

HORDOZHATÓ KONDUKTOMÉTER ÉPÍTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA A HALLGATÓK HIDROLÓGIAI, ÖKOLÓGIAI ÉS HIDROBIOLÓGIAI GYAKORLATAIN

TÓTH GÉZA

Közlésre érkezett: 1968. okt. 15.

Bevezetés

A főiskolai hallgatók gyakorlati munkájában sokoldalúan felhasználható, de a kereskedelemben nem kapható, hordozható konduktométer házi kivitelezését és alkalmazási területeit kívánom ismertetni.

A műszeres vizsgálatok mind nagyobb szerepet játszanak a kutató és a gyakorlati munka minden területén.

A nap mint nap nyilvánosságra kerülő újabb tudományos felismeréseket a gondolkodó ember a nagyteljesítményű műszerek, mérőeszközök segítségével éri el.

Ma a technika, a műszerek, gépek korában feltétlenül szükséges a lehetőségekhez mérten korszerű műszerezettséget biztosítani a szaktárgyak gyakorlati oktatásában. Nemcsak bemutatni, hanem dolgoztatni is kell a hallgatókat szaktárgyuk alapvető műszereivel, mérőeszközeivel. Célul kell tűzni, hogy otthonosan mozogjanak közöttük, szerezzenek alapvető jártasságot a műszeres mérés, a bonyolultabb vizsgálati eljárások megoldásában. Ehhez nagyszámú, sokoldalúan felhasználható, viszonylag olcsó mérőeszközökre van szükség.

Szem előtt kell tartani, hogy a műszerek és módszerek egy része sokszor egészen rövid időn belül elavulnak, korszerűtlenné válnak. Ami tegnap jól használható volt, az ma nem biztos, hogy megfelel a gyorsaság, a megbízhatóság és pontosság követelményének. Így a hallgatói gyakorlatok anyagát, eszközeit is felül kell időnként vizsgálni. Minden évben újabb eszközök, jobb módszerek bevonásával kell az igen fontos gyakorlati munkát lebonyolítani.

Ezeknek a gondolatoknak a jegyében kívánom ismertetni a műszert, mint a földrajz szakos hallgatók gyakorlati munkáiban széleskörűen alkalmazható, ugyanakkor a hidrológiai kutatómunkában is jól felhasználható mérőeszközt.

A műszer feladata, műszaki adatai, kapcsolási rajza, működési elve

A műszer hig oldatok fajlagos ellenállását méri ohm cm-ben. A mérések feldolgozásánál azonban előnyösebben használhatjuk a fajlagos vezetőképesség értékét. A fajlagos vezetőképesség a fajlagos ellenállás reciprok értéke. Így műszerünket joggal nevezhetjük konduktométernek, azaz vezetőképesség mérőnek is. Sőt, ha ionkoncentráció mérőnek nevezzük, akkor is igazat mondunk. Ez utóbbi azonban kevésbé találó, mivel az ionkoncentráció csak ellenállás, illetve vezetőképességi értékekben fejezhető ki. Kétségtelen, hogy mindkettő az ionkoncentrációtól függ, de az oldatban levő ionok mennyiségéről legfeljebb közelítő értéket kaphatunk méréseink során megfelelő átszámítás után.

A földrajz tanszék részére megépített készülék főbb műszaki adatai a következők:

A készülék méretei: 165x125x60 mm a műszerfalat borító fedőlappal együtt.

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Súly: tartozékok nélkül | 800 gr |
| Tartozékok súlya: | 300 gr |
| A telep feszültsége: | 4,5 volt |
| Méréshatár: | 100—10 000 ohm cm fajlagos ellenállás |
| Méréspontosság: | 1 ohm cm fajlagos ellenállás |

A készülék a műanyag műszerházból 6 db csavar meglazításával kiemelhető.

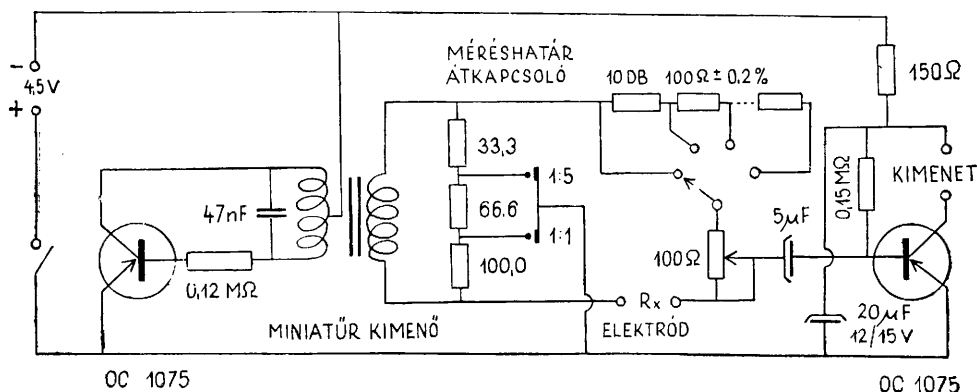
Alkalmazott elektród:

„Radelkisz OK—902” jelzésű gyűrűs platina harangelektrod.

