

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.

1. Bevezetés

A Magyarországon sokezres mennyiségben üzemelő pébégáztartályok – amelyek egyik jellegzetes példánya az 1. ábrán látható – időszakos vizsgálati előírásaiban és az ezekhez rendelt roncsolásmentes anyagvizsgálatokban olyan összetevők is jelen vannak, amelyek egy átfogó szakmai értékelésben nem mentesek az ellentmondásoktól. Példaképpen említhető a hidraulikus nyomáspróba, amelynek elvégzése az acéltartályok hosszú távú üzemeltetése során meghatározó kiváltó oka tartály belső oldali általános korróziójának, hiszen a nyomáspróba közegének teljes mértékű eltávolítása a tartályból gyakorlatilag lehetetlen.

Ugyancsak az ellenmondások példájaként említhető az akusztikus emissziós vizsgálat (AE), amelynek elvégzésekor szintén bejuthat a tartályba és bent maradhat abban a korróziós hatású víz. Ennek a vizsgálatnak az ellentmondásai akkor is felmerülnek, amikor a saját közeggel végzett, ismételt nyomáspróbákat gyakran változatlan vagy alig növelt próbanyomással végzik. Ezeknél ugyanis a próbanyomások értéke állandó, ami elvileg is kizárja az AE-érzékeny hibák kimutatását, hacsak azok nem az előző vizsgálat óta képződtek, de az üzemi feltételek ismeretében ennek realitása is megkérdőjelezhető.

A fenti megállapításokat azoknak a tapasztalatoknak a nyomán vagyunk kénytelen megfogalmazni, amelyeket az elmúlt években szereztünk több száz pébégáztartály állapotának új szemléletű felülvizsgálata eredményeként. Ennek a Pébé-Coop Kft. megbízásából elvégzett felülvizsgálati programnak az lett a legfontosabb eredménye, hogy a megbízó számára kidolgoztunk egy olyan károsodáselemző szakértői rendszert, amely a tartályok gyártási, üzemeltetési és roncsolásmentes vizsgálati adatain alapulva alkalmas a tartályok károsodási mértékének és ez alapján a maradék élettartamának becslésére. Ezt a KOR-nak elnevezett szakértői rendszert a Pébé-Coop Kft. eredményesen alkalmazza a saját üzemeltetői tevékenységében.

2. A tartályok állapotértékelését meghatározó összetevők

A pébégáztartályok (1. ábra) állapotának értékelésére számos műszaki szempont alkalmazható. A károsodási osztályozási rendszer kidolgozása során mintegy 60 db ilyen tényezőt gyűjtöttünk össze, de ezek közül jelentős szerepet csak mintegy 8–10 tényező játszik az értékelésünk szerint, és ezeknek is számottevően eltérő a jelentősége. A fő károsító hatás a korrózió, amely a falvastagság csökkenését okozza, és mind a tartály külső, mind pedig a belső felületén felléphet. A külső korrózió a 2–3 rétegű védőbevonat sérüléseinél jelentkezik. A belső korrózió pedig a teljes belső felületen, mivel ott nincs védőbevonat, de azért itt sem feltétlenül egyenletesen. A tartályonként akár jelentősen is változó belső víztartalom miatt a belső korrózióról megállapítottuk, hogy az olykor szinte meg sem kezdődik a sokéves üzemeltetés ellenére. A korróziós szakirodalomban a propánra nézve „≤ 2 Mils penetration / year” korrózióssebesség található[1]. Belső korróziótól mentes esetben csak az eredeti, meleghengerlési reve borítja a felületet, szinte teljesen sértetlenül. Intenzív belsőkorróziós károsodás esetén pedig akár

[1] *A „mil” mértékegység az angol „inch” ezredrésze, vagyis 0,0254 mm.*

a teljes belső felületre kiterjed a rozsdásodás. Ezekre az esetekre mutat példát a 2–4. ábra. A 3–5 köbméteres tartályoknál a tervezők által alkalmazott korróziós ráhagyás 0,5–1,0 mm, a gyártók pedig jellemzően a szilárdsági és korróziós pótlékkal megnövel tervezési falvastagságnak is föléválasztották a tartálypalástok lemezanyagát (vagy a melegengerlési tűrések többlete miatt az „föléválasztódott"). Ennek következtében a névlegesen 6,0 mm-es falvastagságú tartálypalástok tényleges falvastagság-tartaléka általában 1,5 mm körül mozog. Mindazonáltal működnek 5,7 mm-es, 9,0 mm-es lemezből gyártott 3–5 köbméteres pébégáztartályok is.

A hidraulikus nyomáspróba

Az állapotértékelésben fontos helyet kapott a tartály előző életében elvégzett víz közeggel végzett hidraulikus (tömörségi és szilárdsági) nyomáspróbák száma. Ezek azok az események ugyanis, amelyek során víz kerül a tartályba, és többnyire az ott marad is marad. A saját vizsgálataink és a MAROVISZ által szervezett látványos tartályrepesztések, továbbá a hazai tartályvizsgálatok tapasztalatainak ismeretében – amelyek szerint a szilárdsági nyomáspróbák soha, sehol nem tártak fel az üzembe helyezés után adekvát károsodást –, valamint számos, mértékadó szakember álláspontját ismerve ki kell jelenteni a következőket. A pébégáztartályok szilárdsági vizsgálata hidraulikus nyomáspróbával indokolatlan, sőt, ellenjavallt, ugyanis a tömörségi nyomáspróba után a vízzel végzett szilárdsági nyomáspróba az eredeti szakmai céljának elérésére érzéketlen, viszont a tartályba bevitt víz miatt belsőkorróziós hatás okozója.

A pneumatikus nyomáspróba és az akusztikus emissziós vizsgálat

A hidraulikus nyomáspróba helyett saját, veszélyes közeggel való gáznyomáspróba és az ugyancsak gáznyomáspróbának minősülő, a folyadék fölötti gázpárnával végzett, ún. kombinált nyomáspróba elvégzési lehetőségét és feltételeit a Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata, V. fejezet 3.1.10.c–d és 3.2. szakasza határozza meg. Az akusztikus emissziós vizsgálatot a szabályzat csak mint a gáznyomáspróba esetén alkalmazható lehetséges vagy ajánlott különleges ellenőrzési módszerek egyik példáját nevezi meg az V.3.2.3.h és a 3.2.5.c szakaszban, továbbá a szabályzat 2. melléklete 13.2. szakaszában. Ugyanígy a lehetséges módszerek egyikeként nevezi meg az AE-vizsgálatot a pébégáztároló tartályok ellenőrzésére vonatkozó, MSZ EN 12817:2010 szabvány is. Ez legalább 10%-os próbanyomásnövelést ír elő a korábbi legnagyobb nyomáshoz képest, de a biztonsági előírás szerint a nyomás nem haladhatja meg a tartályra maximálisan megengedhető nyomás 110%-át.

