

Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar
Geofizikai Intézeti Tanszék

**A Mecseki kőszén kutathatóságának vizsgálata különböző
elrendezésben végzett geoelektromos módszerek
segítségével**

TDK dolgozat

szerző: **Szilvási Marcell**
Műszaki Földtudományi Kar
Miskolci Egyetem

*Konzulens: Dr. habil. Turai Endre
egyetemi docens*

*Dr. habil. Ormos Tamás
egyetemi magántanár*

*Dr. Prónay Zsolt
MFGI Mérnökgeofizikai főosztály
tudományos főmunkatárs*

Miskolc, 2014

Eredetiségi nyilatkozat

"Alulírott Szilvási Marcell, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a dolgozatot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertetett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."

Miskolc, 2014.10.27.

.....
a hallgató aláírása

A konzulens nyilatkozata

Konzulensi nyilatkozat

"Alulírott Dr. Turai Endre egyetemi docens, a Miskolci Egyetem Geofizikai és Térinformatikai Intézetének igazgatója, a Geofizikai Intézeti Tanszék vezetője a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem."

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Szilvási Marcell a jövőbeni energia ellátáshoz felhasználható földtani feladat megoldását vizsgálja a TDK dolgozatában. Egy magyarországi széntelepes összletre digitális modellt fejlesztett az előzetesen ismert földtani kép alapján. A modellre kimutathatósági vizsgálatokat végzett, a geoelektromos geofizikai módszer gyakorlatban használt különböző módosulatai (elektróda elrendezései) tekintetében. A kimutathatósági vizsgálatok keretében számítógépes előremodellezéssel és a zajjal terhelt adatok inverziójával elemezte a széntelepes összletben a legfelső négy fő széntelep kimutathatóságát. A széntelepek ellenállás változására meghatározta - a kimutathatósághoz fontos - paraméter érzékenységet. A TDK dolgozat témája a CriticEl projektben vizsgált K+F feladatkörhöz is kapcsolódik. A kiváló színvonalú TDK dolgozat eredményei a széntelepes összletek geoelektromos kutatás-tervezésénél közvetlenül és előnyösen felhasználhatóak.

Miskolc, 2014.10.27.

.....
a konzulens aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Geológia	5
3. Különböző geoelektromos elrendezésekkel történő elméleti mérési eredmények	8
3.1 Wenner-Alfa	10
3.2 Wenner-Beta	11
3.3 Wenner-Schlumberger	12
3.4 Dipól-dipól	13
4. Paraméter érzékenység	14
4.1 Wenner-Alfa	15
4.2 Wenner-Béta	18
4.3 Wenner-Schlumberger	20
4.4 Dipól-dipól	22
4.5 A 4 elektróda elrendezés együttes paraméter érzékenységi összevetése	25
5. Összefoglalás	26
6. Irodalomjegyzék	27
7. Köszönetnyilvánítás	28

1 Bevezetés

A Mecseki kőszéntelepek bonyolult geológiája miatt, a terület alapos geofizikai megkutatottsága is szükséges. Nem elégségesek az előzetes ismereteink a környező vidékről, hiszen nagyon gyakran egy-egy vető illetve feltolódás módosítja a várt geológiát.

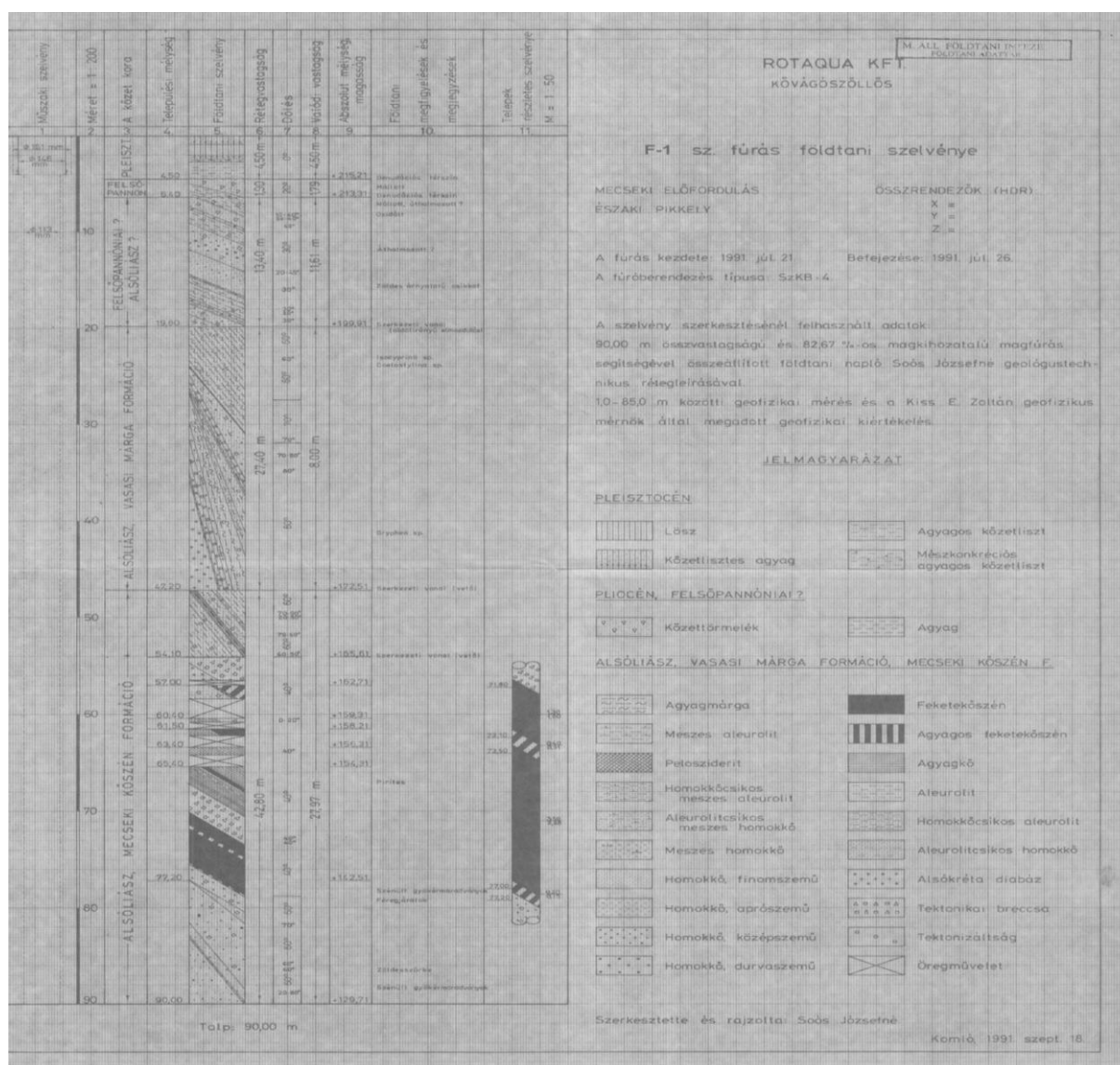
Vizsgálatomat egy ilyen területen végeztem, ahol már a 90-es évek elején két helyen mélyítették kutató fúrást, és azok magmintájából származó információk (réteg típus, dőlés...) alapján geológusok elkészítettek a terület földtani szelvényét. Ebből a szelvényből, a jellemző adatainak (rétegek elhelyezkedése, vastagsága, dőlése, elektromos fajlagos ellenállása) megadásával készítettem digitális modellt. Az így előállított modell (vertikális kiterjedés: 100 m horizontális kiterjedés: 420 m) felett, különböző elektróda elrendezésben, 2D direkt feladat megoldás (előremodellezés) segítségével meghatároztam, milyen eredményt kapnánk várhatóan egy terepi mérés folyamán. A 2D előremodellezést és a zajjal terhelt adatok inverzióját a GeoTomo Software cég RES2DMOD és RES2DINV szoftverrendszerait használtam. Megvizsgáltam, melyik elrendezéssel mutathatók ki legjobban a szénrétegek legnagyobb valószínűséggel.

A különböző elhelyezkedésű szénrétegeket megvizsgáltam, mennyire lehet kimutatni elektromos módszerrel, különböző elektróda elrendezésben. A feladat megoldásához paraméterérzékenység vizsgálatot végeztem, és ennek eredményét ábrázoltam.

2 Geológia

„A felső triász elsekélyesedés és fokozódó terrigén törmelék beszállítás után a területen az alsó liászban kőszénlápok alakulnak ki (Mecseki kőszén). Az így létrejött feketekőszén-telepes összlet vastagsága 200-1200 méter.” (Hartai Éva)

Az általam választott területen két kutatófúrás létesült. Tekintettel a titkosításra, ezeket jelen esetben elneveztem F-1 és F-2-nek mind a földtani szelvényen, mind a földtani és a karotázs szelvényeken. A fúrások alapján készített földtani szelvényeken (1. ábra és 2. ábra) látszik a területen található rétegek nagy dölése (30° - 70°), és két vetőzóna is, ami megnehezíti a földtani interpretációt, és a geofizikai értelmezést is. Az F-1 fúrásban 55 méter mélyen kezdődik egy szénés zóna, ami az Alsóliászi Mecseki kőszén formáció tagja, de csak 70 méter mélyen található egy egybefüggőbb szénréteg.



1. ábra
F-1 fúrás földtani szelvény

Műszaki szelvény

N Méret = 1:200

A kőzet kora

Település mélység

Földtani szelvény

Rétegvastagság

Dőlés

Változ. vastagság

Abszolút mélység, magasság

Földtani megfigyelések, megjegyzések

Telepek részletes szelvénye

M = 1:50

F-2 sz. fúrás földtani szelvénye

MECSEKI ELŐFORDULÁS ÉSZAKI PIKKELY

ÖSSZRENDEZŐK (HDR):

- X =
- Y =
- Z =

Fúrás kezdete: 1991. júl. 17 Befejezése: 1991. júl. 20.

A fúráberendezés típusa: SzKB.4.

A szelvény szerkesztésénél felhasznált adatok:

75,00 m. összvastagságú és 86,27 %-os magkihazatalú magfúrás segítségével összeállított földtani napló Soós Józsefné geológus-technikus rétegleírásával.

1,0 - 74,0 m közötti geofizikai mérés és a Kiss E Zoltán geofizikus mérnök által megadott geofizikai kiértékelés.

JELMAGYARÁZAT

PLEISZTOCÉN

Agyag

FELSŐPANNÓNIAI (2)

