

Hidrogeológia BSc

Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár

Miskolci Egyetem,

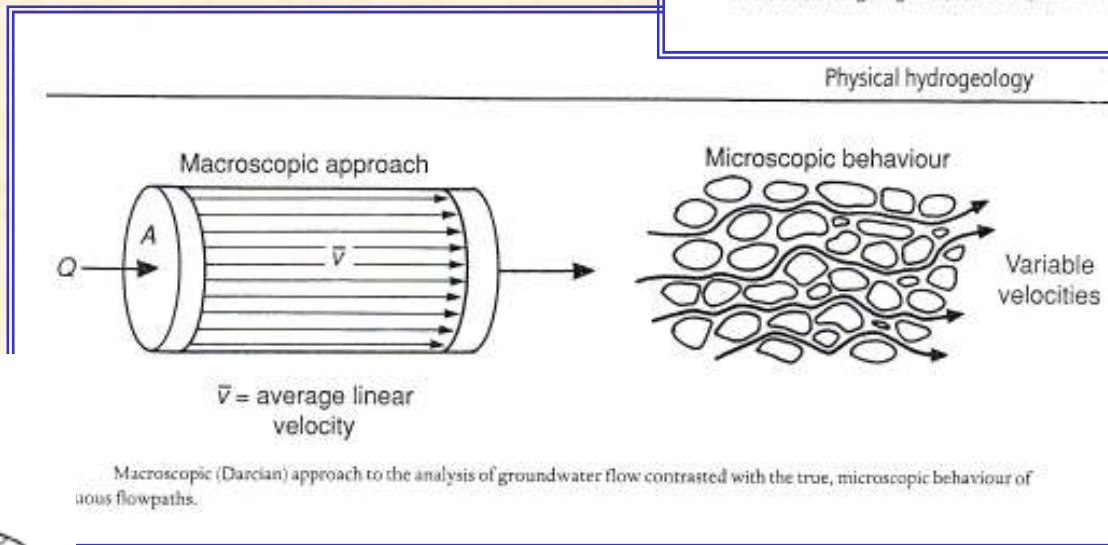
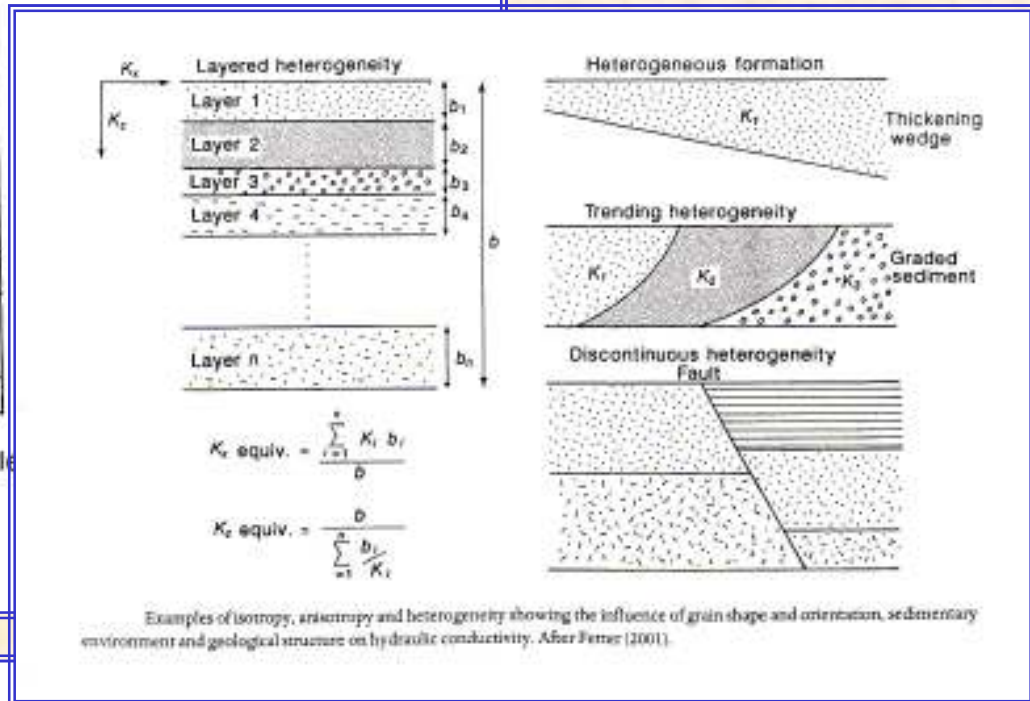
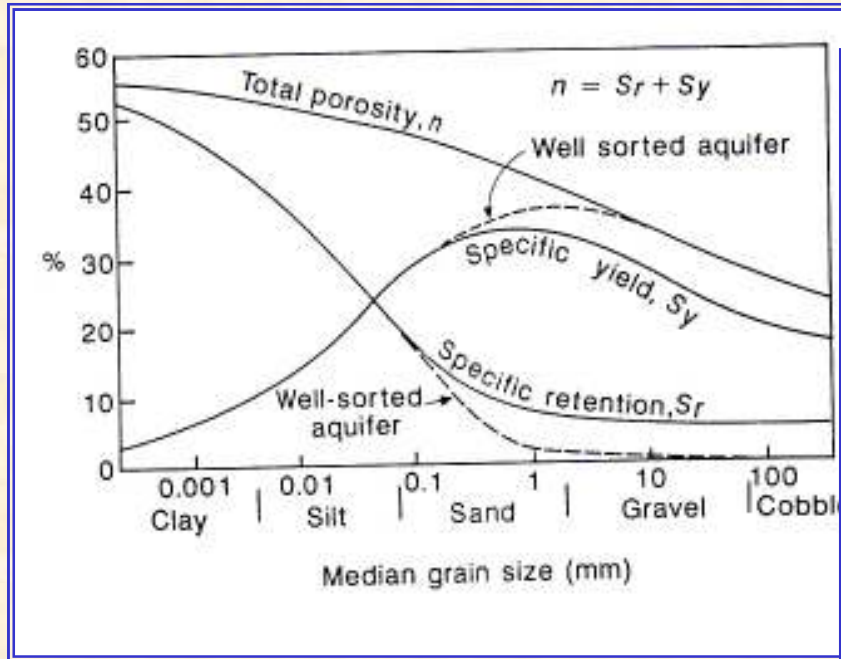
Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszék

