

Nagy felbontóképességű szerkezetkutató 3D szeizmikus mérések a Bodai Agyagkő Formáció (BAF) kutatására a Nyugat-Mecsekben

GOMBÁR L.¹, MOLNÁR P.², HALÁSZ A.²

¹Miskolci Egyetem, GEOSEIS Consulting, 3515 Miskolc-Egyetemváros

²Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft., 2040 Budaörs, Puskás Tivadar u. 11.

E-mail: laszlo.gombar@geoseis.hu, molnar.peter@rhk.hu, halasz.amade@rhk.hu

A Ny-Mecsekben bő két évtizede tartó geológiai kutatás célja a Magyarországon keletkező hosszú élettartamú és nagy aktivitású radioaktív hulladék, valamint a kiégett fűtőelemek hosszú távú, biztonságos elhelyezésére alkalmas mély-ségi geológiai tároló helyének kijelölése. Az eddigi kutatófúrások és a néhány korábbi 2D szeizmikus szelvény alapján kialakítható szerkezeti kép nem ad megfelelő támpontot az 500 és 1000 m mélységintervallumban tervezett tárlótér helyének meghatározásához. A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. ezért egy nagy felbontó képességű, sűrű mérési hálózattal jellemezhető 3D szeizmikus mérés kivitelezését határozta el. A korszerű műszaki elvárásoknak megfelelő terepi szeizmikus adatgyűjtés 2022. július–november folyamán történt meg. A mérés kivitelezése során számos kihívással kellett szembenézni, úgymint a változatos topográfia, az erdővel borítottság, a felszínen és felszínközélen található nagy szeizmikus terjedési sebességgel bíró alaphegységi képződmények, az erősen változó vastagságú fedőüledékek, valamint a lakott területek. A cikk bemutatja a terepi mérések tervezését, kivitelezését és az adatfeldolgozás folyamatát.

Kulcsszavak: 3D, szeizmikus kutatás, geofon, vibrátor, Bodai Agyagkő Formáció

Gombár, L., Molnár, P., Halász, A.: High-resolution structural 3D seismic survey for exploration of Boda Claystone Formation (BCF) in the Western-Mecsek Mts.

The target of the geological investigation, which has been carried out in West-Mecsek mountains for decades is to find a safe, deep geological repository location for the long-lifetime, high radioactive wastes, as well as for exhausted nuclear heating elements. The geological structural image - derived from the exploration wells drilled so far and from some earlier 2D seismic sections - has not provided a reliable base for determination of the right location for the waste repository planned within the 500m to 1000 m depth interval. The Radioactive Waste Management company therefore has decided to carry out a high-resolution 3D seismic survey to image the potential area with a dense network of source and receiver lines. The seismic data acquisition campaign meeting all the up-to-date technical requirements was carried out from July to November in 2022. During data acquisition several field challenges had to be faced as like the varying topography, the partial forest coverage of the survey area, the high seismic velocity basement formations located on the surface or near-surface, the varying thicknesses of weathered zone sediments and the inhabited areas.

The article presents the designing of the survey, as well as the data procedures of acquisition and final data processing.

Keywords: 3D, seismic survey, geofon, seismic vibrator, Boda Claystone Formation

Beérkezett: 2024. április 2.; *elfogadva:* 2024. június 1.

Bevezetés

A 49 km² területet lefedő 3D szeizmikus mérés alapvető célja a Cserdi-Bükkösd-Boda térségében (1. ábra) található Bodai Agyagkő Formáció (BAF) összetételének megismerése, a terület földtani adottságainak, azaz a földtani, geofizikai, tektonikai, rétegtani viszonyainak térbeli jellemzése volt (Molnár et al. 2022, Hámos 2019). A kutatási terület földtani-szerkezeti jellegét az összetett szerkezetű Kővágószőlősi-antiklinális és az azt észak és dél felől lehatároló, NyDny–KÉK-i csapású jelentős szerkezeti zónák – a Hetvehely–Magyarszék-vonal és a Mecsekalja diszlokációs zóna – határozzák meg.

A Kővágószőlősi-antiklinális ÉK, K, illetve DK-i irányban fiatalodó, íves-páztás geometriájú, 4000–5000 m vastagságú, perm-triász korú törmelékes és karbonátos kifejlődésű rétegek építik fel. A mérési terület Ny-i peremén, Bükkösd és Cserdi térségében a perm-triász képződményekre kora miocén törmelékes üledékek (konglomerátum, homokkő, agyag) települnek max. 200–250 m vastagságban. A mérési terület D-i harmadát pedig dél felé fokozatosan 300–500 m-ig kivastagodó, késő miocén üledékek (kavics, homok, agyag és agyagmárga) borítják. A mérési terület É-i, dombvidéki részén a perm-triász képződményekre közvetlenül negyedidőszaki üledékek (főként lösz) települnek, legfeljebb 20–30 m vastagságban.

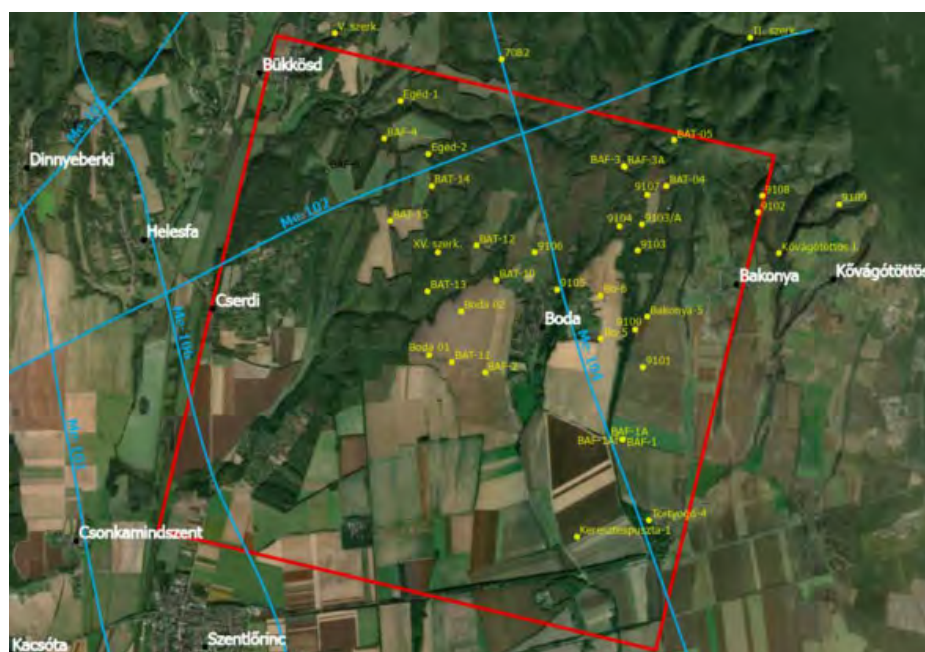
A 3D szeizmikus mérések elvégzésére a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK) nemzetközi közbeszerzési tendert írt ki, amelyet a Magyarországon már több éves mérési tapasztalattal és kiváló referenciákkal rendelkező, lengyelországi székhelyű Geofizyka Torun S.A. (GT) nyert el.

Kutatástörténet

A nyugat-mecseki 3D szeizmikus mérések területének és tágabb környezetének megkutatottsága országos szinten igen jónak mondható. Az elmúlt évtizedekben a BAF kutatása és az uránbányászati tevékenységek során számos nyersanyag- és szerkezetkutató, valamint térképező fúrás mélyült, ezekhez karotázsmérések kapcsolódtak, felszíni földtani térképezés, kutatóárkok vizsgálata, felszíni geofizikai mérések zajlottak, amelyek értékelését számos kutatási jelentés és szakcikk ismerteti.

Az elmúlt évtizedekben a kutatási területen, illetve annak tágabb környezetében számos szeizmikus mérés zajlott. 1976–77-ben készültek a Gö-jelölésű szeizmikus reflexiós szelvények. 2004–2005-ben az RHK megbízására regionális szeizmikus reflexiós szelvényeket (Me–101, –102, –103, –103/a és –104) mértek összesen 82 500 fm hosszban, valamint megvalósult az Me–104 szelvény mélytomográfias felvétele. A szeizmikus nyomvonalak mentén magnetotellurikus szelvényezést is végeztek, emellett újraértékeltek a Gö-jelű, archív szeizmikus szelvényeket. 2017-ben 2 db újabb reflexiós szeizmikus szelvény (Me–105 és Me–106) mérésére került sor, összesen 30 382 m hosszban. E mérések feldolgozása 2018 elején készült el (Cserkész-Nagy et al. 2018).

2018 októberében kísérleti jelleggel került sor a Cserdi–01 jelű S_H-hullám szeizmikus reflexiós szelvény lemérésére. A mérések földtani-szerkezeti értelmezése a korábbi fúrasi és geofizikai kutatási eredményekkel jó korrelációt mutatott, sőt, ezen eredmények jelentős pontosítását is lehetővé tették. A mért szelvényen egyértelműen kijelölhető és követhető volt a fiatal (főként negyedidőszaki) fedőüledékek és az alaphegységi képződmények határa, a



1. ábra A 3D mérési terület körvonala a korábbi 2D szeizmikus szelvények nyomvonalával és a kutatófúrások helyével
Figure 1 Schematic of Geonic Area of the 3D seismic survey with the previous 2D seismic profiles and exploration boreholes

hagyományos P-hullám reflexiós szeizmikus szelvényvel nem vizsgálható szakaszokon is (Filipszki et al. 2018).

A jelen kutatási területre vonatkozó általános rétegtani ismereteket az 1:25 000 méretarányú földtani térkép magyarázója (Konrád et al. 2016), a szerkezeti képet és a neotektonikai folyamatokat pedig Sebe et al. (2017) foglalja össze. Mindezek ellenére viszonylag hiányosak az ismeretek az alaphegységet fedő fiatalabb képződmények rétegtrendjét, valamint a területen ismert szerkezeti elemek fiatal tektonikai aktivitását illetően.

Az RHK által 2017-ben összeállított földtani kutatási zárójelentés (Tungli et al. 2017) készítése óta a Nyugat-Mecsek általános földtani-rétegtani ismeretében nem történt alapvető változás. Azonban érdemes megemlíteni, hogy a BAF-kutatás új litosztratigráfiai ismereteket hozott, amelyek főleg a korábbi eredmények újraértékelését jelentik.

Földtani háttér

A Nyugat-Mecsek földtani-szerkezeti alapvonásait az összetett szerkezetű Kővágószőlősi-antiklinális, és az azt észak és dél felől lehatároló, NyDny–KÉK-i csapású jelentős szerkezeti zónák (Hetvehely–Magyarszék-vonal és a Mecsekalja diszlokációs zóna) határozzák meg. A Kővágószőlősi-antiklinális alatt az északi, gyűrt előtér nélküli, a Mecsekalja-feltolódástól (Mecsekalja diszlokációs zóna É-i határvonala) a Sás-völgyig terjedő boltozatot értjük. Az antiklinálist NyDny–KÉK-i csapású, enyhe keleties dőlésű tengellyel ÉK, K, DK-i irányokba fiatalodó, íves-páztás elrendeződésű, 4000–5000 m vastagságú alaphegységi, perm-triász korú, törmeléken és karbonátos kifejlődésű rétegtömb építi fel (Fülöp 1994).

