

# A KTB-mélyfúrás geológiai és geofizikai tapasztalatai

(J. K. DRAXLER előadásának összefoglalása)

*J. K. DRAXLER úr, a KTB-mélyfúrás egyik geofizikai, főleg mélyfúrási geofizikai vezetője az SPWLA Budapest-Chapter meghívására 1995. január 26-án előadást tartott a fenti címmel. Azok számára, akik nem tudtak jelen lenni, adjuk most ezt a rövid összefoglalást, és fejezzük ki köszönetünket ezúton is az előadónak.*

A KTB (Kontinentales Tiefbohrprogramm) nevű terv német állami vállalkozás, amelyet 1985-ben határozott el a német szövetségi kormány Kutatási és Technológiai Minisztériuma, kb. 10 éves időtartamra tervezve.

Különböző földtani-geofizikai megfontolások után a fúrást a bohémiai masszívum Ny-i szegélyére tűzték ki. Két kút lemélyítése szerepelt a tervben: egy 5000 m-es „előfúrás” (pilot hole), majd az „igazi” szupermély fúrás, 10–12 000 m mélységgel. A két fúrási pont egymástól kb. 100 m-re fekszik. Az első kút 4000 m-ben, a második 9101 m-ben fejeződött be.

Az előfúrás értelmében elsősorban az volt, hogy így a „magasabban” fekvő részeket jobban meg lehetett ismerni: a kis átmérő miatt jobb mérési eredményekre lehetett számítani, de sok olyan fúrási meg más tapasztalat szerzésére is nyílt így lehetőség, amelyeket a főfúrás során hasznosítottak. Ennek érdekében az előfúrás végig magfúrással mélyítették, igen jó, 98%-os magnyereséggel, 4” átmérőjű magokkal. Különleges öblítőiszapot alkalmaztak a magok és a furadék védelmére: a tisztán szervesetlen, szilárdanyag-mentes iszap csak részben vált be, mivel a kőzetre kifejtett jó hatása mellett a fúrócsőre korrózió hatást gyakorolt. Az előfúrás 3850 m-ig csővezték, az alsó, nyitott szakasz hozzáférhető maradt.

A szupermély fúrás mélyítéséhez külön berendezést és szerelvényeket (pl. függőlegesen tartó rendszert) terveztek, és alkalmaztak. A lyukat 3000 m-ig 16”-os, 6000 m-ig 13 3/8”-os beléscsővel csővezték le. Több fúrástechnikai gond (mentés, ferdítés) miatt 7784 m-ben tették le a 9 5/8”-os csövet, de 8730 m után nem sikerült a lyukat stabilizálni: 7 5/8”-os betétcső letétele vált szükségessé. Ezt követte a 6 1/2”-os fúrás a befejező mélységig. Fúrástechnikai kiegészítés még: a „függőlegesen tartó” rendszer 7400 m-es alkalmazásáig az eltérés a vertikálitól mindössze 6 m volt; lejjebb, ahol a hőmérséklet miatt e rendszer nem volt bevethető, az elferdülés nagysága 300 m körüli értéket ért el 45° irányban.

Az öblítőiszap bentonit-polimeres volt a nagyobb mélységekben (tehát 6000 m alatt), ahol a sósvíz beáramlás miatt barittal kellett a sűrűséget egészen 1,40 kg/l-re emelni. A végleges lyuktalpon a hőmérséklet 250 °C értéket ért el.

Még az előfúrás mélyítése alatt végeztek a területen egy 19 km x 19 km kiterjedésű 3-D szeizmikus mérést, kiegészítve az előfúrásban végzett VSP, offset-VSP, MSP mérésekkel, a nyíróhullámok regisztrálásával, melyeket azután összevetettek a főfúrás-

ban kapott VSP-adatokkal is. Amikor ezeket a szeizmikus adatokat összehasonlították a terület korábbi szeizmikus méréseivel, akkor több meglepetésben volt részük. Az ún. Frankiai vonal egy, az eddig becsültnél mélyebbre nyúló törérendszer: a Szász-Thüringiai vonal és Moldanubiai szintek egymásra tolódása sokkal bonyolultabb a vártnál.

A fúrólyuk-szelvényezés területén a végig kristályos kőzetekből álló rétegsorban nem várt nagyságúak voltak az SP-anomáliák. A jelenség magyarázatához nagy segítséget nyújtottak a helyszínen folyamatosan végzett kőzetvizsgálatok: grafit és pirit volt az a két ásvány, amely a jelenséget elsősorban okozta. Az okokat más mérések is megerősítették.

