

a hajtóművel fékezni kell. A fékezés leghelyesebb módja a villamos úton történő fékezés. Ilyenkor a forgóáramú aszinchron motor mint generátor fékez és a hálózatra visszatáplál. A villamos motor indulásnál a nyugvó súrlódások és a tömegerek legyőzésére természetesen pozitív nyomatókójt fejt ki és csak a teljes sebesség elérése után kezd fékezni. Éppen e miatt az indulási nyomatókók miatt a motort kellő óvatossággal kell ilyenkor méretezni és, ha fékezésnél kis teljesítményt is ka-

punk, a motort 15—20 lóerő teljesítményűnél kisebbre ne válasszuk.

Pozitív emelésnél a vontatási ellenállás értékét óvatosságból inkább nagyobbakra, lefelé szállításnál kisebbekre válasszuk.

A végtelen kötélű csilleszállítás pálya kialakításáról, a hajtó és feszítő állomás helyes telepítéséről, valamint az új, tipizált hajtóművek szerkezeti részleteiről későbbi közleményeinkben fogunk beszámolni.

Szerkesztőséghez érkezett: 1955. január 15.

A soproni Geodéziai és Geofizikai Munkaközösség Geofizikai részlegének közleménye

Víz kutatás elektromos módszerrel*

ÁDÁM ANTAL tudományos kutató

Адам Антал, научный исследователь:
ПОИСКИ ВОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.

A. Ádám, Wissenschaftlicher Forscher:
Wassersuchung mit elektrischem Verfahren

A. Ádám, scientific investigator:
Water prospecting by electrical methods.

A. Ádám, investigateur scientifiques:
Prospections de'eau par des méthodes électriques.

Fejlődő népgazdaságunk gyors egymásutánban az ipari létesítmények egész sorát hívja életre. Ezzel párhuzamosan új városok keletkeznek és a régiek lakossága is felduzzad.

Az ipartelepek, városok vízellátása komoly terheket ró a szakemberekre.

Az ember kutatási ösztöne mindig újabb és célravezetőbb eljárásokat keres feladatainak megoldásához. Természetesen legöszönbőbb szerepe a kutatásban a kényszerítő körülményeknek van. Ez utóbbi tényező vonja be a geofizikai kutató módszereket is és köztük elsősorban a *geoelektromos* eljárást a hidrogeológusok munkájába, a víz kutatásba. Az okra egy általánosítással világíthatunk rá: a nyersanyag kitermelése mindig a legkönnyebben hozzáférhető helyen indul meg és fokozatosan hatol a mélység felé. Hasonló a helyzet a víznél is. Sokszor egész városok (pl. Sopron, Szombathely) vízellátását a felszín közelében lévő, csapadékvizekből táplálkozó, talajvízes fiatalokú kavicsrétegre építették. Nyilvánvalóan a város fejlődésével, különösen aszályos évek után, komoly vízhiány jelentkezhet. Bővízű, állandóbb vízhozamú mélyebb rétegeket kell keresni, vagy kizárólag igen költséges mélyfúrással, vagy lényegesen olcsóbb geofizikai eljárással karöltve. A mélység felé átmenni megoldás nem mindenütt van, így ezeken a helyeken az előbbi eszközök és eljárások alkalmazása mindjárt kezdetben szükségessé válik.

A geofizikai víz kutatás jelentőségének szemléltetésére közlöm a Munkaközösség egyik statisztikai adatát. Az elmúlt másfél év alatt városok, ipari és mezőgazdasági üzemek kb. 5—6 esetben keresték fel Munkaközösségünket, hogy egészen kis hozamú kutaktól egész városok vízellátását biztosító víztermelő hálózat telepítésével kapcsolatban szakvéleményt kérjenek tőlünk mérésaink alapján. Kéréseiknek túlmunkaként örömmel tettünk eleget, — bár a víz kutatás nem volt akadémiai témánk, — *minthogy geoelektromos felvételekben a víz*

megjelenési formáinak tisztázásától a karsztvíz probléma megoldásában jelentős segítséget vártunk.

Az elektromos víz kutatás a közvetett geofizikai eljárások közé tartozik, tehát víztárolásra alkalmas réteget, szerkezetet keres és ritkán közvetlenül vizet.

