

## Homokszemese-csoportok vízáteresztő képességéről

UNGÁR TIBOR

*Szegedi Tervező Vállalat, Szeged*

Talajok vízáteresztőképességének vizsgálatával nagyszámú tanulmány foglalkozik. A vízáteresztőképesség jellemzésére a közismert Darcy-féle képlet  $k$  arányossági tényezője használatos, mint szivárgási tényező. Az áteresztőképesség törvényszerűségeinek az eddigi vizsgálatai szerint a  $k$  szivárgási tényező arányos a talajban szereplő *szemcseátmérők* harmonikus átlagának négyzetével; függ a talajlikacsokban mozgó folyadék tulajdonságaitól; éspedig annak *viszkózitásától* és *térfogatsúlyától*; a talaj *hézagtérfogatától*, a szemcsék *alakjától* és *elrendeződésétől* s a likacsokban jelenlévő *oldatlan* gáz mennyiségétől.

A szivárgási tényező és a szemcseeloszlás közti kapcsolatra több szerző összefüggést is állított fel. Így Seelheim, Hazen, Schlichter, Schönwälder és Krüger, kiknek összefüggéseit, *Sigmund* [5] és *Kézdí* [3] munkáiból ismerjük. Hazai szerzők közül elvi jelentőségűek *Buzágh* és *Erényi* vizsgálatai [1]. Vizsgálataikat ismert szemnagyságú kvarcporral végezték, amelyet desztillált vízben, ill. különböző elektrolitokat tartalmazó oldatokban üleptettek. Az üleptető közegben oldott vegyületek mennyisége, minősége, továbbá az áteresztőképesség, vízfelszívóképesség és az üledéktérfogat közt törvényszerű kapcsolatot találtak. Később *Lamp* [4] ismertetett a szemcseösszetétel és az áteresztőképesség kapcsolatára vonatkozó kutatási eredményeket, amelyek a talajok hidrológiai értékelését segítik elő.

Az alább ismertetendő vizsgálatok célja is homokfajták szivárgási tényezője és szemcseeloszlása közti kapcsolat keresése volt.

### Vizsgálati módszerek

A szivárgás-mérések szítálás útján elkülönített, ismert szemnagyságú frakciókon és ezek keverékein történtek. A kísérleteknél a következő szemnagyság csoportok szerepeltek: 2,6—1,5; 1,5—1,0; 1,0—0,7; 0,7—0,35; 0,35—0,2; 0,2—0,1 és 0,1—0,05 mm. Ezeket a részlegeket kellő mennyiségben folyóvízi homokmintából különítettük el. A mérések az 1. ábra szerinti egyszerű összeállítású, változó víznyomásos készülékkel történtek. Ilyen készülék használata esetén a szivárgási tényező a következő képlettel számítható:

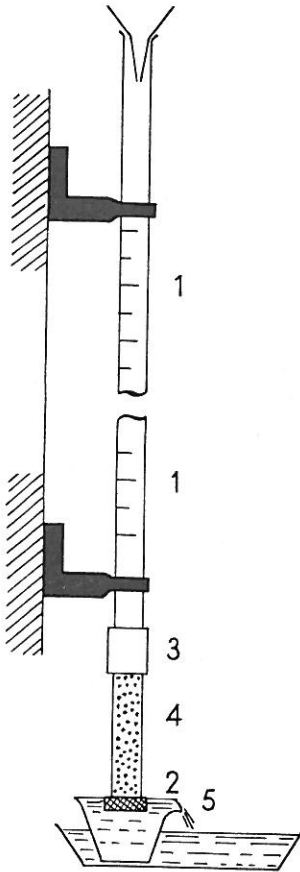
$$k = 2,3 \frac{f \cdot L}{F} \cdot \frac{1}{\Delta t} \log \frac{h_1}{h_2},$$

ahol  $f$  a nyomásmérő cső keresztmetszeti területe,  $F$ : a minta keresztmetszeti területe  $L$ : a minta hossza,  $\Delta t$  az az idő, amely alatt a mérőcsőben a vízszint  $h_1$  magasságról  $h_2$  magasságra száll le.

Valamennyi minta vizsgálata 1,6 térfogatsúly mellett történt.

A méréseket megelőzte a készüléssel elérhető pontosság vizsgálata. 0,35—0,2 mm átmérőjű homokrészleg átteresztőképességét hétszer vizsgálva, a középérték közepes hibája  $0,0410 \pm 0,0025$  cm/sec, a középérték valószínű hibája pedig  $0,0410 \pm 0,0015$  cm/sec volt. Ez a pontosság — a szivárgási mérések közismert jelentős szórására való tekintettel — elfogadható. Valamennyi alább ismertetendő  $k$  érték meghatározásánál négy vízszint-leolvasás és időmérés történt, és minden mintán két párhuzamos vizsgálatot végeztünk, így a  $k$  értékek hat adat középértékei.

