

Szivárgási tényező meghatározása kisminta kísérletekkel

Barta Eszter

BME Építőmérnöki Kar, bartaeszter89@gmail.com

Hajnal Géza

BME, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, hajnal@vit.bme.hu

Veczán Éva

BME Építőmérnöki Kar, veczanvica@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS: Fizikai modellt építettünk a BME, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék laboratóriumában a szivárgási tényező meghatározására. Eddig kétféle talajtípussal, finomszemű homokkal és kavicssal végeztünk kísérleteket. A kapott eredmények megegyeznek a korábbi terepi vizsgálatoknál nyert értékekkel és a szakirodalom idevonatkozó értékeivel is. Igazoltuk, hogy nem kell teljes kör alaprajzú kismintát építeni, elegendő kisebb körcikk alaprajzú modell is.

Kulcsszavak: szivárgási tényező, kisminta, fizikai modellezés

1 BEVEZETÉS

Napjainkban egyre fontosabb és egyre nagyobb igény is mutatkozik a talajfelszín alatti rétegek szivárgási tényezőjének meghatározására, hiszen ennek hiánya az építőmérnöki gyakorlat számos területén – mint például munkagödör optimális víztelenítési módja, kitermelhető vízkészlet megállapítása – okoz problémát.

A téma megválasztásakor tehát azt a célt tűztük ki, hogy különféle talajtípusokban, azok különbözőféleképpen történő keverésével, és a vizsgált anyagút kialakításának változtatásával laboratóriumi méréseket végezve, és azok eredményeit feldolgozva, olyan következtetésekre jussunk, melyek hasznossá válnak a fent említett területeken. A mérések során a szemösszetételt és az anyagút jellemzőit folyamatosan változtatva igyekeztünk kialakítani a valósághoz közel álló helyszíni állapotokat.

A mérések elvégzésére kifejezetten erre a kutatómunkára készült, 90°-os körcikk alaprajzú, 1,325 m sugarú, 1 m magas, hengersizmetrikus modellt használunk. Mivel a leszívás során, a sugárirányban elhelyezkedő megfigyelő kutakban depresszió alakul ki, jól használható a Dupuit módszer és ezen felül vizsgálatokat végeztük Cooper-Jacob valamint a Theis módszerrel is.

A mérési eredmények feldolgozására az AQTESOLV szoftver áll rendelkezésünkre, amely a nemzetközi gyakorlatban számos példán bizonyította megbízhatóságát. A víztározóba szivattyúzás következtében kialakuló nempermanens, vagy nyeletés következtében kialakuló permanens illetve nempermanens áramlás elemzésére, előrejelzésére használható. A program futtatása előtt beállíthatjuk az iterációs lépések számát, a konvergencia kritériumot, a paraméterek szélsőértékeit, kezdeti értékeit, illetve fixálhatunk értékeket.

Kutatásunktól azt várjuk, hogy a kapott eredmények nagymértékű pontosságot biztosítsanak a már említett építőmérnöki feladatok megtervezéséhez, problémák megoldásához.

2 FIZIKAI MODELL

2.1 Kismintavizsgálatok

Kutatásunk során, először a nagyméretű jelenség hidromechanikai jellemzőit tanulmányoztuk, mivel ez elengedhetetlen a kismintabeli folyamat megtervezése előtt. Majd a vizsgálat végén laboratóriumi méréseink eredményét összevetettük a korábbi, természetes körülmények között mért eredményekkel (Jobbágy 2009), ezzel is bizonyítva a kapott értékek helytállóságát.

A jellemzőkből alkotott invariáns csoport numerikus értékét a jellemző mennyiségek ismeretében meghatározhatjuk. A numerikus érték – az invariancia következtében – változatlan marad akkor is, ha a kismintát jellemző mennyiségekből képezzük. Mivel a kisminta tervezésekor bizonyos mennyiségek számértékét megkötötték vagy ismerté tették, vagy megfelelő érték kiválasztását megkönnyítették, a nagyméretű, valamint a kisminta jellemzőiből képzett invariáns csoportokat számértékük alapján egy-

mással egyenlővé téve az így kapott egyenletből az ismert mennyiségek az ismert vagy felvett értékű egyéb mennyiségek függvényében fejezhető ki.

A kísérlet során használt kismintamodellre az analógiák elve is érvényesül, melyek alap gondolata viszonylag egyszerű, gyakorlati alkalmazása néha bonyolultabb. Az alapelv röviden összefoglalva:

A fizikai folyamatokat mennyiségek jellemzik. A jellemző mennyiségek egymással kapcsolatba vannak. Ez a kapcsolat matematikailag kifejezhető. Vannak olyan folyamatok, amelyeknek jellemzői közötti kapcsolatot matematikailag egyforma alakú egyenletek fejeznek ki, annak ellenére, hogy a folyamatok jellege egészen különböző és a jellemző egyenletek matematikai alakjának egyezésén kívül semmilyen közös vonást nem mutatnak. Ilyenek például az olyan jelenségek, amelyek egyrészt hidromechanikai, másrészt pedig az elektromosságtan területére vonatkoznak. Esetünkben a szivárgó valamint a vékony rétegben lezajló lamináris vízmozgás közötti kapcsolat, analógia felhasználására került sor (Haszpra 1994).

Ha a hasonlósági mechanika kismintatörvényeit – Freud –számot, a Wéber-számot, a Reynolds- számot – különböző méretű szivárgási folyamatok egymásnak megfelelő jellemző mennyiségei közötti összefüggések kifejezésére akarjuk használni, sok nehézséggel találkozunk.

A talaj, amelyen a víz átszivárog, igen gyakran a természetben is aránylag kicsi szemcsékből tevődik össze; durva homok, finom homok, iszapos homok. Mivel a szivárgási tér rendszerint viszonylag nagy, ha a talajszemek méreteit a szivárgási tér egyéb geometriai méreteinek kicsinyítéséhez használt arányoknak megfelelően csökkentenénk, igen sok esetben olyan kis szemméreteket kapnánk végeredményül, amelynek megfelelő talaj előállítás gyakorlati nehézségekbe ütközne. Nem is beszélve arról, hogy ha sikerülne is megvalósítani, áteresztőképességi együtthatója esetleg olyan kicsi lenne, hogy gyakorlatilag vízzárónak tekinthetnénk, vagy legalább is olyan kis sebességgel mozogna benne a víz, hogy nem lehetne vele kísérletezni.

A gyakorlati nehézségeken kívül elméleti akadályai is vannak a kismintatörvények alkalmazásának. Megtörténhet, hogy a kicsinyítés következtében esetleg nem ugyanazok az erők érvényesülnek a kismintában, mint a természetben. Esetleg egynél több kismintatörvény követelményeit kellene egyidejűleg kielégíteni.

Mivel a szivárgási feladatok megoldása rendkívül fontos, sokan foglalkoztak a kismintamodell nehézségeinek kiküszöbölésére vagy megkerülésére. Ezek közül említés szintjén kettőt emelnék ki.

Mosonyi Emil az átszámítási tényezők meghatározása során a nehézségi, valamint belső súrlódásból származó erők egyenlőségéből indult ki, és a nagyméretű szivárgási folyamat, valamint kicsinyített megfelelője esetére az

$$I' \gamma I z'^2 \pi = 2 \pi z I \frac{dv'}{dz} \eta' \quad (1)$$

és az

$$I'' \gamma'' I'' z''^2 \pi = 2 \pi z'' I'' \frac{dv''}{dz''} \eta'' \quad (2)$$

egyenleteket írta fel, ahol:

η - dinamikai viszkozitás,

z – hengerkoordináta,

I – vízszínesés,

l – hosszúság.

Ezek alapján:

$$v'/v'' = 1 \quad (3)$$

ahol, v – szivárgási sebesség

egyenletet határozta meg. Feltételezve, hogy a Darcy-képlet érvényes, felírható a

$$k' I' = k'' I'' \quad (4)$$

egyenlőség, ennek alapján pedig, feltételezve, hogy a kismintavizsgálatok esetén ugyanolyan a talaj, mint amelyben a nagyméretű szivárgási folyamat lejátszódik, és így

$$k' = k'' \quad (5)$$

végeredményül az

$$I' = I'' \quad (6)$$

egyenlőségre jutunk.

Használhatjuk az egymásnak megfelelő jellemző mennyiségek közötti összefüggések kifejezésére a

$$\Pi = \frac{uv}{d d^2 z_g} \quad (7)$$

kismintatörvényt is.

George Cosma rámutatott arra, hogy a korábbiakban vázolt gondolatmenet alkalmazásán kívül a

$$k = cd^2 \quad (8)$$

összefüggés érvényességén feltételezésével és a

$$d' = d'' \quad (9)$$

egyenlőség felvételével is elérhető az

$$I' = I'' \quad (10)$$

egyenlőség. (Ivanics 1968)

2.2 A modell méreteinek megválasztása

A kismintavizsgálatok gazdaságosságának fokozására, a kismintavizsgálatokhoz szükséges időtartam rövidítéséért egyre kisebb méretű kisminták használatára törekednek a kutatók. Azonban a tapasztalatok azt mutatják, hogy ha a kisminták geometriai méreteinek kicsinyítési mértékét egy bizonyos határon túl növelik, akkor a laboratóriumban megvalósított vízmozgási folyamat hidraulikai jellege rendszerint eltér a nagyméretű jelenség jellegétől. Ezt a jelenséget, főképpen az angol nyelvű irodalom művelői, méretarányhatásnak (scale effect-nek) nevezték el. Így a magyar nyelvben a méretarány szakkifejezés egyáltalán nem jellemző arra a fogalomra, amit jelöl. Nyilvánvaló, hogy nem maga a geometriai méretek aránya oka annak, hogy bizonyos körülmények között a laboratóriumban egészen más hidraulikai jellegű vízmozgás keletkezik, mint a természetbeli megfelelő esetén. Már csak azért sem, mert a méretarányhatás létrejöhet a nélkül is, hogy a méretarány megváltozna. Ugyanis a folyamatot jellemző mennyiségek bármelyikének változtatásával elérhetünk egy olyan határhoz, amelyen túl a jelenség hidraulikai jellege megváltozik, vagyis a jellemző mennyiségek száma növekedik, vagy csökken, vagy pedig egyes jellemzők értelmezése megváltozik.

A fentieknek megfelelően helyesebb lenne a méretarányhatás helyett jelenségmódosulásról beszélni.

Természetesen, kutatásunk megkezdése előtt, a modell méreteinek felvételekor figyeltünk arra, hogy a jelenségmódosulás hatását kiküszöböljük, így a kisminta paramétereinek és alakjának meghatározásánál segítségünkre voltak a szivárgás jelenségét leíró képletek (pl. a hengerszimmetria miatt) illetve a természetben tapasztalt jelenség ismerete (pl. a távolhatás miatt).

A kisminta kialakításánál a geometriai méreteket a valóságban szokványos kútátmérő, és a leszívás mértéke határozta meg elsődlegesen. A rendelkezésünkre álló nagyszámú terepi mérésnél a leggyakrabban 160 mm átmérőjű anyakutat alkalmaztak, a leszívás egy-két méter nagyságrendű volt a legtöbb esetben. Ugyanakkor a kismintában 10 mm átmérő alatti kúttal nem lehetne hatékonyan vízhozamot kitermelni, illetve technikailag is nehezen lenne kezelhető a szivattyúzás. Mindezek figyelembevételével a méretarányt az első kísérleteknél $M=1:16$ -ra vettük fel.

A szivattyúzás távolhatása a terepi vizsgálatoknál sem határozható meg pontosan, ennek részint technikai, részint elméleti okai vannak. Előbbi, hogy a figyelő kutakban véletlenszerű, hogy észleljük-e a depressziós tölcser ellapulását, utóbbi pedig a távolhatás meghatározására kidolgozott tapasztalati képletek bizonytalansága. Modellünket éppúgy használni kívánjuk szemcsés, mint kötött anyagok vizsgálatára, melyekben a távolhatás mértéke akár két nagyságrendnyit is eltérhet. A depressziós tölcser ellapulását a szűrőfallal kialakított víztérrel és a beállított bukószinttel elő tudjuk állítani. Így a geometriai méretarányt végül alapvetően a kútátmérő határozta meg. Úgy számoltunk, hogy 1 méter magas modellt választva a valóságban szokványos leszívásokat és kútmélységeket (8-12 méter) minden esetben kezelni tudjuk.