4. rész

A felszín alatti víz mozgása porózus rendszerekben



A kőzetek vízraktározása, rétegzettség, pórusok



Lamináris vagy turbulens áramlási jelleg

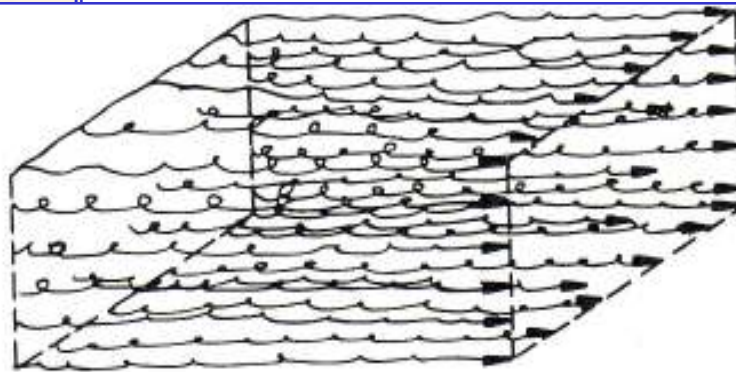


A

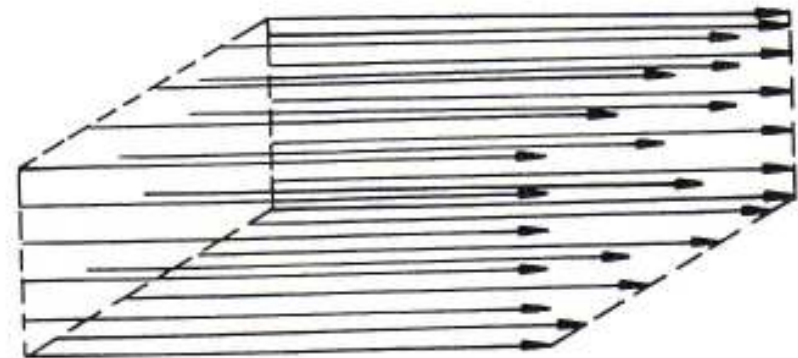


B

A. Flow paths of molecules of water in laminar flow. B. Flow paths of molecules of water in turbulent flow.



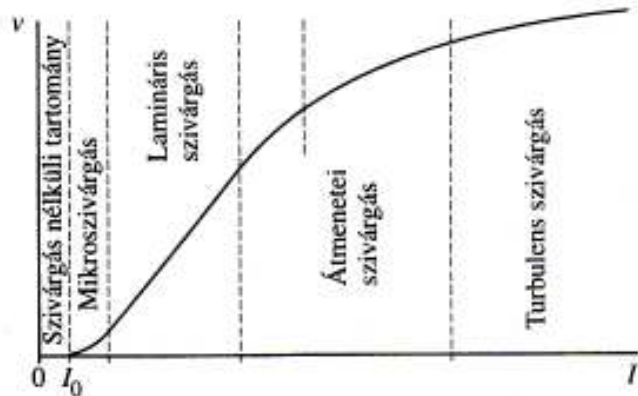
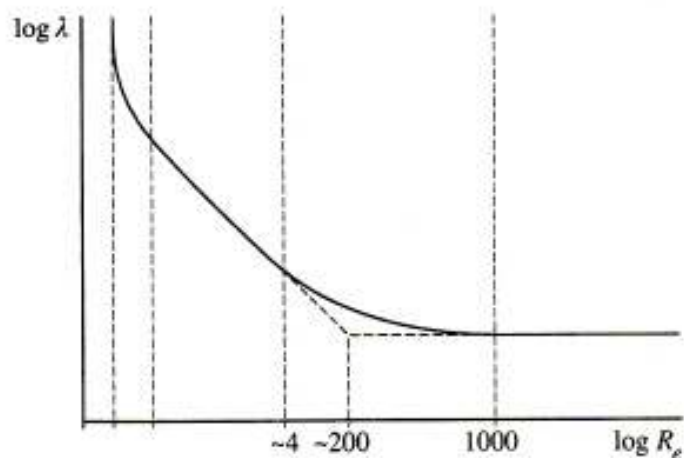
Turbulent flow network.



Laminar flow.



A szivárgási tartományok alapösszefüggései



Sebességképlet			
$v = 0$	$v = \beta k I$	$I = av + bv^2$	$v = k_1 \sqrt{I}$

Az egyes szivárgási tartományok

Reynolds-szám:

$$R_e = \frac{vd}{\nu} [-]$$

Lamináris szivárgás:

$$v = k(I - I_0')$$

Homokos és kavicsos vízadó rétegekben:

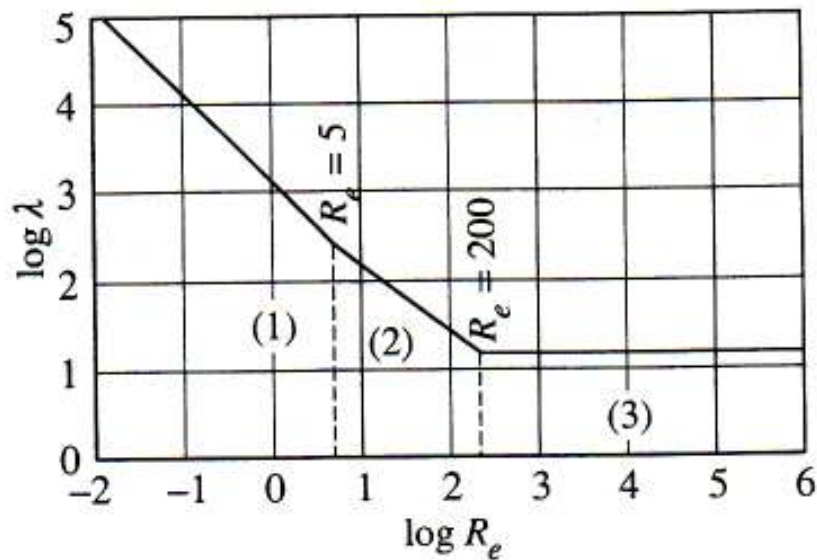
$$I_0' = 0$$

$$v = k \cdot I$$

A Darcy-egyenlet



A szivárgási tartományok alapösszefüggései



- (1) Lineáris szivárgási tartomány
- (2) Átmeneti szivárgási tartomány
- (1) Turbulens szivárgási tartomány

A súrlódási tényező és a REYNOLDS-szám közötti összefüggés A. VERONESE szerint

A porózus közeteknél a lamináris szivárgás tartománya $R_e=4-5$ –ig tart.

