

Folyamatos áramlásmérések eredményét befolyásoló mérés technikai tényezők és azok figyelembe vétele az interpretációnál

LAKATOS SÁNDOR

Mélyfúrású kutakban az áramlásmérés és annak elvégzése folyamatos szelvényezéssel – a mélyfúrású geofizika aktuális témaköre.

Ahhoz azonban, hogy a folyamatos áramlásmérések megfelelő eredményeket szolgáltatassanak, egy sor mérés technikai és hidraulikai szempontot kell tekintetbe venni.

Az előadó a problémakört kétféle folyamatos áramlásmérési módszerhez kapcsolódóan tárgyalja, kiegészítve azt kút- és modellkísérletek anyagával.

Az említett két módszer közül az egyik a VIKUV-nál került kidolgozásra és először a szimpóziumon kerül ismertetésre.

Производство непрерывного измерения притоков в глубоких скважинах является современной задачей промышленной геофизики.

Для обеспечения получения хороших результатов по непрерывному измерению притока необходимо учесть ряд технических и гидравлических условий.

Проблематика обсуждается по двум методам непрерывного измерения притока с приведением материалов проведенных в скважинах опытных работ и модельных экспериментов.

Один из указанных двух методов был разработан в предприятии по разведке воды и впервые излагается на настоящем симпозиуме.

Continuous flow measurement in boreholes is one of the actual problems of geophysical well logging. To make the continuous flow measurement furnish proper results one has to consider a series of demands concerning measuring techniques and hydraulic considerations.

The problem is discussed in relation to two methods of continuous flow measurements, involving materials of well logging and model experiments.

One of the two methods mentioned was elaborated in VIKUV and information on it is given for the first time at this symposium.

Forgólapátos áramlásmérőkkel végzett kútvizsgálatoknál kézenfekvő lehetőségként mutatkozik a mérések folyamatossá tételére elektronikus integráló egység és egy karottázás-regisztráló vagy öniró segítségével.

Kiindulva abból a feltevésből, hogy folyamatos áramlásméréseknél a szondamozgás ellentétes az áramlás irányával, a szondából érkező jelzések intenzitását – esetünkben az időegységre jutó fordulatszámot – kétféle mozgástól származó indikáció összege határozza meg.

- Ezek: – az áramlási sebességtől függő kijelzés,
– a szondamozgás sebességétől függő kijelzés.

Folyamatos áramlásmérési célokra alkalmas elektronikus integrálóegység mérési paramétereinek megszabásánál az alábbi szempontokat kell elsősorban figyelembe venni.

1. Mérésküszöb 20 – 30 fordulat/perc. Ezzel a helyzettel akkor kell számolni, amikor a kútban a szonda nyugalmi állapotú közegben mozog. (Ez alul nyitott, 100 mm menetemelkedéssel rendelkező forgólapátos áramlásmérőnél kb. 2 – 3 m/perc sebességet jelent.)
2. A produktív szintek intenzitásértéke folytonosan változik, miután a hozamgörbe – integrálgörbe.

Ezek a körülmények a szokásos pontméréseknél problémát nem okoznak. Folyamatos áramlásméréseknél azonban a tényleges és regisztrált áramlási kép között eltérés mutatkozik, amelynek nagysága az integráló egység időállandójától és a mérőszonda mozgási sebességétől függ.

