

SZEMÉLYI FELÜLETI SZENNYEZETTSÉG ELLENŐRZŐ SUGÁRKAPU REKONSTRUKCIÓ A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

Makovecz Gyula*, Bujtás Tibor és Kiss Mihály
MVM Paksi Atomerőmű Zrt., 7031 Paks, Pf. 71

*makoveczgyp@npp.hu

A kézirat beérkezett: 2018.05.15

Közlésre elfogadva: 2018.07.11.

Reconstruction of the whole body surface contamination monitors in Paks NPP

The reconstruction of the whole body surface contamination monitors at the Paks Nuclear Power Plant finished in April 2017. 19 MAB type whole body surface contamination monitors have been replaced by 24 ARGOS whole body surface contamination monitors. Small Items Monitors have been installed at the entrances of changing rooms. Documentation Contamination Monitors have been placed at the border of the radiation controlled and the supervised area. In the article will be shown the advantages of the new whole body contamination monitors, the transfer in their places, putting the equipment into operation, the communication with the Radiation Monitoring System and the operational experience.

Keywords: ARGOS whole body contamination monitor, Documentation, Contamination Monitor, Small Items Monitor.

2017 áprilisában fejeződött be a személyi felületi szennyezettség ellenőrző sugárkapuk rekonstrukciója a Paksi Atomerőműben. A 19 darab MAB típusú sugárkapu helyén 24 darab ARGOS típusú egy-, illetve kétlépéses sugárkapu lett szolgálatba állítva. A rekonstrukció keretében a fekete öltözők bejárataihoz kiseszköz ellenőrző kamrák kerültek elhelyezésre. Az ellenőrzött zóna és a felügyelt terület közötti iratforgalmazást mappa monitorok segítik. A cikk bemutatja az új sugárkapuk előnyeit, helyszínre történő telepítésüket és beüzemelésüket, a továbbított információk megjelenítését a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerben, valamint az eddigi üzemeltetési tapasztalatokat.

Kulcsszavak: ARGOS sugárkapu, mappa monitor, eszköz ellenőrző karma.

A REKONSTRUKCIÓ SZÜKSÉGESSÉGÉNEK OKAI

A Paksi Atomerőműben 1993-ban lettek rendszerbe állítva a MAB GKM 600 típusú személyi felületi szennyezettség ellenőrző sugárkapuk (a továbbiakban sugárkapuk). Az eltelt huszonnégy év alatt a detektorok érzékenysége csökkenése, a méréstechnika fejlődése és az az elvárás, hogy a sugárvédelem nagyobb hatékonysággal és biztonsággal tudja ellátni a feladatát, indokoltá tette ezeknek a sugárkapuknak a cseréjét.

A sugárkapu rekonstrukció indokoltságának okai:

- Az éves hitelesítés/kalibrálás során a Paksi Atomerőmű Metrológiai Üzemének szakemberi már a 2000-es évek közepén észlelték a proporcionális detektorok előregedését. A detektorok érzékenysége egy-egy sugárkapu átlagában 0,2–7,6%-ot csökkent a MATEC Kft. 2008-as vizsgálata szerint. A detektorok 13%-nál az érzékenység romlása meghaladta a 10%-ot. A vizsgálat óta pedig újabb tíz esztendő telt el [1].
- Az ilyen típusú proporcionális detektorok már nem beszerezhetőek, a gyártó beszüntette a gyártásukat, így cseréjük nem lehetséges.
- Tartalék alkatrész hiányában hosszú távon a javításuk sem volt megoldott.

AZ ÚJ SUGÁRKAPUK KIVÁLASZTÁSA

Az új személyi felületi szennyezettség ellenőrző sugárkapuk kiválasztásánál szempont volt, hogy csak béta-sugárzók detektálására legyenek mindenképpen alkalmasak, alfa- és gamma-sugárzók elsődleges detektálásának az igénye nem merült fel. Méréstechnikai oldalról követelményként fogalmazódott meg a nagyobb érzékenység, kisebb mérési távolság és az alacsonyabb kimutatási határ.

Az alfa-sugárzók közvetlen detektálása azért nem merült fel igényként, mert a hosszú távú mérési programok (helyiségmérések és technológiai mérések) eredményei alapján nem indokolt a munkavállalók folyamatos detektálása alfa-szennyezettségre. A Paksi Atomerőmű rendelkezik két darab MAB HFM 2100AB típusú, ruhadetektorral ellátott kéz-láb monitorral, amelyek, amennyiben szükséges, lokálisan kitelepíthetők. Ahogyan például a 2003-as üzemzavarhoz kapcsolódó munkáknál – legutóbb 2015-ben, az alfa-sugárzó izotóppal szennyezett hulladékok végleges tárolásra történő előkészítésekor – minden esetben megtörtént. Az alfa-sugárzók folyamatos detektálása esetén továbbra is szükség lett volna öblítő gáz alkalmazására.