A próbaszivattyúzások hengerszimmetrikus szivárgási folyamatokat okoznak, így kör alapterületű modellt kellett építenünk. Azonban a fenti méretekkal akkora modellt kaptunk volna, melyben másik két fontos kísérleti szempont szenvedett volna csorbát: a kísérleti anyagok cseréje, valamint a kisminta teherbírása. Ezért teljes kör helyett negyed kör alaprajzú modellt építettünk. Az oldalfalak „bumeráng hatásának” – melyet tudomásunk szerint korábban nem vizsgáltak – az észlelőkutak sugárirányban, a falaktól egyenlő távolságban, 45 foknál helyeztük el. Szerkezetünk teherbírása így is meghaladja a 2,5 tonnát, íves falának kialakításánál pedig külön gondot okozott a vízzáróság biztosítása.

2.3 A modell leírása, konkrét paraméterek

A modell 90 fokos körcikk alaprajzú, további méretei:

Magassága: 1 m

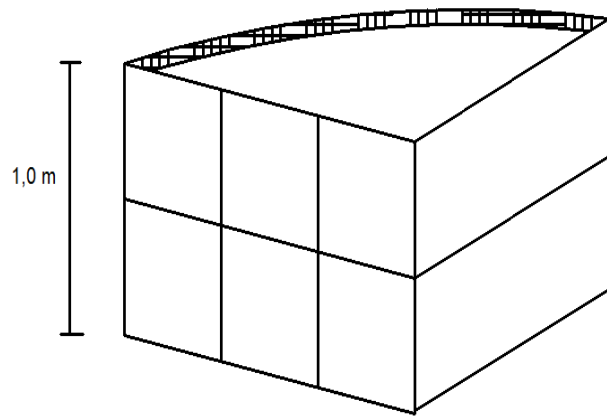
Sugara a víztérig: 128 cm

Teljes sugara: 133,5 cm

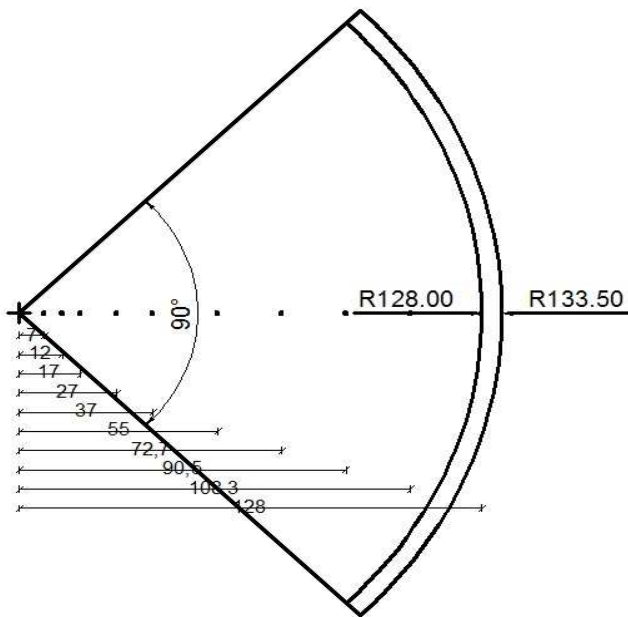
Térfogata: 1,4 m³

Tömege: 100 kg

Az anyakút átmérője kezdetben 10 mm majd 17 mm



1. ábra. Modell axonometrikus rajza



2. ábra. Modell felülnézeti rajza, jellemző méretekkel

Az észlelőkutak távolsága az anyakúttól:

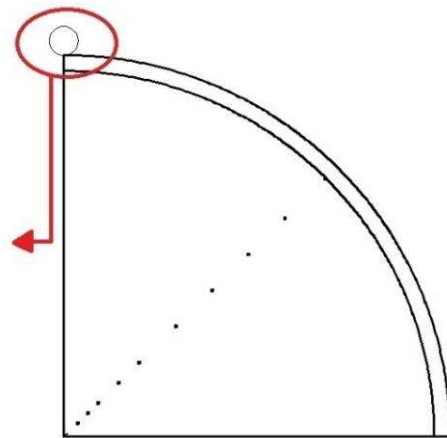
1-es kút: 70 mm 6-os kút: 550 mm

2-es kút: 120 mm 7-es kút: 727 mm

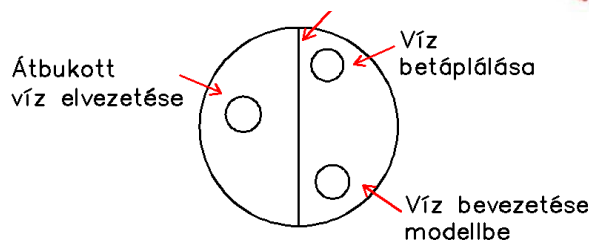
3-as kút: 170 mm 8-as kút: 905 mm

4-es kút: 270 mm 9-es kút: 1083 mm

5-ös kút: 370 mm 10-es kút: 1280 mm



3. ábra. A bukó sematikus rajza



A víz bevirint törtét használtuk a kívánt v

A víztér geotextíliával burkolt rács választja el a talajjal megtöltött résztől. A fém rács a fizikai elhatárolást biztosítja, a geotextília az apró szemcsék szűrésére szolgál, hogy azok ne mosódjanak a víztérbe.

2.3.2. Kutak

A vizsgálathoz a modellbe kétféle típusú kút használtunk, egy anyakutat és észlelőkutakat.

Kezdetben 1 cm átmérőjű anyakutat használtunk, majd a mérések során a vízhozam növelése érdekében 1,7 cm átmérőjűre cseréltük. Az kút 45 fokban szűrőzött, annak érdekében, hogy a szívás ne csak egy adott ponton, például a kút alján alakuljon ki, hanem a kút teljes hosszán. A szűrőzött szakasz hosszát szintén változtattuk a mérések során és vizsgáltuk hatását. A kút tetején és alján 10-10 cm-es eltakarást alkalmaztunk, ezzel is ragaszkodva a valósághoz, mivel ott agyagzsákokkal akadályozzák meg az elszennyeződését. A kút is természetesen geotextíliával vontuk be, hogy a perforációkon keresztül, a finom frakció ne kerüljön a kútba és ez által a szivattyúba.

Az észlelőkutakat az anyakúttól a már fent említett távolságokban középen, sugárirányban, a modell alaplemezen alakították ki 0,5 cm-es átmérővel. Ezek kivezetéséhez piezométercsöveket kapcsoltak, amelyekről leolvasható az egyes kutakban a víznyomás változása.

2.4 A kísérletek elvégzésének technikai nehézségei

A modell feltöltéséhez két szabványos homoktároló ládányi anyagra volt szükségünk. Ennek beszerzése, a mennyiség miatt kezdetben akadályt jelentett, majd végül a BME Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszék biztosította a számunkra a megfelelő minőségű és mennyiségű anyagot.

A homoktároló ládák mozgatása csak targoncával lehetséges, ennek rendszeres megszervezése jelentősen lassította munkánkat. A Vízépítési laboratóriumban a hely szűke és nagy áthidalandó terepmagasságok nem tették lehetővé a gépi anyagmozgatást, így a teljes anyagmennyiséget (kb. 1.5 tonna) kézi munkaerővel kellett a modellbe építeni. (A továbbiakban a munka folytatásának könnyítésére kisebb átalakítások készülnek a laboratóriumban.)

A lapátolás nehézségei, időigénye és fizikai fáradalmi mellett folyamatosan figyelniünk kellett a geotextília épségére, a víztér tisztántartására és a teljes modell sértetlenségére; mivel minden egyes hiba javítása a teljes anyagtömeg kitermelését, a modellben lévő víz leeresztését igényelte. A vizsgálatok alatt többször kellett a modell hibáit korrigálni, mint például az illesztések, bevezetések mentén a szivárgás megszüntetése. Mivel a hibák helyreállítása alatt méréseket nem tudtunk végezni, a tervezett elgondolás helyett – szemcséstől a kötöttig terjedő talajok vizsgálata - a fél éves kísérleti szakaszban csak kétféle talajjal tudtunk dolgozni.

Méréseink során több szivattyút is használtunk. Az első szivattyú a működés módja miatt nem volt alkalmas, mivel szaggatottan, adagokban szívta a vizet. A Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszektől kölcsön kapott folyamatos hozamot termelő perisztaltikus szivattyú használható volt a homoknál végzett kísérleteknél, azonban a kavicsos víztér szívására nem volt elegendően nagy a teljesítménye.

A megfelelő hozam biztosítására, így egy centrifugális szivattyút kellett beszerezni. Azonban ebben az esetben a maximális hozamát kezdetben nem tudtuk kihasználni, mivel ekkor a szivattyúzott hozam felső határát nem a szivattyú teljesítménye, hanem az anyakút átmérője szabta meg. Az egyes szivattyúk működési elvének különbözősége miatt, a használatukhoz a modellben is kisebb átalakításokat kellett végrehajtanunk, ekkor került sor az anyakút cseréjére.

3 LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK

3.1 A mérések menetének rövid ismertetése

Méréseink során két féle talajtípust vizsgáltunk – finom homokot és kavicsot.

A leszíváshoz olyan szivattyút használtunk, aminél be tudtuk állítani, hogy annak a maximális vízhozamnak amennyit leszívni képes, hány százalékos vízhozamával dolgozzon. Így tehát először közbözzel megmértük a maximális vízhozamot, ami 1,2 l/perc, majd ezeknek 80-, 60-, 40- és 20%-át szintén megmértük, és ezt követően a mért valamint a számított értékeinket összehasonlítottuk. Az eredmény nem mutatott számottevő különbséget, és végeredményben a mért értékeinkkel dolgoztunk.

A maximális vízhozam 20%-os vízhozamával – 0,24 l/perc – nem mértünk, mivel az nem eredményezett kiértékelhető leszívást.

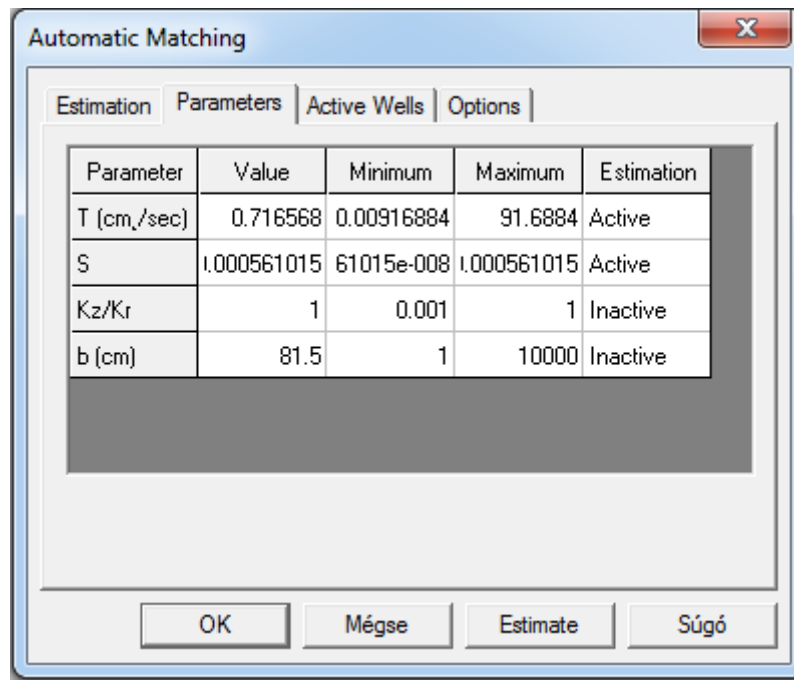
A leszívás megkezdése előtt feljegyeztük a vízszintet, majd a leszívás indítását követően bizonyos időközönként – általában 10 vagy 15 másodperc – a pontos leolvasás érdekében fényképpel rögzítettük a piezométer csövekben kialakult nyomásszintet. A leszívás végén leolvasott vízszlopmagasságokat Excel-es függvényekkel ábrázoltuk. Több időpillanatban leolvasott vízszintek egy függvényben történő ábrázolása lehetővé tette, hogy kiszűrjük az egyes észlelő kutakban esetlegesen létrejövő hibákat – pl. dugulás.

Az értékelést kezdetben a már korábban ismertetett Dupuit-módszerrel végeztük, majd az AQTESOLV program segítségével a már szintén ismertetett egyéb módszerekkel is meghatároztuk a szivárgási tényezőt.

Az AQTESOLV for Windows 3.5-ös verziója a nemzetközi gyakorlatban népszerű szoftver, mely a víztartóban szivattyúzás következtében kialakuló nempermanens vagy nyeletés következtében kialakuló permanens vagy nempermanens áramlás elemzésére, előrejelzésére használható. Az adatok bevitel egyszerű, a varázsló használatával gyorsan eljuthatunk a megoldási módszer kiválasztásáig. Ha valamilyen adat hiányzik, vagy nem felel meg a választott megoldási módszernek, az „error log” nézetben

kapunk róla tájékoztatást. A futtatás előtt beállíthatjuk az iterációs lépések számát, a konvergencia kritériumot, a paraméterek szélsőértékeit, kezdeti értékeit, illetve fixálhatunk értékeket.