Áthalmozott agyagkő

Áthalmozott finom aleurit

Feketeköszén

Agyagos feketeköszén

Szenes agyagkő

Agyakő

Aleurit

Finom aleurit

Homokos aleurit

Áthalmozott homokkő, finom-aprú szemű

Áthalmozott homokkő, apró-középszemű

Aleuralitcsíkos homokkő, finomszemű

Homokkő, finomszemű

Homokkő, aprú szemű

Homokkő, középszemű

Homokkő, durvaszemű

Alsókérta diabáz

Tektónizáltság

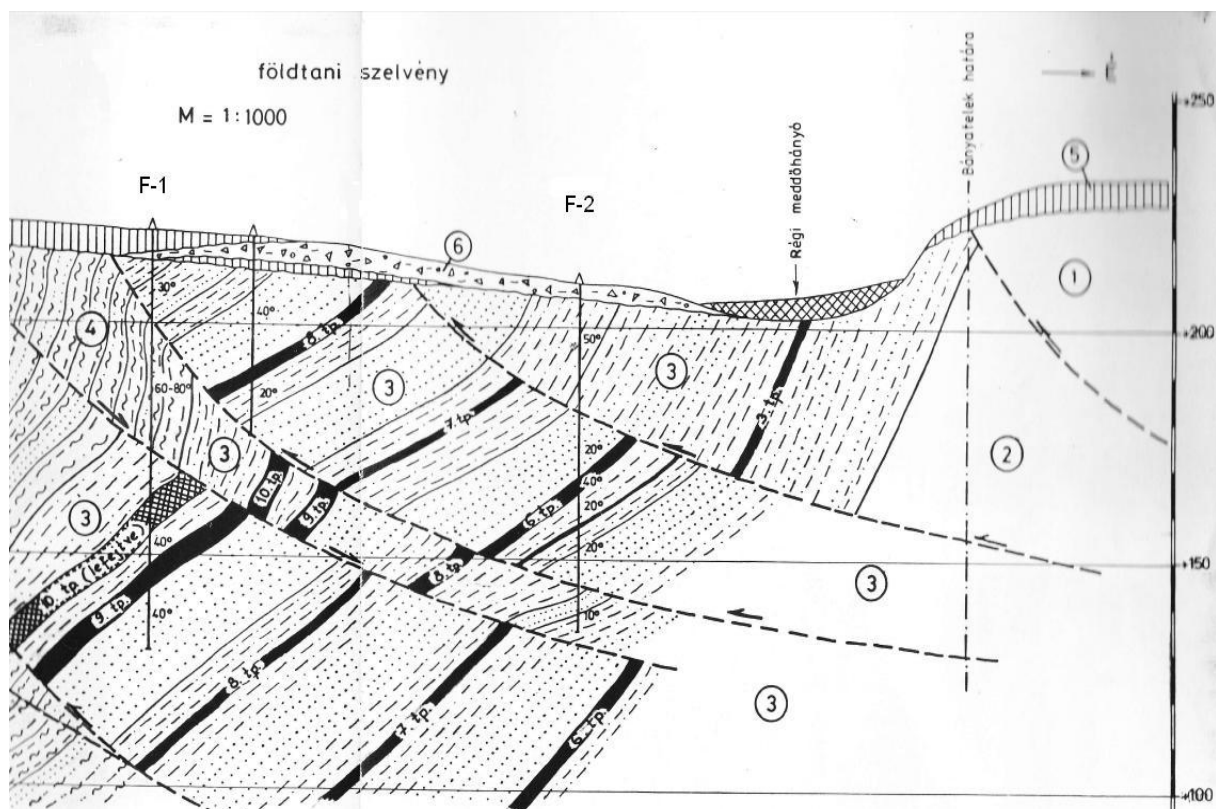
Talp: 75,00 m

Szerkesztette és rajtolta: Soós Józsefné

Kiadó: 1991. szept. 13.

6

„2009-ben készült el Püspöki Zoltán szakértői modellje, korszerű elméleti alapokon feldolgozva az archív adatokat, a korábbinál lényegesen bonyolultabb tektonikai képet feltételezve. A szerző ma már nem tekinti minden részében érvényesnek az akkori modellt, alapos módosítását tartja szükségesnek az időközben a külfejtés során megszerzett információk alapján, amelyet további kutatási adatok előállta után célszerű elvégezni.” (Gombor László 2014)



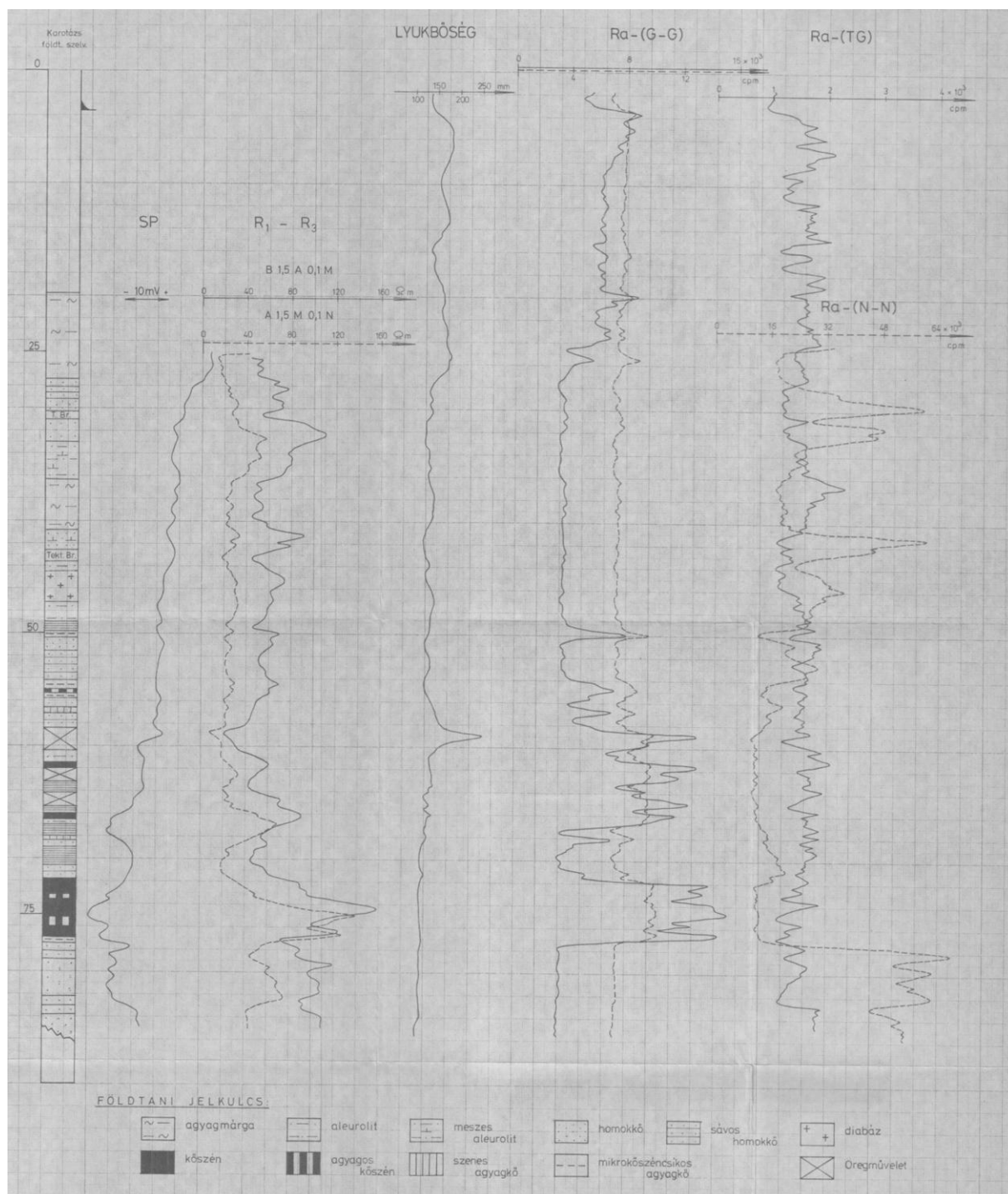
3. ábra
A terület földtani szelvénye (Püspöki Zoltán 2009)

Püspöki Zoltán modelljét (3. ábra) vettem alapul a saját digitális modell (5. ábra) létrehozására. A különböző típusú rétegekhez különböző elektromos fajlagos ellenállást társítottam. Ezeket az értékeket az F-1 fúrólukban végzett karotázs mérésekből adódó szelvény (4. ábra) alapján becsültem meg. 6 különböző csoportra bontottam a területet, és ezeknek adtam egy kódszámot az 1. táblázatban.

kódszám	kőzetnév	fajlagos ellenállás (Ωm)
0	agyagmárga	50
1	aleurolit	80
2	homokkő	110
3	lefejtett szénréteg (tömedék)	135
4	szénréteg	160
5	fedő összlet	100

1. táblázat
A szelvény kőzeteinek mért fajlagos ellenállása

Tekintettel arra, hogy az F-1 fúróluk karotázs szelvényén a felső 25 méterén nem történt ellenállás szelvényezés, ezért a fedő összlet fajlagos ellenállását csak becsülni tudtam.



4. ábra
F-1 fúrás karotázs szelvénye

A földtani szelvények alapján készítettem digitális modellt (5. ábra) a RES2DMOD és RES2DINV feldolgozó szoftverek számára. E két szoftvert Dr. Loke Meng Heng készítette és fejleszti. Jelen esetben a szénrétegek (4-es számok) kimutathatósága a cél, amiknek nagyobb a fajlagos ellenállása az őket körülvevő többi kőzetekénél.

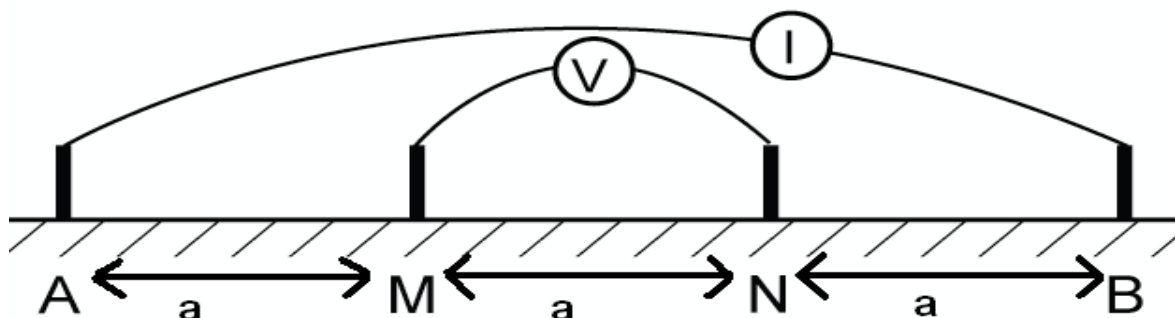
5. ábra
digitális földtani szelvény

Az aktuális területre való legjobb elrendezés kiválasztása függ a földtani szerkezettől, az ellenállásmérő érzékenységétől és a háttérzajtól. A gyakorlatban legelterjedtebb elrendezések a Wenner, dipól-dipól, Wenner-Schlumberger, pól-pól, pól-dipól. Egy-egy elrendezésnél figyelembe kell venni a vertikális és horizontális érzékenységet az ellenállás változásra, a behatolási mélységét, a horizontális adatlefedettség és a jelerősség. (M. H. Loke 2000)

3.1 Wenner-Alfa

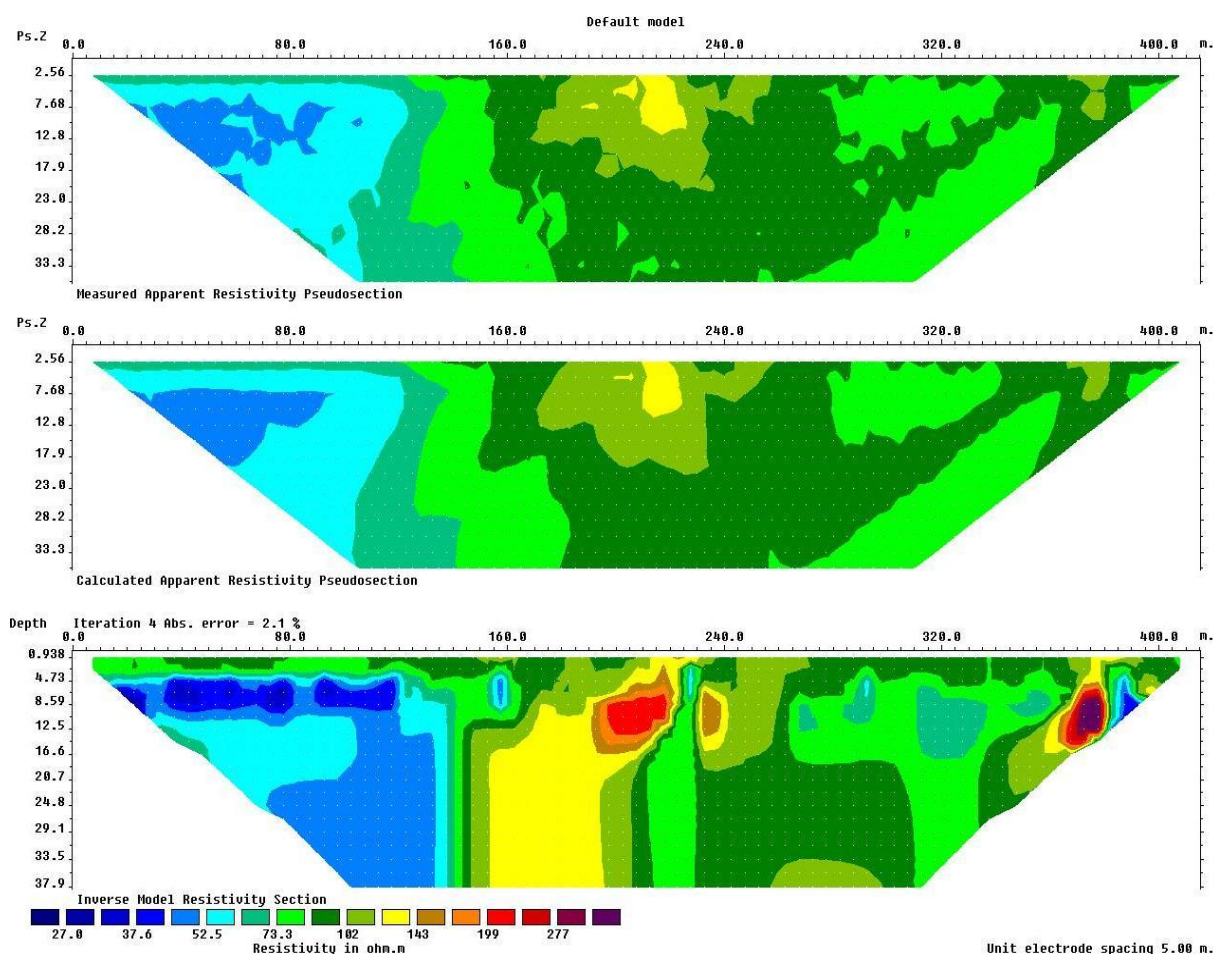
Ebben az elektróda elrendezésben (6.ábra) az elektródák egyenlő távolságra vannak, és az az egész szelvényt ennek az összeállításnak a folyamatos eltolásával mérjük le. A 7. ábrán látható ennek az eredménye.

