

# Karsztvízszint-mérési adatok feldolgozásának előzetes eredményei és az eredmények bányavízvédelmi vonatkozásai

BODRI BERTALAN - GERBER PÁL

*Az előadás ismerteti a kéreg térfogati deformációit indikáló kútbeli vízszintregisztrátumok feldolgozási eredményeit. Az eddigi vizsgálatok alapján valószínű, hogy a lunisolaris dilatáció és a kéreg más okok által előidézett térfogatváltozásainak szeparálása bányavízvédelmi szempontból hasznos információt adhat. A vízszintmérés-adatok feldolgozása lehetővé teszi továbbá a mért színtingadozást kialakító vízmennyiség térfogatának meghatározását.*

*В работе приводятся некоторые результаты обработки кривых записи уровня карстовых вод, характеризующих объемные деформации земной коры. На основании этих результатов делается вывод, что разделение деформаций приливного и неприливного характера на регистрациях такого типа может дать полезную информацию с точки зрения защиты шахт от наводнений, кроме того, анализ приливной составляющей этих деформаций позволяет определять объем карстовых вод.*

*Results of processing of water-level records taken in wells indicating deformations of the crust are dealt with. Basing on the results of studies made as yet we can state with probability that the separation of lunisolar dilatation and of volume changes caused by other factors in the crust may give useful informations from the point of view of protection of mines as regards water-inrush-danger. Further on, processing of water-level data provides a possibility of determination of the volume of water mass bringing about the level variations measured.*

A Tatabányai Szénbányászati Tröszt Hidrológiai Osztálya 1964 óta több mérési pontban folyamatosan végez karsztvízszint-regisztrálást. Ez idő alatt nagy mennyiségű mérési adat gyűlt össze s az eddigi vizsgálatok alapján valószínű, hogy ezen adatok feldolgozása fontos geofizikai problémák sikeres megoldásával segíthetné a bányavízvédelem hatékonyabb kidolgozását.

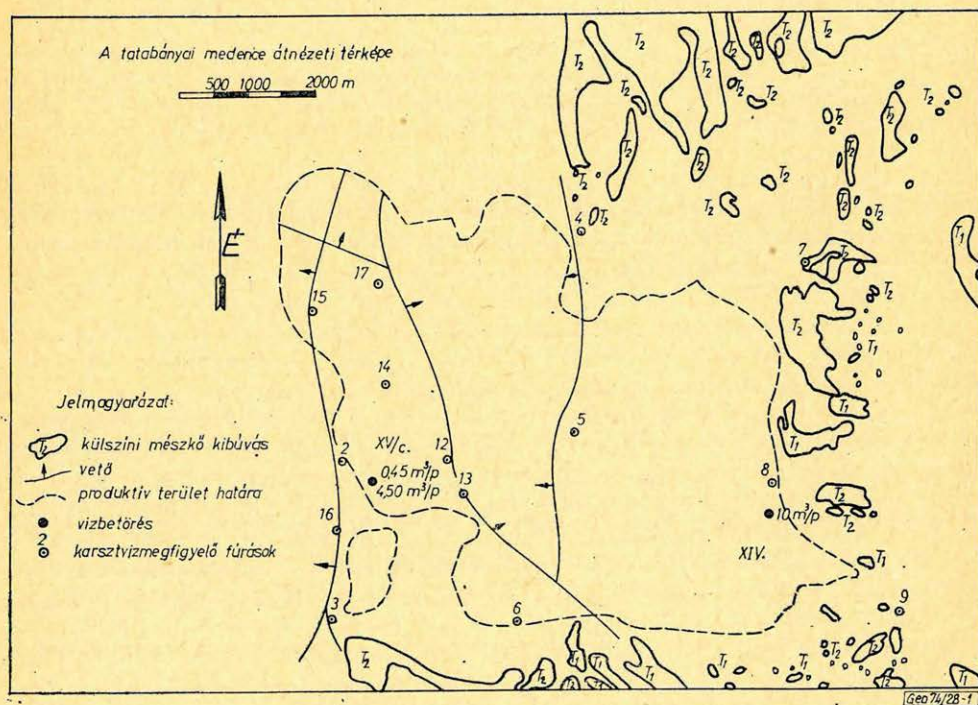
Jelen cikkben ismertetett vizsgálat célja a földkéreg térfogati deformációi és a bányabeli vízbetörések közötti kapcsolat lehetséges kimutatása, és a regisztrált vízszintváltozást kialakító víztérfogat meghatározása.