A 4. ábrán a Hantush-Jacob módszerben szereplő paramétereket láthatjuk a program által automatikusan állított határokkal. Látszik, hogy a bemenő adatként szereplő anizotrópia mértéke, és a telített zóna vastagsága nem aktív paraméterként szerepel.



4. ábra. Paraméter-beállítási lehetőségek az AQTESOLV-ban

A görbék manuális illesztésére is van lehetőség. Ha a számításból ki akarunk szűrni kilógó értékeket, vagy a vizsgálat egy meghatározott szakaszát, akkor az észlelt adatokat tartalmazó táblázatban a megfelelő soroknál a súlyt 0-ra állíthatjuk. Ekkor az ábrán láthatók maradnak ezek a pontok is. A leszívás-ido ábrán kívül még számos ábrázolási mód áll rendelkezésre, melyek segíthetik a kiértékelést, annak eldöntését, hogy a választott módszer feltételei megfeleltethetők-e a valós helyzetnek.

3.2 Finomszemű homok 90°

Elsőként 0/1-es frakciójú finomszemű homokkal, 81,5 cm magasságig töltöttük meg a modellünket, majd vízzel telítettük. Miután beállt a telített állapot, elkezdtük a leszívásokat. A leszívás során az alábbi görbék (5.-8. ábra) alakultak ki.

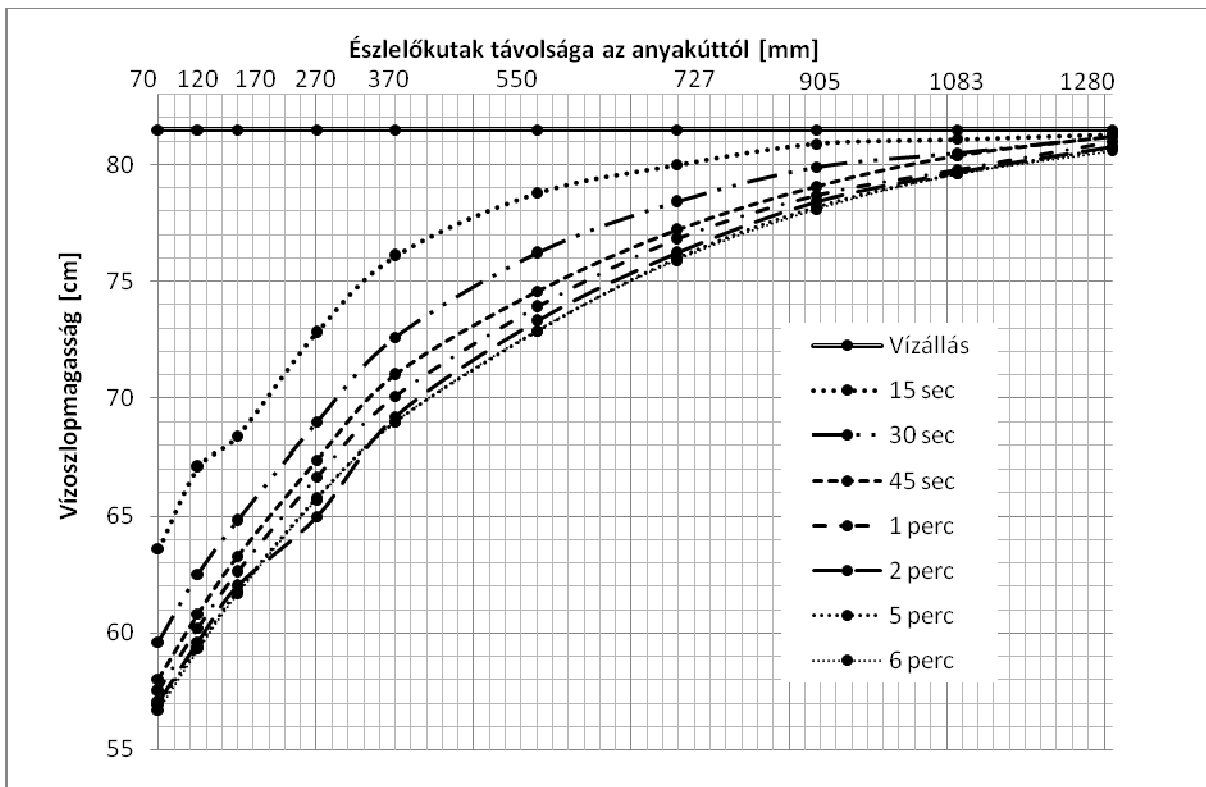
A leszívási grafikonokon jól látható, hogy a vízhozam csökkentésével a leszívás mértéke is csökkent. A szivárgási tényezőkre számított értékeket az 3.6. fejezetben részletesen ismertetjük (3.1 táblázat). Ennek a méréssornak az eredményeiből kapott átlagérték megfelel a finom homokra a szakirodalomnak által meghatározott nagyságrendnek.

Az AQTESOLV szoftverrel végzett kiértékelésnél (9.,10. ábra), ebben az esetben az anyakúthoz két legközelebb eső észlelőkútban mért értékekkel dolgoztunk, mivel a távolabb eső kutakban is látszik ugyan, hogy az idő elteltével volt leszívás, de a köztes leolvasások a mérés pontatlansága miatt szinte konstans értékek.

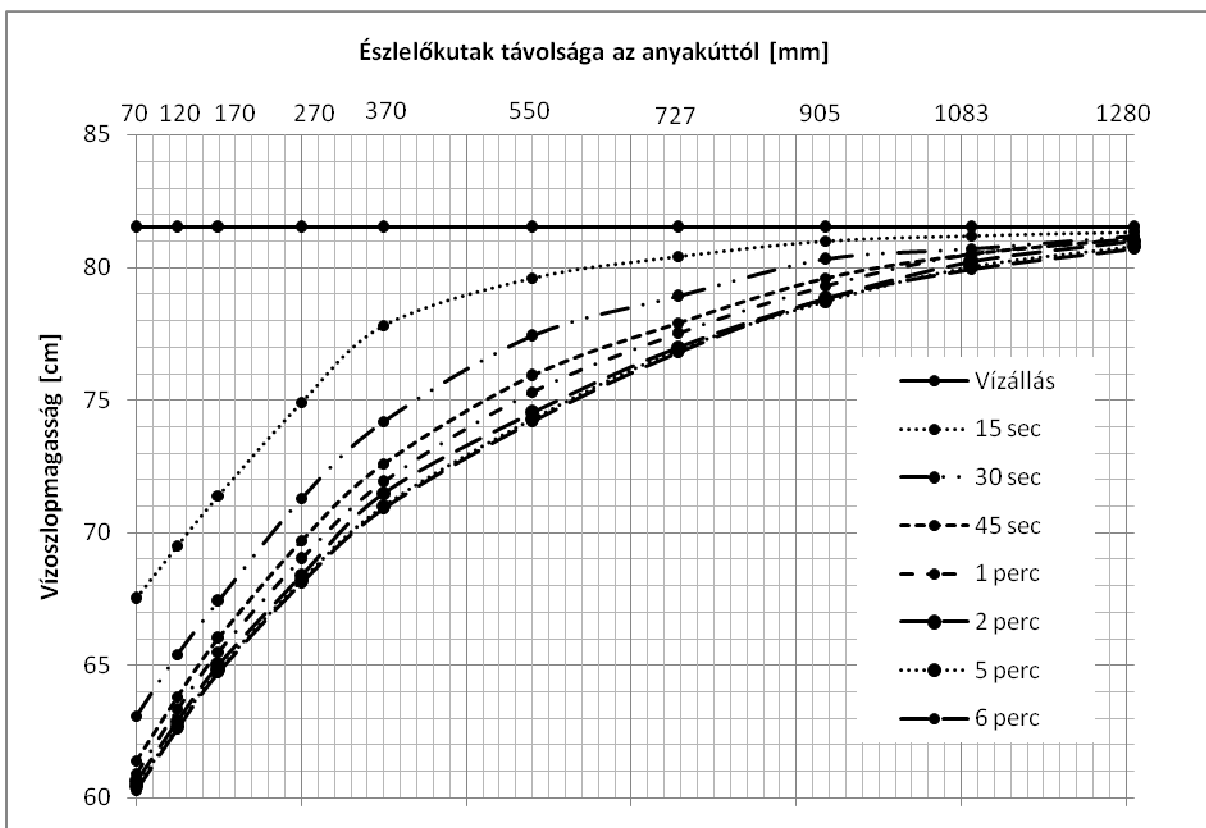
A leolvasások tized centiméter pontosak, a változások azonban a század centiméter tartományban (vagy alatta) játszódnak le,- amit a már gyakorlatilag nem lehet leolvasni- akkor a tized centiméterben leolvasott értékek addig konstansak, amíg újabb tized centiméter változás nem történik. Tehát a szoftver számára ezek látszólagos permanens értékek, amik a kiértékelést megghamisítják; hiszen a módszer nempermanes folyamatokat feltételez a megoldásnál.

A méréseink rögzítésekor ez az információ még nem volt a birtokunkban, így csak milliméter pontossággal leolvasott adatok álltak rendelkezésünkre. A jövőben, természetesen méréseink eredményét a szoftver pontosságának megfelelően igyekszünk kezelni.

