

Fyzikální vlastnosti

Půda → polydisperzní trojfázový systém

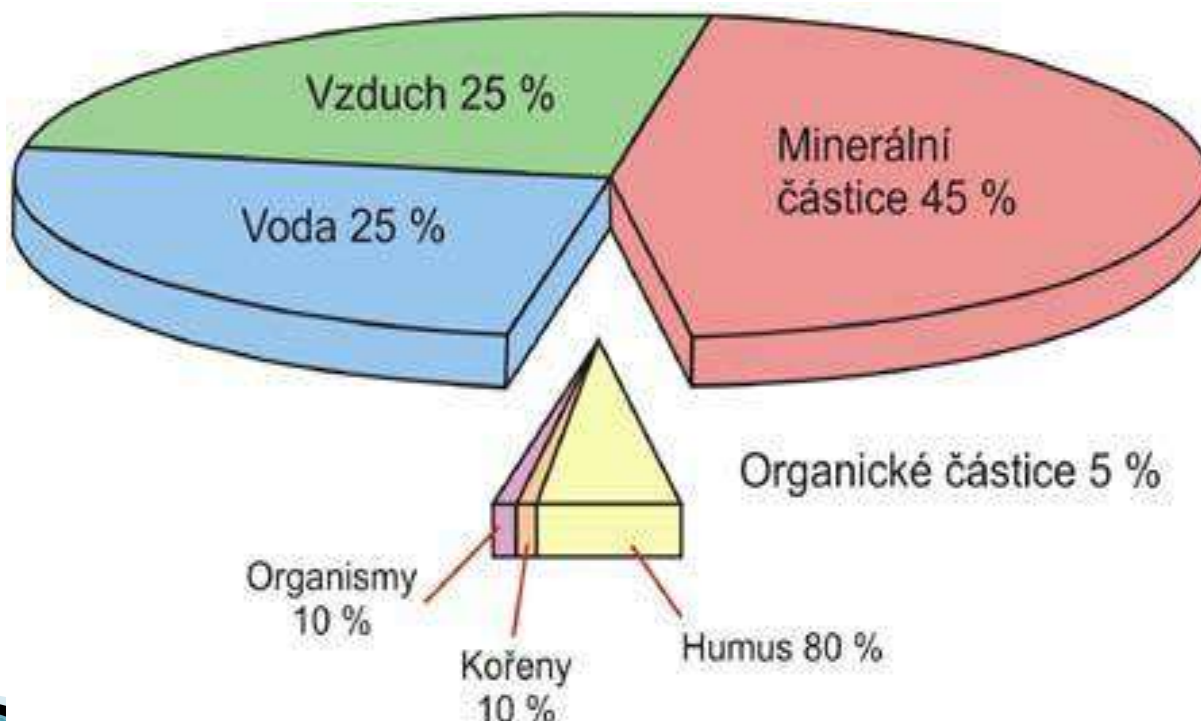
- 1. disperzní fáze (pevná fáze)**
- 2. disperzní prostředí (kapalina a plyn)**

Fyzikální vlastnosti

Pro půdu platí rovnice:

$$m_{celk} = m_s + m_k + m_a$$

$$V_{celk} = V_s + V_k + V_a$$



Fyzikální vlastnosti

1. ZÁKLADNÍ

(Sh, Oh, P, zrnitost, struktura)

2. FUNKČNÍ

- ▶ Hydrofyzikální
(propustnost, vodivost, hydroskopicitá)
- ▶ Fyzikálně – mechanické (konzistence)
- ▶ Tepelné (tepel. vodivost, kapacita)

1. Základní fyzikální vlastnosti

$$\text{Specifická (měrná) hmotnost} = \frac{m \text{ celková}}{V \text{ celkový}}$$

Značíme řeckým písmenem: ρ_s

Jednotky: g/cm^3

(např. $2,55 \text{ g/cm}^3 = \text{křemen}$)



1. Základní fyzikální vlastnosti

Objemová hmotnost reduková (OHR)=
= hmotnost suché půdy
objem vzorku

Značíme řeckým písmenem: ρ_d

Jednotky: g/cm^3

Kde:

0,2 – 1,5 g/cm^3 = organozem

0,8 – 1,5 g/cm^3 = minerální půdy

1. Základní fyzikální vlastnosti



Odběr neporušeného vzorku



1. Základní fyzikální vlastnosti

Neporušený vzorek:

- ▶ určení ZFV půdy (P, SH, OH)
- ▶ hmotnostní a objemový poměr pevné, kapalné a plynné fáze půdy
- ▶ Neporušený vzorek → půda v přirozeném uložení

1. Základní fyzikální vlastnosti

Pórovitost:

$$P (\%) = V_{pórů} / V_{celkový}$$

$$P (\%) = (S_h - O_h) / S_h \times 100$$

1. Základní fyzikální vlastnosti

Pórovitost:

- ▶ zrnitost (textura)
- ▶ struktura
- ▶ ulehlost a zhutnění
- ▶ kypření

Pórovitost → podíl pórů k celkovému objemu
půdy

Pórovitost → 25-70 %

(AEL = 45%)