Röviden az árapálykeltő erők által okozott térfogati deformáció jelenségéről. Ismeretes, hogy a Föld, mint egész, deformálódik a Hold és a Nap együttes gravitációs hatása alatt. E deformációk egymásutáni összenyomódás és tágulás, térfogatesökkenés és -növekedés formájában jelentkeznek. Dagály idején a földkéreg kis mértékben felemelkedik, kitágul, apály időszakában összenyomódik. Következésképpen a felszín alatti vizek szintváltozásai a folyadék összenyomhatatlansága miatt jól indikálják a környező réteg relatív térfogatváltozásait. Kutakban, fúrólukokban régóta megfigyelt jelenség a vízszint periodikus ingadozása, hasonló színtingadozás tapasztalható olajkutakban és a földkéregben előforduló egyéb folyékony vagy viszkózus anyagok, pl. vulkáni láva esetében is.

A földárapály gyakorlatilag az egyetlen olyan jelenség, ahol pontosan ismerjük a Föld deformációit okozó erőt és azt bármely időpontra kiszámíthatjuk. Az árapály eredetű térfogati deformáció miatt egy adott fúrólukban regisztrált vízszíntingadozás görbéjének természetesen árapály jellegűnek kell lennie.

Áttérve a bányabeli vízbetörések problémájára megjegyezzük, hogy fizikailag helyénvaló feltételezni, hogy a vízbetörés helyének környezetében előzményként bizonyos nem árapály jellegű deformációk keletkeznek, amely deformációk méretei e fészekben felhalmozódott potenciális energia nagyságától függenek. Világos, hogy a vízbetörés előtt megnövekvő térfogati deformációk a vízbetörés helyétől bizonyos távolságra is jelentkeznek s így a mérési pontban a vízszintregisztráló műszer a reguláris luniszoláris árapályhullámokon kívül ezeket a vízszintmozgás formájában megjelenő deformációkat is érzékeli.

A Tatabányán regisztrált vízszint-változásokból az 1966. május 4-től szeptember elejéig terjedő kb. 4 hónapos adatsort dolgoztunk fel. Röviden ismertetjük a mérés helyét és módját. A tatabányai medence nyugati részén egy kisebb sasbérc található, amelyet mindkét oldalról kb. 150–200 m elvetési magasságú vető zár le. A nyugati határvetőnek erősen töredezett zónájában mélyült az a fúrás, amelynek vízszintingadozását vizsgáltuk. Kedvező helye miatt vízszintmegfigyelő fúrássá alakítottuk ki és a 12. sz. vízmelegfigyelő fúrás sorszámot kapta (1. ábra). A fúrás rétegsorát, valamint kivitelezésének módját a 2. ábra mutatja. A karsztvíz hőmérséklete a jelzett helyen szórványos mérések alapján 14–15 °C között változhat, de a hőmérséklet rendszeres változásairól nincsenek adataink.



1. ábra. A vízmelegfigyelő fúrások és a feldolgozott vízszintmérés-adatak idején előfordult vízbetörések helye a tatabányai medence átnézeti térképén

Рис. 1. План района с указанием точек регистрации уровня воды и мест наводнений

Fig. 1. Spots of water level observation wells and those of water inrushes occurred during the observations processed, on the map of the coal mine field

A víz uralkodóan *CaMg* hidrokarbonát tartalmú, viszonylag kemény, kb. 20 nk víz, amelynek oldott só tartalma 500–1000 mg/l között van.

A felsorolt jellemzők – amint a vizsgálatból kiderült – a mérési eredményeket lényegében nem befolyásolják.

A műszer *HWK Alpina D 10* típusú óraszerkezetes úszós regisztráló, a papír mozgási sebessége 12 mm/nap. A vízszint változásainak rögzítése 1 : 10 arányú lépték szerint történik.

A 3. és 4. ábrák kb. egy-egy hónap időtartamra vonatkozó vízszint-regisztrátumot mutatnak. A 3. ábrán bemutatott mérési sorozat ideje alatt a mérési pont környezetében semmilyen vízbetörés nem fordult elő, ellentétben a 4. ábrán bemutatott esettel, ahol a vízbetörés adatait az ábrán jeleztük.