Az alaphegységre miocén, pannóniai és negyedidőszaki üledékek települnek, amelyek a Kővágószőlősi-antiklinális déli és nyugati előterében tanulmányozhatók. A kutatási területen az aljzatot 0–500 m között változó vastagságú miocén képződmények borítják – D, Ny és (kisebb részben) ÉNy felé vastagodó kifejlődésben –, továbbá negyedidőszaki üledékek fedik le leggyakrabban 0–20 m vastagságban. A kiemelt alaphegységi hátakon, ahonnan nem pusztultak le a fedőüledékek, a negyedidőszaki képződmények legnagyobb vastagsága eléri a 30–40 m-t. A késő pannóniai időszak első felétől jellemző kompresszió a hegységperemi üledékek deformációját okozta. A szerkezeti mozgások következtében a pliocén–kvarter üledékek elterjedése, fáciése és vastagsága erősen változó (Konrád et al. 2016).

A vizsgálatra kijelölt terület földtani-szerkezeti alapvonásait három fő szerkezeti zóna határozza meg, amelyek mentén történő többfázisú tektonikai mozgások eredményeként jött létre, emelkedett ki a Nyugat-Mecseken belül a Kővágószőlősi-antiklinális NyDny–KÉK-i csapású, enyhe K-i tengelydőlésű, íves-páztás, K felé fiatalodó földtani elrendezésű szerkezeti blokkja.

A kutatási terület közelítőleg 90%-ban a Kővágószőlősi-antiklinális szerkezeti blokkján helyezkedik el. Délkeleti

részen a Mecsekalja-feltolódás (Mecsekalja-öv É-i határvonala) kb. 1,5 km-es szakasza esik a területre, Ny–K csapásban. A Kővágószőlősi-antiklinálist átszelő Boda-Büdös-kúti zóna NyDny–KÉK csapásban metszi ketté, nyugaton kissé bizonytalan helyzetben, kelet felé több ágra szakadva, a két szerkezeti blokk között max. 1,5 km-es oldalelmozdulási komponenseket eredményezve. A terület északnyugati részén a Hetvehely–Magyarszék-öv kb. 3,5 km hosszán szeli át a területet Dny–ÉK csapásirányban. Itt a Gorica-pikkelyre tolódik rá az antiklinális, melynek rétegsora megegyezik a nyugat-mecsekivel. A fő szerkezeti övek, vonalak iránya, csapása meghatározó a szerkezeti blokkok teljes területén. Az antiklinális területén jellemzőek az ezekkel a fő irányokkal párhuzamos szerkezeti pászták és az ezekre merőleges törések, törésirányok.

3D szeizmikus mérések tervezése

A nyugat-mecseki 3D szeizmikus mérés tervezésénél alapvető cél volt, hogy az 500–1000 m-es célmélység tartományban megbízható szeizmikus leképezést biztosítson a meglévő reflexiós felületek, illetve törés- és vetőrendszerek tekintetében.

A mérési terület felszínközeli geológiai felépítésének és a topográfia ismeretében a következő kihívásokkal kellett számolni:

- A terület É-i részén a nagy hullámterjedési sebességű, perm korú agyagkő- és homokkőrétegek közvetlen a felszínen vagy annak közelében vannak, így a szeizmikus forrás rugalmas energiájának csak kisebb része tud behatolni a kívánt mélységekbe. Az adott forrásból behatoló energia, illetve a jelek amplitúdója függ az adott közeg bementi akusztikus impedanciájától, és így a gerjesztett részecske sebesség amplitúdója ($V(t)$) függ az adott felszíni összlet rugalmas hullámokra vonatkozó terjedési sebességétől (C) és a közeg sűrűségétől (ρ).

$V(t) = P(t)/Z_0$ – ahol $P(t)$ a forrás által a közegre gyakorolt nyomásamplitúdó jele, $Z_0 = C_0\rho_0$, pedig a felszíni közeg bementi impedanciája.

Tehát például egy 4000 m/s sebességű, 2,2 kg/dm³ sűrűségű agyagkő esetében az ugyanolyan csúcserőjű vibrálás által keltett nyomásjel ($P(t) = F_{gf}(t)/A_{bp}$) csak fele-harmad akkora részecske sebesség amplitúdót eredményez, mint egy 1800 m/s hullámterjedési sebességű, 1,8 kg/dm³ sűrűségű agyagos-homokos felszín esetében (F_{gf} a földerő, A_{bp} a vibrátor bázislapfelülete).

A forrásoldali problémákhoz tartozik még, hogy a fent leírt gerjesztési körülmények mellett a források energiájának igen jelentős része a különböző típusú koherens zavarhullámok keltésére fordítódik, és csak kisebb arányban a hasznos P-hullámok gerjesztésére.

- Egy másik nagy kérdés volt, hogy milyen felületek fognak reflektálni, hiszen a korábban mélyített fúrásokban mért VSP-szelvények alapján a nagy sebességű perm-triász és idősebb korú formációk között nincsenek jelentős különbségek az akusztikus sebességekben, így

nem várhatók jelentős reflexióskoefficiens-értékek a rétegsorokban.

Tehát az erős, forrás keltette koherens zavarhullámok jelenlétében kellett a kis reflexiós koefficienssekkel jellemezhető mélységbeli határfelületekről származó, gyenge hasznos jeleket detektálni.

- Még ha ez sikerül is, ott a következő kihívás a reflexiós jelek megfelelő feldolgozása, a közös mélységpontokhoz (binnekhez) tartozó csatornák korrekciók (statikus korrekciók, NMO-korrekció) utáni hatékony összegzése, és az optimális stacking-, illetve migrált adattömb előállítása a rendkívül tagolt domborzati viszonyok és a laza fedőréteg gyorsan változó paraméterei mellett. A $7 \times 7 \text{ km}^2$ -es területen DNY–ÉK irányú dőlésvonal mentén a domborzat tengerszint feletti magassága 110 m-ről 430 m-re nő, meredek falú völgyekkel, löszkanyonokkal tagolva.

A mérési geometriát és a forrásparamétereket a fenti kihívások optimális kezelésére, az alapvető célkitűzések elérésére és természetesen a rendelkezésre álló anyagi források figyelembevételével kellett megtervezni. A viszonylag sekély kutatási célmélység miatt a forrás- és geofonvonalak távolságát úgy kellett megválasztani, hogy a 3D mérésekre definiált minimumoffset (a forrás- és geofonvonalak által meghatározott elemi négyszög átlója) kisebb legyen 500 m-nél, mivel a tapasztalati megfigyelések szerint a mini-

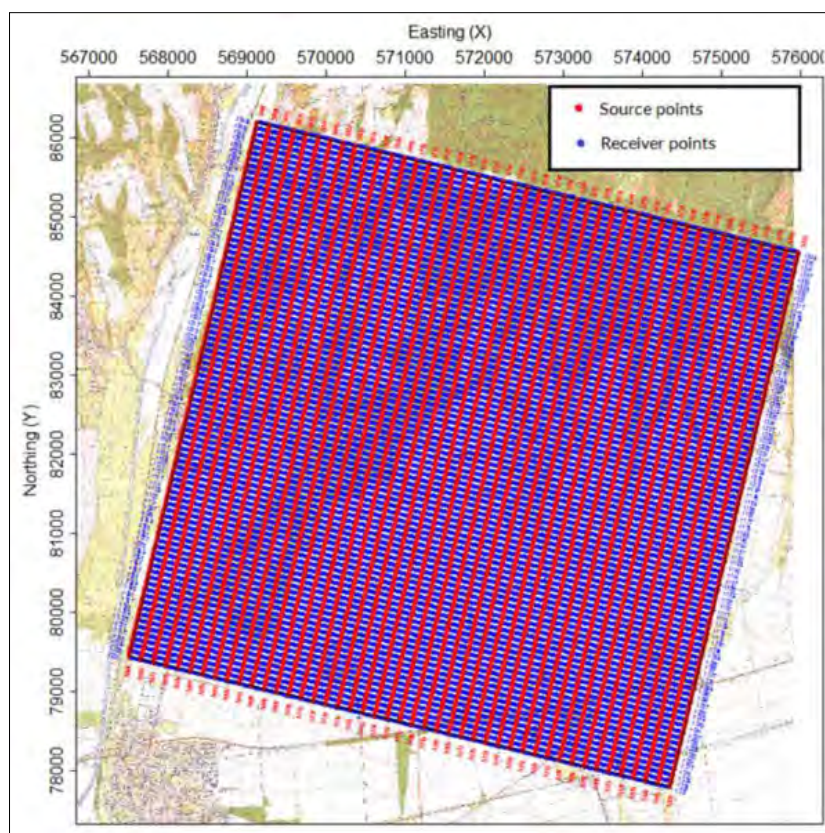
mumoffsetnél nagyobb mélységeknél várható csak értékelhető minőségű 3D leképezés a szeizmikus adatrendszer feldolgozása után. Természetesen minél sűrűbb geofon-, illetve forrásvonallal tudjuk lefedni a felszíni mérési területet, annál nagyobb fedésszámot érünk el, amivel az egyes szeizmikus feldolgozási lépéseket hatékonyabbá téve megbízhatóbb leképezést tudunk elérni.

Egy másik kritikus mérési paraméter a térbeli mintavételezés (a forrás- és geofonpontok távolsága a forrás- és geofonvonalak mentén), illetve az általa meghatározott felszín alatti binméret, ami alapvető a szeizmikus adatrendszer által biztosított horizontális és vertikális felbontóképesség szempontjából.

A Fresnel-zónák vs. horizontális felbontóképesség elméletéből kiindulva általában jóval ritkább térbeli mintavételezés is megfelelne adott sebesség- és dőlésviszonyok mellett a szeizmikus leképezés felbontóképességét illetően. Azonban a mérési terület domborzatának tagoltsága, a felszínközeli laza rétegek gyakori sebesség- és vastagság-változásai a lehető legsűrűbb térbeli mintavételezést követelték meg. Az erdővel borított, tagolt domborzat miatt a preferált, vibrátoros jeladás mellett mindenképpen szükség volt robbantásos jelgerjesztés alkalmazására is.

E megfontolások alapján – a 3D leképezés szimulációjára szolgáló tervezőszoftverek segítségével ellenőrzöten – az alábbi mérési geometriát választottuk:

- geofonpontok távolsága: 20 m,



2. ábra | A tervezett elvi mérési elrendezés

Figure 2 | The planned survey geometry

- forráspontok távolsága: 20 m,
- geofonvonalak távolsága: 80 m,
- forrásvonalak távolsága: 160 m.

Természetesen ideális lett volna, ha a forrásvonalak távolságát is kisebbre, 80–120 m-re lehetett volna választani, ezt azonban egyrészt a rendelkezésre álló anyagi források nem engedték meg, másrészt a terület déli felén folytatott intenzív mezőgazdasági művelésben (alapvetően szója- és kukoricatáblákban) okozott károk a gazdálkodók felháborodását, ellenállását növelték volna, valamint a kártalanítási összeg nagyságát duplázták volna meg. (E döntés helyességét később igazolta, hogy a mérések idején, 2022 szeptemberében a sokéves átlag kétszeresét meghaladó eső hullott, ami jelentősen növelte a taposási zöldkárt.)

Ugyancsak a ritkább forrásvonal-hálózat kialakítása mellett szólt a mérési terület É-i felét fedő erdőkben található művelési nyiladékok rendszere, amelyek kihasználása a robbantásos forráspontok számának minimalizálása és ezáltal a költségek csökkentése szempontjából kulcsfontosságú volt. A művelt erdőkben egymástól 150–200 m távolságban húzódtak a nyiladékok, amelyek kitisztításával a vibrátorok számára járható utak keletkeztek.