A kutatás műszertípusának ismertetéseként a Munkaközösség berendezését vázolom, amely mind a Szovjetunióban, mind a nyugati államokban egyaránt jól bevált. Alapműszere 2 db 3×10^{-7} A érzékenyséű galvanométerrel ellátott Schlumberger-féle potencióméter. Áramforrása száraztelep, 12 V-os akkumulátorral táplált vibrátor stb., amelyeknek áramát kettős kommutátorral kis frekvenciájú szögletes váltóárammá alakítjuk át, hogy a természetes potenciál (PS) zavaró hatását kiküszöböljük mérésainkból. Elektrodák gyanánt felszíni ellenállásmérésnél acélrudak szolgálnak. Párhuzamos természetes potenciálmérésnél szondáknak polarizációmentes elektrodákat használunk. Fúrólukszelvényezésnél pedig kábelszondával dolgozunk (állandó elektrodátávolság).

Mérési eljárás a felszíni ellenállásmérés (szondázás) és elektromos fúrólukszelvényezés jól ismert módszere. Mindkét eljárásnál két elektrodán (AB tápelektroda) keresztül áramot vezetünk a földbe és két másik elektrodán (M, N szonda) mérjük az árambevezetés folytán létrejövő feszültségesést és az áramerősséget. Ohm törvénye szerint az összetartozó feszültség (ΔV) és áramértékekből (I), és az elektrodák geometriai elrendezésétől függő ún. távolságtényezőtől (k) számítható a geológiai vezetők látszólagos fajlagos ellenállása: $\rho = k \frac{\Delta V}{I}$.

Felszíni ellenállásmérésnél a geometriai elrendezés változtatásával növelhető, illetve csökkenthető a behatolási mélység, tehát ilyen módon megállapítható a vertikális rétegszelvény. Ebben a víztároló és vízrekesztő rétegek fajlagos ellenállásuk alapján szétválaszthatók, illetve a víztároló réteg jelenléte kimutatható. A több különböző, de állandó elektrodátávolsággal dolgozó elektromos fúrólukszelvényezés a szondázási görbék értelmezéséhez tájékoztatást ad a terület közeteinek fajlagos ellenállásáról.

Ki kell hangsúlyozni, hogy a geoelektromos mérés a víz kutatásnak csak egyik segédeszköze. Teljes megoldást csak a kutatófúrásokkal jól alátámasztott geológiai megfontolások és a geofizikai mérések láncszerű alkalmazása adhat. Rendszeres elektromos víz kutatásaink vázlata egy nagyobb víztermelő hálózat létesítésénél a következő:

I. Geológiai feltáratlan területen

1. Előzetes geoelektromos méréssel néhány pontban meghatározzuk a vertikális rétegszelvényt (elektromos szondát) és a kőzeteknek az irodalomban található, illetve mérési gyakorlatunkból ismert fajlagos

* Szerző előadta az 1953. november 27—28-án Sopronban, a Műszaki Egyetemen megtartott Geofizikus ankéton.

ellenállásértékei alapján eldöntjük, hogy a rétegsorban elektromosan jelentkezik-e víztároló réteg. Ez utóbbi igen bonyolult feladat, minthogy egy réteg fajlagos ellenállása jelentősen eltorzulhat a felette települő rétegsor hatására. — A Hummel-féle látszólagos fajlagos ellenállás fogalmára szeretnénk csak hivatkozni. — Következtetésünk tehát könnyen hibás lehet.

2. A legkedvezőbbnek talált mérési pontban lemélyítünk egy kutató-fúrást. Ezzel meggyőződünk feltevéseink helyességéről s ugyanakkor hidrológiai vizsgálatokat is végzünk (próbaszivattyúzás, homokelemzés, a víz biológiai és kémiai vizsgálata stb.) Szerencsés esetben a kutató-fúrás kúttá építhető ki.

3. Majd elektromos fúrólyukszelvényezéssel meghatározzuk a fúrási szelvény közeleinek fajlagos ellenállását és pontos rétegazonosítást végzünk az elektromos szondában, azaz megállapítjuk, hogy a szonda

II. Geológiai feltárt területen

tehát ott, ahol legalább egy-két mélyfúrás geológiai szelvénye rendelkezésünkre áll, az ismertetett munkamenet annyiban egyszerűsödik, hogy a tájékoztató méréseket a fúráskor mellett már nagyobb biztonsággal értelmezhetjük. Itt is célszerű azonban egy kutató-fúrást lemélyíteni és elektromosan szelvényezni részben a tökéletesebb rétegazonosítás, részben pedig hidrológiai adatgyűjtés végett. A továbbiakban a munkamenet hasonló az előbbihez.

