

A közös mélységpontos észlelési rendszerek vizsgálata

BODOKY TAMÁS

A közös mélységpontos rendszerben végzett szeizmikus reflexiók mérések tervezésénél felmerülő kérdések megválaszolására elvégeztük a közös mélységpontos rendszerek részletes vizsgálatát.

A közös mélységpontos rendszerek alkalmazásának célja a többszörös reflexiók és a rendezetlen zaj csillapítása, ezért vizsgálataink ezen tulajdonságok megismerésére irányultak.

A különböző észlelési rendszerek egyszerű leírására bevezettük a rendszerek „együththató mátrix”-át, a többszörös-csillapító hatás meghatározására pedig a Φ függvényt, amely a beérkező és a közös mélységpontos összegezés által átengedett többszörös energia aránya.

Kiválasztottuk a többszörös csillapítás szempontjából optimális észlelési rendszereket és számítottuk többszörös átviteli tulajdonságaikat a terítési paraméterek függvényében.

Megvizsgáltuk, milyen hatása van a területi adottságok (spektrum, sebességfüggvény) megváltozásának számított többszörös-reflexió-átviteli függvényeinkre.

Megvizsgáltuk az átviteli függvények számításánál alkalmazott közelítések korlátozó hatását az átviteli függvények érvényességére (fegyenes-sugárút-közelítés, jelalakok azonosságának és a reflektáló felületek vízszinteségének feltételezése).

Для выяснения различных вопросов, возникающих при разработке методики сейсмических наблюдений МОВ по системе общей глубинной точки, автором был проведен подробный анализ этих систем.

Системы ОГТ применяются с целью подавления кратных отражений и случайных шумов, в связи с чем проведенный анализ был направлен на изучение этих особенностей.

Для простого описания различных систем наблюдений была введена „множительная матрица” систем, а для определения степени подавления кратных отражений – функция, представляющая собой отношение интенсивности проходящих кратных волн к интенсивности кратных волн, пропускаемых при суммировании по методу ОГТ.

Были выбраны оптимальные для подавления кратных волн системы наблюдений и определены особенности переноса кратных волн в зависимости от параметров установки.

Пределы действия вычисленных функций были проанализированы по следующим точкам зрения:

- а) пределы действия аппроксимации прямым путем луча
- б) влияние наклона отражающей поверхности
- в) влияние разнообразия проходящих колебаний
- г) перенос кратных волн при высокой их кратности
- д) роль количества перекрытий
- е) роль спектра
- ж) роль функции скоростей.

Вторая часть исследований была направлена на выяснение эффективности систем ОГТ в отношении подавления случайных шумов, так назыв. „Вторичного” эффекта случайных помех, т.е. на выяснение погрешности поправок, распределения этих погрешностей, их влияния и возможности их снижения.

Um die bei der Planung von seismischen Reflexions-Messungen, die im System mit gemeinsamen Tiefpunkt durchgeführt werden, auftauchenden Fragen beantworten zu können, wurde eine eingehende Untersuchung der Systeme mit gemeinsamem Tiefpunkt angestellt.

Ziel der Anwendung der Systeme mit gemeinsamem Tiefpunkt ist eine Dämpfung der Mehrfachreflexionen und des irregulären Geräusches: unsere Untersuchungen wurden daher darauf gerichtet, diese Erscheinungen aufzuklären.

Für eine einfache Beschreibung der verschiedenen Systeme wurde die „Matrix der Koeffizienten“ der Systeme eingeführt, während für die Bestimmung des Dämpfungseinflusses| benutzen wir die Funktion Φ , die das Verhältnis der Energien der einkommenden und von der Summation mit gemeinsamen Tiefpunkt durchgelassenen Mehrfachreflexion darstellt.

Es wurden die aus dem Gesichtspunkt der Mehrfachreflexions-Dämpfung optimalen Systeme ausgewählt und ihre Mehrfachreflexions-Überföhrungseigenschaften als Funktion der Auslege-Parameter berechnet. Es wurde untersucht, welchen Einfluss eine Änderung der arealen Gegeben-

heiten (Spektrum, Geschwindigkeits-Funktion) auf die errechneten Mehrfachreflexions-Überföhrungs-Funktionen ausübt.

