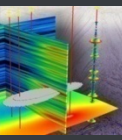


S-hullám szeizmikus mérések alkalmazási lehetőségei a felszínközeli képződmények rétegtani és tektonikai vizsgálatában

Tóth Tamás
Kádi Zoltán
Wórum Géza
Koroknai Balázs

Geomega Kft.

BAF kutatásának legújabb eredményei, Pécs, 2022. december 8.



1) S-hullám vibroszeiz forrás

- Teljesen elektromos meghajtású
- Széles frekvenciasávú
- P- és S-hullám gerjesztésére egyaránt alkalmas
- Zéró kibocsátású, környezetbarát

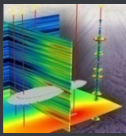
2) LandStreamer érzékelő rendszer

- 3C geofonok, P- és S-hullám regisztrálás
- 24 bit A/D konverter
- Optimalizálható geofontávolság, jelenleg 40x0,5 és 40x2 m-es változat
- Hatékony, gyors mérést tesz lehetővé

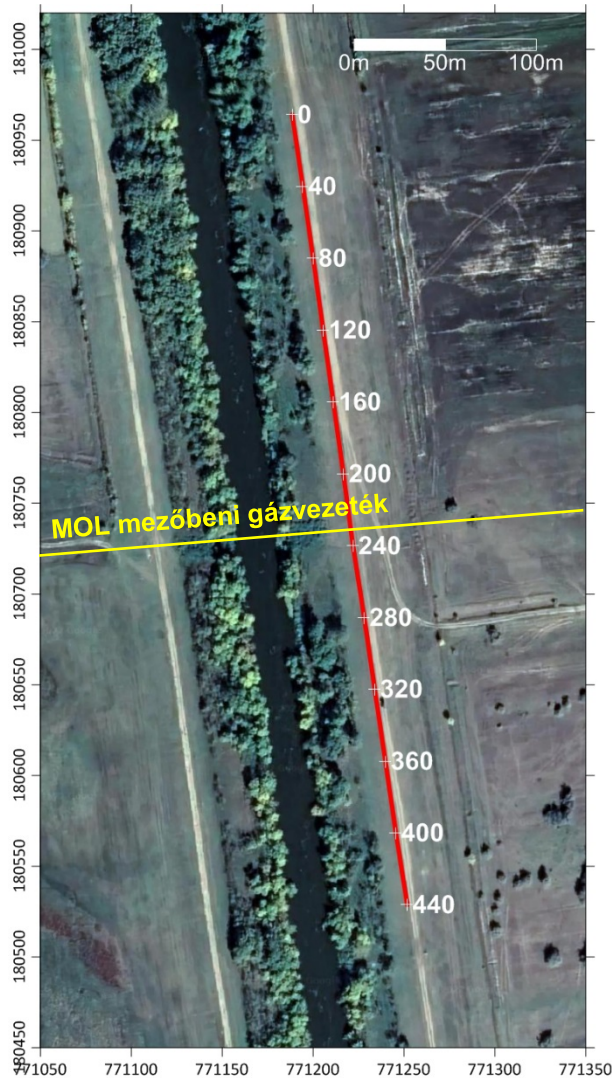
3) Mérési eredmények

- Mérnökgeofizika
- Kis mélységű rétegtani / tektonikai vizsgálatok
- Neotektonika

4) Összefoglalás



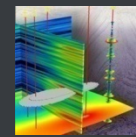
Szeizmikus mérés a Hortobágy-Berettyó gáton



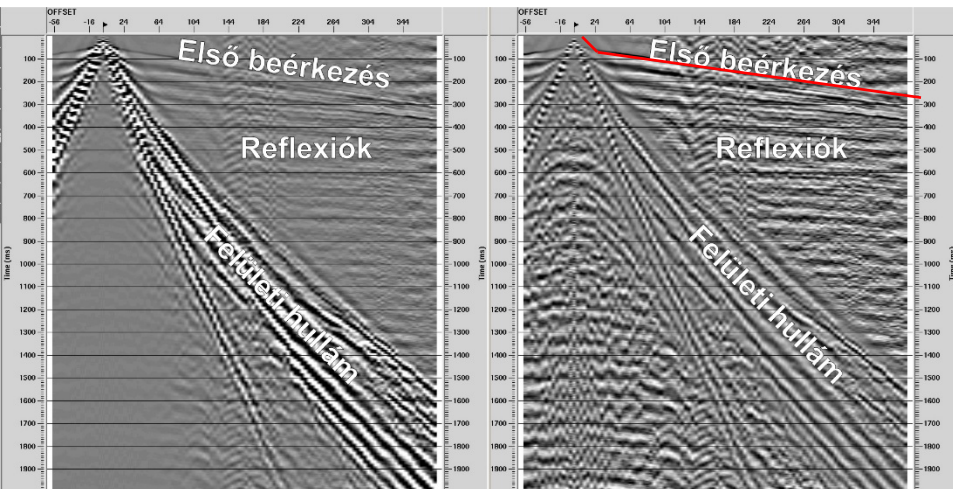
P- (nyomás) és S- (nyíró) hullám reflexiós szeizmikus mérés a Hortobágy-Berettyó árvízvédelmi gátján.

440 m hosszú szelvény P- és S-hullám vibroszeiz jelforrással felmérve.

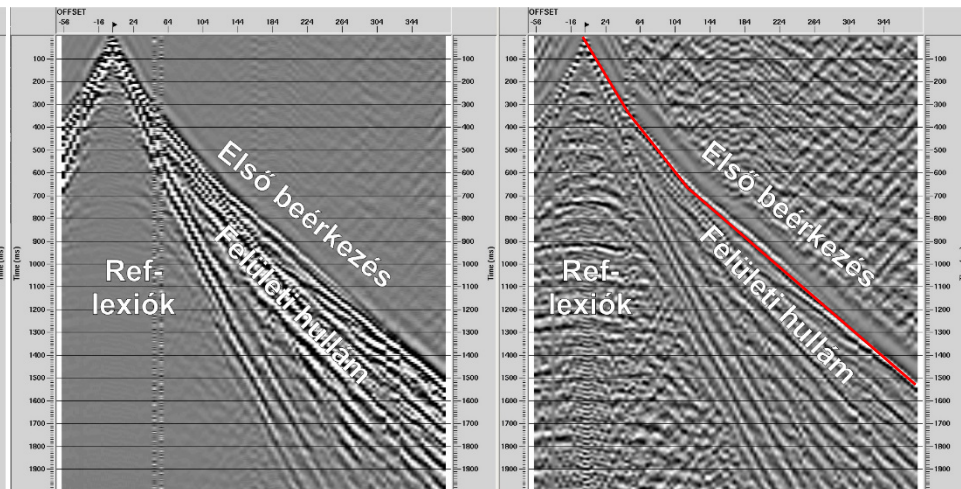
4 m-es geofontávolság, 110 csatorna.



P-hullám szeizmikus mérés



S-hullám szeizmikus mérés



Nagyobb hullámterjedési sebesség

- Felszínközeli rétegekben 300-500 m/s
- Talajvízszint alatti üledékekben 1500-1700 m/s
- Idősebb kőzetekben akár 3000 m/s-ot meghaladó sebességek is lehetnek

x 2
x 5
x 1.5

A P-hulláménál mindig kisebb terjedési sebesség

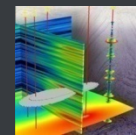
- Felszínközeli rétegekben 150-250 m/s
- Talajvíznek nincs sebességnövelő hatása!
- Idősebb kőzetekben akár 2000 m/s-ot meghaladó sebességek is lehetnek

A P- és S- hullám szeizmikus jel frekvenciatartalmában nincs érdemi különbség, így a felbontást a terjedési sebességek aránya határozza meg.