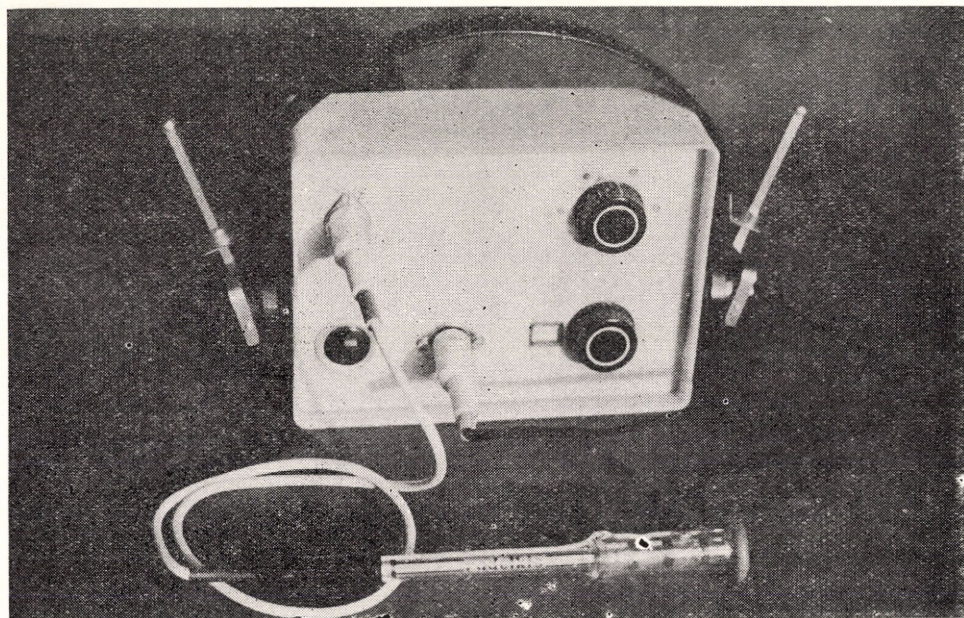
Tartozékok: 1 db fejhallgató,
1 db hordtáska.

1 db egybeépített gyűrűs platina elektród tokkal,

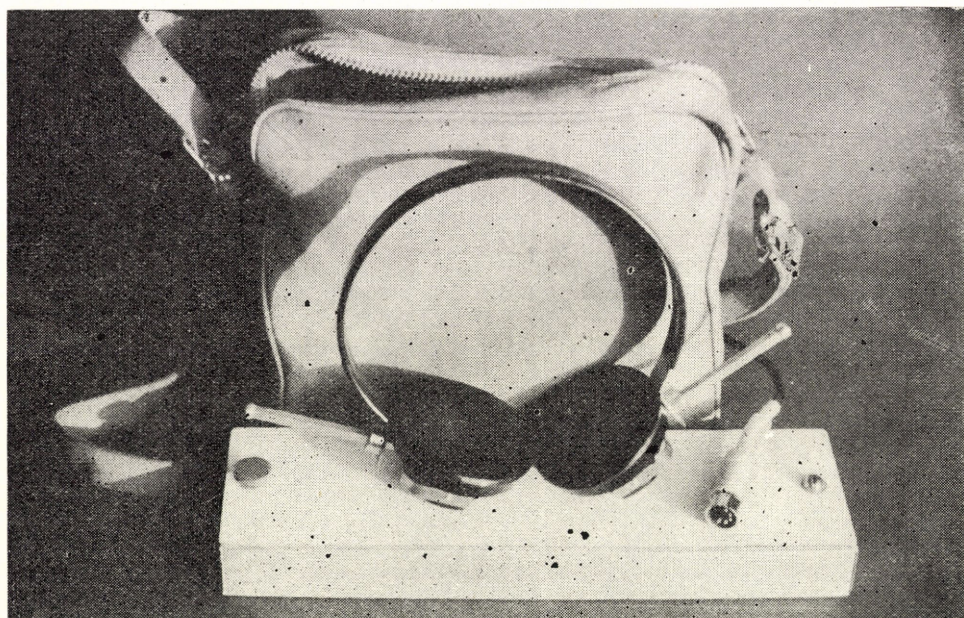
Mielőtt rátérnék a műszer működési elvének ismertetésére, közlöm a műszer kapcsolási rajzát (1. ábra).



1. ábra A műszer kapcsolási rajza



1. kép
A készülék mérésre kész állapotban



2. kép
A készülék hordtáskában, tartozékaival

A közölt kapcsolási rajzhoz a következőket kell megjegyezni:

A szereplő ellenállások 0,1 wattosak.

A 10 db 100 ohmos és a méréshatár átkapcsolónál levő 33,3 ohmos a 66,6 ohmos, valamint a 100 ohmos ellenállások magnaninból bifilárisan tekercselve készülnek. (A magnanin tulajdonsága, a hőmérséklettől független ellenállási érték.)