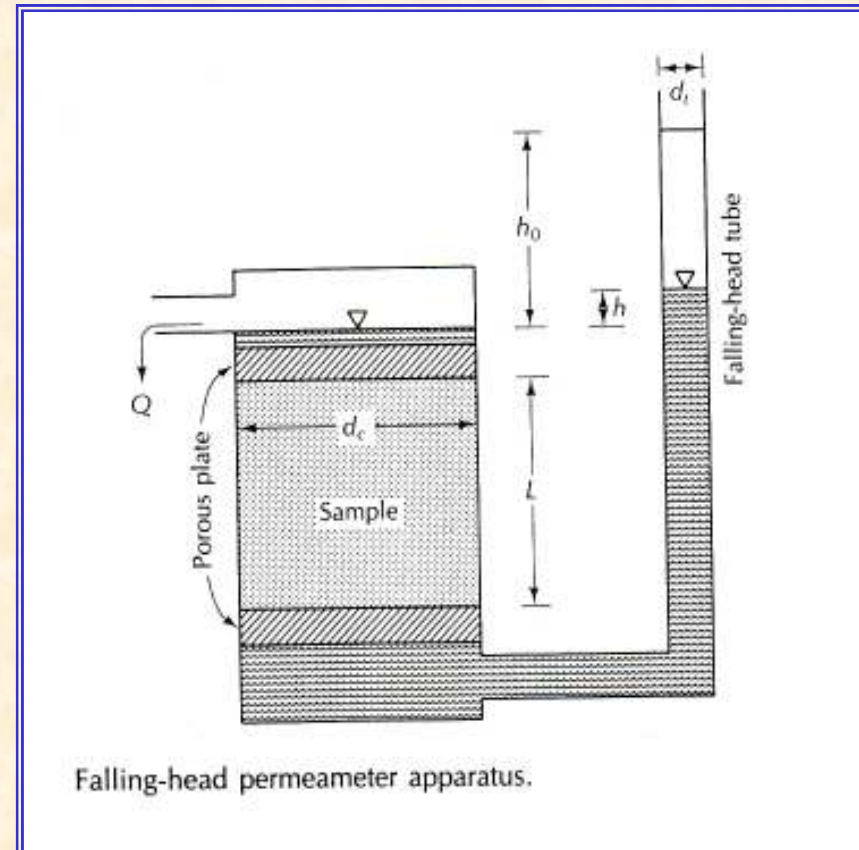
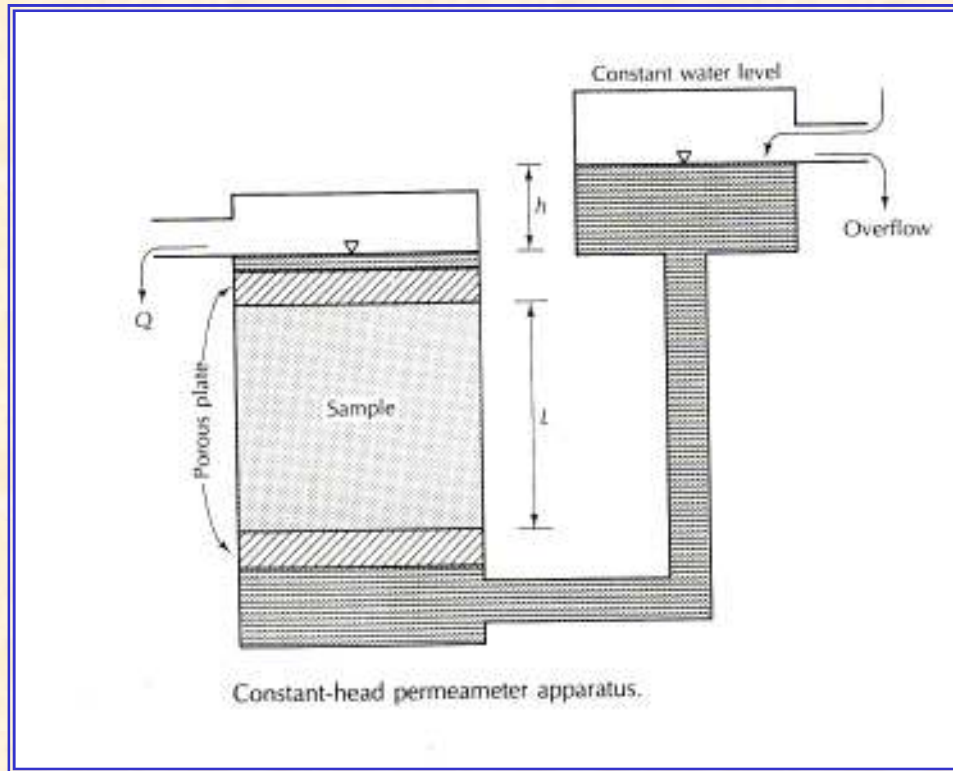


Tisztán turbulens áramlás:

$$R_e \geq 1000$$



A szivárgási tényező (k) meghatározása laboratóriumi kísérlettel



Jó áteresztőképességű anyagok

Kis áteresztőképességű anyagok

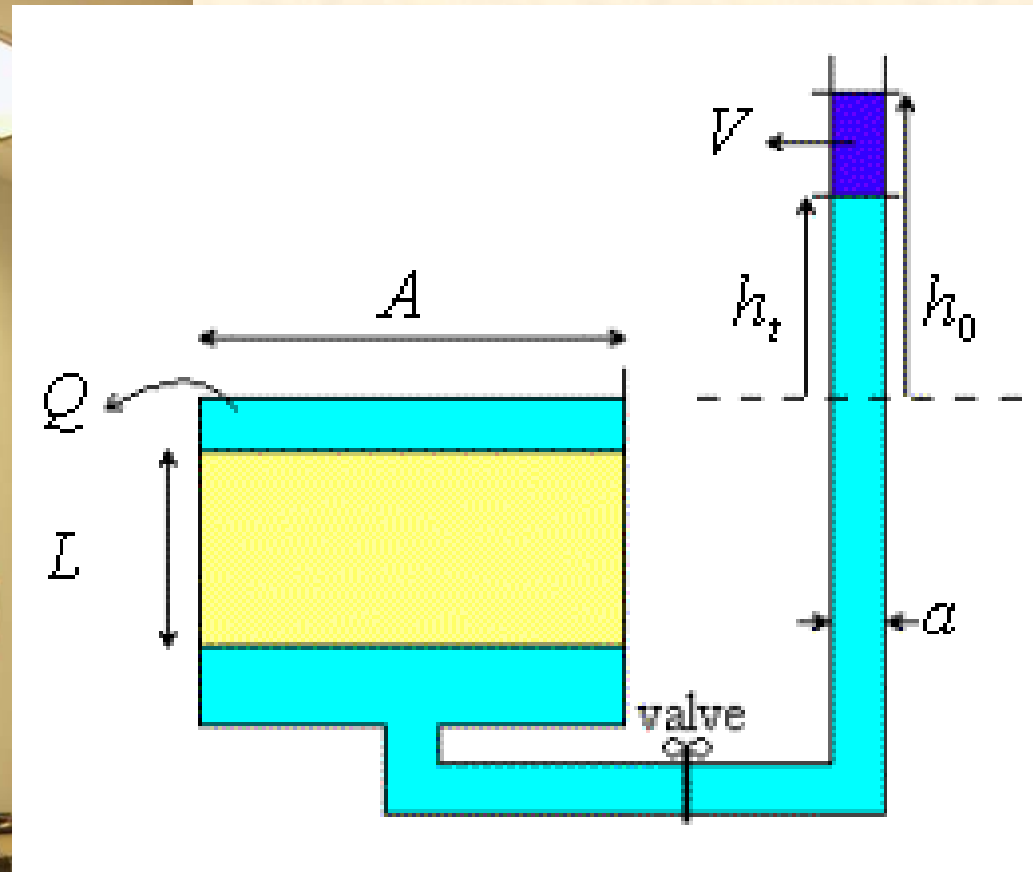
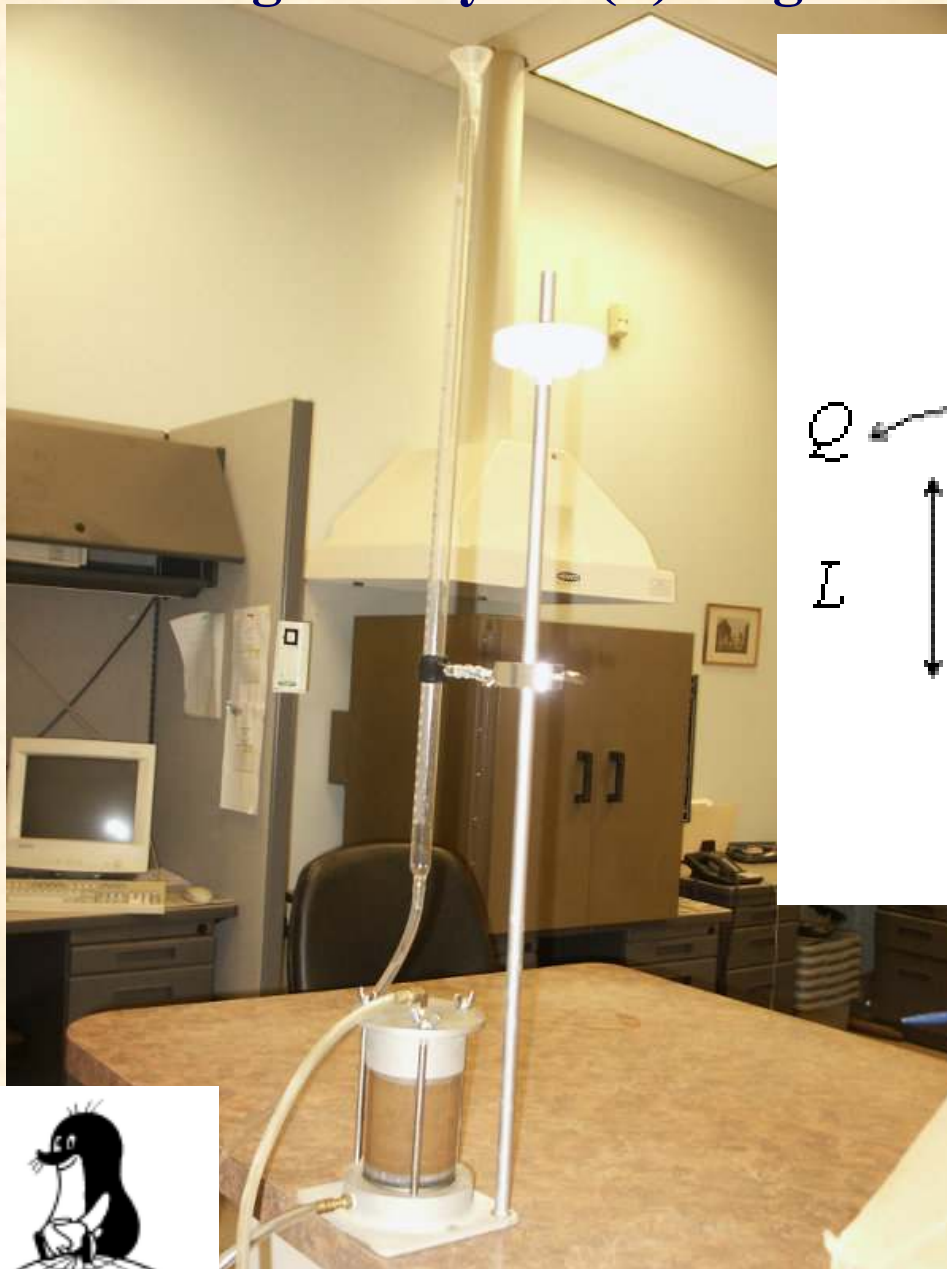


$$k = \frac{Q}{A \cdot l} = \frac{Q \cdot l}{A \cdot h} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$k = l \frac{a}{A \Delta t} \ln \frac{h_0}{h} \left[\frac{m}{s} \right]$$



A szivárgási tényező (k) meghatározása laboratóriumi kísérlettel



Kis átteresztőképességű anyagok

$$k = l \frac{a}{A} \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{h_0}{h} \left[\frac{m}{s} \right]$$



A szivárgási tényező (k) meghatározása számítással

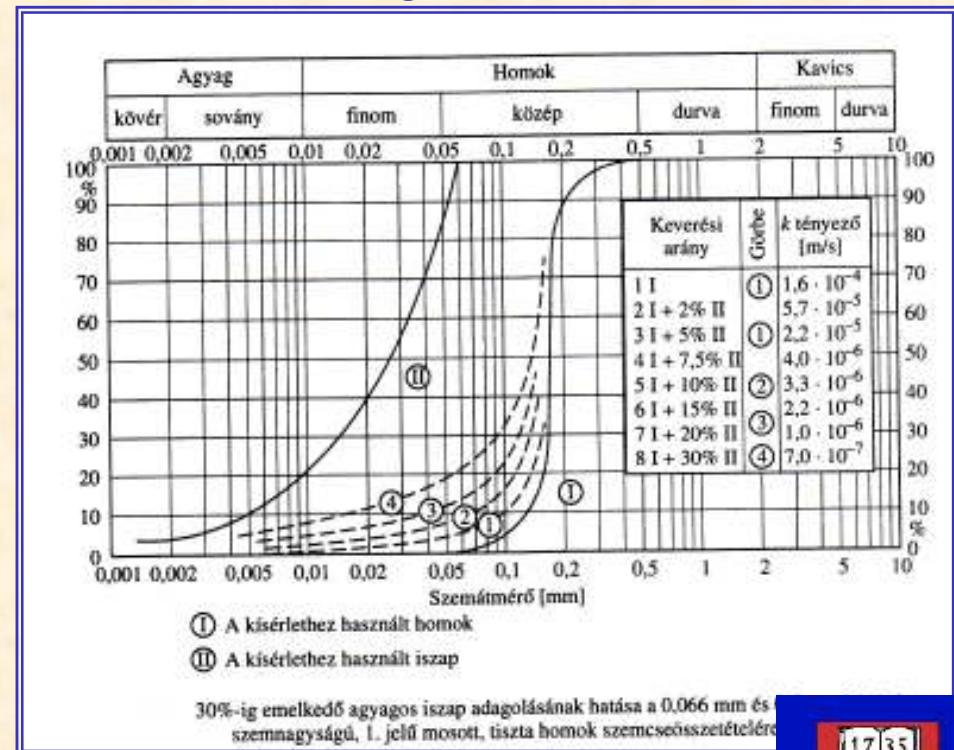
Áramlás csőben – Hagen, Poiseuille összefüggés:

