

# A felszíni zavarhullám inverziója<sup>1</sup>

ÁDÁM OSZKÁR<sup>2</sup>

Az elmúlt 20–30 évben a szeizmikus zavarhullám jelensége a nagy geofon csoportok, a közös mélységponti stb. észlelési rendszerek bevezetése miatt vesztett jelentőségéből. De a laza üledékes összetételek hullámvezető jellege nem változott. Ez a közlemény röviden elemzi a Magyarország lösszel fedett területein észlelt zavarhullámokat.

## O. ÁDÁM: The inversion of ground roll

During the past 20–30 years seismic ground roll had lost its significance because of the intensive use of geophone arrays, common depth points etc. observation systems. But the effect of the wave guide composed of loose sediments remained the same. This paper wants to give a brief outline about the nature of ground roll phenomena in the territory of Hungary's loess covered areas.

## Bevezetés

A felszíni szeizmikus zavarhullámok (ground roll) ki-küszöbölését a csoportos felvevők, források és közös referenciapontos észlelési rendszerek — többé-kevésbé — megoldották. Ezek a megoldások azonban nem terjedtek ki a lehetséges keletkezési mechanizmusok megismerésére, a felszíni rétegsorok hullámvezető jellegére, a hullámvezetők fizikai paramétereinek meghatározására. A szeizmikus felszíni zavarhullámok a szeizmikus gyakorlatban — legalábbis hazánkban — a laza konszolidálatlan üledékekhez kapcsolódnak. A legmarkánsabbak a DNY-Dunántúl felső pannóniai, esetenként lösz képződményekkel fedett [SZÉNÁS, ÁDÁM 1953, ÁDÁM 1955], és a Hortobágy némely nagyobb kiterjedésű, többnyire mocsaras, szikes területei. POLCZ [1963] diplomadolgozatában az akkori lehetőségekhez mérten jó összeállítást közöl zavarhullámos területeinkről. Ha pedig idesoroljuk azokat a területeket is, ahol reflexiós információ nyerhető ugyan, de a szeizmogramok minősége a szeizmikus sztratigráfia igényeit sem elégíti ki, további területeket nevezhetünk meg.

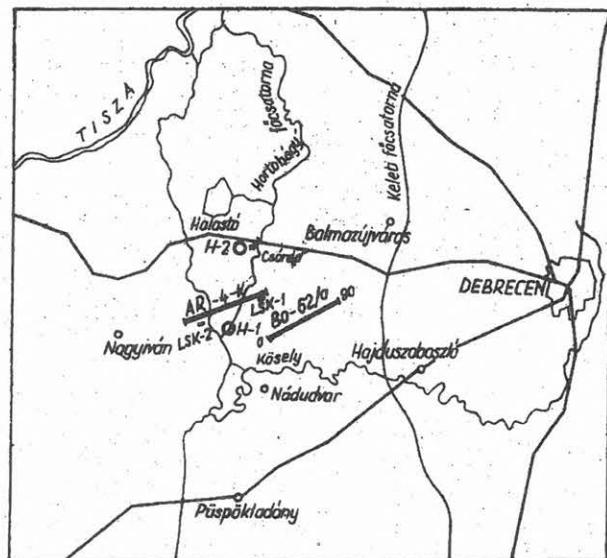
Az ötvenes években a zalai–vasi és somogyi kőolaj-kutatási területeken a hálózatos reflexiós szeizmikus mérést a felszíni zavarhullám nagyon erősen korlátozta. A kínai löszvidéki méréseknél (1956–62) hasonló problémákkal találkoztunk. Ezért könnyen érthető, hogy dolgozataim, így kandidátusi dolgozatom tárgyaként is a szeizmikus felszíni zavarhullámok természetének megismerését választottam [SZÉNÁS, ÁDÁM 1953, ÁDÁM 1955, ÁDÁM 1963, ÁDÁM 1967]. A kandidátusi dolgozat eredményeit az 1966. évi hortobágyi LSK-2 kísérleti mérések alapozták meg, nyomozva a „Hortobágyi néma zóna” okait. A terület környezetét a 1. ábrán mutatom be, amely a kitermelt hajdúszoboszlói gázmező Ny-i peremét is jelenti. A térképvázlaton a H-1 és H-2 mélyfúrásokat is feltüntettem. Ez a terület abban az időben az OKGT SZKÜ, majd az ELGI számára is kísérleti területként szolgált, utoljára a vonal mentén elhelyezett forráspontokkal (a rövid elnevezés Linear Shooting Kísérlet — LSK). A kísérletek mind eredménytelenek maradtak.

A kandidátusi dolgozatban [ÁDÁM 1967] leírt méréseken alapult eredmények (tézisek) a következők voltak:

1. A felszíni zavarhullám csoporton belül a maximális intenzitású és tartamú hullámtípus a vertikálisan polarizált *transzverzális* (SV) testhullám, tartama  $X=200$  m-es távolságon 0,7–0,8 s; a második és kisebb intenzitású a Rayleigh-hullám, amely egy, esetleg két ciklusból áll.
2. A zavarhullám összetevők időtartamát a hullámvezető(k) paraméterei határozzák meg. Az abszorpciós együtthatók értéke az egyes összetevőkre nagyságrendileg közel azonos.

Számításaim során a hullámvezetőt képező rétegsort legjobban leíró sebességfüggvénynek a  $V(z)=Az^{1/n}$  alakot találtam [BANTA 1941, KAUFMAN 1953, ÁDÁM, SZ. KILÉNYI 1963, AL-CHALABI 1997].

Az OTKA 015850. sz. téma keretében elsősorban modellezéssel az eddigi eredményeket kellett alátámasztani, vagy éppen elvetni. Archivált anyagok nincsenek, ezért az elgondolás megvalósításához új mérési adatokat kellett



1. ábra. Az LSK-2 kísérleti terület topográfiai térképe.

○—mélyfúrás, —szeizmikus vonal

Fig. 1. Topographical map of site LSK-2.

○—borehole, — seismic profile

<sup>1</sup> Beérkezett: 1998. május 5-én

<sup>2</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

szereznünk. A reambuláció lehetőségét nem hagyva ki a hazai lösz területek vizsgálatára állítottuk össze mérési és feldolgozási elképzeléseinket.

### 1. Reambuláció

Mind az ELGI, mind az akkori Geofizikai Kutató Vállalat (OKGT GKV), az LSK kísérleteket kívánta felújítani 1977–79 között, bízva az új vibrátoros források eredményességében [GYÖRGY, SZEIDOVITZ 1977, 1979, BODOKY et al. 1979, KÖRÖS et al. 1979]. Az eredmények nem voltak mindenben kielégítőek.

Az LSK-2 mérési anyagából csak annyi maradt meg, amennyit a szakirodalomban fellelhető közlemények is tartalmaznak. Ezek közül leghasználhatóbbak a beérkező zavarhullámok minősítését megalapozó csatornák másolatai, amelyeket részben pauszpapírról, részben ÁDÁM [1970]-ből másoltunk ki és 1 ms-ra mintavételeztük mind a két csatornát (az eredeti a papírszeizmogramról 5 ms volt). Ezt látjuk a 2. ábrán.

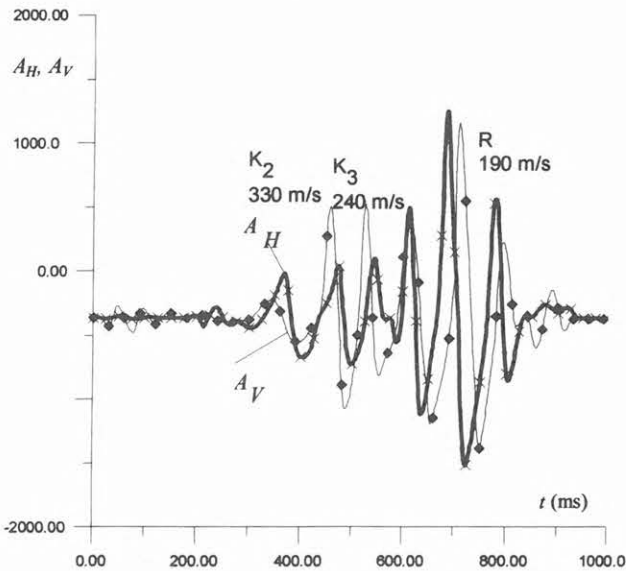
A 3. ábrán a vertikális és a horizontális elmozdulási sebesség vektorokat ábráztuk, amelyek az SV-hullám beesési szöge és a köztetsor  $\nu$  Poisson-hányadosa függvényében forognak.

A  $K_2$  és  $K_3$  fázisok a hang beérkezése utáni SV testhullámokat képviselik, míg R a Rayleigh-fázist, amint azt a hátraforgó trajektória is egyértelműen igazolja.

A vertikális és a horizontális csatornák amplitúdó-frekvencia spektrumát látjuk a 4. ábrán. A két csatorna frekvenciatartományában jelentős különbség figyelhető meg.

Az új mérések tervezéséhez kiegészítő adatként figyelembe kellett vennünk két olyan adatsort, amelyek az LSK-2 vizsgálatok még nem lehettek ismertek.