Két kísérlet annak vizsgálatára irányult, hogy a szivárgó víz hőmérséklete (s ezzel együtt változó viszkozitása és térfogatsúlya) mennyiben okoz eltérést az eredményben. Az egyik kísérletben az átszivárgó víz hőmérséklete  $20^\circ\text{C}$  volt, a másikban a kísérlet kezdetén  $40^\circ\text{C}$ , ami a kísérlet végéig  $30^\circ\text{C}$ -ra csökkent. Az előbbi esetben  $k = 4,16 \times 10^{-2}$ , az utóbbiban  $k = 1,84 \times 10^{-2}$  cm/sec volt, tehát még ilyen aránylag nagy hőmérsékletkülönbség sem okoz a  $k$  tényezőben nagyságrendi eltérést. Így az átszivárgó víz csekély, 1—2  $^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet-ingadozása az eredményeket jelentéktelenül befolyásolta.



1. ábra

A méréseknél használt változó víznyomásos készülék. 1: mérőcső, 2: szitalemez, 3: gumicsatlakozás, 4: mintatartó-cső, 5: túlfolyó

### Vizsgálati eredmények

1. Az alap-szemnagyságcsoportok vizsgálata az 1. táblázatban összefoglalt és a 2. ábrán szaggatott vonallal összekötött eredményeket adta. A táblázatban a szemeloszlás jellemzésére a szemcseátmérőkön kívül a Trask-féle paramétereket is feltüntettük:

$D_{25}$ : „alsó kvartilis”, azon szemcse átmérője, amelynél kisebb szemcsék mennyisége a halmazban 25 százalékalék.

$D_{50}$ : „közepes szemcseátmérő”, azon szemcse átmérője, amelynél kisebb (és egyben nagyobb) szemcsék mennyisége 50 százalékalék.

1. táblázat

Szemnagyság-csoportok vízáteresztőképessége

Szám	Szemnagyság mm	D <sub>50</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>75</sub>	O	Sz	k tényező
1.	2,6 — 1,5	2,05	1,77	2,33	1,14	1,0	1,205
2.	1,5 — 1,0	1,25	1,12	1,31	1,08	1,0	0,657
3.	1,0 — 0,7	0,85	0,77	0,93	1,09	1,0	0,435
4.	0,7 — 0,35	0,52	0,44	0,61	1,17	1,0	0,188
5.	0,35 — 0,2	0,27	0,24	0,31	1,13	1,0	4,16 · 10 <sup>-2</sup>
6.	0,2 — 0,1	0,15	0,125	0,175	1,18	1,0	1,77 · 10 <sup>-2</sup>
7.	0,1 — 0,05	0,075	0,062	0,087	1,18	1,0	1,24 · 10 <sup>-3</sup>

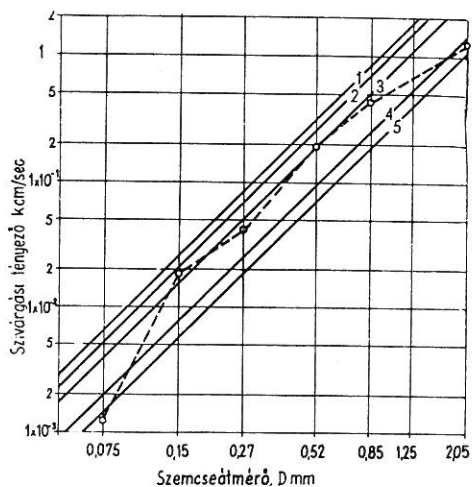
D<sub>75</sub>: „felső kvartilis”, azon szemcse átmérője, amelynél kisebb szemcsék összes mennyisége 75 százalék.

$$O = \sqrt{D_{75}/D_{25}}$$

„osztályozottsági érték”.

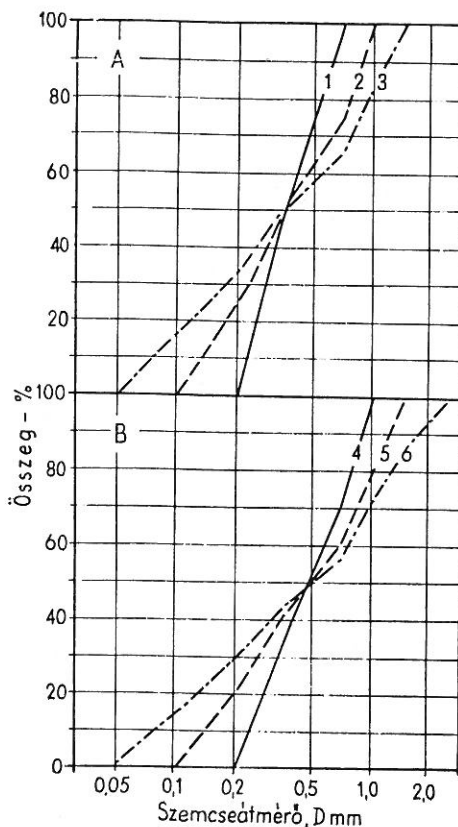
$$Sz = D_{75} \cdot D_{25} / (D_{50})^2$$

„eloszlási szimmetria”.



