

Szivárgási tényező meghatározására szolgáló elméleti módszerek ellenőrzése kismintamodellezéssel

**GAZDA FANNI
FARKAS DÁVID
FARKAS-KARAY GYÖNGYI**

Bevezetés, motiváció

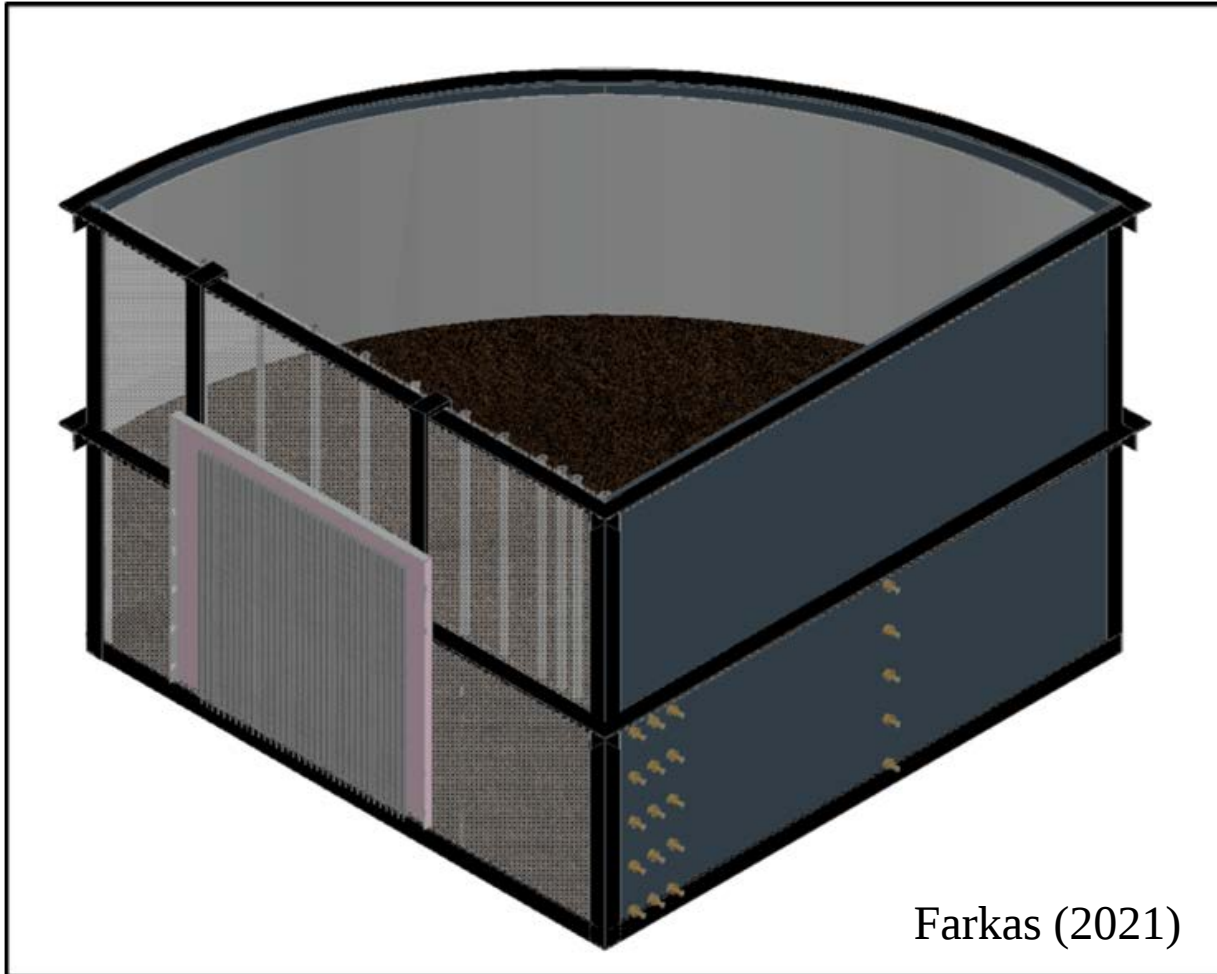
- Mérnöki gyakorlat, kutatások → szivárgási tényező használata
 - Szivárgási tényező meghatározása → terepi vagy laboratóriumi mérések
 - Kedvelt módszer: szemeloszlási görbén alapuló számítások (gyors, olcsó)
 - sok elméleti módszer
 - adott határokon belül érvényesek
 - nincs általános képlet
- } **megbízható módszer keresése**
- Kismintamoddellel meghatározható a szivárgási tényező → referenciaérték

