

# Automatikus ultrahangos fúrólukaszonda

UHL MANN M. — KROMPHOLZ G. — SEIFERT G. — PELZEL J.

*Az irányított kioldási eljárásnak mélyfúrások útján kősónyérés vagy tárolóüregek kiképzése érdekében való alkalmazása mérőberendezések használatát követeli meg az előálló üregek alakjának és méreteinek meghatározására. Egy ilyen mérőberendezés kifejlesztéséről számolunk be, mely ultrahang elven alapszik és különösképpen eleget tesz a maximális információnyérés és a mérési eljárás automatizálása irányában felmerülő követelményeknek.*

*Ilyen követelmények:*

- A berendezés 1500 m mélységig és kb. 60° hőmérsékletig használható legyen,
- A folyadékkal töltött üregek keresztmetszetét az 1–120 m közben mérni lehessen.
- Az üreg fenekén visszatartódó anyagok mélységi helyzetét meg lehessen határozni.
- Gyorsaság a mérés folyamán, hogy a kioldási eljárás ilyenkor szükséges kiesési idői csökkenthetőek legyenek.

*— Üzembiztoság, egyszerű kezelhetőség és olyan adatkiadási forma, mely gyors kiértékelést és értelmezést tesz lehetővé.*

*Применение методов направляемого выщелачивания соли через глубокие скважины для получения соль и для образования каверн хранения, требует внедрения измерительной аппаратуры, служащей для определения формы и размеров образовавшихся каверн. В докладе описывается разработка такой аппаратуры, работающей на акустическом принципе отвечающей требованиям, связанным с получением максимальной информации и с автоматизацией измерительного процесса.*

*Подобными требованиями являются:*

1. возможность применения аппаратуры на глубинах до 1500 м при температурах до 60°;
2. возможность измерения поперечного сечения каверн, заполненных жидкостью в интервале от 1 до 120 м;
3. возможность определения глубинного положения материалов, оставшихся на дне каверн;
4. быстрота процесса измерения, позволяющая сократить время простоя, связанного с выщелачиванием;
5. надежность работы, удобность пользования и форма представления данных, позволяющая проводить быструю обработку и интерпретацию данных.

*Die Anwendung von Verfahren des gelenkten Aussolens durch Tiefbohrlöcher zur Gewinnung von Steinsalz und zur Herstellung von Kavernen für Speichierzwecke erfordert den Einsatz von Messeinrichtungen zur Bestimmung von Form und Grösse der entstehenden Hohlräume. Es wird über die Entwicklung einer derartigen Messeinrichtung berichtet, die nach dem Ultraschall-Echolotprinzip arbeitet und insbesondere den Forderungen nach maximalem Informationsgewinn und Automatisierung des Messvorganges Rechnung trägt.*

*Die wichtigsten Forderungen gegenüber des Messverfahrens sind:*

- Einsatzmöglichkeit in Teufen bis 1500 m, bei entsprechenden Temperaturen bis etwa 60 C°.
- Möglichkeit zur messtechnischen Erfassung von Horizontalquerschnitten der flüssigkeitsgefüllten Tavernen im einem Durchmesser von 1 bis 120 m.
- Möglichkeit der Bestimmung der Teufenlage des Rückstandes auf der Kavernensole.
- Hoher Messfortschritt zur Verminderung von Ausfallzeiten für die notwendige Unterbrechung des Aussolprozesses.
- Betriebssicherheit, Einfachheit der Bedingung und eine Form der Datenausgabe, die eine schnelle Weiterbearbeitung und Interpretation ermöglicht.

## Bevezetés

A bányászatot, a bányászati geológiát és a geotechnikát néhány esztendő óta egyre jobban érdeklik azon földalatti üregek alakjának és nagyságának meghatározására szolgáló mérési eljárások, amely üregekhez egyébként köz-



vetlenül hozzáférni nem lehet. A legfontosabb vizsgálati objektumok azok a földalatti üregek, amelyeket irányított kilúgozásos eljárással (solution mining) mély fúrólukából történően kősó-telepekben telepítenek. Az ilyen fajta üregek létrehozása egyrészt a racionális kősókinyerésre szolgál, hogy különösen a vegyipar által meghatározott egyre fokozódó nátriumklorid világszükségletet kielégítsék. A kilúgozott földalatti üregek rendszere, másrészt a folyékony és gázalakú szénhidrogének tárolásának céljaira egyre inkább világra szóló jelentőségre tesz szert.