2. ábra

Szivárgási tényező (*k*) és szemcseátmérő (*D*) összefüggése szítalással nyert homokfrakcióknál. Szaggatott vonal: kísérlettel meghatározva; 1: Hazen, 2: Jáky, 3: Terzaghi, 4: Seelheim, 5: Schlichter képletével számítva



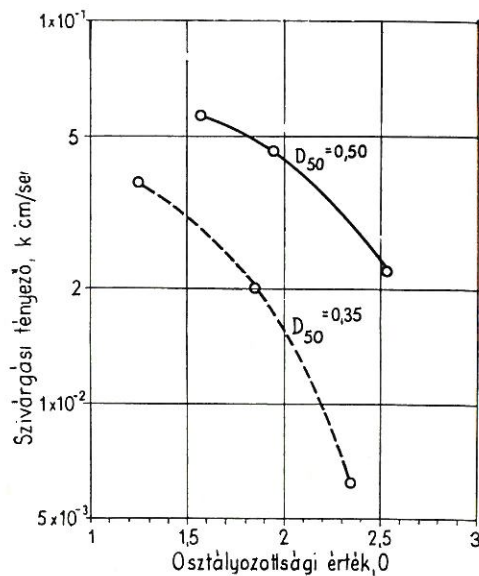
3. ábra

A kísérletekhez használt szemcsekeverékek egyik csoportjának szemeloszlása összeggörbés ábrázolásban

Az osztályozottsági érték a halmaz szemnagyság szerinti egyöntetűségére jellemző. Értéke mindig az egységnél nagyobb. 1 értéket kapnánk olyan szemcsehalmaznál, amely egyenlő méretű szemcsékből áll. Minél kevertebb szemnagyságú a halmaz,  $O$  értéke annál nagyobb. Jól osztályozott homokmintáknál értéke többnyire 1—2, iszapos homok-, ill. homokos iszapmintáknál 2—3, iszap- és agyagmintáknál 3-nál nagyobb.

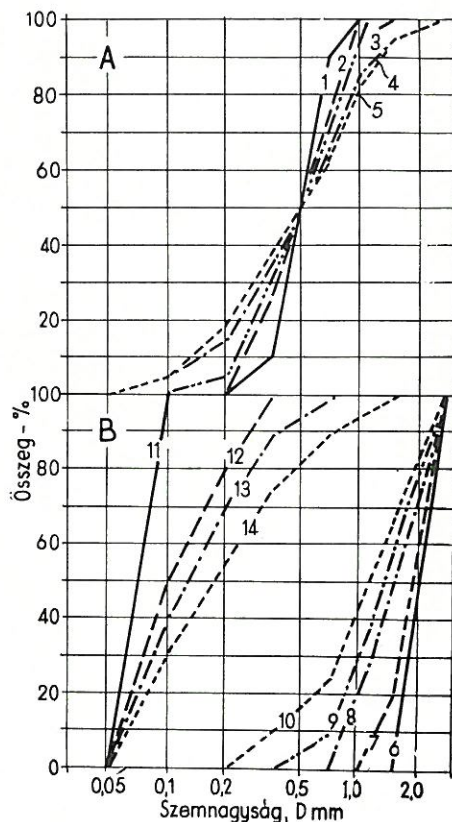
Az eloszlási szimmetria a szemeloszlásnak a kis és nagy szemnagyságok felé mutató szimmetriájára jellemző. Ha az osztályozottság a kis szemnagyságok felé kisebb, mint a nagyok felé (vagyis az összegező szemeloszlási görbe a kis szemnagyságok felé lankásabb, mint a nagyok felé),  $S_z < 1$ . Ellenkező esetben  $S_z > 1$ . Ha az eloszlás teljesen szimmetrikus volna,  $S_z = 1$  lenne. Talajoknál rendszerint  $S_z < 1$ .

A 2. ábrán az alapfrakciók  $k$  tényezőjén kívül a Seelheim, Schlichter, Hazen, J á k y [2] és T e r z a g h i [6] képleteivel számított értékeket is feltüntettük. Megállapítható, hogy a kísérletileg talált görbe (szaggatott vonal) egyik összefüggést sem követi pontosan. A 0,15—0,85 mm szemcseátmérők közt az adott esetben a kísérleti értékek legjobban Terzaghi összefüggésével egyeznek, ezen a tartományon kívül inkább Seelheim, ill. Schlichter összefüggéséhez közelednek. Az eltérések oka feltételezhetőleg az, hogy a szivárgási



4. ábra

Osztályozottság ( $O$ ), közepes szemcseátmérő ( $D_{50}$ ) és szivárgási tényező ( $k$ ) összefüggései

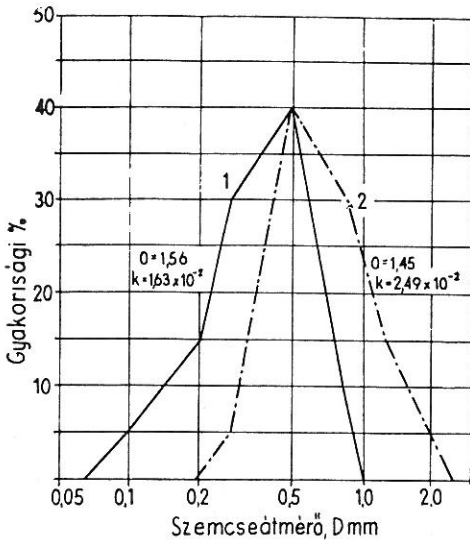


5. ábra

A kísérletekhez használt szemcsekeverékek további csoportjának szemeloszlása összeggörbés ábrázolásban

