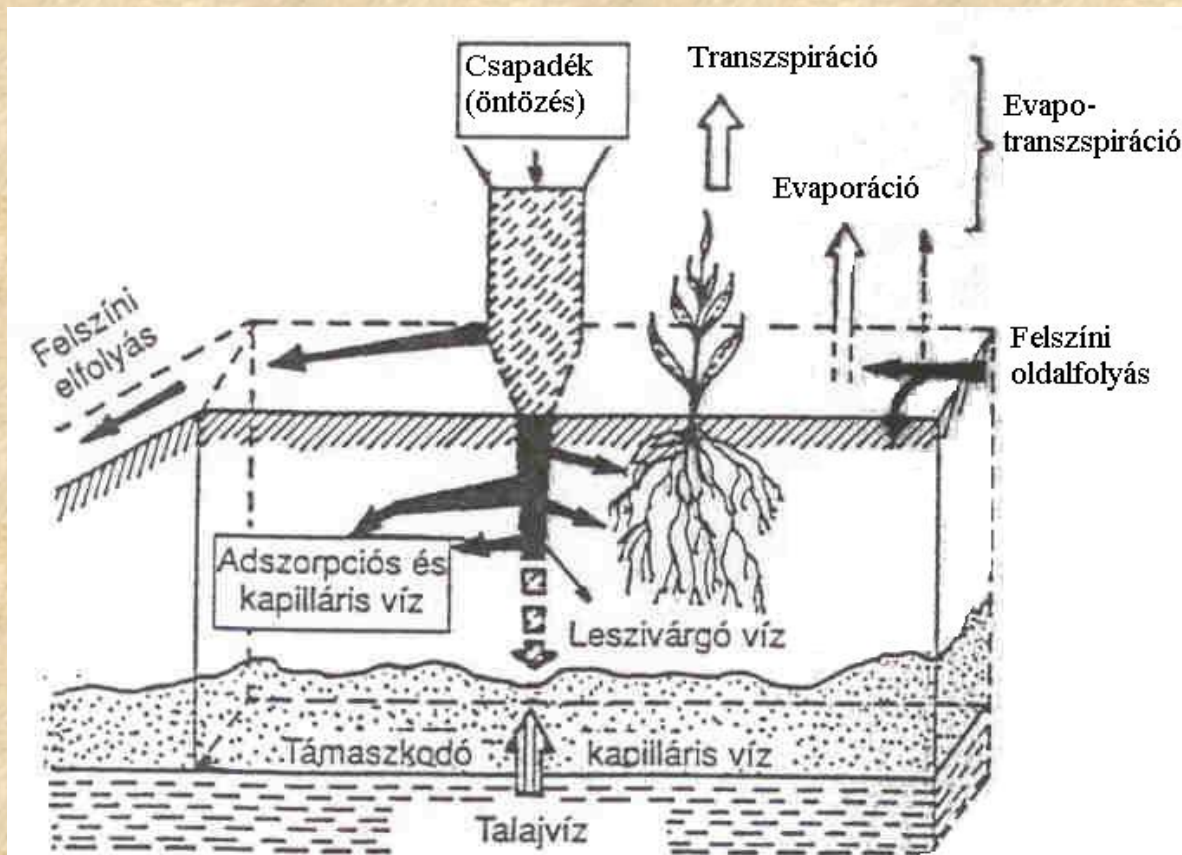


11. A talaj víz-, hő- és levegőgazdálkodása

Dr. Varga Csaba

A talaj vízforgalmának jellemzői

A vízháztartás típusát a talajszelvényre ható input és output elemek számszerű értéke, s egymáshoz viszonyított mennyisége (a vízmérlegek) alapján lehet megállapítani.



Egy terület egyszerűsített vízmérlege a következő elemekből áll I.

$$V_{cs} + (V_{\ddot{o}}) + V_{tf} + V_{of} = V_{Ep} + V_{Tr} + V_d + V_{ef} \pm \Delta V.$$

- Jelölések:
- V_{cs} = a légköri csapadék,
 - $V_{\ddot{o}}$ = az öntözővíz mennyisége,
 - V_{tv} = a talajvízből kapillárisan felemelt víz térfogata,
 - V_{of} = a felszíni oldalfolyás (a szomszédos területről odafolyt víz térfogata),
 - V_{Ep} = az evaporációs vízveszteség,
 - V_{Tr} = a transzspirációs vízveszteség,
 - V_d = a talajon átszivárgó víz (drénvíz) mennyisége,
 - V_{ef} = a területről a felszínen elfolyt víz térfogata,
 - ΔV = a terület vízkészletének változása

Egy terület egyszerűsített vízmérlege a következő elemekből áll II.

Adott talaj vízmérlegét azonban a lehullott csapadéknak, az öntözővíznek és a felszínen elfolyt vízmennyiségének csak a beszivárgó része, az úgynevezett effektív mennyisége befolyásolja. Az *effektív csapadék* V_{cs} = (a lehullott csapadék) – (a növény levélzete által felfogott + a felületen elfolyt vízmennyisége), az *effektív oldalfolyás* V_{of} = (a felületen oldalfolyt) – (az ebből elfolyt + közvetlenül elpárolgott mennyiség). A *talaj nedvességtartalmának* változása (ΔV_t) tehát egy – egy időszakban:

$$\Delta V_t = (V'_{cs} + (V'_{\ddot{o}}) + V_{tv} + V'_{of}) - (V_{Ep} + V_{Tr} + V_d + V_{ef}).$$

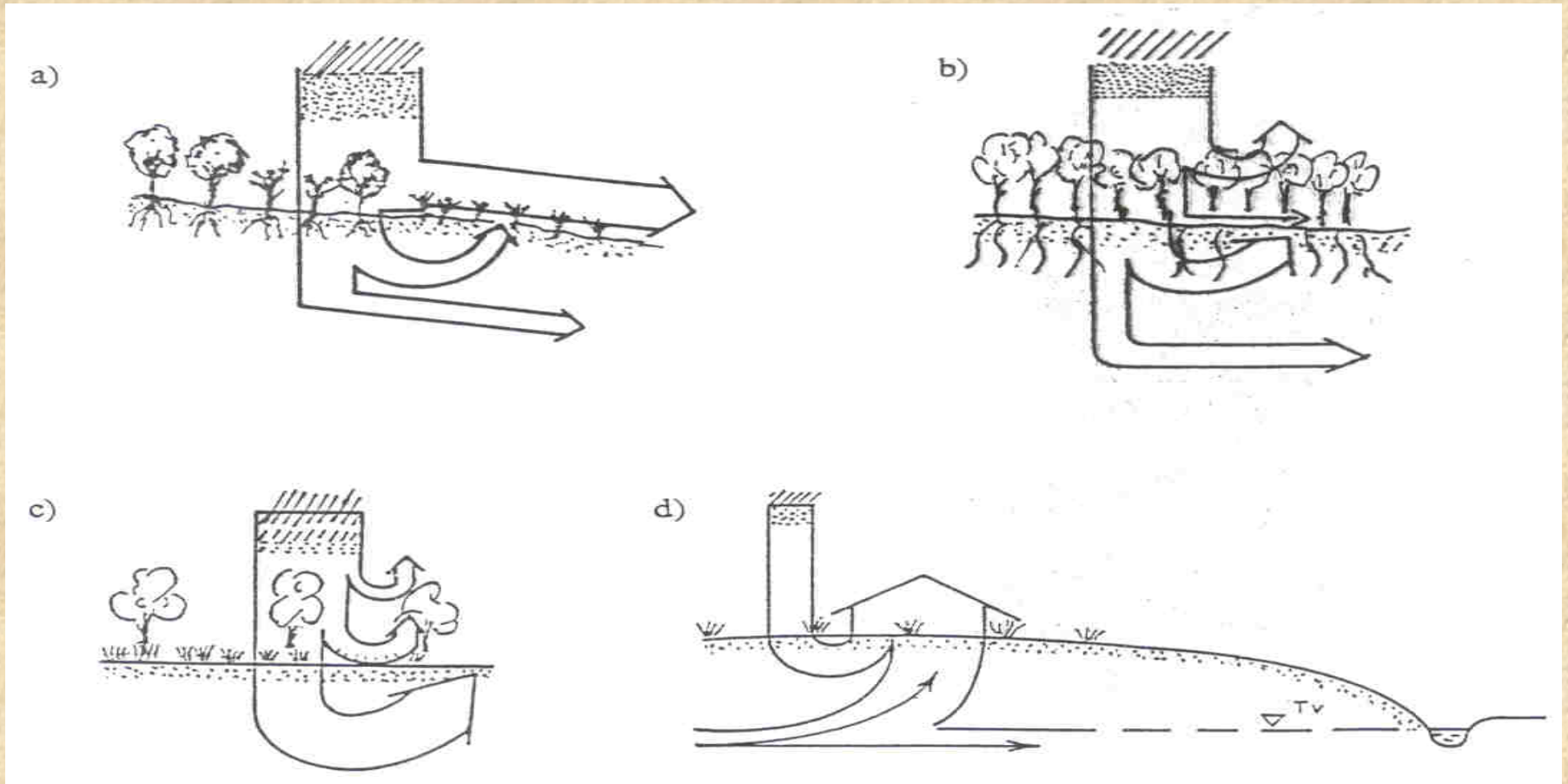


input



output

A talaj vízforgalmának alaptípusai



a) erős felszíni elfolyás típusa, b) kilúgozásos típusú vízforgalom,
c) egyensúlyi típus, d) párolgató vízforgalmi típus

A víz szerepét meghatározó tényezők

- a talajnedvesség mennyisége, tér- és időbeni eloszlása;
- a talajnedvesség állapota (halmazállapot, energiaállapot);
- a talajnedvesség kémiai összetétele (koncentráció, ionösszetétel);
- a talajnedvesség mozgása (páramozgás; folyadékmozgás két- és háromfázisú talajrétegekben).

Vízgazdálkodási kategóriák

- Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok.
- Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok.
- Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok.
- Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok.

Vízgazdálkodási kategóriák

- Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok.
- Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok.
- Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok.
- Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talajok.
- Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok.

paraméterek

- szabadföldi vízkapacitás (VKsz),
- holtvíztartalom (HV),
- hasznosítható vízkészlet (DV),
- a vízelnyelés sebessége (IR),
- a vízzel telített talaj hidraulikus vezetőképessége (K)

A TALAJ VÍZHÁZTARTÁSI TÍPUSAI

- Erős felszíni lefolyás típusa.
- Erős, lefelé irányuló vízmozgás típusa.
- Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa.
- Egyensúlyi vízmérleg típusa.
- „Áteresztő” típus.
- Felfelé irányuló vízmozgás típusa.
- Szélsőséges vízháztartás típusa.
- Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa.
- Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa.
- Rendszeres felszíni vízborítás típusa.
- Erdőterületek.

A TALAJ ANYAGFORGALMI TÍPUSAI

- Erős felszíni lepusztulás típusa.
- Erős kilúgzás típusa.
- Mérsékelt kilúgzás típusa.
- Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangóvíz” hatása alatt álló típus.
- Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa.
- Egyensúlyi típus.

A TALAJ ANYAGFORGALMI TÍPUSAI

- Talajvízhatás alatt álló típus.
- Erős karbonát-felhalmozódás típusa.
- Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető Na^+ -felhalmozódás típusa.
- Erős só- és/vagy kicserélhető Na^+ -felhalmozódás típusa.
- Szervesanyag-felhalmozódás típusa.
- Kismértékű anyagforgalom típusa.
- Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa.

Talaj nedvesség számítása I.

- n : Nedvességtartalom g-ban

$$n = m_n - m_{sz}$$

m_n : nedves talaj tömege (g)

m_{sz} : száraz talaj tömege (g)

- $n_{t\%}$: Nedvességtartalom tömegszázalékban

$$n_{t\%} = \frac{m_n - m_{sz}}{m_{sz}} \cdot 100$$

- $n_{tf\%}$: Nedvességtartalom térfogatszázalékban

$$n_{tf\%} = n_{t\%} \cdot \rho$$

Talaj nedvesség számítása II.