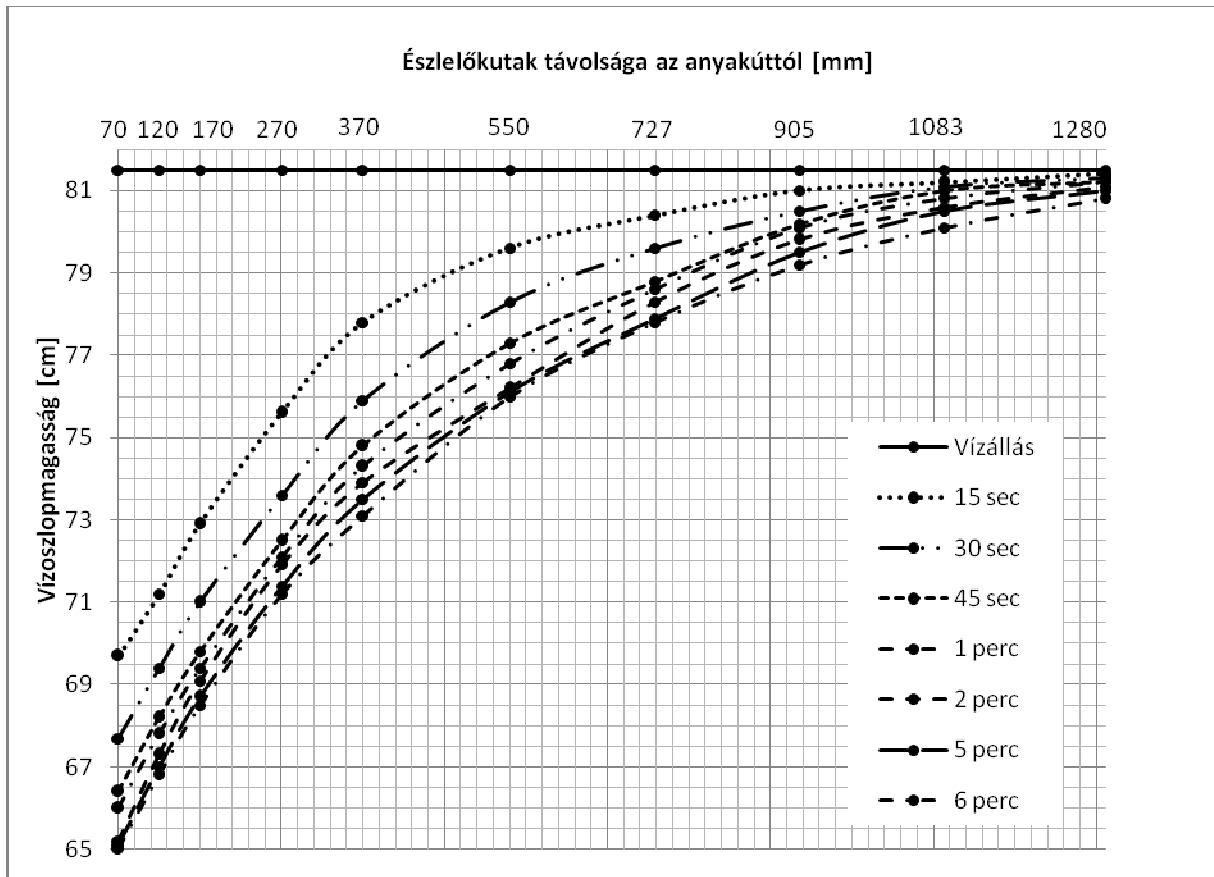
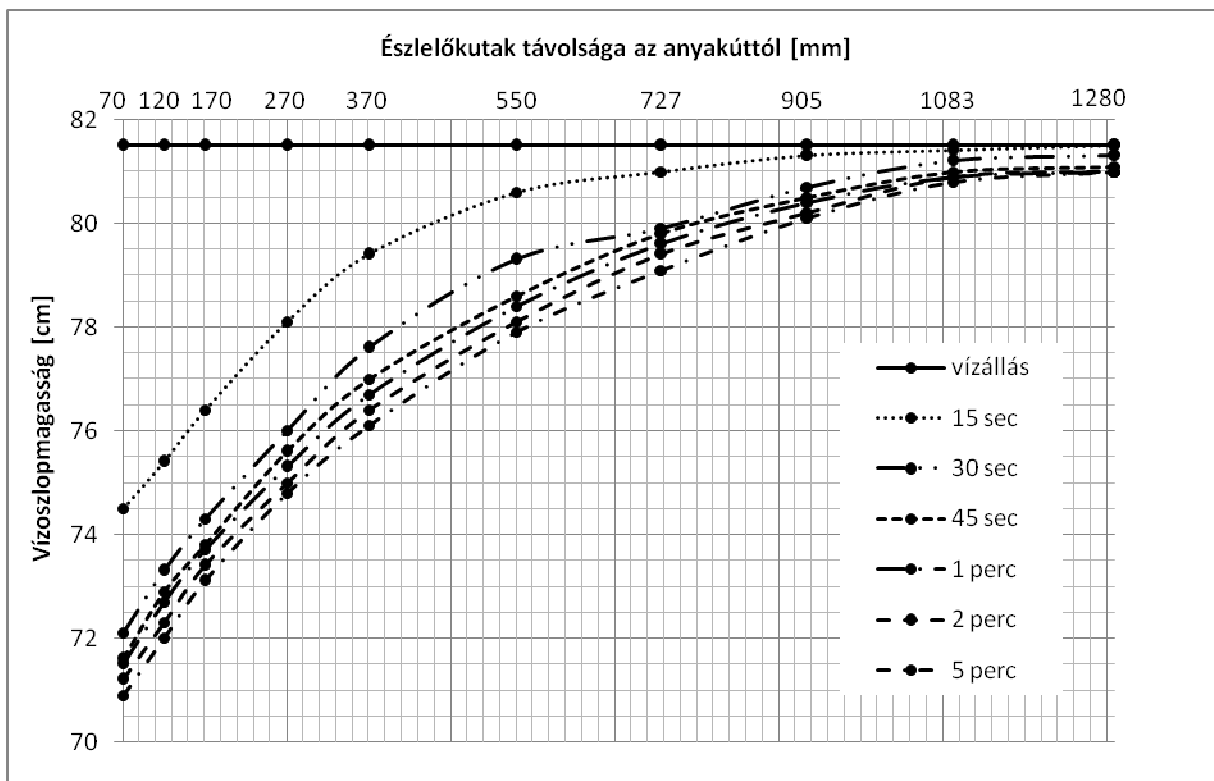
A pontatlanságok ellenére igen csekély eltérés tapasztalható az eredmények között.

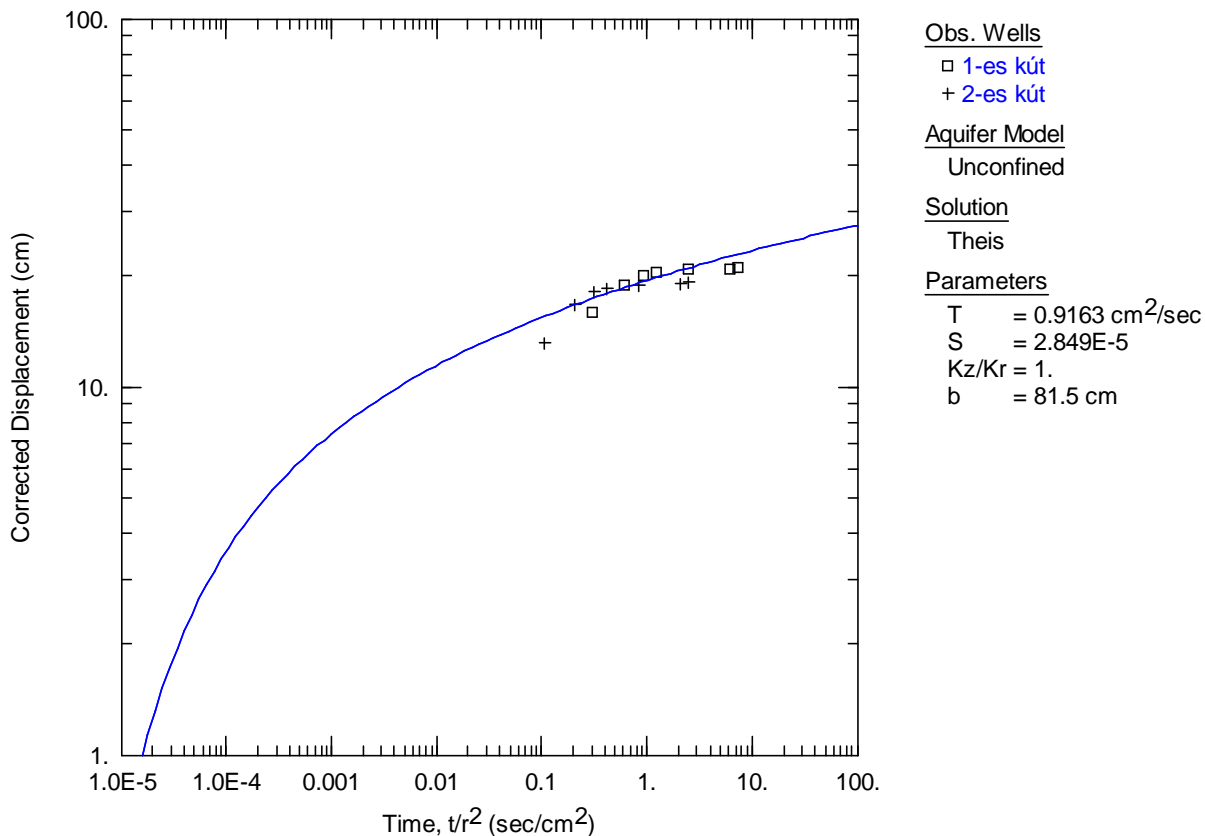


5. ábra. Leszívási görbék, $Q=1,2$ l/perc

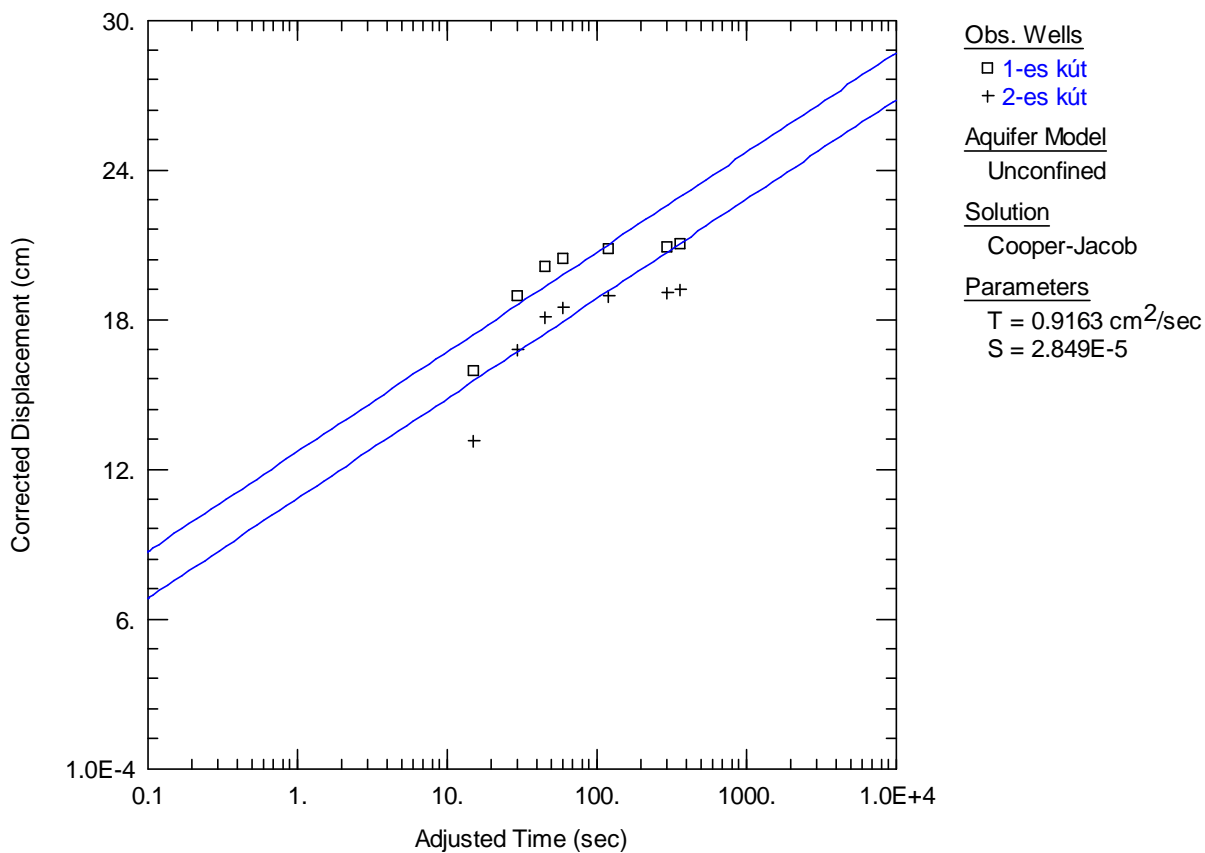


6. ábra. Leszívási görbék, $Q=1,02$ l/perc

7. ábra. Leszívási görbék $Q=0,78$ l/perc8. ábra. Leszívási görbék $Q=0,45$ l/perc



9. ábra. Szivárgás meghatározása homokban – Theis módszerrel (Aqtesolv)



10. ábra. Szivárgás meghatározása homokban – Cooper-Jacob módszerrel (Aqtesolv)

3.2.1. Mélygarázst szimuláló test beépítésével

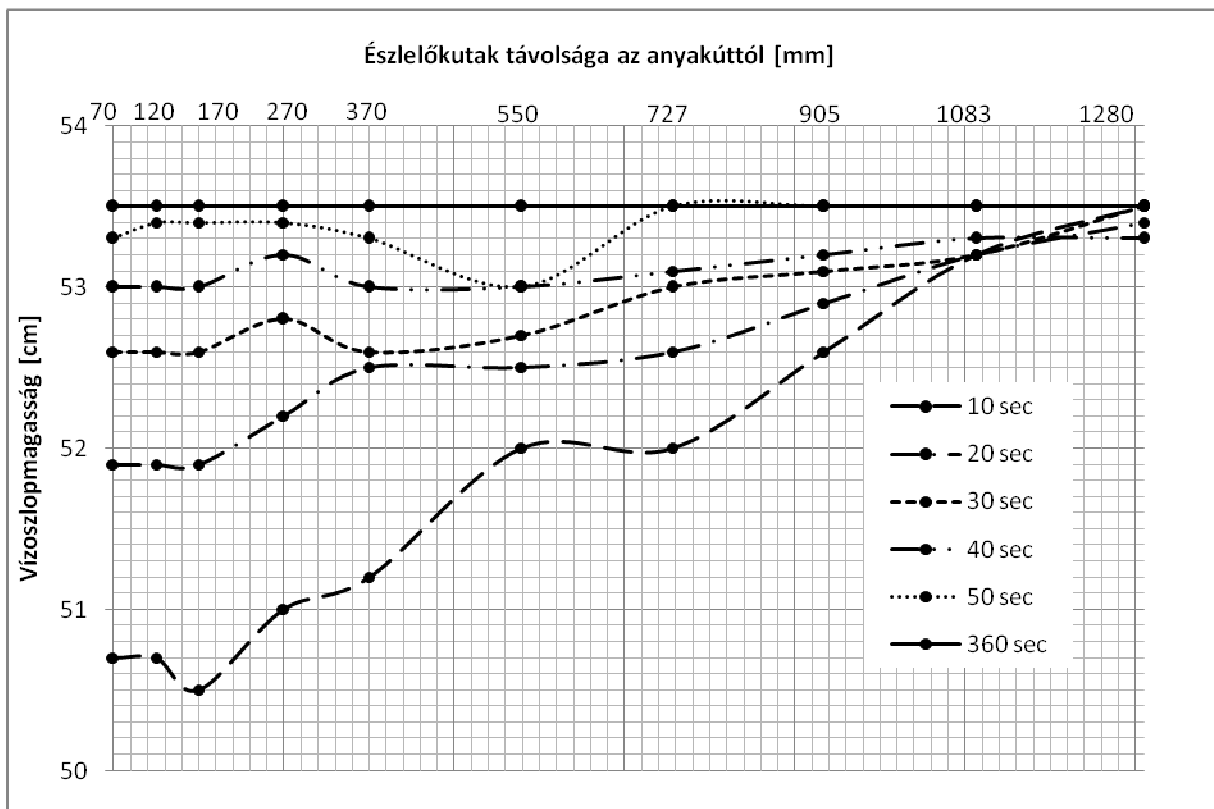
Ezt a mérésorozatot már egy nagyobb, 17 mm átmérőjű anyakúttal végeztük el. Ekkor technikai okok miatt, csak a kisminta felét töltöttük meg homokkal. A mélygarázs szimulálására (11. ábra) egy műanyag dobozt használtunk, amit úgy építettünk be, hogy a homok a feléig ellepje.