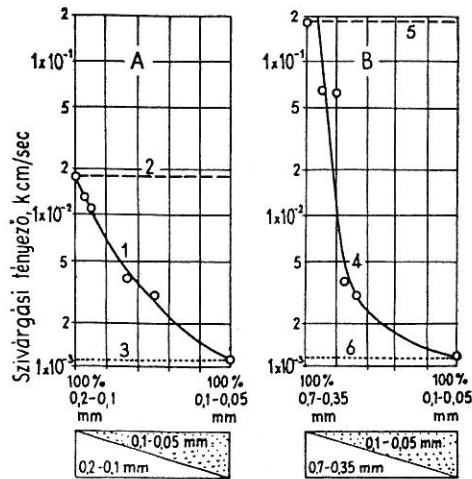
tényező a számításba vett sajátságokon, a szem nagyságon és tömörségen kívül egyéb tényezőktől (pl. a szemcsealaktól) is függ.

2. Több kísérletben az osztályozottságnak a szivárgási tényezőre tett hatását vizsgáltuk. Ezeknél a kísérleteknél olyan szemcse-keverékek szerepeltek, amelyek az egyes szem nagyság-részlegeket egyenlő mennyiségben tartalmazták. Az ilyen keverékek szemeloszlási görbéi (3. ábra) összeggörbés ábrázolásban közel egyenes vonalat adnak. Az egymást követő kísérleteknél egyre több szem nagyság-csoportból készült a keverék. Az 1., 2. és 3. sz. keverék közepes szemcseátmérője ugyanaz,  $D_{50} = 0,35$  mm maradt, osztályozott-



6. ábra

Azonos uralkodó szem nagyságú, de eltérő görbeszimmetriájú szemcse-keverékek szivárgási tényezője ( $k$ ). (A szemeloszlást gyakorisági görbék tüntetik fel.)



7. ábra

Szemcsekeverékek szivárgási tényezője a keverési arány függvényében. (Részletesebb magyarázat a szövegben.)

ságuk azonban fokozatosan csökkent. Ugyanígy a 4., 5. és 6. sz. keverék közepes szemcseátmérője is ugyanaz,  $D_{50} = 0,5$  mm volt, fokozatosan csökkenő osztályozottság mellett. Ezeknek a keverékeknek a szemeloszlását a 3. ábra tünteti fel.

A szivárgási tényezőnek az osztályozottságtól való függését a 4. ábra mutatja. Kiadódik, hogy a szivárgási tényező, ugyanazon közepes szemcseátmérő mellett, nagy mértékben függ az osztályozottságtól; mégpedig az osztályozottság romlásával erősen csökken. Az osztályozottság hatását mutatja a következő kiemelt példa is: 0,5 mm közepes szemcseátmérőjű keverék  $k$  tényezője, 2,54 osztályozottsági érték mellett már kb. ugyanakkora, mint a 0,35 mm közepes szemcseátmérőjűé, ha utóbbinál az osztályozottság 1,86.

3. A fentebb ismertetett méréseknél olyan szemcsekeverékek szerepeltek, amelyek az egyes szem nagyság-csoportokból azonos mennyiséget tartalmaztak. A talajok szemcseösszetétele azonban legtöbbször olyan, hogy egy