Meg kell említeni, hogy az elektromos ellenállás-mérés szelektív képessége a mélység felé, egy bizonyos határon túl, a látszólagos fajlagos ellenállás fogalmából kifolyólag csökken és használhatósága nagy árambetáplálási vonal mellett jelentős áramszükséglettel lép fel.

*

A következőben két gyakorlati példán fogom bemutatni, hogy az ismertetett általános kutatási irányelvek, hogyan egyszerűsödnek, illetve bonyolódnak a helyi viszonyoknak és az adott feladatoknak megfelelően.

1. Egyik üzem megbízásából meg kellett vizsgálni a gyár kútjainak közvetlen környezetét és megadni, hogyan növelhető a kútak vízhozama.

A kútak geológiai viszonyait, geológiai szelvényük hiányában a gyár távolabbi környékén végzett kutató fúráskor alapján a következőkben foglaltuk össze:

A kútak változó vastagságú diluviális homok- és kavics-rétegek vízből táplálkoznak. Ez a képződmény 2—3 m-es humuszból és agyagos löszből álló fedőréteg alatt helyezkedik el. A vízzáró réteg nagy vastagságú tortonkorú bádeni agyag.

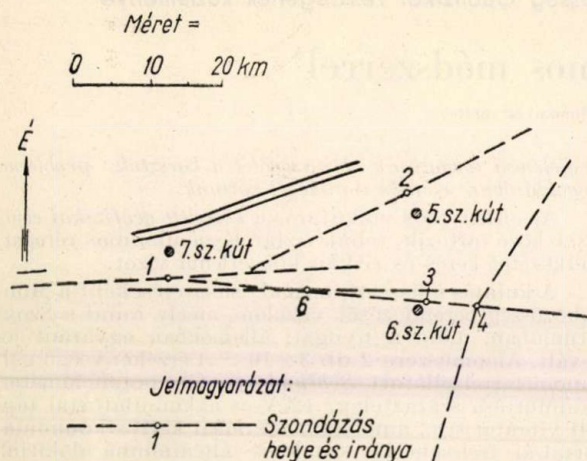
A geofizikai mérések feladata a geológiai kép alapján nyilvánvaló volt. Meg kellett határozni a változó vastagságú víztároló réteg esetleges kivastagodásának a helyét és a záróközet lejtési viszonyait.

A cél érdekében a kútak körül hat pontban végeztünk elektromos szondázást és ötelektródás rétegdőlés-mérést (1. ábra).

Az ellenállásgörbék értelmezéséhez az 5-ös számú kút tisztítási kotralékából vett közetminták (diluviális homok és kavics, bádeni agyag) szolgáltak alapul. Megállapítottuk, hogy a víztároló és záróközet fajlagos ellenállása között nedves állapotban kb. egy nagyságrend különbség van (vízzel telített agyag 11 ohm-méter, nedves kavics 90—120 ohm-méter).

A szondázási görbék réteghatárt jelző tetőpontjai (félkvantitatív kiértékelésnél) és a Tagg-módszerrel végzett számítások arra utaltak, hogy az 5-ös és 6-os