A rezgőköri 47 nF kondenzátor szükség szerint változtatható, a kb. 1 kHz körüli frekvencia beállításához. A legbiztosabb jelalak (oszilloszkópon nézve) érdekében a 0,12 M ohmos bázisellenállás értéke is megváltoztatható.

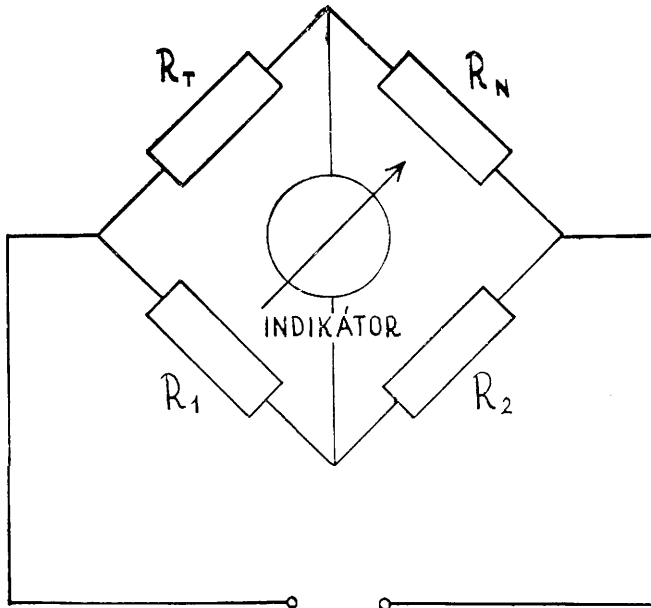
A gyűrűs platina elektródákat célszerű egy öt pólusú magno csatlakozóval a készülékhez kapcsolni. Ezzel, egyben a készülék energiaforrását is ki-be kapcsolhatjuk. Ugyanis a bedugó fennmaradt három szabad pólusa közül kettőt összekötünk, ami zárja a készülék áramkörét az elektródák bedugásakor. Így az elektródák csatlakozóinak a behelyezése és a készülék üzembe helyezése egy mozdulattal és egy pillanatban történik.

A készülékhez „Radelkisz OK—902” jelzésű gyűrűs platina harang-elektrodát használunk.

Indikátort a kimenethez csatlakoztatjuk.

A mérőműszer működésének elve a Wheatstone hídra épül (2. ábra).

A híd tulajdonképpen két feszültségosztóból áll. Ha R_1 és R_2 ugyanolyan arányban osztja a tápfeszültséget, mint R_T és R_N , akkor az indikátor



2. ábra
A Wheatstone-híd működési elve

két csatlakozó pontja között feszültségkülönbség nincs. Ebben az esetben a híd ki van egyenlítve. Tehát felírhatjuk:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_T}{R_N}$$

Három ismert ellenállás segítségével a negyedik keresett ellenállás értéke meghatározható. A kiegyenlítés beállítására a híd egyik ellenállását változtathatóvá kell tenni. Jó megoldás, ha az R_1R_2 ellenállás egy változtatható csúszókaros ellenállás két része.

A tápfeszültség változása nem befolyásolható tényező a mérésnél. Az indikátor (fejhallgató stb.) csak az árammentes állapotot hivatott jelezni.

A mérés során az ismeretlen ellenállás értéket jelen esetben a platina elektródák között elhelyezkedő víz ellenállását, ismert ellenállások segítségével a híd kiegyenlítésével határozhatjuk meg. A mérőhíd egyik oldalán a vízminta ismeretlen ellenállása helyezkedik el. A másik oldalon ismert értékű ellenállásokkal egyensúlyozzuk ki. A két oldal kiegyenlítését a műszer fejhallgatójában hangminimum jelzi. A kiegyenlítés során igénybe vett ellenállásértékek összege adja a víz fajlagos ellenállásának értékét ohm cm-ben. Ennek az értéknek a reciprokát véve pedig a fajlagos vezetőképességet kapjuk. A készülék kb. 1 kHz frekvenciával dolgozik.

A hangfrekvenciás áramot erősítő tranzisztor (OC 1075) segítségével tesszük hallhatóvá a fejhallgatóval, vagy miniatűr hangszóró segítségével érzékeljük. A középállású galvanométerrel a vizuális leolvasás is megoldható. A hangminimum, vagy a galvanométer mutatójának nulla állása nem a keresett ellenállás értékét jelzi, illetve mutatja. A mérendő ellenállást a száz ohmos ellenállások és a pontosan kalibrált 1 ohm pontossággal beállított ellenállás értékének összege adja.