A 3–5 m^3-es pébégáztartályokra az engedélyezési nyomás a gyakorlat szerint 16 bar; a pneumatikus nyomáspróba nyomása tehát legfeljebb 17,6 bar lehet. A gyártóműi hidraulikus nyomáspróba nyomása viszont általában 20 bar. Mindebből az következik, hogy az időszakos felülvizsgálatok alkalmával a 20 barral már a gyártóműben megnyomott tartályokat az AE-vizsgálathoz legalább 22 bar-on kellene gáznyomáspróbázni, de a biztonsági előírás miatt csak 17,6 baron lehet. Emiatt a gáznyomáspróbával összekapcsolt AE-vizsgálat mint a pébégáztartályok időszakos ellenőrzési módszerének hibafeltáró képességét meg kell fontolni. A hibafeltáró képesség megfontolásához kívánatos lenne a tapasztalatok széleskörű összegzése és értékelése, különösen azért, mert születtek olyan javaslatok is, amelyek indokoltsága vitatható. Ennek részeként említhetők a saját tapasztalatok. A pébégáztartályok felszakítási vizsgálata közbeni alakváltozások nyúlásmérő bélyeges mérése, valamint a repedésképződési és repedésterjedési folyamatok akusztikus emissziós vizsgálata szerint még az olyan tartályokon is csak a felszakadási nyomást közvetlenül megelőző nyomásszakaszban keletkeztek érdemleges akusztikus jelek, amelyeken előzetesen nagyméretű és a falvastagság felét is elérő mélységű

műhibákat hoztak létre. Ez nem meglepő, hiszen az AE alapelve, hogy a nem növekedő folytonossági hiányok nem adnak akusztikus jelet. Ráadásul a szóban forgó, előre preparált tartályok felszakítási vizsgálatainál (5. ábra) mért nyomások lényegesen meghaladták az üzemelő pébégáztartályok gáznyomáspróbái és hidraulikus nyomáspróbái során alkalmazott nyomásokat. A bevezetőben említett tartály-felülvizsgálati program keretében elvégzett akusztikus emissziós vizsgálatokban a nyomás növelésekor a jelek intenzitása nagyon kicsi volt, és még a közvetlenül a felszakadás előtti utolsó szakaszban is csak enyhén növekedett a jelek darabszáma. A jelek amplitúdói is csak a repedésterjedési szakaszban váltak nagyobbakká.

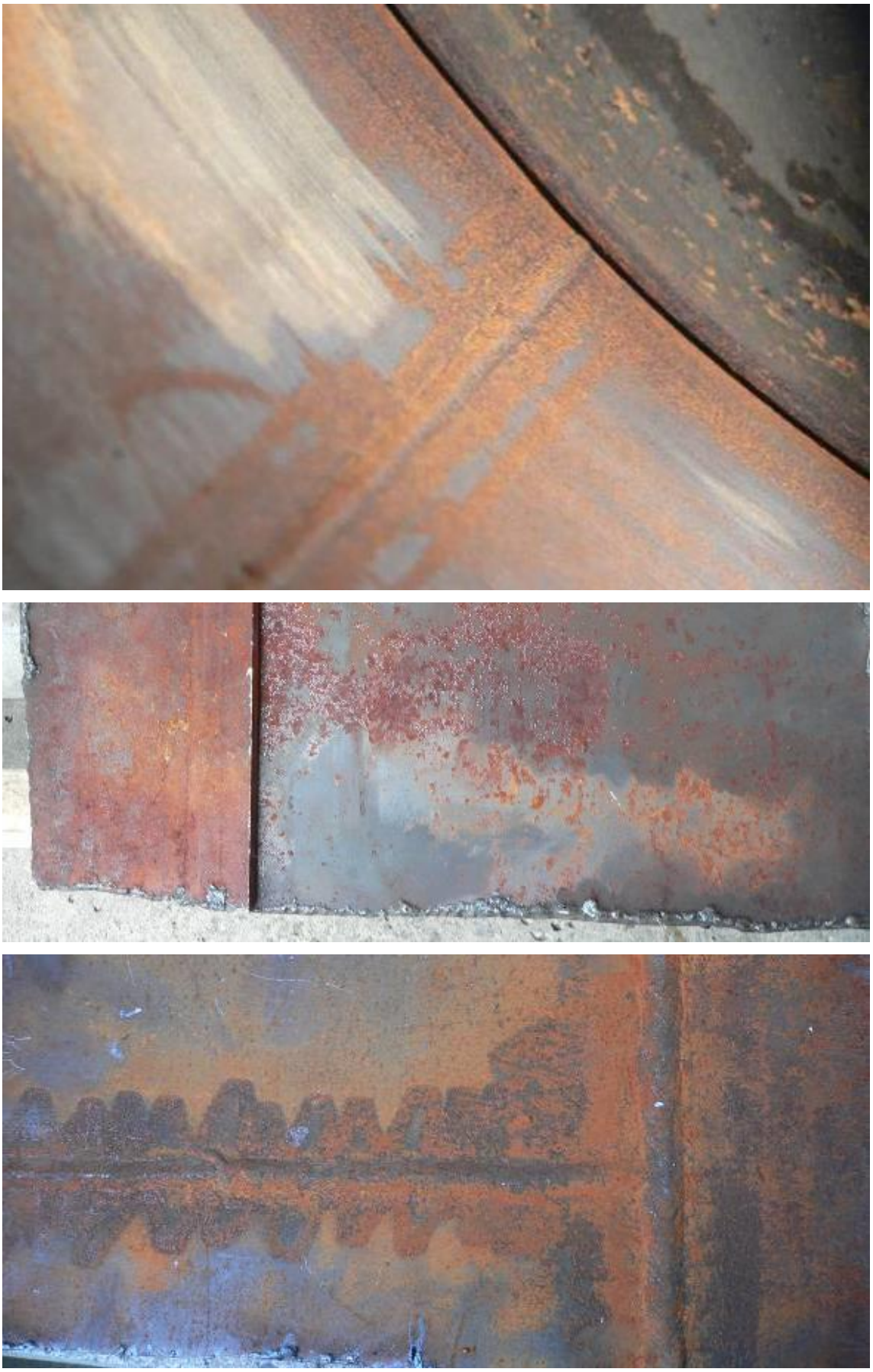
Felhasznált szakirodalom

1. MSZ EN 13554:2011 Roncsolásmentes vizsgálatok. Akusztikus emissziós vizsgálatok. Általános alapelvek
2. MSZ EN 12817:2010 LPG-berendezések és -tartozékok. Legfeljebb 13 m^3 űrtartalmú, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése
3. Schweizer PA: Corrosion resistance tables; Part C, ISO-POT. Marcel Dekker, Inc. NewYork – Basel, 2004. 1881. oldal
4. Tscheliesnig P: Periodical testing of LPG vessels (above- and underground) based on validated acoustic emission procedure within Central Europe. In: Kanji Ono (szerk.): Advances in Acoustic Emission – 2007; Proceedings of the Sixth International Conference on Acoustic Emission. The Acoustic Emission Working Group and Acoustic Emission Group, Encino, CA, USA, 217–222.
5. Tscheliesnig P, Schauritsch G: Inspection of LPG vessels with AE examination. Journal of Acoustic Emission, 18 (2000) 138–143.
6. Rauscher F: Laboratory Experiments for Assessing the Detectability of Specific Defects by Acoustic Emission Testing. Journal of Acoustic Emission, 26 (2008) 98–108.
7. Szűcs P, Kenyeres D, Nagy Zs: Összehasonlító mérések Defektophone és Sensophone akusztikus emissziós mérőkészülékkel. Anyagvizsgálók Lapja, 14 (2004:2) 53–56.
8. Kindlein M, Fodor O: Akusztikus aktivitás akusztikus emisszió vizsgálatoknál. Anyagvizsgálók Lapja, 10 (2010:1–2) 37–41. oldal
9. Pál Cs: Akusztikus emisszió, a hagyományos időszakos vizsgálatok tükrében. www.avi-szak.hu/Agy3/Eloadasok/2_09_palcsaba.pdf
10. Szűcs P, Zilahi Z: Földdel fedett PB-gáztartályok akusztikus emissziós vizsgálata. Anyagvizsgálók Lapja, 6 (1996:4) 107–109.
11. Szűcs P: Az akusztikus emissziós integritás-vizsgálat lehetősége a nyomástartó berendezések üzembe helyezésénél, időszakos ellenőrzésénél. Anyagvizsgálók Lapja, 12 (2002:1) 5–8.
12. Zolnay G: Az akusztikus emissziós vizsgálat kiértékelési problémái. Anyagvizsgálók Lapja, 5 (1995:2–3) 88–91.
13. Szélig K: Akusztikus emisszió az állapotvizsgálatban. Anyagvizsgálók Lapja, 6 (1996:1) 23–26.