A doboz paraméterei: hossza: 55 cm
szélessége: 30 cm
magassága: 27 cm



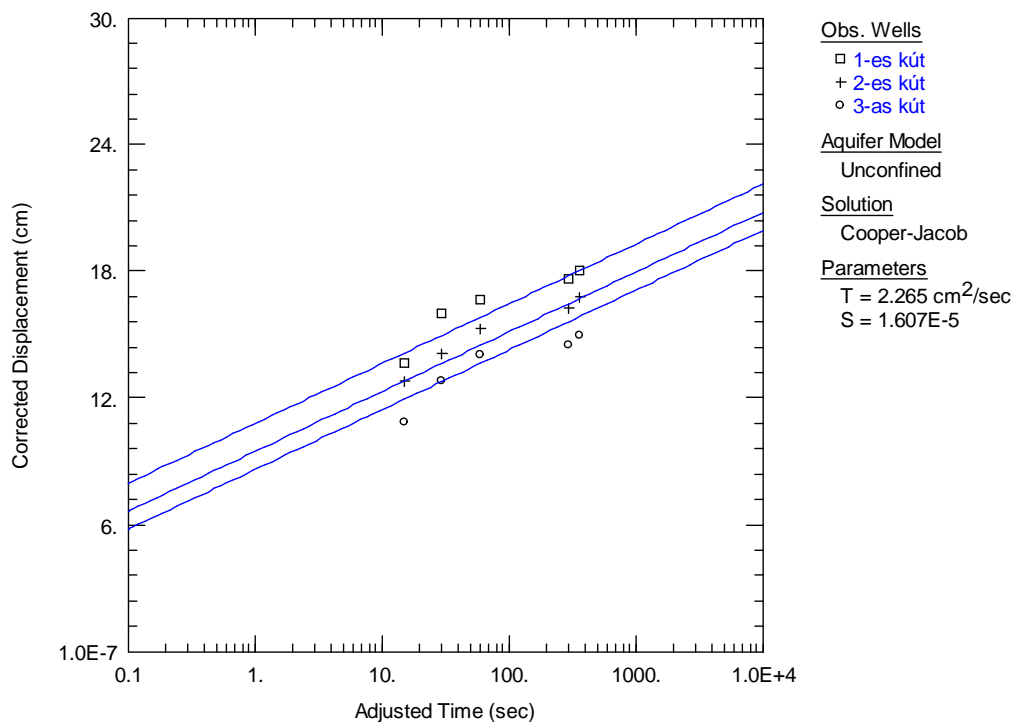
11. ábra. Mélygarázs vázlatrajza

Ennél a vizsgálatnál egy nagyságrenddel nagyobb szivárgási tényezők adódtak, mint a kezdeti állapotban. A 3-mas, 4-es és 7-es számú piezométereknél a visszatöltődési ábrán (12. ábra) láthatunk enyhe módosulást, azonban nem állíthatjuk teljes biztonsággal, hogy az a „mélygarázs” hatása. A 4-es piezométer méréseink nagy részénél eltérően viselkedett, melyet kisebb dugulás, vagy egyéb helyi hiba okozhatott.

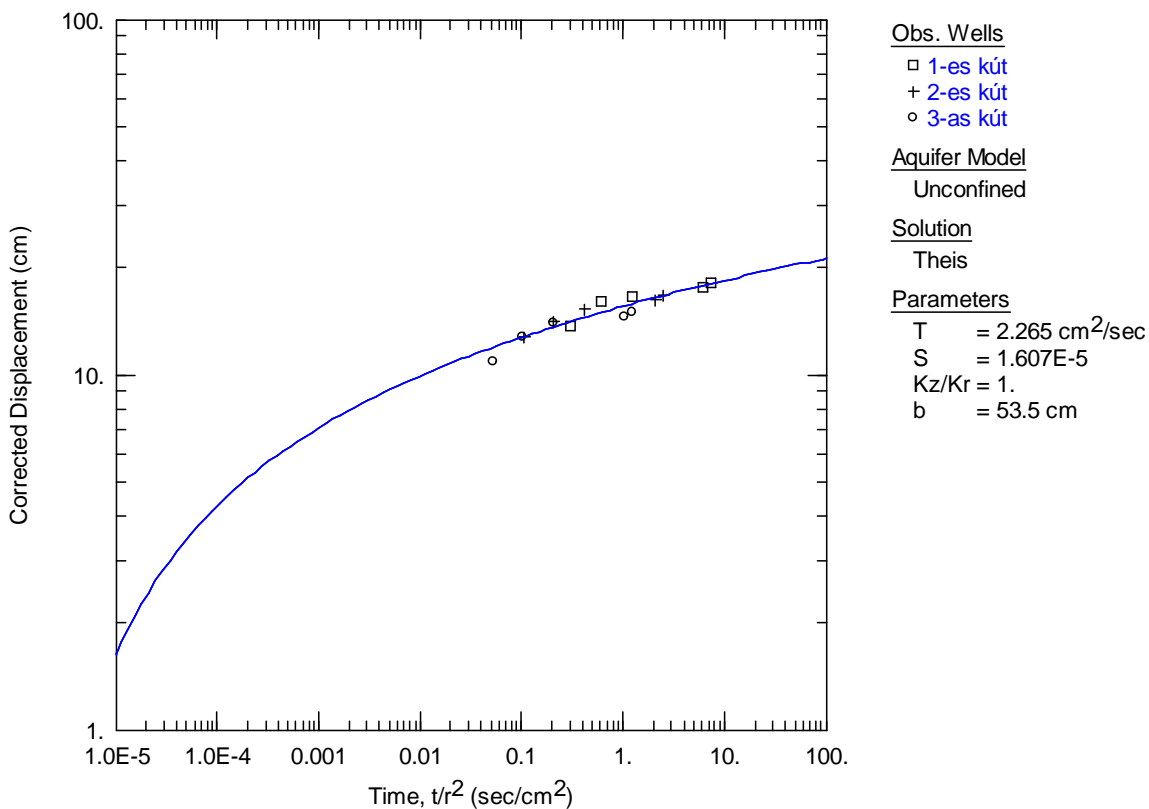


12. ábra. Visszatöltődés, mélygarázs alatti szivárgás vizsgálata

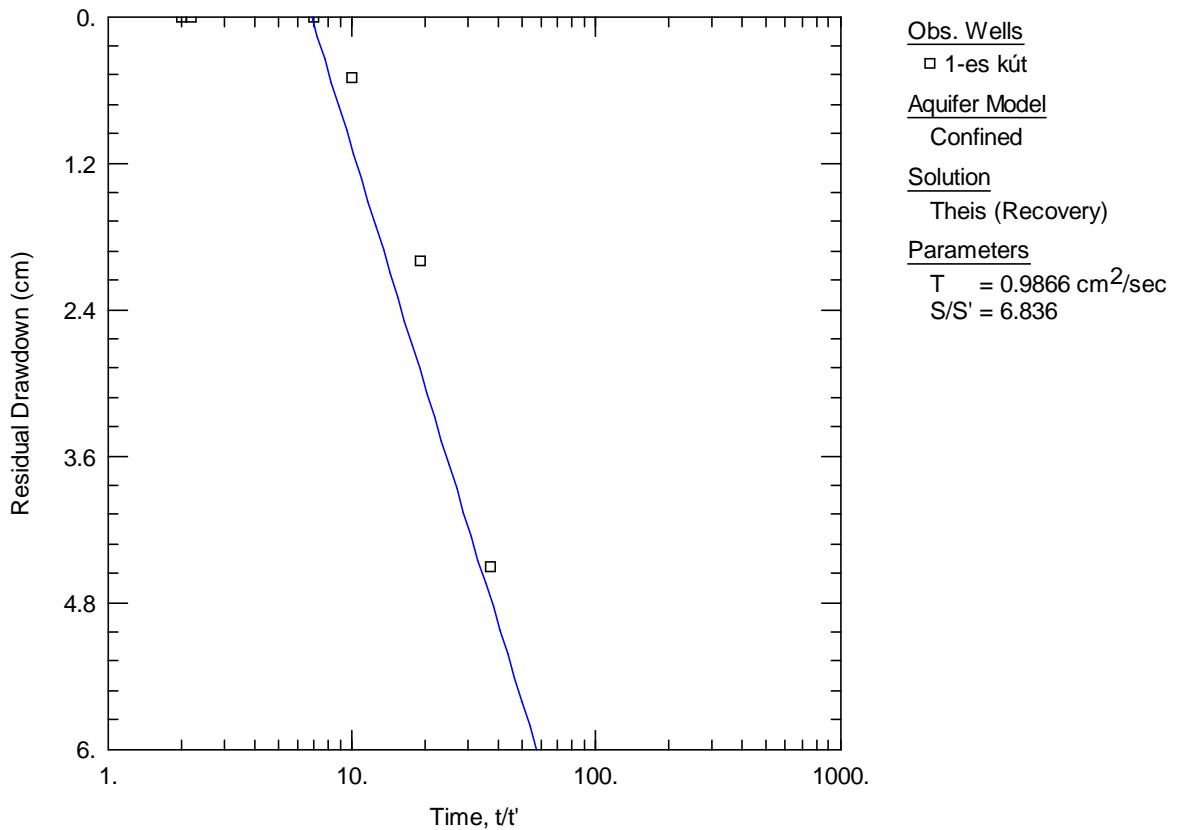
Ennél a mérésnél az AQTESOLV-os kiértékelésekhez (13.–15. ábra) az első három észlelőkútban mért vízszintváltozásokat használtuk. Itt sem tapasztalható lényeges eltérés a Dupuit módszerrel számított értékekhez képest.



13. ábra. Mélygarázs alatti szivárgás vizsgálata – Theis módszerrel (Aqtesolv)



14. ábra. Mélygarázs alatti szivárgás – Cooper-Jacob módszerrel (Aqtesolv)



15. ábra. Mélygarázs alatti visszatöltődés – Theis (Aqtesolv)

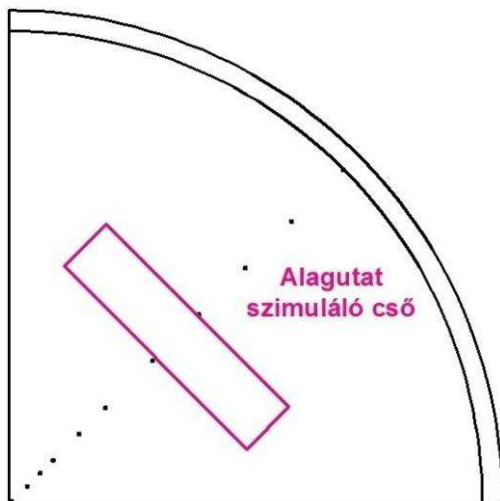
3.2.2. Alagutat szimuláló test beépítésével

Alagút szimulálására (16. ábra) egy alumínium csövet építettünk be úgy, hogy a cső felett kb. 5 cm vastag takarást hagytunk.