- $n_{\text{mm}/\text{xcm}}$ = talajnedvesség mm-be, x cm rétegvastagságú talajnál

$$n_{\text{mm}/\text{xcm}} = \frac{n_{\text{tf}\%} \cdot x}{10}$$

- $n_{\text{m}^3/\text{ha}/\text{xcm}}$ = A talajnedvesség m^3 / ha , x cm rétegvastagságú talajban.

$$n_{\text{m}^3/\text{ha}/\text{xcm}} = n_{\text{mm}/\text{xcm}} \cdot 10$$

A pórusok víztelítettsége

- $n_{P\%} = RV$: a pórusok víztelítettsége

$$n_{P\%} = \frac{n_{tf\%}}{P\%} \cdot 100$$

$$P = \frac{\rho - \rho_m}{\rho} \cdot 100$$

← összporozitás

↑
↓
differenciált porozitás

1. RL : a pórusok relatív levegőtartalma

$$RL = 100 - RV$$

Talaj nedvesség számítása (példa) I.

Példa : A nedves talaj tömege szárítás előtt 84 g, a szárítás után 72 g lett. A talaj térfogat tömege 1,5; a nedvességtartalom számítását a talaj felső 30 cm végezzük. Mennyi a talaj nedvességtartalma g-ban, $n_{t\%}$ -ban, $n_{tf\%}$ -ban, n_{mm} -be, m^3/ha -ba?

$$1. \quad n = m_n - m_{sz} = 84 - 72 = 12 \text{ g}$$

$$n_{t\%} = \frac{n}{m_{sz}} \cdot 100 = \frac{12}{72} \cdot 100 = 16,66$$

- $n_{tf\%}$: Nedvességtartalom térfogatszázalékban

$$n_{tf\%} = n_{t\%} \cdot \rho_m = 16,66 \cdot 1,5 = 24,99$$

Talaj nedvesség számítása (példa) II.

- $n_{\text{mm/xcm}}$ = talajnedvesség mm-be, x cm rétegvastagságú talajnál

$$n_{\text{mm/xcm}} = \frac{24,99 \cdot 30}{10} = 74,97$$

- $n_{\text{m}^3/\text{ha/xcm}}$ = A talajnedvesség m^3 / ha , x cm rétegvastagságú talajban.

$$n_{\text{m}^3/\text{ha/xcm}} = n_{\text{mm/xcm}} \cdot 10 = 74,97 \cdot 10 = 749,7$$

A pórusok víztelítettségének számítása (példa)

Példa : Mennyi a pórusok víztelítettsége, ha a sűrűség 2,6 a térfogattömeg 1,5 g/cm³, a $n_{tf\%}$ 25%

$$P = \frac{\rho - \rho_m}{\rho} \cdot 100 = \frac{2,6 - 1,5}{2,6} \cdot 100 = 42,3 \%$$

$$n_{P\%} = \frac{n_{tf\%}}{P \ \%} \cdot 100 = \frac{25}{42,3} \cdot 100 = 59,1$$

RL : a pórusok relatív levegőtartalma

$$RL = 100 - RV = 100 - 59,1 = 40,9 \%$$

A példában a pórus víz : levegő aránya = 59,5 : 40,5

A pórus ideális víz levegő aránya = 70 : 30

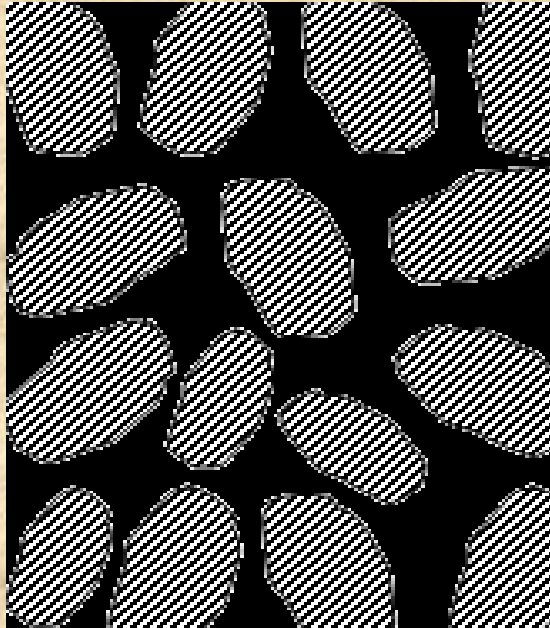
Vízkapacitás

- Szabadföldi (VK_{sz})
- Maximális (VK_{max})
- Minimális (VK_{min})

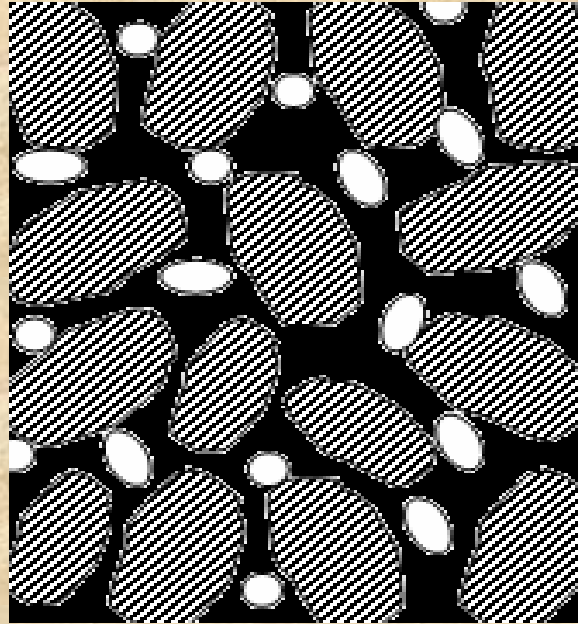
$$VK_{sz} \geq VK_{min}$$

- Kapilláris (VK_{kap})
(10 cm magas oszlopban)