A vertikális változásokra érzékeny ez a módszer, pl. zavartalan üledékes rétegsor, de relatíve rosszul mutathatók ki vele horizontális változások, mint pl. vetők. A többi elrendezéshez képest közepes behatolású. (M. H. Loke 2000)



6. ábra

Wenner-alfa elrendezés (A-B:adó elektródák, M-N:vevő elektródák Ingelise MØller (2006)

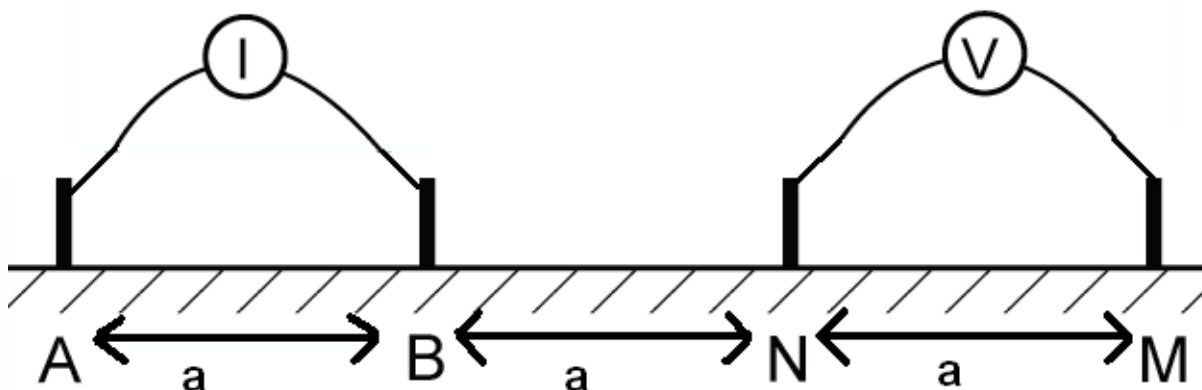


7. ábra

mért-, számított pseudo szelvény és az ellenállás szelvény Wenner-alfa elrendezésben

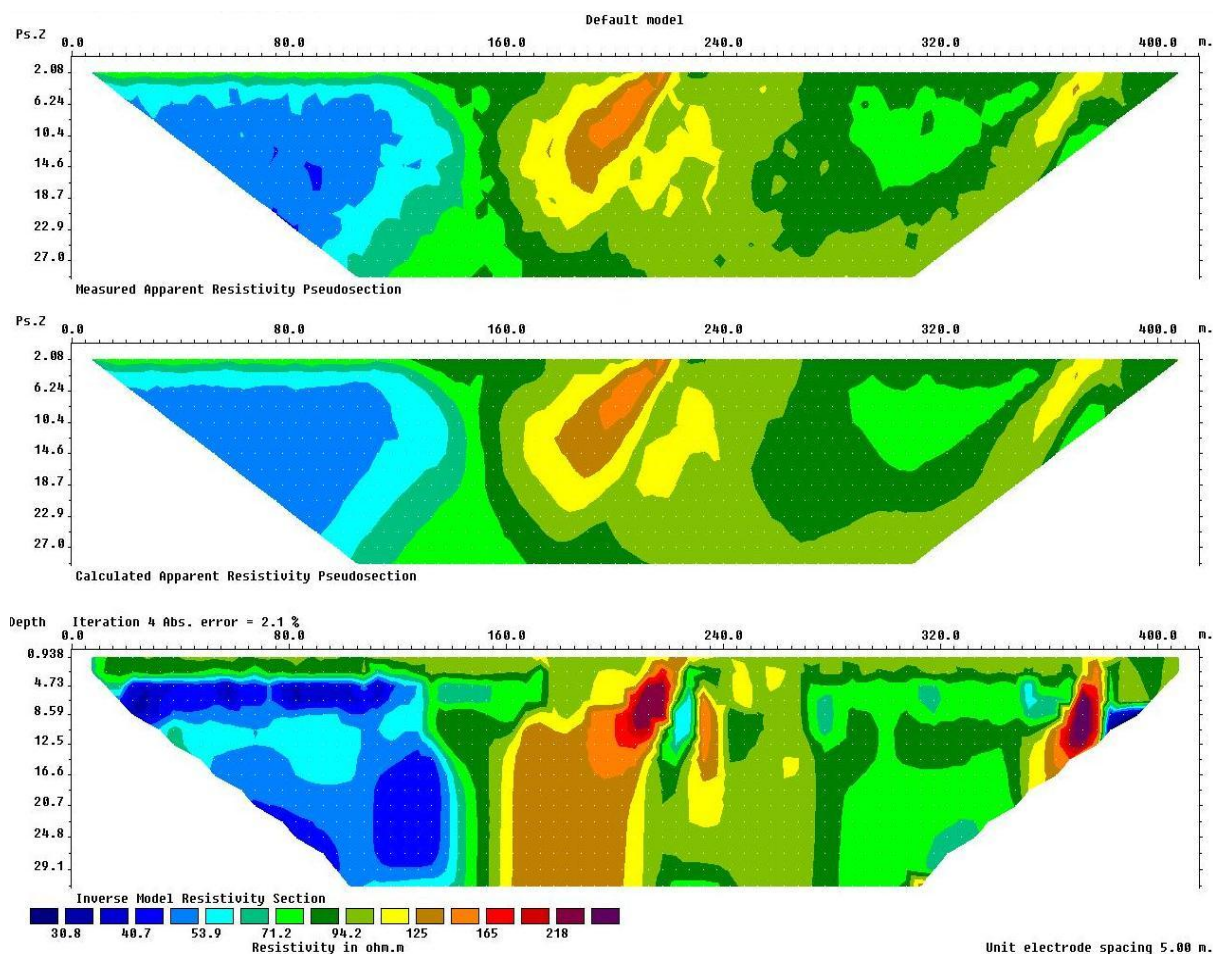
3.2 Wenner-Beta

Ez az elrendezés (8.ábra) hasonlít a Wenner-alfához abban, hogy egyenlő távolságra helyezkednek el az elektródák (A-B-M-N) egymástól, azonban az elektródák sorrendje a dipól-dipól elrendezéssel egyezik meg. A mérés eredménye a 9. ábrán található.



8. ábra

Wenner-béta elrendezés (A-B:adó elektródák, M-N:vevő elektródák) Ingelise MØller (2006)



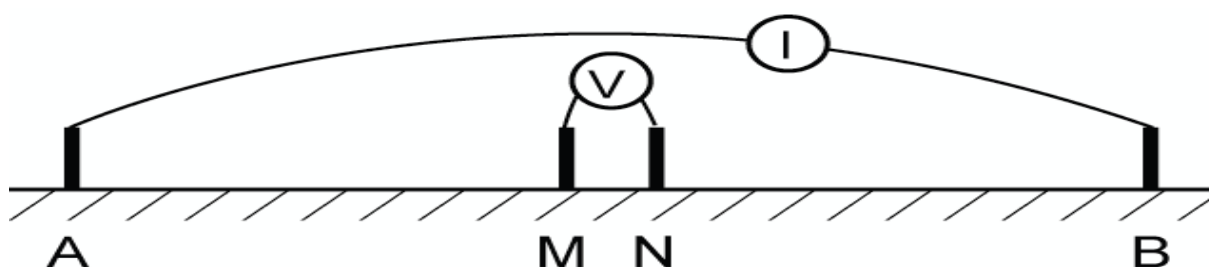
9. ábra

mért-, számított pseudo szelvény és az ellenállás szelvény Wenner-béta elrendezésben

3.3 Wenner-Schlumberger

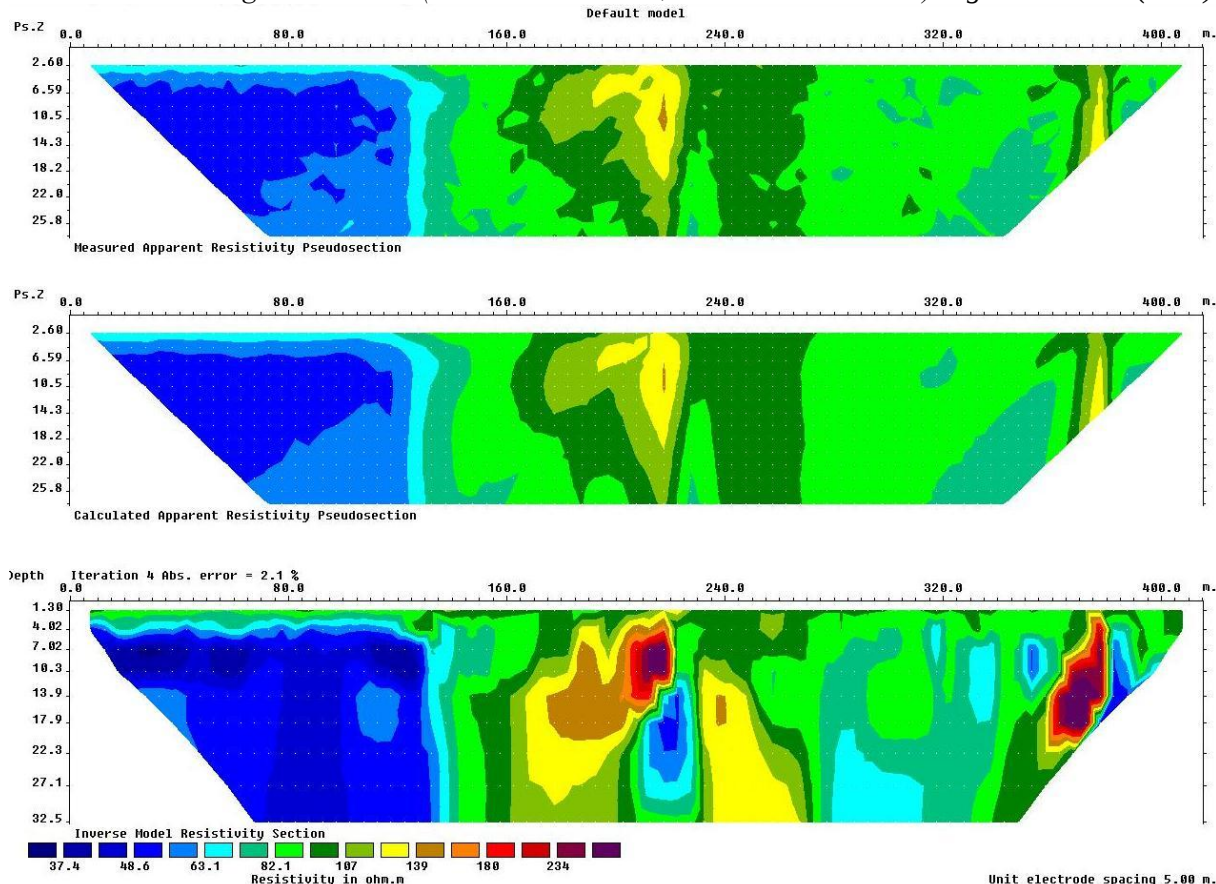
A Wenner és a Schlumberger elrendezések hibridje ez az elrendezés (10. ábra). A Schlumberger elrendezésből vette át, hogy a vevők (M-N) távolsága adott. Az adók (A-B) távolságát az M-N távolság egész számú többszöröseire növeljük a mérés előrehaladtával. A mérési eredmények a 11. ábrán láthatóak.