A karsztvízszint igen érzékenyen reagál a légnyomásváltozásokra, ezért a regisztrátumok analízise előtt a légnyomásváltozások hatását a mérési adatokból ki kell szűrni. Jelen vizsgálatban a vízszint-ingadozás görbéinek légnyomásváltozások által okozott driftjét Pertzev [ $X'_0$ ] ordinátakombinációs módszerével szűrtük ki. Az 5. ábra az egyik regisztrátumot mutatja a légnyomásváltozások hatásának kiszűrése után. Összehasonlítással ugyanazon ábrán bemutatjuk a térfogati dilatáció ugyanazon időtartamra vonatkozó elméleti értékeinek görbéjét. A térfogati dilatáció elméleti értékeit az árapálykeltő potenciál Doodson-féle sorfejtése módszerével számítottuk. Az 5. ábra két görbéjének vizuális összehasonlítása után is nyilvánvaló, hogy a mért vízszintmozgás főként árapály jellegű.

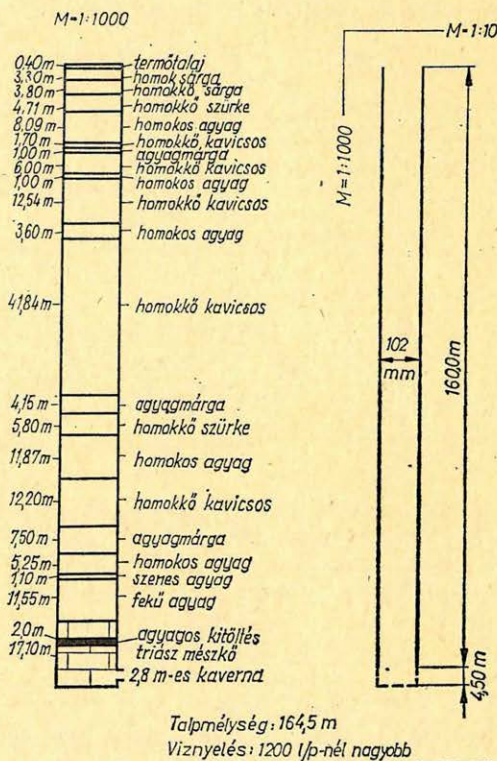
A 4. ábrán látható, hogy a mért vízszintmozgás görbéjén egyszerű vizuális vizsgálattal a vízbetöréssel kapcsolatban semmiféle változást nem tudunk kimutatni. A számunkra legértékesebb információt tartalmazó vízbetörések előtti deformációkat természetesen könnyebben ki tudjuk mutatni, ha a mért víz-

12.sz.Síkvölgy-gyümölcsösi karsztvízfigyelő fúrás

x--1756,864

y--2929,163

z++179,550



2. ábra. A fúrás rétegsora, amelyben a regisztrált vízszintingadozást vizsgáltuk

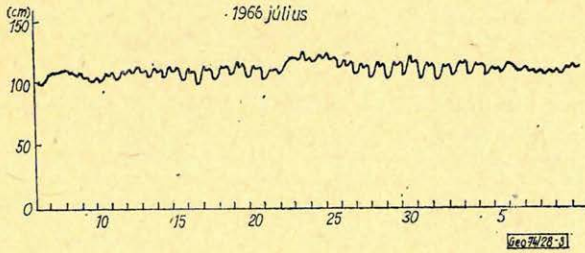
Рис. 2. Разрез одной из скважин, в которых проводилась регистрация уровня воды

Fig. 2. Layer configuration of the well of which water level oscillations have been taken

szintingadozásból a tisztán árapály-eredetű komponenst kiszűrjük. Az árapály-összetevő kiszűrése többféleképpen elvégezhető, vizsgálatunkban mi az egyik legegyszerűbb módszert, Pertzev „49-órás” ordináta-kombinációs módszerét alkalmaztuk, amely módszer részletes ismertetése és vizsgálata megtalálható Pertzev és Ivanova (1967) munkáiban. E módszer lényege röviden a következő. Ha a regisztrált görbe tisztán árapály jellegű, akkor teljesülnie kell a következő feltételnek:

$$y_{t+14} + y_{t+25} - y_{t+49} - y_t \approx 0, \quad (1)$$

ahol  $y_t$  a mért óránkénti ordinátaértékek,  $t$  – idő.