Célkitűzések

A kutatás főbb céljai:

- Több talajminta szivárgási tényezőjének meghatározása kismintamodellel
- Szakirodalmi kutatás → szemeloszlási görbén alapuló módszerek
- Szemeloszlási görbe előállítása, számítások elvégzése
- Az eredmények szakirodalmi forrásokkal való összevetése
- A módszerek rangsorolása, megbízható összefüggések keresése

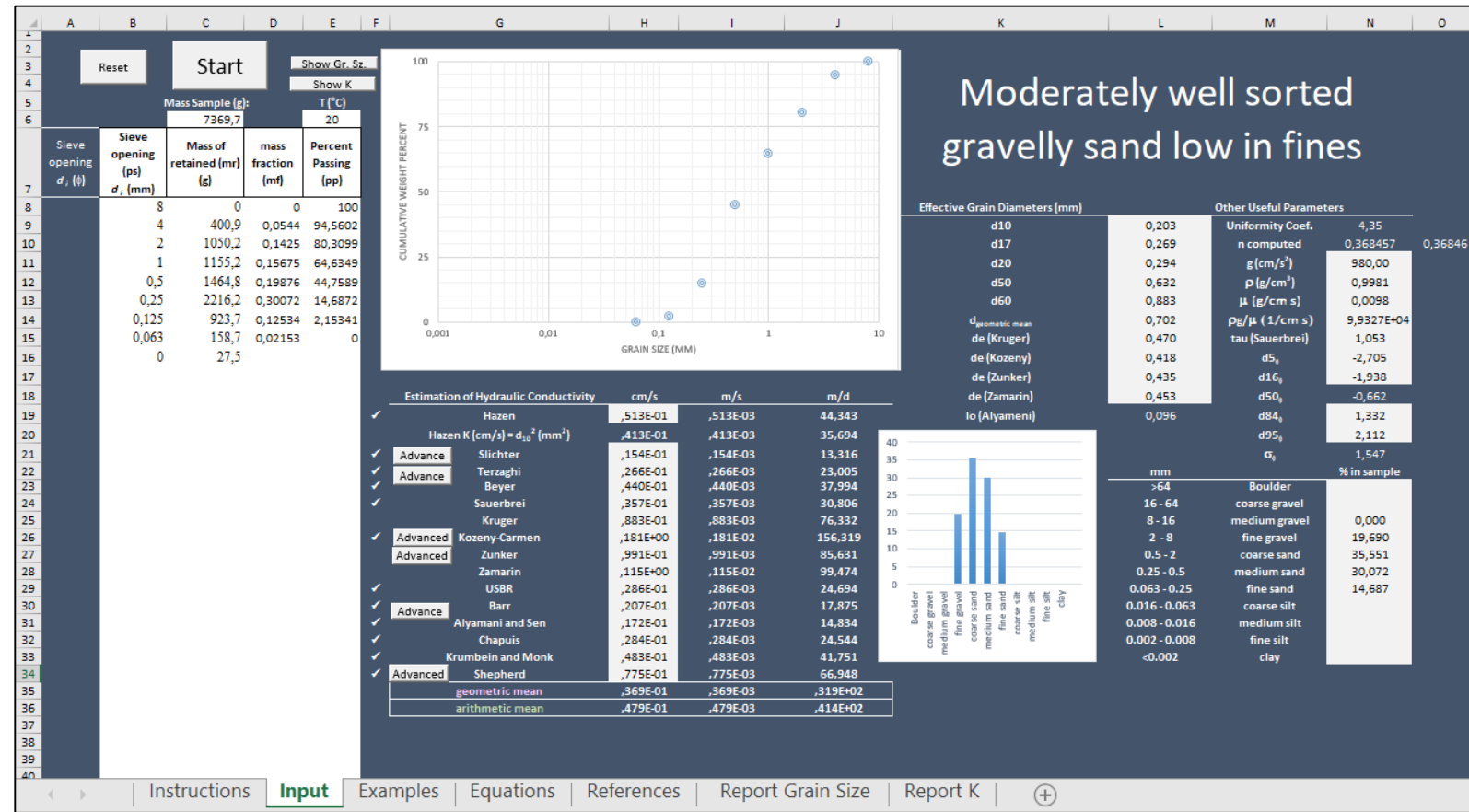
Korábbi kutatások, vizsgálatok a használt kismintamodellel