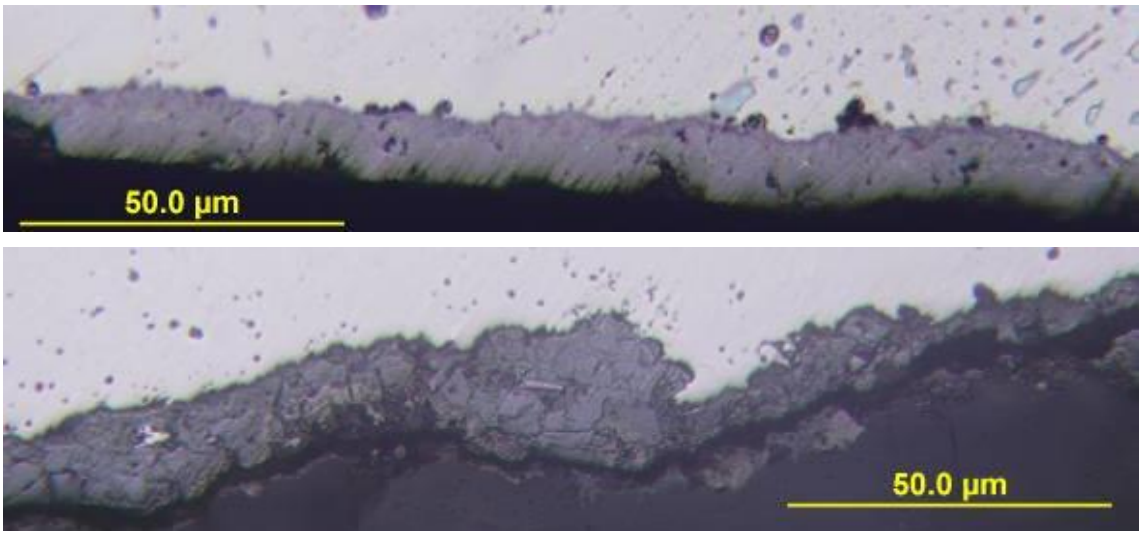
Ábrák

1. ábra – Öt köbméteres pébégáztartály

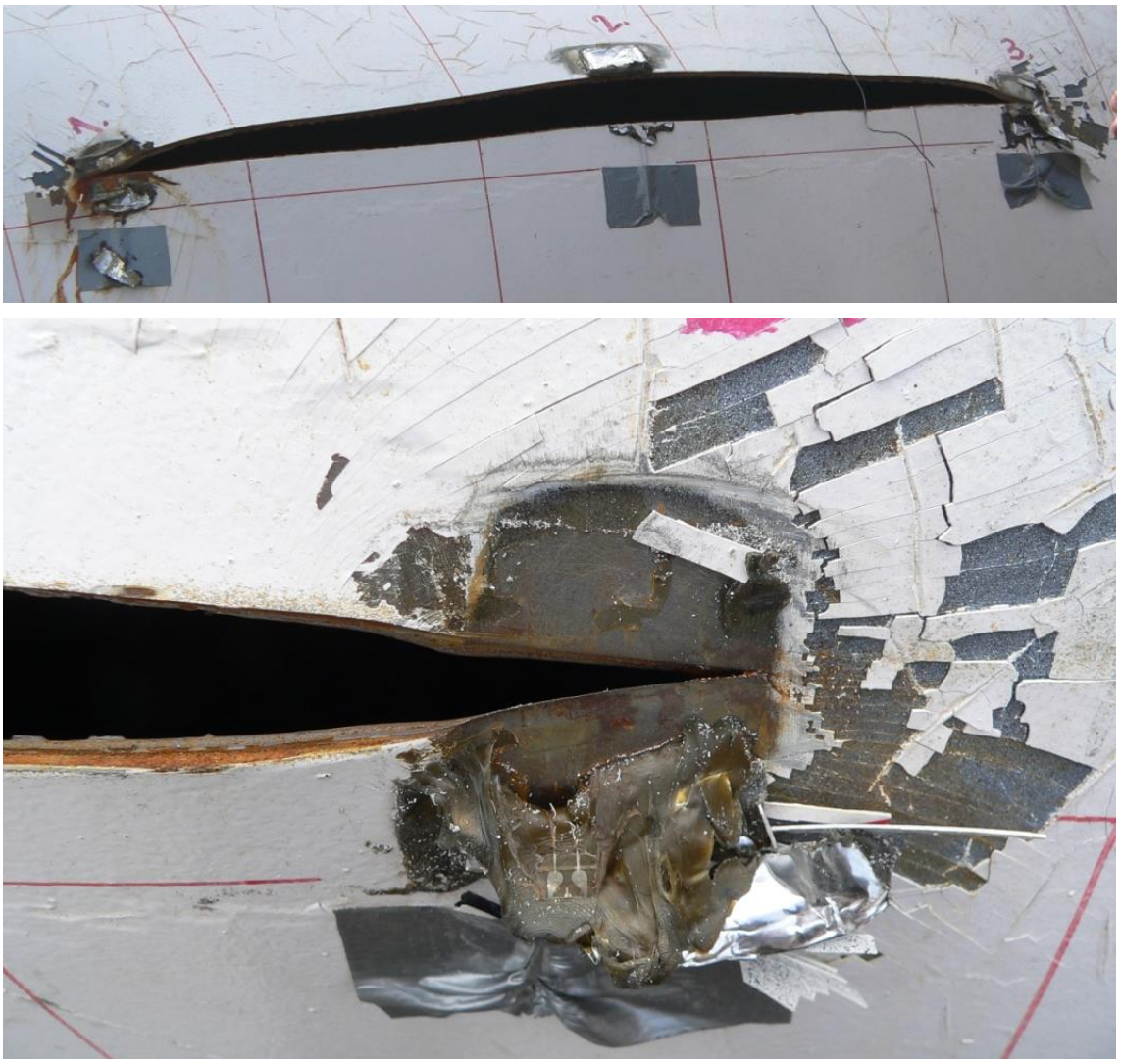
2. ábra – Egy tartály belseje. Az általános korrózió a folyadékszint feletti részeket érintette



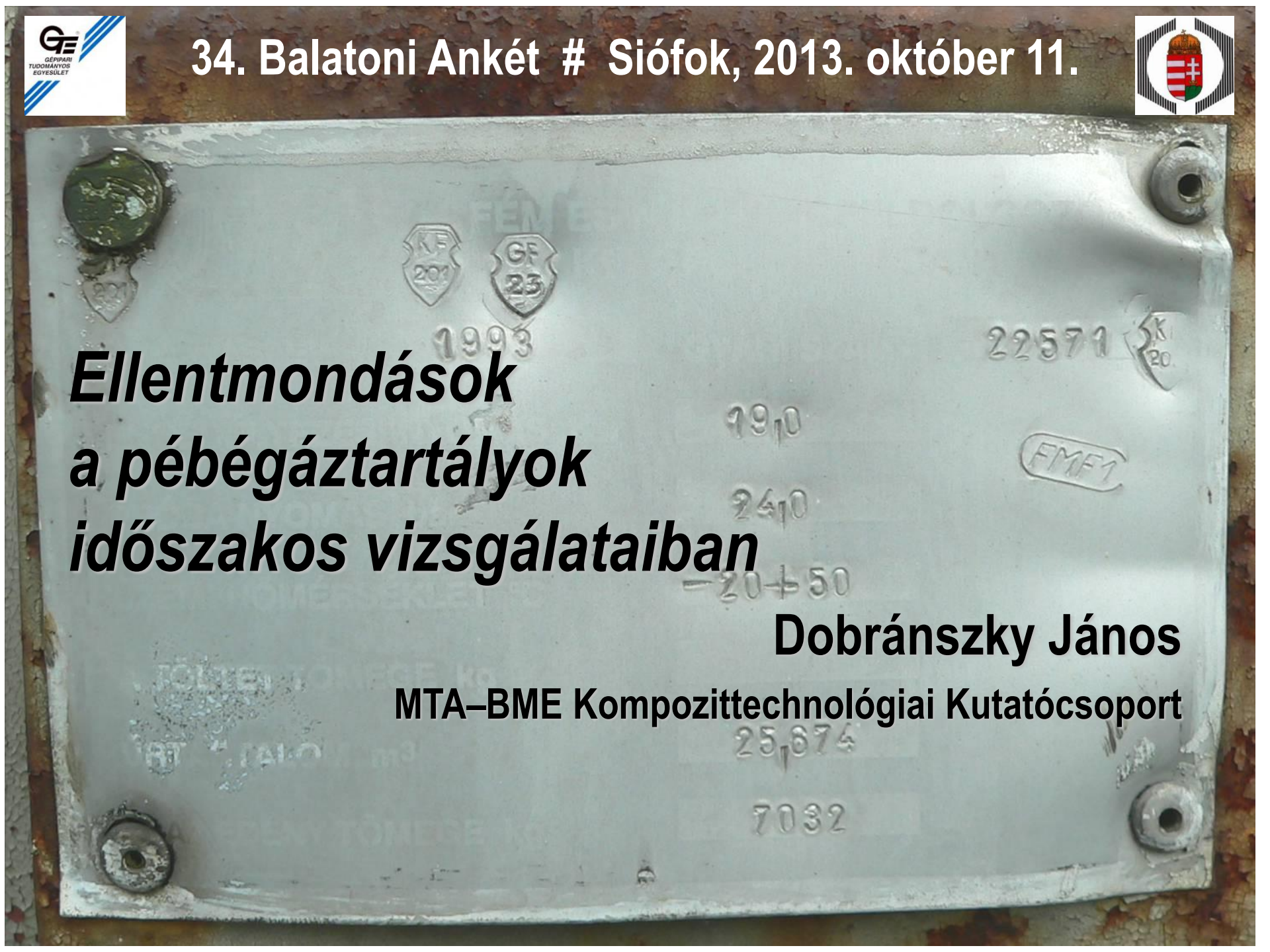
3. ábra – Egy tartály belső felületének részletei