$$v = \frac{r^2 \cdot \Delta P}{8 \mu l} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$K = \frac{r^2 \cdot n}{8} \left[m^2 \right]$$

$$k = \frac{K}{\mu} \rho_v g \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$K = A_s \cdot d_m^2 \left[m^2 \right]$$



A_s – Slichter szám,
 d_m – mértékadó szemátmérő



A szivárgási tényező (k) meghatározása számítással

Sok módszer, különbség a két fő paraméter meghatározásában:

A_s – Slichter szám,

d_m – mértékadó szemátmérő.

Juhász J. - A_s

„1pontos, 2 pontos, sok pontos módszerek”

$$A_s = 4.2 \cdot e^{2.8}$$

Hazen módszer (1p): $d_m = d_{10}$

$$k = 116 d_{10}^2 \left[\frac{cm}{s} \right]$$

Jáky módszer (2p):

$$k = 100 d_{10}^2 \left[\frac{cm}{s} \right]$$



A szivárgási tényező (k) meghatározása számítással

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

A szivárgási tényező értékei BEYER szerint I.

d_{10} [mm]	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18
d_{60} [mm]															
3,0	4,3														
2,5	4,1	5,0	5,8	6,7	7,7										
2,0	3,8	4,7	5,3	6,4	7,3	8,4	9,6	1,2							
1,5	3,6	4,4	5,0	6,2	7,0	8,1	9,2	1,1							
1,0	3,4	4,2	4,9	5,9	6,7	7,8	8,8	1,1							
0,8	3,2	4,0	4,7	5,6	6,4	7,3	8,4	1,0							
0,6	3,1	3,8	4,5	5,3	6,1	7,0	8,0	1,0							
0,5	2,9	3,6	4,3	5,1	5,9	6,7	7,7	9,6							
0,4	2,8	3,4	4,1	4,8	5,6	6,3	7,3	9,0							
0,3	2,7	3,3	3,9	4,6	5,3	6,0	7,0	8,6							
0,25	2,5	3,2	3,7	4,4	5,1	5,8	6,7	8,4							
0,2	2,4	3,0	3,5	4,2	4,9	5,5	6,3	7,9							
0,15		2,9	3,4	4,0	4,7	5,2	6,0	7,5							
0,12			3,1	3,6	4,3	4,8	5,5	7,0							
0,10								5,2	6,4						
0,08															
0,06	10 ⁻⁵ m/s														

A szivárgási tényező értékei BEYER szerint II.

d_{10} [mm]	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
d_{60} [mm]															
12,0	4,8														
10,0	4,6	5,6	6,9												
8,0	4,5	5,4	6,6	8,0	9,3	1,1									
6,0	4,2	5,1	6,3	7,5	8,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0					
5,0	4,0	4,9	6,0	7,2	8,4	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	3,0		
4,0	3,8	4,7	5,8	6,9	8,1	9,4	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,9	3,6	4,3
3,0	3,6	4,4	5,4	6,5	7,7	9,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,7	3,4	4,1
2,5	3,5	4,2	5,2	6,2	7,3	8,5	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,6	3,2	4,0
2,0	3,3	4,1	5,0	6,0	7,0	8,1	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	3,9
1,5	3,2	3,9	4,8	5,7	6,7	7,7	9,3	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,4	3,0	3,7
1,2	3,0	3,7	4,5	5,4	6,4	7,3	8,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,3	2,8	3,4
1,0	2,8	3,5	4,4	5,2	6,1	7,0	8,3	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	2,2	2,7	3,3
0,8	2,7	3,4	4,2	5,0	5,8	6,6	8,0	9,5	1,1	1,3	1,4	1,6	2,1	2,6	3,1
0,6	2,6	3,2	3,9	4,7	5,5	6,3	7,6	9,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0
0,5			3,7	4,5	5,2	6,1	7,2	8,5	1,0	1,2	1,3	1,4	1,9	2,4	2,8
0,4				5,0	5,9	6,9	8,1	9,7	1,1	1,2	1,3	1,8	2,3	2,7	
0,3							7,7	9,2	1,0	1,2	1,3	1,7	2,2	2,6	
0,25									9,7	1,1	1,2	1,6	2,1	2,5	
0,20	10 ⁻⁴ m/s											1,6	2,0		