3. ábra. 1966. július hónapban mért vízszintingadozás. A regisztrátumon jelzett időtartam alatt vízbetörés nem fordult elő

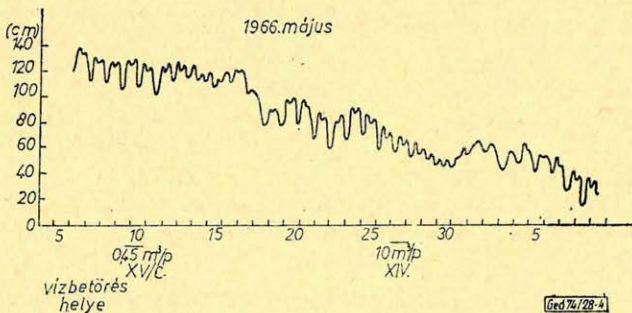
Рис. 3. Кривая записи уровня воды в мае 1966 г. За указанный промежуток времени не произошло наводнения

Fig. 3. Water level oscillations of 1966 July. During the registration interval no water inrush occurred

A  $t+49$  óra időpontra az (1) kifejezés alapján számított  $y_{t+49}$  ordináta-értékek természetesen akkor adják meg a vízszintmagasság közelítő értékeit, ha maguk a kiindulási ordináták zavaró hatásoktól mentesek.

Világos, hogy a regisztrátumokból leolvasott és az (1) kifejezés alapján számított óránkénti ordinátaértékek közötti  $\Delta$  különbségek szükségszerűen jellemzik a nem árapály eredetű vízszintmozgást okozó deformációkat, így a vízbetörések előtt kialakuló deformációkat is.

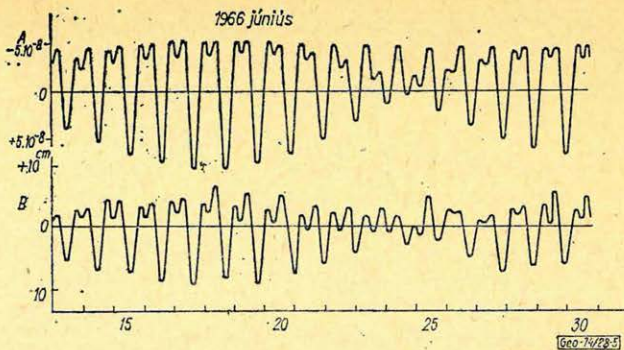
A 6. és 7. ábrák a kéreg nem árapály jellegű deformációit jellemző  $\Delta^2$ -értékeket mutatják az idő függvényében. Az ábrákon a vízbetörések adatait is megadtuk. Az ábrákról leolvasható, hogy a  $\Delta^2$  függvény görbéje általában



4. ábra. Vízszintregisztrátum vízbetörések előfordulásának időszakában

Рис. 4. Образец кривой записи уровня воды во время наводнения в шахте

Fig. 4. Water level record of an interval, during which water inrushes were experienced



5. ábra. A: A luniszoláris térfogati dilatáció Doodson-féle sorfejtéssel Tatabányára számított elméleti értékeinek görbéje 1966 júniusában

B: A regisztrált vízszintmozgás ugyanazon időszakban a légnyomásváltozások hatásának kiszűrése után

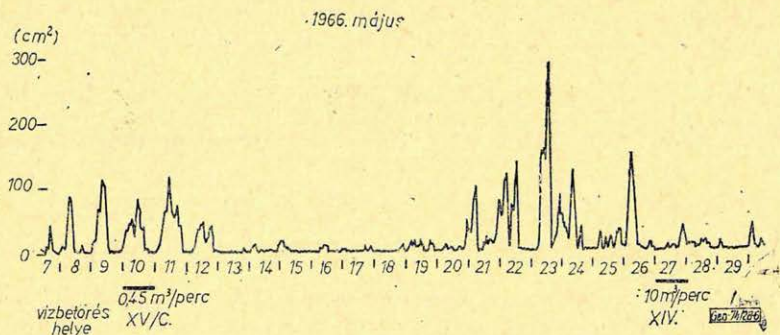
Рис. 5. А: Теоретические значения объемной дилатации, рассчитанные для г. Татабаныя для июня 1966 г. с помощью разложения приливного потенциала по методу Дудсона