Mérés a műszerrel

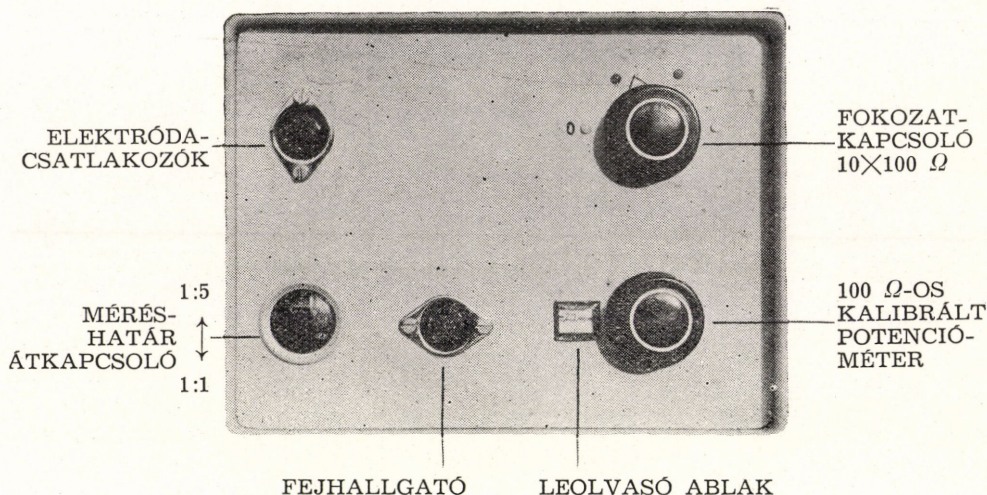
A mérés három szakaszra osztható: előkészületek, mérésérték leolvasás, valamint a mérés utáni feladatokra. A szereplő szabályozó gombok és kapcsolók elhelyezkedése a műszerfalán a következő: (3. ábra.)

I. Előkészületek:

1. A fokozatkapcsolót nulla állásba helyezem.
2. A kalibrált 100 ohmos forgó huzalellenállást középpértékre (50 ohmra) állítom.
3. A méréshatár átkapcsolót 1:5 állásba kapcsolom.
4. A gyűrűs platina elektródák csatlakozóját (öt pólusú magno dugó) a dugó aljzatába dugom, ezzel kapcsolom a készüléket.
5. Az elektródát a mérendő vízbe merítem.

II. Mérés, érték leolvasás:

1. A fokozatkapcsolót 100, 200, 300, 400 . . . 900, 1000 ohm értékre forgatom, közben hangminimumot keresek. (Az értékek 400 ohmonként vannak jelölve, a közbülső értékek a forgatógomb kattánásaival érzékelhetők.)



3. ábra
A készülék műszerfala

2. A 100 ohmos kalibrált potenciométert forgatva a hangminimum még fokozható. (Leolvasás a leolvasó ablakon.)
3. A leolvasás a fokozatkapcsoló 100 ohmos értékeiből, valamint a huzallellenállás 100 ohmon belüli értékéből adódik.

Pl. A fokozatkapcsoló 300-as értéken áll, az ohmnyi pontossággal kalibrált forgó huzallellenállás 12 ohmon van, akkor a mért fajlagos ellenállás $312 \times 5 = 1560$ ohm cm, mivel a méréshatárt átkapcsoló 1:5 állásban van. Ha kisebb az így kapott érték, mint 200 ohm azaz $200 \times 5 = 1000$ ohm cm, akkor mérhetek 1:1 állásban is, hiszen 10×100 ohmos ellenállás van a fokozatkapcsolóhoz bekötve. (Egyenes mérés.)

III. Mérés után:

1. A fokozatkapcsoló nullára állítása a kalibrált potenciométer közép-helyzetbe forgatása.
2. Az elektródák csatlakozójának kihúzása, ezzel együtt a készülék kikapcsolása.
3. Az elektródák desztillált vízbe mártása, leöblítése.
4. A fejhallgató, illetve a galvanométer csatlakozójának kihúzása, ha ez szállítás szempontjából előnyösebb.

A műszer felhasználási területei

A műszer hidrológiai gyakorlatokon, elsősorban földrajz, valamint a biológia szakos hallgatók alkalmazhatják a következő vonatkozásokban:

1. Híg oldatok, természetes vizek (források, kutak, folyók, tavak, ipari vízkészletek) fajlagos ellenállás és vezetőképesség mérése.

2. Karszthidrológiai összefüggés-vizsgálatok, beszivárgási vizsgálatok.
3. Maximális és minimális vízsebesség értékek mérése.
4. Kémiai vízhozamméréseknél.
5. Karsztvizek keménységének mérése a fajlagos vezetőképesség értékei alapján. Mészben gazdag ipari és kazánvizek összes keménységének a meghatározása.

1. Híg oldatok, természetes vizek fajlagos ellenállását, illetve vezetőképességét mérhetjük egy alkalommal és rendszeresen. Ha csupán egy mérést végzünk adott helyen, akkor az ok-okozati összefüggést az adott vízelőfordulás környezetének geológiai viszonyaiból kell kikövetkeztetni. Másszóval magyarázatot kapni a víz magas vagy alacsony vezetőképességi értékére. A különböző helyeken végzett egyszeri mérések már egymagukban is értékes adatokat szolgáltathatnak egy terület vízelőfordulásainak eredetére, a felszín alatti elhelyezkedésére, vagy környezetének geológiai jellemzőire.