Beyer módszer

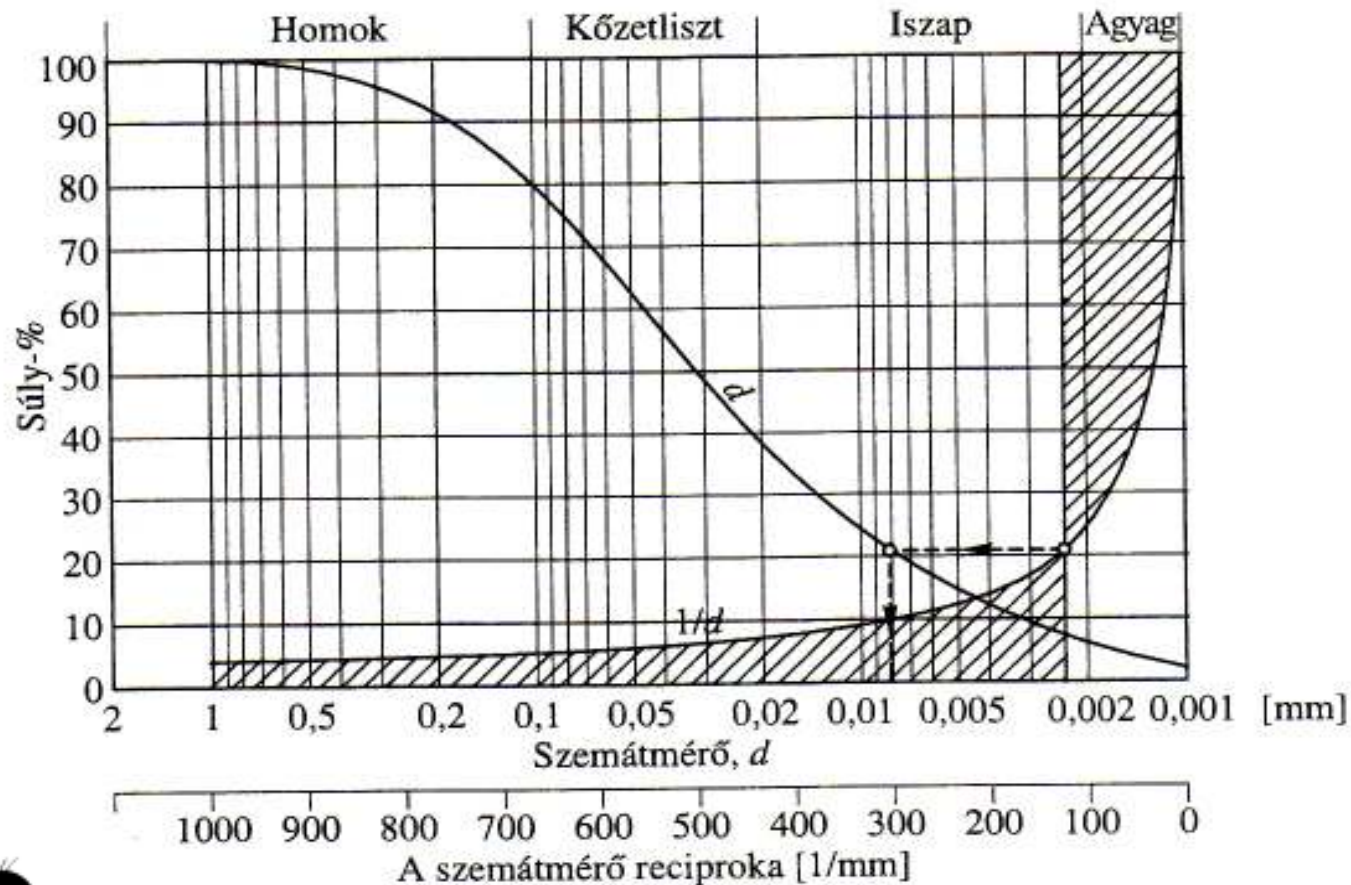


u – egyenlőtlenségi modulus



A szivárgási tényező (k) meghatározása számítással

Teljes szemeloszlási görbe felhasználása



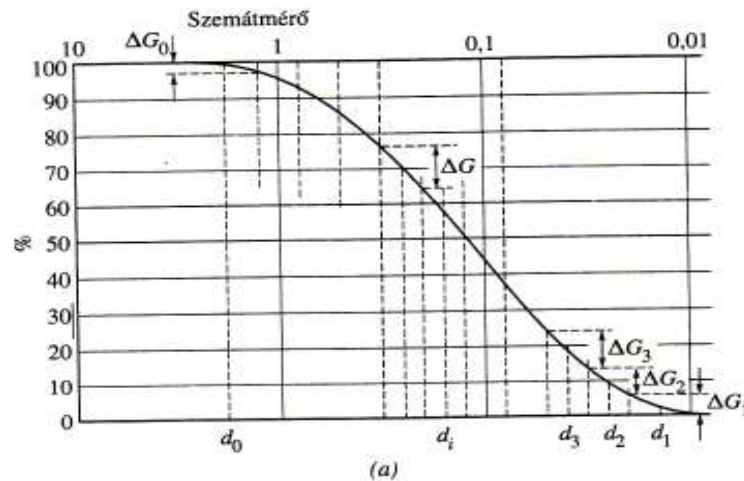
Kozeny
módszer,
1933

A mértékadó szemátmérő meghatározása KOZENY szerint

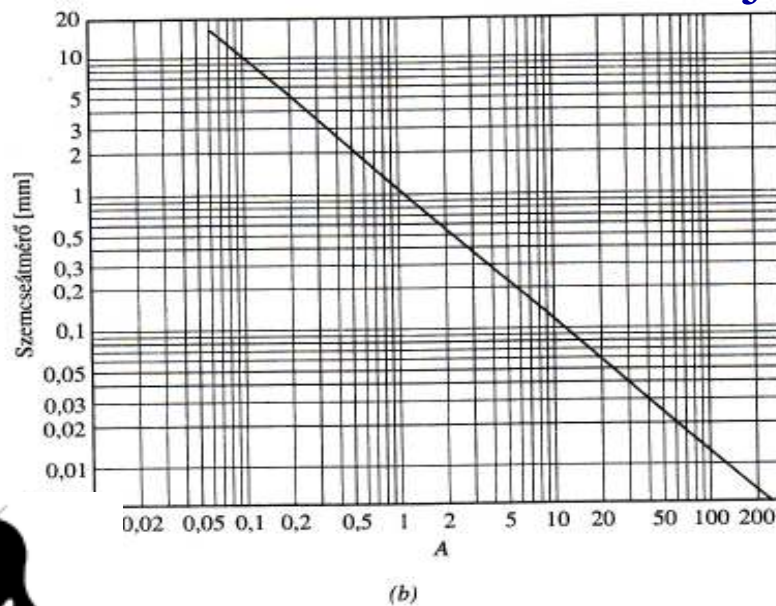


A szivárgási tényező (k) meghatározása számítással

Zamarin módszer, 1954



Teljes szemeloszlási görbe felhasználása

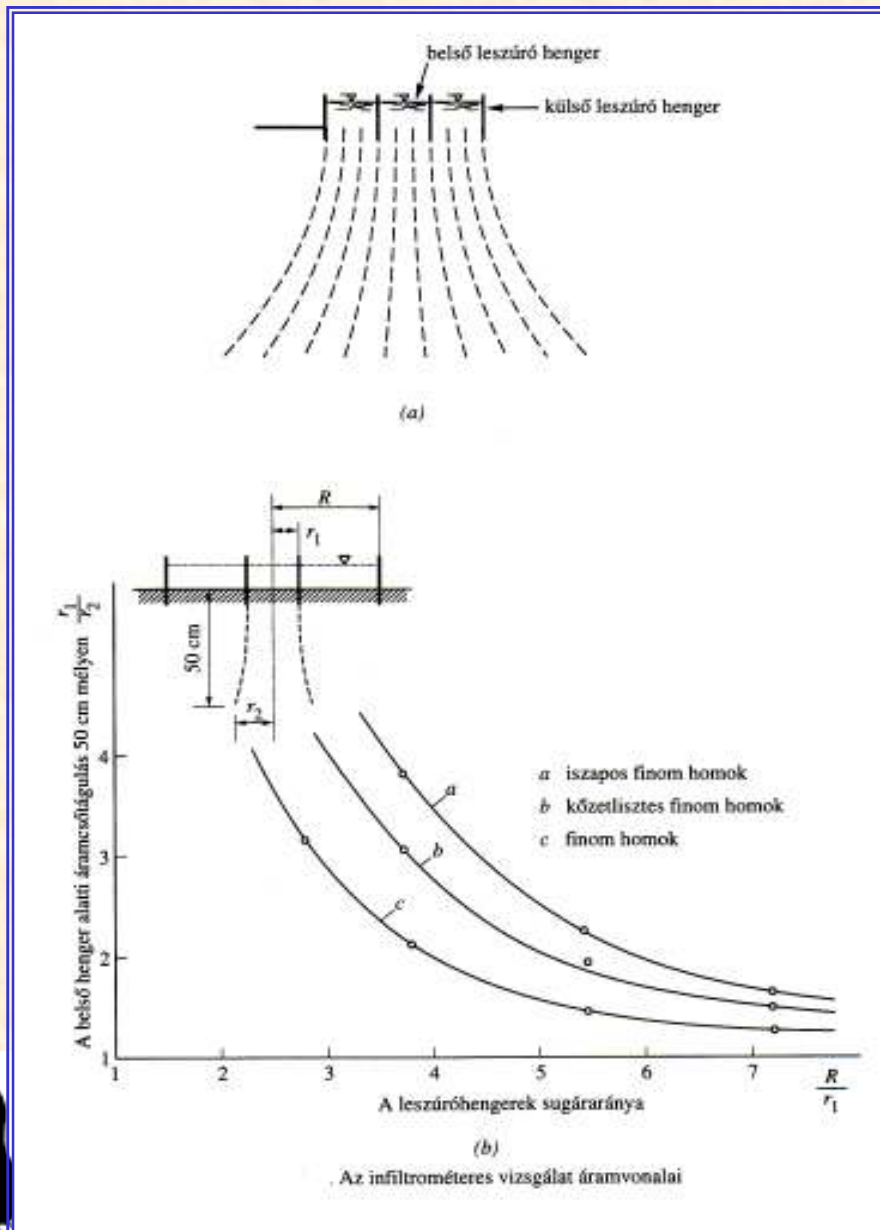