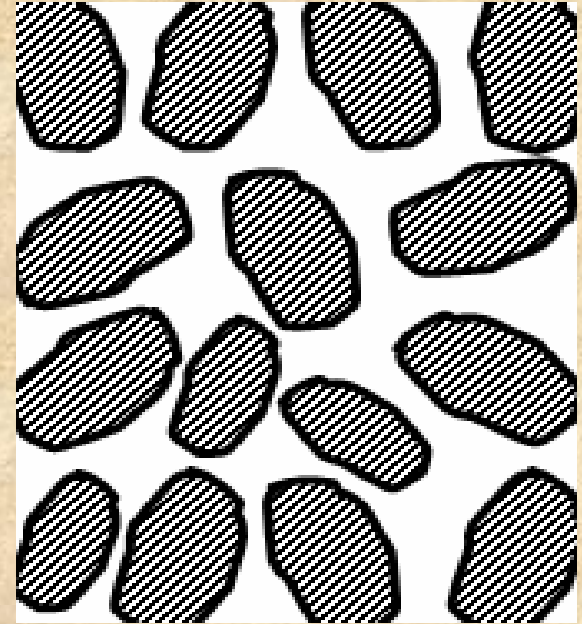
A talaj pórustere, vízkapacitása



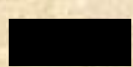
telített



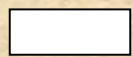
VKsz



HV



víz



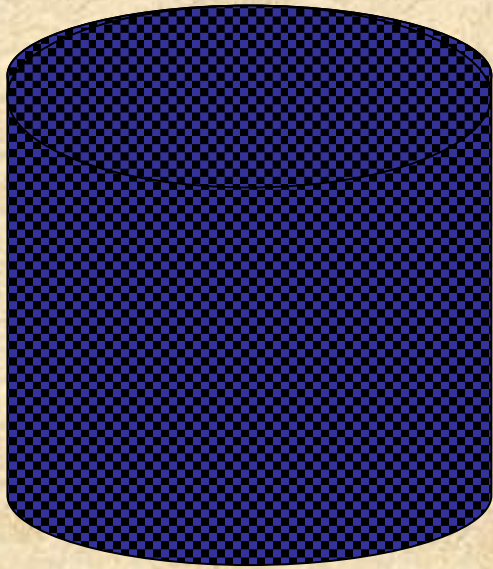
levegő



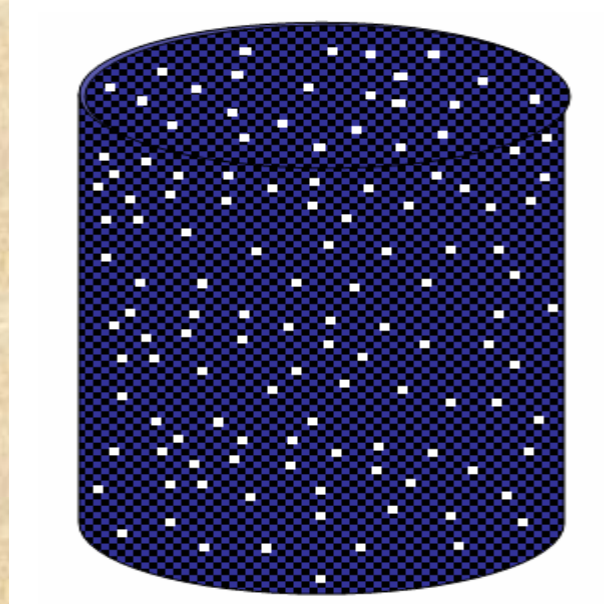
talajszemcse

Vízkapacitás-Holtvíz

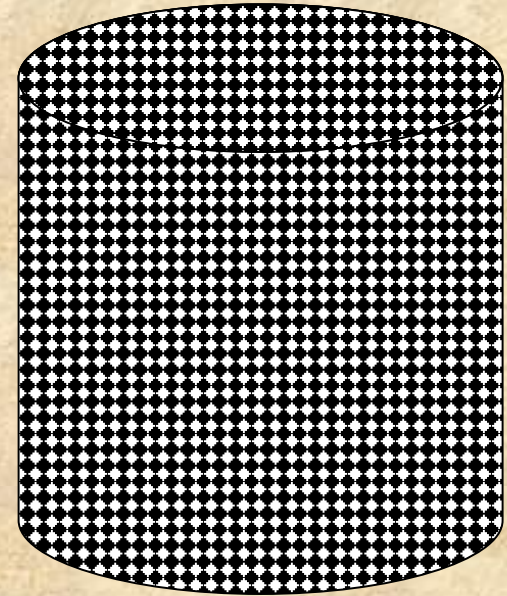
VKmax

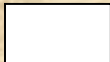


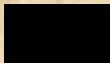
VKszf ~VKmin



HV

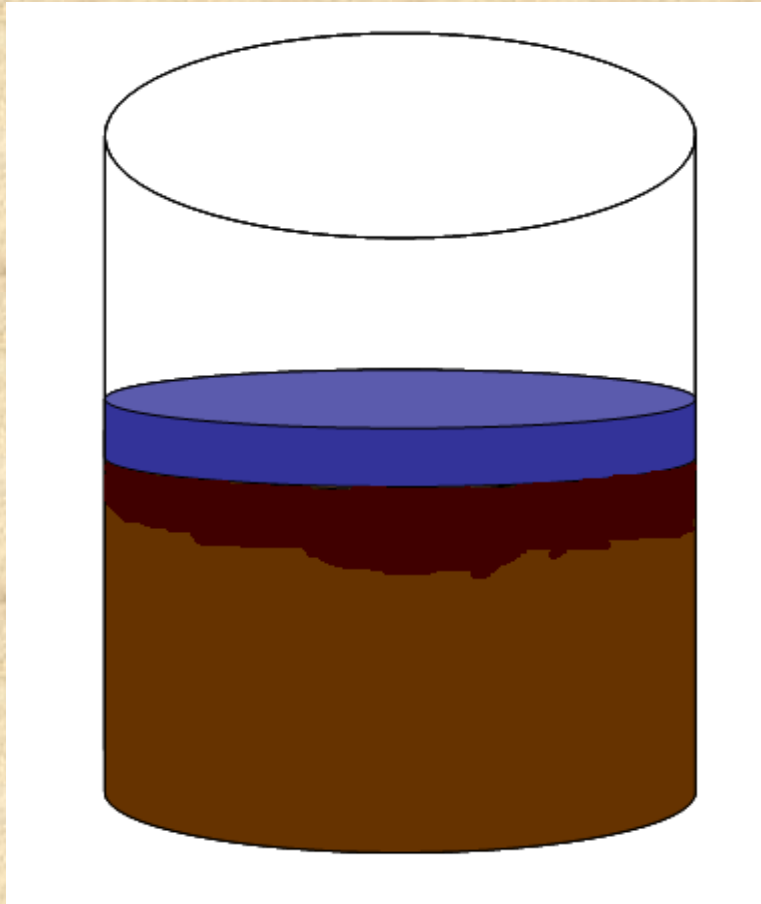


levegő 

talaj 

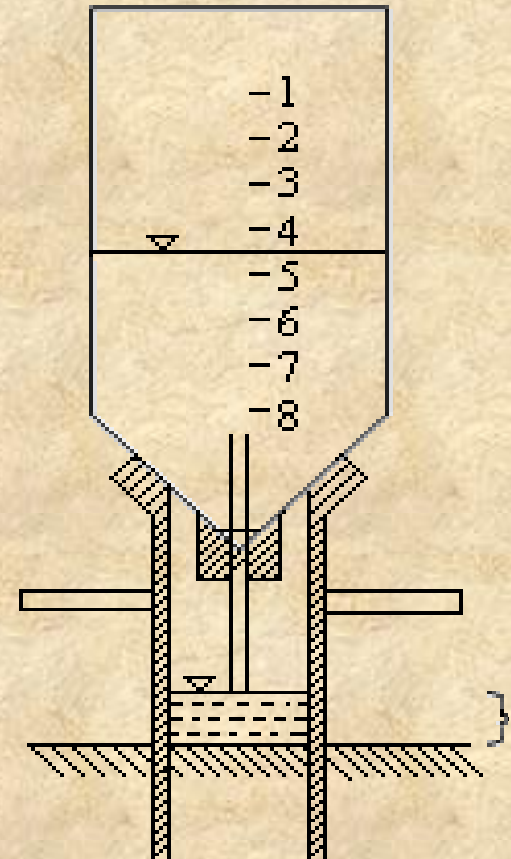
víz 

A víz talajba szivárgása



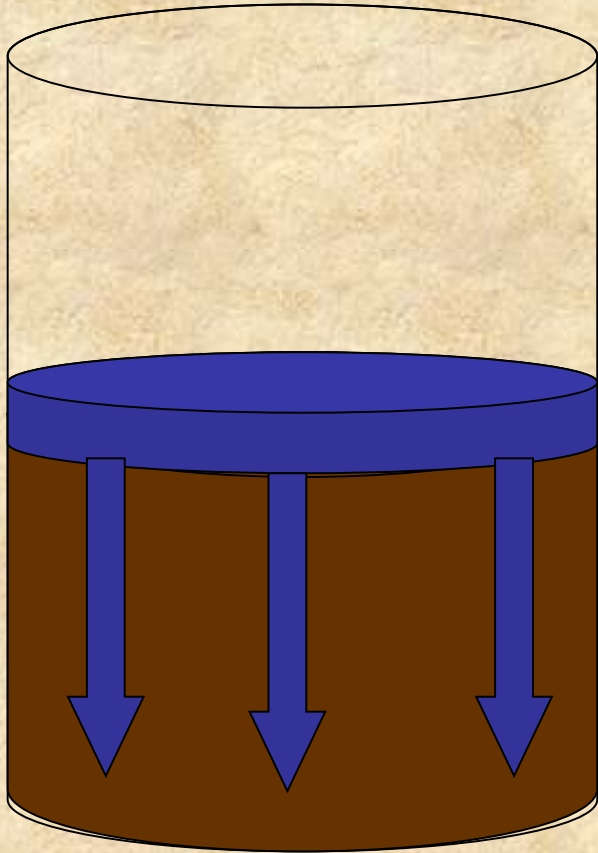
Víznyelés

Vízáteresztés

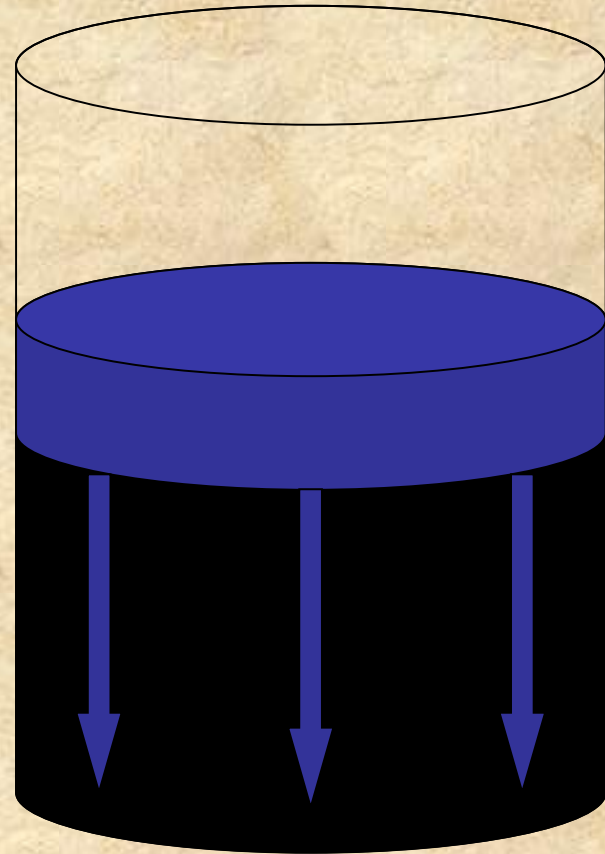


Müntz-Lanie

Beszivárgási sebesség



**Laza, kevés kolloidot
tartalmazó talaj**



**Kötött, sok kolloidot
tartalmazó talaj**

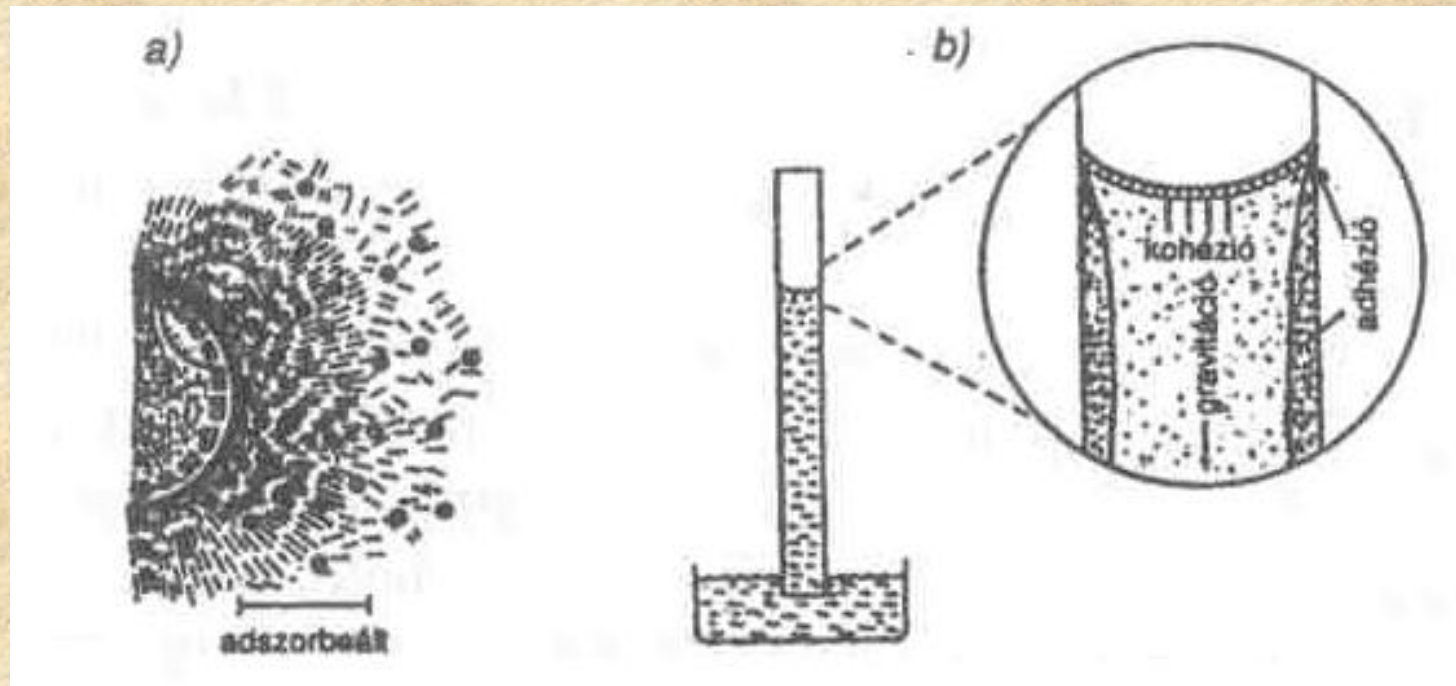
A hasznos- és holtvíztartalom

- a. Diszponibilis víz (DV) < 15 atm. (bar)
(A diszponibilis víz a növények számára hasznosítható vízforma, < mint 15-bar-ral kötődik a talaj részecskékhöz)
- c. Holtvíz (HV) > 15 atm. (bar)
(A holtvíztartalom a növények számára felvehetetlen vízforma mivel 15 bárnál nagyobb erővel kötődik)

$$\begin{aligned} DV_{\max} &= VK - HV \\ DV_{\text{akt}} &= n_{\text{pill}} - HV \end{aligned}$$

- HV meghatározás:
- hervadási kísérlet
 - acélfalu pF készülékkel (15 bar nyomás)
 - hy – ból számítva $HV_{t\%} = 4hy$
- $$HV_{tf\%} = 4hy * \rho$$

A víz megkötése és visszatartása a talajban.



A vízmolekulákra ható erők a szemcsék felületén (a) és a kapillárisokban (b)

Jurin törvény

$$h_{(\text{cm})} = \frac{0,3}{d} = \frac{0,15}{r}$$

ahol $0,3 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra érvényes konstans; h = a vízoszlop magassága cm; d = a kapilláris átmérője, cm; r = a kapilláris sugara, cm;

(d' és r' az átmérő, illetve a sugár μm -ben megadva)

$$\log h = pF = \log 3000 - \log d'$$

$$3,477$$

Jurin törvény

$$h_{(\text{cm})} = \frac{0,3}{d} = \frac{0,15}{r}$$

ahol $0,3 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra érvényes konstans; h = a vízoszlop magassága cm; d = a kapilláris átmérője, cm; r = a kapilláris sugara, cm;

(d' és r' az átmérő, illetve a sugár μm -ben megadva)