4. ábra – Meleghengerlési reve (a felső képen) és víz okozta korróziótermék (az alsó képen) a tartálypalást belső felületén; a képek a tartálypalást hosszmetszeti csiszolatáról készültek a minta maratás nélküli, polírozott állapotában



5. ábra – Öt köbméteres pébégáztartály műhibája a felszakítóvizsgálat után



Ellentmondások a pébégáztartályok időszakos vizsgálataiban

Dobránszky János

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

Bevezetés

A Magyarországon sokezres mennyiségben üzemelő pébégáztartályok időszakos vizsgálati előírásaiban és az ezekhez rendelt roncsolásmentes anyagvizsgálatokban olyan összetevők is jelen vannak, amelyek egy átfogó szakmai értékelésben nem mentesek az ellentmondásoktól. Példaképpen említhető a hidraulikus nyomáspróba, amelynek elvégzése az acéltartályok hosszú távú üzemeltetése során meghatározó kiváltó oka a tartály belső oldali általános korróziójának, hiszen a nyomáspróba közegének teljes mértékű eltávolítása a tartályból gyakorlatilag lehetetlen. Ugyancsak az ellenmondások példájaként említhető az akusztikus emissziós vizsgálat (AE), amelynek elvégzésekor szintén bejuthat a tartályba és bent maradhat abban a korróziós hatású víz. Ennek a vizsgálatnak más ellentmondásai akkor is felmerülnek, amikor a saját közeggel végzett, pneumatikus nyomáspróbákat változatlan vagy alig növelt próbanyomással végzik. Ezeknél ugyanis a próbanyomások értéke állandó, ami elvileg is kizárja az AE-érzékeny hibák kimutatását, hacsak azok nem az előző vizsgálat óta képződtek. A pébégáztartályok üzemi feltételeinek ismeretében az ilyen új hibák képződésének realitása is megkérdőjelezhető.

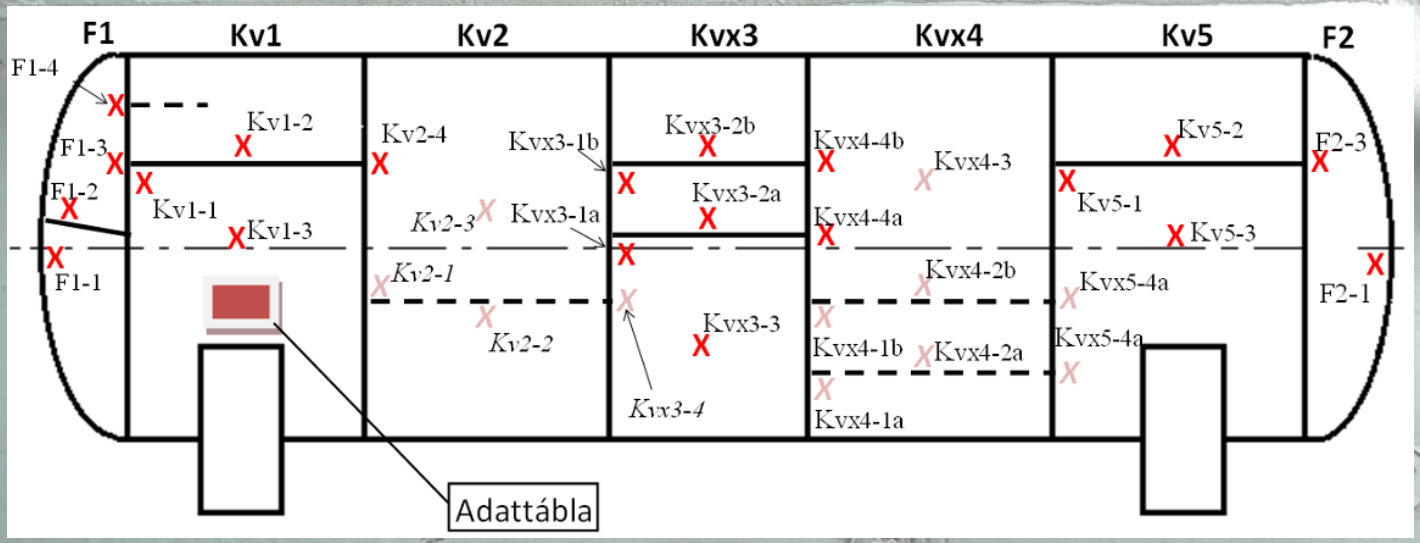
A fenti megállapításokat azoknak a tapasztalatoknak a nyomán vagyok kénytelen megfogalmazni, amelyeket az elmúlt években szereztünk több száz pébégáztartály állapotának új szemléletű felülvizsgálata eredményeként. Ennek a Pébé-Coop Kft. megbízásából elvégzett felülvizsgálati programnak az lett a legfontosabb eredménye, hogy a megbízó számára kidolgoztunk egy olyan károsodáselemző szakértői rendszert, amely a tartályok gyártási, üzemeltetési és roncsolásmentes vizsgálati adatain alapulva alkalmas a tartályok károsodási mértékének és ez alapján a maradék élettartamának a becslésére. Ezt a szakértői rendszert a Pébé-Coop Kft. eredményesen alkalmazza a saját üzemeltetői tevékenységében.