- Barta és Veczán (2011): laboratóriumi mérések,
- Csáki (2011), Barta és társai (2012, 2013), Szabó és társai (2012): numerikus modellezés
- Vig (2016): laboratóriumi kísérletek, numerikus modellezés
- Hegedűs (2018, 2019, 2020): kúthidraulikai vizsgálatok, numerikus modellezés, csapadékesemények hatásainak vizsgálata
- Farkas és társai (2019): nempermanens vizsgálatok
- Farkas (2021a, 2021b): szivárgás- és kúthidraulikai vizsgálatok, valós terepi mérések a kismintamodell mérési helyességének igazolására

Szemeloszlási görbén alapuló elméleti módszerekkel foglalkozó korábbi kutatások

- Svensson (2014)
- Pucko és Verbovšek (2015)
- Onwe és társai (2016)
- Cabalar és Akbulut (2016)
- Ríha és társai (2018)
- Arfeen és Khan (2020)



HydrogeoSieveXL, Devlin (2015)

Szemeloszlási görbével számoló módszerek

- Seelheim (1880), 4 módszer

$$k = A \cdot d_{50}^2$$

- Vuković és Soro (1992), 15 módszer

$$k = \frac{\rho \cdot g}{\mu} \cdot N \cdot \varphi(n) \cdot d_i^2$$

$$n = 0,255 \cdot (1 + 0,83^U)$$

- USCRO (Urumović et al. 2019)

$$k = \frac{\rho g}{\mu} \cdot 1,56 \cdot 10^{-5} \cdot d_{20}^{2,32} \cdot \frac{1}{100}$$

- Harleman (1963)

$$k [m/s] = E(U) \cdot \left(\frac{d_{10}}{1000} \right)^2$$

- Kenney (1984)

$$k [m/s] = 0,005 \cdot d_5^2$$

- Pavchich (in VNIIG, 1991)

$$k = \frac{0,04}{v} \cdot \sqrt[3]{U} \frac{n^3}{(1-n)^2} \cdot d_{17}^2$$

- Gustafson (2005)

$$k = 6,54 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{g}{v} \cdot d_{10}^2$$

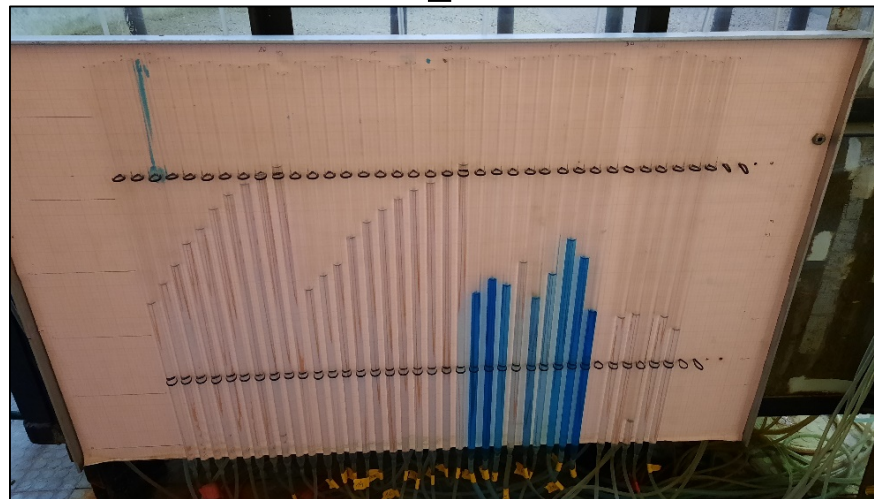
A kismintamodell felépítése

Méretei:

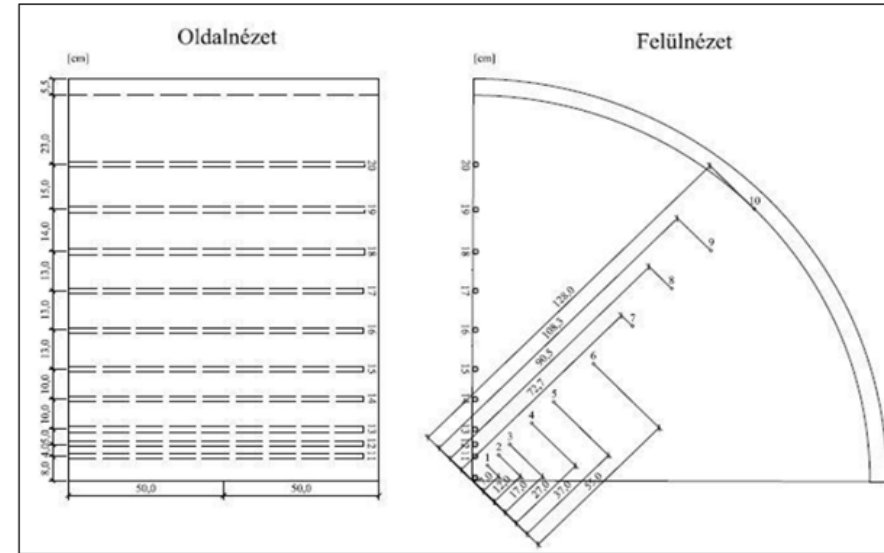
- teljes sugár: 133,5 cm;
- modelltér sugár: 128,0 cm;
- magasság: 100 cm.

Vízszintészlelés eszközei:

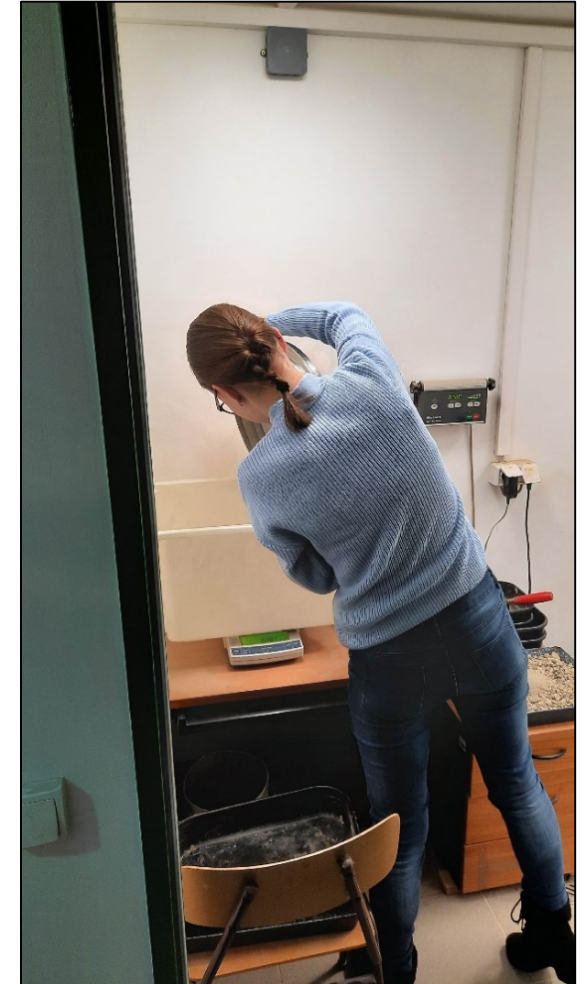
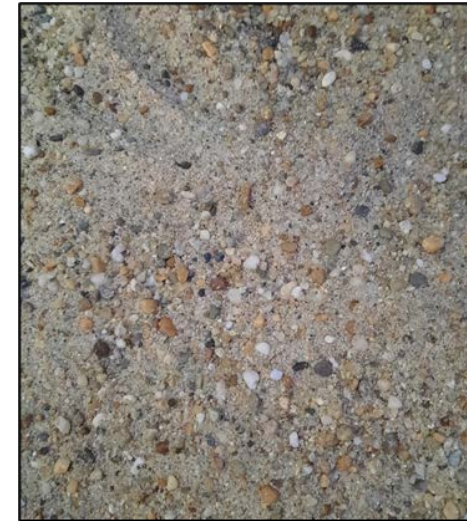
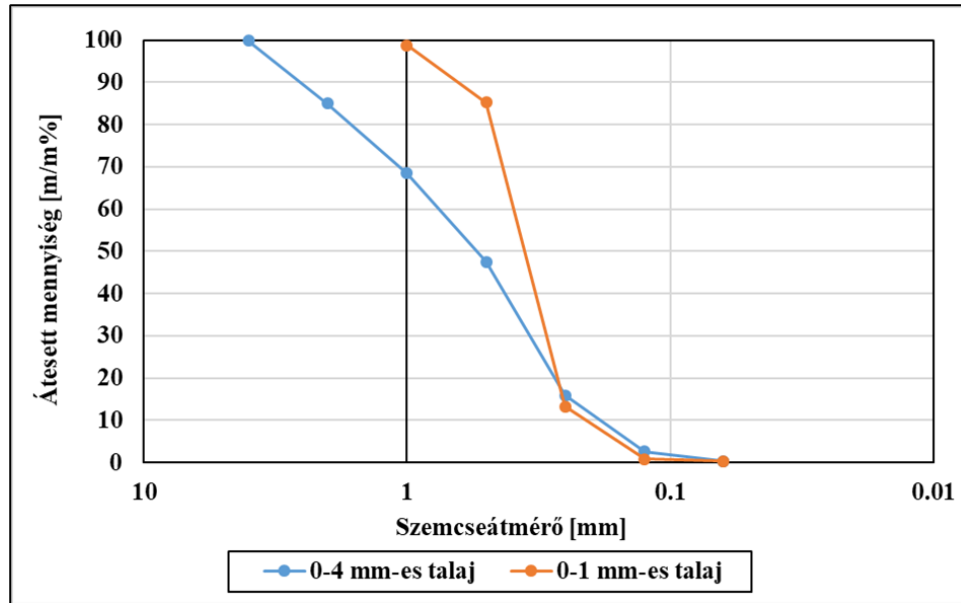
- 10 db fenéklemezi piezométer;
- 20 db oldalfali piezométer;
- 11 db megfigyelőkút;
- 5 db piezométer az anyakútnál.