A földalatti üregek kilúgozásának technológiájára ma már több kikísérletezett eljárás áll rendelkezésre [1, 2, 3], amelyeket lényegében az jellemez, hogy a fúrólukba a béléscsővezeten kívül egy kettőscsővű járatot is leeresztenek, ahol a kettős cső közötti körgyűrűs üregeken keresztül vezetik be az oldószert, azaz az édesvizet, és a belső csövön keresztül termelik le a keletkező sóoldatot. Ennek a megfordított üzemmódja is lehetséges. A kettős cső és a béléscső közötti körgyűrűs üregrész arra szolgál, hogy ezen keresztül takaró vagy fojtó anyagot (olajat, vagy levegőt) juttassanak a fúrólukba, amely a védőközeg szerepét tölti be, hogy az időnként felfelé történő kilúgozást megakadályozzák.

Ez a kilúgozási fázis az üregeképződést különösen horizontális irányban kényszeríti a tervezett szondaátmérő eléréséig. E szélesítő lúgozási folyamat befejezése után a külső csövet feljebb húzzák és ezzel az édesvíz belépésének helyét felfelé helyezik át. Egyidejűleg a védőközeget is leszívják a külső cső felső szintjéig. Ezáltal az oldószert számára egy újabb művelési szeletet tettek hozzáférhetővé. Ez a szakaszonkénti kilúgozás mindaddig tart, mígnem elérik a tervezett kamramagasság szintjét.

A vázolt ún. hidrobeomlásos lépcsőzetes művelési módszert mindenekelőtt akkor alkalmazzák, ha a földalatti üreget kősó-kinyerésre használják fel, ahol maximális sókoncentrációkat lehet elérni. Ennek ellenére elsősorban a keletkező üreg az érdekes, így aztán változó technológiákat alkalmaznak, amelyek – lemondva a magas oldatkoncentrációkról – gyors üregeképződést biztosítanak. Mindkét esetben a telep nem oldható alkotórészei (anhidrit, agyag, gipsz) az üreg talpán rakodnak le és üledékhalmot alkotnak, amely párhuzamosan az üregeképződéssel növekszik.

### *A megoldandó probléma*

Nagyon fontos, hogy az üreg geometriáját a kilúgozási folyamat során ismerjük, annak érdekében, hogy

- ellenőrizzük a lúgozási rendszert és optimális haladási módot biztosítunk; különösen
- korán felismerjük az üregeképződés anomáliáit, amelyeket a telepanyag inhomogenitásai, haváriák és egyéb hibás üzemmódok hoznak létre;
- ellenőrizzük a hatóságilag, a több földalatti üreg között levő biztonsági pillérekre megadott méreteket;
- mérés technikailag exaktul kimutathassuk a tárolási célokra rendelkezésre álló hasznos térfogatot.

Mindazokat a követelményeket, amelyeket egy ilyen üreg felmérésére szolgáló mérési berendezéssel szemben felállítunk, a következőkben foglalhatjuk össze:

- alkalmazható legyen 1500 m mélységig, ennek megfelelően mintegy 60 °C hőmérséklettartományig;



– tegye lehetővé, hogy a folyadékkal feltöltött földalatti üreg vízszintes irányú keresztmetszetét méréstechnikailag meghatározzuk 1 – 120 m-es átmérő-tartományban;

– meghatározható legyen az üregetalpon felgyülemlett üledék mélységi helyzete;

– a mérés lehetőleg gyors legyen, hogy a lúgozási folyamathoz szükséges kiesési időt csökkentsük;

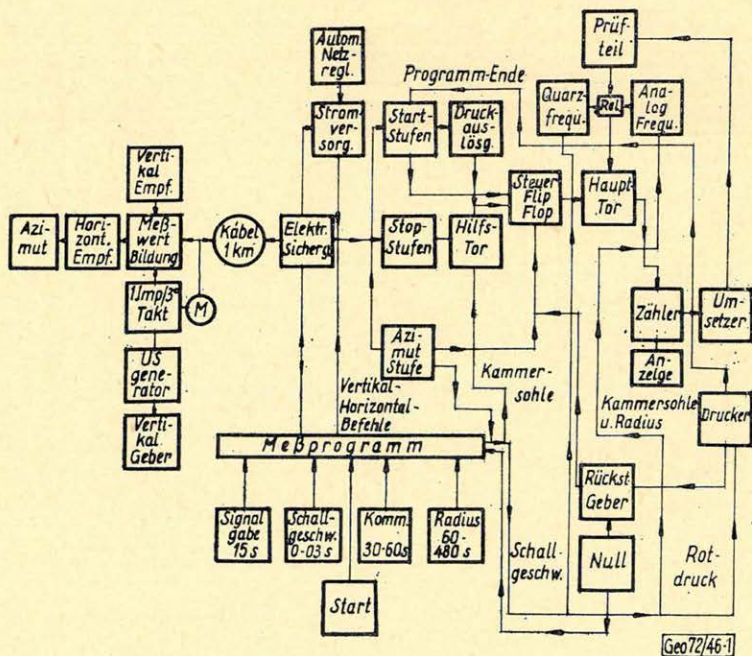
– üzembiztonság, egyszerű kezelés és az adatszolgáltatás olyan formáját biztosítsa, amely gyors, további feldolgozást és értelmezést tesz lehetővé.