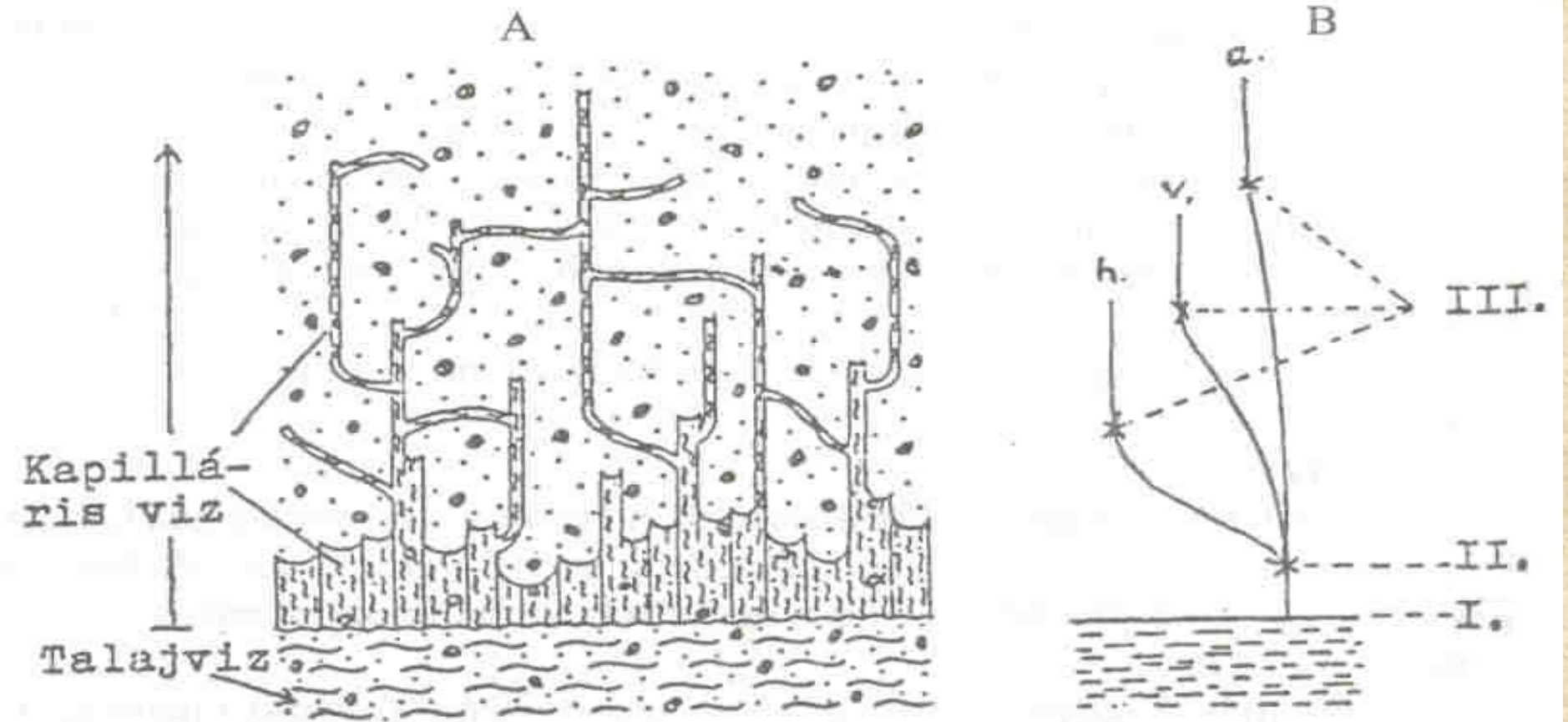
$$h_{(\text{cm})} = \frac{3000}{d'} = \frac{1500}{r'}$$

$$\lg h = pF = \lg 3000 - \lg d'$$

A VK_{sz} , a DV és a HV átlagértéke a különböző szemcseösszetételű talajokban

Textura osztály	VK_{sz}	DV	HV	DV	HV
	térfogat %			VK %-ában	
homok	10	8	2	80	20
vályog	31	16	15	51	49
agyag	46	13	33	28	72

Nedvességeloszlás a talajvízzel érintkező kapilláris rendszerekben



A.: a vízemelésben résztvevő kapillárisok; B.: a talajok nedvességtartalmának változása; h = homok, v = vályog, a = agyag talaj

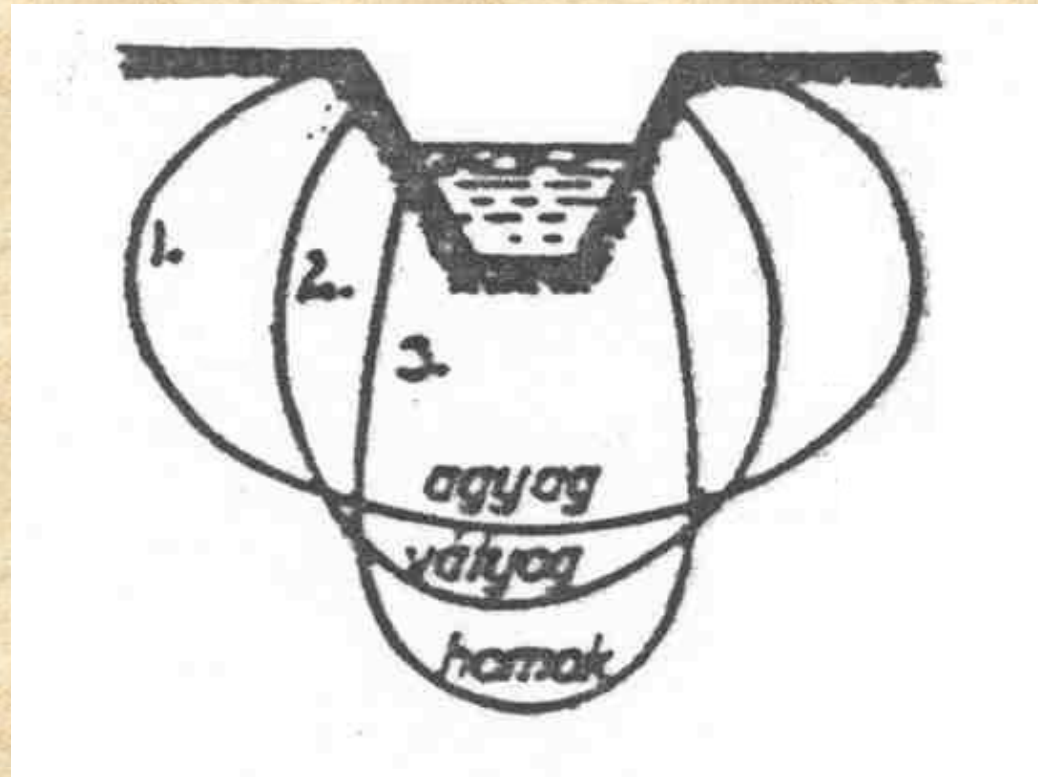
Nedvességformák

- Kötött víz
 - a, Kémiaailag kötött (kristályvíz)
 - b, Fizikailag kötött
 - erősen kötött (kötőerő > 1200 bar)
 - lazán kötött (< 0,2 μm pórusokban; kötőerő > 15 bar)
- Kapilláris víz (\varnothing 0,2 – 10 μm ; 15 – 0,3 bar)
 - a, Támaszkodó
 - b, Függő
 - c, Izolált
- Szabadvíz (\varnothing > 10 μm)
 - a, Kapilláris – gravitációs (\varnothing 10 - 50 μm ; 0,3 – 0,05 bar)
 - b, Garavitációs (\varnothing > 50 μm)
 - c, Vízgőz
 - d, Talajvíz

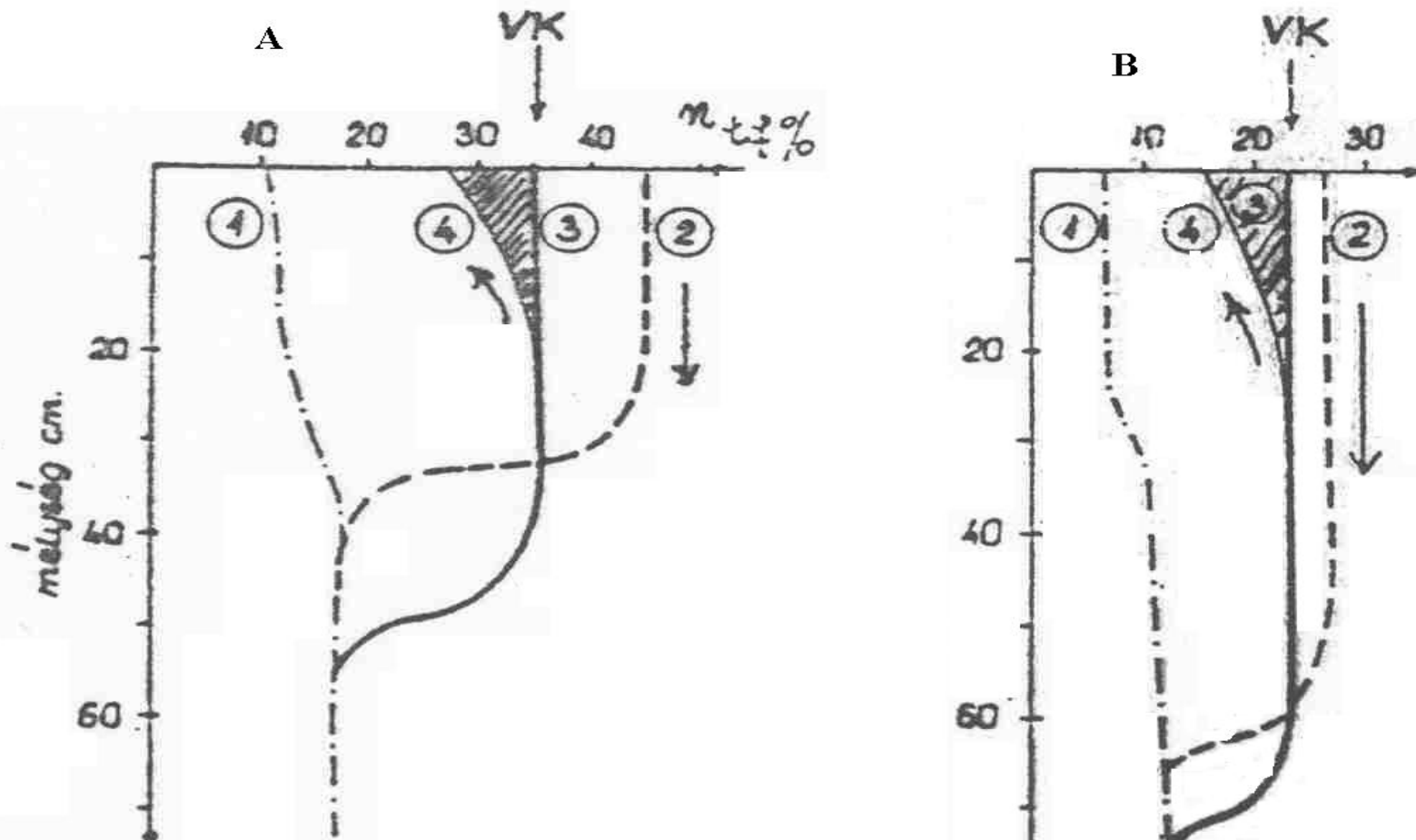
A pórusméret, a kötőerők és a víz mozgékonyága közötti összefüggés

Pórus megnevezése	Pórusátmérő μm	Kötőerő		pF	A vízforma minősítése
		atm	Vízoszlop cm		
adszorpciós pórusok	< 0,2	> 15	>15000	> 4,2	HV } VK DV }
kapilláris pórusok	10 – 0,2	0,3 – 15	300 - 15000	2,5 – 4,2	
kapilláris gravitációs pórusok	50 – 10	0,05 – 0,3	50 – 300	1,8 – 2,5	lassan szivárgó víz
gravitációs pórusok	> 50	< 0,05	< 50	< 1,8	gyorsan szivárgó víz