A kismintamodell

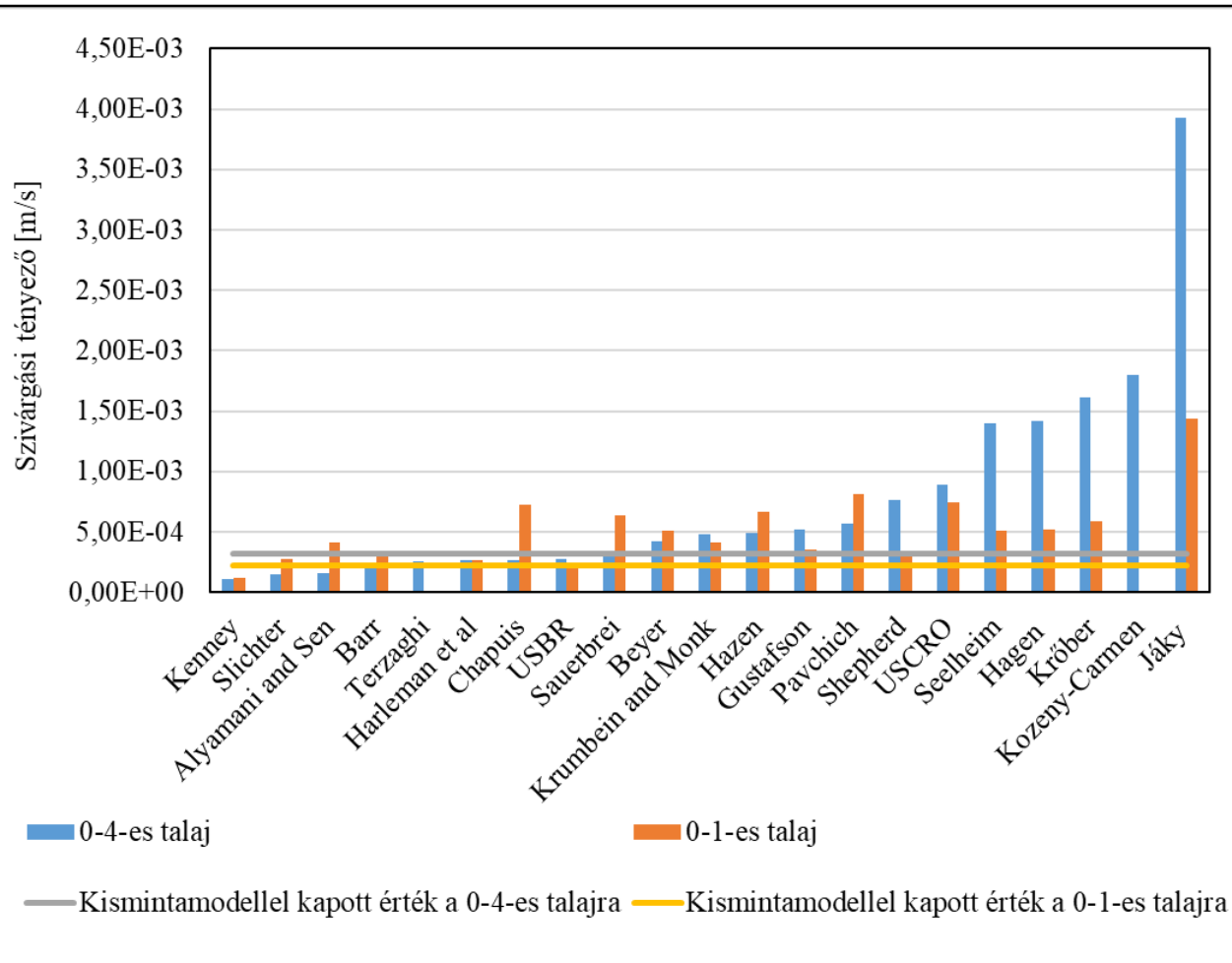


A talajminták vizsgálata



Paraméter	0-4 mm-es kavicsos homok	0-1 mm-es homok
d_{60} [mm]	0,883	0,410
d_{50} [mm]	0,632	0,374
d_{20} [mm]	0,294	0,268
d_{17} [mm]	0,269	0,257
d_{10} [mm]	0,203	0,204
d_5 [mm]	0,150	0,157
U [-]	4,35	2,01
n [-]	0,367	0,430

Eredmények



Alkalmazott módszerek	0-4-es talaj		0-1-es talaj	
	k [m/s]	Eltérés [%]	k [m/s]	Eltérés [%]
Kenney	1,13E-04	65	1,23E-04	45
Slichter	1,48E-04	54	2,73E-04	21
Alyamani and Sen	1,62E-04	50	4,13E-04	83
Barr	1,98E-04	39	3,25E-04	44
Terzaghi	2,55E-04	21	-	-
Harleman	2,63E-04	19	2,65E-04	18
Chapuis	2,69E-04	17	7,25E-04	222
USBR	2,80E-04	13	2,30E-04	2
Sauerbrei	3,45E-04	7	6,37E-04	183
Beyer	4,24E-04	32	5,14E-04	129
Krumbein and Monk	4,80E-04	49	4,14E-04	84
Hazen	4,94E-04	53	6,70E-04	198
Gustafson	5,22E-04	62	3,60E-04	60
Pavchich	5,72E-04	78	8,14E-04	262
Shepherd	7,65E-04	137	3,26E-04	45
USCRO	8,91E-04	176	7,43E-04	230
Seelheim	1,40E-03	335	5,16E-04	129
Hagen	1,42E-03	339	5,20E-04	131
Kröber	1,61E-03	400	5,92E-04	163
Kozeny-Carman	1,80E-03	458	-	-
Jáky	3,93E-03	1120	1,44E-03	540
Kismintamodell	3,22E-04	-	2,25E-04	-

A módszerek rangsorolása

Módszerek	A kismintamodellről való maximális eltérés [%]	Alkalmazhatóság
USBR, Harleman	0-25	Megbízható
Barr	25-50	Elfogadható
Alyamani and Sen, Gustafson, Kenney, Krumbein and Monk, Slichter	50-100	Közepes becslés
Beyer, Hazen, Sauerbrei, Shepherd	100-200	Nagyon gyenge becslés
Chapuis, Hagen, Jáky, Kröber, Pavchich, Seelheim, USCRO	200-	Használata nem ajánlott