Gyakorlati vonatkozásokban az ipari vízfelhasználásoknál már egy mérés is sokat mond és adatot szolgáltat a lágyítás szükségességének és mértékének meghatározásához.

Az egyszeri mérések biológiai vonatkozásban azonkívül, hogy az életterekre egy jellemző adatot szolgáltatnak, tájékoztatnak az egyes fajok előfordulási lehetőségeiről a mért ökológiai tényező alapján.

Így a kimondottan kemény, tehát a mészsókban gazdag vizeket kedvelő fajok előfordulása (egyes vízcicigák, kagylók, rákok) csak magas mésztartalomra vonatkoztatott vezetőképességi értéknél valószínű. A szikes és sziksós vizek a Na^+ és HCO^- ionjai, jellegzetes vegyületeinek (NaHCO_3 , NaCO_3 , NaHSO_4) koncentrációjára szintén tájékoztató adatokat kaphatunk.

A magas lúgosság, az említett vegyületek nagy mennyisége, nagy ionkoncentrációt eredményez, ezzel a fajlagos vezetőképesség is megfelelő magas értéket mutat. Mivel a lúgos vegyhatás, a Na^+ ionok magas száma sok állatfaj számára pesszimum, így egy bizonyos, a műszerrel könnyen érzékelhető érték felett csak a széles ökológiával valenciával rendelkező és a natronophil fajok jelenlétét várhatjuk. Ezek a fajok azonban rendszert nagy egyedszámmal jelentkeznek.

2. A karsztok belsejében közlekedő vizek összefüggésére, elhelyezkedésére és a járatok milyenségére vonatkozóan adatokat kaphatunk. Hasonló méréseket titrometriás úton is végezhetünk, de az sokkal fáradtságosabb, idő és anyagigényesebb. Sok esetben nem szükségesek a vegyelemzés nagy pontosságú értékei, hanem inkább egy-egy nagyobb mennyiségű csapadék hatására bekövetkezett változások mérése.

Méréssor, tehát a mérési értékek mind nagyobb száma az elsődleges cél. Szükség esetén a mérés kiegészíthető nagyobb pontosságot adó vegyelemzéssel. A műszer nagy előnye, hogy nagy számban végezhetünk méréseket gyors egymásutánban.

Karsztkutatásban két fő területen használhatjuk. Egyik terület a beszivárgás vizsgálatok, amikor azt figyeljük meg, hogy a felszíni csapadék milyen gyorsan és milyen mértékben változtatja meg a karsztvíz átlagos

ionkoncentrációját. Ez a változás a csapadék nagyságától, intenzitásától, az évszaktól és nem utolsósorban a karszt jellegétől függ.

Az aggteleki karszt nagy áradásai során jelentős mértékben, többnyire ugrásszerűen megváltozik a víz vezetőképessége. Ezzel szemben — saját méréseim alapján mondhatom, hogy — a Bükkplato nyugati felén a lehullott csapadék — a karszt sajátosságaiból adódóan — nem okoz jelentős változást a források ionkoncentrációjában. A változás megkétszerezve, elnyújtottan és kismértékben jelentkezik. A műszer által nyert adatokból értékes következtetéseket vonhatunk le egy karsztos terület jellegzetességeire vonatkozóan, más vizsgálati eljárásokkal együtt.

A vegyelemzés adatainak változása közel párhuzamos a fajlagos vezetőképesség adatainak változásával. Míg a vegyelemzés igen fáradtságos, például egy karsztforrás vizének árhullám idején bekövetkező változásainak gyakori mérésekkel történő regisztrálása, addig a műszerrel gyorsan és jó eredménnyel dolgozhatunk. A méréssorozat céljának megfelelő értékkel és pontossággal.

A karszthidrológiai kutató munkában a műszer másik használhatósági területe a vízjelzések eredményeinek kimutatása. Az előbbi eseteknél a víz ionkoncentrációja természetes hatásokra változott meg, a vízjelzések-nél mesterséges úton növeljük a víz ionkoncentrációját.

Ha egy víznyelő hovatarozását, illetve egy forrás vízgyűjtő területét kívánjuk meghatározni, vízjelzést alkalmazunk. A vízjelzések különböző módjai közül sok esetben legcélravezetőbb a vegyi anyaggal pl. konyhasóval történő vízjelzés. A jelzés során megváltoztatott ionkoncentrációt műszerünk érzékenyen és azonnal jelzi. Szemben a rendszeres mintavétellel és annak klorid ionra történő titrálásával.

3. A kémiai vízhozammérésnél ismert töménységű sóoldatot egyenletes vízhozammal és folyamatosan adagolunk Mariott palack segítségével. A vízfolyás nagyságától függően a tökéletes keveredés után egy erősen felhígult oldat formájában állandósul a vízfolyás sókoncentrációja. A szószós kísérlet során egyenletes adagolás mellett egy emelkedő tendenciájú értéksort kapunk, majd az értékek egy szinten maradnak addig, ameddig a Mariott palack adagolja a nagykoncentrációjú sóoldatot.