Beható laborvizsgálatok és kisüzemi kísérleti elrendezésekben végzett vizsgálatok után a VEB KALI-Kombinát (Sonderhausen) az Elektronik céggel (G. Krompholz, Langenhennersdorf) közösen e mérési probléma megoldására egy olyan hidroakusztikus mérőberendezést fejlesztett ki az ultrahangos visszhang(echo)mérési eljárás elve alapján, amely a felállított követelményeknek megfelel. Hasonló törekvéseket a Szovjetunióból [4], az Egyesült Államokból [5], és a Német Szövetségi Köztársaságból ismerünk [3].

### A műszer leírása és a működési elv.

Az ultrahangos automatikus fúróluk-szonda a lyukmérőműbe beépített, a mért értékeket átalakító berendezést, kinyomtató és az ultrahangos szondát tartalmazó vezérlő-műszer szerkezeti egységéből áll.

A mérőszonda a mérőkocsi kábeldobjával és a vezérlő készülékkel egy egyeres fúróluk-mérőkábelen keresztül van összekötve. Az 1. ábra az egész mérőberendezés blokk-kapcsolását mutatja. Abból kell kiindulnunk, hogy a



1. ábra. Az ultrahangos automatikus fúrólukszonda blokk-sémája

Фиг. 1. Блок-схема автоматического скважинного прибора акустического каротажа

Fig. 1. Blockdiagramm der automatischen Ultraschall-Bohrlochsonde



szondát a fúrólyukon keresztül a földalatti üregbe a kívánt mélységig vezettük be, amikor is a csőjáratokat a legfelső mérési keresztmetszet szintje fölé húztuk fel.

I. A vezérlőmű szolgáltatja, illetve szállítja a szondacsatlakozásokon szükséges üzemi feszültséget. Az indító gomb működtetésével a vezérlőműben megindul a programadó. A mérési programra egy teljes keresztmetszet mérésre, egy bizonyos mélységben a következő időterv áll rendelkezésre:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| I. 0 – 30 sec      | Hangsebességmérés  |
| a 12. sec után     | A meghatározott hangsebesség kézi kiválasztásához jel                |
| II. a 60. sec-ig   | A lúgozási üledékig történő távolságmérés (függőleges értelmű mérés) |
| III. a 480. sec-ig | A vízszintes távolságok mérése a földalatti üreg falazatáig.         |

A mérőszonda az ultrahanggenerátort, a nagyfeszültségű fokozatot, a motorhajtóművet és ütemadót tartalmazó felső szondatestből, a horizontális és vertikális adó- és vevőpárt tartalmazó alsó forgó részből, a kompaszelektronikából és a reflektortárcsát tartalmazó vertikális távolságmutató rúdból áll.

### 2. I. programrész – Hangsebességmérés.

Ez a programszakasz szolgáltatja a sókoncentrációtól és ezzel a mélységtől függő hangsebességnek a reflexiós távolságok meghatározásához az echo-útidőkből szükséges ismeretét. A kapcsolási impulzussal forgásnak indul az alsó, a szonda aktív része. Ugyanakkor a meghajtóművel szinkronizált ütemadó, a szondameghajtás névleges fordulatszámánál 3 sec-os időközökben egy tirisztoros fokozaton keresztül adóimpulzusokat ad az ultrahangos adó egyikére. Az I-es és II-es programszakaszokban a vertikális adót vezéreljük. A horizontális adóra és vevőre történő átkapcsolás a III. programszakaszban egy relén keresztül a programidő adóval adott impulzusokkal történik.

