

Szeizmikus kísérleti mérések az „AIR-GUN” rengéskeltő berendezéssel*

RUMPLER JÁNOS – SZILÁGYI LAJOS – VÁRKONYI LÁSZLÓ**

A szeizmikus módszer fejlődésének egyik jellemző vonása a robbantóanyag nélküli energiaforrások egyre szélesebb körű alkalmazása. Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemnek tehetőse nyílt arra, hogy az „air-gun” szárazföldi változatával az ország területén kísérleti méréseket végezzen, (a „Bolt” Associates Inc, USA cég berendezésével). A cikk ismerteti az air-gun működési elvét, főbb jellemző paramétereit és a kísérleti méréseket. Végül a hazai alkalmazási lehetőségeket foglalja össze.

За последнее время сейсмические источники невзрывного типа получают все более широкое распространение.

Геофизическое Предприятие Треста Нефтяной и Газовой Промышленности совместно с американской фирмой БОЛТ провело экспериментальные работы с источниками типа воздушный удар. В статье описан принцип работы источника, его главные параметры, методика полевых работ и дальнейшие возможности его практического применения.

In seismic prospecting it is characteristic to see the ever increasing use of non-dinamitic energy source for seismic signal generation. The OKGT Geophysical Exploration Company in cooperation with the Bolt Associates, Inc. of USA carried out field testing for data acquisition using land air-gun on Hungarian territory.

The paper contains descriptions of the air-gun signal generation system, some of the characteristic parameters as well as the results of the field tests. Finally, the possibility of routine use in Hungary has been discussed.

I. Bevezetés

Az utóbbi években világszerte terjed a szeizmikus kutatásban a nem robbantással működő hullámforrások alkalmazása. 1975 szeptemberében a „Bolt Associates Inc. USA”*** bemutató méréseket végzett az OKGT GKÜ-nél egy air-gun rengéskeltő berendezéssel. A bemutató mérések folyamán két rövidebb vonalszakaszt mértünk végig az air-gun-nal. E vonalszakaszokon robbantásos szeizmikus méréseket is végeztünk.

II. Az air-gun működéséről

Az air-gun hullámforrást eredetileg a tengeri szeizmikus kutatásnál alkalmazták. Később fejlesztették ki a szárazföldön is alkalmazható változatokat.

Az eljárás alapja: nagy nyomású (100 – 200 atm.) levegőt engednek ki a gun-t körülvevő vízbe. A felszabadult energia nyomáshullámként terjed a folyadékban.

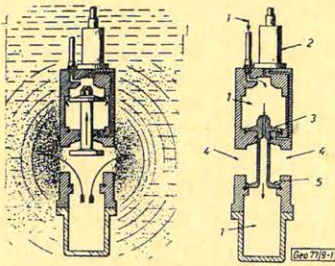
Működését az I. ábrán mutatjuk be.

A lövésparancsra a szerkezet felső részén elhelyezett szolenoid összenyitja a nagy nyomású levegő terét az edény oldalában levő furattal. A nagy nyomású levegő megüti és megemeli a kettős szelep felső szeleptányójának alját, ez indítja a levegő robbanásszerű kiáramlását, ami a típustól függően 1–4 ms alatt befejeződik és a feltöltés folyamata kezdődik előlről (2. ábra).

* Elhangzott 1976. ápr. 29-én az MGE Felsőfokú Geofizikai Szakosztályának ülésén.

** OKGT Geofizikai Kutatási Üzem Budapest

*** Az 1., 2., 3., 4. ábrákat a Bolt cég kiadványaiból vettük át.



1. ábra. Az air-gun működése
Jelmagyarázat: 1. Magas nyomású levegő.
2. Szolenoid szelep. 3. Indító szelep. 4.
Mozgó dugattyú. 5. Nyitó szelep.

Рис. 1. Схема действия установки
Обозначения: - 1. Воздух под высо-
ким давлением, - 2. Соленоидный
клапан, - 3. Пусковой клапан, - 4.
Движущий поршень, - 5. Открыва-
ющий клапан.