Alapvetően a nyiladékok és a területen meglévő dűlőutak uralkodóan ÉÉK–DDNy-i iránya – amely az uralkodó felszíni dőlésirányt követi – miatt történt a forrásvonalak ÉÉK–DDNy-i irányának kiválasztása. Az érzékelő vonalak iránya ebből adódóan NyÉNy–KDK-i lett (2. ábra).

Az érzékelő vonalak (in-line) és forrásvonalak (x-line) irányának ilyenfajta megválasztásával az erdővel fedett részekre (a mérési terület kb. 30–35%-ára) a robbantásos pontok számát sikerült a teljes területet lefedő 15 660 forráspont 16%-ában minimalizálni.

Az érzékelő vonalak mentén regisztrálandó aktív csatornaszám kiválasztása a maximális célmélység (1000 m) kb. másfélszeresével egyenlő maximális in-line offset alapján történt ($80 \times 20 \text{ m} = 1600 \text{ m}$). Így 160–160 csatornával történt a regisztrálás az érzékelő vonalak mentén. Az aktív regisztrálási vonalak számának megválasztásánál arra törekedtünk, hogy megfelelő maximális offsetet biztosítsunk a forrásvonalak irányában is, és az ideálisnak tartott 0,8–0,85 aspect ratio (az aktív felvevő rendszer forrásvonal-irányú és érzékelővonal-irányú méreteinek hányadosa) közelében legyen a felvevő rendszer ilyen paramétere.

A szeizmikus mérés közbeszerzési pályázatában műszaki követelményként szerepelt a kábeles, real-time minőségellenőrzést lehetővé tevő mérőrendszer alkalmazása, a fentebb említett, várhatóan alacsony jel/zaj viszony miatt. Hasonló okból a jelenleg többnyire elfogadott, költség-takarékos, egy geofon per mérőcsatorna elrendezés helyett 6 geofonos, 10 m hosszúságú in-line geofon csoportot követeltünk meg a jel/zaj viszony javítása érdekében.

A felvételezési zaj – a szél, eső, erdei fakitermelés, vasúti és közúti közlekedés által keltett időszakos zajok – real-time monitorozása elengedhetetlen volt az aktuális jel/zaj viszony optimalizálása érdekében. A kábeles rendszer elősegítette, hogy a nagyon zajos időszakokra a felvételezés

szüneteljen, vagy a mérés időlegesen egy kevésbé zajos területen folytatódjon. Így lehetőség volt a nagyon zajos vibrátoros felvételek későbbi megismétlésére, továbbá a robbantásos forráspontokon az optimális fojtási technológia kialakítására és adaptálására az eltérő felszínközeli rétegrendű, erdős területeken.

A forrásoldalt tekintve, nagyon szerencsésnek bizonyult a 25 tonnás HEMI50 vibrátorok (6. ábra) választása, mert ezek viszonylag kis mérete lehetővé tette a keskeny erdei nyiladékok kihasználását, amivel mintegy felére sikerült csökkenteni az előzetesen betervezett robbantásos gerjesztési pontok számát a természeti értékek károsítása nélkül.

I. táblázat
Table 1 A tervezett mérési geometria paraméterei
Planned recording geometry parameters

Mérési geometria	
A méréssel lefedett felszíni terület	7×7 km ²
Geofonvonalak iránya	NYÉNY–KDK
Geofonvonalak távolsága	80 m
Geofonköz	20 m
Geofon per csatorna	6
Geofoncsoport hossza	10 m
Elvi geofonpontok száma	31 500
Forrásvonalak iránya	ÉÉK–DDNY
Forrásvonalak távolsága	160 m
Forráspontköz	20 m
Elvi forráspontok száma	15 660
Regisztrált aktív geofonvonalak száma	32
Vonalanként regisztrált csatornák száma	160
Regisztrált csatornaszám	5 120
Elvi maximális fedésszám	160
Forráspont per salvo	4
Forráspont per km ²	312,5
Min. offset	179 m
Max. offset	2 041 m
Aspect ratio	0,78

A 3D szeizmikus mérések előkészítése és kivitelezése

A mérési területet számos település (Bükkösd, Boda, Bakonya, Bicsérd, Szentlőrinc és Cserdi) kül- és belterületét érintette (1. ábra). A lakott területek mellett komoly akadályt jelentett még a mérés kivitelezése szempontjából a 6. sz. főút, valamint a Szentlőrinc–Bükkösd közötti forgalmas út a mérési terület Ny-i szélén.

Az érintett hatóságokkal, önkormányzatokkal, a kezelők helyi megbízottjaival az RHK által megbízott alvállalkozó, a Geosupport Kft. vette fel és tartotta a kapcsolatot a mérés előtt és annak folyamán. Az illetékes földhivataloknál ki-gyűjtött helyrajzi számok alapján a mérés által érintett föld-

tulajdonosokat, ill. a bérlőket levélben értesítették a szeizmikus mérésekről. Az engedélyeztetés része volt a folyamatosan élő telefonszám és zöldszám fenntartása, ahol a gazdák megtehették bejelentéseiket, és információt kaphattak a mérési program őket érintő aktuális előrehaladásáról.

A terepi tevékenység kezdetét közvetlenül megelőzte még egy intenzív kommunikációs kampány az RHK részéről a helyi hírlapban, tévében, az önkormányzatok hirdetőtábláján közzétett tájékoztató révén, megismertetve a lakossággal a mérések célját, helyét és tervezett időzítését. Az RHK képviselői lakossági fórumokat tartottak, valamint egy lakossági bemutatót szerveztek Bodán, a terepi mérések megkezdése előtt az üzemelő vibrátorokkal és a mérőrendszer elemeinek bemutatásával. Itt az RHK vezetői és a szeizmikus csoport irányítói megnyugtató válaszokat adtak a lakosság részéről felmerülő kérdésekre. Az önkormányzati vezetők részéről szintén mindenütt pozitív támogatás volt tapasztalható.

A kutatás az ÉK-i részen egy kisebb, Natura 2000 státusszal rendelkező területet érintett, ahol a méréssel kapcsolatos tevékenység csak szeptember 1. után kezdődhetett el.

A mérési terület északi, erdős részein több vadásztársaság is rendelkezik vadászati területtel, akik részéről igényként felmerült, hogy szeptember vége előtt ne zavarja a szeizmikus mérés a vadászatot. Ezért a méréseket a terület DK-i sarkából indítottuk. Természetesen az erdei forráspontok kitűzését és a robbantólyukak fúrását a mérések tervezett szeptember eleji kezdése előtt már két hónappal el kellett kezdeni, a délebbi erdőterületektől észak felé haladva.

A terepi adottságok és a számos lakott település érintése miatt a szeizmikus méréseket alapvetően vibrátoros forrással terveztük kivitelezni. Azonban már az előzetes tervezési fázisban nyilvánvaló volt, hogy a mérési terület

bizonyos részein a vibrátoros forrás nem alkalmazható, a sűrű erdőkkel fedett, tagolt domborzatú területeken, ahová a vibrátorok nem tudnak behajtani, robbantásos mérésre lesz szükség.

A GT által hónapokkal korábban végrehajtott tesztfúrások alapján várható volt, hogy a vékony talajréteg alatt a Bodai Agyagkő hol mállottabb, hol pedig igen kemény rétegeiben kell a robbantó lyukakat lefúrni, emiatt csak a sűrített levegős, down-hole kalapácsos fúrási technológia lehet a megoldás az erdős területek nagyobbik részén. Kivételt képezett a Cserdi-Bükkösd környéki löszös dombvonulat, ahol sok helyen 10 m-t is meghaladó vastagságú löszben kellett a fúróknak dolgozniuk.

A költségek minimalizálása és a mérési idő optimalizálása miatt már előzetesen döntés született a fúrandó robbantólyukak mélységéről, amit 5 m-ben határoztunk meg. Ahol a kőzet keménysége miatt ez nem volt lehetséges, ott 3×3 méteres furatokból álló lyukcsoport létesült (Baldrian et al. 2013).

A terepi vibrátoros forrás tesztek a teljes mérőeszköz-állományra kiterjedő technikai audit után kezdődtek el a terület DK-i sarkában, 2022. szeptember 3-án.

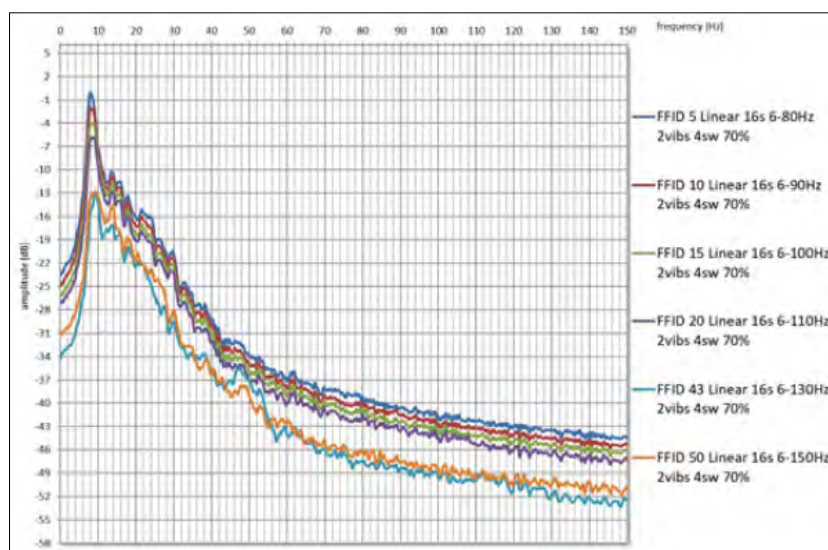
A vibrátoros forrás alkalmazásánál a vibrátorok száma, a vibrátor kimenő teljesítménye, az egy forrásponton történő vibrálások száma, a sweepeks hossza és frekvenciatartománya változtatható. Ezeket a paramétereket az adott helyen elvégzett tesztek során kell az adott szeizmo-geológiai viszonyoknak megfelelően kiválasztani, optimalizálva a jel/zaj viszony (adatminőségi) elvárásokat a ráfordítandó költségekkel szemben (Deák, Gombár 2015).