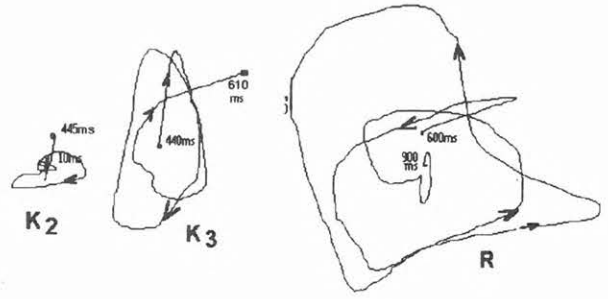
Az első a Hortobágy-2, (1. ábra) 80 m mélységű sekélyfúrásban végzett VSP mérés [SZABÓ 1993] volt. Mind a P-, mind az S-hullám intervallumsebességei a  $V(z) = Az^{1/n}$  hatványfüggvénnyel közelíthetők a felső



2. ábra. Átmintavételezett LSK csatornák.  $A_H$ —horizontális,  $A_V$ —vertikális geofon amplitúdó

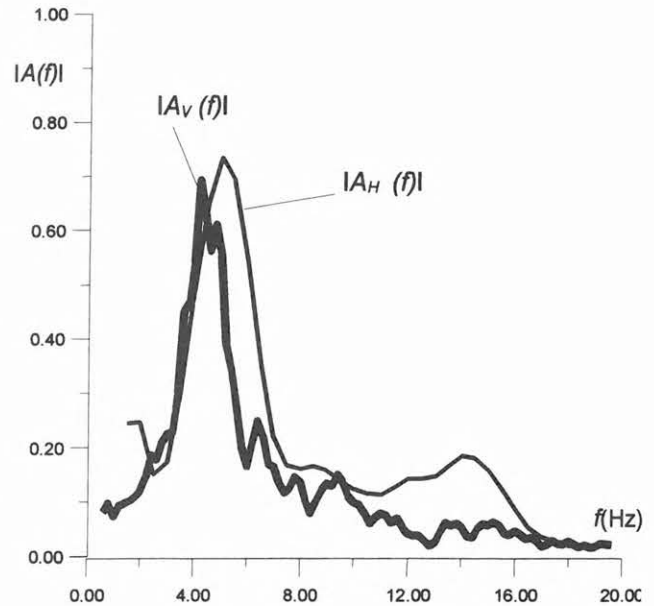
Fig. 2. Resampled LSK channels. Amplitudes of  $A_H$ —horizontal,  $A_V$ —vertical geophones

rétegsorban, míg ennek fekjében a P-hullámra közel állandó sebességet mértek (5. ábra).



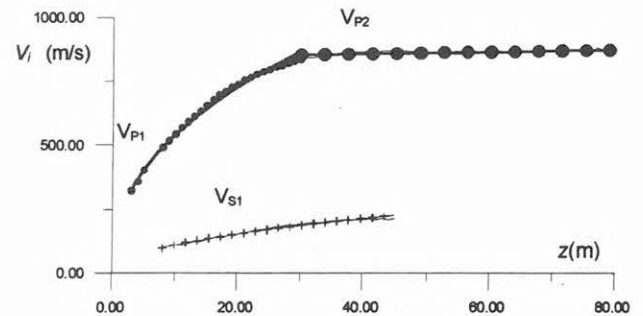
3. ábra. Az átmintavételezett csatornák  $v_x-v_z$  elmozdulási sebesség trajektóriái az egyes  $K_2, \dots, SV$  és R fázisokra, idő megjelöléssel (ms-ban)

Fig. 3.  $v_x-v_z$  particle velocity trajectories of resampled channels for  $K_2, \dots, SV$  and R phases, with arrival time (ms)



4. ábra. Az átmintavételezett csatornák  $|A(f)|$  spektrumai

Fig. 4.  $|A(f)|$  amplitude spectra of resampled channels



5. ábra. Intervallumsebességek a Hortobágy-2 VSP méréséből  
Fig 5. Interval velocities from VSP measurements of Hortobágy-2 shallow borehole

Az intervallumsebesség-eloszlás egyenletei:

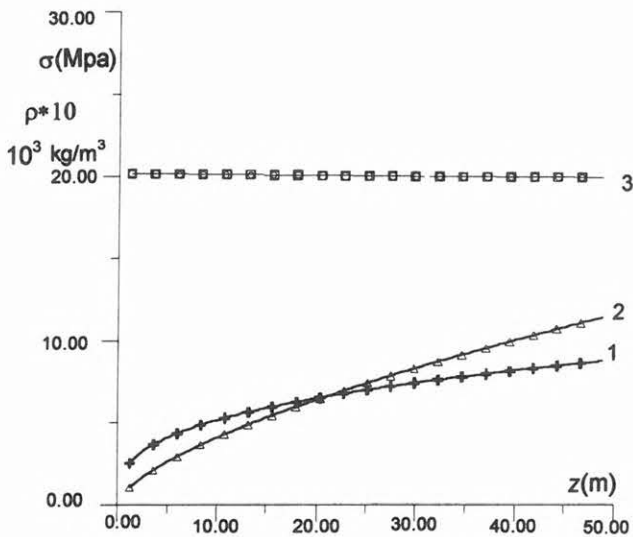
$$V_{S1}(z) = 35,5 z^{0,5} \text{ m/s,}$$

$$V_{P1}(z) = 203 z^{0,4} \text{ m/s,}$$

$$V_{P2}(z) = 842,6 + 0,38 z \text{ m/s.}$$

A földrengés-veszélyeztetettségi vizsgálatokkal egy időben többparaméteres mérnökgeofizikai szondázást (MGSZ) is elvégeztek több ponton. A H-2 mélyfúrás környezetében (1. ábra) is vettek fel adatokat, ebből az össznyomás, a csúcsnyomás és a sűrűség mélységfüggő adatait dolgoztuk fel. Ezt mutatja a 6. ábra diagramja. A közelítő egyenletek:

1	$\sigma_{\Sigma}(z) = 2,385z^{0,33}$	Mpa	Össznyomás
2	$\sigma_{csúcs} = 1,015z^{0,6}$	Mpa	Csúcsnyomás
3	$\rho(z) = 2,0 \cdot 10^3$	kg/m <sup>3</sup>	Sűrűség



6. ábra. Kőzetfizikai paraméterek geofizikai szondázásból a Hortobágy-2 fúrás környezetéből

Fig. 6. Petrophysical parameters measured by geophysical sounding in the vicinity of Hortobágy-2 borehole

Mind a két mérési sorozat azt igazolja, hogy a kőzetek a vertikális nyomás hatására a megadott hatványfüggvényekkel válaszolnak, feltehetően nemcsak ezzel a néhány paraméterrel, hanem többel is.

## 2. Új kísérleti mérések

### 2.1 Mérési és feldolgozó eszközök

A terepi adatok szerzéséhez az ELGI felszereltségéből kellett kiindulnunk. Megfelelőnek találtuk az ELGI által gyártott ESS-03-24 típusú mérőszekizikus rendszert, amelyet elsősorban építésföldtani feladatok megoldására dolgoztak ki, könnyű, hordozható kivitelben.

Háromféle geofontípust használtunk:

1. Háromkomponenses, 2,5 Hz átlagos sajátfrekvenciájú (szórás 0,005 Hz), 6,8 V/m/s átlagos érzékenységű (szórás 0,53) egységeket,

2. Háromkomponenses, 5,7 Hz átlagos sajátfrekvenciájú (szórás 0,82), 59,4 V/m/s átlagos (szórás 1,96) érzékenységű egységeket,

3. Vertikális, 5 Hz-es, szokásos érzékenységű egységeket.

A forrást az ELGI vadásztölténnyel dolgozó, külön engedélyeket nem igénylő, 0,5 m-ig a laza kőzetbe benyomható „puskája” jelentette. Ezzel a gerjesztéssel mindaddig nem volt probléma, amíg minden lövést új helyen kellett végrehajtani. Ismételt lövésnél a fellazult kőzet a forrás energiáját már nem közvetítette. Éppen ezért a dunaiújvárosi lyukszelvényezésnél légpuskát (airgun) is használtunk. Ezzel a megoldással jelentős felvételjavulást értünk el.

A terepi felvételeket elsősorban a felvevő és regisztráló berendezéshez — a feladat jellegének megfelelően — kialakított feldolgozó programok segítségével értékeltük ki. Ezek a speciális programok a következők:

1. beérkezés bejelölése és kiírása mintavételi pontossággal, amplitúdó szabályozással vagy a nélkül (SEG-Y formátumban),
2. valódi amplitúdó kiolvasása; az adatok rögzítése,
3. FFT program az  $|A(f)|$  spektrum előállítására, tetszőleges idő intervallumra, amelyekről papírkép is készülhet (bitmap),
4. két azonos ponton lévő, egymásra merőleges elmozdulású beérkezés vektordiagramja előállítható, a trajektóriák megszerkeszthetők szeizmogram méretekben is,
5. program az  $f-k$  diagramok előállítására,
6. Rayleigh diszperziós programok a legegyszerűbb esetekre,
7. végeelem-modellező program.

### 2.2 A terepi munkálatok elrendezése

A terítések jellemző adatait a 7. ábrán látjuk. Három mérési rendszert valósítottunk meg:

1. A terítés  $f-k$  analíziséhez: 24 vertikális sebességet mérő geofon, 1 m geofonközzel, amelyet 24 forráspontból löttünk meg, ezeket egymástól vonal mentén 24 m-re helyeztük el. A zavarhullám szeizmogram teljes lefedett hossza  $X=256$  m, vagyis az  $f-k$  analíziséhez elegendő számú csatornát, ill. hosszat biztosít.
2. Refrakciós vonal külön P- és SV-hullámra: 10 m geofonköz, 24 csatorna, külön-külön. Esetenként kalapácsos gerjesztés.
3. Háromkomponenses felvételek: x, y, z irányítású geofonok azonos pontban, 3 m geofonközzel, 261 m hosszban, 88 csatorna.

A 7. ábrán látható 3 féle mérési rendszert szeizmikus lyukszelvényezéssel is igyekeztünk esetenként kiegészíteni.