A gamma-sugárzók közvetlen detektálása egy gyors adatot szolgáltatott volna belső sugárterhelésre. A Paksi Atomerőmű belső sugárterhelésre vonatkozó behívási rendszere megfelelő, a kockázatos csoportban lévő személyek ellenőrzése gyakoribb. Azoknál a munkavállalóknál pedig, akiknél felmerül az inkorporáció gyanúja, azonnali, soron kívüli ellenőrzés történik. Mindezeket figyelembe a gamma-sugárzók közvetlen detektálásának az igénye elvetésre került. A végül megvásárolt ARGOS-5PB, kétlépéses sugárkapuknál egyébként rendelkezésre álltak az úgynevezett Zeus gamma-detektorok. Ezeket a béta-sugárzókat kimutató plastik szcintillációs detektorok mögött helyezték volna el. A test ellenőrzését három nagyméretű, a fej ellenőrzését egy kisméretű gamma-sugárzókat detektáló plastik szcintillációs detektor végezte volna [2].

Az alkalmazandó detektortípusnál a plastik szcintillációs detektorokra esett a választás. Ennek a típusnak a beszerzési ára magasabb, mint a gázátöblítéses proporcionális számlálóké, de az üzemeltetési költségük alacsonyabb. A plastik szcintillációs detektorokhoz ugyanis nincs szükség öblítő gázra. A gázöblítés mennyisége normál üzemben 5-8 l/h volt. Az öblítéshez használt gázkeverék: 82% argon, 18% szén-dioxid. Az öblítő gáz szükségtelenségével egy plusz hibaforrás is kizárásra került és jelentős éves költségmegtakarítást sikerült elérni [3].

A beruházás összege miatt közbeszerzés keretében valósult meg a rekonstrukció, több gyártó jelentkezett. Az új eszközöknek rendelkezniük kellett érvényes típusvizsgálattal és első hitelesítéssel. Mindezeket összegezve a végleges döntéskor a Canberra ARGOS-5PB, kétlépéses és az ARGOS-1PB, egylépéses sugárkapu került kiválasztásra. A kétlépéses sugárkapu abban különbözik az egylépésestől, hogy előbbiben először szemből, majd megfordulás után háttal is történik mérés, elérve így a 360°-os ellenőrzést.

A rekonstrukció keretében megvalósítani tervezett kiegészítő eszközök: eszköz ellenőrző kamrák és mappa monitorok kiválasztása hasonló elvek mentén történt.

A SUGÁRKAPUK TELEPÍTÉSÉNEK ÉS ÜZEMBE HELYEZÉSÉNEK LÉPÉSEI

A hosszas előkészítést követően két ütemben történt meg a sugárkapuk cseréje:

- 2016.09.30 – 2016.12.31., 12 sugárkapu üzembe helyezése.
- 2017.01.01 – 2017.04.20., 12 sugárkapu és a kiegészítő eszközök üzembe helyezése.

Hat darab egylépéses ARGOS-1PB sugárkapu lett elhelyezve a főépületi kijáratokhoz. Az öltözők bejárataihoz kilenc darab kétlépéses, fix fejdetektoros ARGOS-5PB sugárkapu lett telepítve, öt kis, négy nagy eszközmonitorral. Az öltözők kijáratainál pedig kilenc darab kétlépéses, mozgó fejdetektoros ARGOS-5PB sugárkapu lett üzembe helyezve.



1. ábra. ARGOS-5PB kétlépéses sugárkapu

Az előkészítés magába foglalta a sugárkapuk pontos típusának és számának kiválasztását, a gyártónál történő helyszíni ellenőrzést és a sugárkapuk üzem közbeni működésének megtekintését.

A korábbi MAB GKM 600 és az új ARGOS-5PB típusú sugárkapuk paramétereinek összehasonlítása az 1. táblázatban látható. Az alsó kimutatási határ és a detektorok összes felülete az a két adat, amely méréstechnikai szempontból a legfontosabb.