A vibrátoros felvételek jel/zaj viszonya az alábbiak szerint függ a forrásparaméterektől:

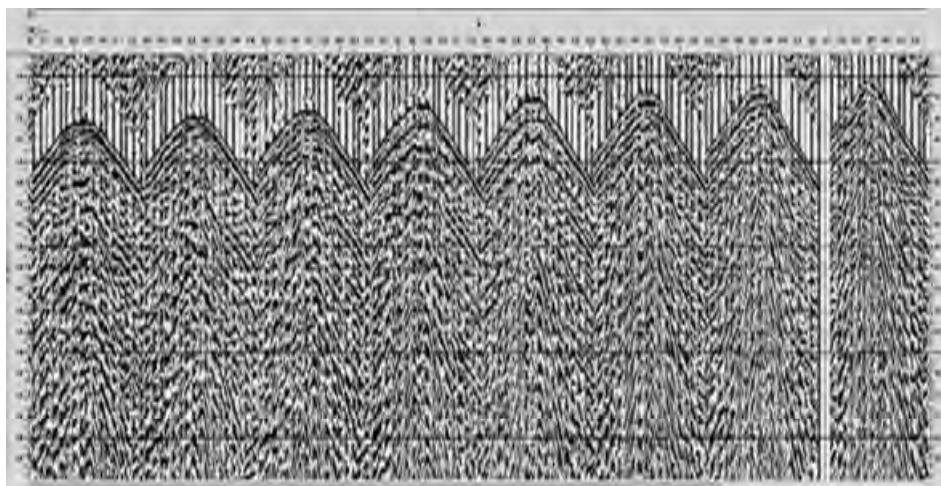
$$S/N \approx Pf \cdot Dr \cdot Nv \cdot [Ns \cdot SL]^{1/2},$$

ahol

Pf – egy vibrátor csúcsereje,



3. ábra | A különböző sweeppfrekvenciákkal készített tesztfelvételek amplitúdóspektrumai
Figure 3 | Amplitude spectra of test records prepared with different sweep frequencies



4. ábra A kiválasztott 6–120 Hz, 2×2×16 sec sweeppel készített felvétel részlete

Figure 4 A sequence of the field record with the selected 6–120 Hz, 2×2×16 sec sweep

Dr – a meghajtási szint (20–80%),
 Nv – a vibrátorok száma,
 Ns – az egy forrásponton összegzett sweepek száma,
 SL – a sweephossz.

A forrásparaméterek tesztelése során két HEMI 50 vibrátorral, 80%-os kimenő erővel készítettünk tesztfelvételeket 6 Hz-es sweep kezdő frekvenciától a 110–130 Hz-es felső határfrekvenciáig, 12, 16 és 20 szekundum hosszúságú sweepek alkalmazva. Az egy helyben történő vibrálások száma 2, 3 és 4 volt.

2. táblázat A kiválasztott felvételezési és forrásparaméterek

Table 2 The selected recording and source parameters

Felvevő műszer	
Típus (kábeles rendszer)	SERCEL 428
Felvételhossz	4 sec
Mintavétel	2 msec
Zajelnyomás (vibroszeiz esetén)	diversitystack
Antialias szűrő és fázisa	208 Hz, Lin. phase
Korreláció	Afterstack
Vibrátoros forrás	
Vibrátorok típusa	HEMI 50, Univib
Vibrátorok száma	2×2 + 1 tartalék
HEMI vibrátorok csúcserője	50 000 lbs/vib.
Univib vibrátor csúcserője	24 000 lbs/vib.
Sweep hossza	16 sec
Driveszint	70%
Sweep száma per VP	2×2; 2×3
Lakott területeken per VP	1×4
Sweepfrekvencia	6–120 Hz
Vibrátorcsoport hossza	10 m egy vonalban

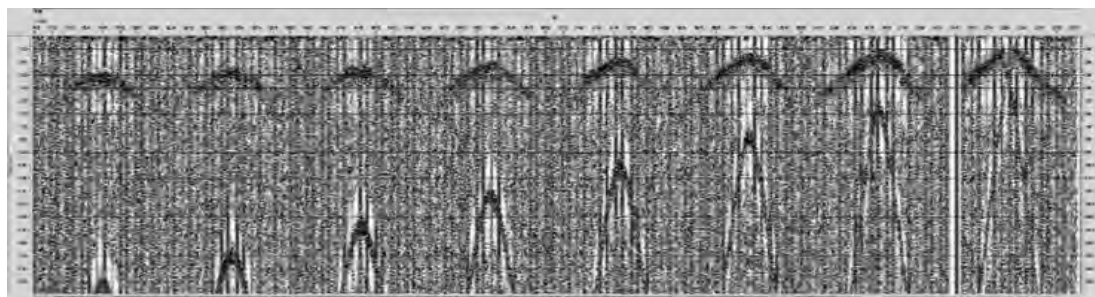
A tesztfelvételek két ponton készültek. Az egyik helyszín a mérési terület DK-sarkában, a 6. sz. főút mellett, a Mecsek-alja diszlokációs zónától délre a levett szárnyon helyezkedett el, ahol a fiatal fedőüledékek vastagsága elérte a 200–300 m vastagságot. Itt a kísérleti felvételeken megfigyelhetők voltak a klasszikus, sekély reflexiók hiperbola görbéi. A másik helyszín Boda község mellett volt, ahol a BAF mélysége mindössze néhány méter volt a felszíntől. Ezeken a tesztfelvételeken semmilyen reflexiós jel nem volt megfigyelhető.

A tesztfelvételek ProMax munkaállomáson történt feldolgozása és vizsgálata alapján kiválasztott forrásparamétereket és a felvételi paramétereket a 2. táblázat tartalmazza. A 3. ábra mutatja a tesztfelvételek amplitúdóspektrumainak összehasonlítását, a 4. ábrán pedig egy tesztfelvétel forráspontközeli geofonvonalainak részlete látható.

A sweep felső határfrekvenciájának megválasztásánál a különböző felső frekvenciával készített felvételeket keskeny sáváteresztő frekvenciatartománybeli szűrésnek vetettük alá, kiderítendő, hogy milyen magas frekvenciás sávban kapunk még koherensnek tekinthető energiát a sekélyebb reflexiós szintekről. Az 5. ábra mutatja a 110–120 Hz-es áteresztett frekvenciasávban a kiválasztott paraméterekkel készített felvételt. Látható, hogy – elsősorban a forrásközeli geofonvonalak csatornái – még határozott nagyfrekvenciás jeltartalommal bírnak. Ezért a sweep felső határfrekvenciáját 120 Hz-re választottuk, így nyerve egy 4 egész 1/4 oktávus (6–120 Hz) sáv szélességű, megfelelően nagy felbontást biztosító vibrátorjelet.

Mivel a robbantási mélység előre elhatározottan 5 m volt, így a robbantásos tesztmérésnél csak az optimális töltetsúlyok kiválasztása volt a feladat. Az 5 méteres töltetmélységekkel 0,45 kg, 0,9 kg, 1,35 kg és 1,8 kg-os robbanótöltetekkel készültek kísérleti felvételek szőlő lyukakból. Ezenfelül ellenőrzésképpen egy 10 m mély lyukból is készült felvétel 1,8 kg-os töltettel az adott teszt helyszínén.

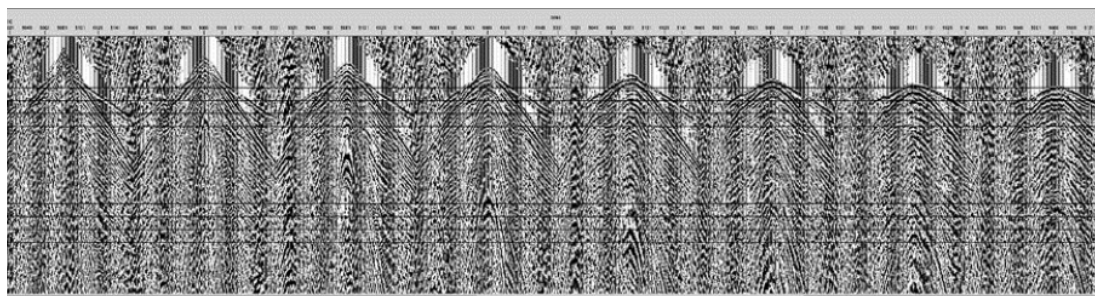
A felvételek összehasonlítása során (8. ábra) az 1×5 m lyukból, 1,8 kg töltettel készült felvételt minősítettük a leg-



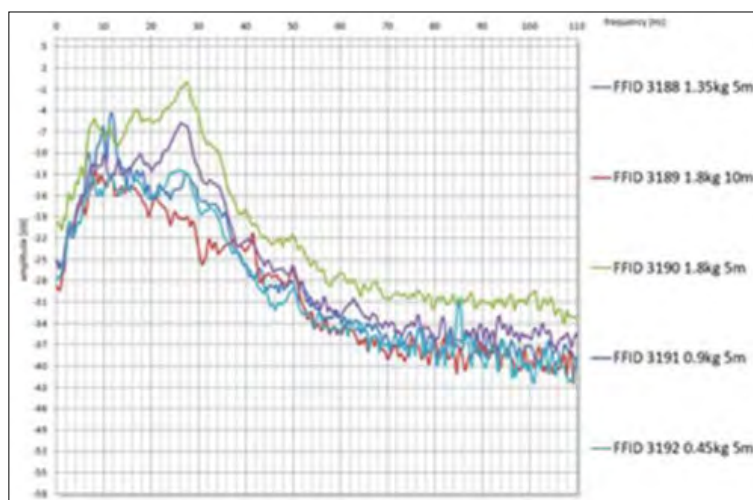
5. ábra | A kiválasztott sweeppel készített felvétel magas frekvenciás tartalma 110–120 Hz tartományban
Figure 5 | A sequence of the record with selected sweep in the high frequency band of 110–120 Hz



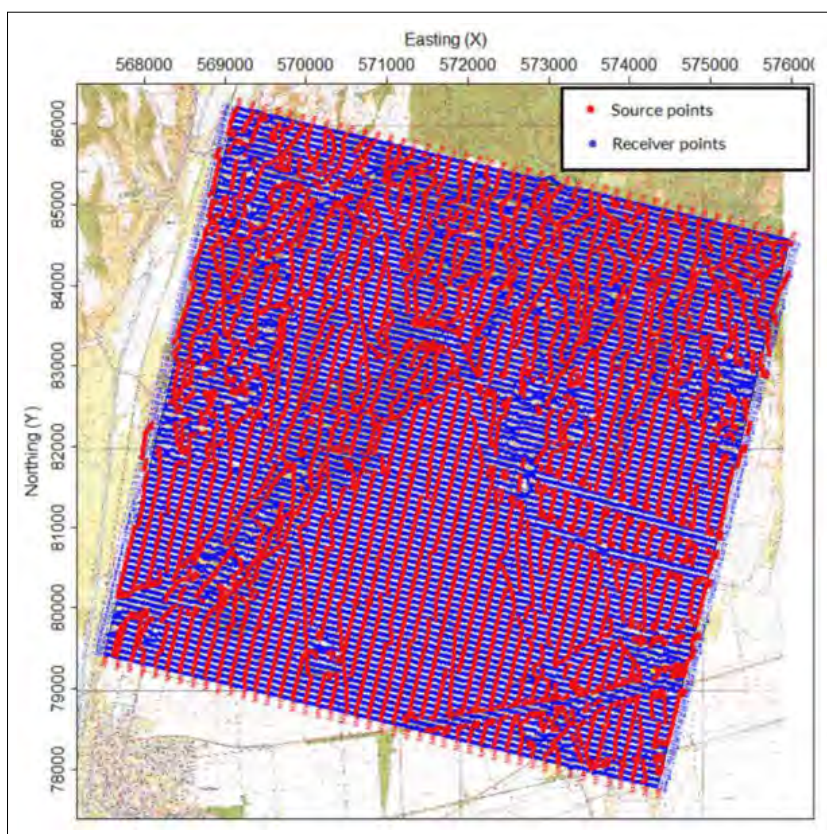
6. ábra | 25 tonnás HEMI 50 típusú vibrátorok működés közben
Figure 6 | HEMI 50 type vibrators on the site – with weight of 25 tons