Idősorrendben ezt a mérési tervet azonos módon valósítottuk meg a következő területeken (a Hortobágyon a természetvédelem nem engedélyezte a méréseket):

1. Száritópuszta homokhátság (Gödöllő–Máriabesnyő környezetében),
2. Szakadát–Gyöng lőshátság (Tolna megye),
3. Nagytilaj–Csehi felsőpannon hátság (Zala–Vas megye, Vasvár környezete),

## TEREPI MÉRÉSI ELRENDEZÉSEK

### 1. Terítés $f-k$ analízishez

G=geofon; F=forráspont



11 db 24 csatornás terítés 1 geofon átfedéssel,  
1m geofonközzel;  $X=254$  m

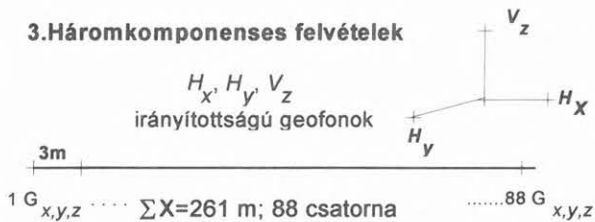
### 2. P és S refrakciós vonal

(vertikális és horizontális geofonok)



### 3. Háromkomponens felvételek

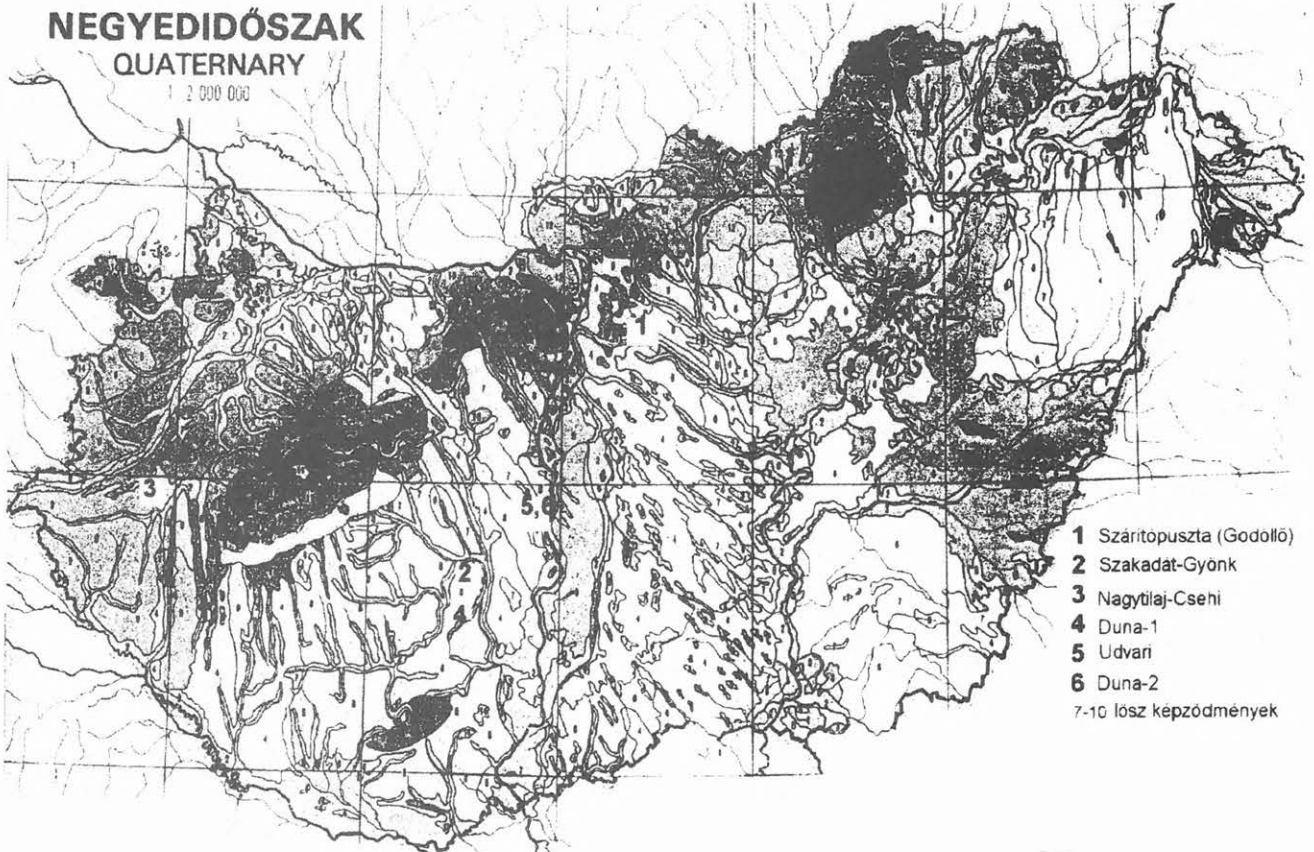
$H_x, H_y, V_z$   
irányítottágú geofonok



4. Duna-1 löszhátság (Rácalmás–Dunaújváros, Fejér megye),
5. Udvari löszhátság (Tolna megye, tervezett atomhulladék-lerakó, mélyfúrással),
6. Duna-2 löszhátság (Rácalmás–Dunaújváros, Fejér megye, mélyfúrás szelvényezéssel).

## NEGYEDIDŐSZAK QUATERNARY

1 : 2 000 000



- 1 Szárítópuszta (Godöllő)
- 2 Szakadát-Gyöng
- 3 Nagytilaj-Csehi
- 4 Duna-1
- 5 Udvari
- 6 Duna-2
- 7-10 lösz képződmények

8. ábra. Magyarország negyedidőszaki képződményeinek elterjedési térképe. 1...6—a mérési pontok, 7...10—a löszképződmények határának körvonalai

Fig. 8. Map of Quaternary in Hungary; with sites (1...6) of measurements, 7...10—boundaries of loess sediments

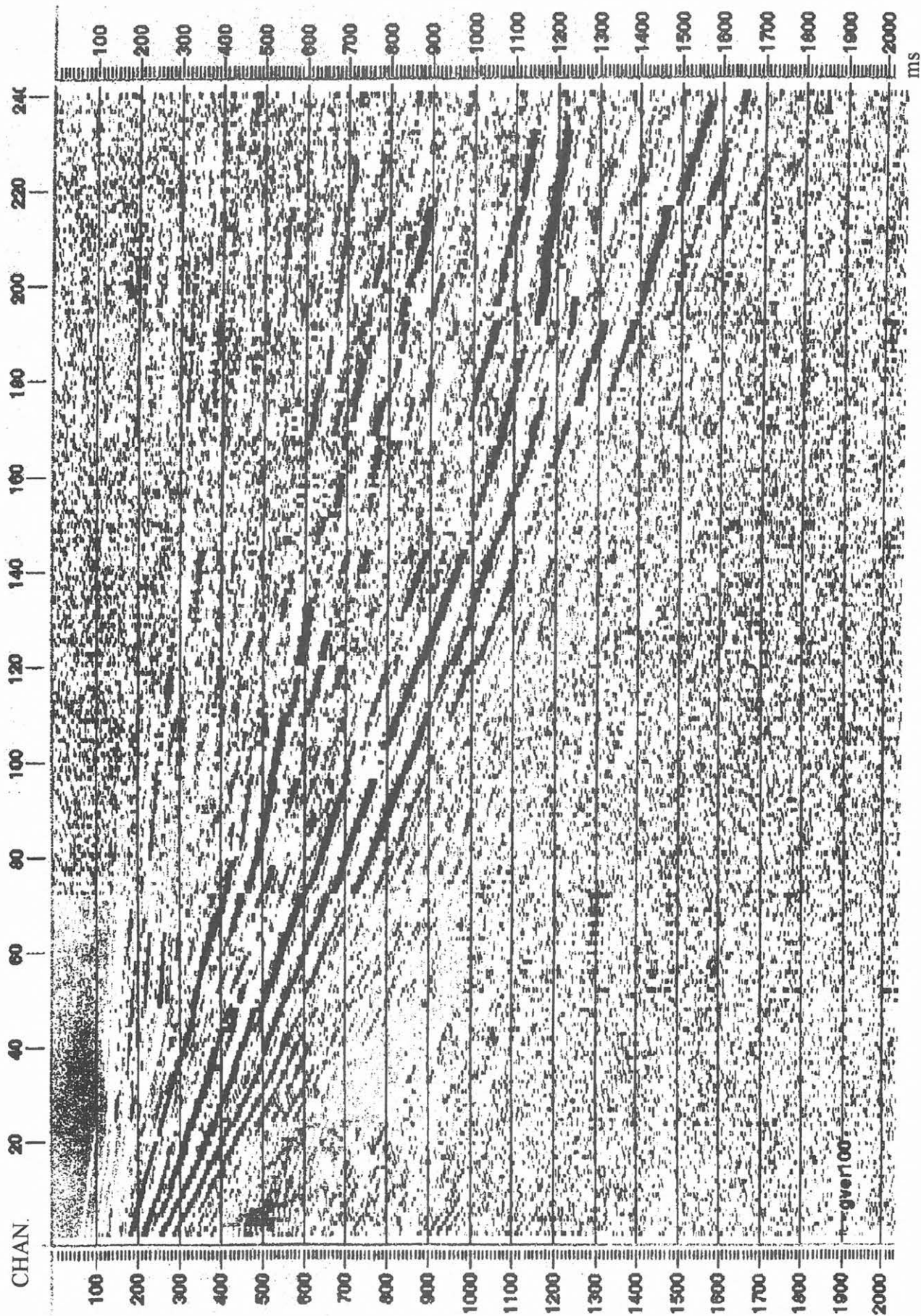
7. ábra. A különböző célú kísérletek terítési vázlatai; G—geofon-, F—forráspontok

Fig 7. Systems of layout (G—geophone, F—source points) for measurements of parameters of seismic ground roll: 1.—for  $f-k$  measurements, 2.—for observing P and S refraction, 3.—observing three components

Magyarország negyedkori képződményeinek térképén (8. ábra) a kísérleti pontokat vastagon írt számmal jelöltük. Az egyes képződményhatárok sorszámaikat is feltüntettük, így ez némi tájékozódásként felhasználható. Általában 8–10-es képződményszámok olvashatók le, amelyek mindenhol valamilyen kifejlődésű löszet jelentenek.

### 3. A kísérleti mérések eredményei Száritópuszta (Gödöllő környéke)

Az 1950-es években az ELGI-ben kifejlesztett és a Geofizikai Műszergyár által gyártott műszerek kipróbálási területe kezdetben Hajdúszoboszló, majd a Gödöllő melletti Szárítópuszta környezete lett. Az 50-es évek második felében az ELGI is áthelyezte kísérleti területét Gödöllő mellé. Szárítópuszta környezetében találtak is olyan területeket, ahol — az akkori szemmel nézve — szép (jel/zaj $\gg$ 1) és gyenge, nem követhető (jel/zaj $\ll$ 1) reflexiós beérkezéseket tudtak a műszerekkel előállítani [POSGAY 1958]. Mivel POSGAY dolgozata megjelölte a jó és gyenge területrészeket, a 8. ábrán 1-gyel jelölt — gyenge — ponton kezdtük meg felvételeinket, s egyben kipróbáltuk a 7. ábrán feltüntetett észlelési rendszereket



9. ábra. Zavarhullám szeizmogram Száritópuszta (Gödöllő) területéről

Fig. 9. Ground roll seismogram from the area of Száritópuszta (Gödöllő area)

is. Az itteni felvételek eredményeit teljes egészében bemutatjuk, mert lényegében a többi ponton sem térünk el ettől a rendszertől.