E két paraméter együttes hatása jól vizsgálható a

$$W = \tau \cdot v_{sz}$$

összefüggésen keresztül, ahol

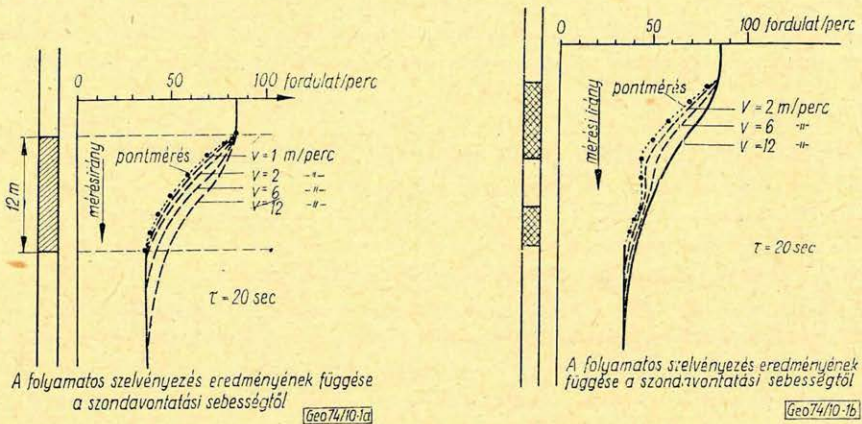
W — a regisztrálás sebességének paramétere, cm

τ — időállandó, sec

v_{sz} — szondavontatási sebesség, $cm/sec.$

Amint látható, W dimenziója $[L]$; egyrészt megadja azt a távolságot, ami alatt egy anomália gyakorlatilag nem mutatható ki, másrészt a regisztrátum mérésirány szerinti megnyúlásának mutatója.

Az elmondottakhoz szemléltető példát az 1.a) és 1.b) ábra mutat be, amely analog modellen végzett méréseken alapul.



1. ábra — puc. — Fig.

A mérési technika gyakorlati vonatkozásai folyamatos áramlásméréseknél

Feltételezve az áramlásmérő szondából érkező jelek megfelelő regisztrálásának lehetőségét, biztosítani kell a szonda egyenletes előrehaladását a kútban. Ez gépi üzemű csörlő alkalmazása esetén különösebb problémát nem jelent, azonban a szondamozgás sebességének ellenőrzéséről nem célszerű lemondani. Erre két lehetőség van.

1. A regisztrátumra időjeleket is kell felvinni (pl. 30 sec-ként).
2. Folyamatosan regisztrálni kell a szondamozgás sebességét is. Ez megvalósítható pl. úgy, hogy a kábelhosszúságot mérő kerék tengelyére elektromos megszakítót szerelnek és a kapott jeleket integrátoron keresztül a regisztráló egyik csatornájára viszik a kábelsebességre kalibráltan.

Amennyiben a szelvényezési sebesség egyenletesen változik (pl. a kábel görbülési sugarának csökkentése miatt), azt az időjelek segítségével az interpretációnál figyelembe kell venni.

A folyamatos áramlásmérés fontos és nagy szakértelmet igénylő részletművelete az a hitelesítési eljárás, amelynek alapján meghatározható az áramlási sebesség a vizsgált kút bizonyos mélységében.

Ha ez a művelet elmarad, vagy pontatlanul végzik el, a regisztrált folyamatos áramlásmérési szelvény csak kvalitatíve használható fel.

Szelvénykalibrálás azonban csak az adott kútkörülmények mellett (átmérő, viszkozitás stb.) érvényes szondakarakterisztika ismeretében végezhető el megfelelő pontossággal.

Ezen álláspontból kiindulva kerül ismertetésre és értékelésre két módszer. Az egyiket (*I. módszer*) bemutatott formájában a *GEO* – *V* áramlásmérőket gyártó Vízkutató és Fúró Vállalatnál dolgozták ki. A másik (*II. módszer*) a *szakirodalomból*¹ ismeretes eljárás és itt a kalibrálás a vizsgált kútban az adott, illetve választott körülmények mellett történik.

I. módszer

Az áramlásmérő szondát a $Q = Konst.$ hozammal termelő kút vizsgálandó szakasza fölé kell ereszteni úgy, hogy a változási szintig legyen még akkora távolság, hogy a szelvényezés folyamán a regisztrátumon ezen kútszakaszra jellemző intenzitás szint egyértelműen kialakuljon. Ebben a szondahelyzetben pontosan meg kell állapítani, illetve pontosan ellenőrizni kell a szondajelzések intenzitását (elektromechanikus számlálóval stb.)