Beázási profilok



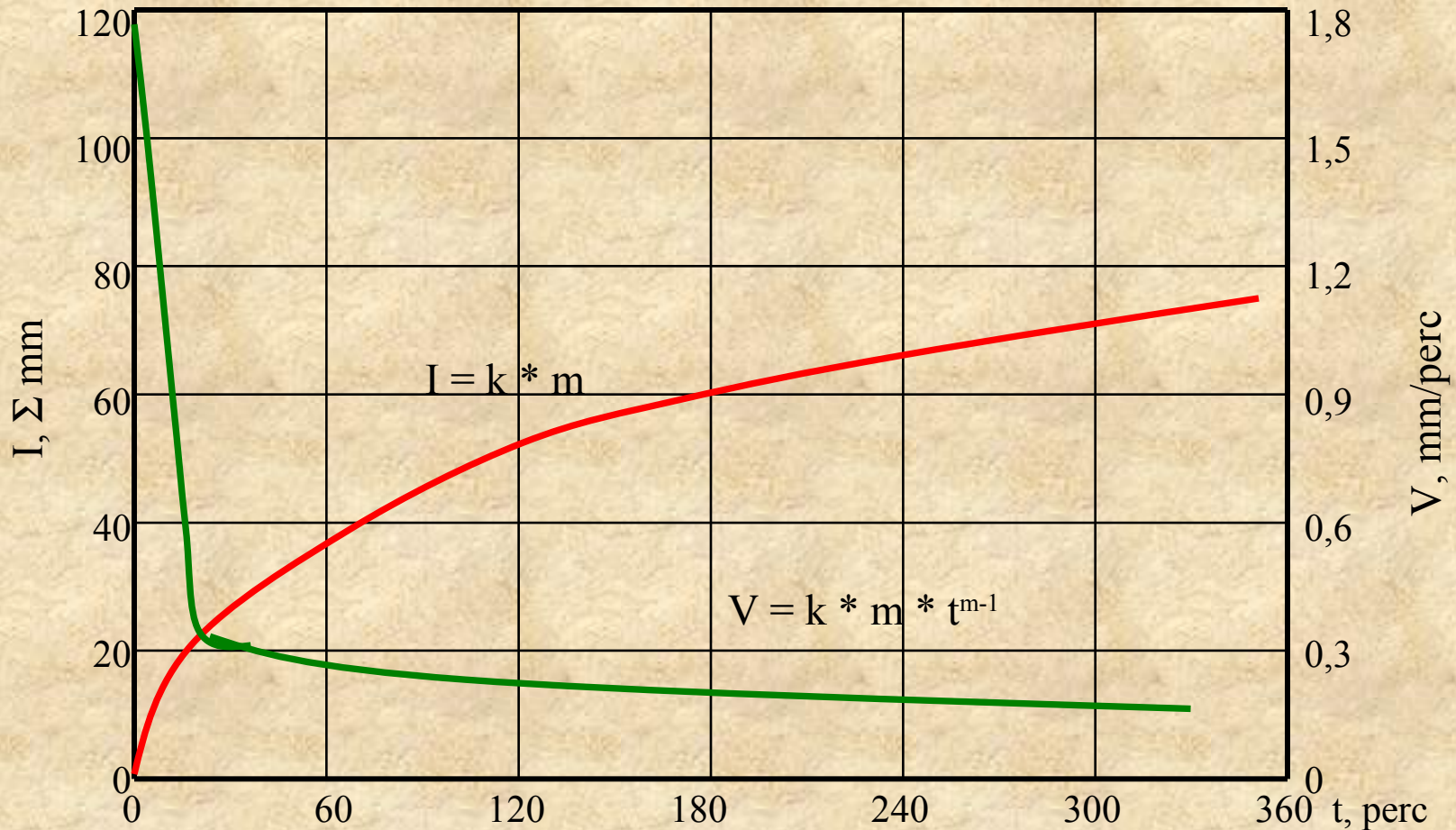
A nedvesség eloszlás a talaj profilban



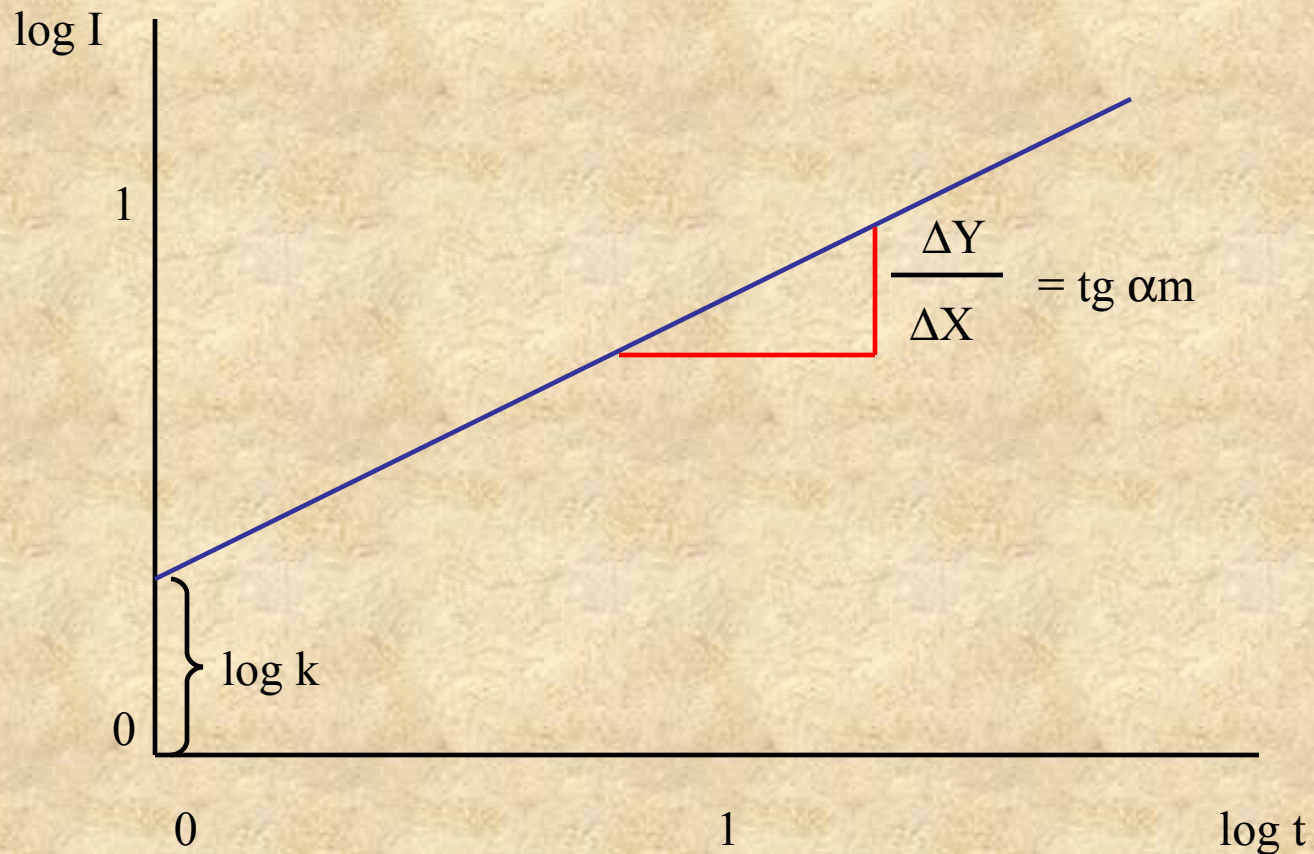
1=eredeti nedvesség, 2= közvetlenül a vízgazdálkodás megszüntetése után, 3=a víz kiegyenlítődése (24 óra múlva) 4= 3nap múlva;

A = vályog; B= homokos vályogtalaj

A beszivárgási sebesség és az összesen beszivárgott víz mennyiségének időbeli változása

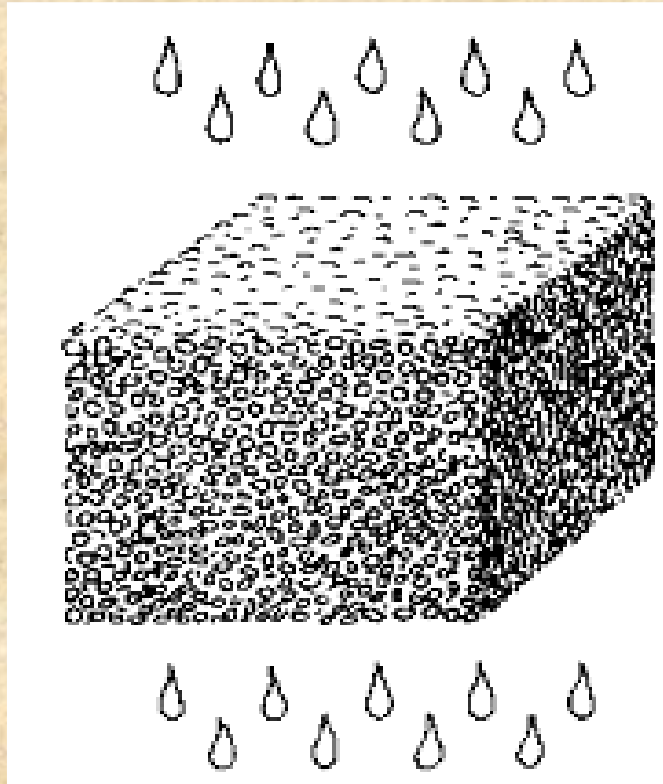


A Kosztjakov – egyenletben szereplő k és m grafikus meghatározása



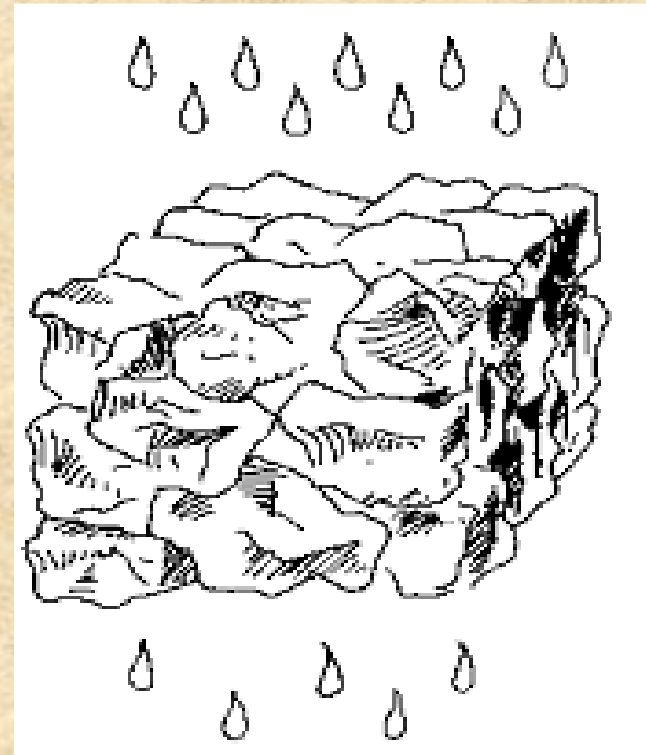
A talaj szerkezete és vízáteresztő képessége

morzsás



gyors

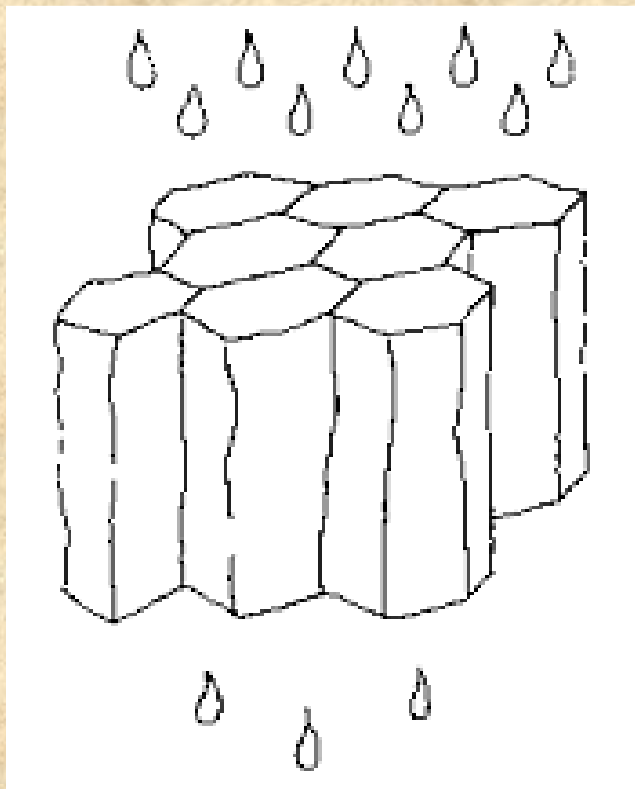
rögös



mérsékelt

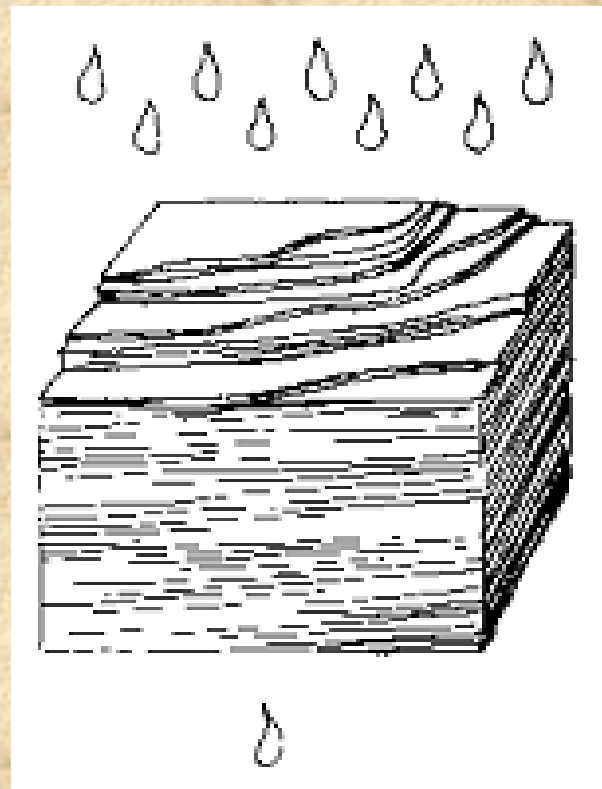
A talaj szerkezete és vízáteresztő képessége