Schliesslich wurde der beschränkende Einfluss der bei den Überföhrungsfunktionen angewendeten Näherungen auf die Validität der Überföhrungsfunktionen erörtert (Gerader Strahlweg-Näherung, Annahme der Übereinstimmung der Signalformen sowie der Horizontalität der reflektierenden Flächen).

A közös mélységpontos észlelési rendszerek a földtani információszerzés növekvő minőségi igényeinek hatására az elmúlt évtized során fokozatosan egyeduralkodóvá váltak a szeizmikus méréseknél. A modern program-rendszerek szinte kizárólag közös mélységpontos csatornákon végezhető alapműveletekre épülnek. Ahhoz azonban, hogy ezek az észlelési rendszerek a gépi feldolgozás számára valóban alkalmas terepi adatokat szolgáltatassanak, a mérési terület sajátságait is figyelembe vevő gondos megtervezésükre van szükség.

A közös mélységpontos észlelési rendszerek alkalmazásának célja a rendezetlen zajok és a többszörös reflexiók csillapítása. Tervezésük akkor jó, ha adott terepi viszonyok között ezt a feladatot a lehető legjobban látják el. Hogy ilyenre tervezhessük őket, ahhoz a szűrendő zajtípusokkal szemben mutatott hatásmechanizmusok részletes ismeretére van szükségünk. Ezt kívántuk megvizsgálni most bemutatásra kerülő vizsgálatainkkal, a közös mélységpontos észlelési rendszerek többszörös reflexió- és rendezetlen zaj-csillapító hatásának a tervezéskor változtatható terítési paraméterek függvényében történő vizsgálatával.

A két zajtípus egymástól erősen eltérő volta miatt a közös mélységpontos rendszerek velük szemben mutatott hatása külön tárgyalható. Jelen előadásunkban a többszörös reflexiók csillapításának vizsgálatával foglalkozunk.

*

A közös mélységpontos észlelési rendszerek többszörös reflexió-csillapító hatása, mint ismeretes, azon alapszik, hogy a többszörös reflexiók a korrekciók végrehajtása után az ún. „maradék időkilépés” vagy „residual moveout” értékével korrigálatlanok maradnak és így összegezéskor fázistolással egymást csillapítva összegeződnek.

Ezt képletszerűen felírva:

$$y(t) = \sum_{i=1}^n x(t + \tau_i), \quad (1)$$

ahol $x(t)$ az egyes csatornákon jelentkező azonos alakúnak feltételezett beérkezések;

$y(t)$ az összegcsatornákon jelentkező beérkezés,

t a beérkezési idő,

n a fedésszám,

τ_i az összegezésben résztvevő csatornák fázistolása egy közülük tetszőlegesen kiválasztott referenciacsatornához képest.

Frekvencia-tartományra térve át az (1) összefüggés a következő:

$$Y(\omega) = X(\omega) \sum_{i=1}^n e^{i\omega\tau_i}, \quad (2)$$

ahol $X(\omega)$ az $x(t)$, $Y(\omega)$ pedig $y(t)$ Fourier-transzformáltját,
 ω a körciklust jelenti.

Ebből kiolvasható az összegezés átviteli függvénye:

$$S(\omega) = \sum_{i=1}^n e^{j\omega\tau_i}. \quad (3)$$

Az átviteli függvény viselkedését, mint a (3) képletből látható, a τ_i -ik sorozata, illetve az alkalmazott korrekció és a szükséges korrekció különbsége szabja meg. Az alkalmazott korrekció mint ismeretes:

$$\Delta t = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{\bar{V}^2(t_0)}} - t_0, \quad (4)$$

ahol t_0 a vertikális beérkezési vagy kétszeres vertikális idő, x a robbantópont-geofon távolság, $\bar{V}(t_0)$ a sebességfüggvény.

A többszörös reflexióra szükséges korrekció, ha a többszörös alatt egy kétszeres utat bejárt reflexiót értünk:

$$\Delta t_v = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{\bar{V}^2\left(\frac{t_0}{2}\right)}} - t_0. \quad (5)$$

A kettő különbsége a maradék időkilépés:

$$\delta \Delta t = \Delta t_v - \Delta t. \quad (6)$$

A csatornák maradék időkilépésének birtokában

$$\tau_i = \delta \Delta t_i - \delta \Delta t_r, \quad (7)$$

ahol $\delta \Delta t_i$ az i -edik, $\delta \Delta t_r$ pedig a referencia-csatorna maradék időkilépése.