Eredmények összehasonlítása

Kutatók neve	Konklúzió	Saját eredmények
Svensson (2014)	Gustafson felülbecsülhet Kozeny-Carman > Gustafson	Teljesül ✓ Teljesül ✓
Pucko és Verbovšek (2015)	Legjobb: USBR	Teljesül ✓
Onwe és társai (2016)	Legjobb: Pavchich	Gyengén szerepel ✕
Cabalar és Akbulut (2016)	Legjobb: Terzaghi, Slichter Leggyengébb: Kozeny-Carman	Terzaghi (0-4) ✓ Slichter (0-1) ✓ Kozeny-Carman gyengén szerepel ✓
Ríha és társai (2018)	Legjobb: Terzaghi, Chapuis, Kozeny-Carman	Terzaghi (0-4) ✓ Chapuis (0-4) ✓ Kozeny-Carman ✕
Arfeen és Khan (2020)	Legjobb: Gustafson, Slichter Csak homok talajokra!	Gustafson ✕ Slichter (0-1) ✓

Összefoglalás

- Több talajminta vizsgálata a kismintamodellben → laboratóriumi mérések, szivárgási tényező meghatározása
- Szemeloszlási görbén alapuló módszerek feltárása a szakirodalomban
- A szivárgási tényező meghatározása 21 db szemeloszlási görbén alapuló módszerrel
- Szakirodalmi források alapján felülvizsgálat → megállapításainkat alátámasztották
- Az adatok alapján a USBR módszer használatát ajánljuk hasonló talajfélékre

Kitekintés

- Mérések folytatása a jelenlegi talajon
- Különböző szemcseátmérőjű, illetve osztályozottságú talajok alkalmazásával az elméleti módszerek vizsgálata → rangsor általánosítása

Köszönöm a figyelmet!

Felhasznált irodalom:

- Arfeen, N., Khan, T. A. (2020). Evaluation of PSD Models for the Estimation of Hydraulic Conductivity for Different Soil Textural Classes, International Journal of Engineering Works, Vol. 7, Issue 10, PP. 338-341, <https://doi.org/10.34259/ijew.20.710338341>
- Barta E., Veczán É. (2011): Szivárgási tényező kísérleti meghatározása különféle talajoknál. TDK dolgozat, BME vízepítómérnöki szekció
- Barta, E., Hajnal, G., Karay, Gy., Vasvári, V. (2013). Determination of the Coefficient of Permeability by Physical Model test and Numerical Modelling, Proceedings of the 35th IAHR Congress, Chengdu, Kína, 2013.09.08-2013.09.13. Beijing: Tsinghua University Press, 2013. Paper CD. 11 p. (ISBN:978-7-89414-588-8)
- Barta, E., Hajnal, G., Veczán, É., Vasvári, V. (2012). Bestimmung des durchlässigkeitsbeiwertes mithilfe von modellversuchen, in: zenz g (ed.): Wasserbau symposium 2012: Global Denken - Lokal Handeln. 672 p. Graz: verlag der Technischen Universität Graz, 2012. Pp. 307-314. (ISBN:978-3-85125-230-9)
- Cabalar, A. F., Akbulut, N. (2016) Evaluation of actual and estimated hydraulic conductivity of sands with different gradation and shape. SpringerPlus 5, 820, <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2472-2>
- Csáki, N. (2011). Szivárgási tényező meghatározása laboratóriumi vizsgálatokkal és numerikus modellezéssel, TDK dolgozat, BME Vízepítómérnöki Szekció, 63 p.
- Farkas, D. (2021a). Szivárgáshidraulikai kismintamodell igazolása terepi mérésekkel, Hidrológiai Közöny, ELFOGADVA
- Farkas, D. (2021b) Próbaszivattyúzás folyamatának és hatásainak vizsgálata terepi és laboratóriumi körülmények között, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építómérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