1. táblázat. Az öltöző bejárat MAB és ARGOS típusú sugárkapuk adatai [2, 3]

Adat	MAB GKM 600	ARGOS-5PB
Magasság [mm]	2320	2284
Mélység [mm]	1000	1132
Szélesség [mm]	980	1043
A detektorok típusa	gázátöblítéses proporcionális számláló	plasztik szcintillációs detektor
A detektorok száma [db]	19	25
testfelületnél [db]	12	18
cipő [db]	2	3
fej [db]	1	1
kéz [db]	4	3
A kézdetektorok felülete [cm ²]	280	579
A testdetektorok felülete [cm ²]	950	579
A detektorok összfelülete [cm ²]	15 370	14 475 (28 950)*
A mozgásérzékelő szenzorok száma [db]	7	7
Alsó kimutatási határ [Bq/cm ²]	0,2	0,1

*- a kétlépéses technológia 28 950 cm² mérési felületet jelent.

A felhasználási környezet függvényében, az alábbi nuklidokra került meghatározásra a detektorok hatásfoka a típusvizsgálat során. A hatásfok meghatározása 10x10 cm felületű sugárforrással, 0,5 mm vastag finomhálósával történt. A detektorokon 1,2 mg/cm²-es Al-bevonatú fólia volt. Az értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. Az ARGOS-5PB típusú sugárkapuk detektorainak hatásfoka [4]

Radionuklid	Kontakt 4 π hatásfok [%]
¹³⁷ Cs	21,3
⁶⁰ Co	14,9
³⁶ Cl	21,6
¹⁴ C	4,6
⁹⁰ Sr(+ ⁹⁰ Y)	28,7

Az új sugárkapuk működési helyükre történő szállítása jelentős tervezési és szervezési feladatot jelentett az előkészítés alatt. A sugárkapuk szétszerelve történő szállításához a gyártó Canberra (a jelenlegi Mirion Technologies) nem járult hozzá. A sugárkapuk méretéből adódóan a lépcsőházban, liftkabinban történő szállítás nem volt kivitelezhető.

A beszállítás egyetlen lehetséges módja a liftaknában történő emelés maradt. Ehhez legyártásra került egy emelhető keret, amit a liftkabin alá rögzítettek, ezzel történt meg a sugárkapuk feldaruzása az Egészségügyi Laborépület második emeletére. A földszinti és a második emeleti vízszintes irányú mozgatásra is egy speciális eszköz készült, amellyel állítva és fektetve is szállíthatóak voltak a sugárkapuk. Erre azért volt szükség, mert a liftkabin alá történő be- és kigördítés, valamint a kabin emelkedése és süllyedése közben folyamatosan változtatni kellett a sugárkapu dőlésszögét. Ezekhez kapcsolódóan két rámpa készült a liftaknába történő be- és kigördítéshez.



2. ábra. A speciális sugárkapu szállító eszköz

Járulékos feladatként meg kellett oldani a régi sugárkapuk szétszerelését és kiszállítását, az ezekhez kapcsolódó gázrendszer és villamos kábelezés elbontását. Több helyszínen jelentős építészeti átalakítást kellett elvégezni, főleg azokon a területeken, ahol eszköz ellenőrző kamrák, mappa monitorok vagy plusz sugárkapuk lettek üzembe helyezve.

Az új sugárkapuk üzembe helyezéséhez kapcsolódóan el kellett végezni az új villamos, irányítástechnikai és kamera rendszer kiépítését.

A munkák koordinálása is szétágazó feladat volt, hiszen a munkákban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. mellett az MVM OVIT Zrt., az MVM ERBE Zrt., a Paksi Mérnöki Kft., a Pöry Erőterv Zrt., a Canberra-Packard Kft., az Oktel Kft., a Scadanet Kft. és a VF a.s. vett részt.

AZ ÚJ SUGÁRKAPUK ELŐNYEI

A régi MAB típusú sugárkapuk elkerülhetetlen cseréje mellett az ARGOS típusú új sugárkapuk olyan tulajdonságokkal is bírnak, melyek alátámasztják a rekonstrukció indokoltságát, szükségességét és sikerességét:

- A nagyméretű, színes LCD kijelzőn és hangutasítással is tájékoztatást adnak a sugárkapuk a felhasználó számára. Ezek a tájékoztatások tartalmazzák a pozíció felvételére vonatkozó utasításokat, a helytelen testhelyzetet, a mérési időt, az esetleges kontamináció tényét és helyét.
- A kétlépéses sugárkapuk sorompóval lettek ellátva, kiküszöbölve az esetleges „átsurranás” veszélyét, lehetőségét.
- A zuhanyzók utáni kétlépéses sugárkapuk mozgó fejdetektorral lettek üzembe helyezve, ezzel az utolsó ellenőrzési ponton a munkavállalók magasságkülönbsége (150 és 203 cm között) kiegyenlítésre került.
- Az eredeti 19 darab MAB sugárkapu helyén 24 darab ARGOS típusú sugárkapu lett rendszerbe állítva. Egy-egy plusz sugárkapu lett üzembe helyezve a főépületekből történő kilépési pontoknál, a műszaki öltöző be-, illetve kijáratánál, valamint a női öltöző kijáratánál. Ezeken a helyeken kisebb lett az egy kapura jutó leterheltség és elhasználódás.



3. ábra. ARGOS-1PB egylépéses sugárkapu

- Kamerarendszer került kiépítésre a sugárkapukhoz, rögzítési és visszaellenőrzési funkcióval. Ennek segítségével a meghibásodások, az esetleges sugárvédelmi szabálysértések és a sugárkapukat ért sérülések is rögzítésre kerülnek, lehetőséget adva a visszanezésre.
- A rekonstrukció keretében az új sugárkapuknak a villamos betáplálása is át lett alakítva, új elsődleges és szünetmentes betáplálást biztosítva.
- Az új sugárkapuk diagnosztikai értékei integrálva lettek a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerbe. Ezzel bővebben foglalkozik a következő fejezet. [2, 5, 6]

A SUGÁRKAPUK MEGJELENÍTÉSE A SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZERBEN

A huszonegy új sugárkapu diagnosztikai adatai integrálva lettek a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerbe. A sugárkapuk harminc másodpercenként egy szerverpárra küldik az adatokat (beleértve a villamos betáplálás adatait is), tizenkét sugárkapu a szerverpár egyik, tizenkettő pedig a másik szerverére. A szerverek az adatokat tükrözik a másikra, az adatvesztés így kiküszöbölhető. A szerverekre egy új adatgyűjtő szoftver került telepítésre, ennek a feladata a ciklikusan érkező státuszüzenetek folyamatos monitorozása és a kapott adatok továbbítása az adatbázisba. Amennyiben 120 másodpercig nem érkezik adat egy sugárkapuról, az adatgyűjtő szoftver kommunikációs hibás állapotúvá állítja a sugárkapu státuszát. Az új villamos betáplálás gyűjtött jelei is láthatóak az összefoglaló sémaképen.

Az üzemeltető és a karbantartó szervezet számára biztosítottak a sugárkapuk összefoglaló és részletes diagnosztikai információi [7].

Helyiség	Összegzett sugárkapu státusz			
Sugárkapu a vendég öltözőben	00XR62			
Sugárkapu a férfi öltöző előtt	00XR83	00XR84		
Sugárkapu a férfi öltöző fürdő után	00XR85	00XR86		
Sugárkapu a női öltöző előtt	00XR91			
Sugárkapu a női öltöző fürdő után	00XR92	00XR93		
Sugárkapu az 1. öltöző előtt (bűfé)	00XR78	00XR79	00XR80	00XR81
Sugárkapu az 1. öltöző fürdő után	00XR76	00XR77		
Sugárkapu a 2. öltöző előtt	00XR89	00XR90		
Sugárkapu a 2. öltöző fürdő után	00XR87	00XR88		
Sugárkapu az I. kiépítés átjáró folyosón	01XR05	01XR06	01XR07	
Sugárkapu a II. kiépítés átjáró folyosón	02XR05	02XR06	02XR07	
Sugárkapu szünetmentes betáplálás EÜ. épület pince:				00ER47 GY. HIBA
Sugárkapu alelosztók 00FD36, 00FD37:				00FD36 GY. HIBA

4. ábra. Összefoglaló sugárkapu diagnosztika a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerben

A részletes diagnosztikai információk a sugárkapuk általános adatait tartalmazzák, többek között az ajtóra, a sorompóra, a szenzorokra, a betáplálásra, a mozgó fejedetektorra (ha van)

vonatkozóan. Ezen kívül a diagnosztika külön-külön adatot szolgáltat a kétlépéses sugárkapuk huszonöt, az egylépéses sugárkapuk harminc detektoráról. A következő adatok érkeznek a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerbe: alacsony háttér, magas háttér, nagyfeszültség hiba, szennyezett detektor, magas számlálási idő, kalibrálás megfelelősége. Személyi kontamináció esetén a szennyeződést detektáló detektor színjelzése piros, kommunikációs hiba esetén világosszürke, szerviz üzem alatt sötétszürke színűre vált.