A többszörös reflexiók csillapításának mértékéül az összegcsatorna által átengedett többszörös energiájának és a csillapítás nélkül átengedett többszörös energiájának hányadosát választjuk:

$$\Phi = \frac{\int_0^{\infty} [A(\omega) S(\omega)]^2 d\omega}{\int_0^{\infty} [n A(\omega)]^2 d\omega}, \quad (8)$$

ahol az $A(\omega)$ a többszörös reflexió spektruma.

A Φ függvény változói közül $A(\omega)$ és az $S(\omega)$ átviteli függvényben szereplő $\bar{V}(t_0)$ a mérési területre jellemzőek, ezeket nem befolyásolhatjuk.

Szabadon választhatjuk az észlelési rendszer típusát, a geofontávolságot és a fedésszámot. Ezek együttesen határozzák meg a (4) és a (5) egyenletekben szereplő x értékek sorozatát. Egy adott észlelési rendszerhez, geofontávolsághoz és fedésszámhoz tartozó x értékek az összecszeizmogrammnak megfelelően olyan mátrixot alkotnak, amelynek a csatornaszámmal megegyező számú oszlopa és a fedésszámmal megegyező számú sora van. Mivel a vizsgálatok

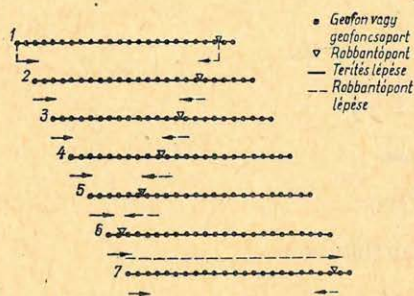
szempontjából célszerűbb az észlelési rendszer típusát és a geofontávolságot külön kezelni, hajtsuk végre a mátrix elemein a következő átalakítást:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{d} d = a_{ij} d, \quad (9)$$

ahol x_{ij} az összecszeizmogram j -edik összecszejatornájában szereplő i -edik csatorna robbantópont-geofon távolsága;
 d a geofonköz.

Az a_{ij} együttható-mátrixot egyedül a terítési rendszer típusa határozza meg és az egyes terítési rendszerek leírásához és a terítési vázlatok elkészítéséhez egyszerű és könnyen kezelhető eszközzel szolgál.

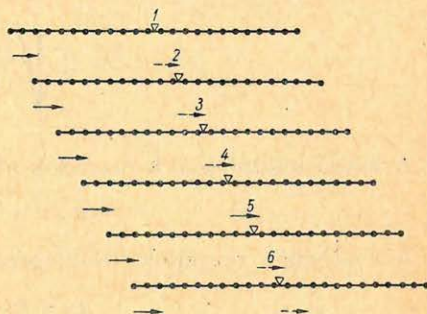
Mivel a felsorolt képletekben x mindig négyzetesen szerepel, a mátrix-elemek helyett vehetjük abszolút értéküket és az összegezés kommutativitása miatt oszloponként nagyság szerinti sorrendbe rendezhetjük őket (1. ábra). A Mayne-rendszer terítési vázlata és mátrixa, 2. ábra. Roll along vázlata és mátrixa, 3. ábra. Középlövéses terítési vázlat és mátrixa, 4. ábra. 10 geofon offsetű terítés vázlata és mátrixa).



15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15
85	45	35	25	25	35	35	25	25	35	35	25	25	35	35	25	25	35	35	25
85	85	75	65	55	45	45	55	55	45	45	55	55	45	45	55	55	45	45	55
95	125	75	105	85	85	75	75	85	85	75	75	85	85	75	75	85	85	75	75
125	165	165	145	135	125	115	105	95	85	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175
240	205	185	165	155	145	135	125	115	105	105	115	125	135	145	155	165	175	185	205

Geo7385-1

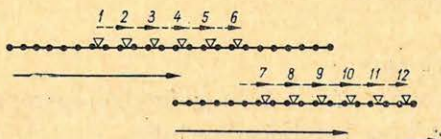
1. ábra - puc. - Abb.