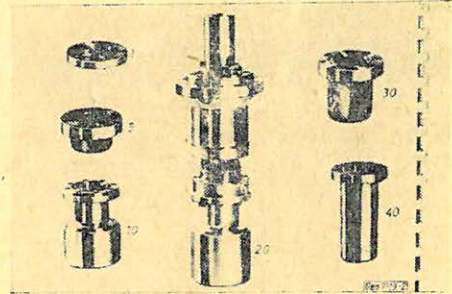
Fig. 1. Air-gun operation.

Legend: 1. High pressure air. 2. Solenoid
valve. 3. Triggering piston. 4. Fir-
ing piston.

3. ábra. A mérés 60 m mély vízben
történt, 140 atm. működési nyu-
mással. Az air-gun mélysége 9 m,
észlelési mélység 23 m.

Рис. 3. Замер произведенный в
водном резервуаре глубиной 60
метров, при рабочем давлении
в 140 атм., Глубина погружения
установки 9 м., глубина замера
23 метра.

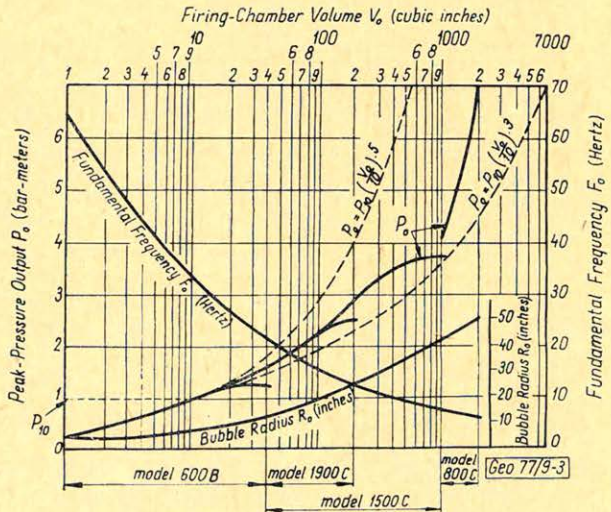
Fig. 3. The measurement took
place in water, its depth 60 M, ope-
rating pressure 140 Atm, air-gun
depth 9 M, hydrophone depth
23 M



2. ábra. A 600B típusú air-gun modell, és a
hozzá csatlakoztatható edények. A számok
az edény térfogatát jelzik in³-ben

Рис. 2. Модель установки типа 600 В с
присоединяющимися сосудами. Числа
означают ёмкость сосудов в кубических
дюймах

Fig. 2. Air-gun model 600B and firing cha-
mbers. Number denote chamber volume in cu-
bic inch.



A „Bolt” cég által kiadott leírások szerint a „gun”-nak négy alaptípusát gyártják, a 600B, 1900B, 1500C és 800B típusokat. Ezek alakjukban és mére-
tükben térnek el egymástól. A felsorolás sorrendjében növelhető a kimenő egy-
ségnyi energia. Az egyes típusokhoz változó méretű edények csatlakoztatha-
tók. Az edény méretének és a kimenő jel sajátosságainak összefüggését mu-
tatja a 3. ábra. Az ábrázolt görbék adott körülmények között történt mérés
alapján mutatják a csúcsfrekvencia, csúcsnyomás és a buborék sugarának
változásait az edény térfogatának növelése függvényében. A csúcsnyomás-

növekedés görbéjének méretéből látható, hogy a típustulajdonságok korlátot szabnak a hozzájuk csatlakoztatható edény méret-növelésének, mivel bizonyos ponton túl nem növekszik a csúcsnyomás.

A felsoroltakon kívül egyéb, nagyobb teljesítményű air-gun-ok is ismertek.

A tengeri szeizmikus kutatásnál a gun-okat néhány m -re a víz felszíne alatt helyezik el és ott történik a jelgerjesztés. Általában egyidejűleg több, különböző kimenő energiájú gun-nal dolgoznak, ezek súlyozott csoportosításával javítják a kimenő jel tulajdonságát.

A mocsaras, nehezen megközelíthető területen, ill. sekélyvízben történő mérésekre fejlesztették ki a *DHS* (Down-hole source) változatokat, amelyek az alaptípustól csak annyiban különböznek, hogy a speciálisan kiképzett kifúvó nyílások megakadályozzák az iszap és egyéb szennyeződések bekerülését a gun-ba.