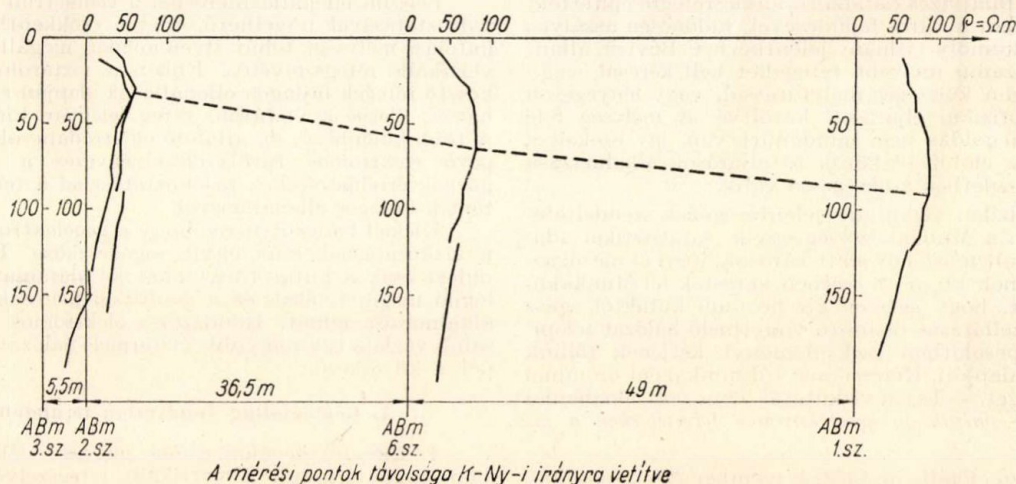
számú gyári kútak közelében a vízzáró réteg $\left(\frac{AB}{3}\right)$ mélységértékkel számolva 12—15 m-re van a felszíntől. A 7-es számú és az előbbi két kút közötti szondázás szerint a réteghatár a felszíntől 20—24 m-re tolódik el. Ez



1. ábra. Térképvázlat a mérési pontokról

különböző ellenállású rétegeinek valóban milyen közet felel meg.

4. Utolsó feladat víztároló réteg kiterjedésének, továbbá a vízzáró közetnek, a rétegvíz folyási irányára nézve döntő lejtési viszonyainak tisztázása és ezek eredményeképpen a kútak telepítésére legkedvezőbb fúrási helyek kijelölése. Ezt a feladatot szabályos szondázási hálózattal, vagy a víztároló és vízzáró réteg mélységeinek megfelelő behatolású elektromos szelvényezéssel és rétegdőlések tisztázásával az irodalomból ismert rendszeres ötelektródás szimmetriaméréssel oldhatjuk meg. Amennyiben a vízzáró közet a nagyellenállású alaphegység, mint pl. Sopronban, dombozati viszonyainak letapogatása esetleg sokkal egyszerűbben történhet tellurikus mérésekkel. (Célszerű lenne a jövőben kikísérletezni.)



A mérési pontok távolsága K-Ny-i irányra vetítve

2. ábra. Elektromos szondázás egy gyár környékén

a jelenség érvényesül a 7-es számú kút mellett végzett szondázásban is, ahol a réteghatár még mélyebbre kerül. Rétegdőlés-vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a víztároló réteg ezen kihasadásának megfelelően a bádeni agyag felszíne nyugatra lejt az 5,6 számú kút vonalától a 7 számú kútig. A 7-es sz. kút közelében a kutak közötti szondázás szerint a lejtő (bádeni agyag lejtése) elaposodik, majd enyhe keleti dőlésbe megy át. Tehát a víztároló réteg a 7-es számú kútnál a legnagyobb vastagságú és a földalatti vízáramlás is a kút tároló teknője felé irányul. A feltételezett lejtési irány ellenőrzésére a 6-os számú kúttól K-re 20 m-re kb. É—D-i irányban szondáztuk és ötelektródás módszerrel megállapítottuk, hogy É—D-i irányban az ellenállásviszonyok szimmetrikusak (2. ábra).

Ezeket a megállapításainkat alátámasztotta a kutak tanulmányozása is. Az 5-ös számú kút 11 m mélyen lévő talpáról már bádeni agyaggal kevert kavicsot hoztak felszínre a kút tisztításakor. Ezzel szemben a 7-es számú kút a felszíntől 13 m-re beépített esővekből nyeri a vizet.

A víztároló réteg lehatárolása céljából méréseket végeztünk a gyártól DNY-ra kb. 400 m távolságban lévő réten. Az ellenállásgörbéből jól látható, hogy a víztároló réteg itt a felszín alatt kis mélységben helyezkedik el, tehát a medence ebben az irányban lehatároltnak tekinthető.

Következtetés

A vízhozam növelése érdekében célszerűnek látszik a 7-es számú kút lemélyítése a vízzáró bádeni agyagig és a mérési eredményekből kapott lejtési irányra merőlegesen (É—D irány) kb. 10—10 m-es drainage-eső lefektetése. Ezt a réteg vízszegénysége indokolja, amire a víztároló réteg látszólagos fajlagos ellenállásának a

vízhez (15 ohm-méter) viszonyított nagy értékéből következtetünk.