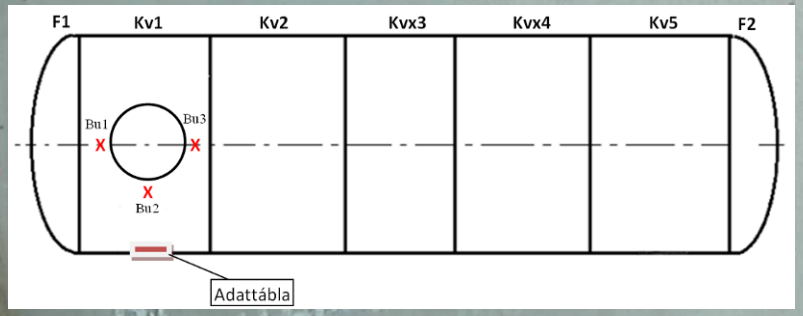
A pébégáztartályok fekvő, hengeres, hegesztett acéltartályok

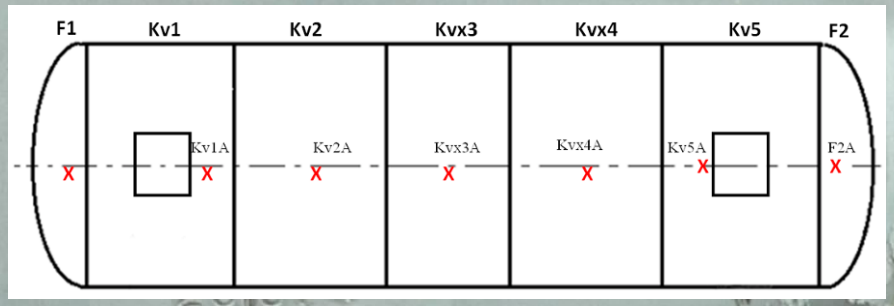
A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR







A falvastagságmérési pontok

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR

A 10 m3-nél nagyobb pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere (Nagy-KOR)

Lekérdezési ablak

Tartályadat lekérdezése	
Adja meg a tartály gyári számát! (csak az "Adatok" munkalapon szereplő gyári számok közül)	Gyári szám: 22998
Gyártó	FMF
Gyártási év	1994
Életkor (év)	19,75
Űrtartalom (m3)	25
Károsodási szám	60,0
Normált károsodási szám (%)	16,5
Károsodási sorszám	56
Károsodási osztály	2
Relatív életkor (%)	137,0
Teljes élettartam (év)	102,7
Utolsó UH-vizsgálat éve	2000
Maradék élettartam (év)	117,2

Legveszélyesebb állapot (legnagyobb KÁR)	
Gyári szám	8635
Károsodási szám	91,948

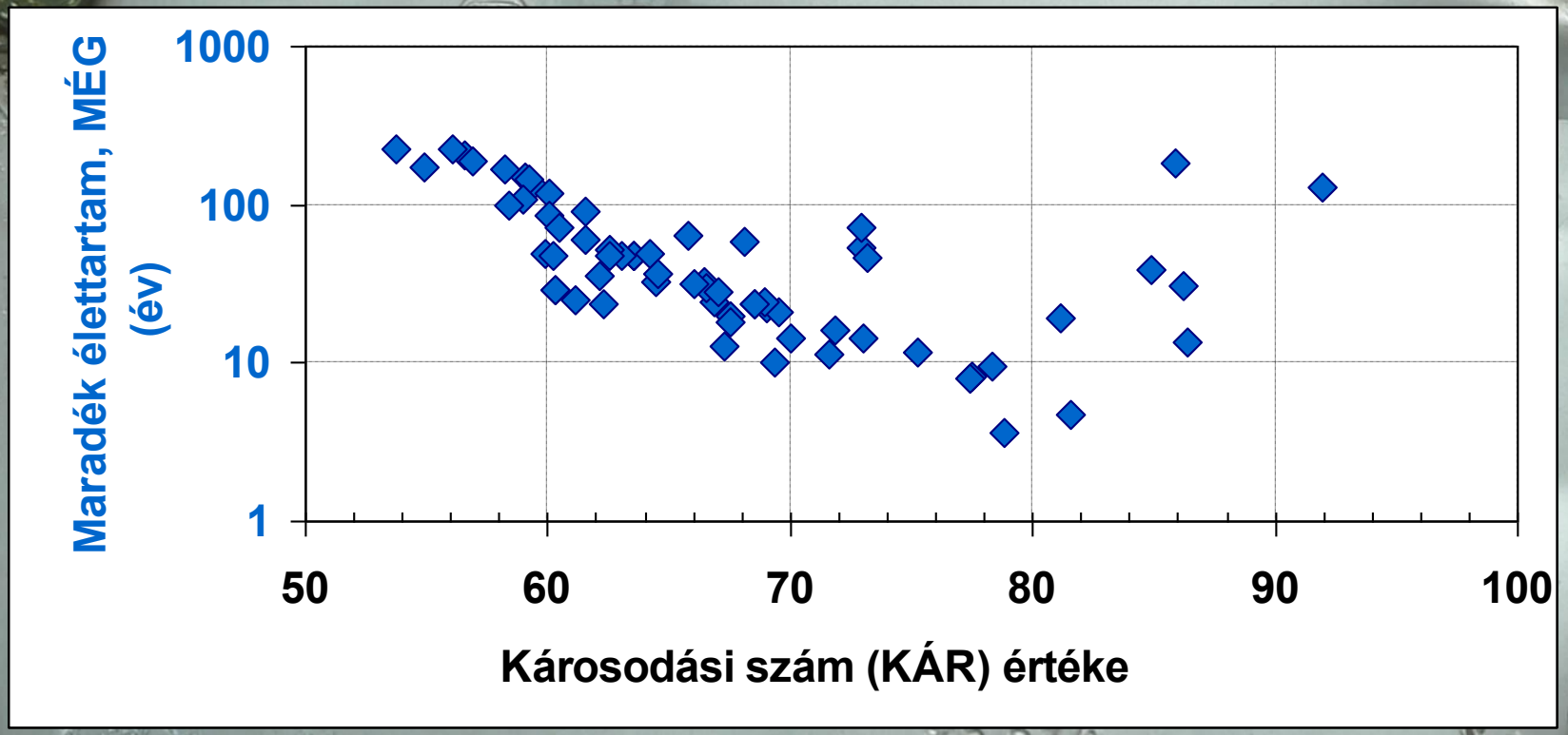
Legrövidebb maradék élettartam	
Gyári szám	963008
Maradék élettartam (év)	3,6

Leggyorsabb belsőkorróziós fogyás	
Gyári szám	22435
Éves fogyás (mm/év)	0,0896

Károsodási osztályok statisztikája

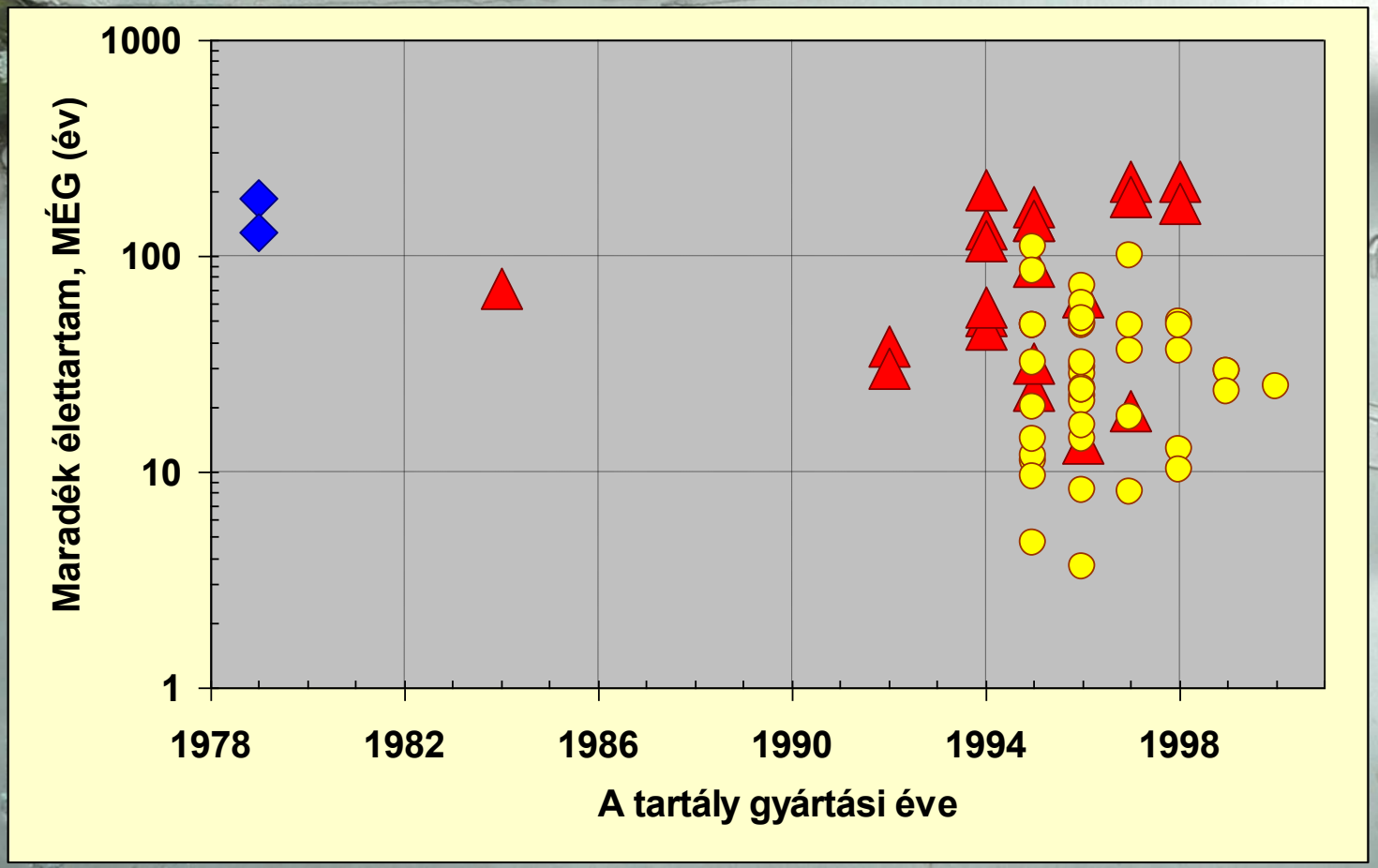
Károsodási osztály	KÁR határértékek Alsó	KÁR határértékek Felső	Darab tartály
4.	85,0	92,9	4
3.	75,0	85,0	8
2.	60,0	75,0	43
1.	52,7	60,0	12