Az adótirisztorról egyidejűleg kapacitív módon a gyűjtő impulzusokat, mint indító jeleket az időszámlálás kioldásához a fúrólyuk mérőkábelre csatlakoztatjuk. A hangsebesség meghatározásához a vertikális rezgőfejből 50 cm-es távolságban egy reflexiós tárcsa helyezkedik el. Az ezzel létrehozott, vagy okozott echoimpulzus a vevőtirisztoron történő előerősítés után egy stop-impulzust vált ki, amely a 100 kHz-cel a vezérlőműben lejátszódó időszámlálást (kapukapcsolás) lezárja, ill. befejezi. Számláló-dekádok regisztrálják a kapun keresztül futó számláló impulzusokat. A mérési értékeket átalakító átveszi a számláló dekádokban binérkódokban tartalmazott információt és egy relématrix-szal decimális értéké alakítja át, amelyet azután a kinyomtatómű nyomtat ki. A kinyomtatómű tulajdonképpen szerepe mellett a számláló dekádok visszaállítását is elvégzi, mintegy 2 sec-os ábrázolási idő után nullára állít vissza.

A definiált 50 cm-es reflexiós távolság mellett a hangútidőt tízszer mérjük meg. Az I. programszakasz vége felé (jeladás a 4. mérőütem után) az útidő mérés kinyomtatott eredményét 1 m-es mérési szakaszra egy frekvenciakapcsolón kézzel leválaszthatjuk. Ezzel azt biztosíthatjuk, hogy a következő II. és III. programszakaszoknál a meghatározott echoidőket a számláló frekvencia variációjával közvetlenül centiméteres mérési távolságban ábrázolhatjuk, illetve nyomtathatjuk ki.

### 3. II. programszakasz – Vertikális értelmű mérés

A 10. impulzussal a hangsebesség-mérés befejeződik. Az így nyert mérési adat egyidejűleg információt szolgáltat a sóoldat koncentrációs fokára is a vo-



natkozó mélységben. A következő programszakaszt megkülönböztetésül piros színnel nyomtatjuk ki. A vertikális rezgőfej még 10 ütemre be van kapcsolva, bár már az elsőt, a reflektáló tárcsáról keletkezett echót elfojtjuk és megkezdődik a földalatti üreg talpán levő üledék felső szegélye és a szonda közötti távolság mérése.

Ezeket a mérési adatokat automatikusan centiméterben nyomtatjuk ki (1. fent!). Ezzel 60 sec mérési idő telt el.

A 21. ütemmel, a III. programszakasszal kezdődik voltaképpen a fő-program.

#### 4. III. programszakasz — Horizontális értelmű mérés

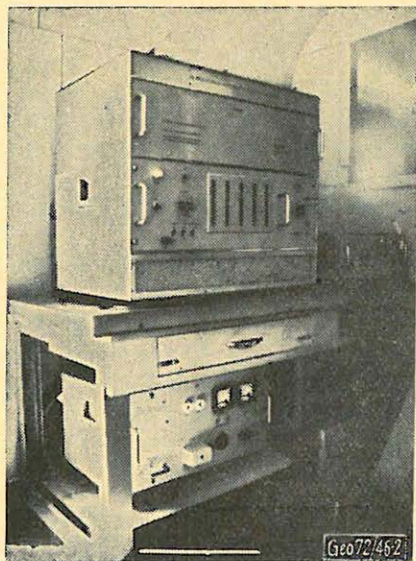
A szondában vannak bekapcsolva a vízszintes átalakítók. Az útidő-, illetve távolságmérés  $3^\circ$ -os szög-távolságokban történik. Ezzel az azimutfüggő kamrarádiuszok meghatározásához teljes keresztmetszetben 120 mérési értéket egyenként osztoztuk el. Ellenőrzésül és a mérési értékek biztosítása érdekében az első  $60^\circ$ -ot ismételt átfedéssel végigmérjük.

A 160. mérés adat után ( $10 + 10 + 120 + 20$ ) a kinyomtató egy záróimpulzust szolgáltat az egész mérési berendezésre vonatkozóan, amely a startimpulzus-alakító impulzus bemenetét lezárja. Egyidejűleg egy elektronikus biztosítás a szonda üzemszükségét kikapcsolja. A mérési berendezés mindaddig működésen kívül van, míg kézzel egy újabb indító parancsot nem adunk egy újabb mérési ciklusra vonatkozóan egy megváltoztatott mérési szinten.

A 2. ábra a vezérlőmű-egységet mutatja a mérő mozgóműben.

5. Ha a horizontális uktrahang-sugár keresztülhalad a mágneses északon, egy kompaszrendszer, amelynek hívóelektronikája van, 2–3 ütemen keresztül piros színű nyomtatást eredményez nulla-centiméteres mérési távolságban. Az impulzusadónak a szondahajtóművel való szinkronitása miatt valamennyi mérési értéket, az iránymegjelöléstől kiindulól, osztályozhatjuk.