Az *LSS* (Land seismic source) jelű változatok a szárazföldi méréseknél alkalmazhatók. Az előző változatoktól eltérően a gun-t körülvevő természetes vizet itt egy harangba töltött víz helyettesíti. Ebben a zárt térben történik a levegő robbanásszerű kiengedése. A víz és a talajra helyezett fémtalp között rugalmas, vastag műanyag lemez van. A kiáramló levegő hatása a vízen és a rugalmas lemezen keresztül megüti a talajra szorított fémlapot, ez adja át az energiát. Egy ilyen rengéskeltést „pop”-nak neveznek, a továbbiakban ütésnek fogjuk hívni (4. ábra).

A nálunk járt változat, az *LSS-3* típus, terepjáró gépkocsira volt szerelve. Össztömege (gépkocsi nélkül) kb. 2 tonna, ebből a mozgó rész 1,6 tonna. A szerkezet magassága 214 cm, átmérője 135 cm. A felszínnel érintkező felület 6600 cm^2 . A harangba egy 600B típusú air-gun van beszerelve 40 inch^3 -es edénnyel.

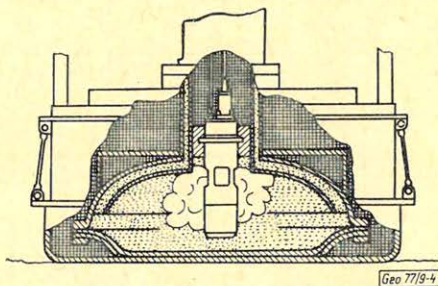
A szerkezetet a „Bolt” cég kiállította a 20. Geofizikai Szimpóziumon, fényképe megtalálható a *XVI. évf. 5. számában*.

A magasnyomású levegőt a gépkocsi motorja által meghajtott kompresszor állítja elő. A gun működéséhez $14-140\text{ atm}$. nyomású levegő szükséges. A harang térfogata 150 liter, amit egyszeri feltöltés után kb. 1000 ütésenként kell $5-10\text{ liter}$ vízzel utántölteni.

140 atmoszférás működési nyomással egy ütés kb. 800 mkp. energiát közöl a talajjal. Az indítójel és az ütés idejének eltérése maximálisan $0,25\text{ msec.}$ Két ütés között a szerkezet újbóli feltöltése miatt minimálisan 6 sec. -ot kell várni.

III. Terepi mérések

Két alföldi, mélyföldtanilag egymástól eltérő felépítésű területen végeztünk kísérleti méréseket. A felszínközeli rétegek felépítése a hullámkeltés



4. ábra. A szárazföldi változat működése

Рис. 4. Действие установки на суше.

Fig. 4. Operation of Land Seismic Source

szempontjából kedvező mindkét vonalon. A 0,5–1 m vastag termőtalaj alatt homokos agyag található.

Az *Fl-1* jelű szelvényt a flis aljzatú területen készítettük, Kisújszállás környékén. A pannon kori üledékek fekéje 1600–1800 m közötti mélységben található a szelvény mentén, ez 1,5–1,7 sec. körüli időértéknek felel meg.

Alatta 1–200 m vastagságú, miocén korú, többnyire vulkáni eredetű képződmény található. Ez települ a paleogén korú flisre, amelynek vastagsága nem ismeretes.

A *Sze-1* jelű szelvényt Fábiánsebestyén térségében mértük. A kiválasztott szelvényszakaszon a legmélyebb kijelölhető szint 3,2–3,3 sec körüli, feltehetően a paleozoós kristályos kőzetről származik, (kb. 5200 m-nek felel meg). Fölötte 2,8 sec-nál valószínűleg a mezozoós kőzetről származó reflexió található (kb. 4000 m). A pannon-miocén határ 2,4 sec-nál 3200 m körüli mélységnek felel meg.

A mérések paramétereit az *I. táblázatban* közöljük.