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR



A szakértői rendszer két fő eredményének korrelációja 67 tartályra

A pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszere → KOR



A maradék élettartam az gyártási év és a gyártók szerinti megoszlásban

A tartályok állapotértékelését meghatározó összetevők

A pébégáztartályok állapotának értékelésére számos műszaki szempont alkalmazható. A károsodási osztályozási rendszer kidolgozása során mintegy 60 db ilyen tényezőt gyűjtöttünk össze, de ezek közül jelentős szerepet csak mintegy 8–10 tényező játszik, és ezeknek is számottevően eltérő a jelentősége.

A fő károsító hatás a korrózió, amely a falvastagság csökkenését okozza, és mind a tartály külső, mind pedig a belső felületén felléphet. A külső korrózió a 2–3 rétegű védőbevonat sérüléseinél jelentkezik. A belső korrózió pedig a teljes belső felületen, mivel ott nincs védőbevonat, de azért itt sem feltétlenül egyenletesen. A tartályonként akár jelentősen is változó belső víztartalom miatt a belső korrózióról megállapítottuk, hogy az olykor szinte meg sem kezdődik a sokéves üzemeltetés ellenére. A korróziós szakirodalomban a propánra nézve ≤ 0,05 mm/év korróziósebesség található. Belső korróziótól mentes esetben csak az eredeti, meleghengerlési reve borítja a felületet, szinte teljesen sértetlenül hagyva az eredeti állapotot. Intenzív belsőkorróziós károsodás esetén pedig akár a teljes belső felületre kiterjed a rozsdásodás. Erre mutatnak példát a következő képek.

A 3–5 köbméteres tartályoknál a tervezők által alkalmazott korróziós ráhagyás 0,5–1,0 mm, a gyártók pedig jellemzően a szilárdsági és korróziós pótlékkal megnövelt tervezési falvastagságnak is föléválasztották a hengeres köpeny lemezanyagát (vagy a melegengerlési tűrések többlete miatt az „föléválasztódott”). Ennek következtében a névlegesen 6,0 mm-es falvastagságú tartálypalástok tényleges falvastagság-tartaléka általában 1,5 mm körül mozog. Mindazonáltal működnek 5,7 mm-es, de 9,0 mm-es lemezből gyártott 3–5 köbméteres pébégáztartályok is.

Egy pébégáztartály belső felületének részletei

Egy pébégáztartály belső felületének részletei

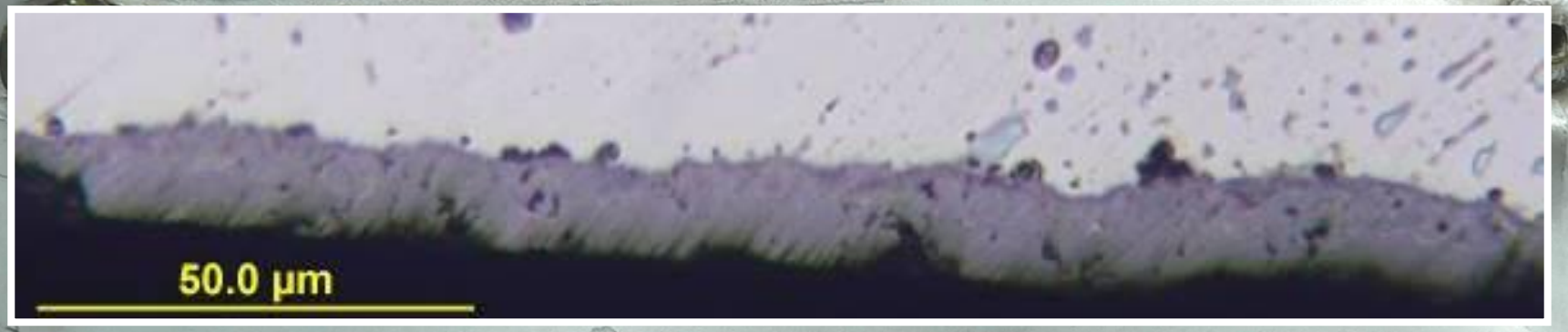
Egy pébégáztartály belső felületének részletei

Egy pébégáztartály belső felületének részletei

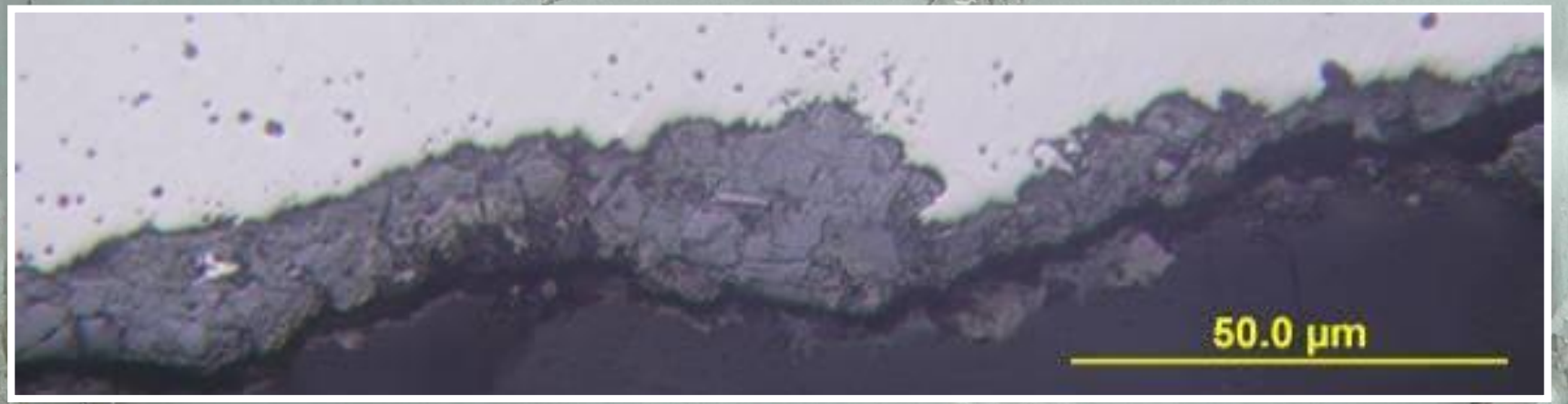
Egy pébégáztartály belső felületének részletei