- Vásárhelyi Pál Építómérnöki és Földtudományi Doktori Iskola, Budapest
- Gustafson, E., (2005) Järnets förekomst i grundvattnet i isälvsavlagningar i Dalarna, Uppsala: Geotryckeriet.
- Harleman, D.R.F., Melhorn, P.F., Rumer, R.R., (1963) Dispersion-permeability correlation in porous media. Journal of the Hydraulic Division, 89, 2, 67–85.
- Hegedűs, N., (2018). Kúthidraulikai vizsgálatok kismintamodellezéssel, TDK dolgozat, BME Építómérnöki Kar, Víz- és Környezetmérnöki szekció, Budapest,
- Hegedűs, N., (2019). Kúthidraulikai vizsgálatok kisminta- és numerikus modellezéssel, TDK dolgozat, BME Építómérnöki Kar, Vízmérnöki szekció, Budapest
- Hegedűs, N., (2020). Csapadékesemények szabad felszínű víztartókra és próbaszivattyúzásra gyakorolt hatása, TDK dolgozat, BME Építómérnöki Kar, Vízmérnöki szekció, Budapest
- Onwe, I. M., Akudinobi, B. E. B., Aghamelu, O. P. (2016) Estimating the Hydraulic Conductivity of the Ajali Sandstone in the Udi Area of South Eastern Nigeria from Pumping Test and Grain Size Based Empirical Analysis, J Hydrogeol Hydrol Eng 2016, 5:3, DOI: 10.4172/2325-9647.1000143
- Pucko, T., Verbovšek, T., (2015) Comparison of hydraulic conductivities by grain-size analysis, pumping, and slug tests in Quaternary gravels, NE Slovenia, Open Geosci. 2015; 7:308–317., DOI 10.1515/geo-2015-0032
- Ríha, J., Petrula L., Hala, M., Alhasan, Z. (2018) Assessment of empirical formulae for determining the hydraulic conductivity of glass beads, J. Hydrol. Hydromech., 66, 2018, 3, 337–347., DOI: 10.2478/johh-2018-0021
- Seelheim, F., (1880). Methoden zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens. Zeitschrift für analytische Chemie. 19, 387–418
- Svensson, A. (2014) Estimation of Hydraulic Conductivity from Grain Size Analyses, Ms.c. Thesis, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Department of Civil and Environmental Engineering, Division of GeoEngineering, Göteborg, Sweden.
- Szabó, G., Hajnal, G., Vasvári, V. (2012). Inverse numerische modellierung zur bestimmung des durchlässigkeitsbeiwertes, in: zenz g (ed.): Wasserbau symposium 2012: Global Denken - Lokal Handeln. 672 p. Graz: verlag der technischen universität graz, 2012. Pp. 233-240. (ISBN:978-3-85125-230-9)
- Urumović, K., Borović, S., Urumović, K. Sr., Navratil, D. (2020). Validity range and reliability of the United States Bureau of Reclamation (USBR) method in hydrogeological investigations. Hydrogeology Journal 28, 625–636. <https://doi.org/10.1007/s10040-019-02080-2>
- Vig, T. (2016). Szivárgási tényező meghatározása kisminta kísérletekkel. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
- VNIIG, 1991. Recommendations on the Laboratory Methods of Investigation of the Permeability and Filtration Stability of Soils. P 49-90/VNIIG. The B. E. Vedenev All-Russia Research Institute of Hydraulic Engineering, JSC, Leningrad, 93 p. (In Russian.)
- Vuković, M., Soro, A. (1992). Hydraulics of water wells: theory and application. Water Resources, Littleton, CO