Szelvény	Hullámkeltés	Geofonköz	Offset	Fedés sz.	műszer típus
<i>Fl-1. robb.</i>	15 m 6 kg	50 m	25–1175	6×	DFS-IV
<i>Fl-1. A.G.</i>	10 11 22 11 10 50 m	50 m	25–1175	6×	DFS-IV
<i>Sze-1. robb.</i>	15 m 10 kg	60 m	2130–750	12×	DFS-III
<i>Sze-1. A.G.</i>	15 15 15 15 15 60 m	60 m	1770–390	12×	DFS-IV

A *DFS-III.* műszernél a szűrő áteresztési sávja 18–124 Hz, a *DFS-IV.*nél 12–124 Hz. A *Sze-1* robbantásos mérést 1974-ben készítettük, az *Fl-1*-en egyidejűleg végeztük a kétféle mérést. Az egy csoportban elhelyezett geofonok száma 24 volt, területi elrendezésben, 50, ill. 60 m-es vonalmenti bázissal. Az *Fl-1*-en 64 ütés összegével pótolunk egy robbantásos felvételt; elhelyezésük 50 m-es bázison a táblázat szerinti súlyozott elrendezésben. A *Sze-1*-nél a 75 ütest 60 m-es bázison, egyenletesen elosztva végeztük.

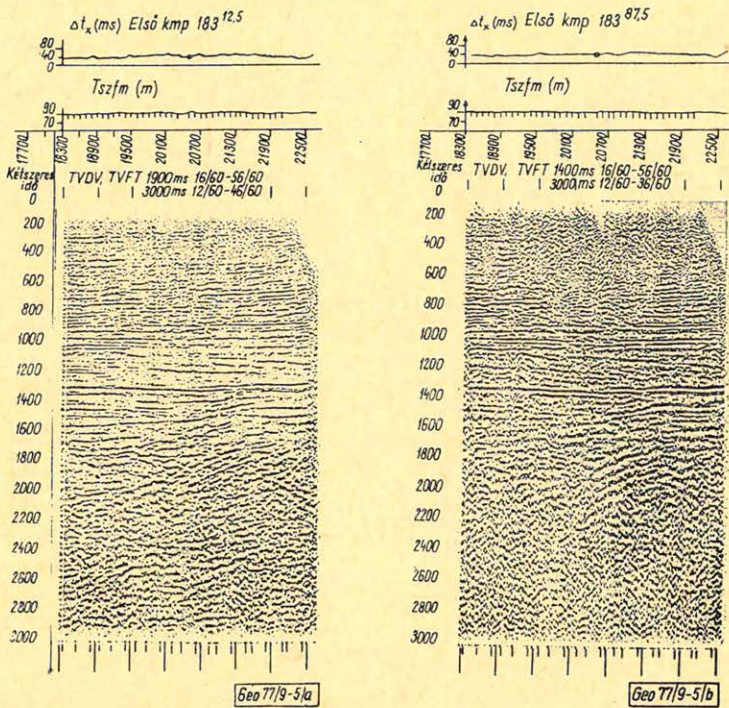
Mivel terepi összegzőnk nem volt, minden ütésből külön felvételt készítettünk. Ezek összegzését utólag a számítógéppontban végeztük el.

Az 5. és 6. ábra az *Fl-1* és a *Sze-1* jelű vonalak air-gun és robbantásos időszelvényeit mutatja be. A szelvényekből látható, hogy megfelelő feldolgozási műveletek alkalmazásával mindkét eljárással azonos eredményt értünk el a lehatolás és a jel/zaj viszony vonatkozásában.

IV. Az air-gun alkalmazhatósága a hazai szénhidrogén kutatásban

Az elvégzett kísérleti mérések alapján az alábbiakban foglalhatjuk össze tapasztalatainkat:

Két kedvező felszíni, de eltérő mélybeli felépítésű területen a robbantásos és az air-gun mérésekkel közel azonos értékű mérési eredményeket tudunk elérni.



5. ábra. Az Fl-1. szelvény robbantásos (a) és air-gun (b) változata

Рис. 5. Профиль Fl-1, наблюдаемый взрывным и воздушно-ударным методами возбуждения.