Közepesen érzékeny a horizontális és a vertikális szerkezetekre egyaránt. Azokon a területeken ahol mindkét fajta geológiai szerkezet várható, ott jó kompromisszum érhető el a Wenner és a dipól-dipól elrendezések között vele. A közepes behatolási mélység 10%-al nagyobb a Wennerénél, viszont ezáltal gyengébb is a jelerőssége, de a dipól-dipólénál még így is nagyobb. (M. H. Loke 2000)



10. ábra

Wenner-Schlumberger elrendezés (A-B:adó elektródák, M-N:vevő elektródák) Ingelise MØller (2006)

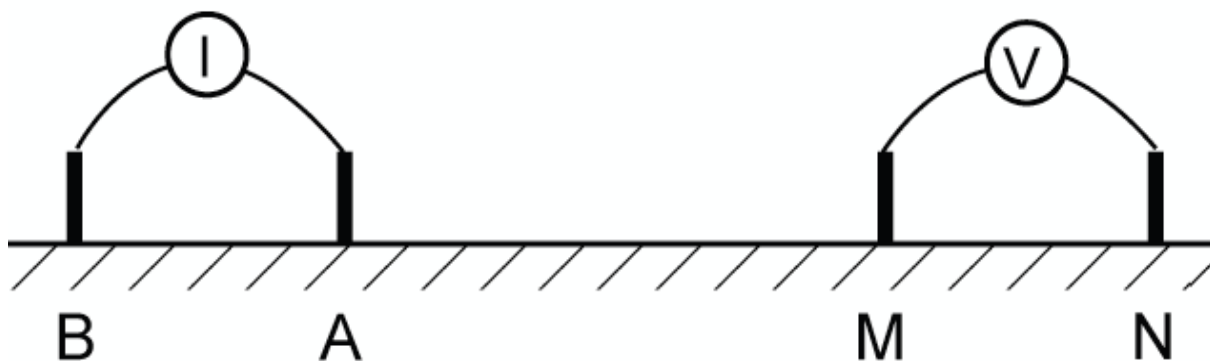


11. ábra

mért-, számított pseudo szelvény és az ellenállás szelvény Wenner-Schlumberger elrendezésben

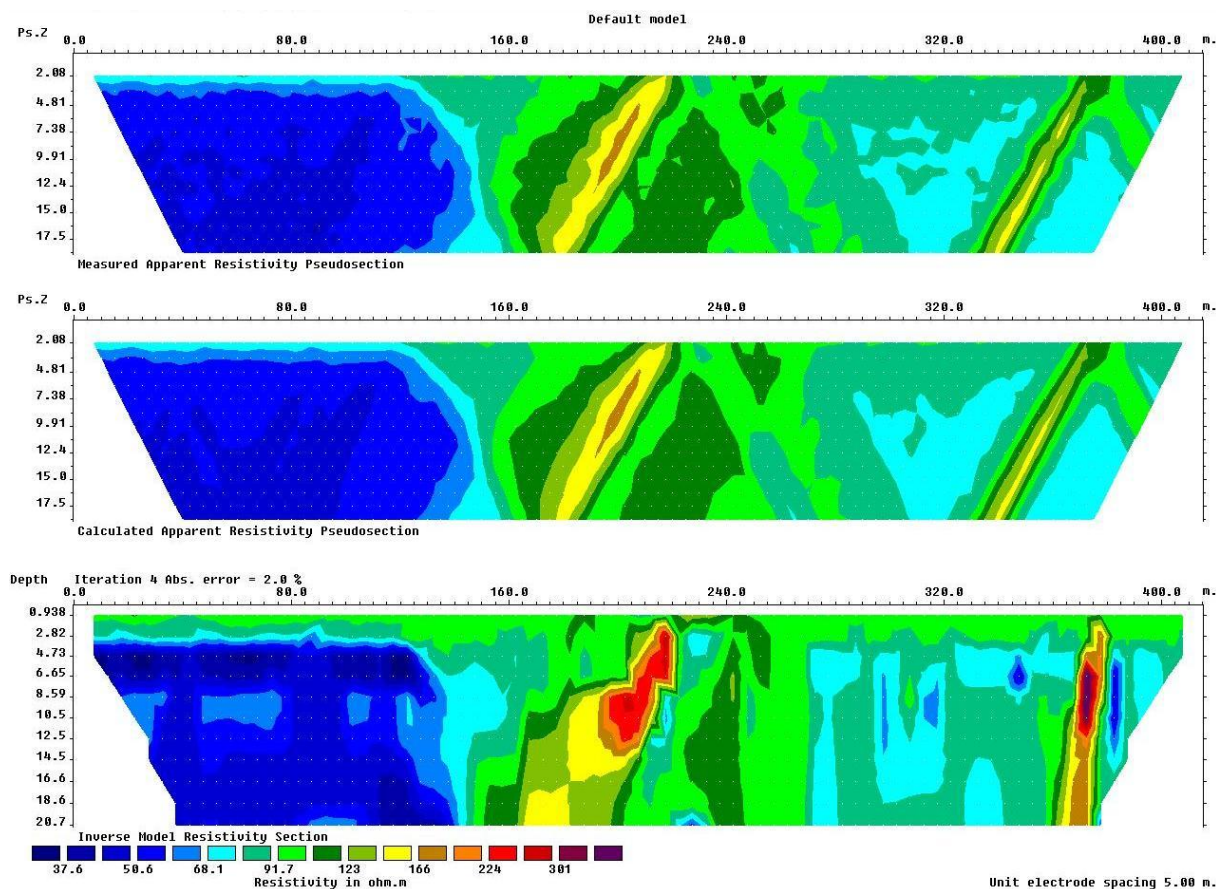
3.4 Dipól-dipól

A két adó (A, B) és a két vevő (M, N) között egyforma a távolság (12. ábra), de az adó- és a vevőpár közti távolságot folyamatosan növelem a mérés alatt. Ez a módszer nagyon érzékeny a horizontális változásokra, de relatíve érzéketlen a vertikális változásokra. Hátránya lehet viszont, ha túl messze van a két elektródapár egymástól, akkor gyenge jelet kapunk végeredményül. (M. H. Loke 2000). A mérési eredmények a 13. ábrán láthatóak.



12. ábra

Dipól-dipól elrendezés (A-B:adó elektródák, M-N:vevő elektródák) Ingelise Møller (2006)

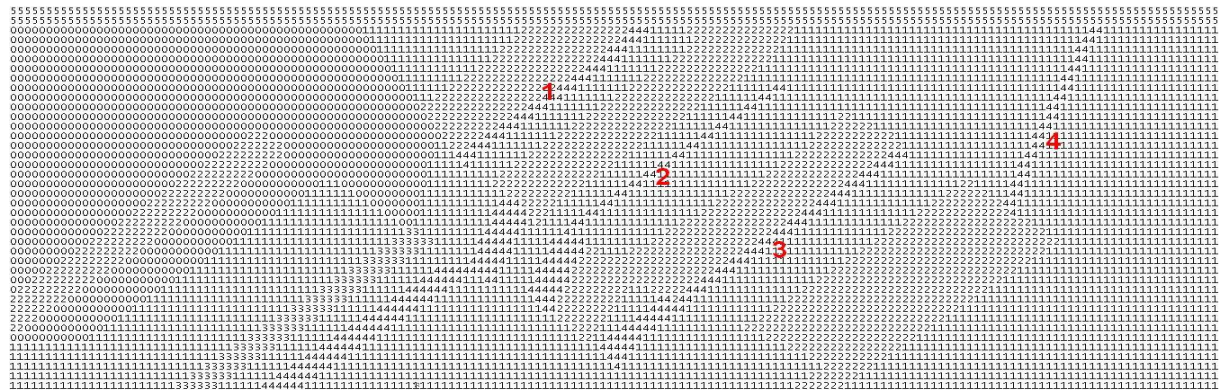


13. ábra

mért-, számított pszeudo szelvény és az ellenállás szelvény dipól-dipól elrendezésben

Először mind a négy elrendezésnél megvizsgáltam, milyen eredményt kapnék, ha egy homogén térben egy kis négyzet alakú relatíve nagyobb ellenállású területnek (14. ábra) változtatnám meg az ellenállását. Így az egyes elrendezésekre jellemző érzékenységi görbék jelentkeznek (16. ábra, 19. ábra, 22. ábra, 25. ábra), ezáltal a dőlésre is lehet következtetni.

Megvizsgáltam, hogyha külön-külön egyesével változtatom meg az 15. ábrán feltüntetett 4 szénréteg ellenállását, akkor a paraméter érzékenység hogyan változik. Majd az összes szénrétegnek megváltoztattam és akkor hogyan alakul ez a szelvénykép.