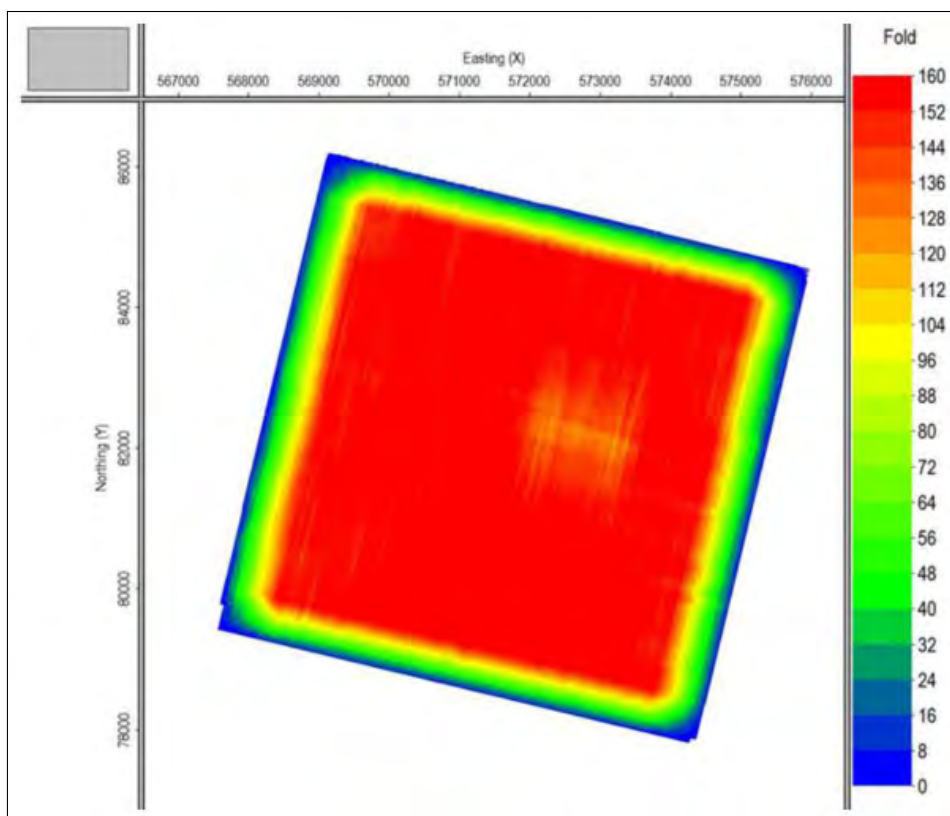
7. ábra | Robbantásos terepi felvétel, 5 m töltetmélység, 1,8 kg töltet
Figure 7 | Explosive field record with source effort – 5 m depth, 1.8 kg explosive



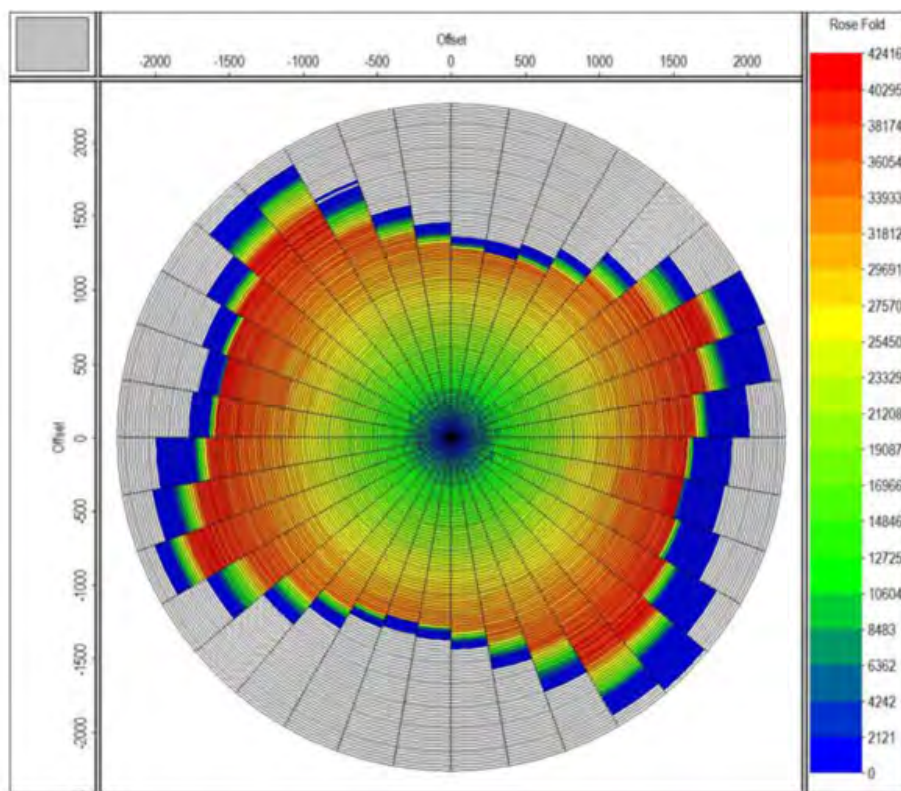
8. ábra | Robbantásos teszt felvételek amplitúdóspektrumainak összehasonlítása
Figure 8 | Amplitude spectra of explosive test records



9. ábra A ténylegesen megvalósult forráspont- és geofonpont-eloszlás
Figure 9 Project postplot map with the executed source and receiver points



10. ábra A megvalósult fedésszámeloszlás a teljes offsettartományra a mérési területen
Figure 10 Resulting fold distribution for all offsets on the surveyed area

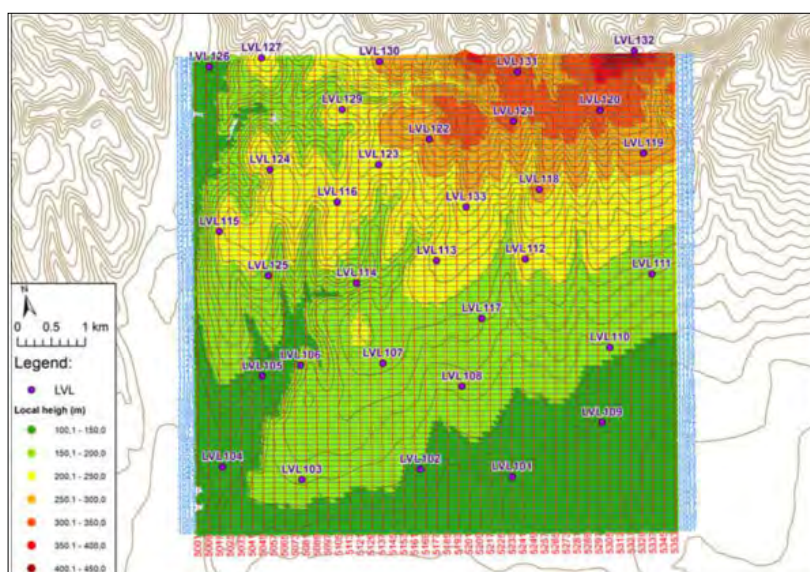


11. ábra A megvalósult fedésszám-offset-azimut eloszlást bemutató rózsadiagram

Figure 11 Resulting rose diagram representing the fold offsets and azimuths statistics

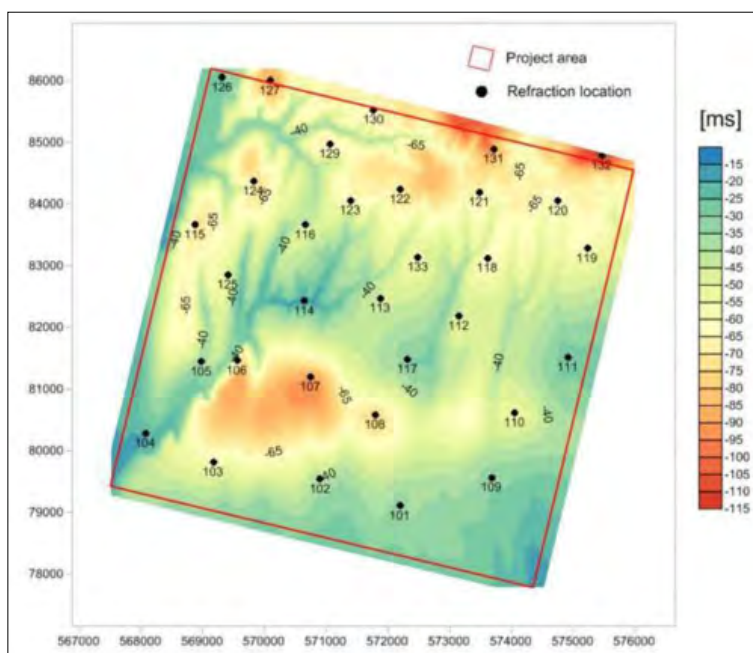
jobbna, így ez a töltetsúly lett a kiválasztott paraméter a robbantásos mérésnél (7. ábra). A 10 m mély lyukból lőtt felvétel esetében csak a háttérzaj alacsonyabb szintje volt az egyedül megfigyelhető különbség a sekélyebb robbantási mélységgel készült felvétellel szemben. Koherens reflexiók jelek ott éppen úgy nem látszottak, mint az 5 m-es töltet esetében, viszont a felszíni P és SV zavarhullámok különböző módusai uralták a felvételeket.

A csak robbantással gerjeszthető forráspontok esetében a kísérletek alapján jelentős szerepet játszott az alkalmazott fojtás minősége. A béléscsővel ellátott lyukak mellé megfelelő mennyiségű, zsákokba töltött kőzetörlemény került, amellyel a robbanóanyag betöltése után a felszínig feltöltötték a lyukat. Ahol a topográfia és megközelíthetőség azt lehetővé tette, ott a betöltött tömedékelt lyukat



12. ábra A mérési terület tengerszint feletti magassága a megvalósult sekélyrefrakciós mérések helyével

Figure 12 Elevation map of the survey area with shallow refraction locations



13. ábra A +100 m tengerszint feletti magasságú dátumra számított statikus korrekciós értékek eloszlása

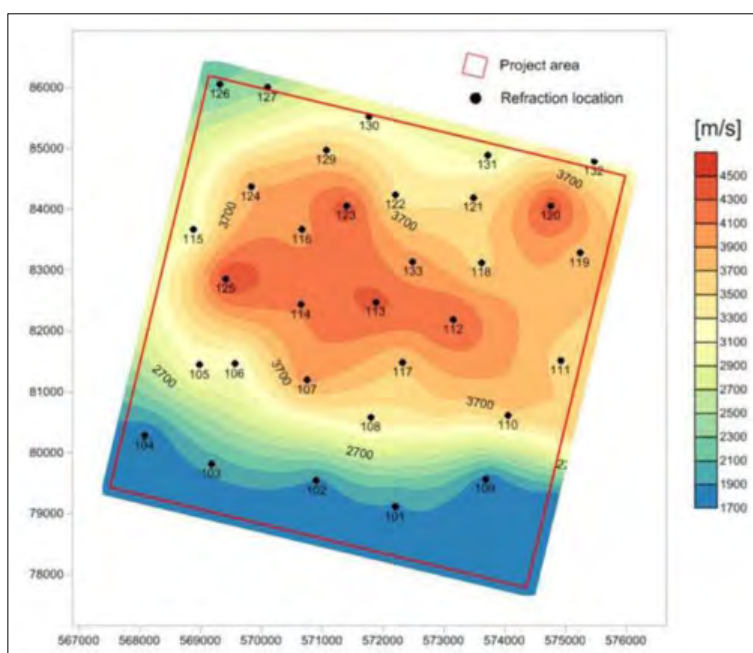
Figure 13 Distribution of field static correction values calculated to +100 m elevation datum

közvetlenül az elrobbantás előtt még vízzel is feltöltötték a jobb energiaátadás érdekében.