Az ellenállásmérés lényegében a dual-laterologból állt. Itt a szokásos mérőeszközöket használták, természetesen megfelelően hőállósított szondákkal (minden mérés egyébként „HL”, azaz Hostile Environment Speciflicated szondákkal készült). Feltűnő volt a mért rendkívül nagy fajlagos ellenállás: 400 000 Ωm értékek is előfordultak, ami az igen tömött, sűrű kőzettel magyarázható.

Alkalmazták az ARI jelzésű Schlumberger-eszközt is, amely lyukfal-képet ad, de mélyebb behatolású lévén inkább a távolabbi környezetet jelzi.

A hagyományosnak mondható microscanner két típusával végzett mérések sok jó képet adtak a lyukfalról, de hőmérsékleti korlátozottságaik miatt csak 6030 m-ig; nagyon szép dőlésértékeket is le lehetett olvasni az amfibolit-gneisz réteghatárokon. Bár a Schlumberger cég kifejlesztette a hőálló microscannert is (a KTB külön rendelésére), ezzel igazán sikeres mérést a lyuk állapota miatt nem tudtak végezni.

A nukleáris mérések a litológiai összetétel meghatározására irányultak. Ennek érdekében, ahol csak lehetett, mértek litho-density szondával, mélyebben pedig HL kivitelű sűrűségmérővel. Érdekes talán megemlíteni, hogy a mérőpapucs jobb felfekvése érdekében alkalmazták a „hort axis logging technique”-et, amikor is a szondát a bővületeknél olyan elhelyezkedésre készítetik, hogy az érzékelő mindig a rövid tengelyen helyezkedjék el. Ennek ellenére nehéz volt a 2,70 és 3,10 g/cm<sup>3</sup> sűrűségek között különbséget tenni az eszköz felbontóképessége miatt. A fúrás által harántolt paragneisz, hornblendegneisz, amfibolit, metagabbro, lamprofit és ezek különböző keverékei mind e sűrűség tartományba estek.

Eppen az említett kőzetekben erősen eltér a kompenzált neutronszelvény is az üledékekben szokásostól, feladata itt elsősorban nem az esetleges porozitás detektálása volt, hiszen a kőzetek mátrixporozitása sehol sem lépte túl az 1,5%-ot. Viszont a kőzetekben

meglévő neutronelnyelő ásványok a mészkőporozitás-skálán 8—20% porozításokat is adtak, elősegítve ezzel a litológiai értelmezést.

A nukleáris mérések csoportjában alkalmazták a geokémiai mérést, amely végeredményben a Schlumberger cég speciális spektrális mérőeszköze, és a következő elemek koncentrációjának meghatározására alkalmas: Si, Ca, Al, Fe, S, U, Th, K, Ti és Cd. E mérés értelmezésében figyelembe veszik az egyes elemek vegyületeit is, így lehet azután következtetni az ásványi összetételre, azt pedig össze lehet vetni a kőzetben (furaadékon) végzett elemzési eredményekkel, elsősorban a röntgenfluoreszcenciás mérés eredményével.

Igen érdekes eredményeket adott a német fejlesztésű elektro-fációs értelmezés. Ennel alapján az előfúrásban kapott mérési adatokat, értékeket dolgozták föl az ismert elektro-fációs elven, megkülönböztetve mintegy 32 kőzetfajtát. E módszerrel sikerült azután a mélyfúrásban az ott már igen kevés kőzetminta (furaadék) adatait kijavítani, kiegészíteni. Szintetikus feldolgozással sikerült a grafit, pirit, magnetit, hematit és pirrotit mennyiségi meghatározása. Alkalmazták végül a nukleáris mérések terén RYBACH László (Zürich) módszerét is a kőzetek hőtermelésének becslésére.

Új eszközként alkalmazták a mélyfúrásban a Schlumberger cég Dipole Shear Sonic Imager (DSI) eszközét, amellyel közvetlenül lehet mérni a formációk nyomás-, nyíró- és Stoneley-hullámainak sebességét, ill. futási időit. Ezek közül ismert módon használták az utóbbit a hasadékok detektálására. Az akusztikus mérések körébe tartozik a lyuktelevízió sikeres alkalmazása is, főleg a nyitott hasadékok kimutatásának területén.

Hőmérsékletet minden szelvényezéskor mértek a talpon. Az így kapott adatokból lehetett gradienst becsülni, s ez erősen eltért az előrejelzett értéktől: 22 °C/1000 m helyett 29 °C/1000 m gradienst kaptak, így adódott a végleges mérés kori 250 °C-os, még nem nyugalmi formáció-hőmérséklet 9084 m mélységben.