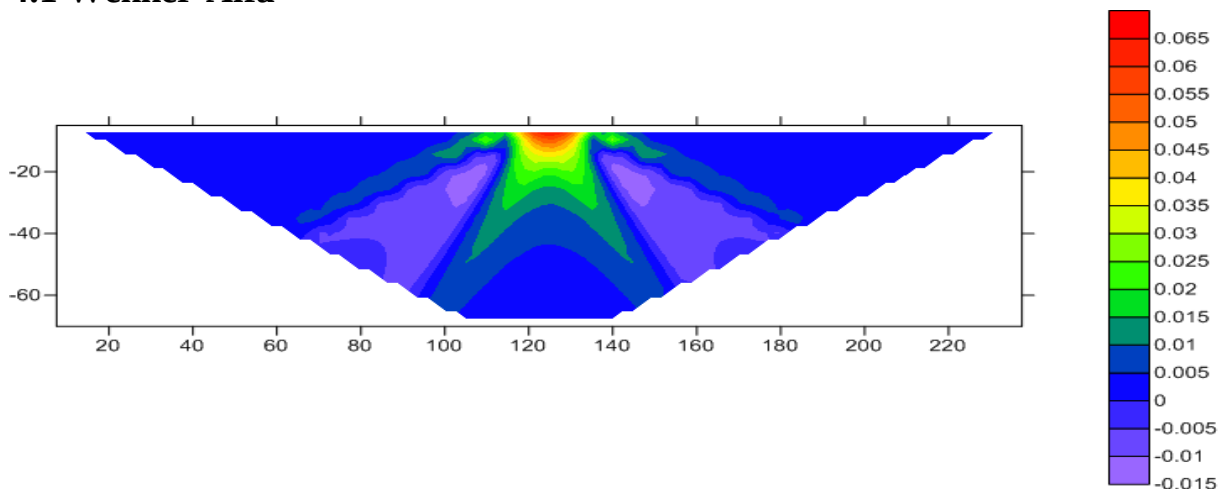
15. ábra

1-4-ig sorszámozott szénrétegek

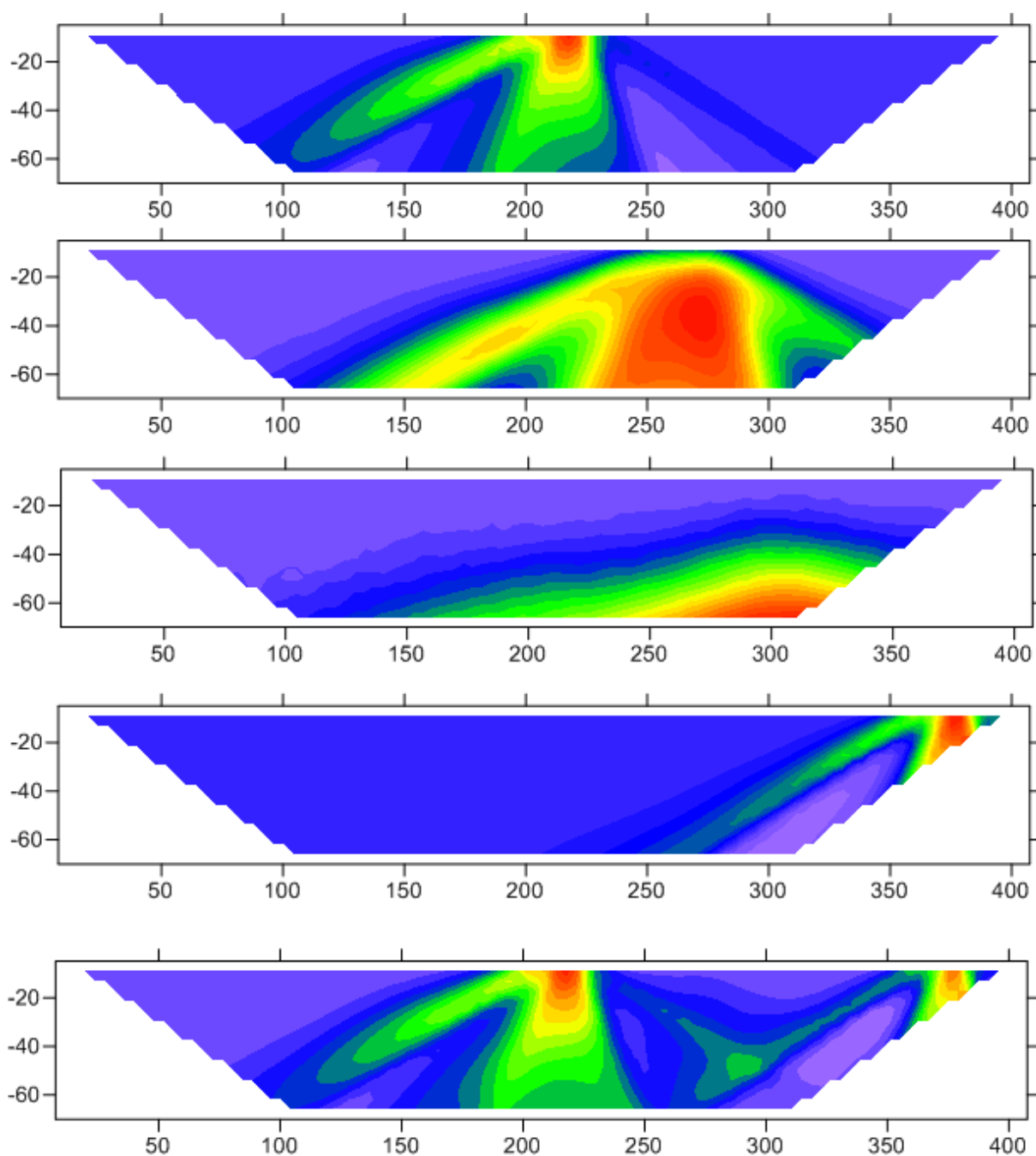
Az eredményeimet a 4 elektróda elrendezésnél kétféleképpen ábrázoltam. Először (17. ábra, 20. ábra, 23. ábra, 26. ábra) minden szelvényen helyi skálát használtam különböző beosztással, hogy a kis érzékenységu mélyebb szénrétegeknek a paraméterérzékenységi szelvénye is látszódjon annak az alakja, kiterjedése és a csúcsosodása.

Másodjára (18. ábra, 21. ábra, 24. ábra, 27. ábra), ugyanezeket a paraméterérzékenységi szelvényeket közös skála beosztással ábrázoltam, hogy egymással összehasonlíthatóak legyenek az érzékenyséjük.

4.1 Wenner-Alfa

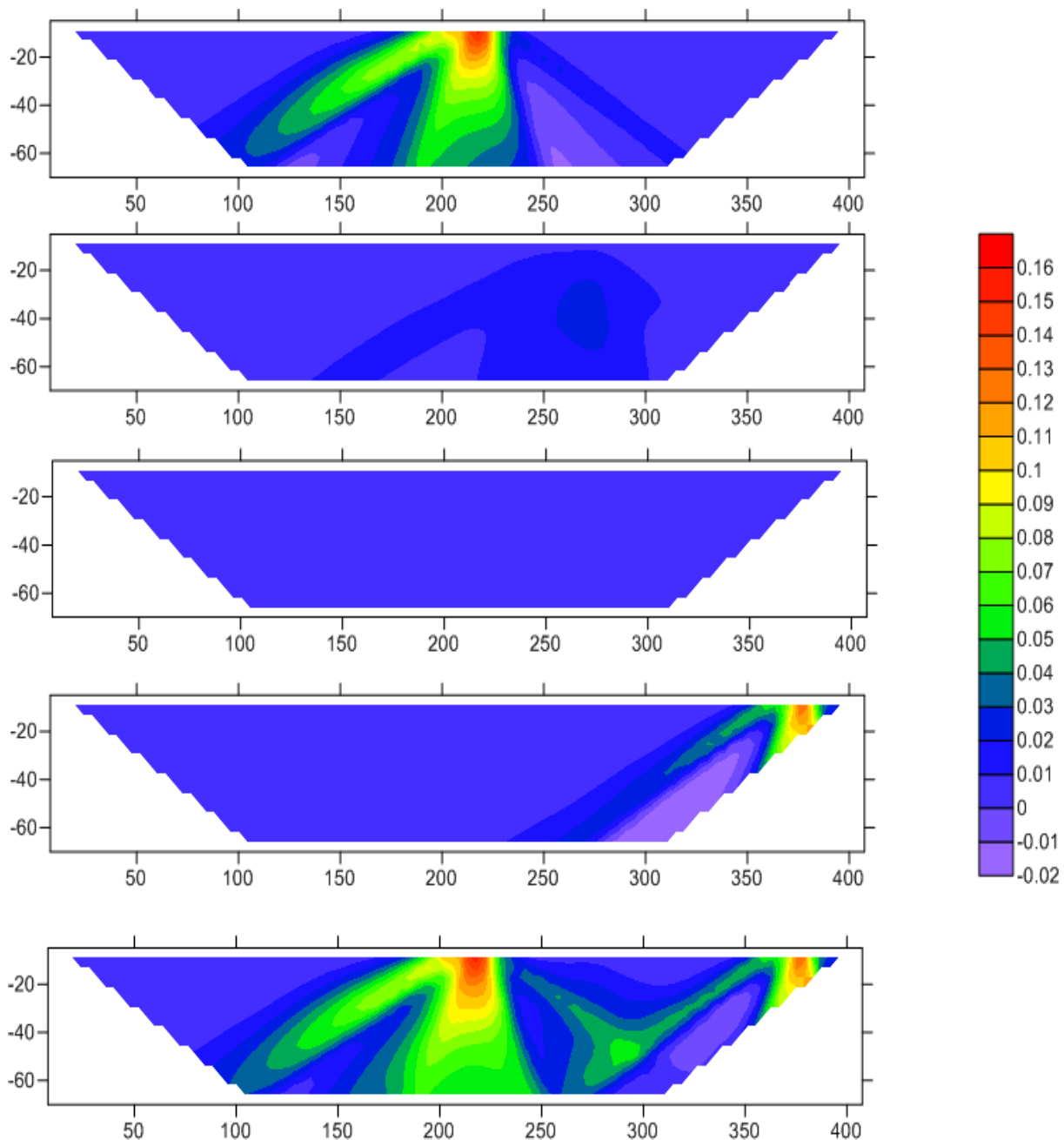


16. ábra
Wenner-alfa tesztképe



17. ábra

Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége egyéni skála beosztással Wenner-alfa elrendezésben

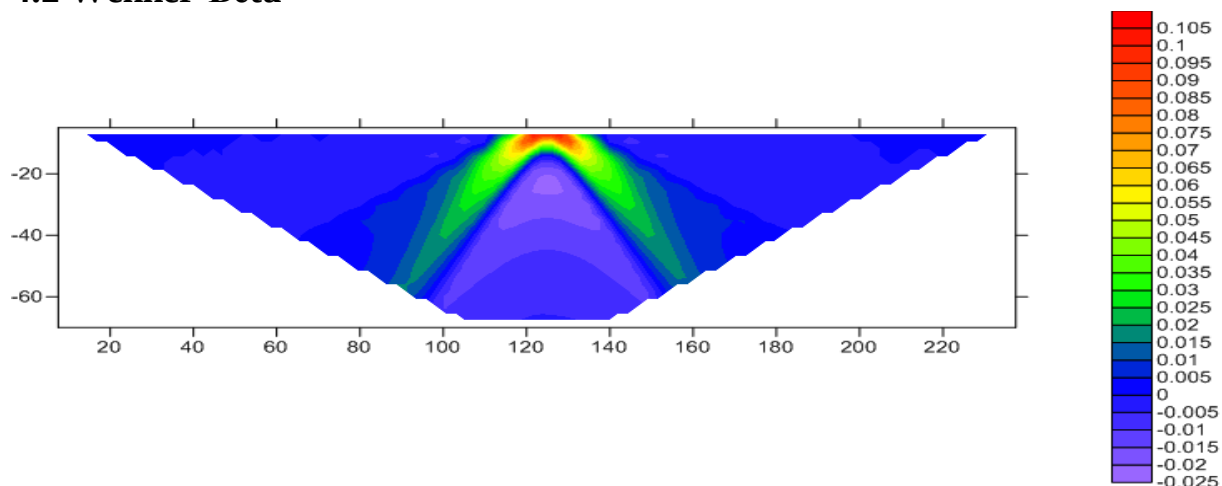


18. ábra

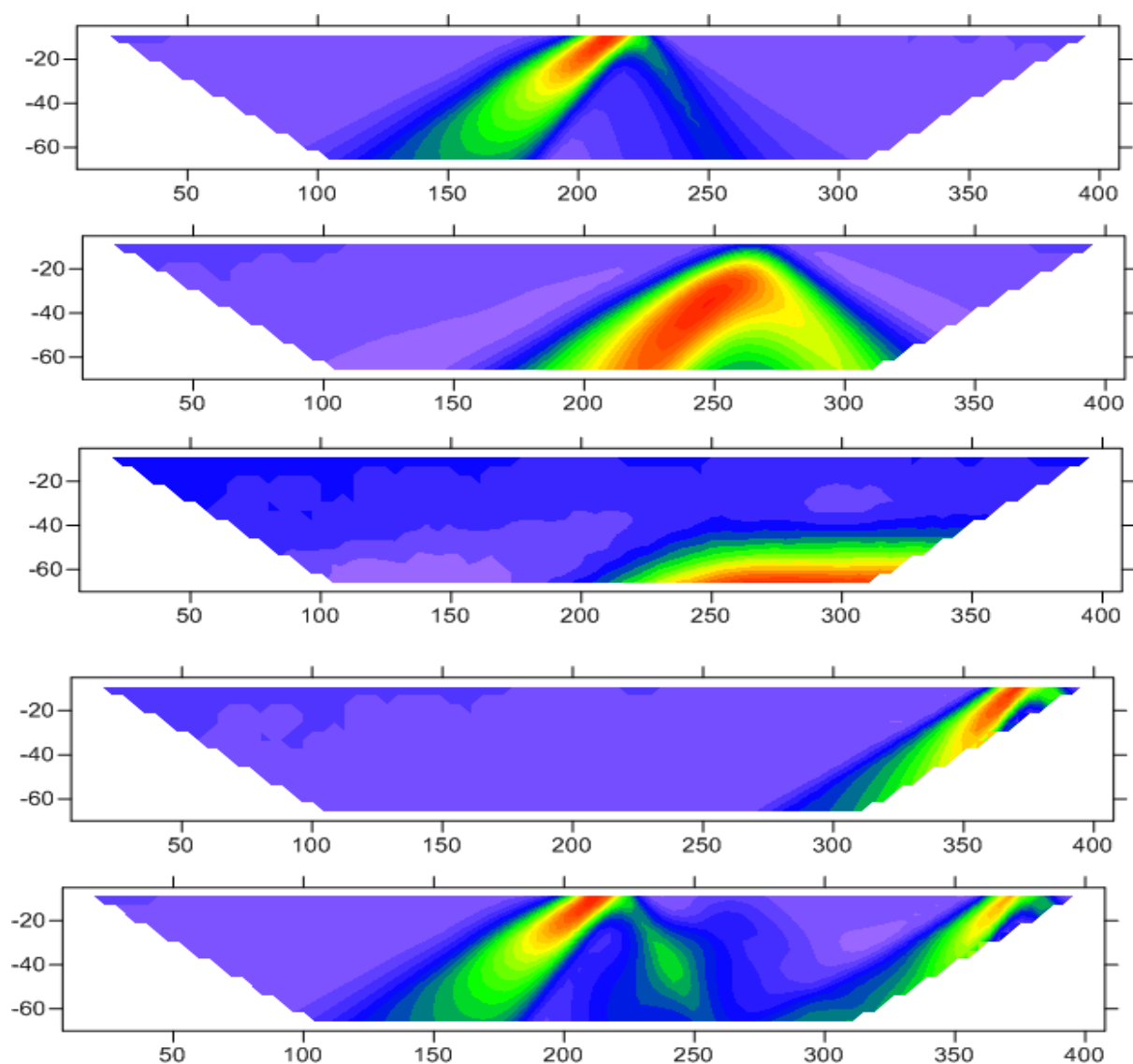
Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége közös skála beosztással Wenner-alfa elrendezésben

A Wenner-alfánál nem kifejezetten magas, de azért számottevő érzékenységet (0,16) mutat, főként az első és negyedik szénrétegnél, bár még a második szénrétegnél keletkezett anomáliának az alakja hasonló az előző kettőéhez, de értéke csaknem egy nagyságrenddel alacsonyabb. A tesztmodell képében (16.ábra) látható kettős irányultság (jobb és a bal alsó sarokba tartó), a szénrétegek dőlése miatt csak az egyik irányban fedezhetők fel főképp, viszont ott is két felé szakad a paraméterérzékenységi csúcsosodás, de nagyjából egy irányba. Rétegdőlésre megközelítőleg adhat jó eredményt, de ennek precizitása megkérdőjelezhető.