A 9. ábra mutatja a megvalósult forrás- és geofonpont-eloszlást, a 10. ábrán pedig az látható, hogy a mérési terület fedésszámeloszlása nagyon kedvezően alakult. Boda község közvetlen környezetét kivéve jól teljesül a tervezett 160-szoros fedésszám elérése. Boda községben a nagyon szűk utcák és az alattuk futó közművek nem tették lehetővé a biztonságos, kockázatmentes vibrálást még a 14 tonnás,

speciálisan lakott területeken belüli mérésre alkalmas kis vibrátorokkal (Univib) sem.

A többi érintett településen az Univib vibrátorral, megnövelt sweepszámmal és a rezgési sebesség mérés kontrollja mellett sikerült megfelelő számú forráspon-tot megvibrálni, megtartva a tervezett fedésszámot. A 11. ábra mutatja be az úgynevezett rózsadiagram segítségével a megvalósult fedésszám-offset-azimut eloszlást.



14. ábra A felszíni laza rétegek alatt elhelyezkedő nagy sebességű öszszlet sebességeloszlása

Figure 14 Velocity distribution of the high velocity formations located under weathered layers

A 3D adatgyűjtés mellett külön figyelmet fordítottunk a – megbízható statikus korrekció meghatározásához elengedhetetlen – felszínközeli szeizmogeológiai modell megalkotását szolgáló sekélyrefrakciós mérések elvégzésére. A 12. ábra mutatja a mérési terület topográfiai modelljét és a sekélyrefrakciós mérési pontokat.

A terepi statikus korrekciók meghatározása a sekélyrefrakciós mérési pontok rétegvastagság- és rétegsebességadatai alapján, a felszíni magasságok figyelembevételével, interpolálással történt az egyes geofon- és forráspontokra, a +100 méteres tengerszint feletti vonatkozási szintre (13. ábra).

A statikus korrekciós értékek területi eloszlása, de még inkább a laza rétegek alatt elhelyezkedő rétegek hullámterjedési sebességének eloszlása megmutatja a terület DK-i sarkában húzódó Mecsek-alja nagyszerkezeti vonal csapásirányát (14. ábra).

A terepi adatgyűjtést folyamatos, különböző szinteken megvalósuló minőségellenőrzés kísérte. A minőségellenőrzés része volt a regisztrált terepi felvételek mérési geometriájának, jel/zaj viszonyának napi ellenőrzése egy PC-alapú munkaállomásra telepített ProMax feldolgozórendszer segítségével. Itt a felvételek ellenőrzése mellett egy, a beérkező adatokat folyamatosan beépítő 3D terepi előfeldolgozás is készült. Az adatgyűjtés befejezése után pedig egy minőségellenőrző brute-stack és egy post-stack 3D migrációs adatrendszert is előállítottak.

3D szeizmikus adatfeldolgozás

A számítógépes adatfeldolgozást szintén a Geofizika Torun végezte, a cég toruni feldolgozó centrumában, alapvetően a ProMax/SeisSpace alapú feldolgozócsomaggal és egyéb kiegészítők, pl. a Hampson–Russel statikus korrekciós modulok alkalmazásával.

A feldolgozóknak az alábbi speciális kihívásokat kellett kezelniük:

- Erős koherens zavarhullámok jelenléte mind a vibrátoros, mind a sekély lyukakból lőtt robbantásos felvételek esetében: hanghullámok, ground-roll, direkt S-hullám-beérkezések (gyenge jel/zaj viszony);
- Rendkívül változatos topográfia (110–430 m közötti tszf. magasságok), a felszínközeli laza rétegek gyakori vastagság- és sebességváltozásai – bonyolult statikus korrekció;
- A terület déli részének kivételével már a felszíntől nagy sebességű perm-triász kemény kőzetek jelenléte (nagy bementi hullámimpedancia a felszínen – gyenge bemenő energia);
- Részben ismeretlen, bonyolult tektonika a mélyebb zónákban; idős, nagy sebességű kőzetösszetek, amelyek között kicsi az akusztikusimpedancia-különbség – gyenge reflexiók.

Az adatfeldolgozás az alábbi munkafázisokra volt felosztható:

1. fázis:
 - Adatok betöltése (demultiplexálás – SEG-D-ből SEG-Y formátumra);
 - Mérési geometria helyességének ellenőrzése;
 - Csatornák editálása.
2. fázis:
 - Monofrekvenciás zajok kiszűrése;
 - Minimumfázisú jelkonverzió a vibrátoros felvételekre;
 - A szeizmikus adatrendszer standardizálása – vibrátoros forrással és robbantásos forrással készült felvételek illesztése (minimumfázisú jel – SEG standard polaritás);
 - Koherens és véletlen zajok csillapítása;
 - Dekonvolúció.
3. fázis:
 - A 3D szeizmikus felvételek refrakciós első beérkezéseinek kijelölése;
 - Elsődleges statikus korrekció számítása Hampson–Russel-féle GLI szoftverrel;
 - A számított adatrendszer kalibrálása a terepi sekélyrefrakciós mérések eredményeihez;
 - Statikus korrekció meghatározása;
 - Maradék koherens és véletlen zajok csillapítása;
 - A beérkezési idő szerinti amplitúdócsökkenés kompenzálása;
 - Felszínkonzisztens amplitúdóskálázás;
 - Reziduális statikus korrekció és sebességanalízis (3 iterációs lépésben);
 - Trim statikus korrekció.
4. fázis:
 - Szerkezetorientált modellalapú statikus korrekció (SOMTS);
 - Többszörös reflexiók csillapítása (Radon-transzformáció alapján);
 - Összegzés előtti jel/zaj javítása;
 - Felszínkonzisztens amplitúdóskálázás;
 - Szeizmikus csatornainterpoláció;
 - DMO és 4. sebességanalízis;
 - Mute and CDP-összegzés.
5. fázis:
 - Végző összegzés koherenciajavító utóműveletekkel;
 - CDP-összegzés utáni (PostStack) időmigráció;
 - PostStack szerkezetorientált simítás, jel/zaj javítás (Structure Oriented Smoothing – SOS).

(2. Számú végeredmény: PostStack időmigrált adattömb)
6. fázis:
 - Sebességmodell véglegesítése;
 - Izotróp Kirchhoff PreStack migráció és sebességanalízis 2 iterációval;
 - Maradék Move-out-korrekció (RMO);
 - Végző összegzés előtti időmigráció (PreStack time migration);
 - Automatikus erősítés szabályozás, skálázás;

– PostStack feldolgozás – SOS.

(2. Számú végeredmény: PreStack időmigrált adattömb)

Már a terepi minőségellenőrző feldolgozás során látszott, hogy a mérési anyag alacsony jel/zaj viszonya miatt nem célszerű ragaszkodni a valódi amplitúdó megőrzéséhez, hanem jobb minőségű összecszelvényeket lehet előállítani az automatikus erősítés szabályozás (AGC) alkalmazásával. Így a kezdetektől a valódi amplitúdójú feldolgozással párhuzamosan készült egy AGC-s verzió is minden lépésnél.

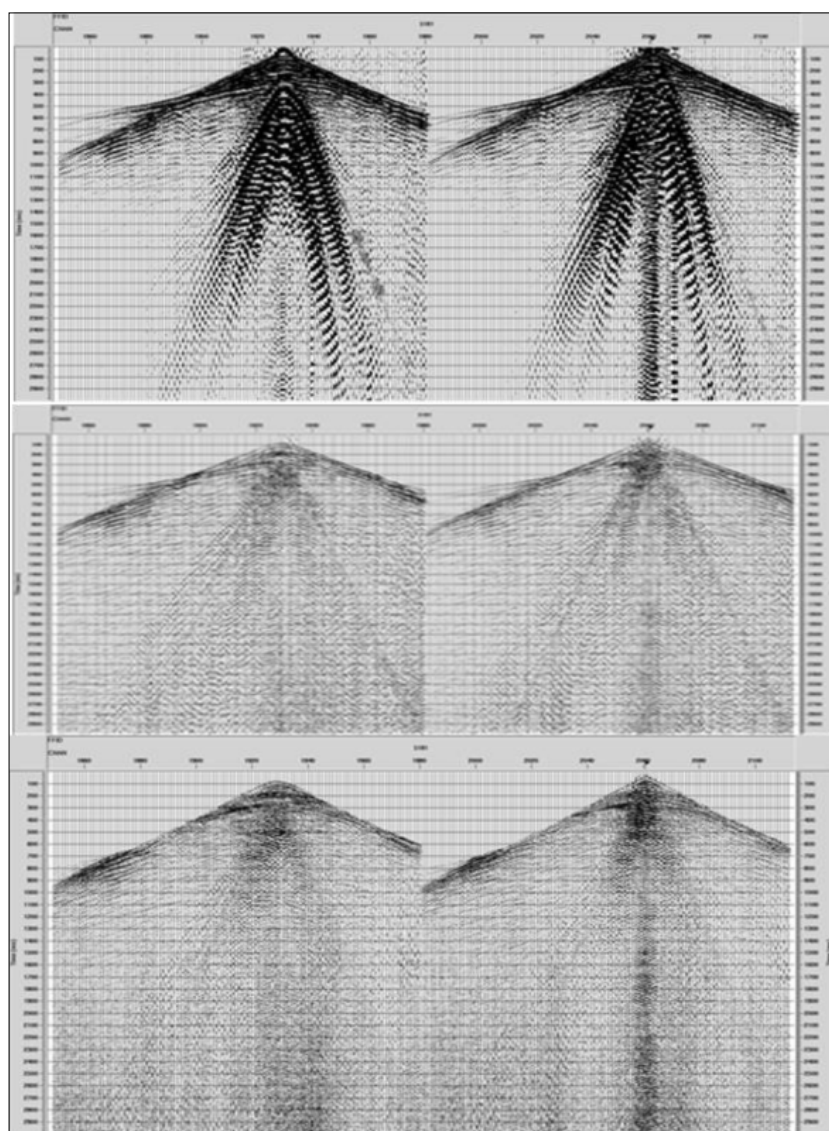
Mivel a felvételek túlnyomó többségén a forrás keltette zajok és egyéb inkoherens háttérzajok domináltak, szükség volt egy erőteljes zajelnyomásra a bonyolultabb többscsatornás feldolgozási lépéseket megelőzendően. Nagyon hatékonynak bizonyult a rendkívül erős ground-roll elnyomására alkalmazott adaptív térbeli szűrés (15. ábra). A tesztelt F-K szűrés a felvételek gyenge jel/zaj viszonya mi-

att nem adott elfogadható eredményt. Természetesen szükséges volt egy felszínkonzisztens jelszint kiegyenlítésre is a területet jellemző, rendkívül eltérő forrás- és vevőkondíciók miatt.

A robbantós és vibrátoros forrás eltérő fázisú és spektrumú jeleket produkált, így a zajszűrések után közös fázisra kellett transzformálni a jeleket.