A mértékadó szemésméző meghatározása ZAMARIN szerint

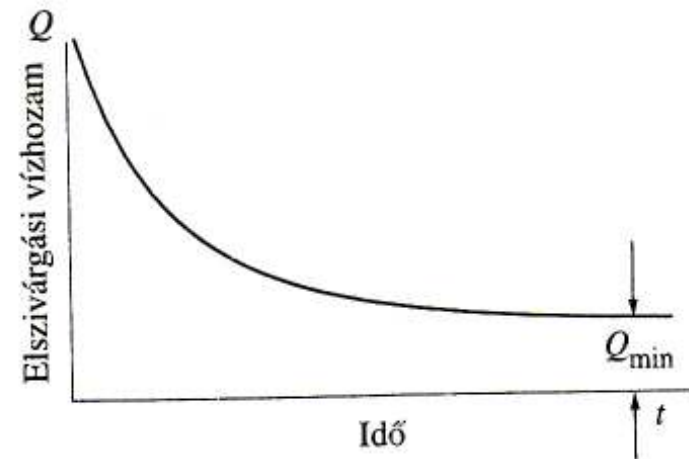
$$\frac{1}{d_m} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Delta G_i$$



A szivárgási tényező (k) terepi meghatározása



Infiltrométeres vizsgálatok

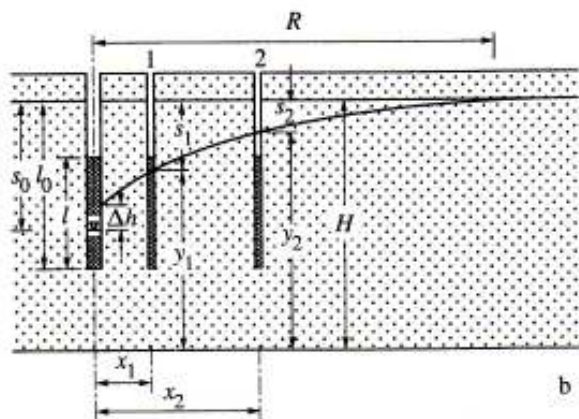
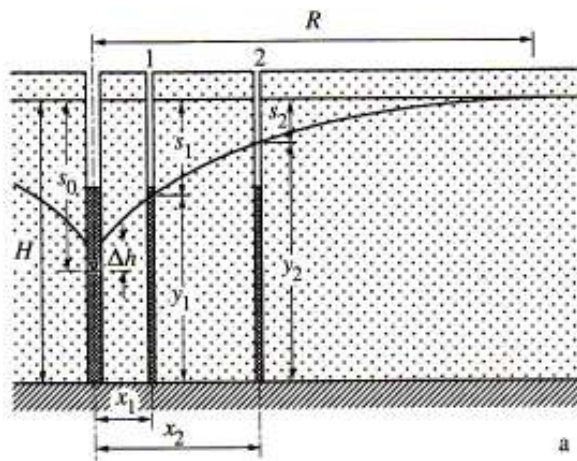


A mértékadó hozam meghatározása infiltrométeres mérésekből

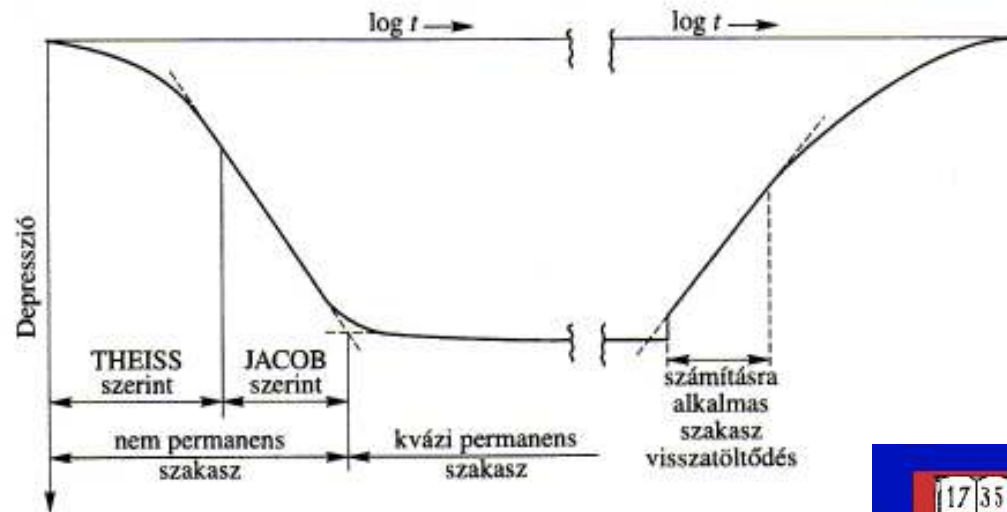
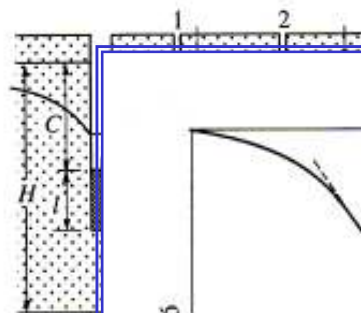
$$k = \frac{Q_{\min}}{F} \left[\frac{m}{s} \right]$$