15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05
29	25	35	35	29	29	35	35	29	29	35	35	29	29	35	35	29	29	35	35
85	85	45	45	85	85	45	45	85	85	45	45	85	85	45	45	85	85	45	45
85	85	75	75	85	85	75	75	85	85	75	75	85	85	75	75	85	85	75	75
85	105	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
85	105	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
115	145	115	125	105	105	125	115	145	145	115	125	115	145	145	115	125	115	145	145

Geo73M3

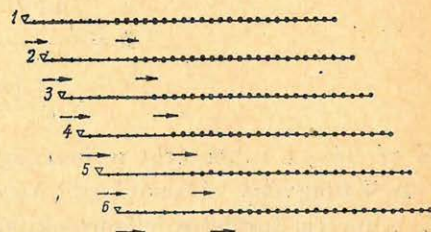
3. ábra - puc. - Abb.



15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05	15	15	05	05
25	25	35	35	25	25	35	35	25	25	35	35	25	25	35	35	25	25	35	35
55	55	45	45	55	55	45	45	55	55	45	45	55	55	45	45	55	55	45	45
65	65	75	75	65	65	75	75	65	65	75	75	65	65	75	75	65	65	75	75
95	105	85	85	95	95	85	85	95	95	85	85	95	95	85	85	95	95	85	85
135	145	115	125	105	105	125	115	145	145	115	125	115	145	145	115	125	115	145	145

Geo73M2

2. ábra - puc. - Abb.

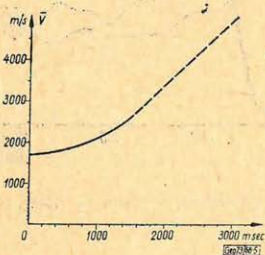


10	11	12	13	10	11	12	13	10	11	12	13	10	11	12	13	10	11	12	13
14	15	16	17	14	15	16	17	14	15	16	17	14	15	16	17	14	15	16	17
18	19	20	21	18	19	20	21	18	19	20	21	18	19	20	21	18	19	20	21
22	23	24	25	22	23	24	25	22	23	24	25	22	23	24	25	22	23	24	25
26	27	28	29	26	27	28	29	26	27	28	29	26	27	28	29	26	27	28	29
30	31	32	33	30	31	32	33	30	31	32	33	30	31	32	33	30	31	32	33

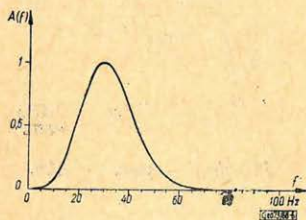
Geo73M4

4. ábra - puc. - Abb.

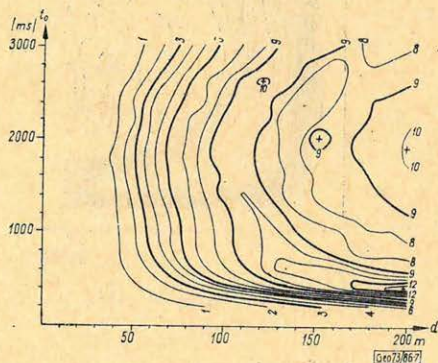
Megvizsgálva a rendszerek együtttható-mátrixait, azt láthatjuk, hogy egy összegszeizmogramon belül az egyes összegcsatornáknak megfelelő mátrixoszlopok jelentősen eltérhetnek egymástól. Mivel azonban az összegcsatornák átvitelét szabályozó geofontávolság mind a 24 összegcsatornára azonos kell legyen, az egyes összegcsatornák közötti kompromisszum adja a rendszer optimális geofon-távolságát. Ez a kompromisszum komolyan csökkentheti az egyes összegcsatornák és így az egész rendszer hatásosságát. Fontos tehát, hogy a kiválasztott rendszer minél kevesebb összegcsatorna-típusból épüljön fel és hogy ezek minél kevésbé térjenek el egymástól. Ezt a szempontot figyelembe véve arra a megállapításra jutunk, hogy legmegfelelőbbek azok a terítési rendszerek, amelyeknél a robbantópont és a terítés mindig egyszerre lép és egymáshoz viszonyított helyzetük nem változik.



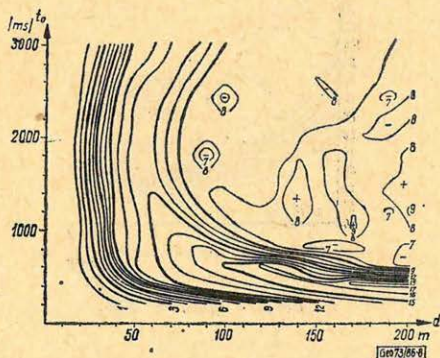
5. ábra - puc. - Abb.



6. ábra - puc. - Abb.