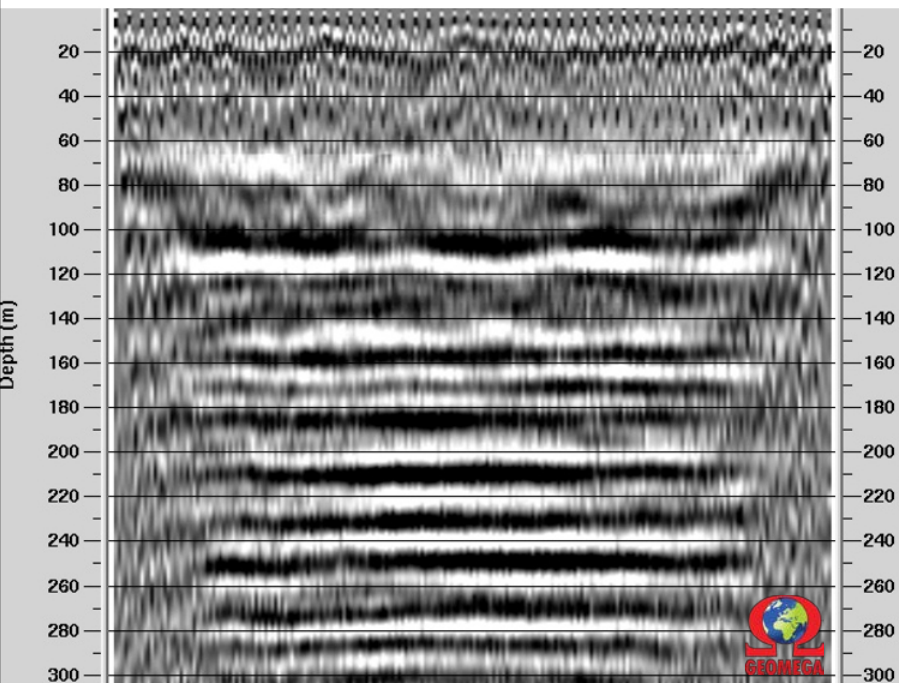
Kétszer nagyobb hullámterjedési sebesség fele akkora felbontást eredményez.

Legnagyobb különbség a vízzel telített, fiatal, konszolidálatlan üledéksorban tapasztalható,

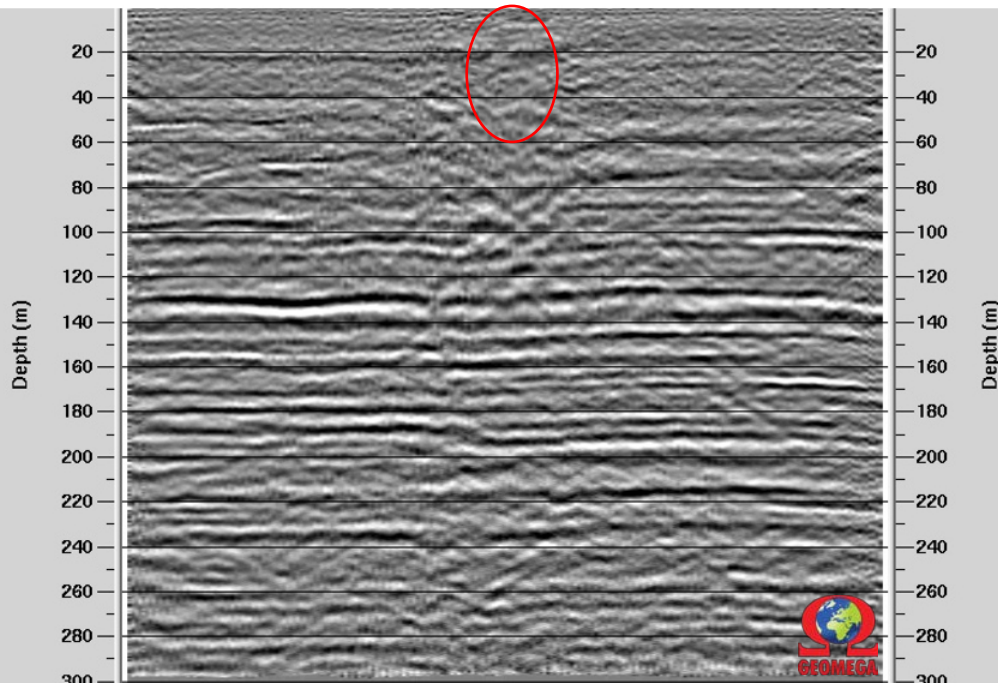
ahol az **S-hullám szelvény felbontása akár 5-szöröse is lehet a P-hullám szelvény felbontásának!**



P-hullám szeizmikus szelvény



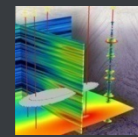
S-hullám szeizmikus szelvény



0 200m

- Jelentős felbontásbeli különbség az S- hullám szeizmikus szelvény javára.
- Felszínközeli rétegek sokkal jobb leképezése az S-hullám szelvényen.
- Felszínközeli zavarzóna (gázvezeték hatása) egyértelmű az S-hullám szelvényen.
- Laza üledékekben mind a P-, mind az S-hullám szelvények több 100 méteres behatolással bírnak.

Miért nem mér mindenki S-hullám szelvényt a P-hullám helyett?

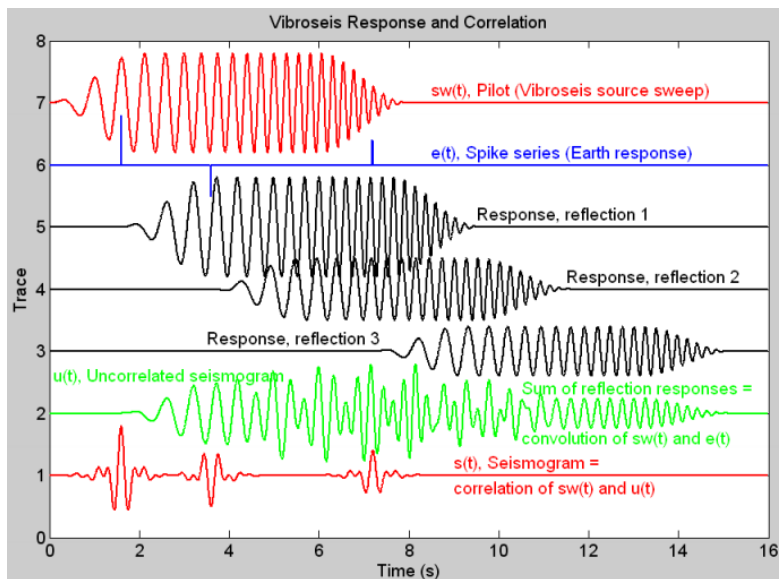


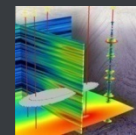
Miért nem mér mindenki S-hullám szelvényt a P-hullám helyett?

A problémát az S-hullám gerjesztése jelenti. Sokkal egyszerűbb nagy energiájú P-hullámot, mint S-hullámot gerjeszteni. Vízben az S-hullámok egyáltalán nem is terjednek, így tengeri méréseknél teljesen más megoldást kell találni.

Szárazföldi szeizmikus mérések esetén mind impulzív (pl. kalapács), mind pedig vibroszeiz S-hullám források alkalmazhatók. A vibroszeiz források több szempontból is sokkal előnyösebbek:

- Kontrollált jelforrás
- Jól ismételhető jel
- Szabályozható frekvenciatartalom
- Változtatható jel (sweep) hossz
- Hosszabb élettartam, nem „önmegsemmisítő”.