Б: Изменение уровня воды за тот же интервал времени после исключения влияния дрефта

Fig. 5. A: Graph of theoretical values of lunisolar volume dilatation calculated by means of Doodson — expansion for June 1966

B: Water level movement as recorded in the same interval after elimination of the influence of atmospheric pressure changes

nullához közel halad, vagyis olyan időszakokban, amikor jelentős vízbetörések nem fordulnak elő, a tisztán árapály jellegű és a valójában mért deformációk közötti eltérések jelentéktelenek,  $\Delta^2$  értékei a számítás hibahatára alatt maradnak. A vízbetörések idején viszont, vagy még inkább azokat megelőzően  $\Delta^2$  értéke erősen megnő, sokszor egy nagyságrenddel is nagyobb, mint egyéb időszakokban. Sajnos, az eddig feldolgozott adatsor rövidege nem teszi lehetővé az eredmények statisztikus analizését, amire természetesen szükség lenne a bányabeli vízbetörések esetleges előrejelzésére alkalmas fentebb ismertetett módszer megbízhatóságának további vizsgálata céljából. Megjegyezzük, hogy a Szovjetunióban (Ohocimszkaja, 1967) és Japánban a földrengések előrejelzé-



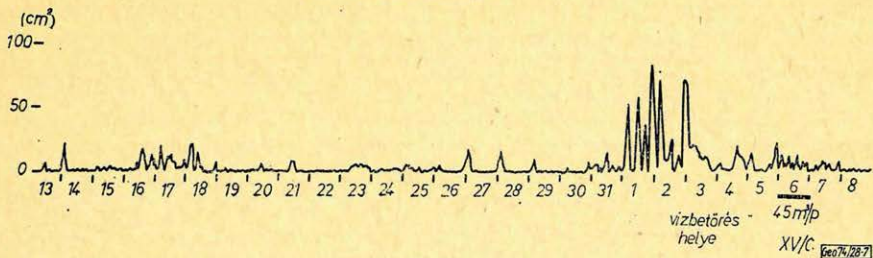
6. ábra. A kéreg nem árapály eredetű térfogati deformációt jellemző  $\Delta^2$  számított értékei 1966. május hónapban

Рис. 6. Значения  $\Delta^2$ , характеризующие неприливные объемные деформации коры в мае 1966 г.

Fig. 6. Calculated values of  $\Delta^2$  characterising deformations of the crust due to non-tidal effects in May 1966

sének problémájával kapcsolatban ugyanezen módszerrel ( $\Delta^2$  értékeit számítva) analizálták a kéreg dőléseit jelző horizontális ingamérések adatait, de a vizsgálatok újabb eredményeiről egyelőre nincs tudomásunk.

1966. augusztus-szeptember



7. ábra. A kéreg nem árapály eredetű térfogati deformációt jellemző  $\Delta^2$  értékek 1966. augusztus – szeptemberben

Рис. 7. Значения  $\Delta^2$  в августе – сентябре 1966 г.

Fig. 7. Values of  $\Delta^2$  characterising deformations of crust due to non-tidal effects in August – September 1966

Mindenesetre az eddigi vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a vízszint-regisztrátumokon jól kimutathatók a vízbetörések előzményeként létrejövő térfogati deformációk. Természetesen az ismertetett „ $\Delta^2$ -módszer” megbízhatóságának kérdése további vizsgálatokat igényel, amelyek során a Magyarországon már meglévő nagy mennyiségű vízszint-regisztrátumokból kívánatos a lehetőségek szerint minél többet feldolgozni. Feltétlenül szükséges lenne megvizsgálni az elméletileg számított térfogati dilatáció görbéinek alkalmazhatóságát a mért és a számított vízszintmagasságok közötti különbség képzéséhez. További vizsgálatokat igényel a vízbetörések erőssége és helye, és a vízszint-regisztrátumokból kimutatható nem árapály eredetű deformációk közötti kapcsolat megállapítása.

