

Radarhullámok csillapódásvizsgálatán alapuló feldolgozási módszer¹

NYÁRI ZSUZSANNA²

A földradar mérések alkalmazása széles körben elterjedt geotechnikai és környezetvédelmi geofizikai feladatok megoldásánál. A klasszikus, reflexión és diffrakciós hiperbolák azonosításán alapuló kiértékelés mellett az utóbbi pár évben fordult a figyelem az amplitúdó hordozta információ tartalom, a csillapodás felhasználása felé. A dolgozat bemutat egy, a csillapodás vizsgálatán alapuló új feldolgozási eljárást.

Zs. NYÁRI: Processing method based on the attenuation analysis of radar waves

Ground penetrating radar (GPR) is widespread in solving engineering and environmental geophysical problems. Besides the conventional processing of the GPR data (based on identification analysis of reflections and hyperbolic diffraction) attention has been taken to the application of attenuation, the information content of the amplitude, for the last few years. The paper presents a new processing method using the results of attenuation analysis.

1. Bevezetés

A nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok terjedésén alapuló geofizikai mérések már mintegy húsz éve jelen vannak a geofizikai gyakorlatban. Bár a radarhullámok elméleti összefüggései már korán ismertté váltak a nemzetközi szakirodalomban ULRIKSEN [1982] révén, a csillapodás vizsgálatával csak az utóbbi pár évben kezdtek behatóbban foglalkozni. A legfrissebb eredményeket TURNER és SIGGINS [1994] publikálták, akik a csillapodást szintetikus modelleken és terepi kísérleti mérésekkel vizsgálták, és kísérletet tettek a szeizmikával való analógia alapján egy konstans Q-modell bevezetésére.

A most bemutatásra kerülő módszer a szakirodalomban megjelent elméleti kutatásokon alapuló feldolgozási eljárás, mely a gyakorlatban is alkalmazhatóvá teszi a radarszelvények csillapodás vizsgálaton alapuló értelmezését.

2. Elméleti alapok

Vizsgáljuk az elektromágneses hullámok terjedését ULRIKSEN [1982] nyomán. A hullámegyenlet megoldása:

$$A = A_0 e^{-\alpha x} e^{i\omega \left(t - \beta \frac{x}{\omega}\right)} \quad (1)$$

ahol A : amplitúdó,

A_0 : induló jelerősség,

t : idő,

x : helyparaméter,

α : csillapodás,

β : fázis,

ω : frekvencia.

Vezessük be a kis veszteségű közeg fogalmát, melyre teljesüljön az alábbi feltétel:

$$\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \ll 1 \quad (2)$$

ahol $\tan \delta$: veszteség,

σ : elektromos vezetőképesség,

$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$: elektromos permittivitás.

A (2) kritérium a földtani gyakorlatban a legtöbb esetben teljesül. Ebben az esetben az amplitúdó mélységfüggése egyszerűen kifejezhető a (3) csillapodás segítségével, mely mennyiség lineáris kapcsolatba kerül a (4) elektromos vezetőképességgel [ANNAN 1992].

$$A(d) = \frac{A_0}{2d} e^{-2\alpha d} \quad (3)$$

ahol d : mélység,

¹ Beérkezett: 1996. július 16-án

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

$$\alpha = 1,69 \frac{\sigma}{\sqrt{K}} \quad (4)$$

K : dielektromos állandó.

3. A mérés végrehajtása

A kidolgozott módszer előnye, hogy nem igényel a korábitól eltérő, speciális mérési technikát, így a mért szelvények mind hagyományosan (reflexió, diffrakció alapján), mind csillapodás szempontjából feldolgozhatók.

Fontos, hogy a nyers, minden amplitúdó információt torzító szűréstől és egyéb feldolgozástól mentes állapotban tároljuk el a mért adatokat. Szükséges továbbá a mérés során az indítójel eltárolása és egy esetleges közös mélységpontú (CMP) szelvényrel a sebességfüggvény felvétele.