1. Základní fyzikální vlastnosti

Pórovitost ovlivňuje:

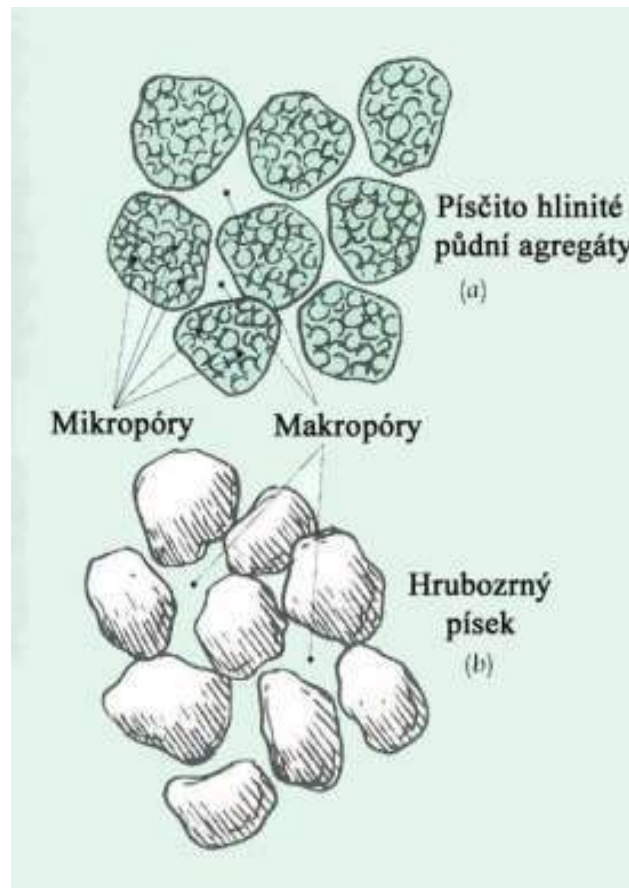
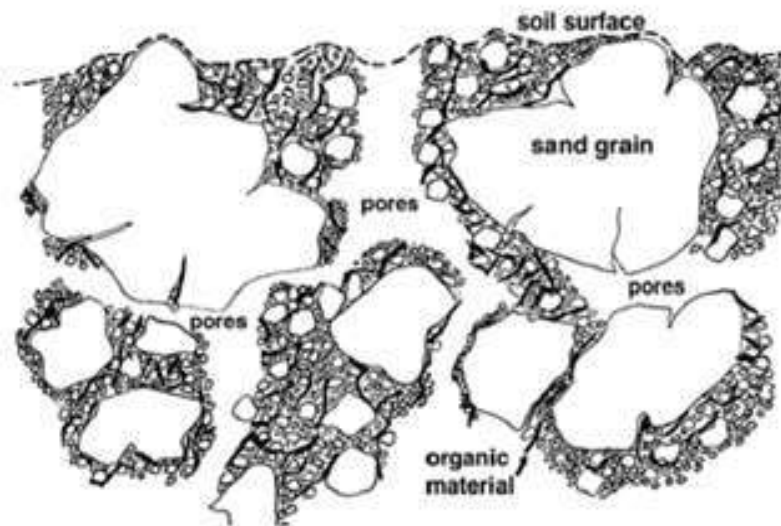
- ▶ vzájemný poměr fází v půdě
- ▶ pohyb vody a roztoků půdou
- ▶ provzdušení půdy, pohyb plynů
- ▶ průběh reakcí a procesů v půdě

1. Základní fyzikální vlastnosti

$$V_{\text{pórů}} = V_{\text{vody}} + V_{\text{vzduchu}}$$

$$P = P_{\text{va}} + P_{\text{ma}}$$

$$P_{\text{ma}} : P_{\text{va}} = 1/3 : 2/3$$



1. Základní fyzikální vlastnosti

PÓRY → volné prostory v půdě
nezaplněné pevnou fází

PÓRY → různý tvar a velikost,
různě propojeny

1. Základní fyzikální vlastnosti

- ▶ **PÓRY JEMNÉ (KAPILÁRNÍ)** → $< 1\mu\text{m}$, $pF = 4,2$, kapilární síly, zadržují vodu pro rostliny, pohyb vzduchu omezen, probíhají FCH pochody
- ▶ **PÓRY STŘEDNÍ (SEMIKAPILÁRNÍ)** → od $10 - 0.2\mu\text{m}$, $pF 4,2 - 2,54$, působí gravitace ve větších pórech, výměna plynů → půda → atmosféra
- ▶ **PÓRY HRUBÉ**
(nekapilární, preferenční, druhotné, široké)
 - ▶ Široké $> 50\mu\text{m}$, $pF = 0-1,77$
 - ▶ Úzké $10 - 50\mu\text{m}$ $pF = 2,54 - 1,77$
 - ▶ Gravitační síly, výměna plynů → půda → atmosféra