7. ábra - puc. - Abb.



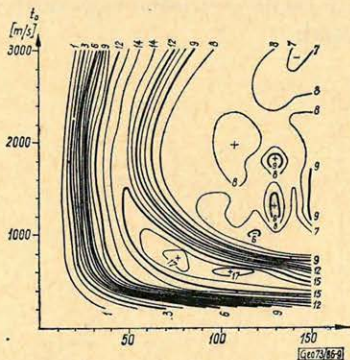
8. ábra - puc. - Abb.

A továbbiakban csak ezeket a leginkább optimalizálható rendszereket vizsgáljuk. Ezek egymástól csak a robbantópont terítéshez viszonyított helyzetében különböznek. Többszörös reflexió-csillapítási tulajdonságaikat a (8) képlet alapján számítottuk ki a nyírségi kutatási terület sebességfüggvényének (5. ábra sebességfüggvény) és átlagos spektrumának (6. ábra spektrum) felhasználásával.

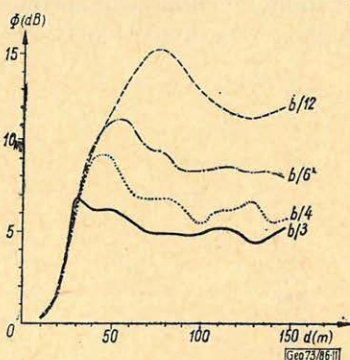
Számításaink során először meghatároztuk az egyes rendszereket felépítő összegesatornák Φ függvényeit a t_0 vertikális beérkezési idő és a d geofontávolság függvényében, majd számtani átlagukat képezve az átlagfüggvényt tekintjük a rendszer többszörös csillapítási függvényének.

Az így nyert $\Phi(t_0, d)$ függvényeket dB -ben ábrázolva szemléletes képet nyertünk az egyes terítési rendszerek csillapítási viszonyairól.

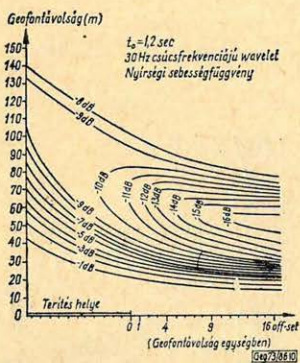
A 7. ábra a hatszoros fedésű középlövéses rendszer, a 8. ábra a hatszoros fedésű szélövéses rendszer, a 9. ábra pedig a 9 geofonköz offsetű külső lövéses rendszer $\Phi(t_0, d)$ függvényét mutatja be.



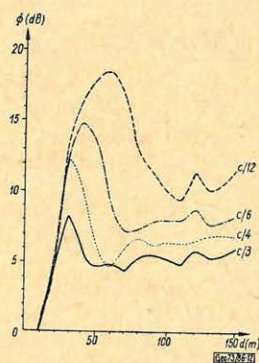
9. ábra - puc. - Abb.



11. ábra - puc. - Abb.



10. ábra - puc. - Abb.



12. ábra - puc. - Abb.

A függvényeket megvizsgálva a következő eredményekre jutottunk:

- a függvényeken jól kiolvasható az optimális geofontávolság;
- az optimálisnál rövidebb geofontávolságoknál a csillapítás meredeken tart zérus felé;

- az optimálisnál hosszabb geofontávolságoknál a csillapítás szintén csökken, majd kb. $8dB$ -nél stabilizálódik és a geofontávolság további növelésekor már csak is amplitúdójú rendszertelen oszcillációt mutat;

- a számításokhoz használt sebességfüggvény esetében az optimális geofontávolság jó közelítésben független t_0 -tól.

Ez az utolsó megállapítás tette lehetővé, hogy nyírségi mérési területünkre általános összefoglaló diagramot készítsünk, amelyből bármely terítési geometriában kiolvashatjuk a hozzátartozó optimális geofontávolságot (10. ábra).

A diagram még egy megállapítást tesz lehetővé:

– a robbantópontot a terítés közepétől távolítva az optimális csillapítás-hoz tartozó geofontávolság csökken és a csillapítás értéke nő.

A terítés-rendszerek együttható-mátrixainak vizsgálata lehetővé tette a megfelelő terítési rendszerek kiválasztását, a függvények pedig eszközt adtak az optimális geofontávolságok meghatározására. A szabadon választható paraméterek közül hátra van még a fedésszám hatásának vizsgálata.