A cső paraméterei:

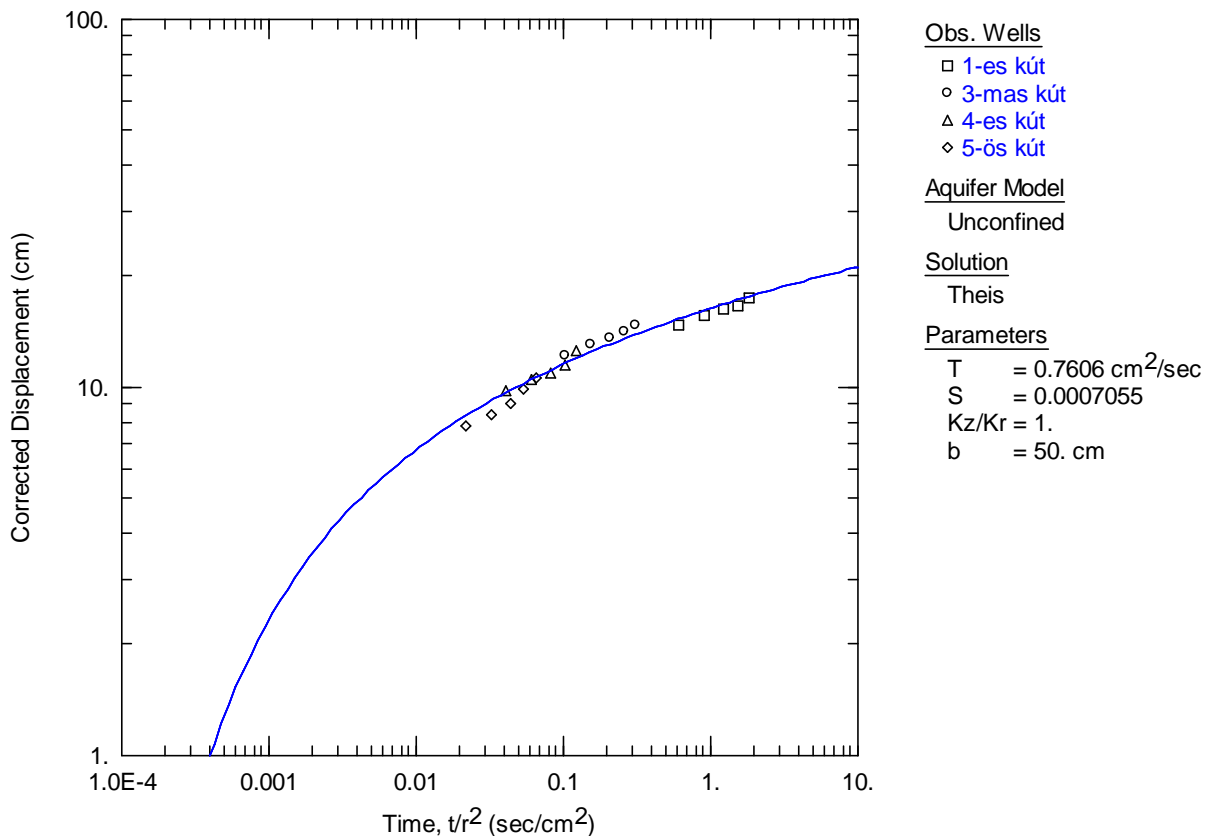
hossza: 70 cm

átmérője: 16 cm

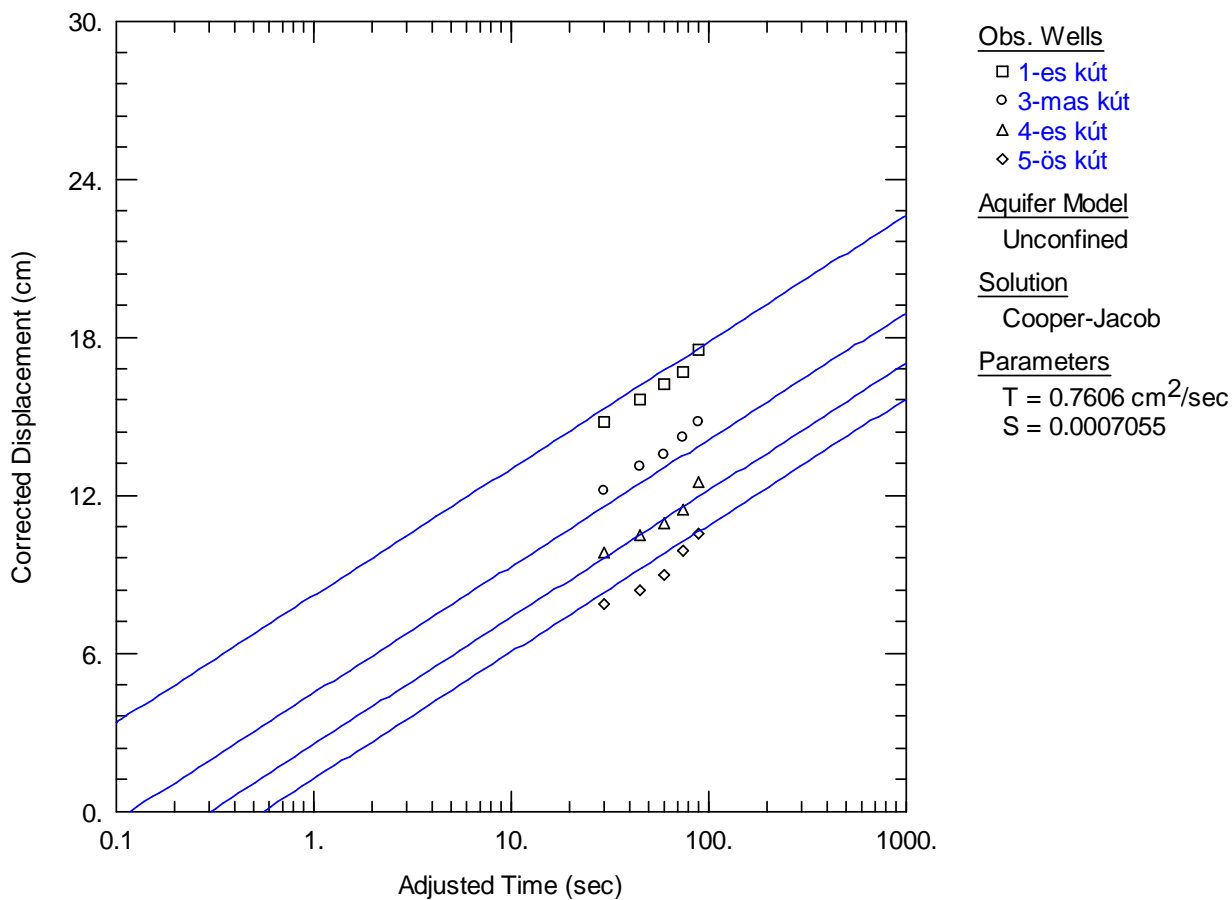


Az „alagút” környezetének vizsgálatától (17.-19. ábra) nem tapasztalunk alapvető eltérést a „garázshoz” képest. Ennek oka valószínű, az közel hasonló térfogatú testeket építettünk be szinte hasonló mélyégben.

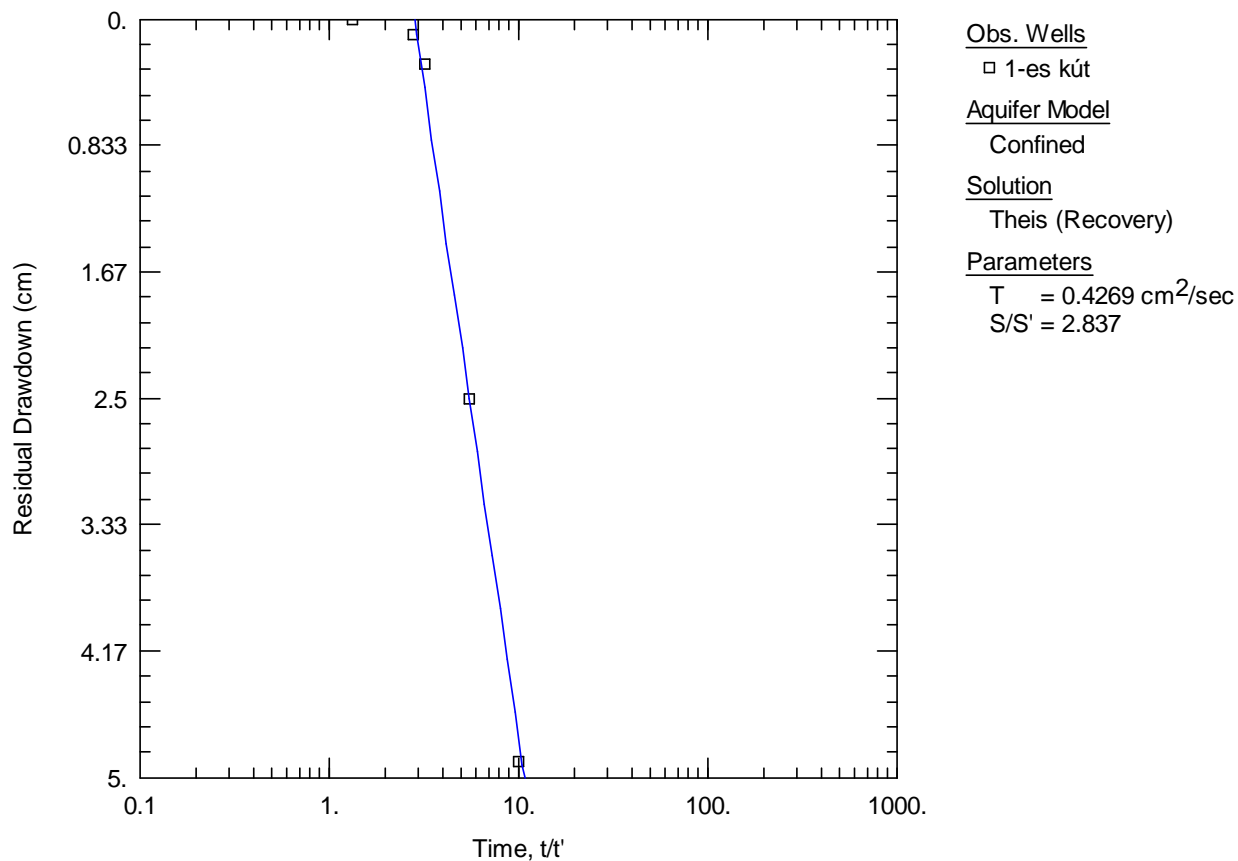
16. ábra. Alagút vázlatrajza



17. ábra. Alagút alatti szivárgás vizsgálata – Theis módszerre (Aqtesolv)

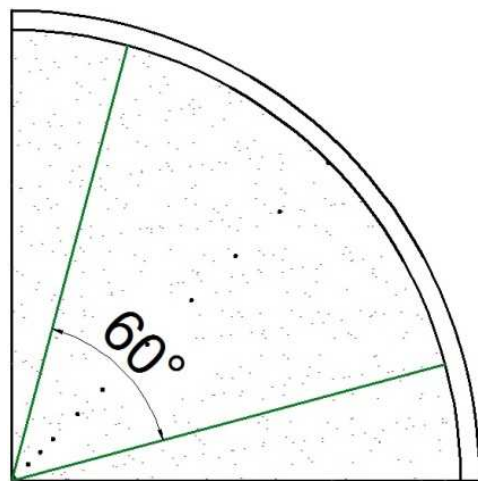


18. ábra. Alagút alatti szivárgás vizsgálata- Cooper-Jacob (Aqtesolve)



19. ábra. Alagút alatti visszatöltődés – Theis (Aqtesolve)