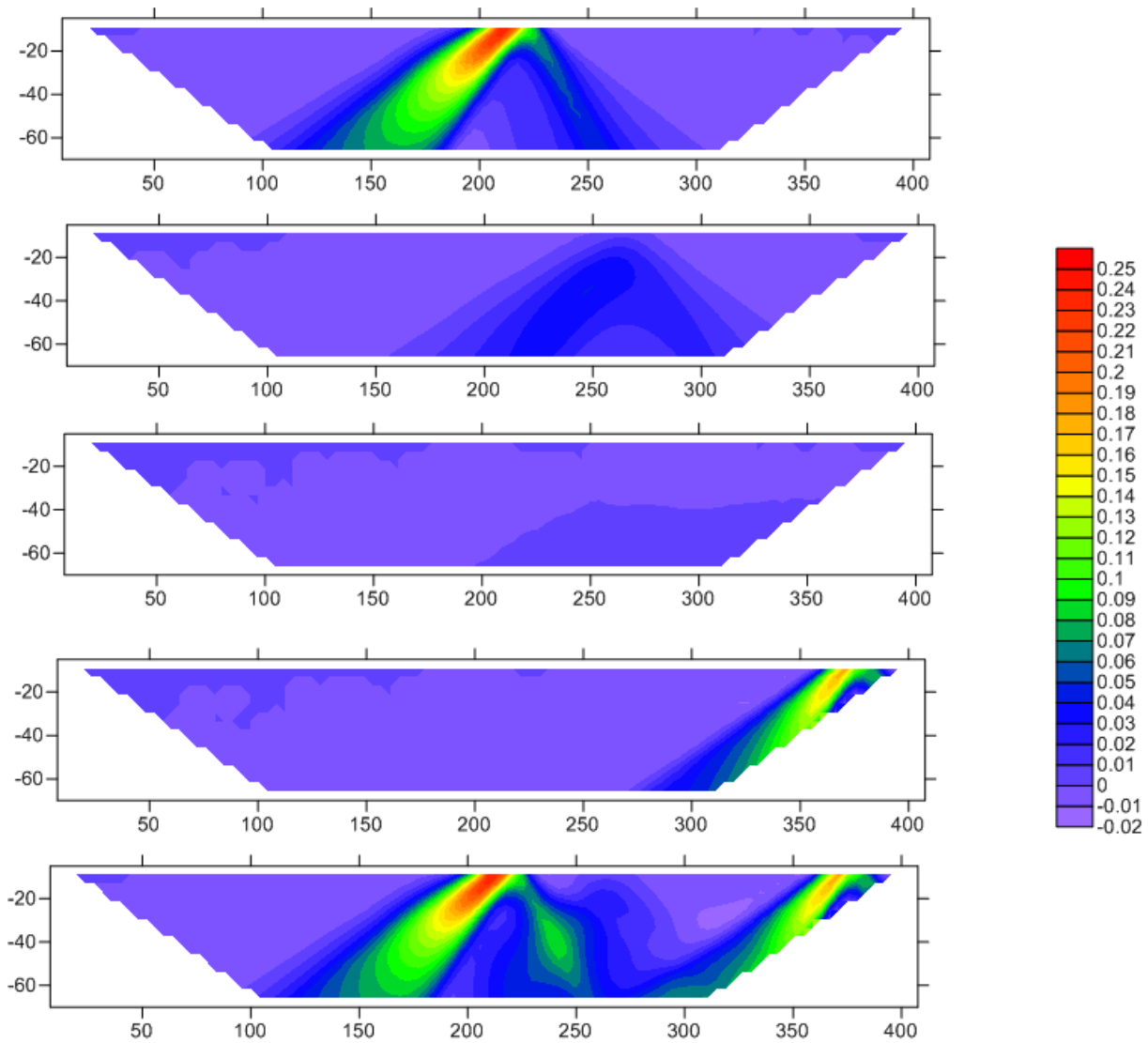
4.2 Wenner-Béta



19. ábra
Wenner-béta tesztképe



20. ábra
Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége egyéni skála beosztással Wenner-béta elrendezésben

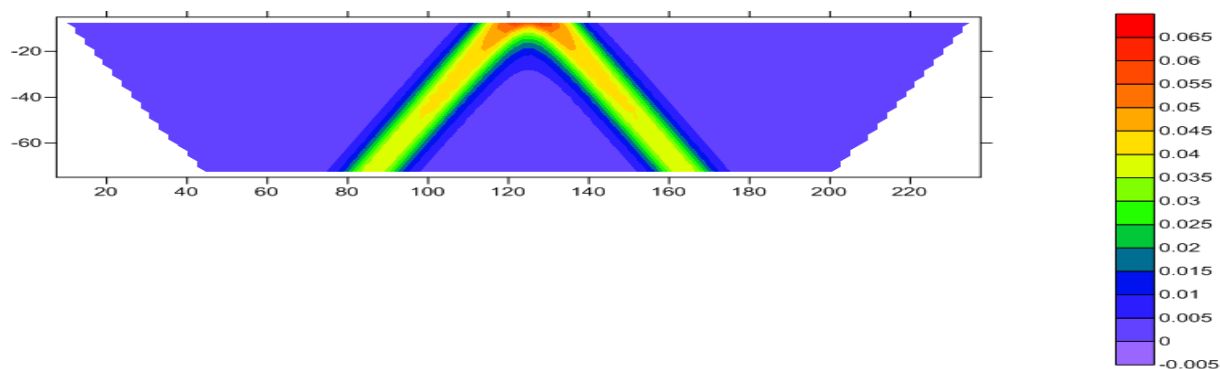


21. ábra

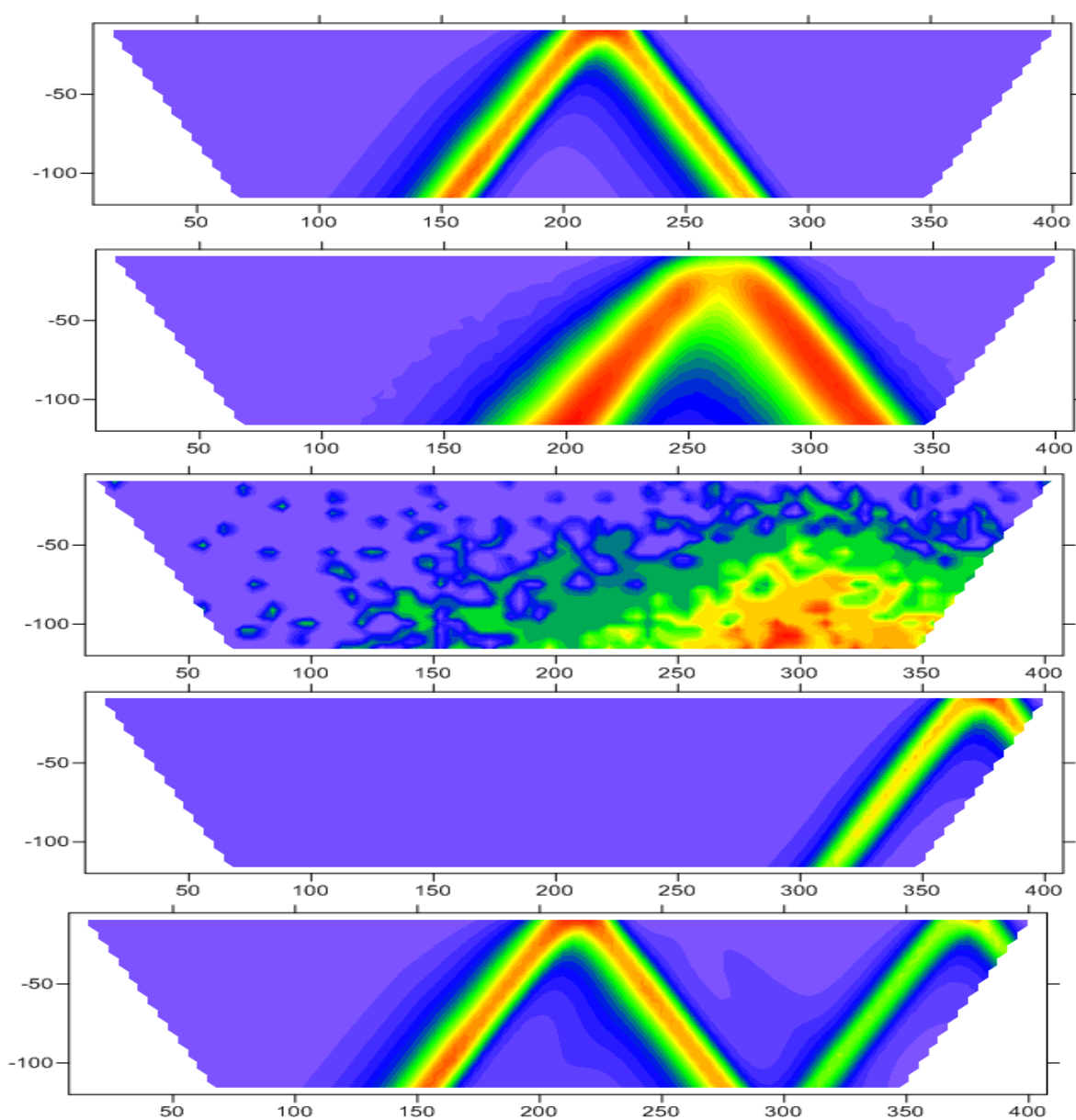
Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége közös skála beosztással Wenner-béta elrendezésben

A Wenner-bétánál már relatíve magas érzékenységi értékek (0,25) adódnak. Az első és a negyedik szénréteg nagyon érzékeny, de a többi módszerhez képest a 2. szénréteg is jelentős (0,05) érzékenységgű, míg a harmadik réteg, itt sem érzékeny. A tesztmodellhez (19. ábra) képesti összehasonlítás alapján itt is látható, hogy amerre a rétegünk dől, csak azok a területek érzékenyek nagyon. A Wenner-alfához képest itt nem szakad még újabb kétfelé az érzékenységi anomália, ebből adódóan a rétegdőlés jól kimutatható.