### 3.1. Kinematikai jellemzők

Az eredeti felvételen, amelyet a 9. ábrán mutatunk be, a hullámcsoportok fázistengelyeinek (menetidőgörbék) jellegzetes görbült alakja egyértelműen olyan hullámvezetőre utal, amelyben a pillanatnyi sebesség a mélység függvénye:

$$V(z) = Az^{1/n}, \quad (1)$$

vagyis a menetidőgörbe mentén a  $V^*(x) = \frac{dx}{dt}$  látszólagos sebességnek minden ponton más az értéke és minden beérkezésre (hullámcsoporra) létezik egy külön  $V(z)$  analitikus függvény, amelyet a látszólagos sebességből számíthatunk (miután a látszólagos sebesség menetét,  $V_i^*(x)$ -et a menetidőgörbe matematikai közelítésével meghatároztuk).

Ezzel a jelenséggel nemcsak az LSK-2 kísérleti mérés során találkozunk, hanem már korábban kimutattuk [ÁDÁM, SZ. KILÉNYI 1963], hogy a fiatal harmadkori mélymedencék nagyvastagságú, kevésbé konszolidált üledékeiben is létezik ez az összefüggés, vagyis léteznek *bemerülő hullámok*. Ezeket a tapasztalatokat felhasználva a továbbiakban kimutatom, hogy az analitikus  $V(z)$  sebességfüggvény létezése löszterületeinken is általános és ennek léte a felszíni zavarhullámok elsődleges oka. Az e viszonyokhoz kapcsolódó pillanatnyi sebességek függvényének érvényessége esetén a hullámcsoportok *bemerülő* hullámokat képviselnek, amelyek menetidőgörbéinek egyenletét a (2) hatványfüggvénnyel közelíthetjük:

$$t(x) = bx^{\frac{n-1}{n}}. \quad (2)$$

ahol (az 1 és 2 egyenletre is érvényesen)  $A$ —állandó (közeg jellemző, dimenziója  $m/s$ ),  $t(x)$ —az  $x$  pontban mért beérkezési idő (s),  $x$ —észlelési távolság (m),  $b$ —együttható (s/m),  $n$ —hatványkitevő, azonos a sebességfüggvényben szereplővel (közeg jellemző).

*Bemerülő hullámnak* (a szeizmológiában *diving wave*) nevezzük azt a hullámot, amely  $F(0,0)$  pontból indulva, mélységtől függő, folytonosan változó gradiensű  $\frac{dV(z)}{dz}$

közegben (kőzetben) terjed, és a Snellius-féle töréstörvény értelmében visszaverődés nélkül tér vissza a felszínre  $X_i$  pontban és  $T_i$  időben. A hullám legnagyobb  $Z_{max}$  *bemerülési mélységét* az  $X/2$  pontban éri el (10. ábra). Az általánosan ismert eikonál egyenlet felírása és az integrálok megoldása után háromparaméteres egyenlettel (3a, 3b, 3c) fejezhető ki [KAUFMAN 1953] a menetidőgörbe és a sugárút kapcsolata. A paraméteres egyenletek:

$$T = \frac{n\pi^{1/2}}{A^n p^{n-1}} \frac{\Gamma(\frac{n-1}{2})}{\Gamma(\frac{n}{2})} \quad (3a)$$

$$X = \frac{n\pi^{1/2}}{A^n p^n} \frac{\Gamma(\frac{n+1}{2})}{\Gamma(\frac{n}{2}+1)} \quad (3b)$$

$$Z_{max} = \frac{1}{A^n p^n} \quad (3c)$$

ahol  $p$  — a sugárparaméter

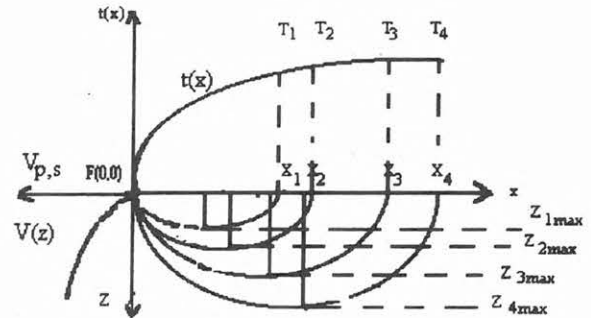
$$(p = \frac{\sin \theta}{V}, \text{ és ha } \theta = 90^\circ, \text{ akkor } p = \frac{1}{V}).$$

Ezekből a paraméteres egyenletekből a  $p$  sugárparaméter kiküszöbölése után a (2) alakú menetidő egyenletet [ÁDÁM et al. 1968]

$$t(x) = \frac{n\pi^{1/2}}{A} \frac{\Gamma(n-1)}{\Gamma(\frac{n}{2})} \left\{ \frac{x\Gamma(\frac{n+1}{2})}{n\pi^{1/2}\Gamma(\frac{n+1}{2})} \right\}^{\frac{n-1}{n}} \quad (4)$$

alakban kapjuk, ahol  $\Gamma$  a jól ismert *gamma*-függvény, amelynek értéke a kézikönyvekben megtalálható. Az (1)-ből  $n$  értéke a közelítő függvény meghatározásával együtt kiszámítható, a (4) egyenletbe való behelyettesítéssel az  $A$  értéke is megismerhető.

A 9. ábrán bemutatott szeizmogramot feldolgozva, azon



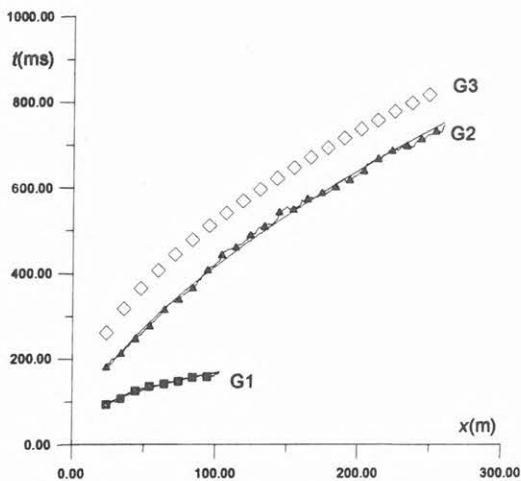
10. ábra.  $V(z)$  sebességeloszlás a hullámvezetőben, a *bemerülő* hullám sugárútja és a felszínre érkezés  $(T, X)$  koordinátái, valamint a  $Z_{max}$  maximális *bemerülési mélység*

Fig. 10.  $V(z)$  velocity function in the wave guide, ray paths and the  $(T, X)$  coordinates on the surface and  $Z_{max}$  maximum penetration of diving wave

három — G1, G2 és G3 — beérkezést különítettünk el (11. ábra), amelyeket az alábbi hatványfüggvényekkel közelítettünk:

$$\begin{aligned} G1 \quad t(x) &= 28,1x^{0,39} \text{ ms} & V(z) &= 171,0z^{1/1,63} \text{ m/s} & R^2 &= 0,9796 \\ G2 \quad t(x) &= 24,8x^{0,61} \text{ ms} & V(z) &= 108,6z^{1/2,6} \text{ m/s} & R^2 &= 0,997 \\ G3 \quad t(x) &= 14,6x^{0,81} \text{ ms} & V(z) &= 117,0z^{1/5,2} \text{ m/s} & R^2 &= 0,988 \end{aligned}$$

Megadtuk a menetidőgörbékől számítható  $V(z)$  pillanatnyi sebességek függvényeit is, amelyek számításához a (3a, 3b, 3c) paraméteres egyenletekkel jutottunk. Az egyenletek meghatározási pontosságát az  $R^2$  korrelációs tényező fejezi ki.



11. ábra. A zavarhullám szeizmogram különböző fázisainak menetidő görbéi

Fig. 11. Time-distance curves of different phases of ground roll seismogram

A (3c) paraméteres egyenlet az  $X_i$  és  $T_i$  értékeknél leolvasható  $V^*$  látszólagos sebesség értékéből határozható meg. Jól ismert, hogy a Snellius–Descartes-töréstörvény értelmében a maximális behatolási mélységnél (10. ábra) a törésszög  $\Theta=90^\circ$  s így

$$p = \frac{1}{V_{X_i}^*} \quad (5)$$

Ez azt jelenti, hogy minden egyes menetidő-egyenletre behelyettesítéssel és differenciálással meg lehet határozni a  $V^*(x)$  látszólagos sebességet az  $X_i$  értéknél ((3) egyenletek), és a (3c) egyenletből az  $X_i/2$  ordinátával megadott pontra egy  $Z_{\max}$  értéket számíthatunk ki (10. ábra). Az egyes menetidőgörbéknél a behatolási mélységek a következő táblázatból olvashatók ki:

görbe jele	$X/2$ (m)	$V^*$ (m/s)	$Z_{\max}$ (m)
G1	25	1245	25
G2	125	531	61
G3	125	237	38

Ha a G1 menetidőgörbét extrapoláljuk 250 m-ig, akkor az első hullámcsoport maximális behatolási mélysége kb. 78–80 m. Ez a hullámcsoport azonban nagyon gyorsan elhal.

### 3.2. Dinamikai jellemzők

Dinamikai jellemzőknek a felvételek *frekvencia- és amplitúdóváltozásait* nevezzük. Az elsőbe az egyes beérkezések *f-k spektrumát*, ill. az ebből számított *diszperziós görbéit*, míg a másodikba az egy menetidő ág amplitúdó-, ill. frekvencia amplitúdó viszonyaiból számított *abszorpciót* és a *frekvencia szerinti abszorpciót* soroljuk, amely utóbbit *egyetlen* beérkezés frekvencia spektrumából számítunk.

Az *f-k* analízist a Landmark Graphics Corporation (Halliburton Company) által kifejlesztett ProMAX<sup>®</sup> programcsomaggal végeztük. A 12. ábrán az eredeti felvételt közöljük. Az *f-k* számítás eredménye — a fázisok diagramjai — a 13. ábrán láthatók. Az *f-k* diagramokra — hasonló-

an a *t(x)* menetidőgörbékhez — az  $x=0$  pontból induló hatványfüggvény illeszthető. A meghatározás pontosságát az  $R^2$  korrelációs tényező jellemzi.