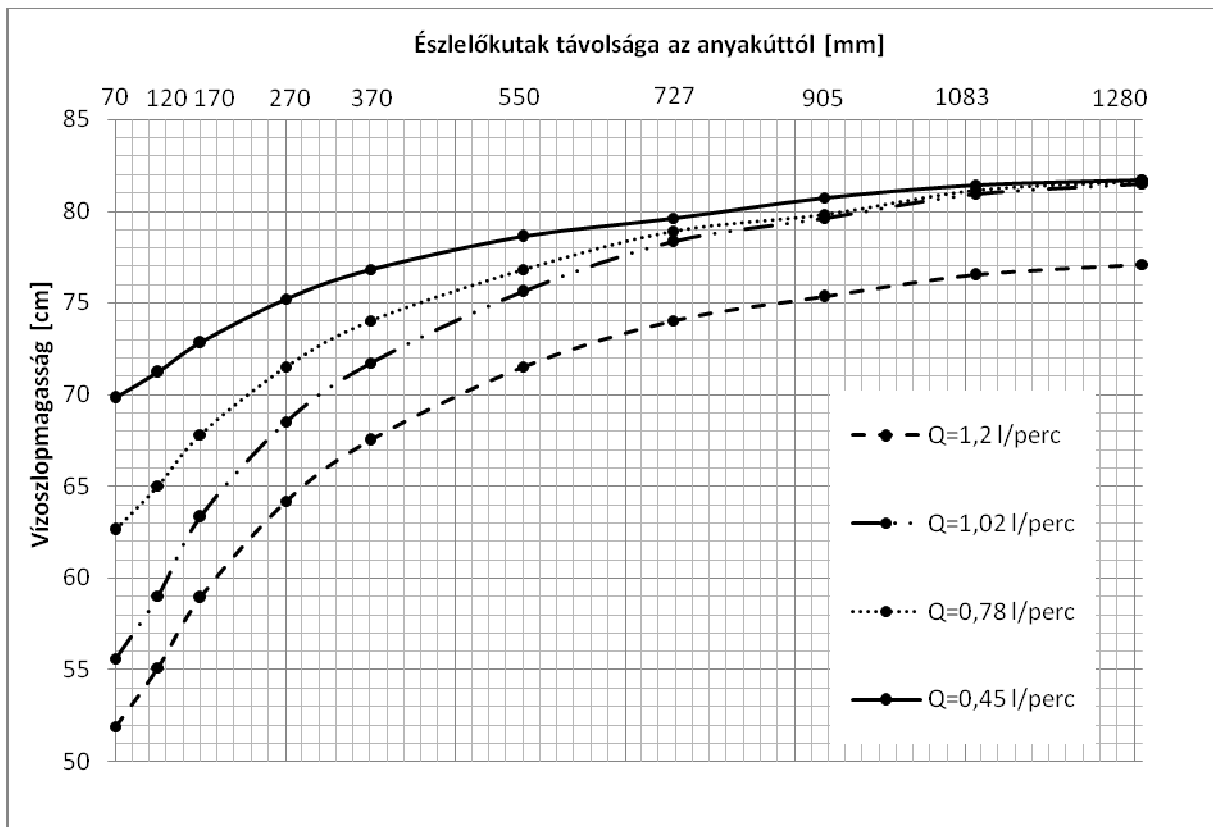
3.3 Finomszemű homok 60°



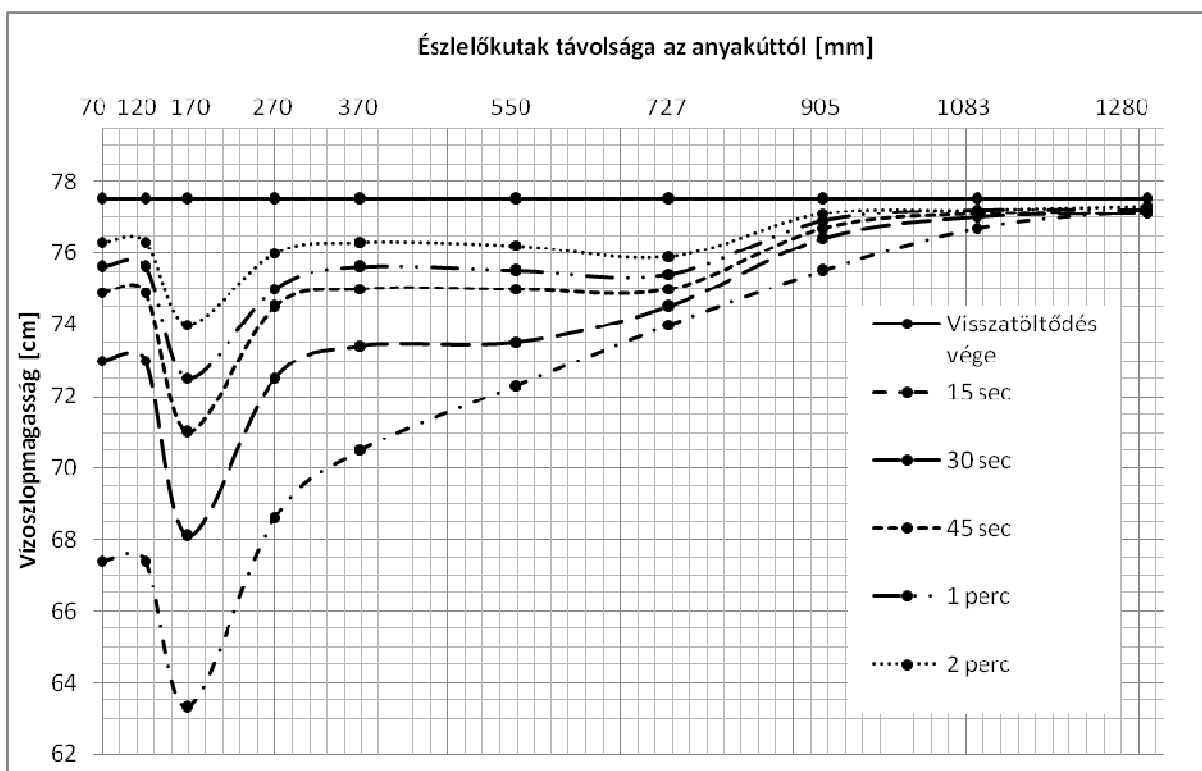
20. ábra. 60°-ban beépített lemezek vázlatrajza

Ennél a mérésorozathoz még az eredeti, 10 mm átmérőjű kútát használtuk. Már szó esett arról, hogy a kisminta vizsgálatok gazdaságosságának fokozására, a kutatók egyre kisebb modellek megépítésére törekednek. Ez volt az egyik oka annak, hogy megvizsgáljuk, hogyan változik a szivárgó víz útja, sebessége, ha a modellbe 60°-ban helyezünk el két lemezt (20. ábra). Másrésztől kíváncsiak voltunk arra is, hogy a lemezekhez való ütközés befolyásolja-e az eredményeinket.

A leszívás mértéke (21. ábra) nem változott a szűkítés beépítése miatt. A visszatöltődés a beépítés technikai okai miatt módosulhatott, a 3-as kútnál eltömítődést tapasztaltunk (22. ábra).



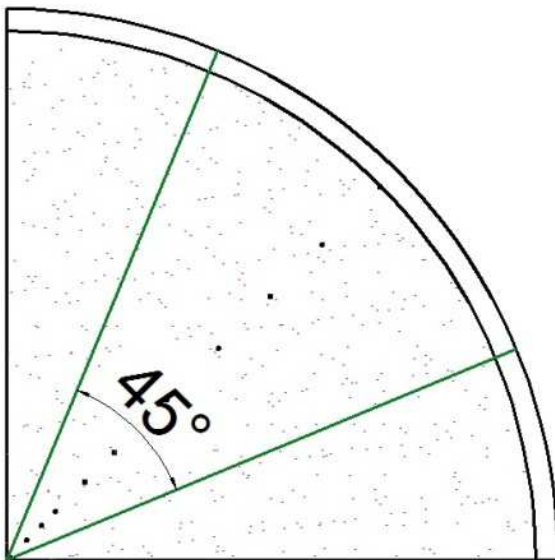
21. ábra. Leszívási görbék, 60°-os szűkítés



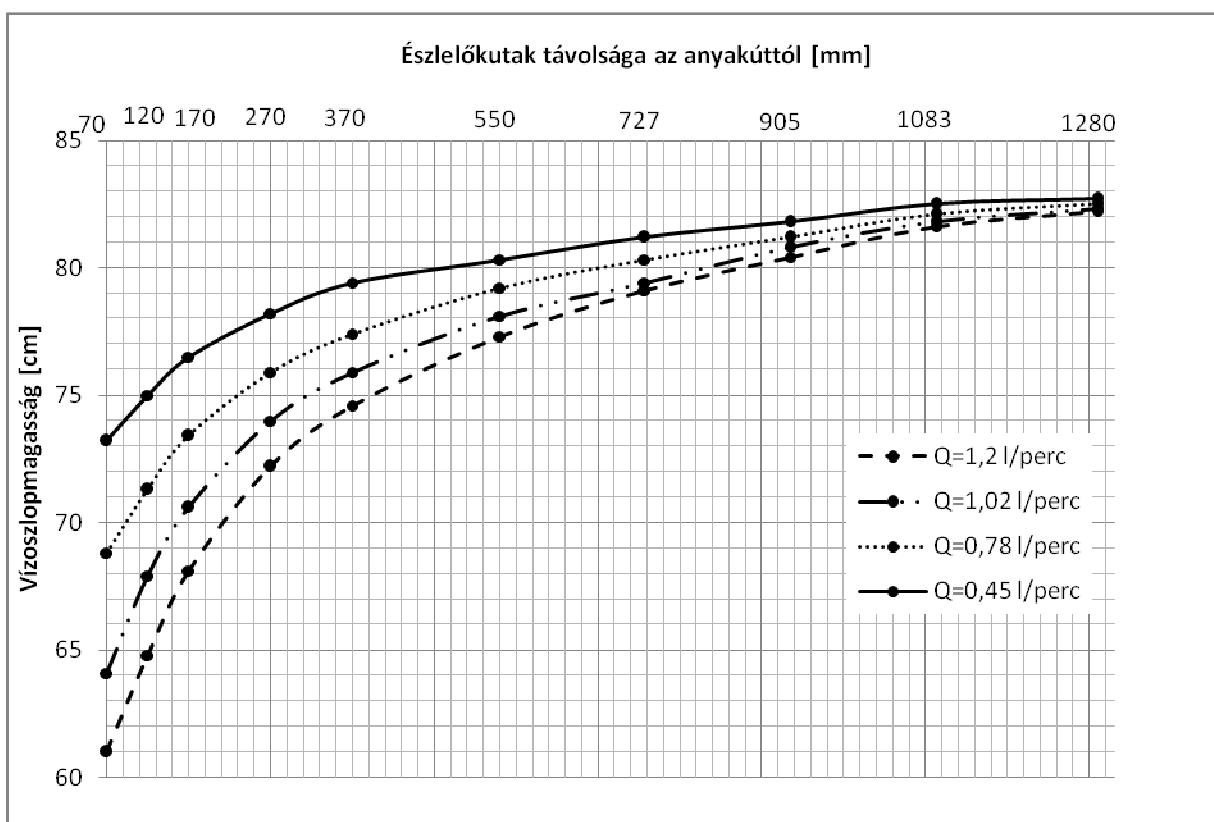
22. ábra. Visszatöltődés, 60°-os szűkítés

3.4 Finomszemű homok 45°

A következő lépésben 45°-ra szűkítettük (23. ábra) a szivárgási teret. Valamelyest csökkent a leszívás mértéke a 60° és a 90° állapothoz képest (24. ábra), a pontos okok megállapításához további kutatás és mérés szükséges. A visszatöltődés normális lefolyású volt.



23. ábra. 45°-ban beépített lemezek vázlatrajza



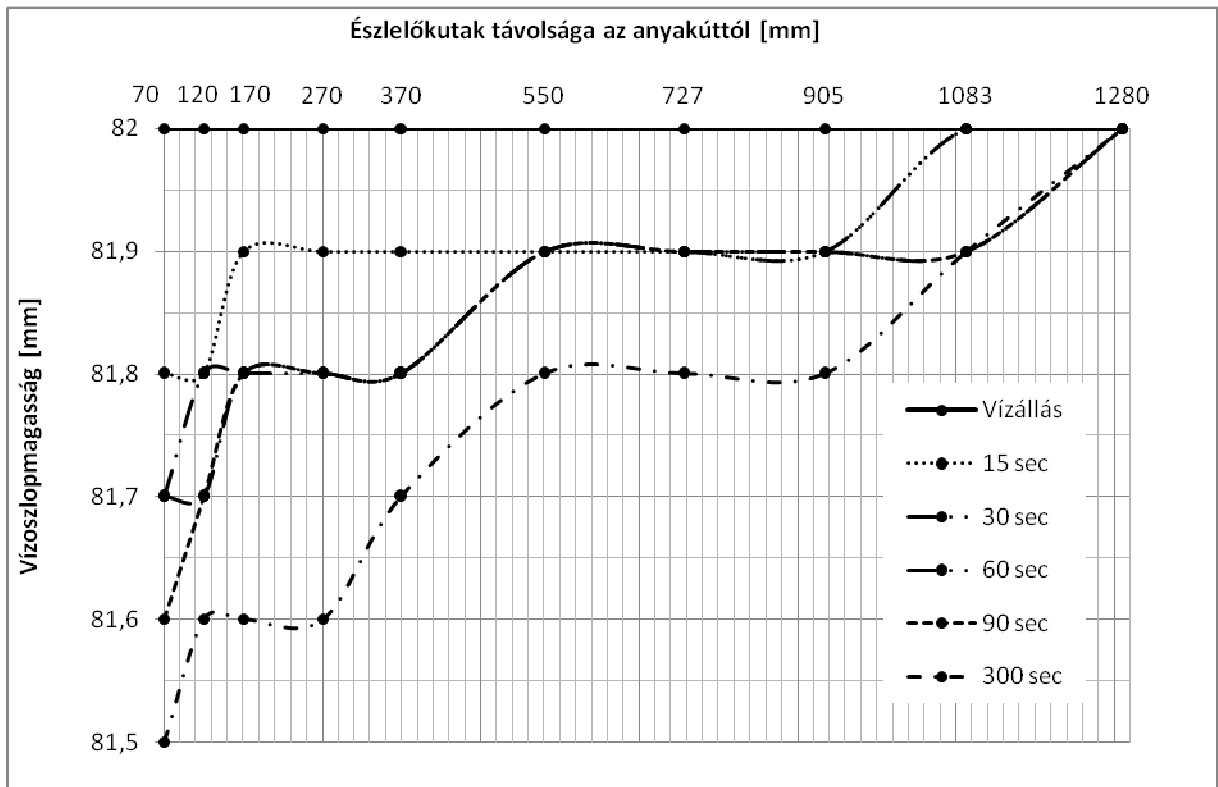
24. ábra. Leszívási görbék, 45°-os szűkítés