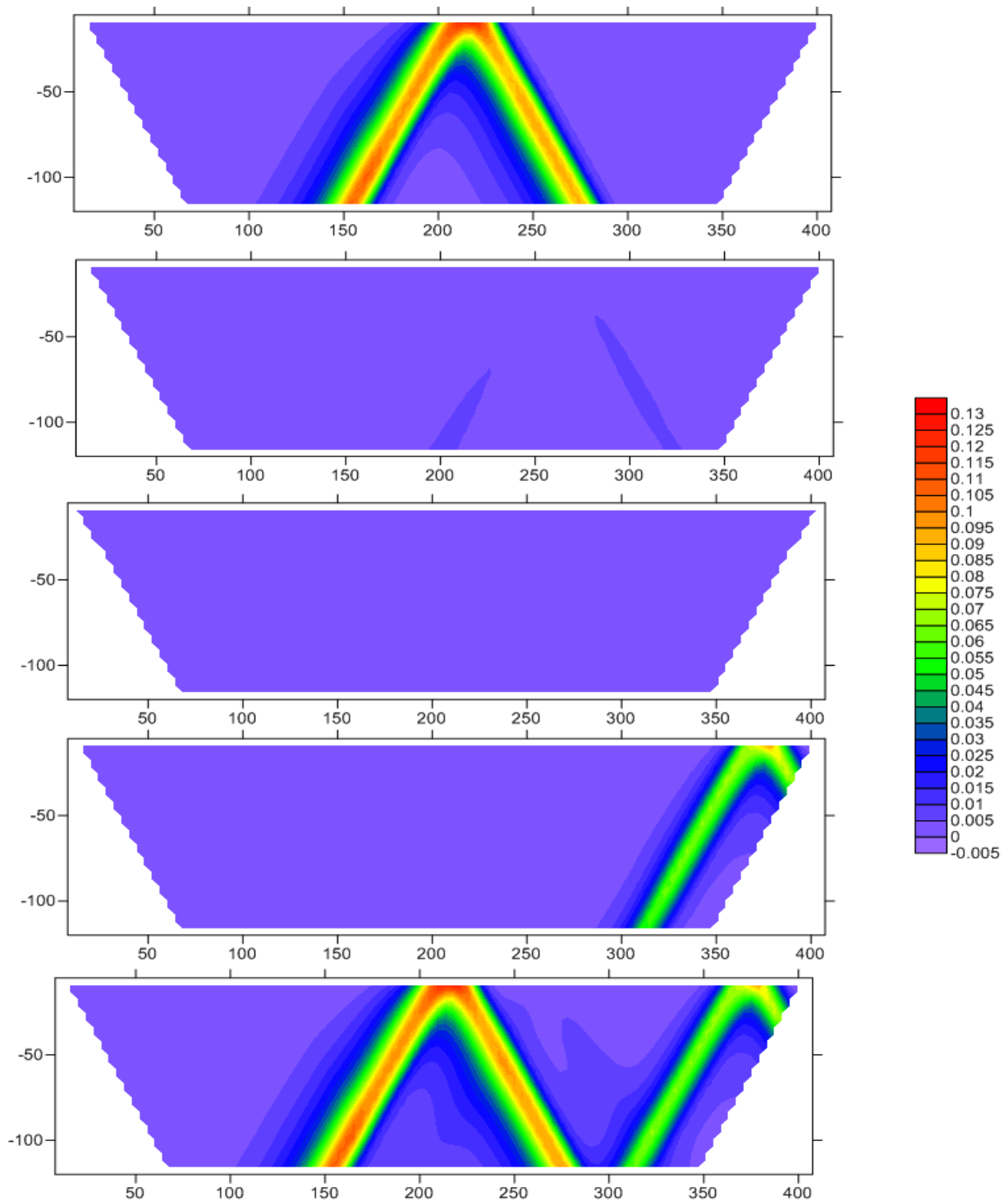
4.3 Wenner-Schlumberger



22. ábra
Wenner-Schlumberger tesztképe



23. ábra
Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége egyéni skála beosztással Wenner-Schlumberger elrendezésben



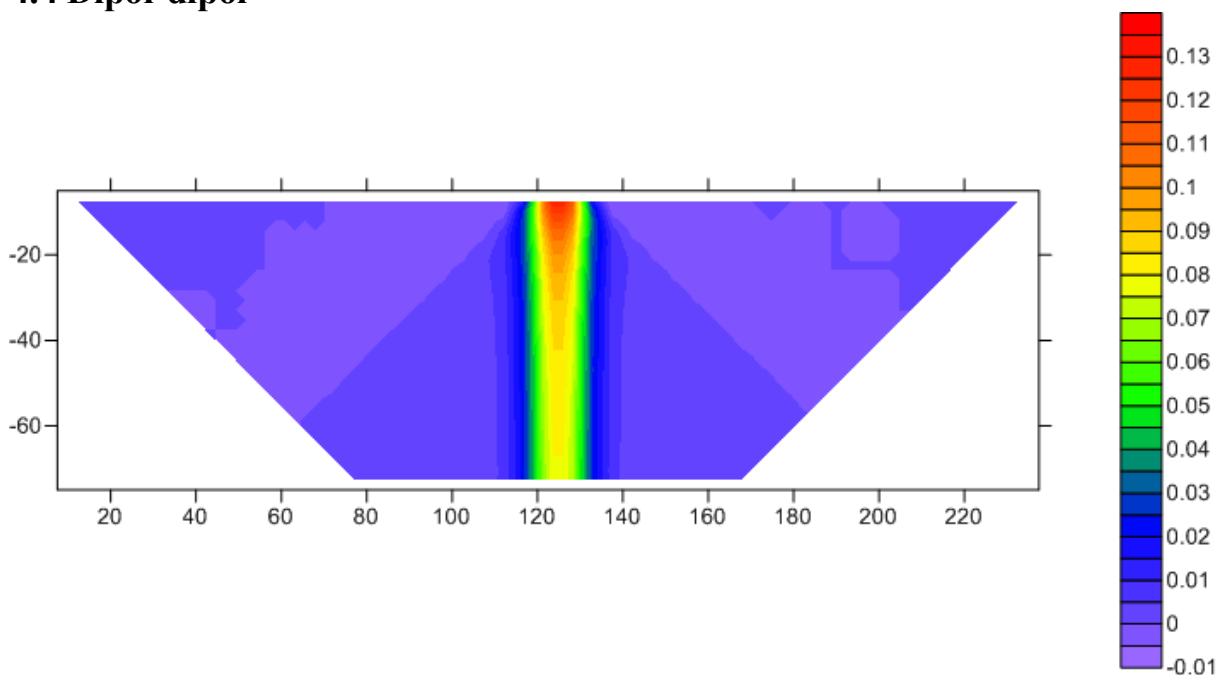
24. ábra

Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége közös skála beosztással Wenner-Schlumberger elrendezésben

A Wenner-Schlumberger elrendezés mellett tapasztalható a legkisebb maximumú (0.13) paraméter érzékenység a 4 módszer közül. Az első és a negyedik szénréteg oly annyira elnyomja a második réteg érzékenységét, hogy annak értékeit az összesített ábrán se nagyon lehet észrevenni. A tesztmodellben (22. ábra) tapasztalható

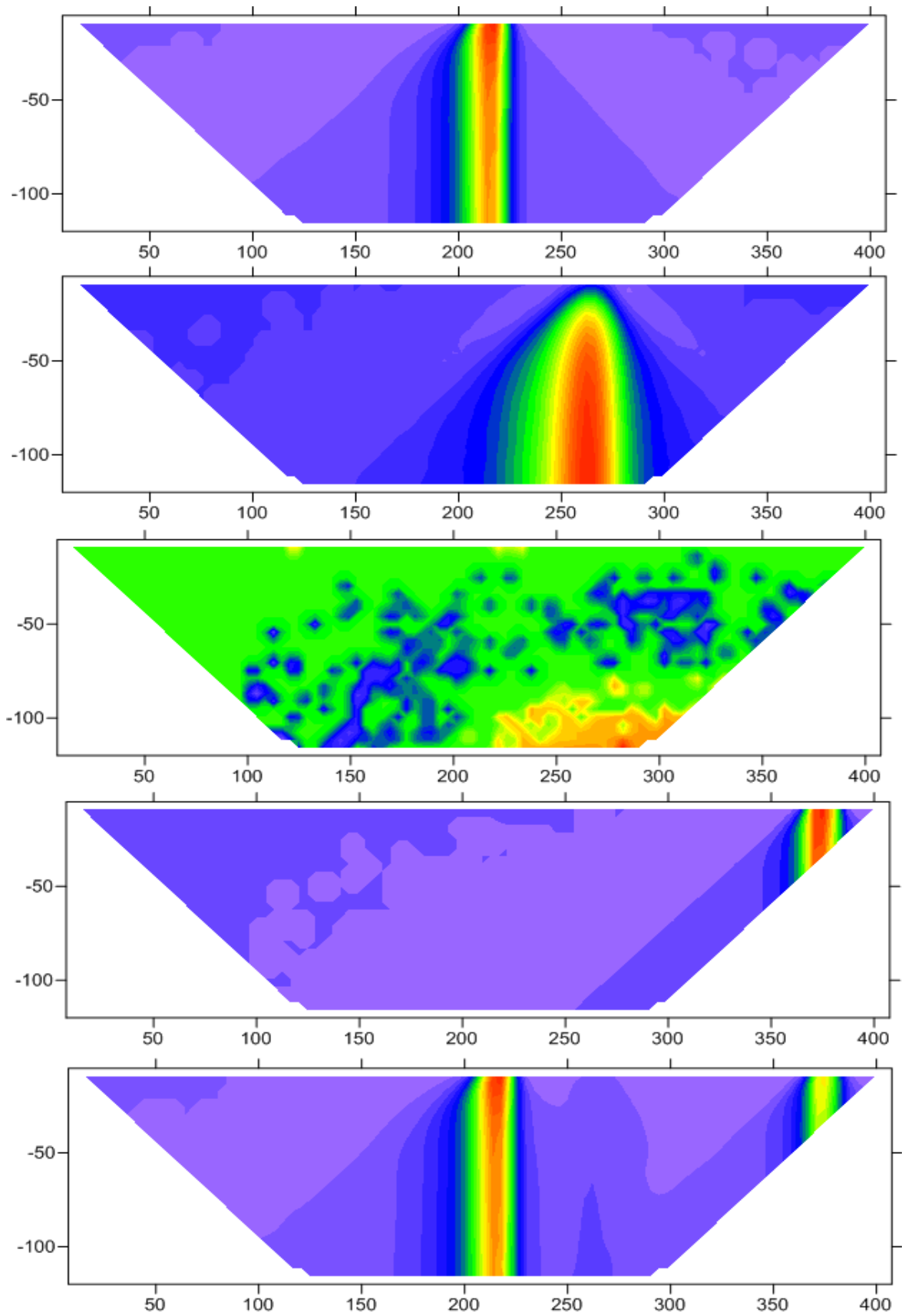
fordított „V” alak a réteg dőlése ellenére is megmarad a szelvényeken, ezért a dőlt rétegek nehezen mutathatók ki ezzel a módszerrel, mert nem csak a réteg dőlésének irányában változik meg a látszólagos fajlagos ellenállás, hanem arra közel merőleges irányú helyzetben is.