Titrálásos módszernél rövid időközökben vett minta titrálása szükséges. A titrálások értékei változnak, majd egy szinten megállapodnak. A kémiai vízhozamok számításához (egyenletes só adagolás esetén) csupán a megállapodott érték szükséges. A műszer segítségével ezt a stagnáló értéket beállta után azonnal és félreérthetetlenül megkapjuk. A titrálást elegendő az ekkor vett mintából elvégezni, hogy a vízhozam-számításhoz megkapjuk meg a sókoncentráció növekedést. Ezzel elkerüljük az egész mintasor titrálását, amelynek csak közvetett célja van. Hiszen csak a stagnáló sókoncentráció mérése, illetve értéke szükséges.

A titráláshoz a mintavételnek kis időközökben kell történni, így a titrálások általában csak a kísérlet után végezhetők el. Tehát nagyszámú, mintavevő üveg és azok gondos kezelésétől mentesülünk a műszer segítségével. A titrálásos meghatározásnál a szükséges értéket csak a kísérlet lefolyása után kapjuk meg. A műszer segítségével közvetlenül kapjuk meg azt az értéket, ahol a koncentráció stagnál és alkalmas a számításához érté-

ket adó minta kivételére, valamint elemzésére. A műszer adataiból láthatjuk az időlegesen állandósult koncentráció tartósságát, mely adatot az ismert többi mérési tényező ismeretében további méréseinknél is előnyösen felhasználhatunk. A kémiai anyagok segítségével történő vízhozammérések a kisebb patakok felső szakaszának mérésénél szinte az egyedüli célravezető módszer köves zuhatagos jellegük miatt. Természetesen az állandó jellegű beépített vízhozammérő bukók figyelmen kívül hagyásával. Tehát ezt a vízhozammérési módszert a földrajzi vonatkozású mérések mellett gyakran alkalmazhatják a biológus szakos hallgatók is hidrobiológiai felméréseik során. Amikor egy hegyi patak ökológiai viszonyait vizsgálva feltétlenül pontos adatot kell nyerni a vízhozamról, mint a víz ökológiai milyenségét nagyban befolyásoló tényezőkről.

4. A kémiai vízhozamméréseket (sóoldat adagolás Mariott palack segítségével és jelzőhullám segítségével) a pontos eredmény érdekében, sőt sok esetben kevéssé ismert körülmények között és tapasztalatok hiányában az eredményesség érdekében méréseknek kell megelőznie. Adatokat kell nyerni, tájékozódni kell a mederviszonyokról, de elsősorban a sóoldat mennyiségét meghatározó t_0 és a t_n értékének az ismerete szükséges, azaz a leggyorsabban és a leglassabban mozgó vírzészecskék mozgási sebességét kívánjuk megtudni a mérést megelőzően. A t_0 és a t_n mérése sóoldat (egy kisebb jelzőhullám) egyszeri beöntésével történik. Egy meghatározott távolságban kis idő múlva a műszer addig állandó értéke megváltozik, ebben a pillanatban érkezett a legnagyobb sebességű vírzészecske mérőhelyünkhöz. Ez a t_0 , majd a jelzőhullám elvonulásával a műszer az eredeti ionkoncentrációt mutatja, ez a pillanat a leglassúbb vírzészecske a t_n áthaladási ideje. A maximális és minimális sebességgel haladó részecskék sebességének az idejét a sózásos vízhozammérések kellékeinek megtervezéséhez használjuk fel.

5. A karsztvizek összes keménységének meghatározása a fajlagos vezetőképesség alapján történhet.

Mint említettem, a vezetőképesség mérést lényegében ionkoncentráció mérésnek is nevezhetjük. A karsztvizeknél összefüggés van az oldott anyagok, elsősorban a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és a $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ mennyisége és a fajlagos vezetőképesség között. Ugyanis az előbbieket növekedése növeli a víz összes keménységét, egyben a vízben jelenlevő ionok mennyiségét is jelentős mértékben meghatározza, mivel karsztvizekről van szó. Az ionkoncentráció pedig a fajlagos vezetőképesség értékét szabja meg. A mérések alapján mondhatjuk, hogy egyenes arány van a karsztvizek összkeménysége és a fajlagos vezetőképesség között.

Így egyszerű, gyors, a helyszínen eredményt adó fajlagos vezetőképesség méréssel megkaphatjuk a kérdéses karsztvíz összes keménységét német keménységi fokban kifejezve, rövid átszámítás után. Czajlik István nagyszámú mérése az aggteleki Vass Imre-barlangban, valamint bükki méréseim azt mutatják, jó eredménnyel, megfelelő pontossággal határozhatjuk meg a vezetőképesség mérésén keresztül az összes keménységet.