6. Az adófrekvencia mindkét rezgőfejre vonatkozóan 250 kHz. A helyesbítő karakterisztika a horizontális elrendezésre 50%-os amplitudó-esést mutat



$6^\circ$ -os nyílásszög esetén. A távolságmérés pontossága 3–5%. A közeletartományban levő zavaró közvetlen kapcsoló rezgéseket szűrővel és erősítőszabályozással elnyomjuk. Hiányzó stopjelek esetén (pl. kimaradó echó esetén kedvezőtlen beesési szög következtében) a számláló dekádok pót-stopjeleket szolgáltatnak.

2. ábra. Vezérlőműszer a mérőműben (fent); Mélységkijelző (jobbra); Hálózati feszültségstabilizátor (lent)

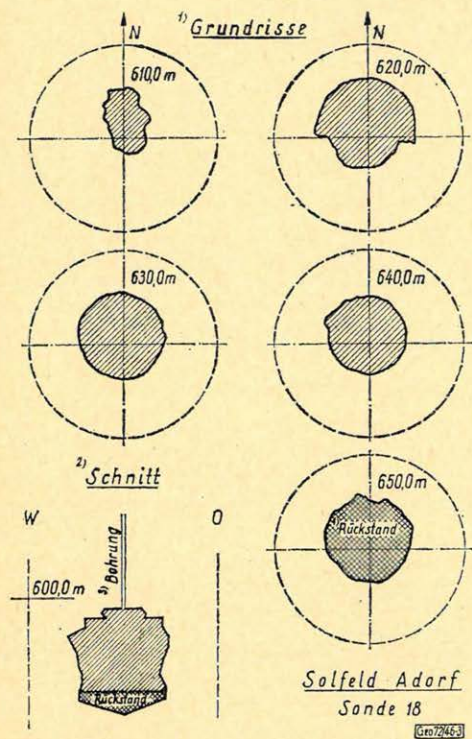
Fig. 2. Устройство управления в измерительной атели (вверху); Показатель глубины (направо); Стабилизатор напряжения сети (внизу)

Fig. 2. Steuerinstrument im Messteil (oben). Tiefenindikator (rechts). Netz-Spannungs-Stabilisator (unten)



A kifejlesztett mérési berendezés az eddigi kétesztendős gyakorlati alkalmazásánál teljes mértékben bevált.

A 3. ábra a Német Demokratikus Köztársaság Adorf-i sómezőjén egy kőskavernában végzett mérés eredményét mutatja.



3. ábra. Példa az ultrahangos automatikus fúrólukaszondával végzett földalatti üregmérésre

Фиг. 3. Пример измерения подземной каверны при помощи автоматического скважинного прибора акустического каротажа

Fig. 3. Beispiel einer unterirdischen Hohlraum-Messung ausgeführt mittels der automatischen Ultraschall-Bohrlochsonde

10 méteres távolságokban 5 alaprajzot mutatunk be, amelyeket az ultrahangos szondával 610 és 650 m-es mélységekben, illetve ezek között mértünk be. Az alaprajzok azt is lehetővé teszik, hogy minden egyes azimutra vonatkozóan függőleges értelmű ábrázolást is készítsünk. Az ábrán a metszetet keletnyugati irányban mutatjuk be. Ezen kívül az oldhatatlan üledék felső szegélyének mélysége is felismerhető, amely a vertikális értelmű mérésből adódik.

A mérőműszerrel nyert eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a földalatti üreg geometriájára kapott információk fontos útmutatásul szolgálnak a kilúgozási folyamat vezérlésére és kézben tartására vonatkozóan és egyidejűleg megfelelnek azoknak a követelményeknek, amelyeket a bányaműszaki-biztonsági dokumentációk a kilúgozással keletkező üreganyagokra vonatkozóan tartalmaznak.

#### IRODALOM

- [1] Bachman H.: Gelenktes Aussolen im Steinsalz, Bergakademie 18 (1966) 11, 659. old.
- [2] Neuber L.: Kalisalzgewinnung durch gelenktes Aussolen, Bergakademie 17 (1965) 11, 664. old.
- [3] Kahlert O.: Herstellung und Betrieb von Tiefspeichern für Kohlenwasserstoffe, Kernabfälle und Pressluft aus markscheiderischer Sicht, Mitteilungen aus dem Markscheidewesen 76 (1969) 4, 237. old.
- [4] Aranovic V. B.: Pribor dlja semki podzemnych kamer (Gerät zur Vermessung untertägiger Kammern), Isv. vyssh. uč. zaved., gorn. zurnal (1965) 9, 32. old.
- [5] Chisholm J. F. - Patterson C. D.: Sonar Caliper Simplifies LPG storage surveys., Petrol. Eng. 38 (1968) 1, 90. old.