4. Feldolgozási módszer

A feldolgozás első lépéseként a mért adatoknál csatornánként rendezni kell az első beérkezéseket (time zero drift correction). A mért jelek időbeliségének eltüntetése céljából a periódusidőhöz megfelelően választott méretű időablakban csatornánként amplitúdó átlagolást kell végezni.

Következő lépésként előzetes ismeretek vagy a CMP mérések eredményei alapján felvesszünk egy, a vizsgált területre jellemző sebességfüggvényt, melynek segítségével a mélységfüggő amplitúdó állítható elő.

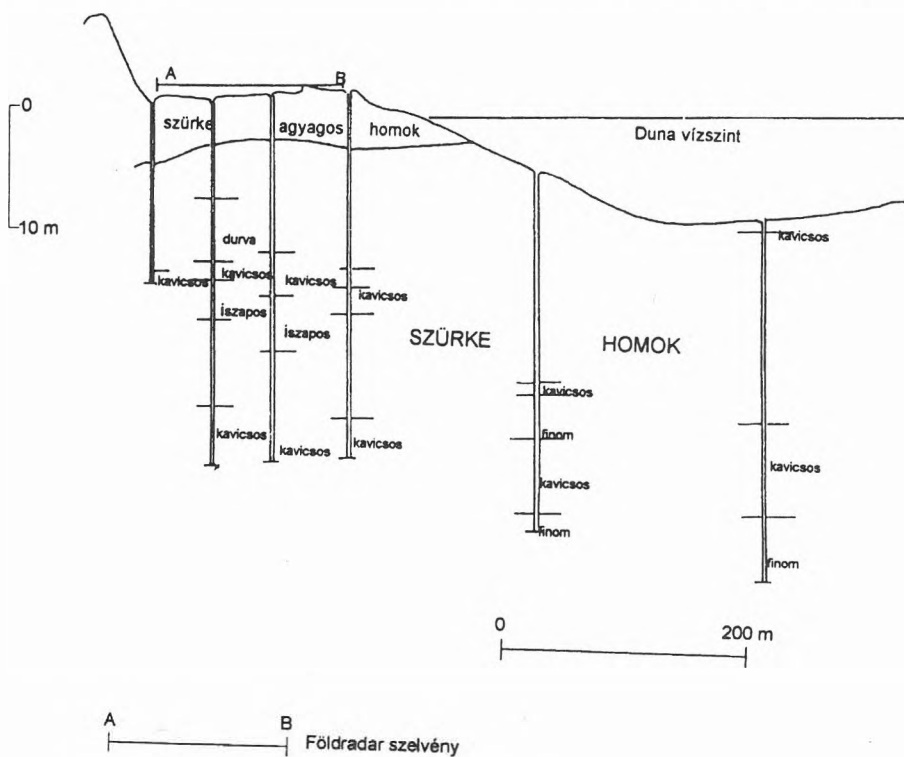
Végezetül (3) összefüggés alapján pontonként és csatornánként meghatározzuk a csillapodás értékeit.

A feldolgozás eredménye tehát egy csillapodás-mélység szelvény, amelynek földtani információtartalma a (4) összefüggés alapján az elektromos vezetőképességben jelenik meg, így kapcsolat teremthető például a rétegek víztartalmával, a szemcsemérettel stb.

5. Esettanulmány

A radarhullámok csillapodásán alapuló feldolgozási módszer gyakorlati felhasználásának bemutatására olyan területet választottam, ahol a földtani viszonyok fúrások alapján már ismertek voltak. A terület helyszínrajza és a fúrások eredményei az 1. ábrán láthatók.