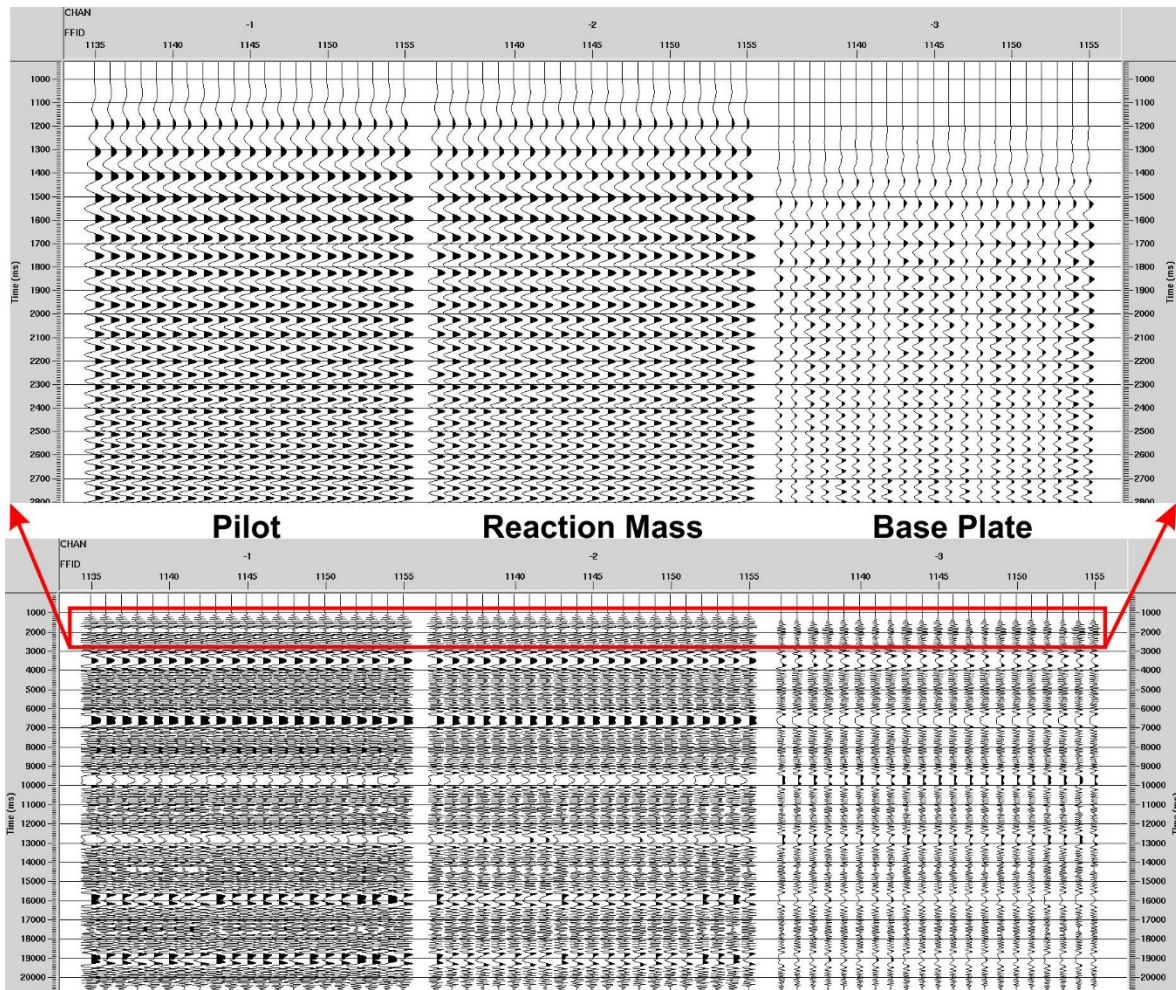
Az alkalmazott elektromos vibroszeiz forrás a Seismic Mechatronics által gyártott Lightning vibrátor, amit egy lineáris elektromotor hajt.

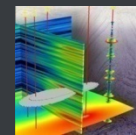
A forrás hasznos frekvencia-tartománya 1-1000 Hz közötti, melyből a teljes erővel alkalmazható jelgerjesztés a 8-400 Hz tartomány.

P-hullám jelgerjesztés esetén 1200N, S-hullám esetén 1700N a maximális erő.

A gerjesztett jelet az elvi „pilot” csatorna kontrollálja, míg a valós gerjesztett jelet a mozgó tömegre (Reaction Mass) és a talajra szorított alaplagra (Base Plate) rögzített gyorsulásmérők regisztrálják.

A jelforrás és a mérőrendszer mozgatását egy elektromos meghajtású Polaris 4x4 quad végzi. Szintén elektromotor hajtja a vibroszeiz forrás emelését és leszorítását végző rendszert is.





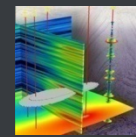
A szárazföldi szeizmikus mérések hatékonyságát jelentősen lecsökkenti a víz szeizmikus mérésekhez képest, hogy a visszaverődő jeleket érzékelő geofonokat minden egyes geofonpontokon a talajba kell szúrni, majd a mérés továbbhaladásakor fel kell szedni.

Városi környezetben, burkolt felületen ráadásul speciális talpakat kell alkalmazni, ami megfelelő jelcsatolást biztosít akkor is, ha nincs lehetőség a geofontüske talajba szúrására.

Ennek a munkaigényes folyamatnak a kiküszöbölésére fejlesztettünk egy szárazföldi érzékelősort, ún. LandStreamert, melyet a szeizmikus forrás után vontatva jelentősen gyorsul és hatékonyabbá válik a mérés.

A LandStreamer mind talajon, mind burkolt felületen eredményesen alkalmazható.





A LandStreamer érzékelő és adatgyűjtő minden egyes eleme egy 3C geofont és a 3 csatorna adatait digitalizáló és tároló elektronikát tartalmazza.

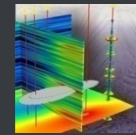
A digitalizálást a jelenleg elérhető legmodernebb, az olajipari szeizmikus mérések során is használt 24 bites A/D chipok végzik.

A vibroszeiz forrás teljes frekvenciatartományának (1-1000 Hz) kihasználására az adatgyűjtés maximális frekvenciája 2 kHz (0,5 ms).

Az egyes LandStreamer modulok 40 csatornásak, melyekből egyszerre 2 vontatható egymás után vagy akár egymás mellett is.