Az általános korrózió a folyadékszint feletti részeket érintette

Korróziótermékek a pébégáztartályok belső felületén



**Meleghengerlési reve a tartálypalást belső felületén;
hosszmetszeti csiszolat polírozva**



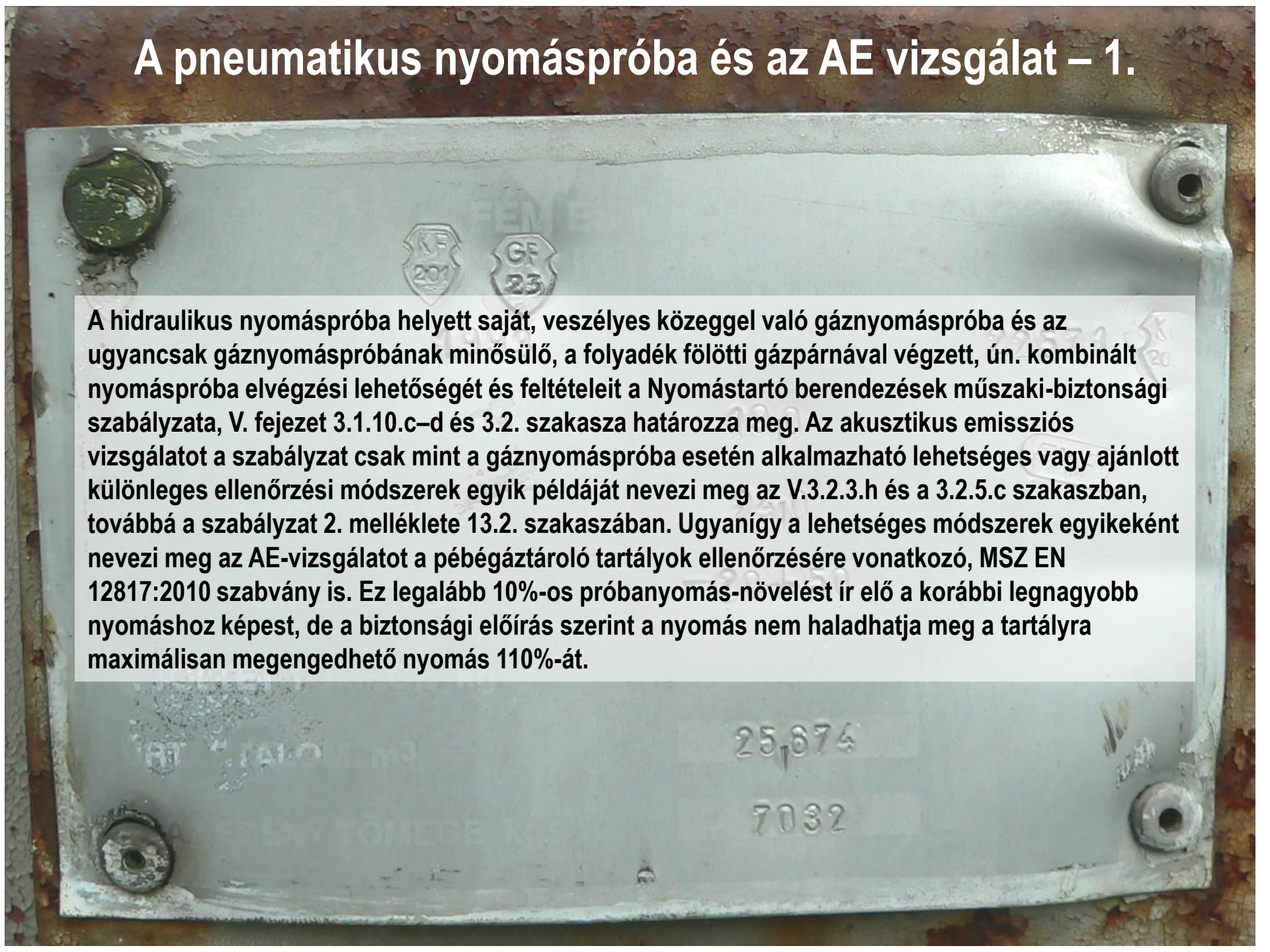
**Nedvesség okozta korróziótermék a tartálypalást belső felületén;
hosszmetszeti csiszolat polírozva**

A hidraulikus nyomáspróba

Az állapotértékelésben fontos helyet kapott a tartály előző életében elvégzett víz közeggel végzett hidraulikus (tömörségi és szilárdsági) nyomáspróbák száma. Ezek azok az események ugyanis, amelyek során víz kerül a tartályba, és többnyire annak egy része ott is marad. A saját vizsgálataink és a MAROVISZ által szervezett látványos tartályrepesztések, továbbá a hazai tartályvizsgálatok tapasztalatainak ismeretében – *amelyek szerint a szilárdsági nyomáspróbák soha, sehol nem tártak fel az üzembe helyezés után adekvát károsodást* –, valamint számos, mértékadó szakember álláspontját ismerve ki kell jelenteni a következőket.

A pébégáztartályok szilárdsági vizsgálata hidraulikus nyomáspróbával indokolatlan, sőt, ellenjavallt, ugyanis a tömörségi nyomáspróba után a vízzel végzett szilárdsági nyomáspróba az eredeti szakmai céljának elérésére érzéketlen, viszont a tartályba bevitt víz miatt olyan belsőkorróziós hatás okozója, amely a tartály károsodásának elsőszámú tényezője.

A pneumatikus nyomáspróba és az AE vizsgálat – 1.



A hidraulikus nyomáspróba helyett saját, veszélyes közeggel való gáznyomáspróba és az ugyancsak gáznyomáspróbának minősülő, a folyadék fölötti gázpárnával végzett, ún. kombinált nyomáspróba elvégzési lehetőségét és feltételeit a Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata, V. fejezet 3.1.10.c–d és 3.2. szakasza határozza meg. Az akusztikus emissziós vizsgálatot a szabályzat csak mint a gáznyomáspróba esetén alkalmazható lehetséges vagy ajánlott különleges ellenőrzési módszerek egyik példáját nevezi meg az V.3.2.3.h és a 3.2.5.c szakaszban, továbbá a szabályzat 2. melléklete 13.2. szakaszában. Ugyanígy a lehetséges módszerek egyikeként nevezi meg az AE-vizsgálatot a pébégáztároló tartályok ellenőrzésére vonatkozó, MSZ EN 12817:2010 szabvány is. Ez legalább 10%-os próbanyomás-növelést ír elő a korábbi legnagyobb nyomáshoz képest, de a biztonsági előírás szerint a nyomás nem haladhatja meg a tartályra maximálisan megengedhető nyomás 110%-át.

A pneumatikus nyomáspróba és az AE vizsgálat – 2.

A 3–5 m3-es pébégáztartályokra az engedélyezési nyomás a gyakorlat szerint 16 bar; a pneumatikus nyomáspróba nyomása tehát legfeljebb 17,6 bar lehet. A gyártóműi hidraulikus nyomáspróba nyomása viszont általában 20 bar. Mindebből az következik, hogy az időszakos felülvizsgálatok alkalmával a 20 barral már a gyártóműben megnyomott tartályokat az AE-vizsgálathoz legalább 22 bar-on kellene gáznyomáspróbázni, de a biztonsági előírás miatt csak 17,6 baron lehet. Emiatt a gáznyomáspróbával összekapcsolt AE-vizsgálat hibafeltáró képessége igen erősen beszűkül. A hibafeltáró képesség megfontolásához kívánatos lenne a tapasztalatok széleskörű összegzése és értékelése.

A pébégáztartályok felszakítási vizsgálata közbeni alakváltozások nyúlásmérő bélyeges mérése, valamint a repedésképződési és repedésterjedési folyamatok akusztikus emissziós vizsgálata szerint még az olyan tartályokon is csak a felszakadási nyomást közvetlenül megelőző nyomásszakaszban keletkeztek érdemleges akusztikus jelek, amelyeken előzetesen nagyméretű és a falvastagság felét is elérő mélységű műhibákat hoztak létre. Ez nem meglepő, hiszen az AE alapelve, hogy a nem növekedő folytonossági hiányok nem adnak akusztikus jelet. Ráadásul a szóban forgó, előre preparált tartályok felszakítási vizsgálatainál (lásd a következő képeket) mért nyomások lényegesen meghaladták az üzemelő pébégáztartályok nyomáspróbái során alkalmazott nyomásokat.