Az áramlásmérő szonda nyugalmi állapotában meghatározott intenzitásértékhez adódik hozzá a mérés megkezdését követően az az intenzitásérték, amit az áramlással szemben mozgó szonda eredményez.

Szelvénykalibrálásnál az intenzitás léptékét úgy kell megválasztani, hogy a szondamozgástól és az áramlástól adódó szintek jól elkülönüljenek, illetve a regisztrátum a jó áttekinthetőség szempontjainak eleget tegyen.

Ha a mérés folyamán a szonda termelő szint, illetve szintek mellett már elhaladt és ezt követően a kútban van még olyan szakasz, ahol az áramló közeg fizikai sajátosságaival megegyező nyugalmi állapotú folyadék van, kialakul az ún. nullvonal.

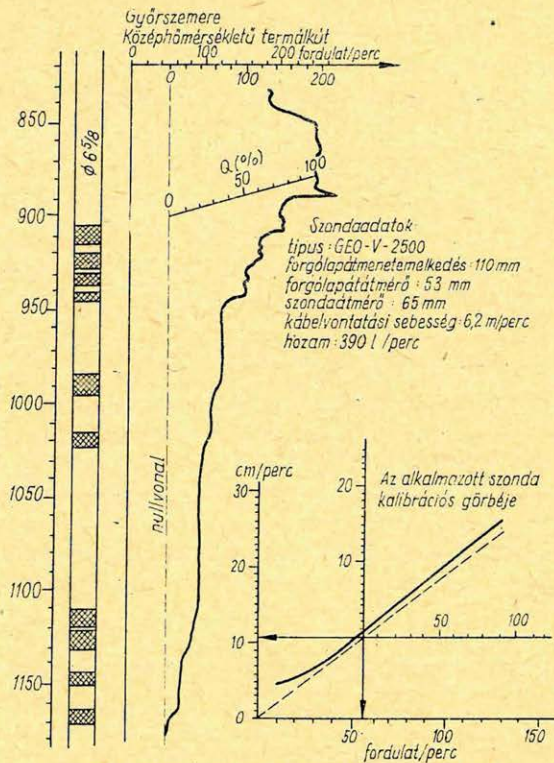
A nullvonal a regisztrátum hosszanti irányával párhuzamosan halad, amennyiben a szelvényezés sebessége állandó és a szondakijelzés az áramlási sebesség lineáris függvénye (2. ábra, illetve 4. ábra, 4. sz. szelvényének esete).

Amennyiben a vontatási sebesség nem egyenletes (4. ábra, 3. sz. szelvény), vagy a szondakijelzés nem felel már meg az alkalmazott áramlásmérő lineáris működési tartományának (4. ábra, 2. sz. szelvény), a nullvonal ferdén alakul.

A regisztrátum vázoltak szerinti kialakítása és ezen túlmenően a szelvényértelmezés további menete jól követhető a 2. ábrán. Itt a vizsgált kút közep-hőmérsékletű termálkút, amelyben a szűrőszerkezetet perforált csőből alakították ki.

A termelő szintek helyei és a hozameloszlás a mérésekből egyértelműen adódik (a legfelső beáramlás béléscsőhiba eredménye).

¹ SCHLUMBERGER Production Log Interpretation. 1970. 4–3.



Folyamatos áramlásmérési eredmények feldolgozása
áramlási sebességre hitelesített szonda alkalmazása esetén

Geo74/10-2

2. ábra – puc. – Fig.

Az áramlási sebesség meghatározásnak elvi menete a következő:

1. A megállapított intenzitásértékből a szondamozgástól származó részt le kell vonni.

Technikailag ez az intenzitás-skála eltolását jelenti, úgy hogy annak kezdete a nullvonalra kerüljön.