4.4 Dipól-dipól



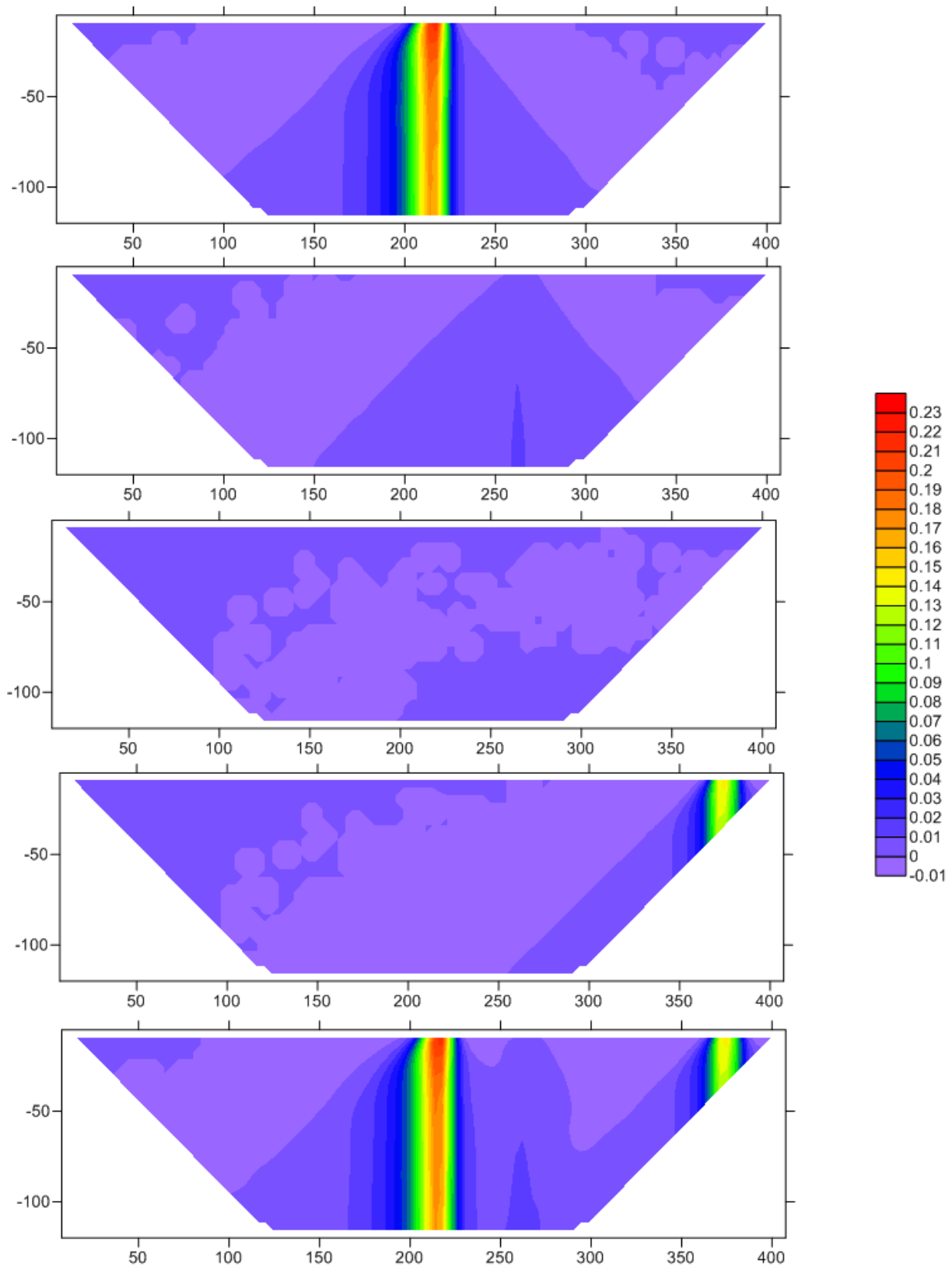
25. ábra
Dipól-dipól tesztképe

A dipól-dipól módszernél is szintén egy erősebb érzékenységi maximum érték (0,23) tapasztalható. A tesztmodellből (25. ábra) látszik, hogy a ható az alatta lévő területet befolyásolja érzékenységgileg. A szelvényeken viszont az látszik hogy ezt a „csóvát” a rétegdőlés irányában meghajlítja, csak azért nem látható a réteg mentén végig, mert minél mélyebben vagyunk annál érzéketlenebb, és a kisebb értékek már nem láthatók dominánsan. A réteg dőlésére ez is érzékeny módszer.



26. ábra

Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége egyéni skála beosztással dipól-dipól elrendezésben

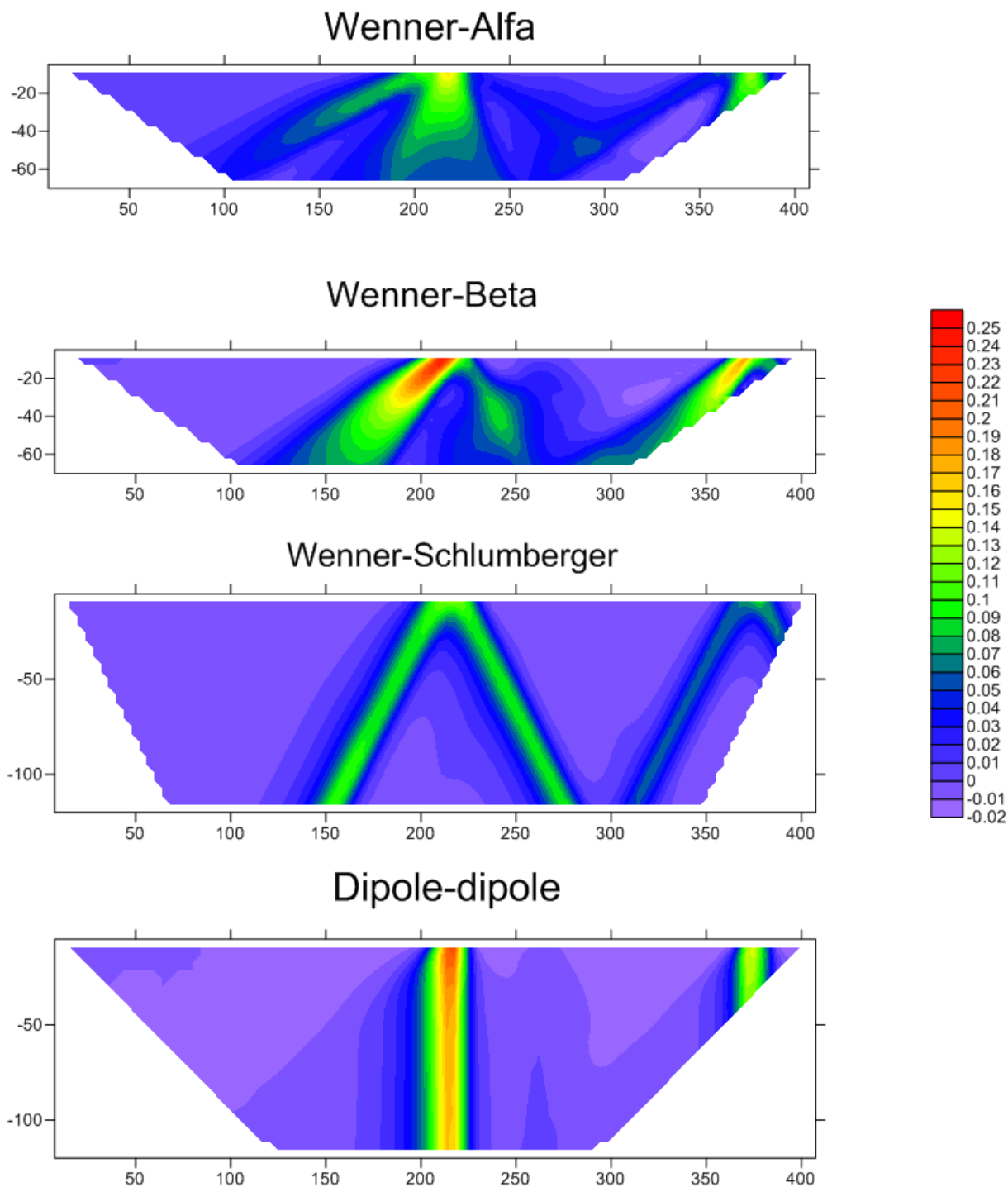


27. ábra

Rendre az első 4 szénréteg külön-külön, és összesítve a 4 szénréteg érzékenysége közös skála beosztással dipól-dipól elrendezésben

4.5 A 4 elektróda elrendezés együttes paraméter érzékenységi összevetése

Végezetül mind a négy elrendezésnek összehasonlítottam az összes szénrétegének a paraméterérzékenységét (28. ábra) közös skálával. Ezen látszik, hogy a Wenner-béta mutat a legnagyobb paraméterérzékenységet a szénrétegek ellenállás megváltoztatására, illetve a dipól-dipól.



28. ábra

A négy elektróda elrendezés összes szénrétegének paraméter érzékenysége

5 Összefoglalás

Mind a négy elrendezésben (Wenner-alfa, Wenner-béta, Wenner-Schlumberger, dipól-dipól) az első és a negyedik szénréteg (15. ábra) elhelyezkedése egészen jól kimutatható az inverziós képeken (7. ábra, 9. ábra, 11. ábra, 13. ábra). Ennek a két szénrétegnek a dőlése a dipól-dipól elrendezésben kitűnően látszik, köszönhetően a horizontális érzékenységének. A Wenner-bétánál még egészen jó, de a Wenner-alfa és a Wenner-Schlumberger elrendezéseknél, már nem feltétlenül ilyen elhelyezkedésre lehetne utalni a nagy fajlagos ellenállású területnek, de még ez is értékelhető eredmény. A paraméter érzékenységi görbék szintén ezt bizonyítják, hogy ez a két szénréteg erősen befolyásolja a mérési eredményt, és a szénréteg dőlése legjobban a Wenner-bétánál, és a dipól-dipól-nál mutathatók ki.

A második szénréteg (15. ábra) a Wenner-bétán és a Wenner-alfán még felismerhető, némileg a dőlése is behatárolható, de a Wenner-Schlumbergernél már kevésbé és a dipól-dipól inverziós képen már nem felismerhető, csak hogyha tudja a szakember minek is kellene ott lennie, de a geofizika a gyakorlatban általában nem így működik. Az érzékenységi diagramokon még szabályosnak mondható ennek a réteg hatásának a külalakja, de a mélyebb elhelyezkedés miatt már egy nagyságrenddel kisebb érzékenységgel az első és negyedik szénrétegenél.

A harmadik szénréteg már egyáltalán nem látszik egyik elrendezésnél sem, a nagyobb mélysége és a módszer mélységgel csökkenő felbontóképessége miatt. A paraméter érzékenységi vizsgálatok is erről adnak tanúbizonyosságot, mert már csak zaj vagy elhanyagolhatóan kicsi érzékenység mérhető.

A szénréteges összlet továbbkutatására a Wenner-béta elrendezést javaslom, hogy a mélyebb elhelyezkedésű szénrétegeket is ki lehessen mutatni. Ha belefér a költségvetésbe és a rétegek pontosabb dőlése is érdekel minket, akkor pontosítás céljából egy dipól-dipól elrendezésű mérést is javaslok.

Nem javaslom a Wenner-Schlumberger elrendezést abból az okból kifolyólag, mert a paraméter érzékenységi vizsgálatoknál kiderült, hogy a réteg dőlése nem tünteti el a fordított „V” alakot a mért eredményekből, ezáltal egy dőlt szénréteg az ellenállás szelvényen két szénréteg kilétét produkálja (egymással $\sim 60^\circ$ -os szöget bezárva, a „V” alak formájában), ahogyan ez a 11. ábrán is észrevehető.

6 Irodalomjegyzék

1. Gombor László (2014): Konceptió Javaslat a *** KFT „*** - szén” bányatelkébe foglalt feketeköszén előfordulás továbbkutatására. MFGI belső irat.
2. Gyulai Ákos (1989): Parameter Sensitivity of Underground DC Measurements. Geophysical Transactions Vol.35. No.3. pp. 209-225
3. Hartai Éva (2005): Magyarország földtana, Egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem
4. Dr. M. H. Loke (2000): Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies <http://www.geotomosoft.com/> letöltés dátuma: 2014.október.26
5. Ingelise MØller, Kurt I. & SØrensen Esben Auken (2006): Groundwater resources in Buried Valleys: Geoelectrical Methods
Leibniz Institute for Applied Geosciences (GGA-Institut)
6. Püspöki, Z. et al. 2009: Máza-Váralja-Dél feketeköszén-kutatás. Földtani kutatási zárójelentés I-III köt. Calamites Kft. – Debreceni Egyetem, Pécs-Debrecen

6 Köszönetnyilvánítás

A dolgozat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-005 jelű projekt részeként a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként, az Új Széchenyi Terv keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Köszönet illeti az MFGI mérnökgeofizikai főosztály közreműködését, elsősorban Jánkfalvi Attilát, aki felvetette ennek a témának az ötletét, és bevezetett a modellezés alapjaiba, valamint Dr. Prónay Zsoltot, aki átnézte a dolgozatomat, valamint Dr. Törös Endrét, Tildy Pétert és Taller Gábort, akik elláttak hasznos tanácsokkal

Köszönettel tartozom Dr. habil. Turai Endrének, akinek a geoelektromos módszerek különböző elektróda elrendezések kérdéseiben nyújtott nélkülözhetetlen tanácsaiért, és sokat segített a dolgozatom alapos átnézésben.

Köszönetemet fejezem ki Dr. habil. Ormos Tamásnak, aki felvetette a paraméterérzékenységi kérdés megvizsgálását, és ennek elméleti háttérébe való bevezetéséért.

Köszönöm a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék további dolgozóinak, akik hasznos tanácsukkal segítették a dolgozatom elkészülését.