Gy.sz. 954501 (2009-ben) → 26 bar → ~ Semmi

A palástón kb. 400 mm hosszon, 2,5–3 mm mély, 1–1,5 mm lekerekítési sugarú műhiba lett bemunkálva

Felszakítási vizsgálat, 2009. Dunaújváros

Gy.sz. 58758 (2009-ben)

43 bar

Összegzés és javaslatok

Az üzemi állapotot meghatározó tényezők elemzésével kidolgoztuk a pébégáztartályok károsodási osztályozási rendszerét, amely egy olyan szakértői rendszer, amely alkalmas a károsodási szint – másként veszélyeztettségi vagy kockázati szint – és a maradék élettartam becslésére.

A pébégáztartályok időszakos ellenőrzése megbízhatóságának növelésére kidolgozott tartálydiagnosztikai és állapotértékelési eljárás lényeges jellemzői a következők:

A szakértői rendszer meghatározza az egyes tartályok vagy azok csoportjai károsodási, veszélyeztetettségi, kockázati szintjét. Ez alapján felállítja az időszakos ellenőrzésre javasolt tartályok „sürgősségi" sorrendjét, és megadja az egyes tartályok becsült maradék élettartamát.

A szakértői rendszer ultrahangos falvastagságmérést ír elő a tartály kritikus pontjain. Ezek kiválasztása erre dedikált protokoll szerint történik. Az ultrahangos vizsgálat eredményei bekerülnek a károsodási osztályozási rendszerbe, és ez alapján folyamatosan pontosabbá válik a maradékélettartam becslése az adott tartályokra és a teljes statisztikai mintára egyaránt.

A szakértői rendszer a jelen formájában egy önálló elektronikus adatbázisként működik, és feltöltöttsége alapján tetszőleges számú pébégáztartály adatait kezeli.

Átfogó adatgyűjtést, értékelést és állapotfelmérést végeztünk a föld felett üzemelő tartályok körében. Megállapítottuk, hogy a meghatározó károsodási folyamatok azonosak: a belső korrózió egyenletes, a külső korrózió egyedileg jól követhető. Egyéb mechanikai leromlási folyamat, pl. kifáradás, elridegedés, öregedés stb. nem károsítja a tartályokat.

A károsodási osztályozási rendszer alkalmas a maradék élettartam becslésére. A becslés alapját a mért lemezvastagsági adatok és a korróziós károsodási folyamat sebességének a mérési adatokon alapuló becslése képezi.

A pébégáztartályok *időszakos és rendkívüli ellenőrzésére szolgáló* felülvizsgálati módszereket illetően a vizsgálatok igazolták a következőket:

A hidraulikus (víz közeggel végzett) nyomáspróba nem szolgáltat semmilyen érdemleges információt. A hidraulikus nyomáspróba során a tartályokba bevitt víz nem távolítható el maradéktalanul még szárítással sem. Emiatt a víz belső korrózió meghatározó korróziós ágense lesz az egyébként nem korrozív hatású töltetben. A hidraulikus nyomáspróba ennek folytán a belsőkorróziós folyamat előidézőjévé és gyorsítójává válik.

Tehát a hidraulikus nyomáspróbát súlyos tartálykárosító hatású eseménynek kell tekinteni. Az időszakos ellenőrzésnél a hidraulikus nyomáspróba beszüntetését javasoljuk.

A hidraulikus nyomáspróba mellőzésére a jogszabályi lehetőség adott: a 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelményeket tartalmazó „Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata" című dokumentum (2007. február 27.) V. rész 3.3.1. szakasza alapján.

A 273/2009. (2009. XII. 3.) Korm. Rendelet lehetőséget teremtett a 10 m3-nél kisebb űrtartalmú pébégáztartályok belső szerkezeti vizsgálatának az itt említett szakértői rendszerrel való elvégzésre.

A saját közeggel – tehát pébégázzal vagy földgáz közeggel – végzett akusztikus emissziós vizsgálatot, nyomáspróbát úgy értékeljük, hogy az érzéketlen még az igen durva és nagy kiterjedésű hibák érzékelésére is. Emiatt ezt az ún. pneumatikus nyomáspróbával kombinált akusztikus emissziós vizsgálatot szilárdsági ellenőrzésre eredménytelennek és szükségtelennek tartjuk.

A szakértői rendszer és a hozzá kapcsolódó vizsgálati metodika megbízható becslést ad a nyomástartó edények károsodottságának, veszélyeztetettségének mértékére és maradék élettartamára. Ezzel lényegesen hitelesebb eredményt ad, mint a hidraulikus vagy az akusztikus emissziós vizsgálattal kapcsolt pneumatikus nyomáspróba. A szakértői rendszer szakmailag megbízhatóbb eredményt ad az említett eljárásoknál, ezért jól alkalmazható a tartályok időszakos ellenőrzésének minden változatánál, és különösen alkalmas az üzemelő tartályok estében a

A felhasznált szakirodalom

1. MSZ EN 13554:2011 Roncsolásmentes vizsgálatok. Akusztikus emissziós vizsgálatok. Általános alapelvek
2. MSZ EN 12817:2010 LPG-berendezések és -tartozékok. Legfeljebb 13 m3 űrtartalmú, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése
3. MSZ EN 12819:2010 LPG-berendezések és -tartozékok. 13 m3-nél nagyobb űrtartalmú, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése
4. Schweizer PA: Corrosion resistance tables; Part C, ISO-POT. Marcel Dekker, Inc. NewYork – Basel, 2004. 1881. oldal
5. Tscheliesnig P: Periodical testing of LPG vessels (above- and underground) based on validated acoustic emission procedure within Central Europe. In: Kanji Ono (szerk.): Advances in Acoustic Emission – 2007; Proceedings of the Sixth International Conference on Acoustic Emission. The Acoustic Emission Working Group and Acoustic Emission Group, Encino, CA, USA, 217–222.
6. Tscheliesnig P, Schauritsch G: Inspection of LPG vessels with AE examination. Journal of Acoustic Emission, 18 (2000) 138–143.
7. Rauscher F: Laboratory Experiments for Assessing the Detectability of Specific Defects by Acoustic Emission Testing. Journal of Acoustic Emission, 26 (2008) 98–108.
8. Szűcs P, Kenyeres D, Nagy Zs: Összehasonlító mérések Defektophone és Sensophone akusztikus emissziós mérőkészülékkel. Anyagvizsgálók Lapja, 14 (2004:2) 53–56.
9. Kindlein M, Fodor O: Akusztikus aktivitás akusztikus emisszió vizsgálatoknál. Anyagvizsgálók Lapja, 10 (2010:1–2) 37–41. oldal
10. Pál Cs: Akusztikus emisszió, a hagyományos időszakos vizsgálatok tükrében. www.avi-szak.hu/Agy3/Eloadasok/2_09_palcsaba.pdf
11. Szűcs P, Zilahi Z: Földdel fedett PB-gáztartályok akusztikus emissziós vizsgálata. Anyagvizsgálók Lapja, 6 (1996:4) 107–109.
12. Szűcs P: Az akusztikus emissziós integritás-vizsgálat lehetősége a nyomástartó berendezések üzembe helyezésénél, időszakos ellenőrzésénél. Anyagvizsgálók Lapja, 12 (2002:1) 5–8.
13. Zolnay G: Az akusztikus emissziós vizsgálat kiértékelési problémái. Anyagvizsgálók Lapja, 5 (1995:2–3) 88–91.
14. Szélig K: Akusztikus emisszió az állapotvizsgálatban. Anyagvizsgálók Lapja, 6 (1996:1) 23–26.

Köszönet a sok segítségért!

ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.

PRÍMAGÁZ 21

MAGYAR RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATI SZÖVETSÉG
MAROVISZ