A mérés pulseEKKO IV típusú műszerrel, 25 MHz frekvenciájú antennával történt. A műszer és az észlelési rendszer részletes ismertetése PATTANTYÚS-Á. és társainál [1994] található. A rendszer



1. ábra. Helyszínrajz

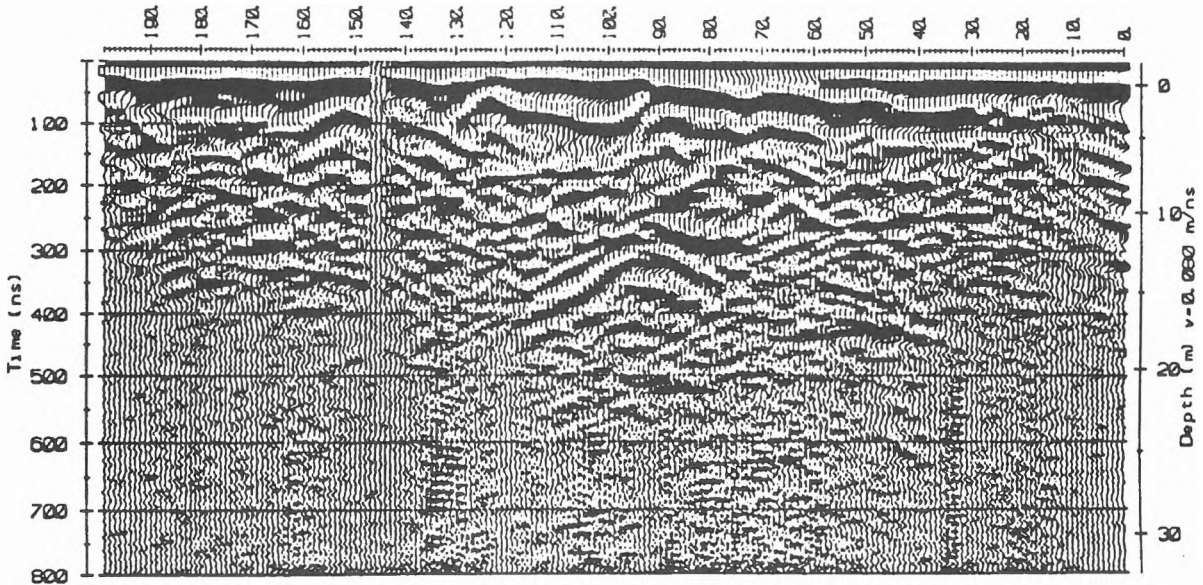
Fig. 1. Site map. A-B: Location of GPR profile; II: Drillholes with numbers

sajátossága, hogy a mért amplitúdó értékeket az adatgyűjtő szoftver kétbájtos egész szám formátumban tárolja el fiktív számként, így az eredeti amplitúdó értékek elvesznek. A feldolgozás így is elvégezhető, mert a csillapodás számításához a kezdeti és az adott mélységből származó amplitúdó értékeknek az arányát kell megadni, maguk a konkrét értékek nem szükségesek. Egyedüli gondként az jelentkezik, hogy az így kiszámolt csillapodás értékek nem SI-rendszerbeli dimenziójúak lesznek, így nem számolható belőlük közvetlenül ellenállás sem.

A mért reflexiók szelvényét mutatja a 2. ábra. Jól látható a szelvény 60–80 méter közti szakaszán

követhetően rétegzett helyen nem tanácsos alkalmazni.

A feldolgozás eredményeképp kapott mélységcsillapodás szelvény látható a 3. ábrán. A viszonylag alacsony mérési frekvencia miatt az alsóbb rétegekből 8–30 m mélységből kaptunk értékelhető információt. A világos színű, tehát nagy csillapodású részek nagyobb elektromos vezetőképességre, ezáltal finomabb szemcseméretre, tehát agyagosabb területekre utalnak. A nagyobb ellenállású, durvább szemcséjű összletek sötétebb tónussal jelentkeznek, itt kavics, folyami törmelék, homok jelenlétére lehet következtetni. A reflexiók szelvényen azonosított