Az egyes *f-k* fázisok (görbék) közelítő egyenletei:

$$Gv1 \quad f(k)=143,3k^{0,7} \quad R^2=0,9959$$

$$Gv2 \quad f(k)=103,7k^{0,7} \quad R^2=0,998$$

$$Gv3 \quad f(k)=101k^{0,72} \quad R^2=0,9955$$

Az *f-k* diagramok közelítő egyenletei és a diszperziós függvények közötti kapcsolatot a következő két egyenlet fejezi ki:

$$C(f) = \frac{f}{k} \text{ m/s} \quad (5)$$

adja a *fázissebességet*, míg

$$U(f) = \frac{\Delta f}{\Delta k} \text{ m/s} \quad (6)$$

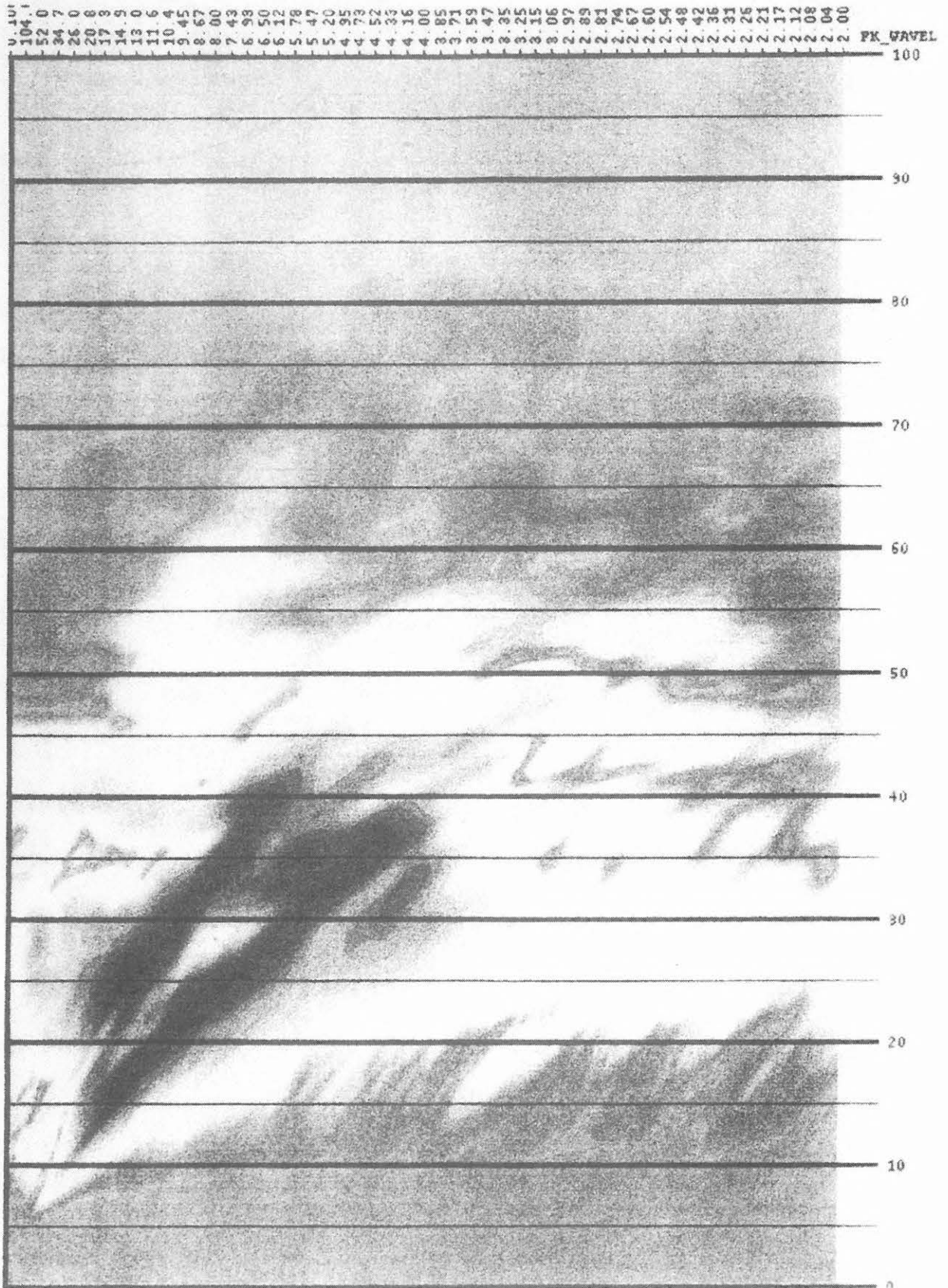
a *csoportsebességet*.

A diszperziós görbék alkalmasak arra, hogy részletesebben megismerjük azt a rétegsort, amelyből a  $V(z)$  sebességfüggvényeket kaptuk. Ehhez természetesen egy *modellt* is létre kell hoznunk, amelynek a sebességviszonyait a mérési adatok, a diszperziós viszonyait az *f-k*, ill. az ebből számított  $C(f)$  fázis- és  $U(f)$  csoportsebességek képezik. A 14a. ábrán Gv1 görbe *f-k* egyenletéből transzformált Gv1ff *fázissebesség-görbét* hasonlítjuk a modelltől számított G1f *fázissebesség-görbéhez*. A 14b. ábrán az adott  $V(z)$  sebességmodell paramétereit adjuk meg, amelyeket a 11. ábrán G1-gyel jelölve közzöltünk.

A 15a. és 15b. ábrán ugyancsak egy számítás eredményét látjuk, s ha lehet, még jobb eredménnyel, a G2, Gv2, Gv2ff adatokból kiindulva. Az eredmény a Gv2f *fázissebesség görbe*, amelyet G2 sebességmodellre számítottunk (ld. a 10. ábrát). A modellek hiányossága, hogy a  $P$ -hullámra a sebességet csak becsülni tudtuk. A rétegvastagságot a  $Z_{\max}$  értékek adták.

A 14 és 15 ábrákon bemutattuk, hogy a zavarhullám felvételekből számított  $V(z)$  sebességfüggvények az *f-k* diagramok segítségével a Rayleigh-hullám többrétegű diszperziójának számítására alkalmasak. A HASKELL [1953] által megadott algoritmus a bemező  $SV$ -hullámok esetében is jól használható [ÁDÁM, HERMANN 1998]. Az *f-k* diagramokból számított diszperziós görbéhez jól illeszthető az általunk használt 16 réteges modell. Az is bebizonyosodott, hogy a  $Z_{\max}$  bemező mélység is jól felhasználható, vagyis ennek bevitele a számításba megjavította az eredményességet az iterációban.

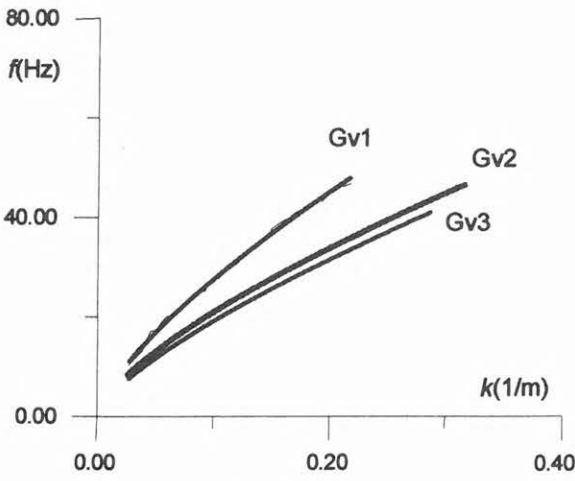
Azt azonban mindenképpen figyelembe kell vennünk, hogy a teljes szeizmogramból számított  $C(f)$  *fázissebesség* menet alig különbözik a modelltől számítottól, de ehhez a közelítés (iteráció) során kb. 10–15%-ot kellett változtatni az  $A$  együttható és 10–20%-ot az  $n$  hatványkitevő értékében. Ezt elsősorban a 254 m hosszú terítés és a pontszerű, csak vertikálisan tagolt modell és a valóság közötti különbség okozhatja. Ezt látszik igazolni az is hogy a szeizmogram elején és a végén a frekvenciák különbsége nagy (16. és 17. ábrák). Míg a 38. csatorna a szeizmogram elejét, addig a 218. csatorna az  $x=218$  m pontot, vagyis a szeiz-



12. ábra. Az *f-k* szeizmogram bejelölés nélkül

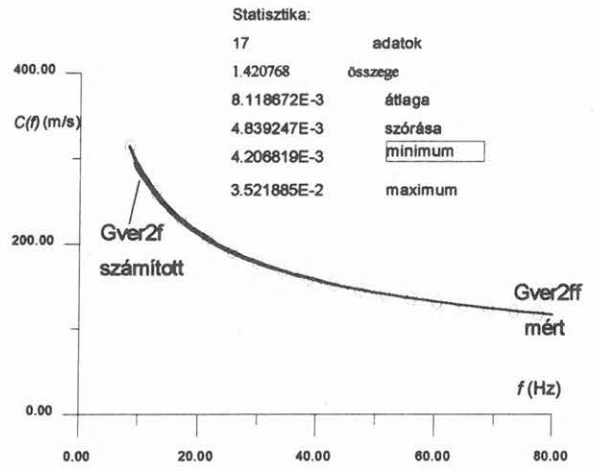
Fig 12. *f-k* seismogram without interpretation





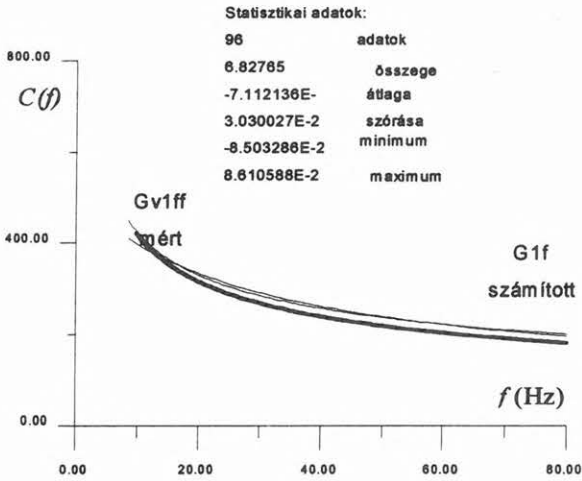
13. ábra. Az  $f-k$  szeimogram különböző fázisai