A 11. ábra a széllövéses rendszer $\Phi(d)$ függvényét mutatja be a $t_0 = 2$ sec-nál $3 \times, 4 \times, 6 \times$ és $12 \times 100\%$ -os fedés esetén, a 12. ábra a 12 geofon-offsetű külső lövéses rendszer $\Phi(d)$ függvényét ugyanolyan paraméterekkel.

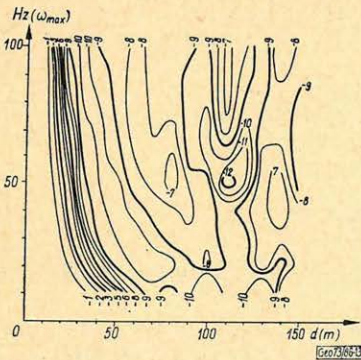
Megállapítható, hogy

- a levágás helye és meredeksége gyakorlatilag független a fedésszámtól;
- a fedésszám kétszerezése a maximális csillapítás értékét $3-6$ dB-el javítja, de az optimum-zóna helye a levágási meredekségnek megfelelően a nagyobb geofontávolságok felé tolódik.

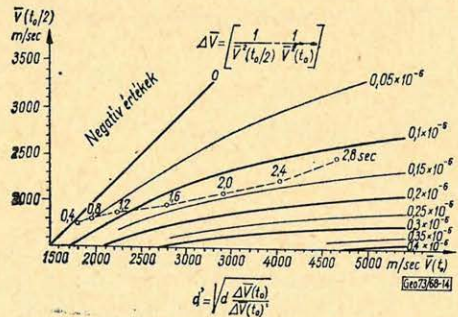
* * *

Következő lépésként megvizsgáltuk, hogy a területi adottságok változása milyen változást fog eredményezni a Φ függvényben.

A nyírségi spektrum helyett Ricker wavelet-spektrumok változó csúcsfrekvenciájú sorozatát alkalmazva vizsgáltuk a Φ függvénynek az $A(\omega)$ -tól való függését. A 13. ábra a széllövéses rendszer 1, 5, 9, 13, 17, 21-típusú összegcsatornájára $t_0 = 2$ sec-nál mutatja be a vizsgálat eredményét. Számításainkból általában megállapítható,



13. ábra – puc. – Abb.



14. ábra – puc. – Abb.

– hogy a belső lövéses, vagy kis offsetű rendszereknél a levágási zóna helye az alacsony frekvenciáknál még erősen függ a spektrumtól, a spektrum csúcsfrekvenciájának növelése a levágási zónát az alacsonyabb geofontávolságok felé tolja el. Az offset és a spektrum növelésével párhuzamosan csökken a Φ függvény érzékenysége $A(\omega)$ változásaival szemben.

Vizsgáltuk a sebességfüggvény változásának hatását. Ennek eredményeképpen jutottunk a $\Delta \bar{V}$ diagramhoz (14. ábra). A $\Delta \bar{V}$ diagramnak és a következő egyszerű képletnek a segítségével előző eredményeink, amelyeket egy speciális sebességfüggvénnyel számítottunk, általánosíthatók bármely más sebességfüggvénnyel rendelkező területre:

$$d' = \sqrt{d \frac{\Delta \bar{V}(t_0)}{\Delta \bar{V}(t_0)'}} \quad (10)$$

ahol d a nyírségi sebességfüggvénnyel számított geofonköz,

$\Delta \bar{V}(t_0)$ a nyírségi sebességfüggvény értéke a $\Delta \bar{V}$ diagramban (szaggatott vonallal megjelölve),

d' és $\Delta \bar{V}(t_0)'$ pedig ugyanazok az új terület sebességfüggvénye mellett.

* * *

Megvizsgáltuk a Φ függvények számításánál alkalmazott közelítések hatását is.

Összehasonlításként számításokat végeztünk görbült sugárutakkal és a beérkezések azonosságát elvetve, különböző spektrumú és amplitúdójú beérkezések összegezésével is. A gyakorlatban valószínűtlen szélsőséges esetektől eltekintve ezek a változtatások említésre méltó módon a Φ függvények alakját nem befolyásolták. Érdekesebb eredményeket kaptunk a visszaverő felületek dőlésének hatását vizsgálva.