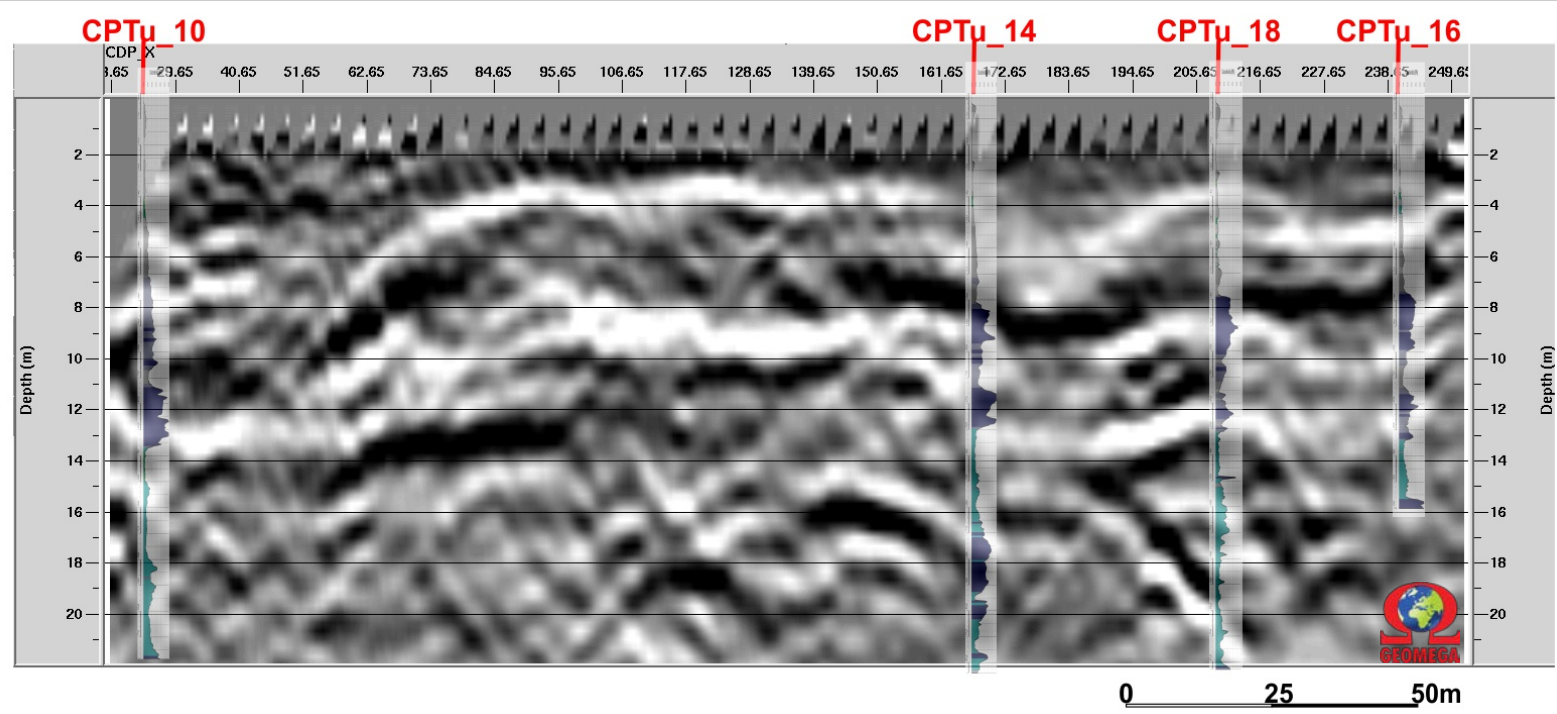
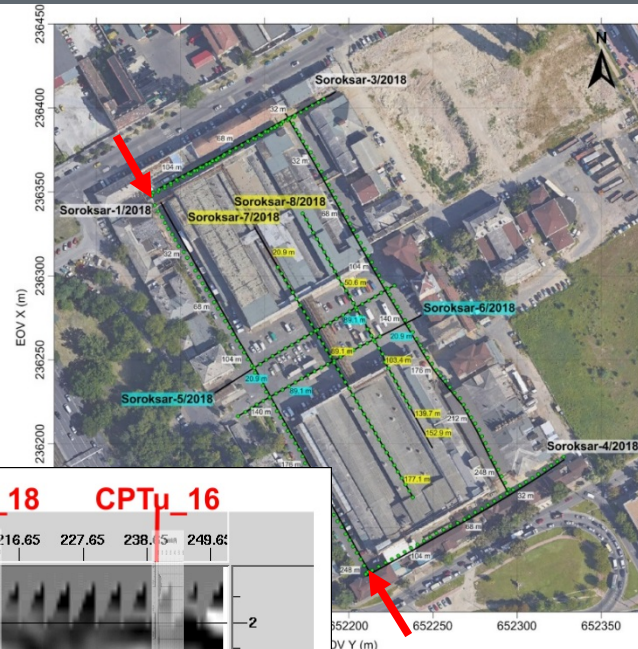
Jelenleg 0,5 m-es és 2 m-es geofontávolsággal elkészített LandStreamer modulok állnak rendelkezésre, de praktikusan tetszőleges geofontávolságú LandStreamer előállítható.

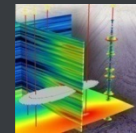
A LandStreamer érzékelők kombinálhatók a fixen telepített érzékelőkkel. A fixen telepített érzékelők a nagy ofszetet, míg a LandStreamer érzékelők a hatékony, nagy részletességű mérést biztosítják.



Mérnökgeofizikai alkalmazás

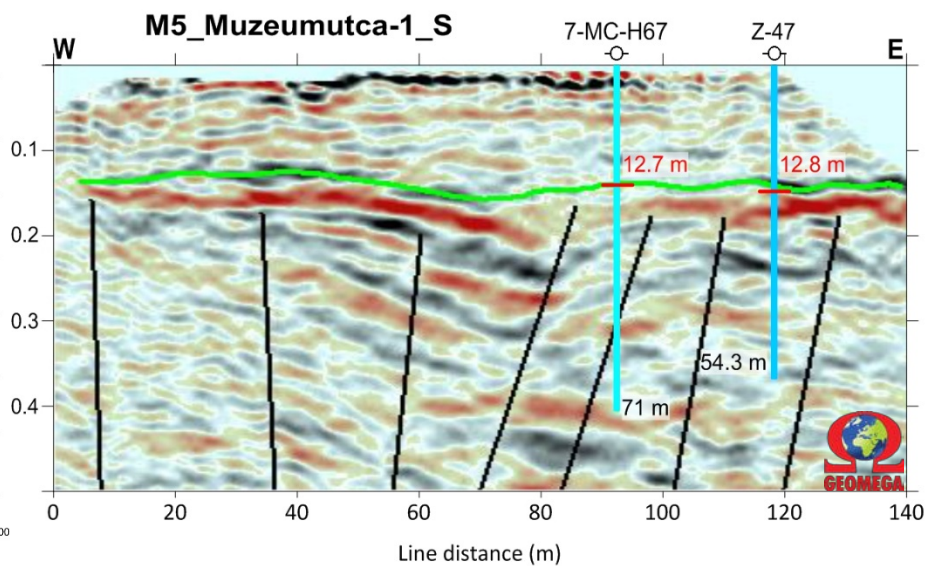
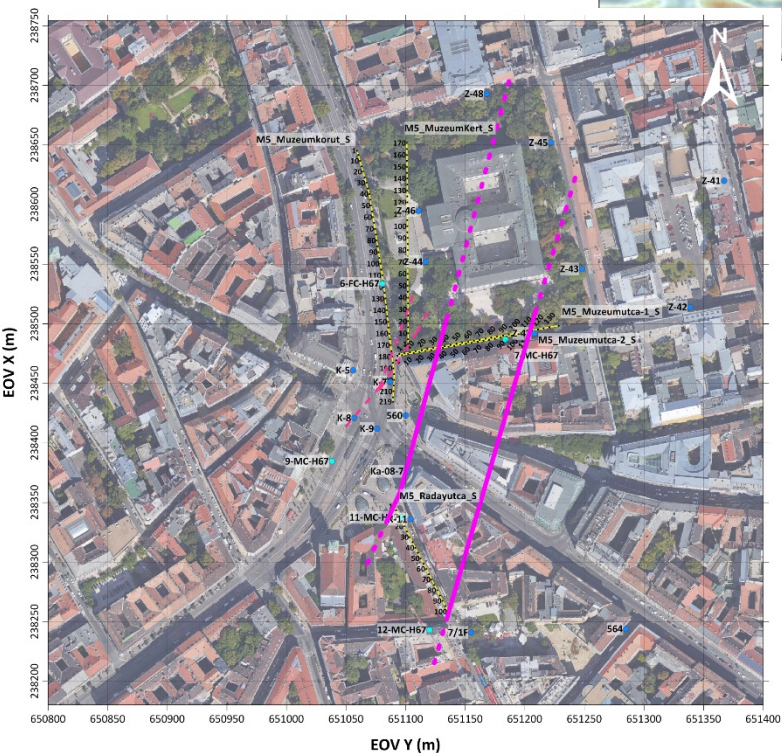
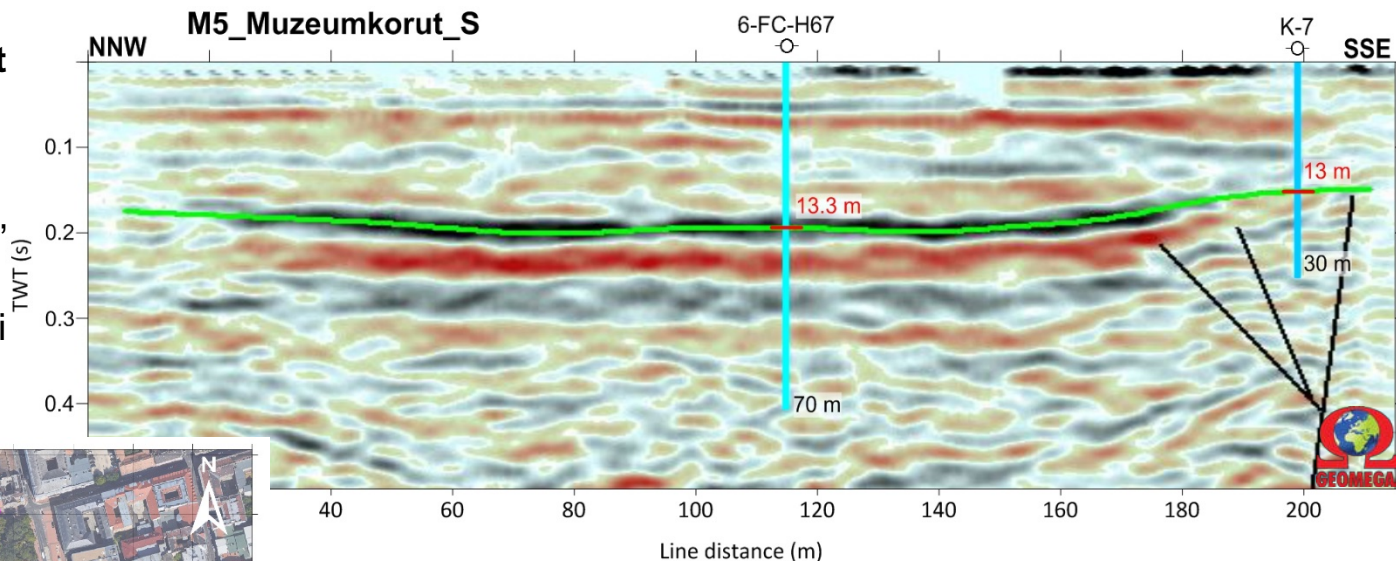
Soroksári úti ingatlanfejlesztési terület.
 Nagy zajszintű környezet, burkolt terület.
 Fiatal dunai üledékek a felszín alatt.
 Kitűnő korreláció a vonal mentén mélyült CPT adatokkal.