Fig. 5. The explosion (a) and air-gun (b) versions on profile Fl-1

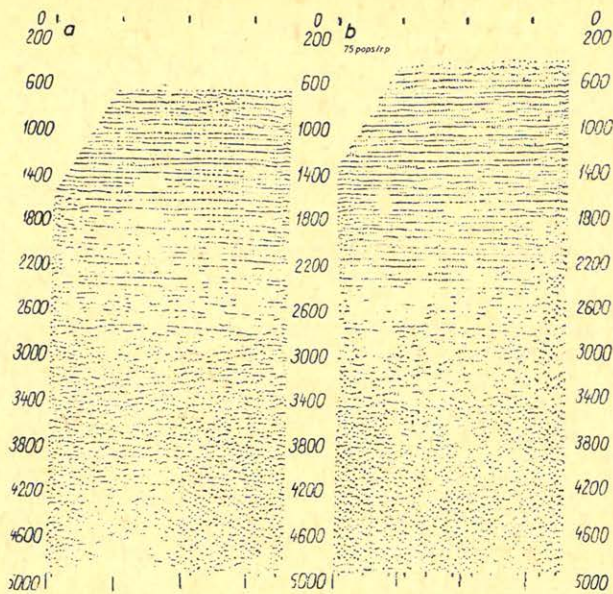
Figyelembe kell azonban venni, hogy az air-gun méréseknél nem használtuk ki maximálisan a lehetőségeket. A jel/zaj viszony javításának még vannak lehetőségei az ütések számának növelésével, az elhelyezésük bázis változtatásával, illetve súlyozásával, nagyobb teljesítményű air-gun használatával.

Több szerkezet szinkron üzemeltetésének nyilvánvaló előnyeit sem használhattuk ki. Megfelelő csoportosítással ugyanis a forrás-oldalon jelentősen javítható a jel/zaj viszony. Ugyanakkor a szükségesnél kisebb offsetek alkalmazásával a felszíni zavarhullámokat és a többszörös reflexiók hatását nem tudtuk kiküszöbölni.

Lazább felszíni felépítésű, ill. dombos területen nem végeztünk kísérleteket, így ilyen irányú tapasztalataink nincsenek. Hazai, szénhidrogénkutatásra alkalmas területeink nagyobb része a kísérletre kiválasztott területekhez hasonló felszíni felépítésű. Az elvégzett kísérletekből arra következtethetünk, hogy várhatóan e területeken megfelelő air-gun-paraméterekkel a robbantásos mérésekkel azonos értékű eredmény érhető el.

Az air-gun gazdasági, technológiai előnyei a robbantásos technikával szemben:

- Egy air-gun-nal felszerelt szeizmikus csoporttal (három vagy négy működő berendezéssel) legalább azonos teljesítmény érhető el, mint egy azonos számú fúróberendezéssel dolgozó robbantásos csoporttal.
- Hozzávetőleg azonos értékű berendezéssel jelentős anyag- és létszám-megtakarítással érhető el ugyanaz az eredmény. Robbantásos csoport-



6. ábra. A Sze - I. szelvény robbantásos (a) és air-gun (b) változata

Рис. 6. Профиль Sze - I, наблюдаемый взрывным и воздушно-ударным методами возбуждения.

Fig. 6. The explosion (a) and air-gun (b) versions on profile Sze - I

nál legalább 20 fő foglalkozik a fúrási –robbantási munkákkal, a három air-gun kezeléséhez 6 fő elegendő.

- Kezelése és működése egyszerű és üzembiztos, munkavédelmi szempontból is előnyösebb, kevesebb a baleseti forrás.
- Olyan területek is jobban megközelíthetők, ahol a robbantásos módszer biztonsági okokból nem alkalmazható.
- A robbantási munkákkal együttjáró környezeti ártalmakat az air-gun használatával elkerüljük.
- Költségnövekedés nélkül kivitelezhető az optimális területi forrás-elrendezés.
- Alkalmazásával lehetőség van különféle típusú három dimenziós szeizmikus mérések végrehajtására.

Az air-gun hátrányai:

- Laza felszíni felépítésű, dombos területen valószínű, hogy kisebb hatásokkal alkalmazható.
- Használata esetén szükséges a felvevőműszert terepi összegző egységgel kiegészíteni.
- Air-gun berendezések jelenleg csak tőkés importból szerezhetőek be.

Összefoglalva: az air-gun bevezetését hasznos lépésnek tartanánk a hazai szénhidrogénkutató szeizmikus mérések elkövetkező időszakában.

Szükségesnek tartjuk azonban megismerni az egyéb nem robbantásos, impulzuszerű jelet adó berendezéseket, amelyekről eddig főként csak irodalmi ismereteink vannak.