## 2. táblázat

## Szemmagyság-keverékek vízáteresztőképessége

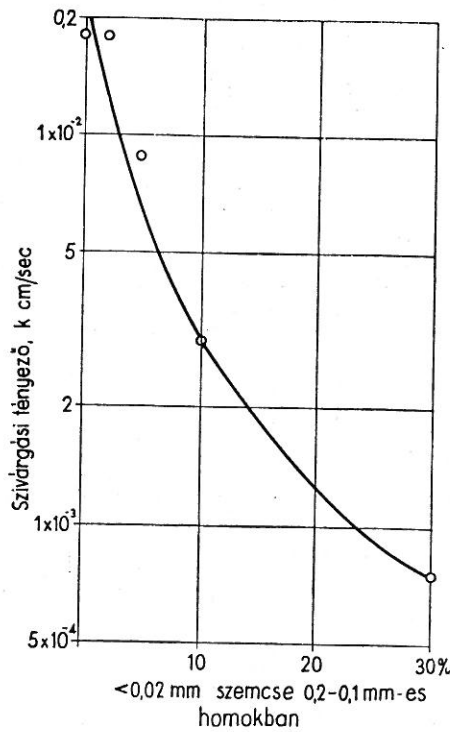
Szám	Keverék összetétele	D <sub>50</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>7,5</sub>	O	k tényező
1.	10 % 1,0 —0,7 mm 80 „ 0,7 —0,35 „ 10 „ 0,35—0,2 „	0,50	0,41	0,68	1,28	1,97 · 10 <sup>-1</sup>
2.	25 % 1,0 —0,7 mm 50 „ 0,7 —0,35 „ 25 „ 0,35—0,2 „	0,50	0,35	0,70	1,41	1,32 · 10 <sup>-1</sup>
3.	5 % 1,5 —1,0 mm 25 „ 1,0 —0,7 „ 40 „ 0,7 —0,35 „ 25 „ 0,35—0,2 „ 5 „ 0,2 —0,1 „	0,50	0,31	0,74	1,54	4,25 · 10 <sup>-2</sup>
4.	5 % 2,6 —1,5 mm 10 „ 1,5 —1,0 „ 20 „ 1,0 —0,7 „ 30 „ 0,7 —0,35 „ 20 „ 0,35—0,2 „ 10 „ 0,2 —0,1 „ 5 „ 0,1 —0,05 „	0,50	0,26	0,84	1,79	3,91 · 10 <sup>-2</sup>
5.	5 % 2,6 —1,5 mm 12,5 „ 1,5 —1,0 „ 20 „ 1,0 —0,7 „ 25 „ 0,7 —0,35 „ 20 „ 0,35—0,2 „ 12,5 „ 0,2 —0,1 „ 5 „ 0,1 —0,05 „	0,50	0,24	0,89	1,92	2,15 · 10 <sup>-2</sup>
6.	100 % 2,6 —1,5 mm	2,05	1,77	2,33	1,14	1,20
7.	80 % 2,6 —1,5 mm 20 „ 1,5 —1,0 „	1,8	1,6	2,2	1,19	0,98
8.	50 % 2,6 —1,5 mm 30 „ 1,5 —1,0 „ 20 „ 1,0 —0,7 „	1,5	1,1	1,9	1,30	0,83
9.	40 % 2,6 —1,5 mm 30 „ 1,5 —1,0 „ 20 „ 1,0 —0,7 „ 10 „ 0,7 —0,35 „	1,3	0,91	1,8	1,40	0,31
10.	30 % 2,6 —1,5 mm 25 „ 1,5 —1,0 „ 20 „ 1,0 —0,7 „ 15 „ 0,7 —0,35 „ 10 „ 0,35—0,2 „	1,1	0,7	1,7	1,55	0,22
11.	100 % 0,1 —0,05 mm	0,075	0,062	0,087	1,18	1,24 · 10 <sup>-3</sup>

Szám	Keverék összetétele	D <sub>50</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>15</sub>	O	k tényező
12.	50 % 0,1 —0,05 mm	0,1	0,075	0,18	1,54	3,80 · 10 <sup>-3</sup>
	30 „ 0,2 —0,1 „					
	20 „ 0,35—0,2 „					
13.	40 % 0,1 —0,05 mm	0,13	0,078	0,23	1,71	1,63 · 10 <sup>-2</sup>
	30 „ 0,2 —0,1 „					
	20 „ 0,35—0,2 „					
	10 „ 0,7 —0,35 „					
14.	30 % 0,1 —0,05 mm	0,18	0,09	0,35	1,96	2,30 · 10 <sup>-2</sup>
	25 „ 0,2 —0,1 „					
	20 „ 0,35—0,2 „					
	15 „ 0,7 —0,35 „					
	10 „ 1,5 —0,7 „					

szemnagyság-csoport, az *uralkodó szemnagyságosztály* (= mértékadó szemnagyság) a többinél nagyobb mennyiségben vesz részt a szemcsehalmaz felépítésében. A talajok természetes szemcseeloszlását tehát jobban megközelítik a 2. táblázatban feltüntetett keverékek.

Az 1—5. sz. keveréknél a közepes szemcseátmérő ugyanaz (0,5 mm), az osztályozottság a keverési arány változtatásával fokozatosan romlik. Az 1—5. keveréknél a szemeloszlás közel szimmetrikus (*Sz* kb. 1). A 6—10. keveréknél az osztályozottság szintén csökkenő, emellett az eloszlás aszimmetrikus: ezek a keverékek a durva szemnagyságok felé erősebben osztályozottak, mint a finomak felé. A 11—14. keverék eloszlási szimmetriája ellentétes értelmű.

4. Az *eloszlási szimmetria* hatásának vizsgálatára történt még a 6. ábra két keverékének vizsgálata. Ezeknek a szemeloszlását gyakorisági görbével tüntettük fel. Mindkét görbe maximuma 0,5 mm-nél van, de az 1. keverék durva, a 2. a finom szemcsék felé erősebben osztályozott. Az elvégzett vizsgálatok szerint annak a keveréknek az áteresztőképessége, amely a kisebb szemnagyságok felé rosszabbul osztályozott, azonos uralkodó szemnagyság mellett is kisebb, mint azé, amely a durva szemnagyságok felé rosszabbul osztályozott.