2. Az alkalmazott áramlásmérőre érvényes kalibráló diagramon a koordinátákat a szondamozgás sebességértékével, illetve az annak megfelelő intenzitásértékkel el kell tolni.²

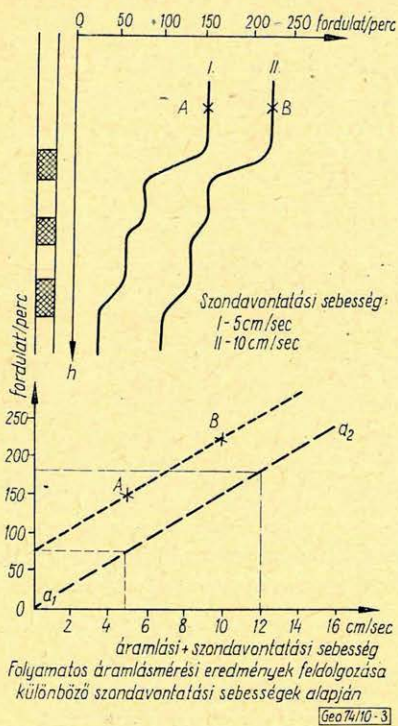
Ha az utóbbi transzformációt nem végezzük el, olyan siklási *veszteséggel*³ számolnánk, ami a mérés körülményei mellett nem is létezett!

Utóbbi észrevétel egyben a folyamatos mérés egyik előnyös tulajdonsága a pontmérésekkel szemben.

II. módszer

Szelvénykalibrálás és a szelvény értelmezését szolgáló szondahitelesítés az alábbiakban vázolt módszer esetén össze is kapcsolható a tulajdonképpeni kútvizsgálattal. Ez grafikus módszer és lépései a következők (3. ábra):

² Speciális kiértékelő nomogramok segítségével az 1. és 2. lépés összevonható, amint az „Függelék”-ben bemutatott példánál is látható (5. ábra).



3. ábra - puc. - Fig.

1. Két vagy több különböző szondavontatási sebesség mellett regisztrált intenzitásértékeket (A és B pontok) derékszögű koordináta-rendszerben úgy kell ábrázolni, hogy az X tengelyre a szondavontatási sebesség, Y tengelyre pedig a megfelelő intenzitásérték kerüljön.

2. Az A és B pontokon keresztül egyenest húzva az ordináta metszéspontjánál adódik az az intenzitásérték, ami adódna a szonda megállításánál.

3. Az A és B pontokon keresztülmenő egyenest el kell tolni úgy, hogy annak kezdőpontja az origóba kerüljön.

Ez az egyenes az alkalmazott áramlásmérő kalibrálási görbéje adott kútátmérő és adott viszkozitásérték mellett, ha feltételezzük, hogy a mért sebesség azonos az átlagsebességgel.

A fentiek szerint kialakított interpretációs diagram használatánál a leolvasott sebességértékből le kell venni a szondavontatási sebességet.

A röviden leírt módszer értékeléseként meg kell jegyezni, hogy a kalibrálás megfelelő annak az esetnek, amikor álló közegben két vagy több szelvényezési sebesség mellett végzik el a szondabemérést. Ez az eset megfelel olyan fiktív áramlásnak, amikor az áramló közeg sebességprofilja a mérőszondára merőleges sík.

Miután valóságos áramlásnál a sebességprofil vagy parabolikus (lamináris áramlás) vagy logaritmikus (turbulens áramlás), a kapott kalibrációs görbét megfelelő mérlegelés után módosítani kell. Pl. turbulens áramlásnál, ha a mérőszonda átmérője a kútátmérőhöz viszonyítva kicsi és a kúttengelyben helyezkedik el, ahol az áramlási sebesség az átlagsebességnél $15-20\%$ -kal nagyobb, a görbe emelkedését ennek megfelelően változtatni kell.

A kapott kalibrálási görbe érvényessége a szondaműködés linearitásának feltételezésén alapul!