Sugárkapu: 00XR82 - a vendég öltözőben		SERDP203 1. SERDP303 2.	
Sugárkapu státusz	RENDBEN	Detektor sorszám	1
Ajtónyitó panel	RENDBEN	Detektor üzemel	RENDBEN
Szenzor panel	RENDBEN	Detektor hiba	NEM
Kiegészítő szenzor panel	RENDBEN	Nincs kalibrálva	NEM
Fej motorvezérlő panel	RENDBEN	Alacsony háttér érték	NEM
Degradált üzemmód	RENDBEN	Túl magas háttér érték	NEM
Riasztási teszt	RENDBEN	Nagyfeszültség hiba	NEM
Homéroséklet	RENDBEN	Live Time Error	NEM
Adatbázis	NINCS	Szennyezett detektor	NEM
Kijáratí ajtó	RENDBEN	Magas háttér érték	NEM
Bejáratí sorompó	RENDBEN	Magas számlálási idő	NEM
Fej motor	RENDBEN	Nulla beütés	NEM
+12V OK	RENDBEN	Újrakalibrálás szükséges	NEM
Vészstop gomb	INAKTIV		
Kijáratí biztonsági kulcs	INAKTIV		
Aktuális homéroséklet	37.00 C		
+12V	12.00 V	Sugárkapu adat frissülés	10:35:49
+5V	5.10 V	Képernyő frissülés	10:35:55

5. ábra. Részletes kétlépéses sugárkapu diagnosztika a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerben

A SUGÁRKAPUK MŰKÖDÉSÉT KIEGÉSZÍTŐ ESZKÖZÖK

Az új sugárkapuk működésének támogatására a sugárkapu rekonstrukció keretében három további berendezésfajta is beüzemelésre került:

- Négy darab kiseszköz ellenőrző kamra, a fekete öltözők bejárataihoz.
- A Dozimetriai Szolgálat munkájának segítésére a kis eszköz ellenőrző kamrákkal megegyező működésű, de nagyobb méretű nagy eszköz ellenőrző kamra.
- Az ellenőrzött zóna és a felügyelt terület közötti iratforgalmazást lebonyolító két darab mappa monitor [6].

Eszköz ellenőrző kamrák üzemeltetése

A négy fekete öltöző bejáratához kiseszköz ellenőrző kamrák (SIM-27G) lettek beépítve. Belső méretük 300 x 300 x 300 mm, térfogatuk 27 liter. Az öltözőbe lépés előtt a kamra segíti az ekkora méretet nem meghaladó személyes tárgyak ellenőrzését. A kamra négy darab plastik szcintillációs detektorral rendelkezik (az ajtókon nincs detektor), a detektorok felülete egyenként 784 cm². A detektorok árnyékolását 5 mm vastagságú ólom biztosítja. Mérési tartománya 120 Bq–3 MBq, 25–300 000 s⁻¹. Energia tartománya 60 keV–2,5 MeV.

A Dozimetriai Szolgálat munkáját egy darab nagyesczköz ellenőrző kamra (SIM-101G) támogatja. Belső mérete 450 x 450 x 500 mm, térfogata 101 liter. A kamra hat plasztik szcintillációs detektorral rendelkezik, a detektorok felülete egyenként 1800 cm². A detektorok árnyékolását 25 mm vastagságú ólom biztosítja. Mérési tartománya 124 Bq–3 MBq, 21–510 000 s⁻¹. Energia tartománya 60 keV–2,5 MeV [6, 8, 9].

A mappamonitorok üzemeltetése

Az ellenőrzött zóna és a felügyelt terület (korábbi üzemi terület) közötti iratforgalmazás sugárvédelmi ellenőrzése érdekében két mappamonitor (DMC-300F) került elhelyezésre az Egészségügyi Laborépület földszintjén. Az eszközök A4-es formátumú, 30 mm vastagságú dokumentáció ellenőrzését teszik lehetővé, két plasztik szcintillációs detektor segítségével. A detektorok felülete egyenként 875 cm², az aktív területük 704 cm². A detektorok árnyékolását 25 mm vastagságú ólom biztosítja. A mappamonitor által minimálisan kimutatható felületi aktivitáskoncentráció 0,1 Bq/cm² ⁹⁰Sr (+⁹⁰Y) esetén. Mérési tartománya 25–62 000 s⁻¹. Energia tartománya 60 keV–2,5 MeV. [6, 10]