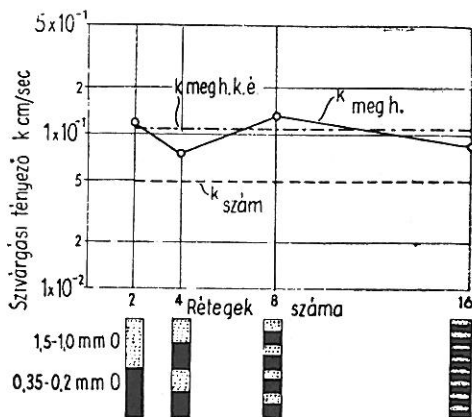


8. ábra

Szivárgási tényező (*k*) változása a 0,2—0,1 mm-es szemcscsoporthoz kevert 0,02 mm-nél kisebb (agyag-iszap) szemcsék mennyiségének függvényében

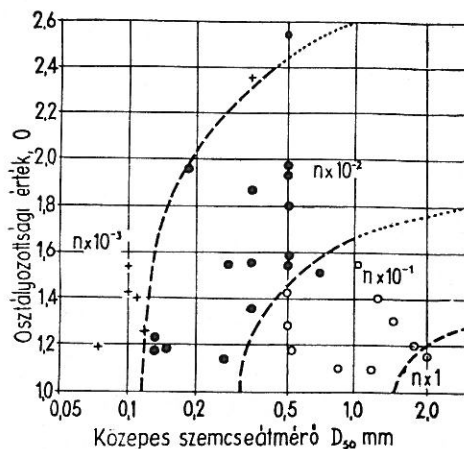
5. További kísérletek annak a megállapítására történtek, hogy *finom szemcsék* emelkedő mennyiségben milyen változást idéznek elő a  $k$  tényezőben. A 7. ábra A) rajza olyan keverékek eredményeit tünteti fel, amelyeknél 0,2—0,1 mm átmérőjű szemcsékhez 0,1—0,05 mm-es szemcséket, a B) rajza olyanokét, amelyeknél 0,7—0,35 mm-es szemcsékhez 0,1—0,05 mm-es szemcséket keverünk növekvő mennyiségben.

Az A) rajz 1. görbéje a szivárgási tényező 0,2—0,1 mm-es és 0,1—0,05 mm-es szemcsék keverési aránya szerinti változását mutatja. A 2. egyenes a tisztán 0,1—0,05 mm-es szemcsecsoport szivárgási tényezőjének vonala. Meg-



9. ábra

Szivárgási tényező ( $k$ ) értékei az eltérő szemnagyságú rétegek számának növelése mellett.  $k_{meg.h.}$ : kísérletileg meghatározott görbe;  $k_{meg.h.k.é.}$ : a kísérleti értékek középértékének magasságában húzott egyenes;  $k_{szám.}$ : számított érték magasságában húzott egyenes



10. ábra

Osztályozottsági érték ( $O$ ), közepes szemcseátmérő ( $D_{50}$ ) és szivárgási tényező ( $k$ ) összefüggése. Keresztek:  $10^{-3}$ , pontok:  $10^{-2}$ , karikák:  $10^{-1}$ , karika ponttal:  $10^0$  nagyságrendű szivárgási tényező

állapítható, hogy finomabb szemcséknek már aránylag csekély mennyiségben való jelenléte mellett is az áteresztőképesség erősen csökken és szemcsekeverékekben a finomabb rész áteresztőképessége jut túlsúlyra. Hasonlóan értelmezhetők a B) rajzon feltüntetett eredmények.

6. A következő vizsgálatok az *iszaptartalom* hatásának megállapítására történtek oly módon, hogy 0,2—0,1 mm-es szemcserészleghez növekvő mennyiségben 0,02 mm-nél kisebb, ülepitéssel leválasztott szemcséket kevertünk. Az iszaptartalom növekedésével — számos korábbi tapasztalattal és mérési adattal egyezően — az áteresztőképesség rohamos csökkenését lehetett megállapítani (8. ábra).

7. Végül egy kísérletsorozat annak a kérdésnek a vizsgálatára történt, hogy rétegezett mintában a *rétegek váltakozásának sűrűsége* mennyiben befolyásolja az áteresztőképességet. Ezeknél a kísérleteknél 1,5—1,0 mm-es és 0,35—0,2 mm-es szemnagyságosztályokat használtunk, amelyekből változó számú réteget készítettünk a minta befogadására szolgáló csőben. A mérések eredményeit a 9. ábra tünteti fel.

A 9. ábra a szivárgási tényező értékét a rétegváltakozás sűrűségének függvényeként tünteti fel. Figyelembe veendő, hogy az utolsó kísérletnél már nagyszámú réteget kellett a mintacsőbe adott térfogatsúlyra bedöngölni, amit nehezen lehetett megvalósítani. Valószínűleg evvel magyarázható meg a kísérletileg talált vonal ( $k_{megh}$ ) hajladozása. Ehhez a vonalhoz elég jól simul a kísérletileg meghatározott értékek középértékének magasságában húzott ( $k_{megh, k, \bar{e}}$ ) egyenes. Az ábrán feltüntettük még a két alapszemnagyság  $k$  tényezőjéből származással meghatározott érték magasságában húzott egyenest ( $k_{szám}$ ) is. A vizsgálatok eredményéből megállapítható, hogy rétegezett minta átteresztőképessége — legalább homokrétegek váltakozása esetén — csak a rétegek sajátságaitól (szemcseeloszlás, hézagterefogat stb.) és vastagságától függ, de *független a váltakozási sűrűségtől*.

### Összefoglalás

A szítással elkülönített szemcse-csoportokon és ezek keverékein végzett szivárgási mérések az alábbi eredményekre vezettek.

1. A szivárgási tényező értéke nagy mértékben függ a talaj *közepes szemcseátmérőjéről*. A közepes szemcseátmérő csökkenésével az átteresztőképesség rohamosan csökken.