A szivárgási tényező (k) terepi meghatározása



Nyílt tükrű réteg szivárgási tényezőjének meghatározásán



A szivattyúzás jellegzetes fázisai

- Próbaszivattyúzási vizsgálatok:
- Theis módszer,
 - Cooper-Jacob módszer,
 - Porchet módszer, stb.



A szivárgási tényező (k) terepi meghatározása

A szivárgási tényező meghatározására szolgáló észlelőkutak távolsága teljes kút esetén

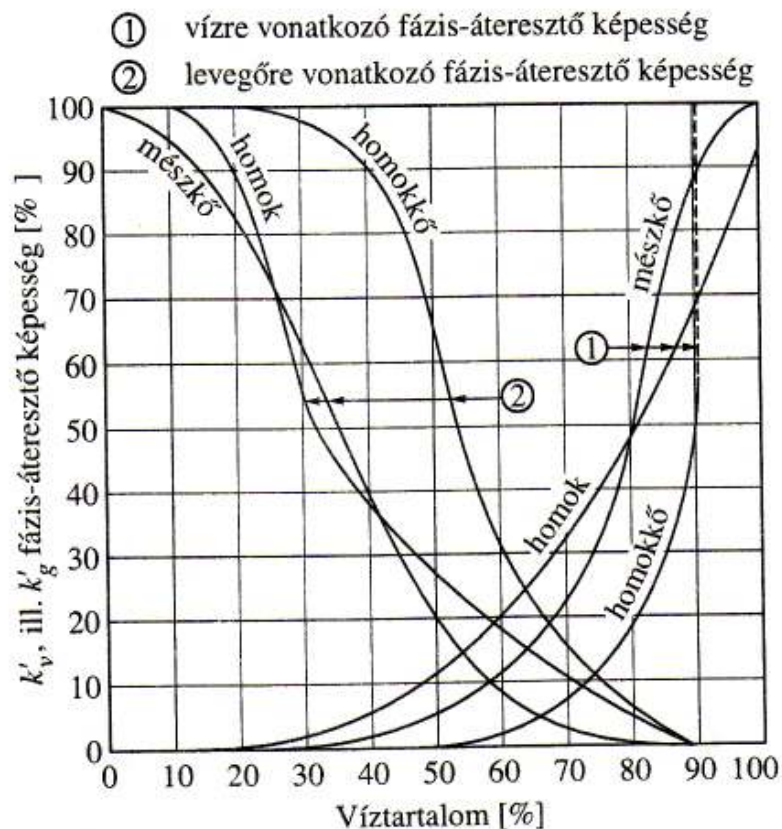
Vízartó kőzet	k [m/nap]	Nyomás viszony	X_1 [m]	X_2 [m]	X_3 [m]	R közelítő értéke
Finom szemű, iszapos homok	15	szabad tükűrű	1-2	3-4	6-8	50-70
Nem egynemű, finom szemű, közepes és durva szemű		nyomás alatti	2-3	4-6	8-12	50-75
Kavicsos kőzet jelentős mennyiségű finom részekkel, középszemű, egynemű homok	5-20	szabad tükűrű	2-3	4-6	8-12	80-150
Kavicsos kőzet kevés, finom szemcsével, durva szemű, egynemű homok		nyomás alatti	3-5	6-10	12-30	80-150
Gyengén repedezett szilás kőzet	2060	szabad tükűrű	3-5	6-10	12-20	100-200
Erősen repedezett sziklás kőzet		nyomás alatti	5-7	10-15	20-30	100-200
	60 felett	szabad tükűrű	4-6	10-15	20-30	200-300
		nyomás alatti	8-1	15-20	30-40	200-300
	60-ig	szabad tükűrű	5-7	10-15	20-30	150-300
		nyomás alatti	6-8	15-20	30-40	150-300
	60 felett	szabad tükűrű	10-15	20-30	40-60	500 és
		nyomás alatti	15-20	30-40	60-80	annál nagyobb



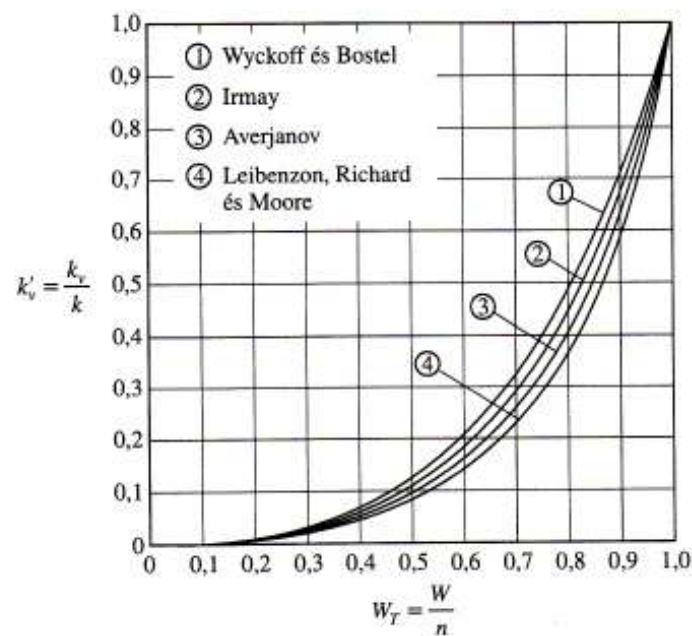
Háromfázisú szivárgás (közet – víz - gáz)

Empirikus összefüggések,
pl. Leibenzon, Irmay

$$k'_v = w^{3.67}$$



Víz–levegő szivárgási tényező aránya
a víztartalom függvényében



A fázisszivárgási tényező és a szivárgási tényező aránya a vízre
a víztartalom és a hézagterfogat függvényében



Áteresztőképesség – porozitás – mélység kapcsolat