Cressmann (1968) képletéből indultunk ki:

$$\Delta t_x = \Delta t \cdot \cos^2 \alpha, \quad (11)$$

ahol α a dőlésszög szelvényirányú komponense.

Ebből egyszeres reflexió esetére:

$$\delta \Delta t_x = \Delta t \sin^2 \alpha, \quad (12)$$

többszörös reflexió esetére:

$$\delta \Delta t_x = \Delta t_r \cos^2(2\alpha) - \Delta t. \quad (13)$$

Az így kapott $\delta \Delta t$ függvényeket használva a Φ függvények számítására a következő eredményeket kaptuk:

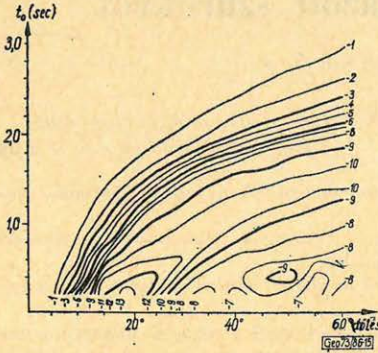
– a kis t_0 értékeknél az egyszeres beérkezések érzékenyek a dőlésre. A t_0 növekedésével ez az érzékenység rohamosan csökken és $t_0 = 2,5 \text{ sec}$ után gyakorlatilag már nincs szerepe a dőlésnek az egyszeres reflexiók átvitelében,

– növekvő geofontávolságokkal, illetve növekvő offsettel nő a dőlés hatása,

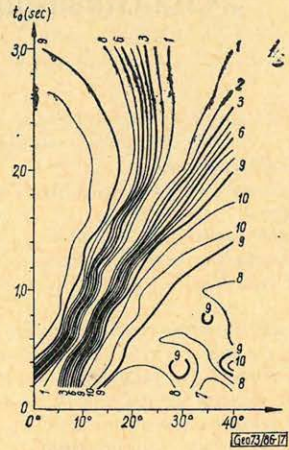
– a többszörös csillapítás a visszaverő felület növekvő dőlésével csökken, majd egy kritikus dőlésnél zérussá válik;

– a zérus kioltással jelentkező zóna helye nem függ a terítési paramétereiktől, csak a t_0 -tól. Példaként bemutatjuk a széllövéses rendszer 1, 5, 9, 13, 17, 21 típusú összegcsatornájának egyszeresekre és többszörösökre vonatkozó

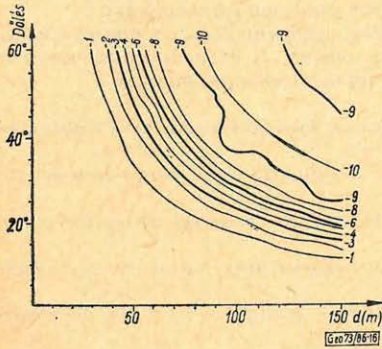
$\Phi(\alpha, d)$ függvényét $t_0 = 2 \text{ sec}$ -nál (15. és 16. ábra) és $\Phi(t_0, \alpha)$ függvényét $d = 60 \text{ m}$ -nél (17. és 18. ábra).



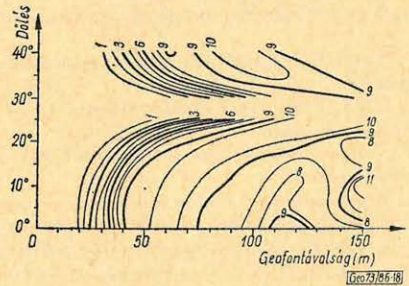
15. ábra - puc. - Abb.



17. ábra - puc. - Abb.



16. ábra - puc. - Abb.



18. ábra - puc. - Abb.

* * *

Vizsgálataink második felében a közös mélységpontos rendszerek rendezetlen-zaj-csillapító hatásával, a rendezetlen-zaj ún. „másodlagos” hatásával, azaz a korrekciókban okozott hibákkal, e hibák hatásával, eloszlásával és csökkentésük lehetőségeivel foglalkoztunk.

Ennek ismertetése azonban már túllépné a jelen cikk kereteit. Befejezésül azonban annyit mégis meg kell említenünk, hogy a rendezetlen zaj figyelembevétele igen fontos méréseink tervezésénél és mivel a rendezetlen zaj mintegy felülről korlátozza terítési paramétereinket, a többszörös kioltás szempontjából kedvezőtlen megoldásokra kényszeríthet bennünket.