Összefoglalás

1. Folyamatos áramlásméréssel növelhető a szonda küszöbérzékenysége. Ugyanis a fékezónyomatékokkal nagymértékben terhelt kezdeti szondakarakterisztika a szondamozgás miatt nem vagy alig érvényesül. Így olyan kishozamú termelő szintek is indikálhatók, amelyek pontmérésekkel nem mutathatók ki (l. a függelék példáját).

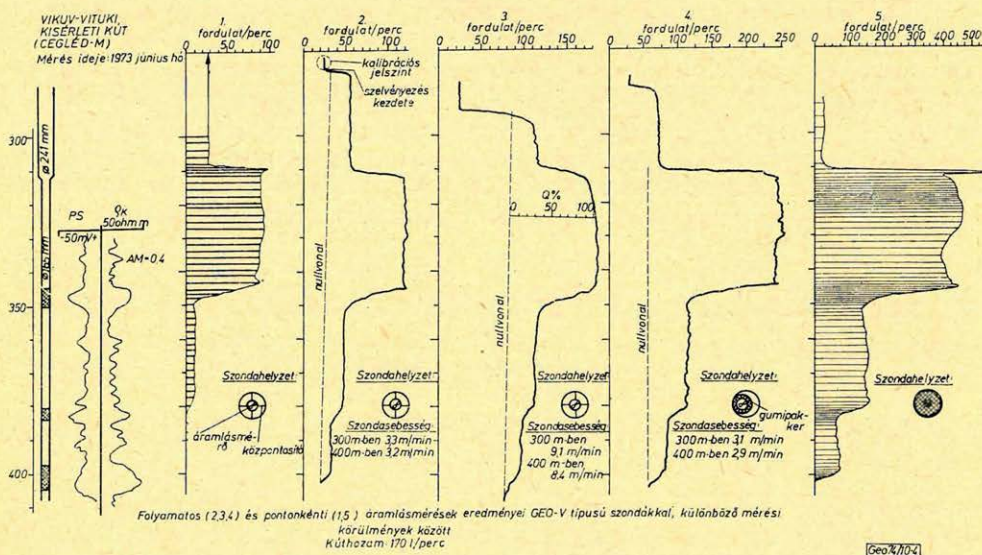
2. A termelő szintek helyeinek lokalizálása nagymértékben függ a szelvényezés sebességének paraméterétől (W). Optimális értékének megválasztásánál figyelembe kell venni az alkalmazott szonda karakterisztikáját és a megoldandó szelvényezési problémát.

Általános esetben – amint ezt a modellkísérletek is mutatják (1. ábra) – W értéket célszerű $50 - 150$ cm között választani.

3. Folyamatos áramlásméréseknél az indikációk alsó határai elmosódnak, a kívánt pontosság nem mindig érhető el.
4. Csak a szondakarakterisztika ismeretében adható megfelelő interpretáció több szintből termelő kút esetében. Ez az észrevétel elsősorban az alsó termelő szintre vagy szintekre vonatkozik.

Függelék

Az elmondottakhoz gyakorlati példát mutat be a 4. ábra összeállítása.



4. ábra – puc. – Fig.

Körülmények (1–4. sz. szelvény):

A mérőszonda GEO-V-600 típusú forgólapátos áramlásmérő (külső átmérő 65 mm, forgólapátátmérő 53 mm, lapátmenetemelkedés 110 mm).