Bükki méréseimnél a műszer alkalmazása előtt megkezdett komplexor III-al végzett összes keménység meghatározást folytattam a műszeres mérésekkel együtt. Így párhuzamot vonhattam a két meghatározási módszer

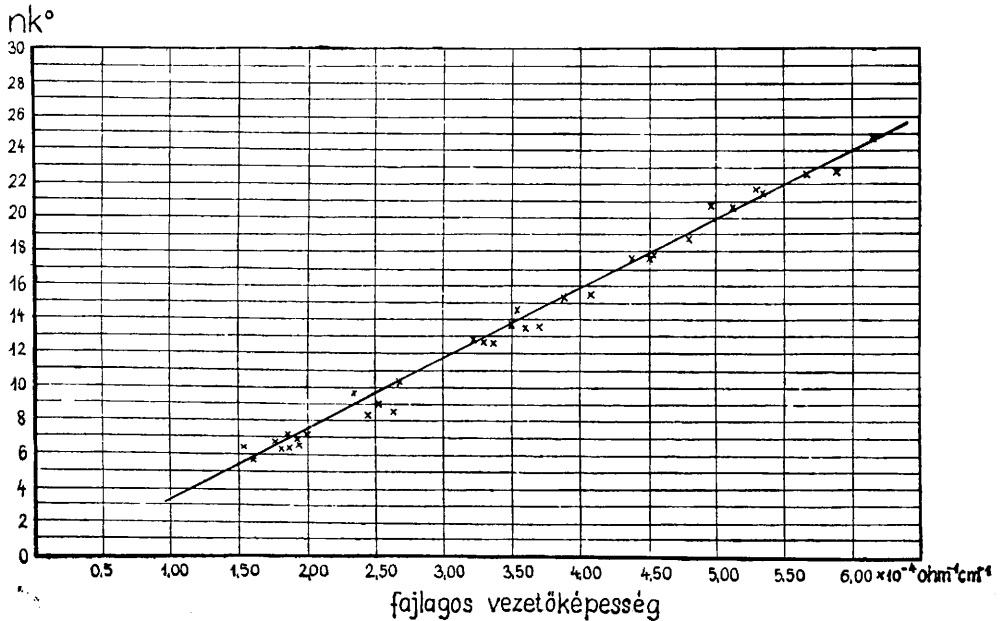
között. Azt meg kell jegyezni, hogy $\pm 0,5$ nk°-os amplitúdójú eltérés a méréseknél jelentkezett, de a maximális eltérés a 0,8 nk°-ot nem haladta meg. A mérések nagy százaléka pedig egészen közel esett a titrometriás mérés eredményeihez. Az eltérést az időnként feldúsuló vagy lecsökkenő, az összes keménység szempontjából közömbös, de a vezetőképességet befolyásoló ionok jelenléte okozza. Ez a nagyobb, vagy kisebb fajlagos vezetőképességi érték kis mértékben eltorzítja a belőle kiszámított összes keménység értékét.

A bükki karsztforrások 15–16 nk° körüli értékeinél pl. a 0,5 nk°-os eltérés százalékosan kifejezve kb. ± 3 százalékos eltérést jelent. Ez a pontossági érték, kivéve a nagy pontosságot igénylő méréseket, a kutatómunka bizonyos területein is jól alkalmazható, így a karszthidrológiai sorozatméréseknél, távméréseknél. A hallgatók gyakorlati munkáinál a pontosság néhány kivételtől eltekintve — teljesen kielégítő.

A mért vezetőképességi és az ugyanakkor mért nk° értékek grafikus ábrázolásakor kitűnik a fajlagos vezetőképesség és az összes keménység közötti egyenes arány. A grafikusan ábrázolt vezetőképességi és nk° értékek kitűzött pontjai egy egyenes közelében helyezkednek el (4. ábra).

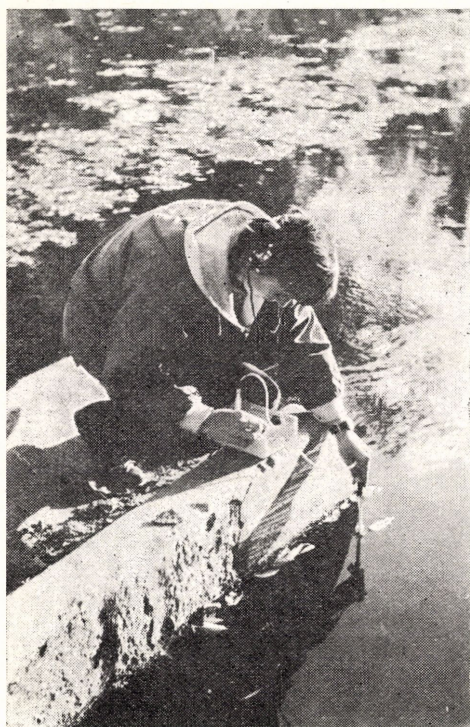
A grafikus ábrázolás értékeivel kapcsolatban meg kell a következőket jegyezni.

Először is azt, hogy a műszer közvetlenül fajlagos ellenállást mér ohm cm-ben, ezt az értéket olvashatjuk le. Természetesen ezzel a számunkra



4. ábra

A fajlagos vezetőképesség és a német keménységi fok összefüggésének grafikus ábrázolása. (Czajlik István után.)