2. Sokkal összetettebb viszonyokkal kellett megküzdenünk egyik város vízművének fejlesztésénél. Feladatunk a vízmű bővítésének geológiai alapját képező levantei korú homokréteg kiterjedésének, vastagságbeli változásainak meghatározása volt.

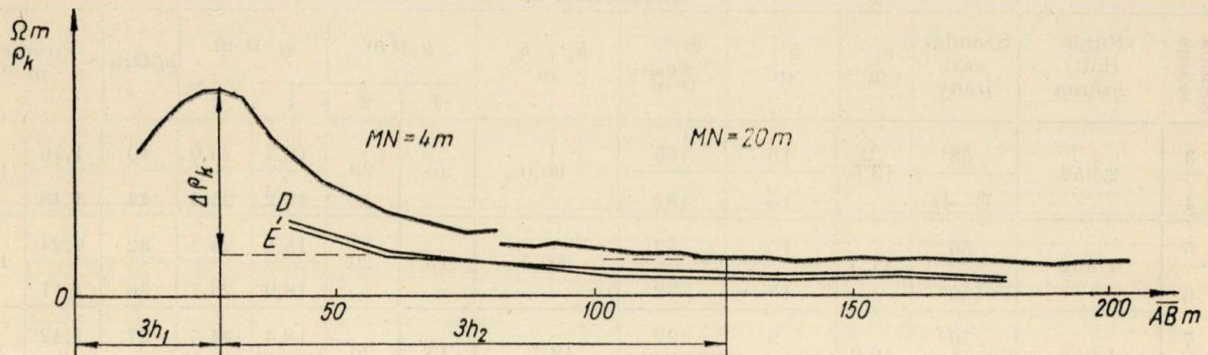
A területen már korábban néhány kutatófúrást mélyítették le, tehát tájékozó méréseinket ezek mellett végezhetjük.

A tájékozó mérések kiértékelése

Elektromos szondáinkban, egy kivételével, az általában 30 és 60 m mélységben települő levantei homokréteg önálló réteggént nem jelentkezett (3. és 4. ábrák). Tényleges okát a fűrőlyukszelvény hiányában megadni nem tudjuk. Valószínű magyarázata az, hogy kérdéses homok fajlagos ellenállása a felette és alatta települő homokos agyagok fajlagos ellenállásával közel azonos, részben az említett képződmények elhomokosodása, részben a kérdéses levantei homok vízbősége folytán.

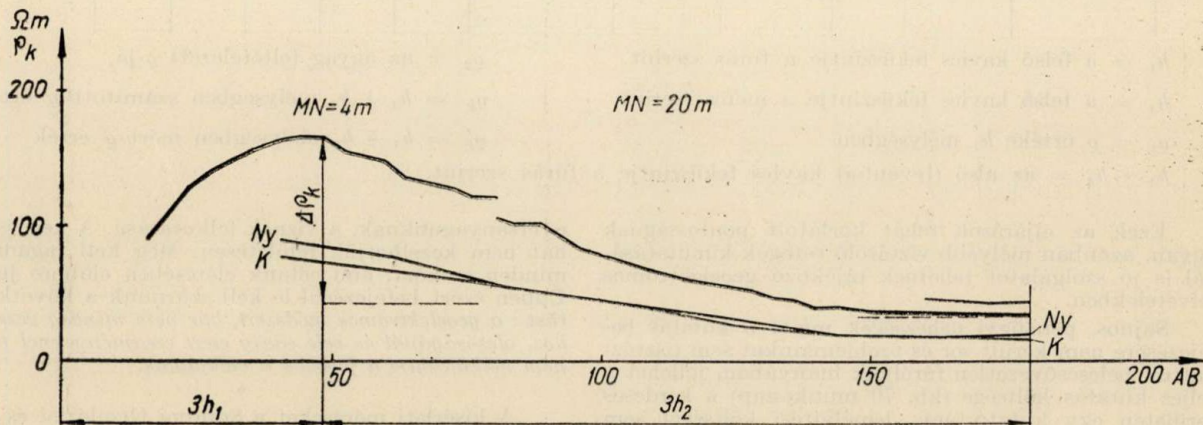
A réteg közvetett úton való meghatározásánál felvetődött a talajréteg alatt húzódó pleisztocén folyókavicsot és a kritikus levantei homokot lerakó folyók mederkonkordanciájának kérdése. A konkordanciát a folyó szakasz-jellegének változásával magyarázhatjuk. Ha két folyó sodorvonalra és partvonalra közel azonos helyzetű volt, az elektromos szondázási görbékben jól jelentkező felső kavicsréteg alapján kijelölhető az alsó víztároló réteg víztermelésre legalkalmasabb szakasza (sodorvonal), továbbá a víztároló kiterjedését is körvonalazni lehet.