Fig. 13. Interpreted  $f-k$  seismogram with different phases



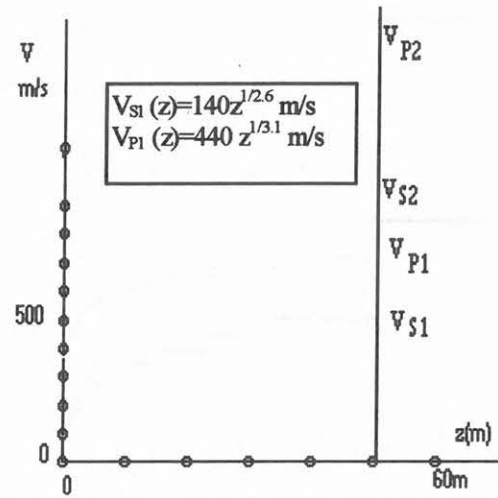
15a. ábra. A 14a. ábrán vázoltakhoz hasonló fázissebesség számítás egy másik  $f-k$  görbével

Fig 15a. The result of the same computation as Fig. 14a. with an other  $f-k$  curve



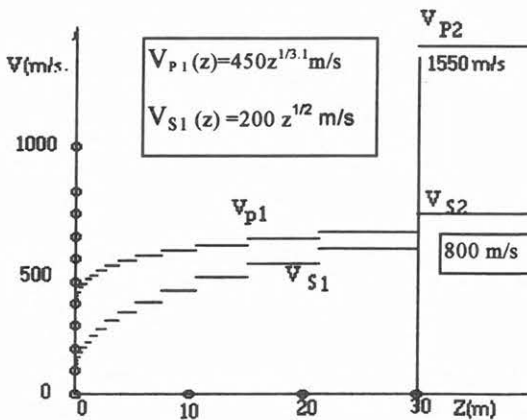
14a. ábra. A 13. ábra  $Gv1$   $f-k$  egyenletével számított diszperziós  $Gv1ff$  fázissebesség görbe, összehasonlítva a 14b. modellből számított  $G1f$  fázissebesség görbével

Fig 14a.  $Gv1ff$  phase velocity diagram of  $Gv1$   $f-k$  curve in comparison to phase velocity curve computed from  $G1f$  model of Fig. 14b



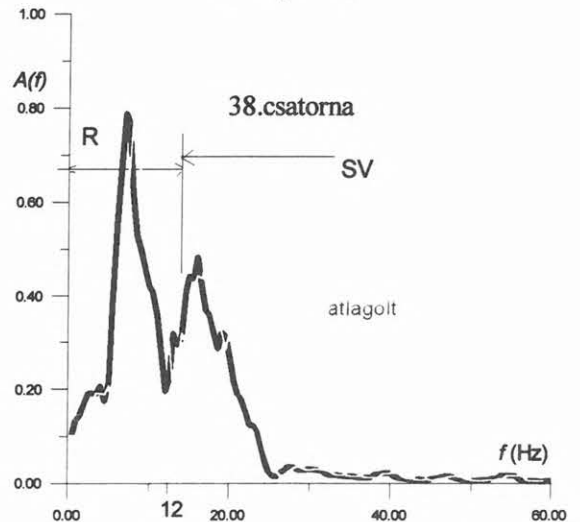
15b. ábra.  $V(z)$  sebességmodell egy második  $f-k$  és fázissebesség számításra

Fig 15b.  $V(z)$  velocity model for an other  $f-k$  curve and phase velocity curve



14b. ábra. A 14a. ábrán bemutatott számításokhoz használt  $V(z)$  sebességmodell

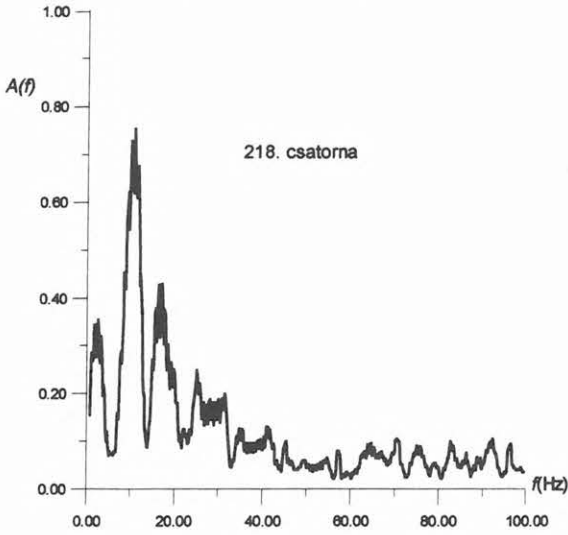
Fig 14b. Velocity model for computation of  $G1f$  phase velocity curve of Fig. 14a.



16. ábra. A zavarhullám korai beérkezéseinek  $|A(f)|$  spektruma (38. csatorna)

Fig 16.  $|A(f)|$  spectrum of a ground roll arrival at the beginning of a channel (No 38 channel)

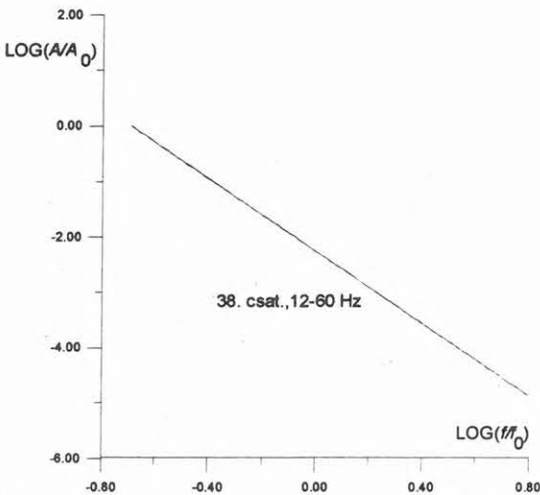
mogram végét képviseli. Ennek megfelelően a 38. csatorna spektruma széles, két csúcса is van, az egyik 15–20, a másik 30–40 Hz-nél. A távoli csatorna spektruma azonban szinte hangoltnak tűnik, annyira egyetlen csúcса vagy impulzus. Ez utóbbi a Rayleigh-fázis tulajdonsága, holott kifejezetten Rayleigh-fázist nem regisztráltunk.



17. ábra. A zavarhullám beérkezéseinek  $|A(f)|$  spektruma a terítés végén (218. csatorna)

Fig. 17.  $|A(f)|$  spectrum of arrivals of ground roll at the end of the spread (No 218 channel)

Az adott közegre és szituációra testhullám diszperzió vizsgálatára is kidolgoztunk egy számítási eljárást, lassú sebességváltozású közeg esetére [ÁDÁM, FANCSIK 1998]. A 10. ábra G2 menetidőgörbéjének  $f-k$  transzformációval számított  $C(f)=794f^{0,44}$  m/s fázissebesség-görbéjét közelítettük a WKB approximáció feltételei egyenleteinek megoldásával (a G2-re megadott  $V(z)=108,6z^{1/2,6}$  m/s sebesség-eloszlással). A számítást mindössze 4,9% átlagos relatív hibával sikerült megoldani. Ezt a számítási eljárást már csak azért is érdemes finomítani, mert lehetőséget ad a hullámösszetevők jellegének pontosabb meghatározására.



18. ábra. Frekvenciafüggő abszorpció számítása a terítés elején lévő csatorna beérkezéseiből (38. csatorna)

Fig. 18. Computation of frequency dependent absorption from the arrivals at beginning of the spread (No 38 channel)

A dinamikai jellemzők között a  $\tau$  csillapítási (abszorpció) tényezőnek meglehetősen nagy a jelentősége, mert értéke nagymértékben függ a közetminőségtől is. Két számítási módot mutatunk be, az egyik az  $|A(f)|$  amplitúdó-frekvencia spektrumból (dimenziója  $1/(\text{Hz},\text{m})$ ), míg a másik csupán a  $A(x)$  amplitúdó távolság szerinti változásából (dimenziója  $1/\text{m}$ ) adja az eredményt. A csillapítási tényező mellett az utóbbi eljárás biztosítja az  $n_g$  geometriai tényező értékét is. A két számítási formula nagyon hasonló, míg az eredmény nagyon különböző is lehet.

Az  $|A(f)|$  amplitúdó spektrumból végzett számítás feltétele, hogy az abszorpció tényező a frekvenciával lineáris kapcsolatban legyen, azaz

$$\frac{\tau}{2} = \kappa f, \quad (7)$$

ahol  $\kappa$  a frekvenciától is függő abszorpció tényező.