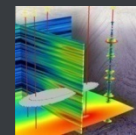




Szerkezetkutatás Budapest centrumában

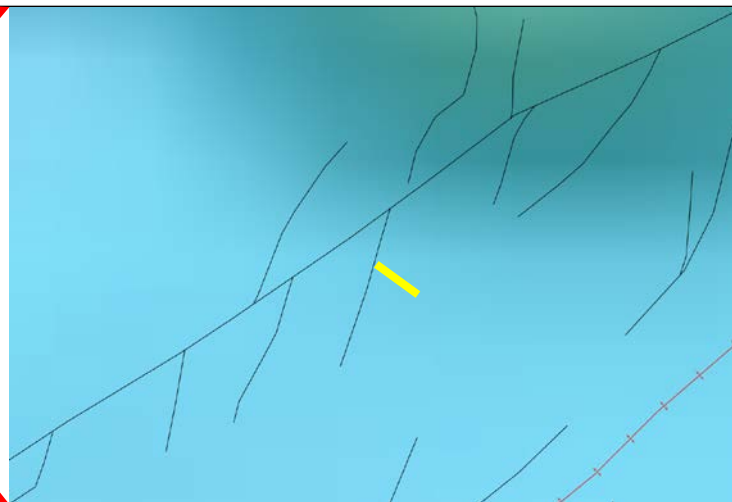
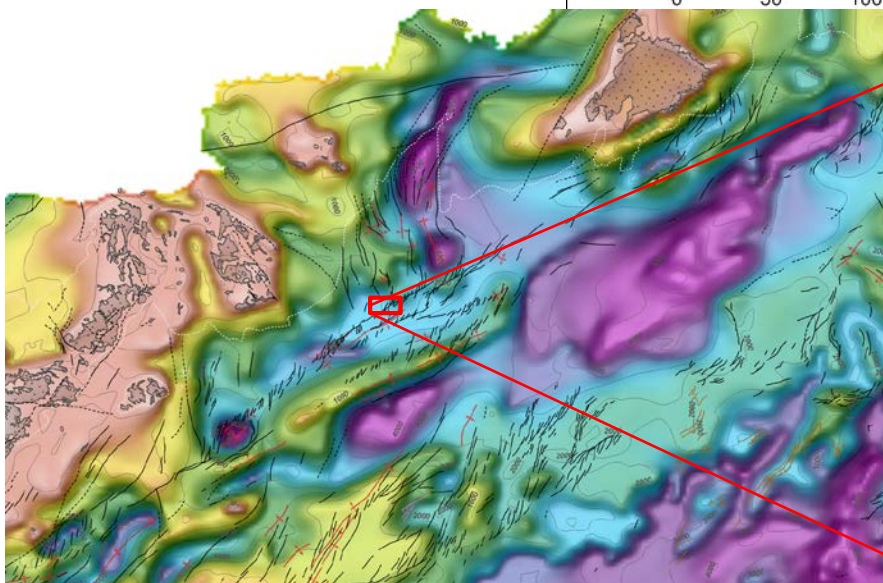
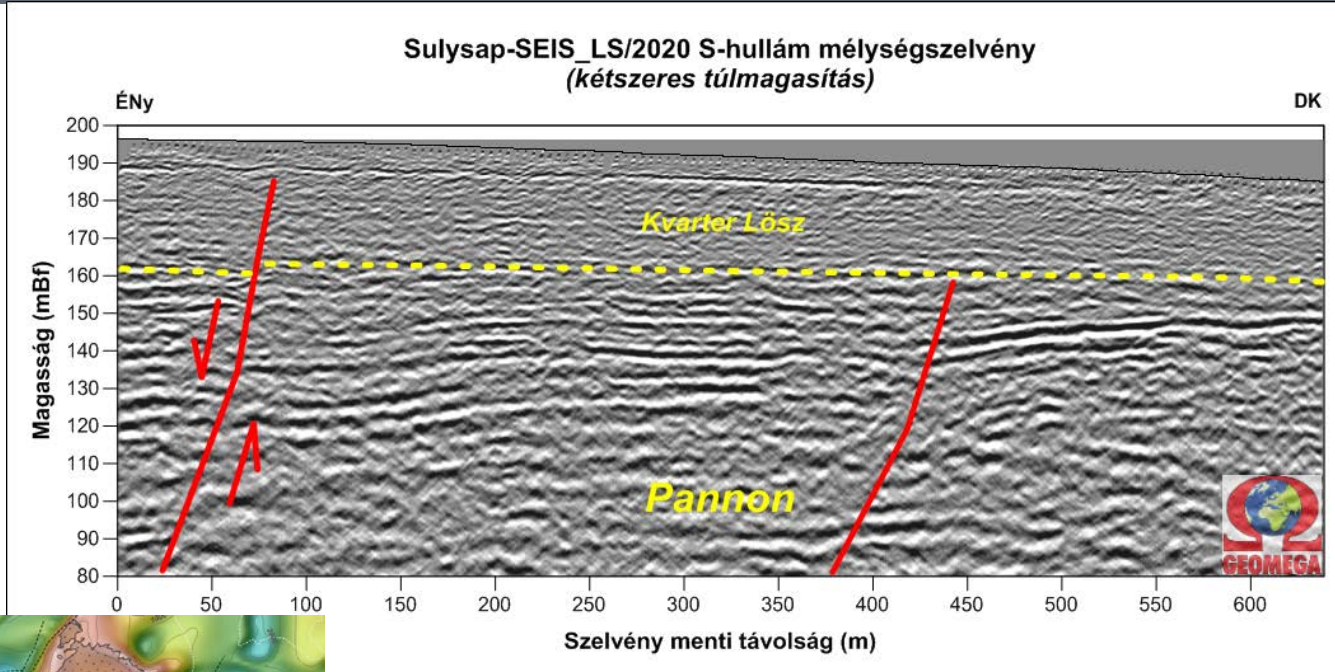
M5 Kálvin téri mérés.
Éjszaka, „forgalom mentes”
időszakban.
Miocén rétegek tektonikai
korrelációja.