hasábos



mérsékelt

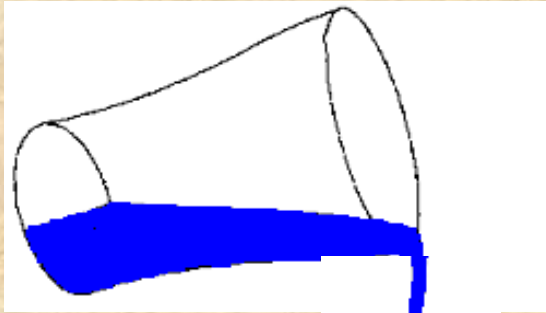
lemezes



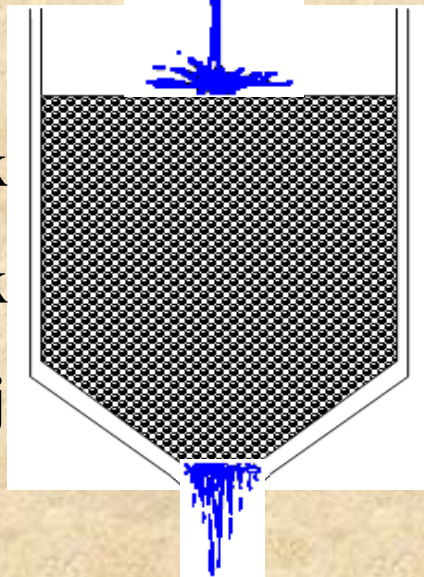
lassú

Forrás: FAO

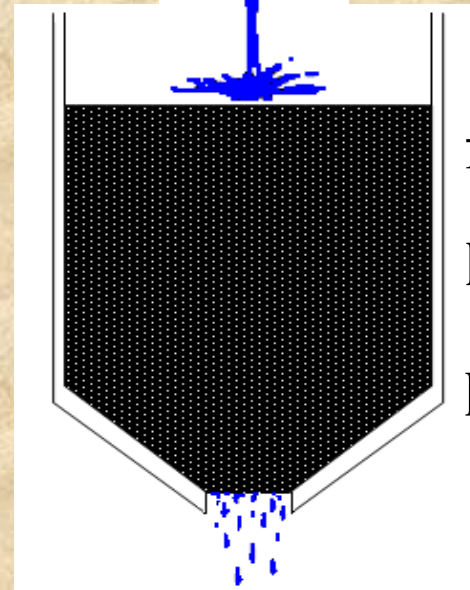
A talaj textúrája és a vízáteresztő képesség



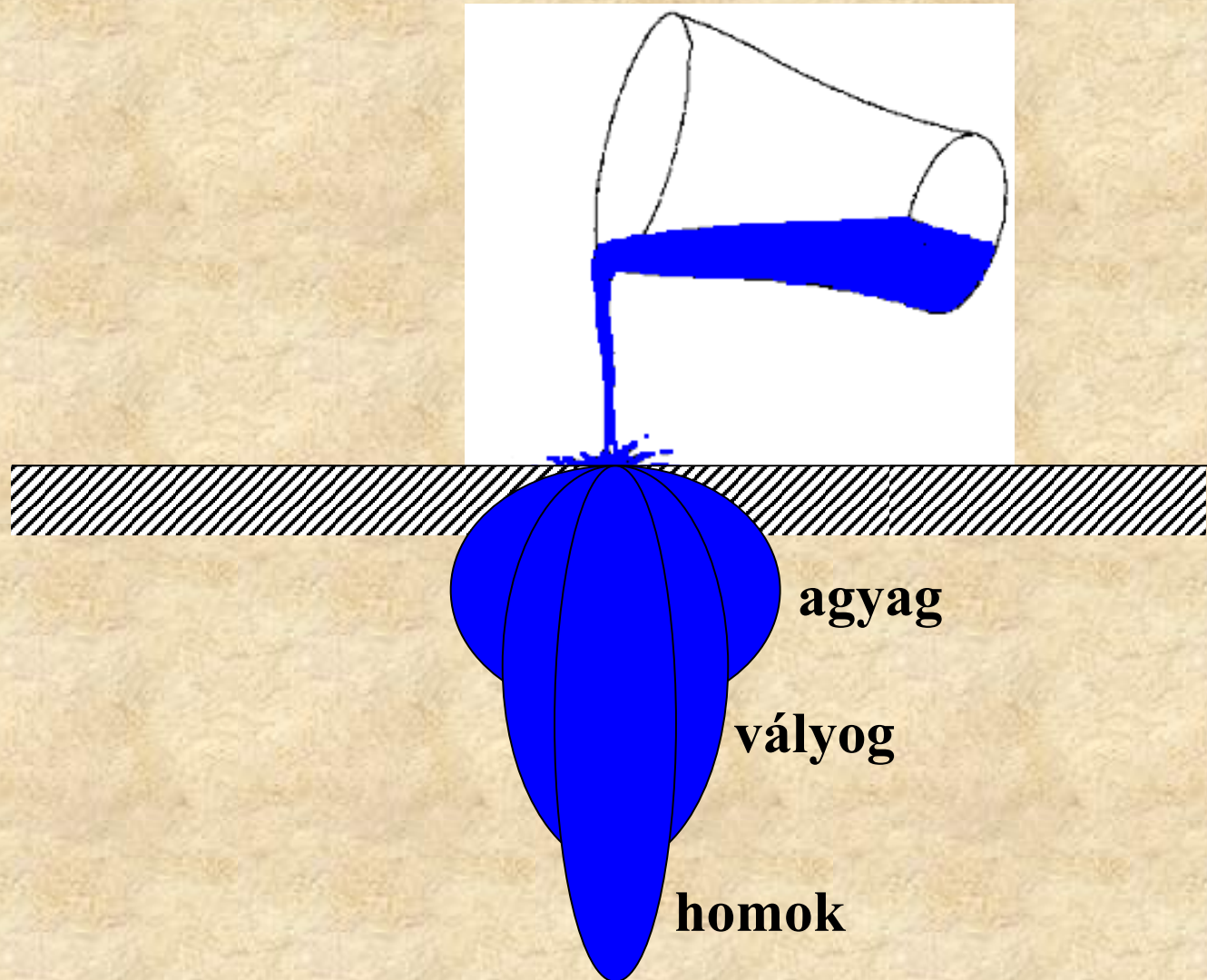
durva szemcsék
nagy pórusok
pl: homoktalaj



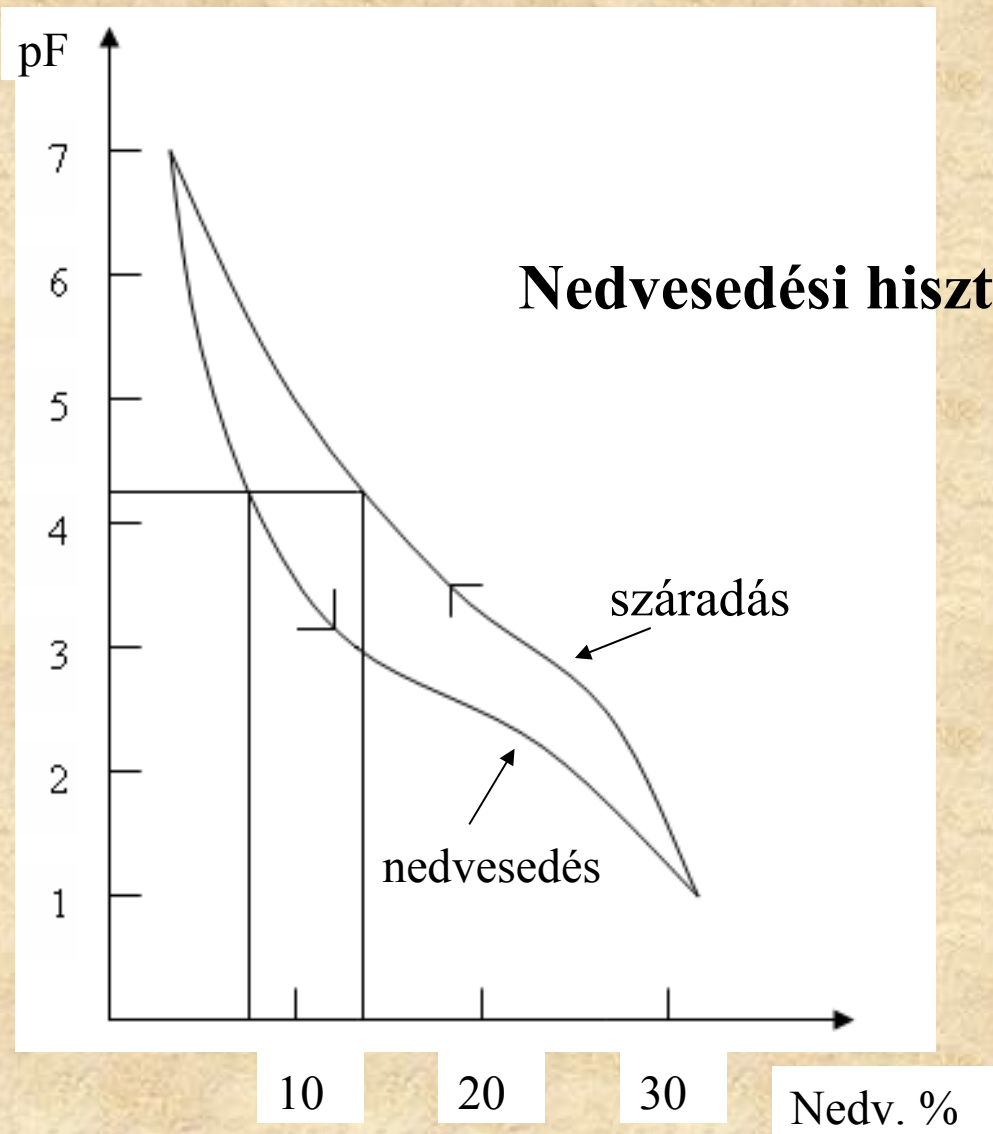
finom szemcsék
kis pórusok
pl: agyagtalaj