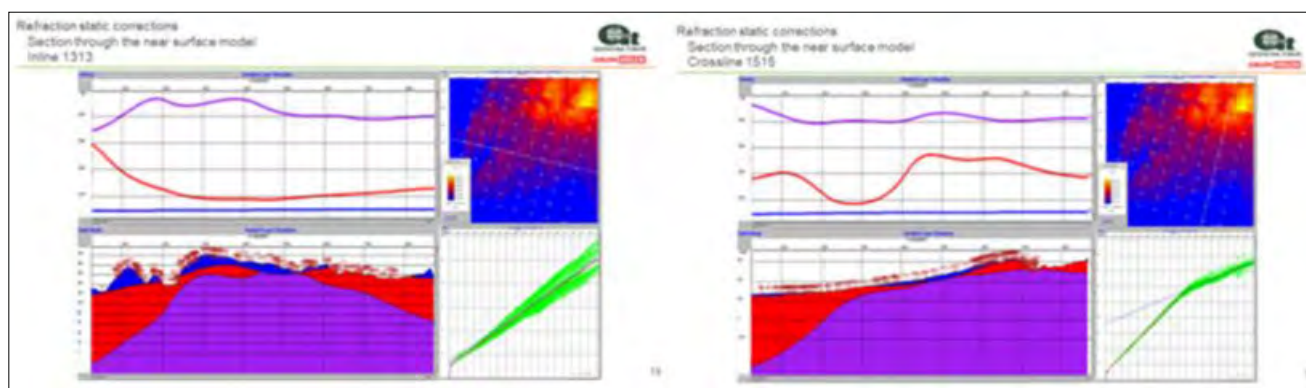
A vibrátoros forrású, elméletileg zero fázisú jeleket minimumfázisúvá transzformálva illesztettük a robbantással keltett minimumfázisú jelalakhoz. A jelek tehát innentől kezdve végig minimumfázisúak és a SEG szttenderdek megfelelő polaritásúak lettek. Azaz a pozitív reflexiós koefficiens negatív polaritású jelet eredményez a szeizmikus felvételen és a feldolgozott szeizmikus szelvényeken.

A számos tesztelt dekonvolúciós eljárás közül a spiking dekonvolúció adta a legjobb eredményt, így azt alkalmazták 120 ms operátor hosszal és 0,1% fehérzaj-hozzáadással.



15. ábra | Két geofonvonal regisztrátuma ground-roll szűrés előtt és után, valamint felszín konzisztens dekonvolúció után

Figure 15 | Recorded data of two geophone lines without/with ground-roll elimination, and after surface consistent deconvolution



16. ábra Az első beérkezésekből meghatározott felszínközeli sebesség-vastagság modellek egy-egy in-line (balra) és cross-line (jobbra) szelvény mentén

Figure 16 Near surface velocity and thickness models determined by first-break statics along an inline (left) and a crossline (right) section

Az előzőekben ismertetett okok miatt a megfelelő statikus korrekció meghatározása volt az egyik legkritikusabb feldolgozási művelet. A terepi sekélyrefrakciós mérésekből meghatározott statikus adatrendszer a +100 m-es tszf. magasságú dátumszintre vonatkoztattuk. Azonban ebben az esetben a terület É-i részén, ahol 300–430 m feletti a domborzat tengerszint feletti magassága, a sekélyreflexiós szintek levágásra kerülnének a nulla idő fölé történő statikus tolások által. Az ilyen adatvesztést elkerülendő, az egész adatrendszeren egy –500 ms-os konstans tolást alkalmaztunk az összegzések előtt. A sekélyrefrakciós statikus korrekció topográfiához történő finomítása a terepi felvételek első beérkezéseinek kijelölése után a Hampson-Russel GLI (Generalized Linear Inversion) felszínközeli sebesség–vastagság modell meghatározásával történt (16. ábra).

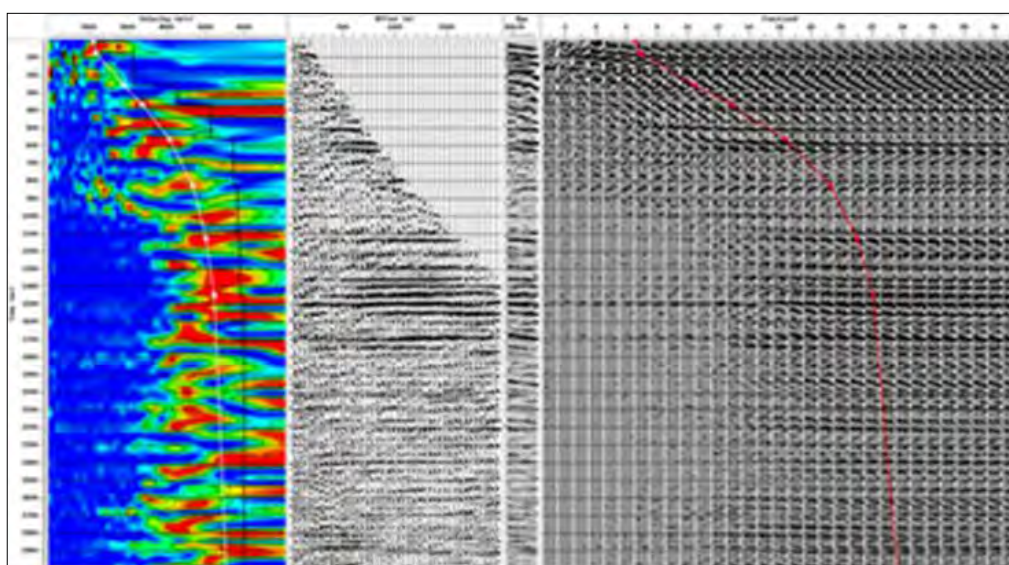
A statikus korrekció meghatározását célzó különböző módszerekkel történő finomításainak jel/zaj viszonyt növelő hatását és a szeizmikus leképezés javításának fokozatait a 18., 19. és 20. ábra mutatja be. Nagyon látványosan

követhető nyomon az egyre pontosabb statikus korrekció leképezést javító hatása a 21. ábra időmetszetein is.

A sebességanalízist egy 500×500 m-es hálózat mentén végeztük 11×11 bines „super gather”-ek formálásával. Az északi, alapkőzet-kibúvásos területeken már a felszíntől kezdve 3000–4000 m/s összegzési sebességek adódtak. Nagyobb beérkezési időknél a semblance már alig volt érzékeny az összegzési sebesség változtatására (17. ábra).

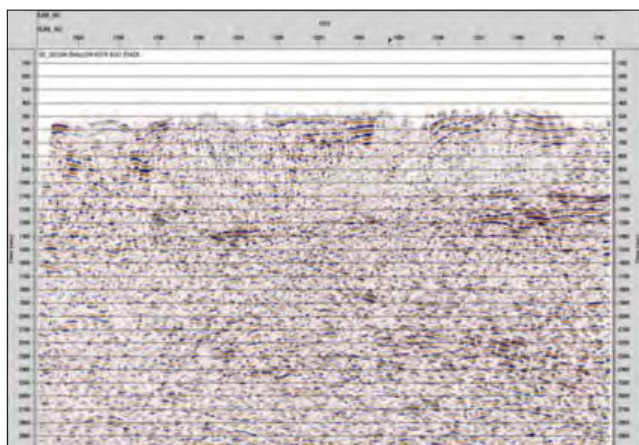
Természetesen minden újabb sebességtérrel készített összegzést egy-egy automatikus reziduális statikus korrekciós javítási művelet követett. Négy ilyen iterációs ciklus lefuttatása után érdemi javulás már nem volt elérhető a jel/zaj viszonyban.

A véglegesnek tekintett sebességtérrel végrehajtott CDP-összegzés után előállt a 3D összegzett adattömb, amely a PostStack migráció bemenetét képezte. A Post-Stack migráció a Kirchhoff-féle migrációs algoritmus szerint készült. Az alábbiakban közölt összegzszevények és migrált időszelvények hosszúsága 7 km, és az adatokat 3 sec TWT-ig jelenítettük meg.



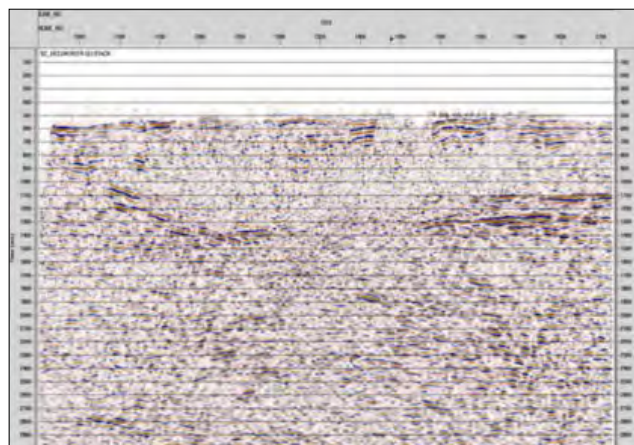
17. ábra Sebességanalízis – semblance a sebességfüggvénnyel, NMO-korrigált CDP gather, összegcsatorna, CVS panel

Figure 17 Velocity analyses: semblance with velocity function, NMO corrected CDP gather, stacked channel, CVS panel



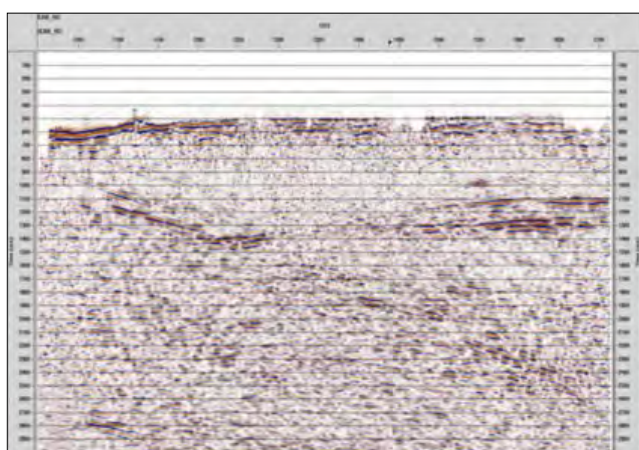
18. ábra | 1330 in-line összecszelvény a sekélyrefrakciós statikus korrekció alkalmazása után

Figure 18 | Stack section of inline 1330 with shallow refraction static correction



19. ábra | 1330 in-line összecszelvény az első beérkezéses statikus korrekció alkalmazása után

Figure 19 | Stack section of inline 1330 with first break static correction

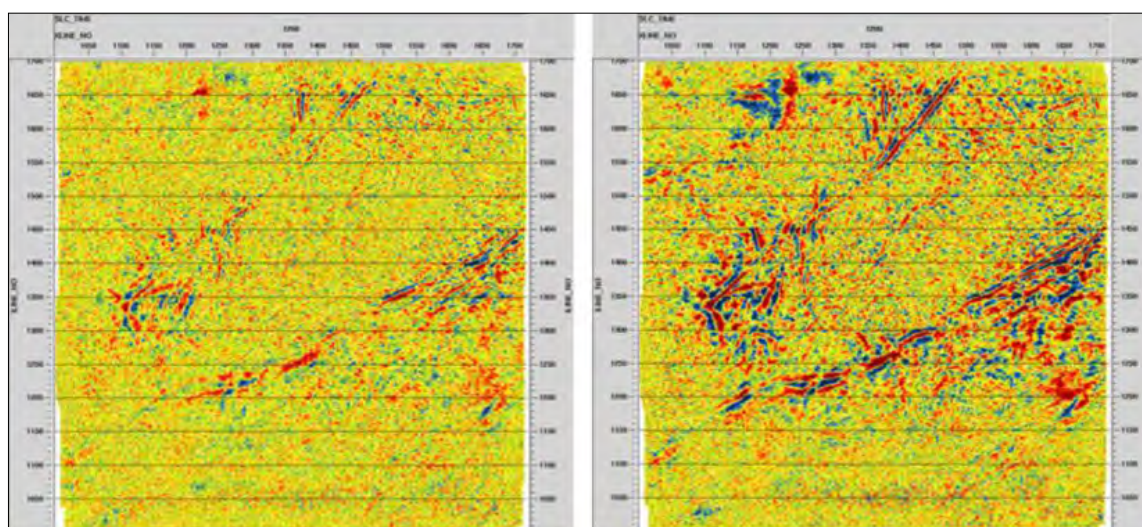


20. ábra | 1330 in-line összecszelvény a reziduális statikus korrekciók alkalmazása után