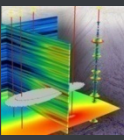


Neotektonikus vetőzóna a Paleogén-medencében

Pannon rétegek felett települő kvarter lösz réteget érintő aktív vető képe 40 csatornás LandStreamer S-hullám szeizmikus szelvényen.

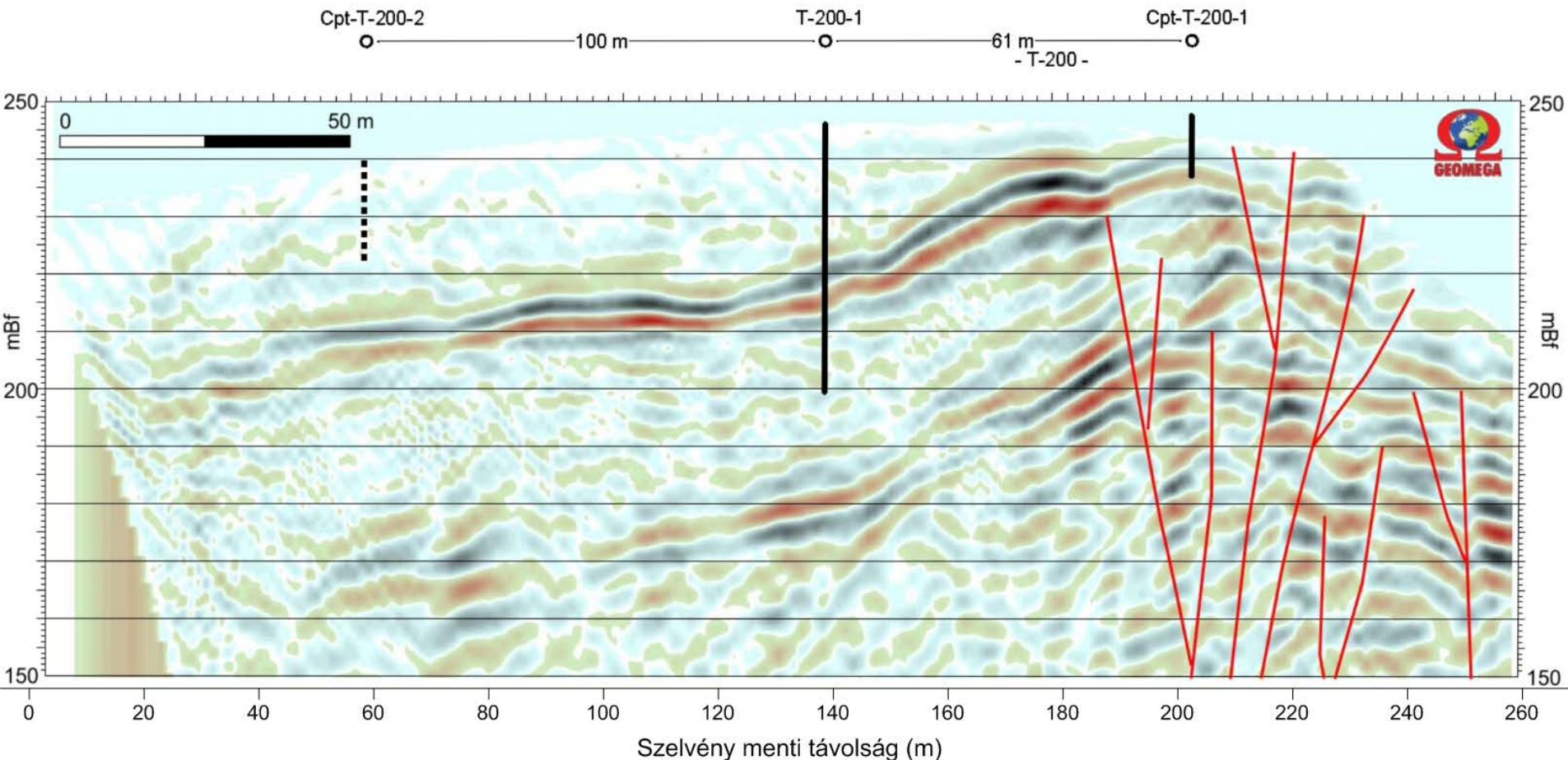


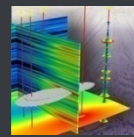
Koroknai et al. (2020)



A Dorogi-medencében mért S-hullám szeizmikus reflexiók szelvény

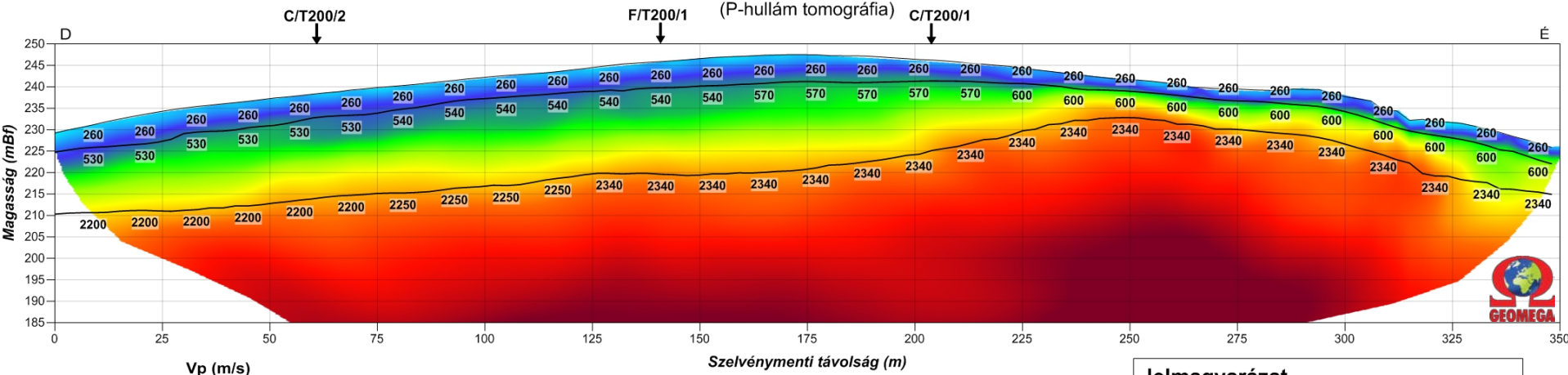
A triász dolomit felszín alatti mélysége a szelvény mentén 30 és 5 m között változik. Ilyen kis mélység reflexiók leképezésére a P-hullám szeizmika helyett az S-hullám szezmika sokkal hatékonyabb megoldást jelent.