2. ábra. Földradar mérési szelvény

Fig. 2. GPR profile

200–250 ns-nál egy szerkezeti inhomogenitás. A 70–120 m közti szakaszon 300–400 ns időnél egy felfelé ívelő rétegreflexió figyelhető meg. Egy másik reflexió 120 m-nél kezdődik, 350 ns terjedési időnél, és egészen a szelvény végéig, 100 ns-ig követhető. A szelvény középső részén, 30–140 méterig egészen mélyről is jönnek jelek, ez alacsonyabb csillapodású részekre, tehát kavicsra, durva szemű homokra utal. A szelvény két szélén hamar lecsillapodnak a hullámok, így itt magasabb agyagtartalom valószínűsíthető. A rétegtartalom pontosabb megismeréséhez meg kell vizsgálni a csillapodás értéket is.

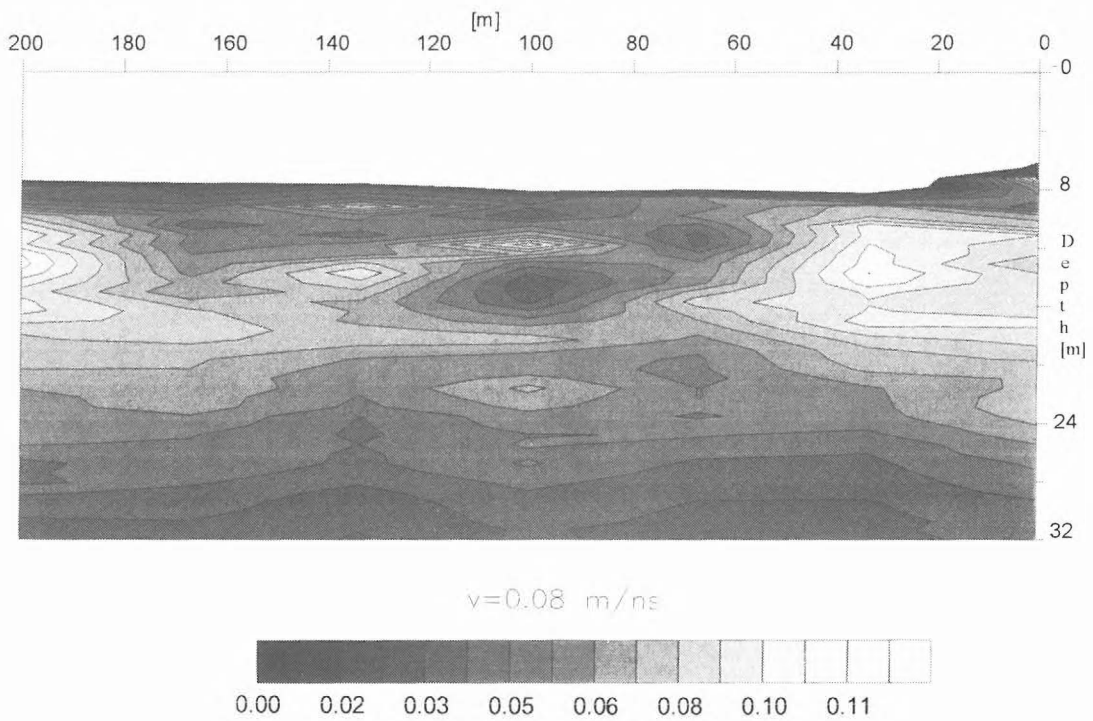
A vizsgált földtani szerkezetre nem jellemző nagy sebességkontraszt, így az amplitúdó mélységfüggését a térrészre állandónak tekinthető, a fúrások alapján megválasztott átlagos sebességérték alapján állítottam fel. A CMP méréseken alapuló sebesség meghatározó módszert ugyanis ilyen zavart, nehezen

réteghatárok itt is követhetők. A 4. ábrán az értelmezett földtani szelvény tekinthető meg. A réteghatárok kijelölése elsősorban a reflexiók szelvény, a rétegtartalom megadása a csillapodás szelvény alapján történt. A függőleges vonalak az 1. ábrán a fúrások helyét jelölik. Látható, hogy a bemutatott módszer segítségével a viszonylag közel lévő fúrások közti területen is követhetővé válik a rétegtartalom és a földtani szerkezet.