A munkahipotézis alapját a következő megállapítások képezték: Az 1. 2. 3. 4/952 próbafúrások közül az 1/952 fúrást víztermelés szempontjából meddőnek talál-



3. ábra. Elektromos szondázás az 1/952 sz. fúrás mellett. Irány: 165° (345°)

$$\text{Grad}_m^{-1} = \frac{\Delta \rho'_k}{\rho_1} \cdot \frac{100}{h_2} = 2,55 \quad \rho_k \text{ mért} - \rho_k \text{ számított} = 27 - 25 = 2 \Omega \text{ m.}$$



4. ábra. Elektromos szondázás a 2/952. sz. fúrás mellett. Irány: 58° (238°)

$$\text{Grad}_m^{-1} = \frac{\Delta \rho_k}{\rho_1} \cdot \frac{100}{h_2} = 1,76 \quad \rho_k \text{ mért} - \rho_k \text{ számított} = 44 - 26 = 14 \Omega \text{ m.}$$

ták. Ugyanitt a levantei homokréteghez hasonlóan vékony a felső kavicsréteg is. A 2/952 és 3/952 fúrásokban az említett két réteg együtt éri el legnagyobb vastagságát. Az ötelektródás dőlésmérések is a felső kavicsrétegnek az előbbi két kút környékén való koncentráldására utalnak. — Minthogy pár mérésből törvényszerűséget leszűrni nagy merészség lett volna, szükségesnek látszott a terület más részeinek átvizsgálása is. — A mérések nem jártak kedvező eredménnyel.

A szondázási görbék kiértékelésénél megkíséreltünk két új eljárást felhasználni az alsó homok jelenlétének kimutatására.

Az első eljárás Kirchhoff törvényét alkalmazza geológiai vezetőkire és összefüggést ad két réteg esetén a rétegek fajlagos ellenállása és vastagságuk, továbbá a látszólagos fajlagos ellenállás között a rétegek együttes vastagságának megfelelő mélységben:

$$\frac{h_1 + h_2}{\rho_k} = \frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2}$$

Ebből kifejezve ρ_k -t meghatároztuk a látszólagos fajlagos ellenállást a levantei homok feküjének szintjében. Első rétegnek a talaj és pleisztocén kavics komplexumát, másodiknak pedig az agyagot választottuk. Az agyag fajlagos ellenállását $\rho_2 = 15$ és 20 ohm-méterben vettük fel, minthogy fűrőlyukszelvényezést beléscsövezetelen fűrőlyuk hiányában végezni nem tudtunk. $\rho_1 =$ a felső réteggel komplexum látszólagos fajlagos ellenállása a komplexum és az agyag határán. Ha összehasonlítjuk a számításból kapott ρ_k -t ugyanazon mélységhez tartozó mérési adattal, a különbségből következtethetünk az agyagba települő levantei homok jelenlétére.

A másik eljárás az ellenállásgörbe geometriáján alapszik. Lényege abban áll, hogy a felső réteg-komplexum és a levantei homok feküjének mélységértékei között számítjuk a görbe egységnyi hossza eső százalékos ellenállásnövekedését (gradiensét), feltételezve, hogy a két réteg közötti átmeneti szakasz az ellenállásgörbén lineárisnak tekinthető. A gradiens nagysága arányos a réteg elagyagosodásával. Minél agyagosabb a felső komplexum alatti rétegsor, annál gyorsabban veszi fel a látszólagos fajlagos ellenállás az agyag fajlagos ellenállását.