Szeizmika_T-200/2019

(P-hullám tomográfia)

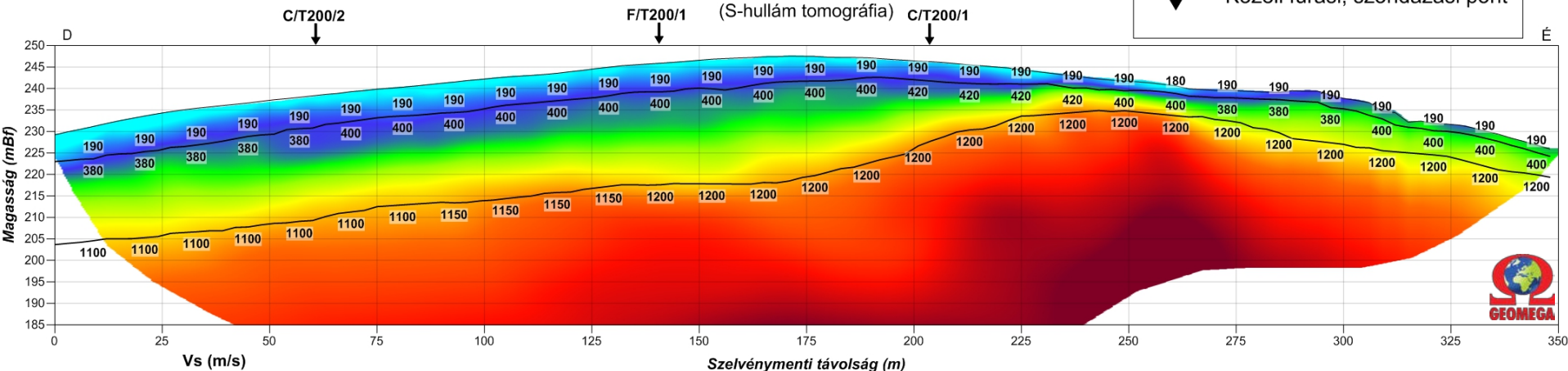


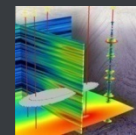
Jelmagyarázat

-  Refrakciós horizont
-  260 Refrakciós sebesség
-  Közei fúrási, szondázási pont

Szeizmika_T-200/2019

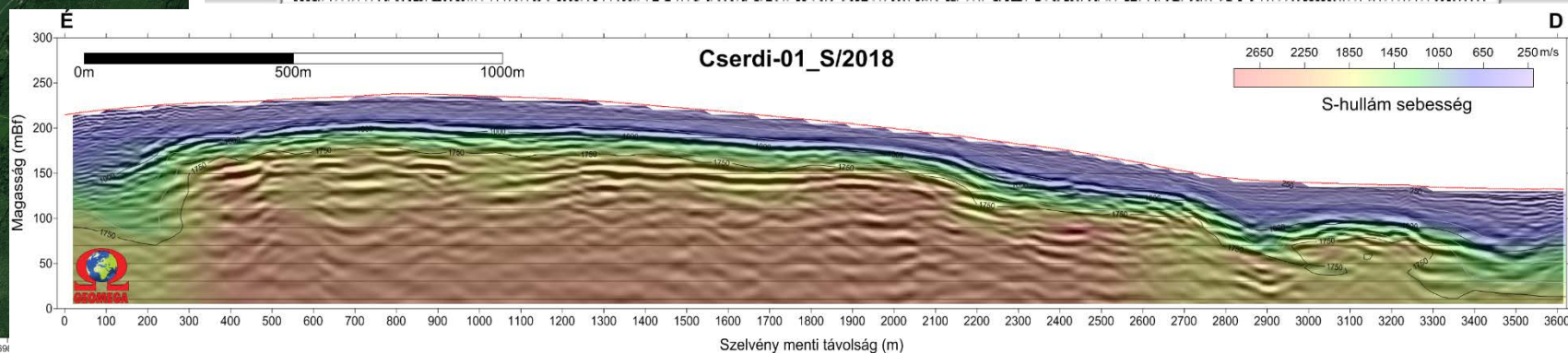
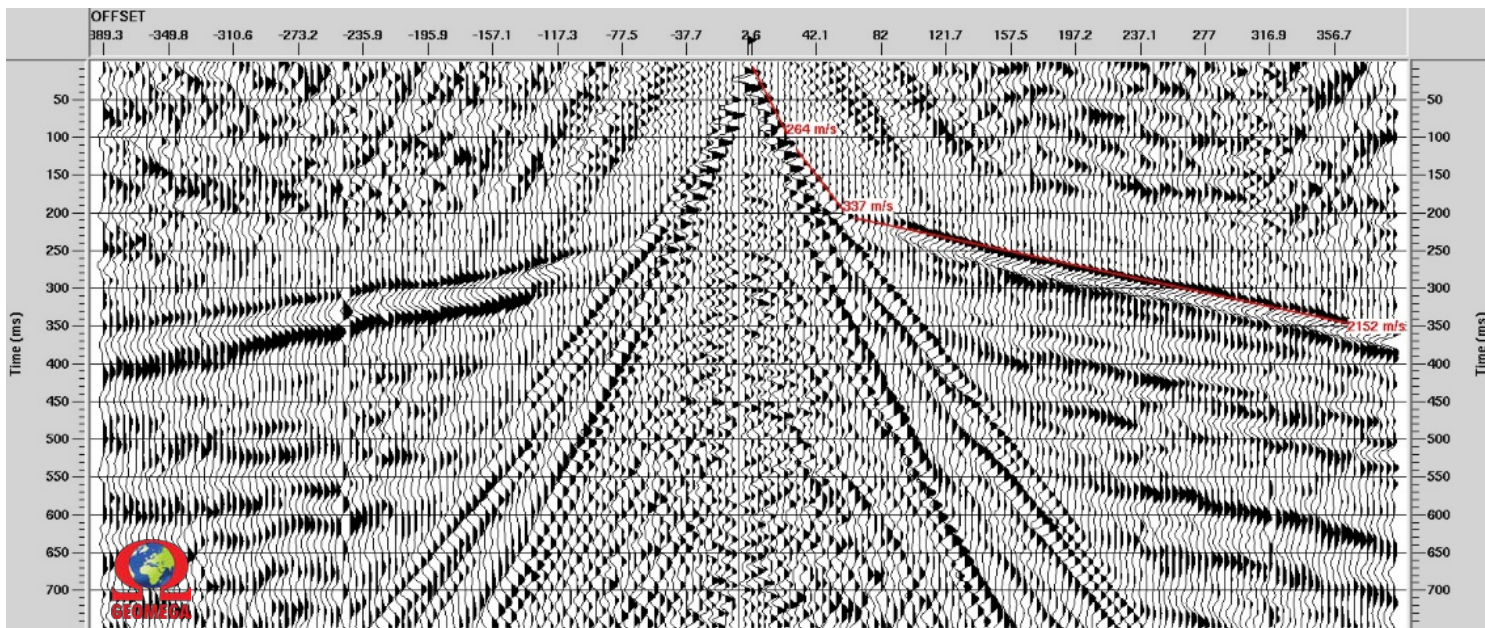
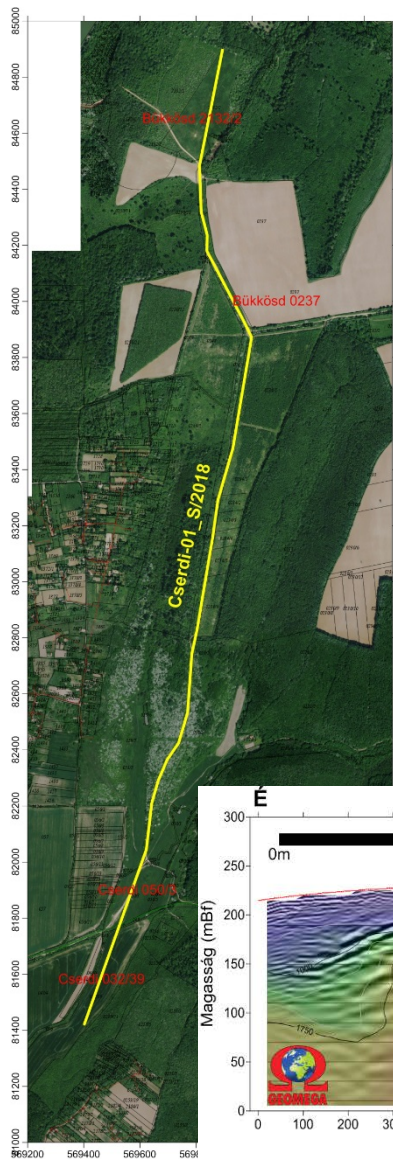
(S-hullám tomográfia)

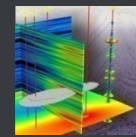




Cserditől keletre mért 3600 m hosszú, közel É-D-i irányú S-hullám szelvény

Markáns sebességkülönbség a pannon és kvarter fedőrétegek és a perm között.