Néhány mérési kísérletre is sor került a befejező szelvényezéskor, annak ellenére, hogy csak több próbálkozás után sikerült szondával a legmélyebb elérhető pontig, 9084 m-ig lejutni (ennél mélyebben nem is tudtak mérni). E befejező mérés előtt — éppen a lejutási nehézségek miatt — az addigi lyukszakaszt 9031 m-ig betétcsővel „linerezték”, így az utolsó mérendő szakasz mindössze 53 m volt. Az említett kísérleteket a hullámképet is regisztráló szonikus, spektrális gamma, kompenzált sűrűség, műszaki adatok mérése — mint előírt program — után végezték. Előbb egy SP-REDOX felvétellel egészítették ki a felsoroltakat, majd egy érdekes, két-dipólos mérést végeztek el. Ennek során 40 km-es távolságban egészen 30 A-ig terjedő egyenáramot vezettek a talajba, és mindkét fúrás nyitott szakaszában potenciál változásokat és más jeleket észleltek. Az eredmények érdekességét az adja, hogy a két lyuk nyitott részei

— tehát kb. 4000 és 9000 m — között harántolja a fúrásokat a feltehetően jól vezető anyagokkal kitöltött Frankiai törésvonal síkja. A mért adatok kitérőek voltak, értelmezésük most folyik. A mélyfúrás a többi szelvény alapján 9057—9054 m között egy törésvonalat harántolt, a gneiszből és amfibolitból álló rétegsoron belül.

A mérésorozat után sikeres beáramlás-vizsgálatra került sor. Ezt nívóemelkedés jelezte, a beáramló fluidumból mintát nem tudtak venni. Befejezésül hidraulikus repesztést végeztek, és pedig rendkívüli körülmények között: szilárdanyag-mentes, 1,50 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű kalciumklorid-kalciumbromid oldattal, 23—53 MPa felszíni nyomásokat alkalmazva. Amíg a teljes, 200 m<sup>3</sup>-t kitevő folyadékmennyiség el nem nyelődött, összesen 300 szeizmikus beérkezést érzékelték a kb. 200 km-re fekvő Lipcse és Passau városokban lévő szeizmológiai észlelési helyeken. Ekkora volt a formációk felrepedésének hatása!

Földtani tekintetben a két fúrás sok meglepetést hozott. Bonyolultabbak a viszonyok, mint hitték. Igen érdekes a formációk dőlésének változása a mélységgel, és következtetéseket lehet levonni a tektonikai mozgásokra vonatkozóan is: alátolódások, felemelkedések fedezhetők fel. Feltehetően a meglévő kőzetfeszültségek okoztak fúrástechnikai nehézségeket, de érzékelhető volt a kőzetek — ez ideig nem ismert — érzékenysége édesvízre nagy hőmérsékleten és nyomáson. Ezt fokozta az iszaplepeny hiánya is.

A KTB műveleteihez különleges eszközöket fejlesztettek ki az egyes cégek. Elsősorban a speciális kábelt kell említeni: két darabból állították össze, az alsó 1500 m hosszú volt, kisebb szilárdsággal és átmérővel, de PTFE-szigeteléssel; a felső, erősebb kábel 9000 m hosszú volt, de kisebb hőállóságú szigeteléssel. A két kábel külön csörlődobon volt, művelet közben toldották össze gyorscsatlakozóval a két darabot.

A már említett mérőszondákon kívül alkalmaztak megszorulás-indikátort is, továbbá hőálló robbantósos csővágóra is szükség lehetett volna. A két végéről indított és így fókuszált hatású csővágót a híres svéd Bofors cég fejlesztette ki, és készítette el 260 °C hőmérsékletig. Német kialakítású volt a fluxgate-magnetométer és a redox-szonda. De említést tett az előadó az ELGI gerjesztett potenciált mérő szondájáról is, amellyel eredményes mérést végeztek az előfúrásban, de sajnos a befejező szakaszban a lyuk állapota és idő előtti csövezése miatt erre nem volt lehetőség.

A Schlumberger cég, amely a teljes mechanikus „capstan”-t tervezte és készítette, minden szükséges eszközzel készen állt a befejező mérésre is, de a szűk, 5 1/2”-os liner miatt a nagy hőállóságú litho-density és dual-laterolog bevetésére nem kerülhetett sor.

*Jesch Aladár*