Különböző fizikai féleségű talajok beázási profilja



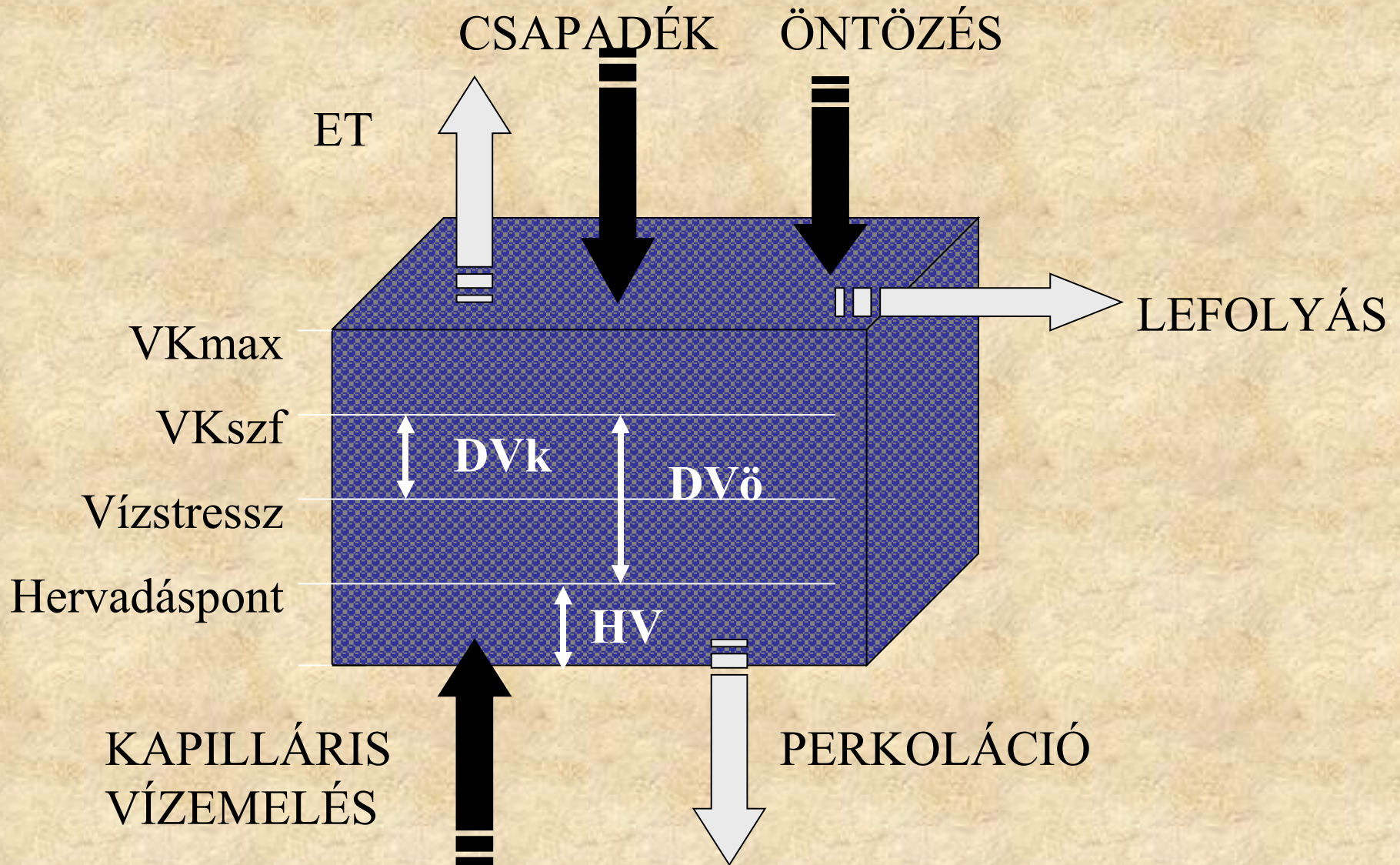
A talaj száradása



Meghatározott vastagságú talajréteg feltöltéséhez szükséges vízmennyiség számítása

$$\text{VÍZHIÁNY} = VK_{szf} - \text{Nedvességtartalom}$$

A talaj nedvességforgalma



A pF fogalma

A szívóerő mértékegysége : atmoszféra, bar, kilopascal (kPa) vagy vízoszlop cm lehet:

1 atmoszféra = 760 Hg mm = 1036 vízoszlop cm \approx 101 kPa

A $\log h_{(\text{víz cm})}$ egységeket:

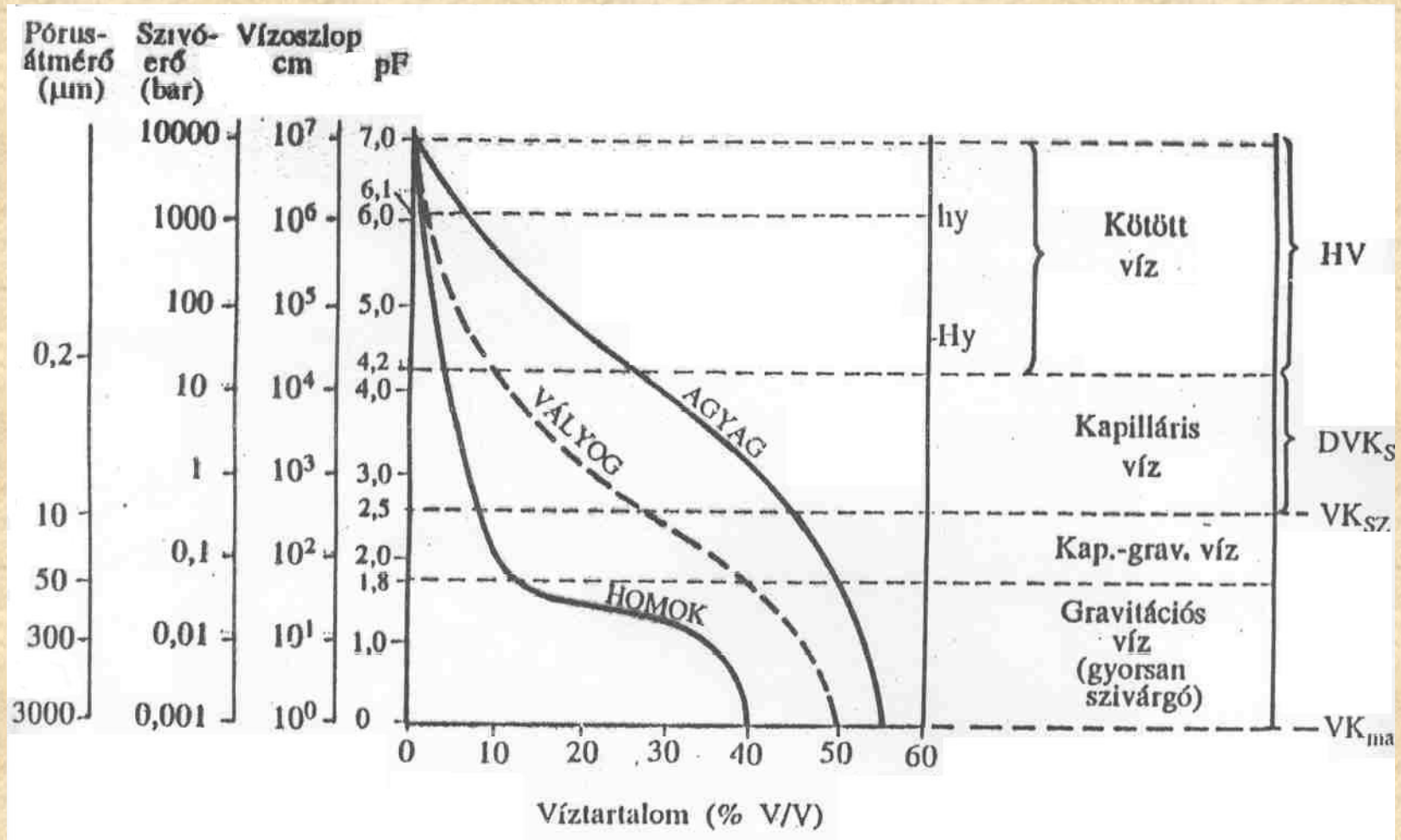
- **Schofield** nyomán – pF-értékeknek nevezzük.

Ennek megfelelően ($\log h = \text{pF}$), azaz

0,001 atm. = 1 cm	(10^0 cm)	vízoszlop	= 0 pF
0,01 atm. = 10^1 cm		vízoszlop	= 1 pF
0,1 atm. = 10^2 cm		vízoszlop	= 2 pF
1,0 atm. = 10^2 cm		vízoszlop	= 3 pF
10 atm. = 10^3 cm		vízoszlop	= 4 pF
10000 atm. = 10^7 cm)		vízoszlop	= 7 pF

$$\text{pF} = \log h = \log 300 - \log d' = 3,477 - \log d'$$

A homok-, vályog- és agyagtalajokra jellemző pF - görbék



Vízmozgás a talajban

- Vízmozgás kétfázisú (telített) talajban
- Vízmozgás háromfázisú (telítetlen) talajban
- Páramozgás

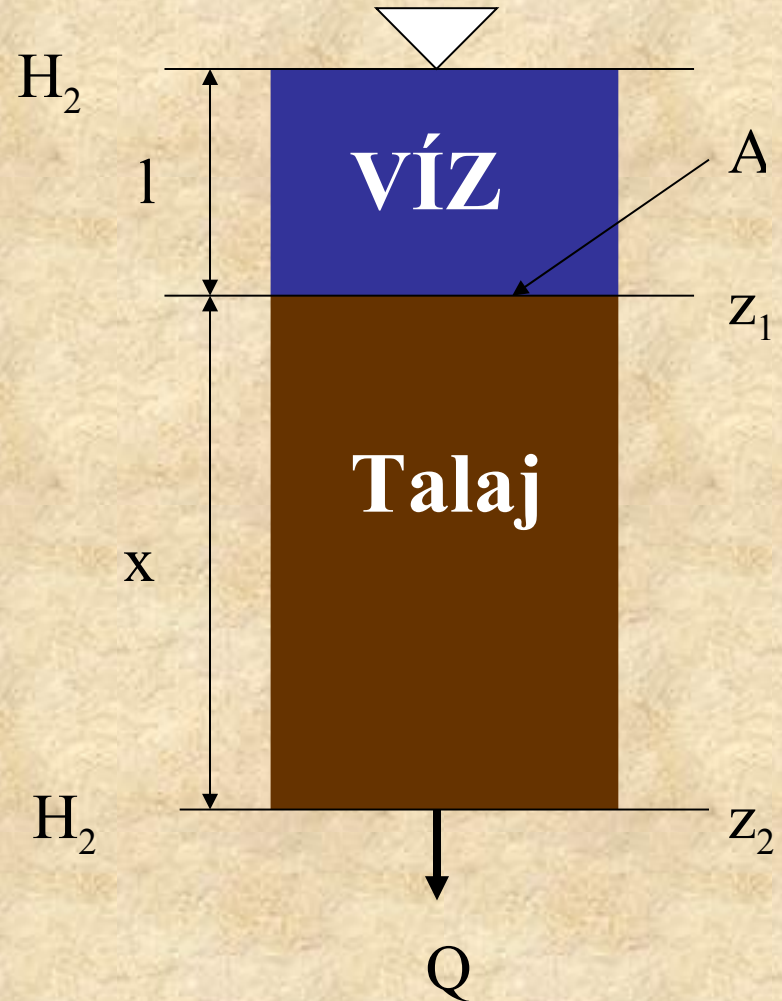
Darcy-törvénye

$$Q = K_s \frac{A \cdot (l+x) \cdot t}{x}$$

$$v = K_s \frac{(l+x)}{x}$$

$$v = \frac{Q}{A \cdot t}$$

$$v = - \left[K_s \frac{\Delta H}{\Delta Z} \right]$$



Darcy-törvénye

$$\mathbf{k(h)} = \frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_m^n + \mathbf{b}}$$

$$\mathbf{v} = - \left[\mathbf{k(h)} \frac{\Delta \mathbf{H}}{\Delta \mathbf{z}} \right]$$

$$\mathbf{v} = -\mathbf{k(h)} \frac{\Delta \mathbf{h}_m}{\Delta \mathbf{z}} + \mathbf{1}$$

A talaj levegőgazdálkodása I.

Ha a talaj kiszárad:

- nő a levegőtartalma
- nedvesedéskor csökken

növények - igénylik a levegőt

oxidációs – redukciós viszony (illetve folyamatok)

A levegő gazdálkodást befolyásolja:

- a VK-ig telített talaj levegőtartalma
- a talajlevegő összetétele
- a levegő és a talaj kölcsönhatása

A talaj levegőgazdálkodása II.

Levegőellátottság jellemzője:

$$RL=100 - \left(\frac{nP\%}{P\%} \cdot 100 \right)$$

30:70 = levegő:víz

homok – vályog

pórustérben 25 – 40%

agyagnál 5 – 15%

mechanikai összetétel – szerkezet

Szerkezetjavítás : altalajjavítás, mélyművelés

A levegő összetétele: eltér a légköri levegőétől.

CO₂ elérheti a 8 –10%

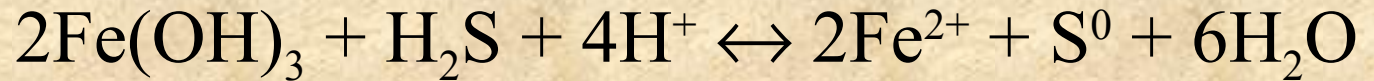
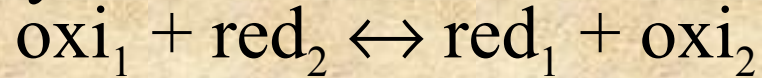
O₂ lecsökkenhet néhány %-ra

Növényzet, hőmérséklet, légnyomás, légáramlás,
gázdifúzió 4000 m³/ha CO₂ egy év alatt!!!!