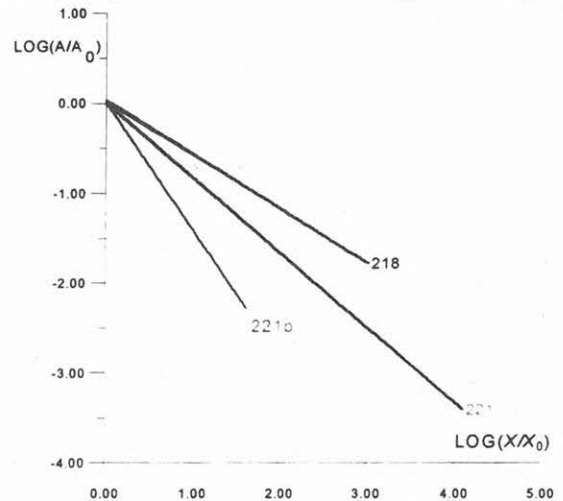
Ha ez a lineáris kapcsolat teljesül, akkor HUANG Yen-Hu [1961] szerint a

$$\vartheta = \ln \frac{\vartheta_a(f)}{\vartheta_a(f_0)} - 2 \ln \frac{f}{f_0} = -(f - f_0) \sum r_i \kappa \quad (8)$$

összefüggés írható fel, ahol  $\vartheta$  a spektrum amplitúdók logaritmusának hányadosa,  $\vartheta_a(f)$  a spektrum amplitúdó,  $\vartheta_a(f_0)$  a vonatkozási amplitúdó,  $r$  a sugár hossza. A  $\kappa$  abszorpció tényező dimenziója  $1/(\text{Hz},\text{m})$ . Egy ilyen számítás eredményét mutatjuk be a 16. és 17. ábrák adatainak feldolgozásával a 18. és 19. ábrán. Míg a 18. ábra a szeizmogram elejéről, addig a 19. ábra a végéről ad információt, mint az az előzőeknél is volt. Az egyenesek dőlése azonban más és más. Ez a (7) egyenlet linearitásának nem mindenkor adottságát fejezi ki. Táblázatban a következő képet kapjuk:

Terület	Pont neve	abszorpció/(Hz,m)
Gödöllő	218. csat.	$\kappa=0,0023/(\text{Hz},\text{m})$
	221b. csat.	$\kappa=0,0022/(\text{Hz},\text{m})$
	221. csat.	$\kappa=0,0022/(\text{Hz},\text{m})$
	38. csat.	$\kappa=0,0026/(\text{Hz},\text{m})$

Az abszorpció adatok között túl nagy különbséget nem



19. ábra. Frekvenciafüggő abszorpció számítása a terítés végén lévő csatornákból (218. és 221. csatornák)

Fig. 19. Computation of frequency dependent absorption from channels at the end of the spread (No 218 and 221 channels)

találunk. Az egyenesek dőlése azonban más és más, és ezek a különbségek a (7) egyenlet linearitását is megkérdőjelezzik (pl.  $n_{38}=2,26$ ,  $n_{218}=0,11$ ). A  $Q$  jósági tényezőre pedig a két adatsor összehasonlításánál térünk rá.

$$Q = \pi / \alpha V,$$

Ahol

$f$  — a frekvencia,

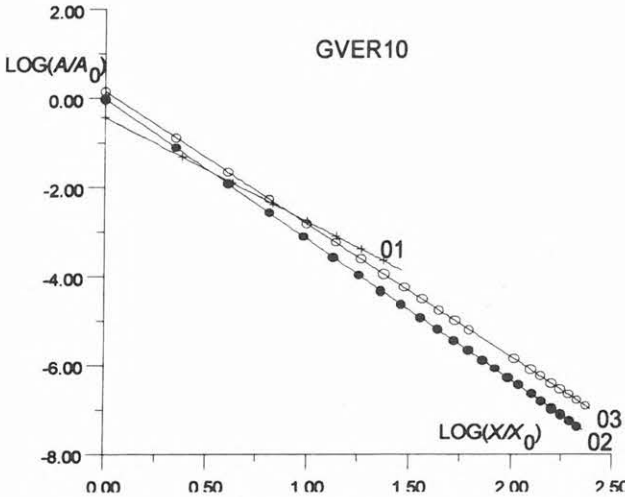
$\alpha$  — a  $\tau$  abszorpciós tényezőt is magában foglaló összes veszteségi tényező,

$V$  — valamilyen sebesség.

Az  $A(x)$  amplitúdó menetből számított képlet ismertebb:

$$\frac{\text{Log}(A_i)}{\text{Log}(A_0)} = -n_g \frac{\text{Log}(X_i)}{\text{Log}(X_0)} - \frac{\tau}{2}(x_i - x_0) \quad (9)$$

ahol  $A_i$  és  $A_0$ , valamint  $X_i$  és  $X_0$  jelentése is jól ismert. Ezt látjuk az előzőekben is bemutatott hullámcsoportokra a 20. ábrán.

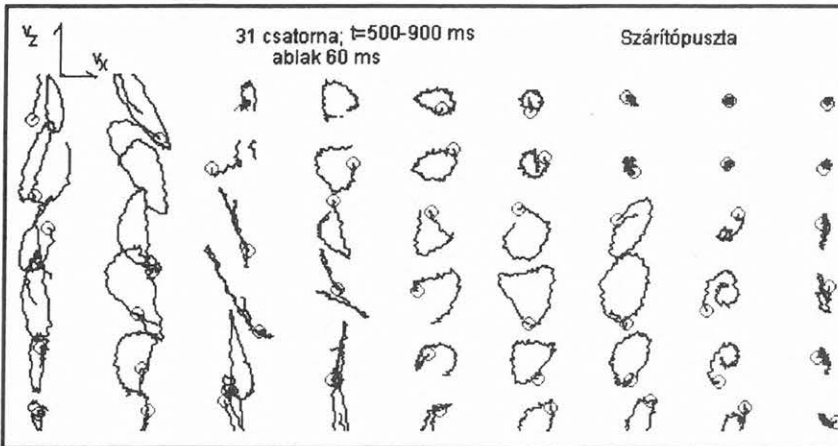


20. ábra. Az egyes beérkezésekre számolt csupán a távolságtól függő abszorpció

Fig. 20. Only distance dependent absorption computed from different arrivals of ground roll

Terület	Pont neve	$\tau$ abszorpció/m	$n_g$ geometria
Gödöllő	gver 01	0,0097/m	-2,3
	gver 02	0,0023/m	-3,16
	gver 03	0,0022/m	-3,0

Az abszorpció értékekben látszólag nincsenek nagy különbségek. De ha meggondoljuk, hogy a frekvenciafüggő abszorpció 12 Hz-en csaknem tízszerese a csak távolságfüggésből számítottak, mindjárt más a helyzet a  $Q$  faktor esetében is. A  $Q$  tényező egyenlete



21. ábra.  $v_x$ - $v_z$  részecske sebesség trajektóriák

Fig. 21. Trajectories of particle velocities  $v_x$ - $v_z$

Az  $n_g$  geometriai tényezőnek a hullámcsoportok jellegének meghatározásánál van jelentősége, mivel síkhullámok esetén — még sebességmérő geofonokkal is —  $n_g < -1$  értéket kell kapnunk, míg testhullámnál  $n_g > -1$ . Ezek az értékek azonban csak tájékoztatnak a hullám sík-, vagy testhullám jellegéről [HOWELL et al. 1955], de nem veszik mindig bizonyító erejűnek, mert túl sok tényezőtől függenek. Ettől függetlenül célszerű számolni velük, mert a felismerést elősegítik.

Az egyes hullámcsoportok sík-, vagy testhullám jellegéről az *elmozdulási sebesség trajektóriák* adják a legjobb információt. Egy ilyen kivágotat láthatunk a 21. ábrán, amelyet  $x$  (horizontális) és  $z$  (vertikális) irányítottágú geofonokkal vettünk fel, vigyázva arra, hogy a kiütés  $x$  esetén a forrástól „el”, míg a  $z$  geofon elmozdulása „fel” irányú legyen. A felvételt tulajdonképpen egy *vonalas trajektória* sor ferdén átvágja. Szemből nézve baloldalon az „ellipszis” forgás hátrafelé, míg jobboldalon előre irányul. A kis köröcske a mozgás indulását adja, a szabad vonal a befejezést. Ez azt jelenti, hogy a baloldali  $SV$  csoport viszonylag nagy sűrűlő szöggel, míg a jobboldali  $SV-R$  csoport a vízszinteshez kis szöggel éri el a felvevőket, de feltehetően ebben is domináns az  $SV$  jelleg. Ez az ábra igazolja mindazt is, amit korábban megállapítottunk [ÁDÁM 1967]. Ezt a képet a szabad felszínre beeső  $SV$ -hullám tudja produkálni [MEISSNER 1965]. Az  $R$ -hullám csak nagyon távoli csatornákon figyelhető meg, a hullámcsoportok között nem domináns. Ez természetesen abból is következik, hogy laza konszolidálatlan kőzetsorral állunk szemben, amelyben az  $R$ -hullám kifejlődése esetleges lehet.

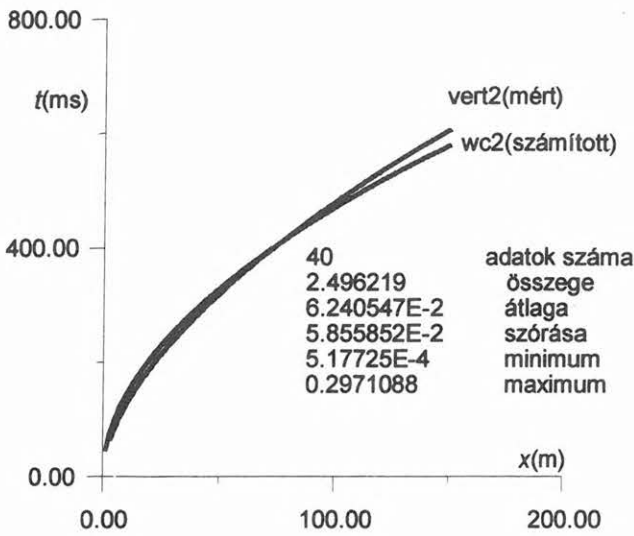
Végül a *véges differenciás* modellezésről mutatunk be egy példát, amelyet azonban nem ezen a területen, hanem az Udvari-ban mért adatokra számoltunk, mivel ott mélyfúrásban mért adatokkal is rendelkezünk. A menetidőgörbék összehasonlítása látható a 22. ábrán.

A modell paraméterei:

$$V_{s1}(z) = 113z^{1/2,82} \text{ m/s}, V_{p1} = 500 \text{ m/s}, h = 60 \text{ m}, \rho_1 = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{s2}(z) = 113z^{1/2,82} \text{ m/s}, V_{p2} = 1400 \text{ m/s}, \rho_2 = 2000 \text{ kg/m}^3$$

A rácsháló méretei 0,25 m és 0,1 ms. Ennek következtében a számítás nagyon lassú és csak nagyon sok iteráció esetén lehetne kielégítőbb (ebben az esetben 5%-os eltérésű) eredményt kapni [ZAHRADNÍK 1995].