Regisztráló: GOERZ-MINIGOR

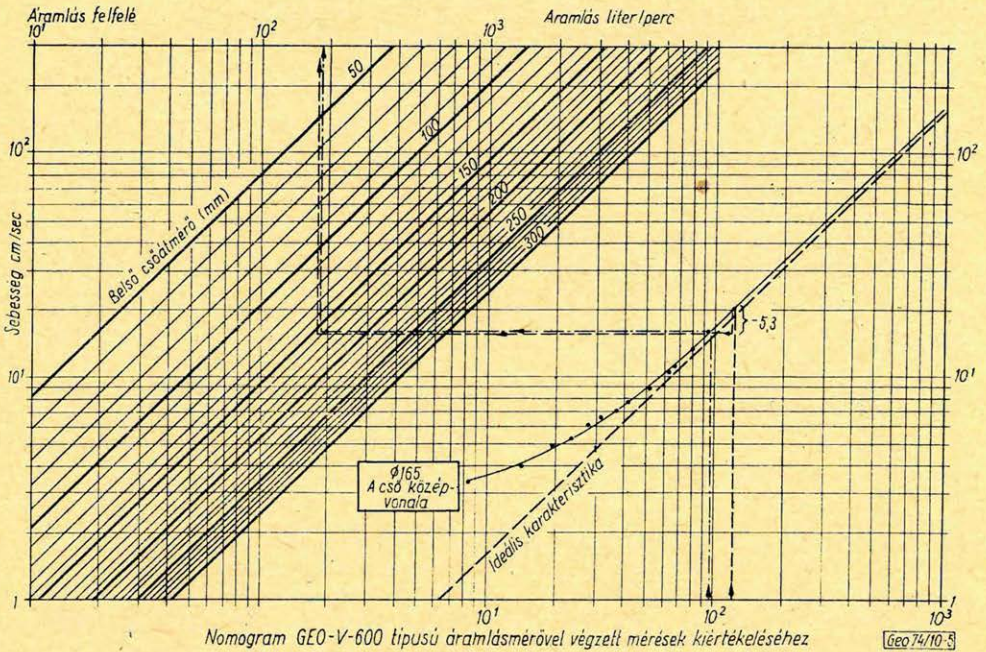
Integrátor: ELGI-VIKUV típus

A vizsgálatok központosított szondával történtek.

Kúthozam: 170 l/perc.

1. sz. szelvény: Pontonkénti mérés a folyamatos áramlásmérés eszközeivel (regisztrátor + integrátor) és mérés technika-megfontolásaival.
2. sz. szelvény: Folyamatos áramlásmérés $W \approx 54$ cm feltétel mellett.
3. sz. szelvény: Folyamatos áramlásmérés $W \approx 150$ cm feltétel mellett.
4. sz. szelvény: Folyamatos áramlásmérés részleges pakkerezéssel.

5. sz. szelvény: Az előzőekkel megegyező kútműködési körülmények mellett végzett pontmérés részleges pakkerezéssel. Mérőszonda: GEO-V-2500 típus (külső átmérő 40 mm, lapátemelkedés 120 mm, a szonda szimmetrikus kialakítású és központosított).



5. ábra — puc. — Fig.

Az 1–4. sz. szelvénynél alkalmazott szonda karakterisztikáját az 5. ábra nomogramja foglalja magába. Ez használható pontméréshez is, (pont – vesszős vonallal meghatározott módon) és folyamatos mérésekhez is (szaggatott vonallal meghatározott módon).

Példa: Meghatározandó a kúthozam a 320 m mélységben megállapított intenzitásérték alapján.

A béléscsővezésnél használt 165-ös cső belső átmérője 155 mm.

1. Pontmérésnél a 4. ábra 1. sz. szelvényéből kiindulva a kijelzés 95 fordulát/perc.

A kiértékelő nomogram pont – vesszős sorát követve a vizsgált mélységben az áramlási sebesség 18 cm/sec és a hozam 170 l/perc.

2. Folyamatos áramlásmérésnél az előbbi példa esetében (4 ábra, 2. sz. szelvény) az intenzitás-érték 120 fordulát/perc.

Ennek megfelel 22 cm/sec együttes sebesség (szelvényezési + áramlási), következésként ebből a szelvényezési sebességet cm/sec-ben kifejezve le kell vonni. Ez 3,2 m/perc = 5,3 cm/sec. A nomogramot a bemutatottak szerint használva az eredmény 170 l/perc, természetesen azonos az előbbi kapottal.³

³ Értendő alatta a forgólapára ható különböző eredetű fékezónyomatékok eredő hatása. Mértéktől függ a szonda küszöbérzékenysége és a szondakarakterisztika alakulása.