Az ismertetett két közelítő kiértékelési eljárás nem vezetett teljesen eredményre. Pl. az 1/952. próbafúrás szondáinál Kirchhoff törvényét alkalmazva a számított és mért érték között mindössze 2—3 ohm-méter különbség a rétegsor erősen agyagos jellegére utal. Ugyanezt mutatja a nagy gradeins érték is. Tehát itt a módszerek beváltak. Hasonlóan szép eredményt adnak a 2, 4/952, III/1948 próbafúrásoknál is. A fúrási és víztermelési adatokkal ellenkező jellegre utal a Központi Vízművek kútjainál végzett szondázások kiértékelése. A Központi Vízművek mélyfúrású kútjaiban nincs határozott alsó víztároló réteg. A kutak kis vastagságú pár m-es homoklencséből táplálkoznak. A rétegsorban ugyanakkor az agyagok erősen elhomokosodtak. Minthogy a fenti kiértékelési eljárások az egész réteggel komplexum együttes hatását vizsgálják tisztá képet csak akkor nyújtanak, ha a rétegsorban keverék rétegek, tehát agyagos homokok és homokos agyagok minél kisebb mértékben vannak képviselve. Ezért került ellentmondásba a Központi Vízműveknél a fúrási, illetve víztermelési adatokkal a geofizikai kiértékelés eredménye (1. táblázat).

1. táblázat

Kiértékelési ív

Szonda száma	Fúrás (kút) száma	Szondázási irány	h_1 m	h'_1 m	$\rho_1 = \rho_{k \max}$ Ω m	$h_1 + h_2$ m	$\rho_2 \Omega$ m		$\rho_k \Omega$ m		$\rho'_k \Omega$ m	Gradiens m^{-1}
							1	2	1	2		
3	2/952	58°	13,5	16	166	60,0	15	20	19,7	26,0	40	1,76
4		É—D		15	132				19,2	25,4	44	1,48
5	4/952	55°	11,5	15	72	60,5	15	20	18,8	24,2	32	1,24
6		150°		13	72				18,0	23,7	36	1,11
7	1/952	70°	10,0	9	132	42,5	15	20	18,4	24,5	27	2,42
8		165°		10	156				19,0	25	27	2,55
13	Központi Vízművek kútjainál	65°	120	15	145	I. sz. kút alapján 69,0	15	20	18,5	24,6	40	1,34
14		152°		13	140				18,2	24,0	40	1,27

h_1 = a felső kavics feküszintje a fúrás szerint

h'_1 = a felső kavics feküszintje a mérés szerint

$\rho_1 = \rho$ értéke h'_1 mélységben

$h_1 + h_2$ = az alsó (levantei) kavics feküszintje a fúrás szerint.

ρ_2 = az agyag feltételezett ρ -ja

$\rho_k = h_1 + h_2$ mélységben számított ρ érték

$\rho'_k = h_1 + h_2$ mélységben mért ρ érték

Ezek az eljárások tehát korlátozott pontosságúak ugyan, azonban mélyebb víztároló rétegek kimutatásánál is jó szolgálatot tehetnek tájékoztató geoelektromos felvételekben.

Sajnos, pénzügyi nehézségek miatt a kutatás befejezésére nem került sor és problémáinkat sem tisztáztuk beléscsövezetelen fűrőlyuk hiányában, jöllehet a teljes kutatás költsége (kb. 70 munkanap) a kérdéses területen egy kutató-fúrás lemélyítési költségét sem haladta volna meg.

A második példa különböző kísérleteivel nagyon jól szemlélteti, mennyire sokrétűvé válhat és milyen elmélyedő megfontolásokat igényelhet nélkülözhetetlen

nyersanyagunknak, a víznek felkutatása. A kérdést tehát nem kezelhetjük felületesen. Meg kell ragadnunk minden eszközt, ami célunk elérésében előbbre juttat. Éppen ezért befejezésül le kell szűrünk a következtetést: a geoelektromos módszert, bár nem mindig vezet célhoz, olcsóságánál és vele eddig elért eredményeknél fogva, nem nélkülözheti a jövőben a vízkutatás.

*

A kísérleti méréseket a Soproni Geodéziai és Geofizikai Munkaközösség ellenállásmérő csoportja (Auer Vilmos, Csókás János, Feigly Béla, Wallner Ákos és a Szerző) végezte.