EDDIGI ÜZEMELTETÉSI TAPASZTALATOK

Jelenleg mintegy egy éves üzemeltetési tapasztalat áll rendelkezésre az utolsóként üzembe helyezett új sugárkapu tekintetében is. A próbaüzem alatt több megoldandó feladat is rögzítve lett, ezek a következők voltak [6]:

- Változó háttér üzenet és érvénytelen mérés. A detektor fizikai megnyomásával jelentkezett. A munkavállalók tájékoztatásával, a mérés közbeni odafigyeléssel számossága jelentősen csökkent. Szintén ez az üzenet jelentkezett radioaktív minták sugárkapu közelében történő szállításánál. Ez a szabályozások pontosításával került kiküszöbölésre.
- A mozgó fejdetektoros sugárkapuknál az infraérzékelő pontatlanságából adódóan előfordult, hogy a fejdetektor nekiütközött a mérés alatt álló személy fejének. Ez az infraérzékelők távtartóra történő szerelésével lett megszüntetve.
- A kétlépéses sugárkapuk ajtaja korai bezáródásának problémája a foglaltsági idő növelésével oldódott meg.
- Az eszköz ellenőrző kamrák fogantyújának nem optimális fogási irányának megfordítását kellett elvégezni.
- Helyhiány miatt a női öltöző bejáratához csak egy új sugárkapu került telepítésre. Ez a műszakváltások idején a mérésre várók feltorlódását eredményezi, a kétlépéses mód miatt megnövekedett mérési időből adódóan. A jövőben meg kell vizsgálni egy további sugárkapu elhelyezésének lehetőségét.
- A kétlépéses sugárkapuk szenzorai megkövetelik, hogy a mérés alatt álló személy a lehető legközelebb helyezkedjen el a detektorokhoz. Ez a minimális mérési távolság az ellenőrzött zónában elszenvedett és jegyzőkönyvezett személyi kontaminációk számának emelkedését vonta maga után, amivel az üzemeltetők előzetesen számoltak.

IRODALOM

- [1] A MAB GKM600 sugárkapu detektorainak érzékenységsökkenés vizsgálata (Matec Kft., 2008.)
- [2] ARGOS-5PB Kétlépéses személyi sugárkapu gépkönyv (Canberra-Packard Kft.)Elérhetőség: http://www.canberra.com/products/hp_radioprotection/pdf/Argos-PB-SS-C40628.pdf. A letöltés időpontja: 2018.03.01.

- [3] MAB GKM 600 Technisches Handbuch
- [4] ARGOS-5PB típusvizsgálati jegyzőkönyv (MKEH, 2014.05.06.)Elérhetőség: <http://mkeh.gov.hu/index.php?name=OE-eLibrary&file=download&keret=N&showheader=N&id=98766>. A letöltés időpontja: 2017.12.19.
- [5] ARGOS-1PB Egylépéses személyi sugárkapu gépkönyv (Canberra-Packard Kft.)
- [6] Makovecz Gyula: Új sugárkapuk hatása a sugárvédelemre, DO szakmai továbbképzés, Balatonfüred, 2018.02.06.
- [7] SER SCADA kapcsolat – rendszerterv (Scadanet Kft.)
- [8] SIM-27G, műszaki dokumentáció (VF a.s.). Elérhetőség: [http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/SIM/VF-DataSheet%2520SIM%2520series%2520\(Small%2520Items%2520Monitors\).pdf](http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/SIM/VF-DataSheet%2520SIM%2520series%2520(Small%2520Items%2520Monitors).pdf).A letöltés időpontja: 2018.03.01.
- [9] SIM-101G műszaki dokumentáció (VF a.s.). Elérhetőség: [http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/SIM/VF-DataSheet%2520SIM%2520series%2520\(Small%2520Items%2520Monitors\).pdf](http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/SIM/VF-DataSheet%2520SIM%2520series%2520(Small%2520Items%2520Monitors).pdf).A letöltés időpontja: 2018.03.01.
- [10] DMC-300F műszaki dokumentáció (VF a.s.). Elérhetőség: [http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/DCM-300/VF-Datasheet%2520DCM-300%2520series%2520\(Document%2520Contamination%2520Monitor\).pdf](http://vf1.ideal-studio.cz/files/upload/produkty/DCM-300/VF-Datasheet%2520DCM-300%2520series%2520(Document%2520Contamination%2520Monitor).pdf). A letöltés időpontja: 2018.03.01.

Készült a SOMOS Alapítvány támogatásával.