Adszorbeálódhat a kolloidokon, elnyelheti a nedvesség.

Redoxi folyamatok a talajban I.

- Oxi-redukációs folyamatok



oxidációs szám: (+3) (-2) (+2) (0)

- Redoxipotenciál (E_h) NERNST egyenlet

$$E_h = E_h^o + \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]} - 0,059 \frac{m}{n} \text{pH}$$

A talajok redoxipotenciálját befolyásolja

- levegőellátottsága
- nedvességtartalma
- szemcseösszetétele
- pH értéke

Redoxi folyamatok a talajban II.

Értéke a talaj felső rétegében 100-600 mV között változhat, évszakonként és rövidebb időszakon belül.

A talaj átnedvesedésekor csökken, száradása során növekszik a redoxipotenciál.

Egy pH egység változásával 55-65 mV-tal változik a redoxipotenciál. A pH csökkenése növeli a rendszer (E_h) értékét.

Redoxi folyamatok a talajban II.

$$rH = \frac{E_h}{28,9} + 2pH$$

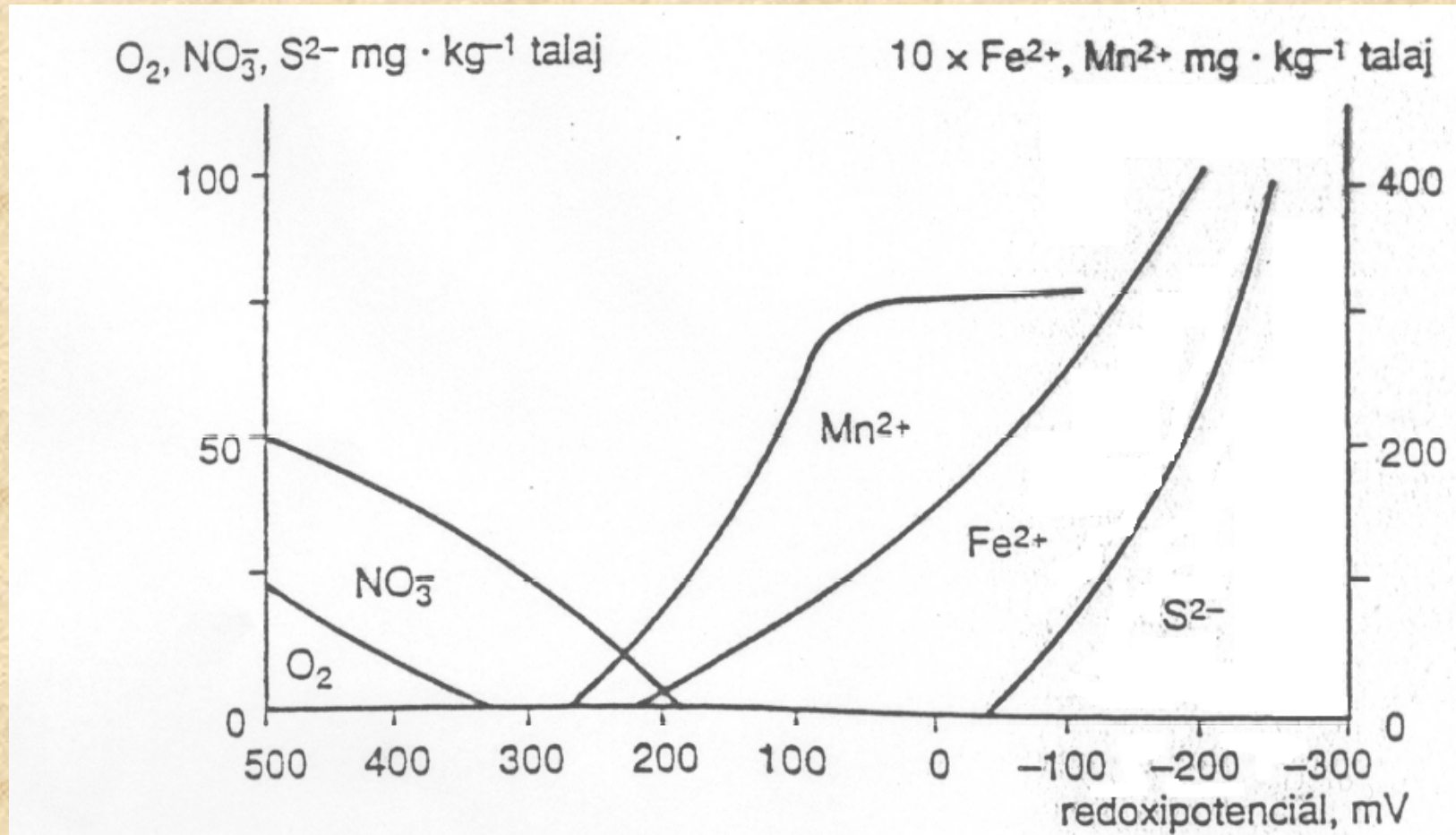
rH: a redoxirendszerben lévő hidrogéngáz parciális nyomásának negatív logaritmus

1 atmoszféra tiszta hidrogén gáz rH értéke: 0

1 atmoszféra tiszta oxigén gáz rH értéke: 41

A talajban: ha az $rH < 15$ a redukciós folyamatok dominálnak
ha az $rH > 25$ az oxidációs folyamatok dominálnak

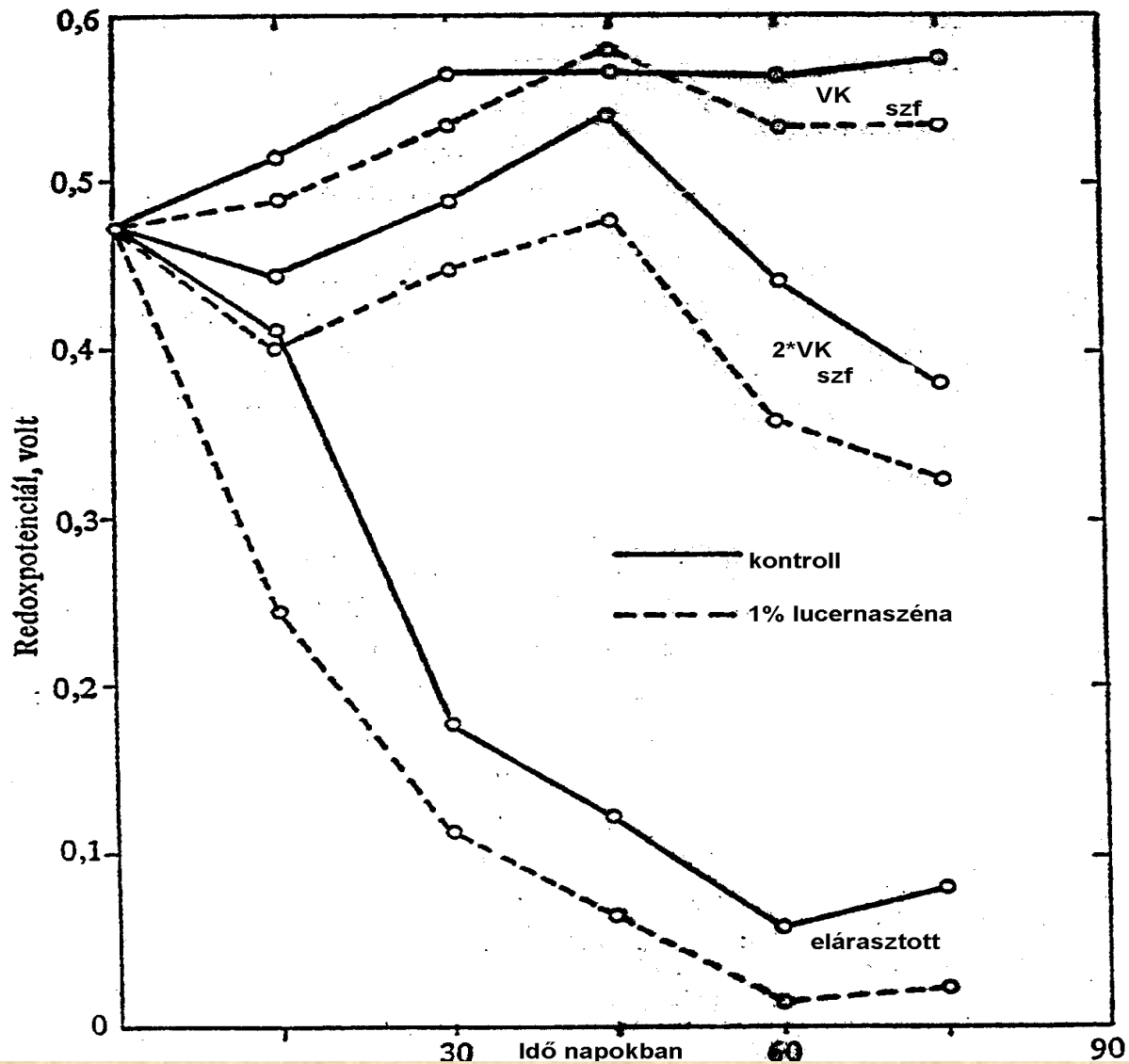
A redoxi rendszerek stabilitása a talajban



A redoxi folyamatokban részt vevő élő szervezetek és a folyamatok redoxipotenciál - tartománya

Redoxipár		Folyamat	E _h , mV	A talajban lévő szervezetek
Oxidált forma	redukált forma			
O ₂	+e ⁻ H ₂ O	aerob légzés	600-400	Növényi gyökerek, aerob mikroszervezetek,
NO ₃ ⁻	+e ⁻ N ₂ , N ₂ O	denitrifikáció	500-200	állatok Pseudomonas
Mn ⁴⁺	+e ⁻ Mn ²⁺	mangánredukció	250-100	Bacillus stb.
szerves anyag	+e ⁻ szerves	erjedés	200-0	Clostridium stb.
sav Fe ³⁺	+e ⁻ Fe ²⁺	vasredukció	200-100	Pseudomonas
NO ₃ ⁻	+e ⁻ NH ₃	disszimiláció, nitráttrukció	100-150	Acromobacter
SO ₄ ²⁻	+e ⁻ H ₂ S	szulfátredukció	0-200	Desulfovibrio
CO ₂	+e ⁻ CH ₄	metánképződés	150-280	Metanobaktérium

Redoxpotenciál – változások a talajban



A talaj hőmérséklete és hőgazdálkodása I.

$$K_H = \frac{Q \cdot L}{t \cdot F}$$

K_H = hővezető képesség ($J \cdot cm^{-2} \cdot ^\circ C^{-1} \cdot s^{-1}$)

Q = Az időegység alatt elmozduló hőmennyiség ($J \cdot s^{-1}$)

L = rétegvastagság (cm)

t = időegység alatti hőmérséklet változás ($^\circ C \cdot s^{-1}$)

Hővezető képesség

szilárd rész	0,016 ($J \cdot cm^{-1} \cdot ^\circ C^{-1} \cdot s^{-1}$)
víz	0,4
levegő	0,0002

A talaj hőmérséklete és hőgazdálkodása II.

Hőkapacitás (K)

A fajhő függvénye

$$K = f \cdot \rho$$

Néhány anyag fajhője és hőkapacitása

anyag	fajhő ($\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)	hőkapacitás ($\text{J}/\text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
víz	4	4
levegő	1	0,0012
homok	0,84	2,18
agyag	0,92	2,5
humusz	1,70	2,72
jég	2,10	1,88

A talaj hőmérséklete és hőgazdálkodása III.

Melegítőhatás

$$a = \frac{K_H \text{ (hővezető képesség)}}{K \text{ (hőkapacitás)}} \quad [\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$$

A talaj hőmérséklete és hőgazdálkodása III.

A száraz és a sok nedvességet tartalmazó talaj hővezető képessége kicsi

A legnagyobb hővezető képessége a közepesen nedves talajnak van.