2. Nagy mértékben befolyásolja a talaj *osztályozottsága*, oly értelemben, hogy az erősebben osztályozott talaj átteresztőképessége — azonos közepes szemcseátmérő mellett is — nagyobb, mint a rosszabbul osztályozotté.

3. A homokszemnagyságú részhez keverődő *finom szemcsék*, különösen az iszap- és agyag-szemnagyságúak a kísérleteknél már aránylag kis mennyiségben is az átteresztőképesség nagymérvű csökkenését idézték elő, ami sok korábbi tapasztalattal egyezik.

4. Nem hanyagolható el a *szemeloszlási szimmetria* hatása sem. Azonos közepes szemnagyságú és osztályozottságú talajok közül annak az átteresztőképessége a nagyobb, amely a kis szemnagyságok felé erősebben osztályozott.

5. Ezek a szempontok különösen akkor fontosak, ha a szemcseösszetételből akarunk következtetni a talaj átteresztőképességére. Ez eléggé gyakori, mivel a homoktalajok szemeloszlásának vizsgálata aránylag egyszerű, az átteresztőképesség mérése körülményesebb. A szemcseösszetételből a szivárgási tényezőre való következtetésnél nem elegendő a közepes szemcseátmérő alapul vétele, figyelembe kell venni a talaj osztályozottságát és az eloszlási szimmetria jellegét is. Ennek hiánya is indokolja, hogy a szivárgási tényezőnek a szemnagysági adatokból a régebbi képletekkel számított és laboratóriumban mért értéke közt többnyire jelentős eltérés mutatkozik.

6. A kísérletek alapján megállapítható még, hogy a Trask-féle szemeloszlási jellemzők felhasználhatók a szivárgási tényező közelítő megállapítására. A 10. ábra háromváltozós koordinátarendszerén a közepes szemcseátmérő ( $D_{50}$ ), az osztályozottság ( $O$ ) és a szivárgási tényező ( $k$ ) kapcsolatát látjuk. A különböző nagyságrendű  $k$  tényezők pontjai jól elkülönült területeken jelennek meg, így az ábra nomogramként a szivárgási tényező nagyságrendi meghatározására is használható. További kísérletek feladata a pontok sűrítése és ezáltal a meghatározás pontosságának növelése.

*Érkezett: 1959. január 28.*

## Irodalom

- [1] *Buzágh A. & Erényi E.*: Üledékek folyadékáteresztő és folyadékfelszívó képességéről. Mat. Term. tud. Ért. 58. o. 1939.  
 [2] *Jáky J.*: Talajmechanika. Egyetemi Nyomda. Budapest. 1944.  
 [3] *Kézdi Á.*: Talajmechanika, I. Tankönyvkiadó. Budapest. 1952.  
 [4] *Lampl H.*: Munkagödörök víztelenítése talajvízszintsüllyesztéssel. Közlekedési Kiadó. Budapest. 1954.  
 [5] *Sigmond E.*: Általános talajtan. Szerző kiadása. Budapest. 1934.  
 [6] *Terzaghi, K.*: Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Deuticke, Leipzig & Wien, 1925.

## О ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПЕСЧАНЫХ ФРАКЦИЙ

Т. Унгар

Предприятие по планированию строительства, Сегед (Венгрия)

## Резюме

В статье изложены результаты определения водопроницаемости различных фракций песка, разделенных путем отсеивания на различных ситах. Измерения проводились аппаратурой с изменяющимся напором воды (рис. 1). Для характеристики водопроницаемости использовали коэффициент  $K$  из уравнения Дарси, а для соотношения отдельных фракций — параметры Траска. Эти параметры следующие:  $D_{25}$  «нижний квартилис», т. е. диаметр определенной частицы песка, имеющие меньший диаметр, составляют 25%.  $D_{50}$  «средний диаметр частичек», т. е. диаметр определенной частицы песка. Частицы песка имеющие меньший диаметр составляют 50%.  $D_{75}$  «верхний квартилис», т. е. диаметр определенной частицы песка. Частицы песка, имеющие меньший диаметр, составляют 75%.  $O = \sqrt{D_{75}/D_{25}}$  — «показатель сортированности».  $Sz = D_{75} \cdot D_{25}/(D_{50})^2$  — «симметрия распределения».

Было установлено, что коэффициент водопроницаемости ( $K$ ), кроме среднего диаметра частичек, в большой степени зависит и от сортированности песка (рис. 4). Примесь даже небольших количеств тонких фракций вызывает значительное снижение водопроницаемости (рис. 7, 8). При чередовании слоев с грубыми и тонкими частицами, водопроницаемость песчаных почв зависит только от водопроницаемости отдельных слоев, и не зависит от сложения слоев (рис. 9). Из параметров Траска средний диаметр частичек и показатель сортированности являются пригодными для оценки величины коэффициента фильтрации у отдельных песчаных почв (рис. 10).

Рис. 1. Прибор для измерения водопроницаемости с различным напором воды. (1) Измерительная трубка. (2) Сита. (3) Резиновые сцепки. (4) Трубка для образца. (5) Водослив.