Kutatók neve	Vizsgált talaj	Vizsgálati módszer	Konklúzió	Saját eredmények
Svensson (2014)	kavicsos homok, homok, iszapos homok és iszapos agyagos homok	próbaszivattyúzás, nyeletés, permeaméter szemeloszlási görbe	Gustafson felülbecsülhet Kozeny-Carman > Gustafson	Teljesül ✓ Teljesül ✓
Pucko és Verbovšek (2015)	kavicsos homok, agyagos homok	próbaszivattyúzás, nyeletés szemeloszlási görbe	Legjobb: USBR	Teljesül ✓
Onwe és társai (2016)	különböző homokok	próbaszivattyúzás Szemeloszlási görbe	Legjobb: Pavchich	Gyengén szerepel ✕
Cabalar és Akbulut (2016)	különböző homokok, szemcsés állagú homokkő	permeaméter szemeloszlási görbe	Legjobb: Terzaghi, Slichter Leggyengébb: Kozeny Carman	Terzaghi (0-4) ✓ Slichter (0-1) ✓ Kozeny-Carman gyengén szerepel ✓
Ríha és társai (2018)	különböző átmérőjű üveggolyók	permeaméter szemeloszlási görbe	Legjobb: Terzaghi, Chapuis, Kozeny-Carman	Terzaghi (0-4) ✓ Chapuis (0-4) ✓ Kozeny-Carman ✕
Arfeen és Khan (2020)	homok, agyagos homok, homokos agyag és iszapos agyag	permeaméter szemeloszlási görbe	Legjobb: Gustafson, Slichter Csak homok talajokra!	Gustafson felülbecsül ✕ Slichter (0-1) ✓