22. ábra. Vertikális geofonnal felvett és vertikális elmozdulásra véges differenciákkal számított menetidőgörbék összehasonlítása

Fig. 22. Comparison of time distant curves observed by vertical geophones and computed by finite differences for vertical particle velocities

#### 4. Értékelés és összefoglalás

A 8. ábrán feltüntettük azon mérési pontok helyeit, ahol egyrészt már voltak tapasztalataink a szeizmikus zavarhullámokról, de pontos ismereteink nem voltak azok jellegéről (Nagytilaj, ÁDÁM [1954], Szárítópuszta, POSGAY [1958]), másrészt, ahol a felszíni földtani adottságok ismeretében nagy valószínűséggel számíthatunk létezésére. Amint az előzőekben jeleztük, a *hat ponton* a mérést és az eredmények feldolgozását is azonos rendszerben végeztük azért, hogy az eredményeket, ha azok nem is statisztikai mennyiségek (<10), egységesen értékelhessük. Ilyen paraméterek az (1) sebességfüggvényben szereplő  $A$  és  $n$  értékek, valamint a (9) egyenletben levő  $\tau$  abszorpciós, valamint  $n_g$  geometriai szóródási tényezők (ld. az alábbi táblázatot).

Terület	Sorszám	$A$	$n$	$\tau/m$	$n_g$
Gödöllő	1	171,0	1,63	0,01	-2,3
	2	108,6	2,6	0,002	-3,2
	3	117	5,2	0,002	-3,0
Szakadát	1	215,2	2,8	0,015	-1,8
	2	130,7	2,5	0,02	-1,8
	3	47,9	2,8	0,005	-0,82
Nagytilaj	1	227	2,6	0,05	-2,2
	2	114	2,5	0,114	-1,8
	3	87,8	3,1		
Udvari	1	223	2,2	0,001	-1,8
	2	118,2	3,8	0,002	-1,2
	3	53,8	2,7		
Duna1,2	1	288	2,2	0,003	-2,3
	2	128	1,3	0,08	-2,0
	3	94	3,5	0,03	-1,7

A táblázat adatait a következő módon is értékelhetjük:

$$\begin{aligned}
 A_{1\text{át}} &= 225 \text{ (m}^n/\text{s)}, & n_{1\text{át}} &= 2,27, & \tau_{1\text{át}} &= 0,02/\text{m} \\
 A_{2\text{át}} &= 120 \text{ (m}^n/\text{s)}, & n_{2\text{át}} &= 2,56; & \tau_{2\text{át}} &= 0,04/\text{m} \\
 A_{3\text{át}} &= 57 \text{ (m}^n/\text{s)}, & n_{3\text{át}} &= 3,5, & \tau_{3\text{át}} &= 0,01/\text{m}.
 \end{aligned}$$

A lösz kőzetek viselkedése az egyes területeken nagyon hasonló.

Összefoglalva a munkálatok eredményeit a következők állapíthatók meg:

1. A  $V(z)$  sebességfüggvény (1) mind a hat területen egyértelműen jól használható. Ez azt jelenti, hogy a fizikai állandók, valamint a sűrűség értékei nagymértékben függenek a mélységtől.
2. Az  $f-k$  transzformációk segítségével kidolgozott diszperziós diagramok  $SV-R$  fázisoknak felelnek meg. A modell számítása a Rayleigh-fázisra szól, de a WBKJ megoldás sem kizárt. Ez a megállapítás abban az esetben jelent újat, amennyiben feltételezzük, hogy a lösz viskoelasztikus közeg, amelyben mind az abszorpció, mind a diszperzió jelen van. Ezért fontos az  $SV$  és az  $R$  fázisokat külön kezelni. Az  $SV$  fázisok *testhullámok*.
3. A véges differenciák módszerével történő modellezés a lassú konvergencia miatt hosszadalmas és túl költséges módszernek bizonyul. Az elért eredmények figyelemre méltóak, de még nem teljesek.
4. Az  $SV$  és  $R$  fázisok elválasztására lehetőséget adnak az elmozdulási sebesség *trajektóriák*. A trajektóriák alakja azt indikálja, hogy a Poisson-hányados ebben a közegben 0,35–0,45 közötti értéket is megközelíti, a kőzet majdnem folyadékyszerűen viselkedik.

#### Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki az OTKA-szakbizottság tagjainak, akik pályázatunkat elfogadva lehetővé tették az abban foglaltak megvalósítását (OTKA 015850). Köszönöm közvetlen munkatársaimnak sokoldalú segítségüket, különösen HEGYBÍRÓ Szusannának, a szeizmikus főosztály tagjainak, valamint a méréseket végrehajtó Mérnök-geofizikai Főosztályon dolgozó kollégáimnak. A programokat HERMANN László, NEDUCZA Boriszláv és PRÓNAY Zsolt dolgozta ki. A végeselem-modellező program kidolgozásában és futtatásában részt vett WEBER Zoltán, az MTA GGKI földrengésvizsgáló osztályának munkatársa is. A terepmunka megszervezését és végrehajtását, a berendezések rendben tartását SZABADOS László technikus kolléga végezte.

#### HIVATKOZÁSOK

- AL-CHALABI M. 1997: Time-depth relationships for multi-layer depth conversion. *Geophysical Prospecting* 45, 4, 715–721
- ÁDÁM O. 1954: Egyes DNY-dunántúli terület némaságának okai. *Geofizikai Közlemények* IV, 1, 3–10
- ÁDÁM O. 1963: Szeizmikus felvételek frekvencia analízise. *Geofizikai Közlemények* XIII, 1, 61–70
- ÁDÁM O. 1964: Szeizmikus felszíni zavarhullámok (ground roll) dinamikai tulajdonságainak vizsgálata. *Magyar Geofizika* V, 1–2, 39–50
- ÁDÁM O., SZ. KILÉNYI É. 1963: Közelítő sebességfüggvény meghatározása refrakciós menetidőgörbékkel. *Geofizikai Közlemények* XII, 3–4, 67–79
- ÁDÁM O. 1967: A szeizmikus felszíni zavarhullámok. *Geofizikai Közlemények* XVIII, 3, 11–46

- ÁDÁM O., HERMANN L. 1998: Dispersion analysis of ground roll using analytical velocity functions. Kézirat
- BANTA H. E. 1941: A refraction theory adaptable to seismic weathering problems. *Geophysics* 6, 3, 0245–0250
- BODOKY T., SZEIDOVITZ Gyné, GYÖRGY L. 1979: Jelentés a Hortobágyi Nemzeti Parkban és környezetében végzett vibroseiz méréséről. ELGI adattár Ad. 222
- FANCSIK T., ÁDÁM O. 1998: Analysis of surface ground roll measurements on the basis of the WKB resolution of the motion equation. Kézirat
- GYÖRGY L., SZEIDOVITZ Gyné 1977: Jelentés a néma zónakon végzett 1977. évi vibroseiz kísérleti mérésekről. ELGI adattár Ad. 177
- GABRIELS et al. 1987: In situ measurement of shear wave velocity. *Geophysical Prospecting* 35, 2, 187–196
- GYÖRGY L., SZEIDOVITZ Gyné 1979: Vibroseiz mérések a hortobágyi néma zóna területén. *Magyar Geofizika* XX, 2–3, 100–106
- HASKELL N. A. 1953: The dispersion of surface waves on multi-layered media. *BSSA* 43, 1–34
- HUANG Yen-Hu 1960: On the frequency-spectrum of seismic waves. *Geofizikai Közlemények* IX, 2, 113–134
- KAUFMAN H. 1953: Velocity functions in seismic prospecting. *Geophysics* 18, 2, 0289–0295
- KÖRÖS M., REGŐS F., SZILÁGYI L. 1979: Újabb eredmények a hortobágyi néma zóna szeizmikus kutatásában. *Magyar Geofizika* XX, 6
- KRAGH (Ed.), Peardon Lloyd 1995: Ground roll and polarisation. *First Break* 13, 9, 369–378
- MEISSNER R. 1965: P and SV waves from uphole shooting. *Geophysical Prospecting* 13, 3, 0433–0443
- POLCZ I. 1963: Geofoncsoportok alkalmazásának vizsgálata hazai szeizmogeológiai viszonyokra. Diplomaterv
- POSGAY K. 1958: Szeizmikus kísérleti terület kijelölése. *Geofizikai Közlemények* VIII, 1–2, 85–96
- SCHNEIDER C., VIRTLMAYER A., MISIEK R., DRESEN L. 1991: Surface waves: nothing but .. noise? Bochum. Abstract of EAEG meeting, P162
- SZABÓ Z. 1993: Jelentés a Magyarország földrengés-veszélyzettségének vizsgálata c. témában 1991–92-ben végzett tevékenységről. 25 oldal. ELGI adattár Ad. 1278
- SZÉNÁS Gy., ÁDÁM O. 1953: Szeizmogeológiai viszonyok DNY Magyarországon. *Geofizikai Közlemények*, II, 9, 1–15
- ZAHRADNÍK J. 1995: Simple elastic finite-difference scheme. *BSSA* 85, 1879–1887

# KI, MIBEN SZAKÉRTŐ ?

## Országos Szakértői Névjegyzék 1998/1999



1998. júniusában második alkalommal jelenik meg az Országos Szakértői Névjegyzék, amely a minisztériumok, kamarák és egyéb szakmai szervezetek engedélyével rendelkező több, mint 25 ezer szakértő adatait tartalmazza.

A piaci környezetben egyre többen ismerik fel, hogy egy adott probléma szakszerű és gyors megoldására a legjobb és leggazdaságosabb szakértőket felkérni. Az ezernél is több szakterület legképzettebb szakembereit tartalmazó névjegyzék ehhez nyújt nélkülözhetelen segítséget.

A nyilvántartásunkban szereplő szakértők ezekben a hetekben névre szóló levelet kapnak szerkesztőségünkől, amelyben értesítjük őket a névjegyzékbe történő felvételről. Amennyiben Ön 1998. április 15-ig nem kapja meg levelünket, de szerepelni kíván a Névjegyzékben, kérjük az alábbi válaszlapot kitöltve küldje el a címünkre faxon vagy levélben.

### Országos Szakértői Névjegyzék Szerkesztősége

1300 Budapest Pf. 201 • Telefon: 390-1090 • Fax: 370-6410 • E-mail: conex@mail.elender.hu

Tájékoztatást kérek az Országos Szakértői Névjegyzékben való megjelenés feltételeiről!

Név: .....

Cím: .....

Telefon: ..... Fax: ..... E-mail: .....

**HIRDESSEN az Országos Szakértői Névjegyzékben!**