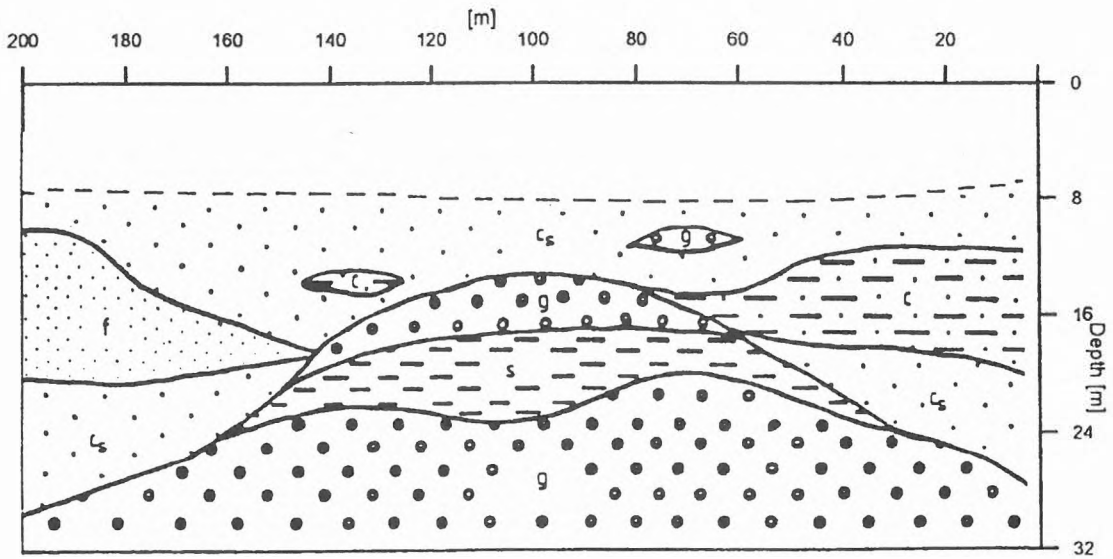
6. Összefoglalás

A radarszelvények csillapodás alapján történő feldolgozására kidolgozott módszer gyorsan és egyszerűen elvégezhető. Megbízható információval szolgál a felszínközeli zavart szerkezetekről és a rétegtartalomról.

A módszer remekül kiegészítheti a reflexiók kiértékelések eredményeit. Használata ajánlott a geo-



3. ábra. Csillapodás szelvény
Fig. 3. Attenuation profile



4. ábra. Földtani értelmezés. c—agyag, homokos agyag; c_s —durva szemű homok, f: finom szemű homok; g—kavics; s—iszap
Fig. 4. Geological interpretation. c—clay, sandy clay; c_s —coarse sand; f—fine sand; g—gravel; s—silt

technikai problémák megoldásánál, üreg-, közmű- és szennyeződéskutatásban is.

HIVATKOZÁSOK

- ANNAN P. 1992: Ground penetrating radar, Workshop notes, Sensors and Softwares Inc.
PATTANTYÚS-Á. M., NEDUCZA B., PRÓNAY ZS., TÖRÖS E. 1994: A földradar módszerfejlesztés

másfél éves tapasztalatai az ELGI-ben. Magyar Geofizika 35, 1, 32–41

- TURNER G., SIGGINS A. F. 1994: Constant Q attenuation of subsurface radar pulses, Geophysics 59,18, 1192–1200

- ULRIKSEN C. P. F. 1982: Application of impulse radar to civil engineering, Doctoral thesis, University of Technology, Lund, Sweden