3. kép
Vezetőképesség-mérés a műszerrel
sózásos vízjelzés után.



4. kép
Ökológiai adatgyűjtés az Oldalvölgyi
tavaknál.

szükséges fajlagos vezetőképességet is mértük, ami az előbbieknél reciprok értéke. Tehát, ha a műszerrel 3500 ohm cm fajlagos ellenállást mértem,

akkor a mért vízminta $\frac{1}{3,5 \cdot 10^3 \text{ ohm cm}}$ fajlagos vezetőképességgel

rendelkezik ez egyenlő $\frac{1}{3,5} \cdot 10^{-3} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1} = 0,285 \cdot 10^{-3} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

továbbá $= 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ fajlagos vezetőképességgel.

A grafikus ábrázolásnál így szerepelnek az értékek:

Mivel lineáris összefüggésről van szó, egy elsőfokú egyenlettel kiszámítható a n_k° az ismert fajlagos vezetőképességből. A mérési eredményekből adódóan:

$$y = 41\,700 x - 1,0$$

ahol y = a keménység német keménységi fokokban,
 x = a fajlagos vezetőképesség $\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ -ben megadva.

Például a műszer 3 500 ohm cm fajl. ellenállást mutat, ez egyenlő $2,85 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ fajlagos vezetőképességgel.

Az egyenletbe behelyettesítve:

$$y = 41\,700 \cdot 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1} - 1,0$$

$$y = 11,8845 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1} - 1,0$$

$$y = 11,8845 - 1,0$$

$$y = 10,8845 \text{ nk}^\circ$$

Tehát a $2,85 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ fajlagos vezetőképességű karsztvíz összes keménysége: 10,8845 nk°.

Összefoglalás

A hazai kereskedelemben hordozható konduktométer nem kapható. A műszer házilag a kapcsolási rajz és a működési elv alapján könnyen megépíthető. A műszer kis terjedelme, könnyű és gyors kezelhetősége miatt igen jól alkalmazható terepmérések alkalmával. A műszer széles körű alkalmazási lehetősége indokoltá teszi, hogy a főiskolai hallgatók különböző terepmunkáin is szélesebb körben alkalmazást nyerjen.

A mérőműszer Wheatstone híd elvén működik, hangfrekvenciás áramát tranzisztrok segítségével felerősítve, fejhallgatóval, illetve miniatűr hangszóróval érzékeljük. A gyűrűs platina harangelektrod platina gyűrűi között elhelyezkedő mérendő víz, illetve híg oldat ellenállását a híd másik oldalán ismert ellenállásokkal egyenlítjük ki. A kiegyenlítés pillanatában hangminimumot érzékelünk. A kiegyenlítés során felhasznált ellenállások összértéke adja a vízminta keresett fajlagos ellenállását. Ennek reciprok értéke pedig a fajlagos vezetőképességet.

A műszer felhasználási területei a következők:

1. Híg oldatok, természetes vizek, ipari vizek fajlagos vezetőképességének, illetve ellenállásának a mérése.
2. Karszthidrológiai beszivárgás vizsgálatok, kémiai vízjelzések eredményeinek kimutatása.
3. Kémiai vízhozammérések ionkoncentráció növekedésének meghatározása.
4. Vizhozammérések adatainak a t_n a maximális és a t_0 minimális sebességgel haladó vízrészecskék sebesség értékeinek pontos mérése.
5. A karsztvizek fajlagos vezetőképessége és az összes keménység közötti lineáris összefüggés alapján az alábbi képlettel kiszámítható a víz keresett összes keménysége.

$$y = 41\,700 x - 1,0$$

y = a keménység német keménységi fokokban,

x = a fajlagos vezetőképesség $\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ -ben megadva.

A mérések és számítások azt mutatják, hogy a fajlagos vezetőképességből a német keménységi fok ± 3 százalékos pontossággal meghatározható.

I R O D A L O M

- Czajlik István: A Vass Imre-barlang részletes hidrológiai vizsgálatának újabb eredményei. Karszt és Barlangkutatás, 1961. III. évf. 3—19. old., Budapest, 1962.
- Gádoros Miklós: Elektromos távmérőberendezés a Vass Imre-barlang klimatológiai és hidrológiai viszonyainak vizsgálatára. Karszt és Barlangkutatás, 1960. II. évf. 101—125-ig, Budapest, 1962.
- Jakucs László: Az Aggteleki barlangok genetikája a komplex forrásvizsgálatok tükrében. Karszt és Barlangkutatás, I. évf. 1959. Budapest, 1960. 37—65.-old.
- Muszkalai László—Starosolszky Ödön: Vizhozammérési zsebkönyv, Kémiai vízhozammérés, szózás. 66. old. Budapest, 1959. Műszaki Könyvkiadó.
- Vágás István: Patakok vízhozamának mérése szózással. Hidrológiai Közöny, 1955. 5—6. sz. 202—206.
- Weber Mihály: Az állatökológia alapjai. Tanárképző Főiskolák jegyzete. Bp., 1967. Vizek sótartalma, 46—51. old.