3.5 Kavics

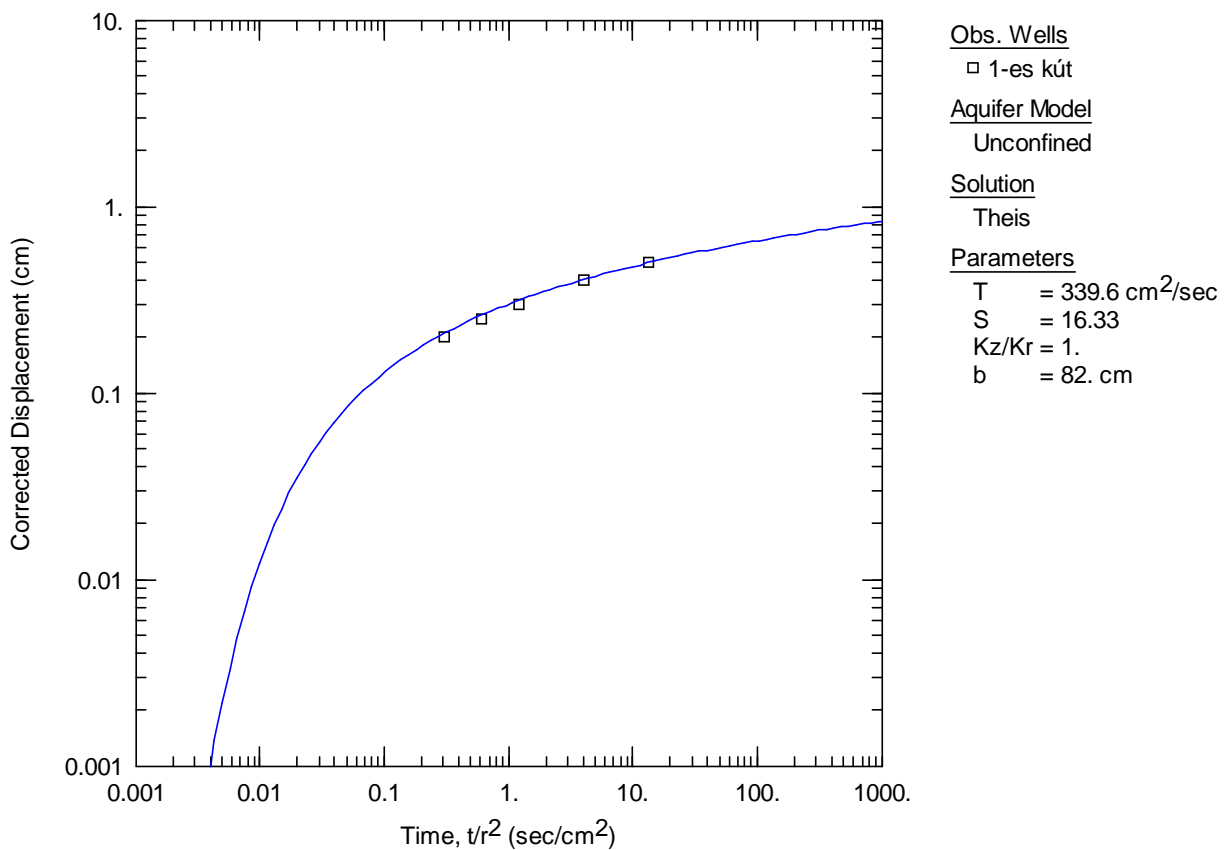
Miután a modelltől kilapátoltuk a homokot, alaposan kitisztítottuk, hogy a frakciók ne keveredjenek, majd apró kavicsal töltöttük meg a modellt és újabb mérésort végeztünk. Ekkor került beépítésre a 17 mm átmérőjű anyakút is.

A kavics beépítésével két- és három nagyságrenddel nőtt a szivárgási tényező értéke (25. ábra), ami szintén megfelel a szakirodalmi adatoknak, és a talajmechanikai vizsgálatok eredményeinek.

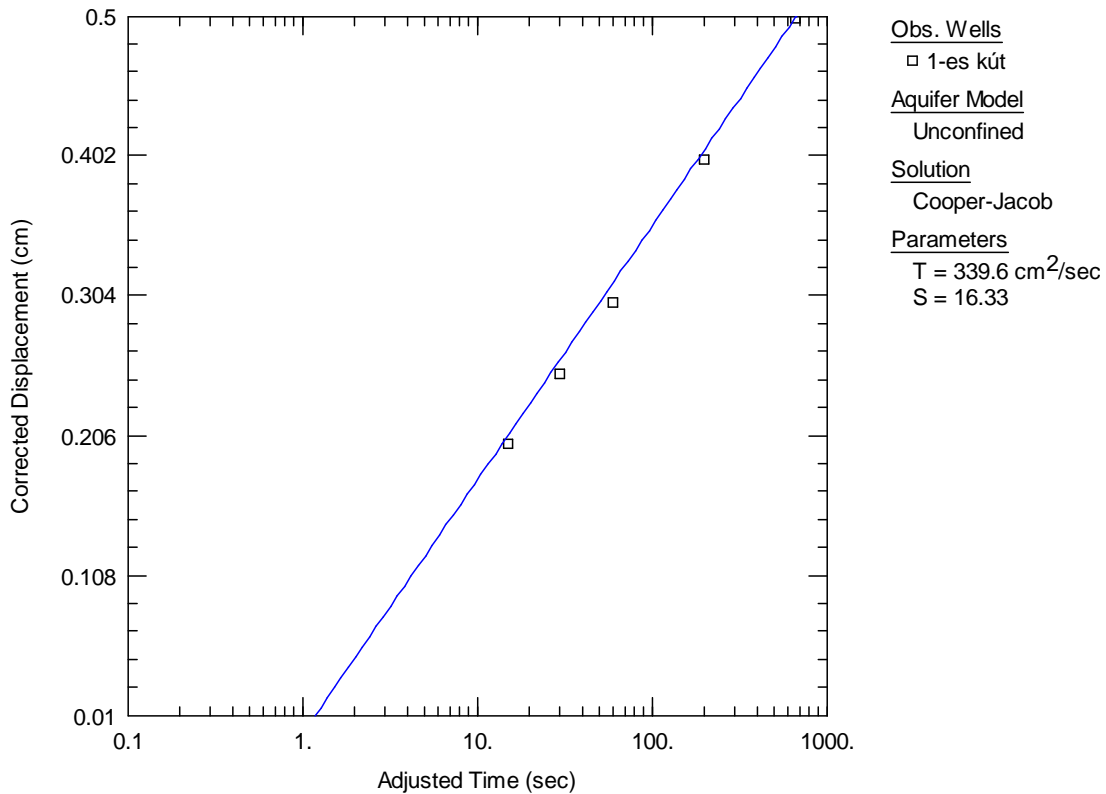
Az AQTESOLV-os kiértékelésnél (26., 27. ábra) itt csak az első észlelőkútban mért értékekkel tudunk számolni, ugyanis a többiben olyan kismértékben „asztallapszerűen” csökkent a vízszint, amit a szoftver szintén permanens állapotnak értelmezett, így a kapott görbék egyáltalán nem illeszkedtek a pontokra, ami a kiértékelés nagyfokú pontatlanságára utalt. Csupán az anyakúthoz legközelebb eső kút vizsgálatán azonban, a valóságnak megfelelő szivárgási tényezőt kaptunk.



25. ábra. Leszívási görbék, kavics esetén



26. ábra. Szivárgás vizsgálata kavicsban – Theis módszerrel (Aqtesolve)



27. ábra. Szivárgás vizsgálata kavicsban – Cooper-Jacob módszerrel (Aqtesolve)

3.6 Eredmények értékelés

Az eddigi mérésorozatok elvégzése alatt, kitalapozva a modell megfelelő működésének módját és technikai feltételeit, igazoltuk, hogy a modell alkalmas szivárgási tényező meghatározására, ugyanis a kapott értékek megfelelnek a szakirodalmi adatoknak, valamint a hagyományos talajmechanikai vizsgálatokkal kapott értékekkel is megegyeznek az adott talajokra (3.1 táblázat).

Összesítő táblázat				Szivárgási tényező k (m/s)					
				Dupuit módszerrel				Theis módszerrel	Cooper-Jacob módszerrel
Vizsgált talaj	Szűkítés	Anyakút átmérője	Vízhozam Beépítés	Q=1,2 l/min	Q=1,02 l/min	Q=0,78 l/min	Q=0,45 l/min	Q=2,1 l/min	
Közepes homok	45°	10 mm		6,54*10 ⁻⁵	6,43*10 ⁻⁵	6,23*10 ⁻⁵	5,44*10 ⁻⁵		
	60°			6,52*10 ⁻⁵	5,06*10 ⁻⁵	4,91*10 ⁻⁵	4,31*10 ⁻⁵		
	90°			5,93*10 ⁻⁵	5,78*10 ⁻⁵	5,43*10 ⁻⁵	5,33*10 ⁻⁵	1,12*10 ⁻⁴	1,12*10 ⁻⁴
				Q=2,1 l/min	Q=1,68 l/min	Q=1,26 l/min	Q=0,84 l/min	Q=2,1 l/min	
Közepes homok	90°	17mm		3,26*10 ⁻⁴	2,45*10 ⁻⁴	3,22*10 ⁻⁴	1,88*10 ⁻⁴		
			Mélygarázs esetén	2,23*10 ⁻⁴	2,25*10 ⁻⁴			4,23*10 ⁻⁴	4,23*10 ⁻⁴
			Alagút esetén	2,54*10 ⁻⁴	2,03*10 ⁻⁴			1,52*10 ⁻⁴	1,52*10 ⁻⁴
				Q = 20 l/min			Q = 20 l/min		
Apró kavics	90°	17 mm		4,90*10 ⁻²				4,14*10 ⁻²	4,14*10 ⁻²
			Mélygarázs esetén	4,11*10 ⁻²				3,67*10 ⁻²	3,67*10 ⁻²
			Alagút esetén	4,34*10 ⁻²				4,95*10 ⁻²	4,95*10 ⁻²

3.1. táblázat - Szivárgási tényezők összesítése

A kisminta megfelelősége lehetőséget ad arra, hogy a jövőben további méréseket – a rétegek keverése; további talajtípusok vizsgálata; egyéb létesítményeket, szerkezeteket szimuláló testek beépítése és az anyakút kialakításának változtatása – végezzünk.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet Pozsgai Istvánnak és Tolnai Sándornak, akik a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék laboratóriumi munkatársaiként, minden technikai segítséget megadtak a mérésekhez.

Köszönjük az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék munkatársainak, Dr. Görög Péternek és Diriczi Dávidnak a talajminták beszerzését.

IRODALOMJEGYZÉK

Kovács Gy. 1972. *A szivárgás hidraulikája*, Akadémiai Kiadó, Budapest

Jobbágy R. 2009. *Szivárgási tényező meghatározása terepi vizsgálatokkal, a szemcséstől a kötött talajokig terjedő talajtípusokban*, Diplomamunka, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

Ivanics L. 1968. *Hidromechanikai Modellkísérletek*, Műszaki könyvkiadó, Budapest

Haszpra O. 1994. *Physical modellig*, Technical University of Budapest

A kutatáshoz felhasznált szoftver: AQTESOLV for Windows Pro 3.5 (segédlete: AQTESOLV for Windows, User' guide)