Figure 20 | Stack section of inline 1330 after residual static corrections

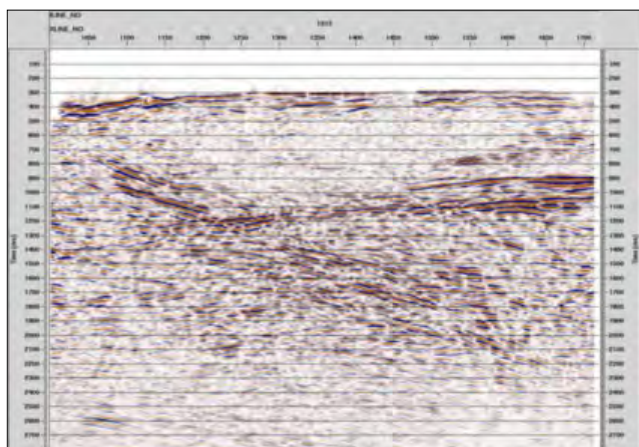
A véglegesnek tekintett sebességtérrel végrehajtott CDP-összegzés után előállott a 3D összegzett adattömb, ami a PostStack migráció bemenetét képezte. A PostStack migráció a Kirchhoff-féle migrációs algoritmus szerint készült.

A terület bonyolult földtani, szerkezeti felépítése miatt cél volt a PreStack migrált adattömb előállítás is. Ennek a műveletnek a kimenetét alapvetően befolyásolja a bementi CDP-gyűjtésekben lévő adatcsatornák szabályos, egyenletes eloszlása offset és azimuth szerint, ezért célszerű megszüntetni a kimaradó vagy eltolt forráspontok által kialakult egyenetlenségeket. Ezért szükség volt az 5D interpolációra, ami az in-line, cross-line irányban, az offset- és azimuth térben, valamint a frekvenciatartományban történő interpolációt jelentette. Az így regularizált adatrendszeren a PreStack migráció már sokkal stabilabb eredményt tud adni, nem jelennek meg a migrációs „mosolyok” az in-line és cross-line szelvényeken. A PreStack migrációhoz alkalmazandó optimális sebességtér meghatározása

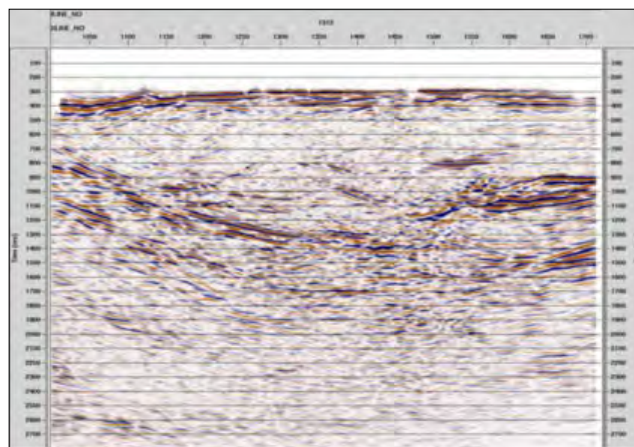


21. ábra | $T = 1200$ ms időmetszetek az összegzett adattömbből reziduális statikus korrekció alkalmazása előtt és után

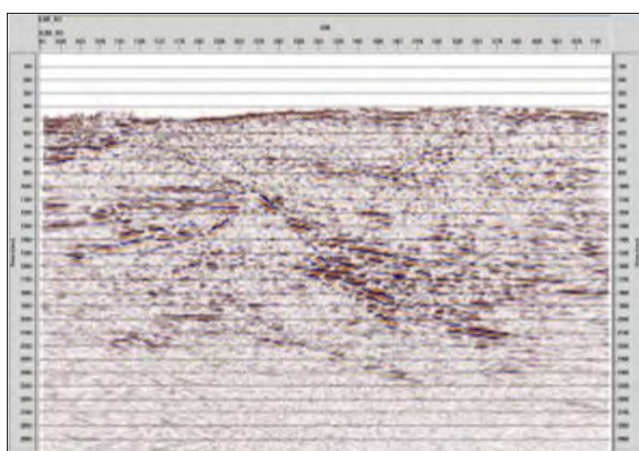
Figure 21 | $T = 1200$ ms time slices from the stacked datacube before and after residual static improvement



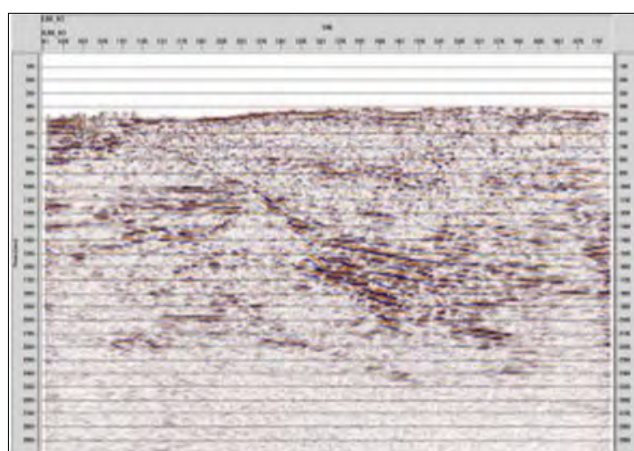
22. ábra | 1330 in-line összegszelvény összegzés utáni migráció előtt
Figure 22 | Stack section of inline 1330 before PostStack migration



23. ábra | 1330 in-line összegszelvény PostStack migráció után
Figure 23 | Stack section of inline 1330 after PostStack migration



24. ábra | 1596 in-line migrált időszelvény PostStack migráció után
Figure 24 | Migrated time section of inline 1596 after PostStack migration



25. ábra | 1596 in-line migrált időszelvény PreStack migráció után
Figure 25 | Migrated time section of inline 1596 after PreStack migration

szintén számos iteráció után született meg. Kiindulási adatrendszerként a PostStack összegzéshez meghatározott sebességtér szolgált.

A PostStack és PreStack migrációval előállított adat-tömböket összehasonlítva (az in-line és cross-line irányú szelvények egybevetésével, lásd 22–25. ábrák), csak minimális eltérés figyelhető meg. Az időmetszeteken már több helyen látható a leképezés bizonyos mértékű javulása a PreStack adatrendszeren.

Konklúzió

A Nyugat-Mecsekben végzett nagy felbontóképességű 3D szeizmikus mérés célja a korábbi 2D szeizmikus mérések és mélyfúrások alapján valószínűsített földtani felépítés pontosítása, valamint a tervezett mélységi geológiai tároló elhelyezése szempontjából kritikus tektonikai szerkezetek helyének és mélységbeli elterjedésének meghatározása volt.

A szeizmikus mérési program a körültekintő előkészítés után, a tervezett időkereteken belül sikeresen megvalósult.

A folyamatos terepi minőség-ellenőrzés biztosította, hogy az igen változékony terepi körülmények (topográfia, zajforrások) és adottságok ellenére az optimális adatminőséget sikerüljön regisztrálni az épített környezet és infrastruktúra bármilyen károsodása nélkül.

A Gefizyka Torun által igen gondos, minden részletre kiterjedő adatfeldolgozás előállította a PostStack és PreStack migrált szeizmikus adattömböket, amelyeket a terület geológiáját kiválóan ismerő szakemberekkel együtt értelmezve újabb, sokkal részletesebb szerkezeti és geológiai modell áll elő a Nyugat-Mecsek felépítéséről.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton fejezzük ki köszönetünket a kézirat lektorainak, Lőrincz Katalinnak és Takács Ernőnek a dolgozat tartalmi és formai színvonalát erősítő észrevételeikért és hasznos megjegyzéseikért.

A tanulmány szerzői

Gombár László, Molnár Péter, Halász Amadé

Hivatkozások

- Babinszki E., Piros O., Budai T., Gyalog L., Halász A., Király E., M. Tóth T. (2023): Magyarország litosztratigráfiai egységeinek leírása I. (E. Babinszki, O. Piros, T. Budai, L. Gyalog, A. Halász, E. Király, T. M. Tóth, eds.). Budapest: Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága.
- Baldrian T., Gombár L., Schachinger M. (2013): Nagy kiterjedésű robbantásos 3D szeizmikus mérés Magyarországon. *Magyar Geofizika*, 54/1, 31–42.
- Cserkész-Nagy Á., Deák F., Hámos G. (2018): Földtani kutatás a Nyugat-Mecsekben. Szeizmikus értelmezés a Me–105, Me–106 vonalak mentén. Kézirat, RHK Kft., Paks. RHK-N-003/18.
- Deák F., Gombár L. (2015): Szerkezetkutató 3D szeizmikus mérések a Paksi Atomerőmű környezetében. *Magyar Geofizika*, 56/3, 139–151.
- Filipszki P. (2018): Terepi jelentés. Cserdi-01_S/2018 szeizmikus szelvény. Kézirat, RHK Kft., Paks, RHK-N-009/18.
- Filipszki P., Kádi Z., Koroknai B., Tóth T. (2018): Értékelő jelentés az SH-hullám szeizmikus mérési módszer alkalmazhatóságáról a Cserdi-01_S/2018 szelvény példáján. Kézirat, RHK Kft., Paks, RHK-N-010/18.
- Fülöp J. (1994): Magyarország geológiája. Paleozoikum II. – Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 447.
- Hámos G. (2019): Nagyfelbontású 3D szeizmikus reflexiós mérés a Nyugat-Mecsekben földtani kutatási program engedélyeztetési dokumentációja. Földtani kutatási terv, Mecsekérc Zrt, Adattár.
- Konrád Gy., Sebe K., Budai T. (2016): Magyarázó a Bodai Agyagkő Formáció perspektivikus elterjedési területének 1:25 000 méretarányú földtani térképéhez. Kézirat, RHK Kft., Paks, RHK-N-014/16.
- Molnár P., Molnár L., Ország J., Szegő I., Tungli Gy. (2022): A Bodai Agyagkő Formáció telep-helykutatása I. fázis földtani kutatási terve. Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. SMI-007/22, 196 p.
- Sebe K., Said D., Wägenhoffer A., Hámos G., Kovács L., Somodi G., Böger Á., Konrád Gy., Horváth J., Szujó G. (2017): Neotektonikai folyamatok alakulása a BAF tágabb földtani környezetében a késő miocén óta. Kézirat, RHK Kft., Paks, RHK-N-015/16.
- Tungli Gy. (szerk), Molnár P., Ország J., Szegő I., Török P. (2017): A Bodai Agyagkő Formáció földtani kutatása. Zárójelentés, I. felszíni kutatási fázis 2. szakasz. Kézirat, RHK Kft., Paks, RHK-N-008/17.