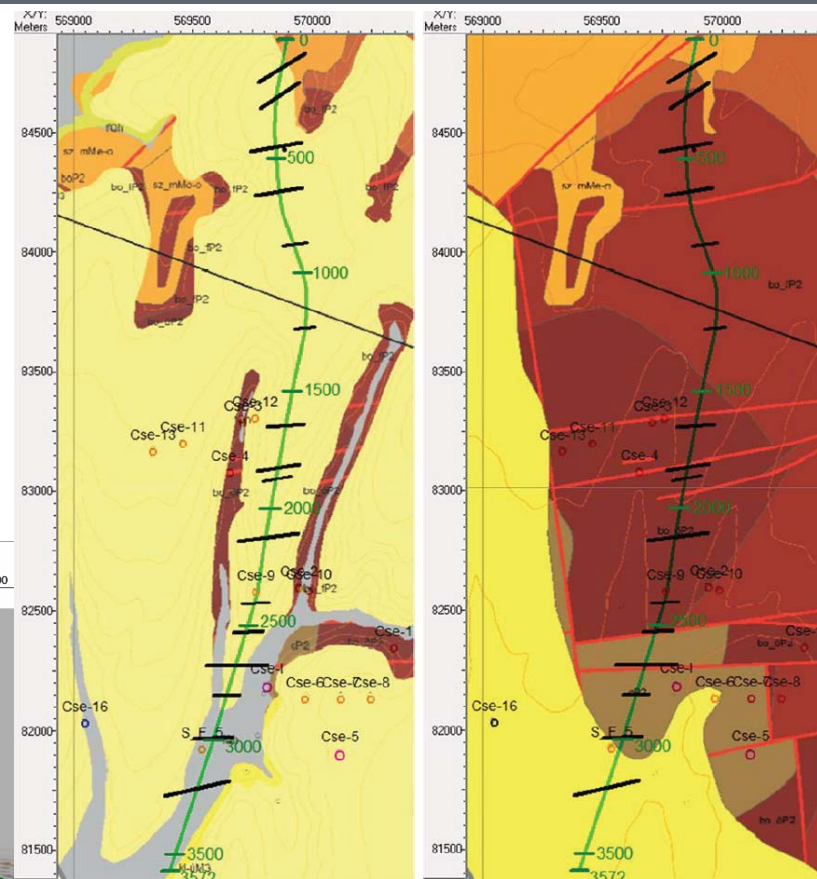


Az értelmezett szeizmikus szelvényen lila vonallal jelöltük a pre-kainozoos tetőt, ami a legerősebb kontraszt a szeizmikus szelvény mentén.

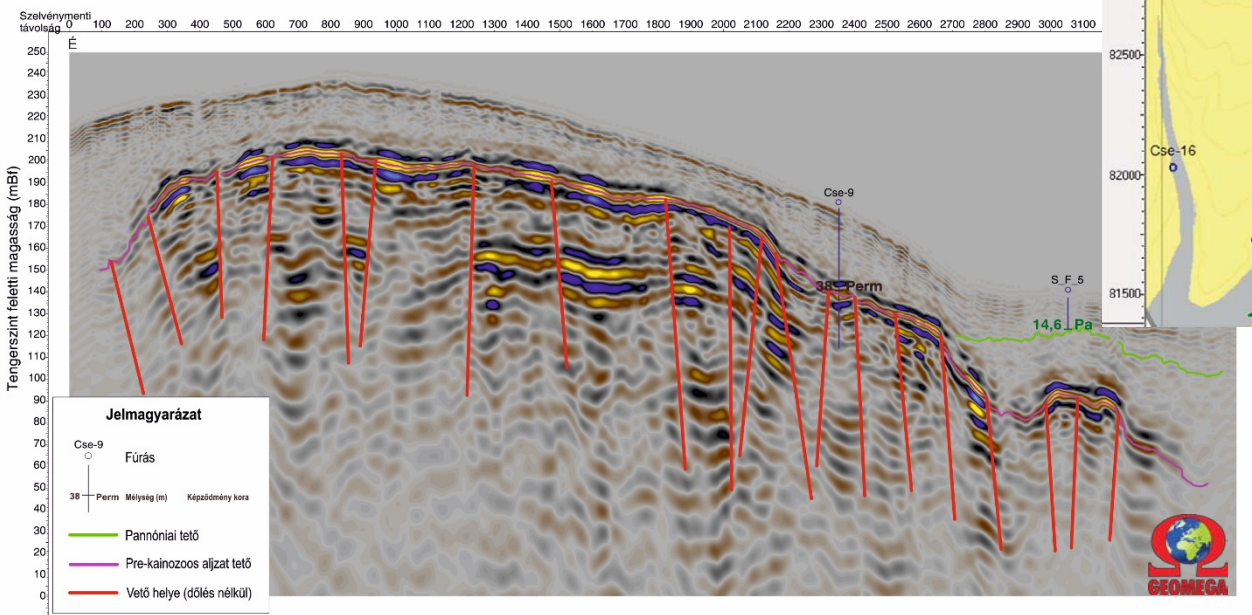
Zöld vonal jelzi a pannon tető határát, ami reflexiók energia szempontjából elhanyagolható a pannon – pre-kainozoos határhoz képest.

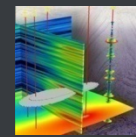
A BAF összletben számos vető és törésvonal kijelölhető, melyeket térképileg is összevetettünk a fedett ill. fedetlen földtani térképeken szereplő vetőkkel.

A térképeken fekete vonalak jelzik a szeizmikus szelvényen értelmezett vetőket.



Konrád et al. (2017)





A felszínközeli rétegek nagy felbontású szeizmikus leképezése kulcs fontosságú a részletes rétegtani és (neo)tektonikai vizsgálatok során.

Az S- (nyíró)hullám szeizmikus mérések két nagy előnnyel bírnak a hagyományosan alkalmazott P-hullám szeizmikus mérésekkel szemben:

- Jelentősen jobb, esetenként akár 5-ször nagyobb felbontás,
- Praktikusan a felszíntől induló leképezés.

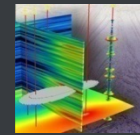
A mért S-hullám szeizmikus szelvényeken akkor is egyértelműen kijelölhető és követhető a fiatal (főként negyedidőszaki) fedőüledékek és az alaphegységi képződmények határa, ha a fedőüledékek kivékonyodnak, vastagságuk csak néhányszor tíz méteres, vagy akár 10 méter alá csökken.

A mélyebb leképezést biztosító P-hullám 2D és 3D mérések eredményeit nagyfelbontású S-hullám szeizmikus mérésekkel kombinálva mind a mély, mind a legsekélyebb szerkezeti és rétegtani elemek részletesen megismerhetők, tanulmányozhatók.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnénk megköszönni mindazon kollégák segítségét, akik az elmúlt évek terepi méréseiben részt vettek, munkájukkal hozzájárulva a bemutatott eredmények létrejöttéhez.

Külön köszönjük az EFERTE Kft., a FŐMTERV Zrt. és a Petik Kft. hozzájárulását egyes mérési eredmények bemutatásához. Az S-hullám szeizmikus rendszer fejlesztése GINOP-2.1.2-8.1.4-16 pályázati támogatással valósult meg.



Köszönjük a megtisztelő figyelmet!