A vízszintmérés-adatok feldolgozása rendkívül fontosnak bizonyulhat a fúrólukban mért szintingadozást kialakító vízmennyiség térfogata meghatározásának szempontjából is. Mint azt már az előbbieken is említettük, a fúrólukban mért vízszintmozgást a folyadéknak a kéreg térfogati deformációi által okozott  $\frac{\Delta V}{V}$  relatív térfogatváltozásai okozzák, ahol  $\Delta V$  a folyadékkal kitöltött térfogat megváltozása, és  $V$  az árapály-mozgásban résztvevő víz-térfogat.

Az árapálykeltő potenciál Doodson-féle sorfejtése alapján a fő árapály-hullámokra kiszámítható a dilatáció (relatív térfogatváltozás)  $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$  elm. értéke. A fő árapályhullámok amplitúdóját pedig igen pontosan megtudhatjuk a vízszintmozgás görbéinek harmonikus analízise után. A víz által kitöltött térfogat megváltozása,  $\Delta V$  kifejezhető a következő egyszerű összefüggéssel:

$$\Delta V = \xi S,$$

ahol  $\xi$  – valamelyik fő árapályhullám amplitúdója és  $S$  a fúróluk béléscsővének keresztmetszete.

Az alábbi egyszerű összefüggésből

$$\frac{\xi S}{V} = \left( \frac{\Delta V}{V} \right) \text{ elm.} \quad (2)$$

megkaphatjuk az ismeretlen  $V$  térfogatértéket.

Az 1. táblázat néhány fő árapályhullám amplitúdóit és fázisait adja meg, amely amplitúdókat és fázisértékeket a vízszintmozgás görbéinek Fourier-analízise után kaptuk. A harmonikus analízist három hónapos mérési sorozatra hónaponként külön-külön végeztük el. A táblázatban az 1., 2., 3. hónap elnevezés 1966. május, június és július hónapokat jelenti. A táblázat adatai egyértelműen mutatják, hogy a regisztrált vízszintmozgás főként árapály jellegű, a vízszintmozgás kielégíti a direkt árapály-effektusokra Melchior (1965) által megállapított összes kritériumot. A 2. táblázat az  $M_2$  árapályhullámnak a regisztrátumokból meghatározott amplitúdói és a dilatáció ugyanerre a hullámra vonatkozó elméleti értéke ismeretében számított víztérfogatértékeket mutatja. A 2. táblázat adatai alapján látható, hogy az egyes mérési sorozatokból külön-külön számított térfogatértékek egymáshoz igen közeliek.

1. táblázat – таблица – Table

Árapályhullámok jelölése	Mérési sorozat					
	1.		2.		3.	
	A (cm)	$\varphi$	A (cm)	$\varphi$	A (cm)	$\varphi$
$K_1$	2,68	248°	3,06	245°	2,62	253°
$O_1$	1,82	181°	2,50	193°	2,30	189°
$Q_1$	2,45	180°	1,03	189°	0,71	201°
$M_2$	2,11	199°	2,34	188°	2,07	219°
$S_2$	1,11	180°	1,01	182°	0,62	196°
$N_2$	0,21	194°	0,87	198°	0,62	176°

2. táblázat – таблица – Table

Mérési sorozat	$M_2$ -hullám amplitúdója (cm)	Víztérfogat ( $m^3$ )
1.	2,11	$3,29 \cdot 10^4$
2.	2,34	$3,65 \cdot 10^4$
3.	2,07	$3,25 \cdot 10^4$

Tovább vizsgáljuk a megcsapolások és a különböző irányokban és távolságokban mért vízszintváltozások közötti összefüggéseket, amelyek a fentiekkel kiegészítve nagymértékben segíthetik a bányavízvédelem, valamint a vízgazdálkodás feladatainak megoldását.

#### IRODALOM

- [1] Doodson A. T.: The harmonic development of the tide generating potential, Proc. R. Soc., (A) 100.  
 [2] Melchior, P.: The Earth Tides, Pergamon Press, 1965.  
 [3] Ohocimszkaja, M. V.: Zemnie prilivi i vnutrenneje strojenje Zemli, AN SZSZSZR, 1967.  
 [4] Pertzev, B. P., Ivanova, M. V.: Zemnie prilivi i vnutrenneje stroenije Zemli, AN SZSZSZR, 1967.