Рис. 2. Взаимосвязь между коэффициентом фильтрации ( $k$ ) и диаметром частичек ( $D$ ) при фракциях песка, полученных отсеиванием. Прерывистая линия: определено опытным путем, или формулами Hazen (1), Jáky (2), Terzaghi (3), Seelheim (4), Schlichter (5).

Рис. 3. Распределение частичек в одной из смесей различных фракций, использованной для опытов.

Рис. 4. Связь между сортированностью ( $O$ ), средним диаметром частичек ( $D_{50}$ ) и коэффициентом фильтрации ( $k$ ).

Рис. 5. Распределение частичек в других смесях различных фракций, использованных для опыта.

Рис. 6. Коэффициент фильтрации ( $k$ ) смеси фракций с преобладанием одинаковых частиц, но с различными симметриями. (Распределение частичек показано кривыми частоты).

Рис. 7. Коэффициент фильтрации смеси фракций в зависимости от соотношения фракций. (Подробные объяснения приводятся в тексте).

Рис. 8. Изменение коэффициента фильтрации (k) в фракциях от 0,2 до 0,1 мм, в зависимости от количества добавленной фракции меньше 0,02 мм.

Рис. 9. Величина коэффициента фильтрации (k) при увеличении числа слоев с различными механическими фракциями.  $K_{megr}$  кривая определенная опытным путем;  $K_{megr, k, e.}$ : линия вычерченная на высоте средних опытных данных.  $K_{szám}$ : линия вычерченная на высоте вычисленных данных.

Рис. 10. Связь между степенью сортированности (O), средним диаметром частичек и коэффициентом фильтрации (k). Различные величины коэффициента фильтрации: кресты:  $10^{-3}$ ; точки:  $10^{-2}$ ; окружности  $10^{-1}$ ; окружность с точкой  $10^0$ .

Табл. 1. Водопроницаемость отдельных фракций.

Табл. 2. Водопроницаемость смесей фракций.

## On the Water Permeability of Sands with Different Particle Sizes

T. UNGÁR

Design Bureau, Szeged

### Summary

Water permeability studies were conducted with sand fractions of known particle sizes, separated by sieving. Measurements were taken with a device, giving variable water pressures (Fig. 1). Water permeability is characterized by the k constant of the equation of Darcy. The particle sizes in a given sample were characterized by the parameters of Trask:

$D_{25}$ : "lower quartil", i. e. the diameter of the particle which is greater than that of the 25 per cent of the total number of particles.  $D_{50}$ : "medium diameter", which is greater than that of the 50 per cent of the total number of particles.  $D_{75}$ : "higher quartil", i. e. the diameter of that particle which is greater than 75 per cent of the total.  $O = D_{75}/D_{25}$ : "sorting value", and  $Sz = D_{75} \cdot D_{25}/(D_{50})^2$ : "skewness".

The permeability index (k) is shown to be determined not only by the medium diameter, but also greatly affected by "sorting" (Fig. 4). Smaller particles, and especially those of the silt and clay classes, remarkably decrease the water permeability even if present in a relatively low number (Figs. 7. and 8). Water permeability is also affected by the skewness (Fig. 6). In the case a sandy soil contains alternating layers with different particle sizes, water permeability was found to be determined only by the permeability of the component layers, and unaffected by the number of the layers (Fig. 9). Medium particle diameter and "sorting" of the Trask-parameters are useful for the estimation of the order of magnitude of percolation in sandy soils (Fig. 10).

### Captions

Fig. 1. The device used for permeability measurements, based on the application of changing water pressures. 1: Measuring tube, 2: sieve plate, 3: rubber tube connection, 4: sample container, 5: outlet-pipe

Fig. 2. The correlation between permeability index (k) and particle diameter (D) in sand fractions separated by sieving. - - - found; ——— calculated with the equations of 1. Hazen, 2. Jáky, 3. Terzaghi, 4. Scelheim, and 5. Schlichter

Figs. 3. and 5. Particle distribution of the studied mixtures presented in summation curves

Fig. 4. The correlation between sorting (O), medium particle diameter ( $D_{50}$ ), and the permeability index (k)

Fig. 6. The permeability indices of particle mixtures with nearly identical medium diameters, but with different skewness of the distribution curves. (Skewness is illustrated by frequency distribution.)

*Fig. 7.* The permeability indices of mixtures of different particle sizes as affected mixture ratios. (Explanation in text.)

*Fig. 8.* The effect of small amounts of silt and clay particles (diameters lower than 0,02 mm) on the permeability index of a 0,1 to 0,2 particle size fraction.

*Fig. 9.* The effect of increasing the number of different particle-size layers on the permeability index (k).  $k_{megh}$ : experimentally found curve;  $k_{megh.k.é}$ : average of the experimentally found values;  $k_{sz.m}$ : calculated value

*Fig. 10.* The correlation between sorting value (O), medium particle diameter ( $D_{50}$ ), and permeability index (k).  $+++10^{-3}$ ,  $\dots 10^{-2}$ ,  $○○○ 10^{-1}$ , and  $⊙⊙⊙ 10^0$ , respectively, the order of magnitude of the permeability index.

*Table 1.* The water permeability of different particle-size fractions

*Table 2.* The water permeability of different mixtures of the separated particle-size fractions