2.Funkční vlastnosti půdy

- ▶ **Vlhkost**
- ▶ **Propustnost**
- ▶ **Vodivost**
- ▶ **Hydroskopicita**

2. Funkční vlastnosti půd

VLHKOST

► **Objemová vlhkost:**
(obj. %)

$$\Theta = \frac{V_w}{V_s}$$

Kde: V_w = objem vody v půdě
 V_s = objem půdy

2. Funkční vlastnosti půd

VLHKOST

▶ **Hmotnostní vlhkost:**
(hm. %)

$$W = \frac{m_w}{m_z}$$

Kde : m_w = hmotnost vody

m_z = hmotnost vysušeného vzorku

2. Funkční vlastnosti půd

VLHKOST

Přepočet vlhkosti objemové a hmotnostní:

$$\Theta = W \cdot \rho_d$$

Kde: ρ_d = obj. hmotnost (%)
(tj. hmotnost půdy k celkovému objemu)

2. Funkční vlastnosti půd

VLHKOST

▶ Zásobní vlhkost (mm)

$$Wz = W \cdot \rho_d \cdot h$$

Kde:

Wz = vlhkost zásobní (mm)

W = vlhkost hmotnostní (hm. %)

ρ_d = objemová hmotnost (g/cm^3)

h = vrstva (dm)

1mm srážek = 1 litr/m²

(tj. zvýšení vlhkosti θ o 1% ve vrstvě 0,1m !!!)

2. Funkční vlastnosti půd

VLHKOST

▶ Relativní vlhkost (%):

$$W_r = \theta / P$$

Kde:

W_r = relativní vlhkost (%)

θ = objemová vlhkost (obj.%)

P = pórovitost (%)

Udává do jaké míry jsou póry vyplněny vodou !!!

1. Základní fyzikální vlastnosti

Pozor! Půda mění objem při změně vlhkosti !!!

Nasáklivost = $P_{Iná} VK > P$ (%) !!!

2. Funkční vlastnosti půd

Propustnost

- **Schopnost půdy propouštět vodu a plyny**
- **Podmíněná** → **P (%)**
- **Umožňuje** → pohyb vody v půdě nasycené vodou
- **Propustnost vzduchu** → klesá s hloubkou a nárůstem W
- **O pohybu vody a vzduchu** → rozhoduje vrstva s nejnižší propustností.

2. Funkční vlastnosti půd

Propustnost

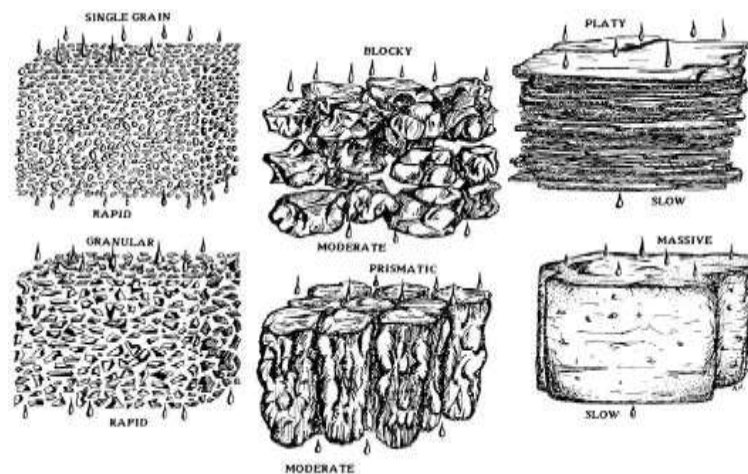
Přímo ji ovlivňuje:

- pórovitost
- struktura
- textura

2. Funkční vlastnosti půd

Propustnost

- Podmínkou zadržetí vody v kapilárních pórech je stabilní agregátová struktura
- Vzduch se nachází v nekapilárních pórech a mezi-agregátových



2. Funkční vlastnosti půd

Propustnost

- **Voda** → má vsakovat dostatečně rychle
- **Propustnost** → **koeficient filtrace** → rychlost proudění vody (m/s)
- **Propustnost** → vsakovací zkoušky

2. Funkční vlastnosti půd



www.google.cz/#q=utužení

2. Funkční vlastnosti půd

Hydroskopicita

- **Hygroskopicita (hygroskopičnost) → schopnost pohlcovat a udržovat vzdušnou vlhkost**

Půda je hydroskopická !!!

Půdní voda

Veškerá voda vyskytující se trvale nebo dočasně v půdním profilu!

- ▶ má vztah k PP a k vegetaci
- ▶ hybná síla všech pochodů
- ▶ podmínka vzniku půdy a života v ní

Retenční schopnost půdy

1 ha → 10.000 m²

▶ hloubka ~0,7 m → 7.000 m³

▶ pórovitost ~50 % → 3.500m³

▶ kapilární pórovitost ~50 % → ~1.700 m³

Kategorie půdní vody

- ▶ **Adsorbční** → obalová a hygroskopická, obalující EPČ, nedostupná rostlinám
- ▶ **Kapilární** → udržuje se v kapilárních pórech
- ▶ **Gravitační** → dočasná, nadbytečná, odtéká po odeznění vodního zdroje (srážky, tání sněhu, záplava)

Kategorie půdní vody

Adsorpční voda → hydroskopická a obalová

Adsorpční voda → je rostlinám nedostupná

Důsledek → adsorpčních a elektrostatických síl

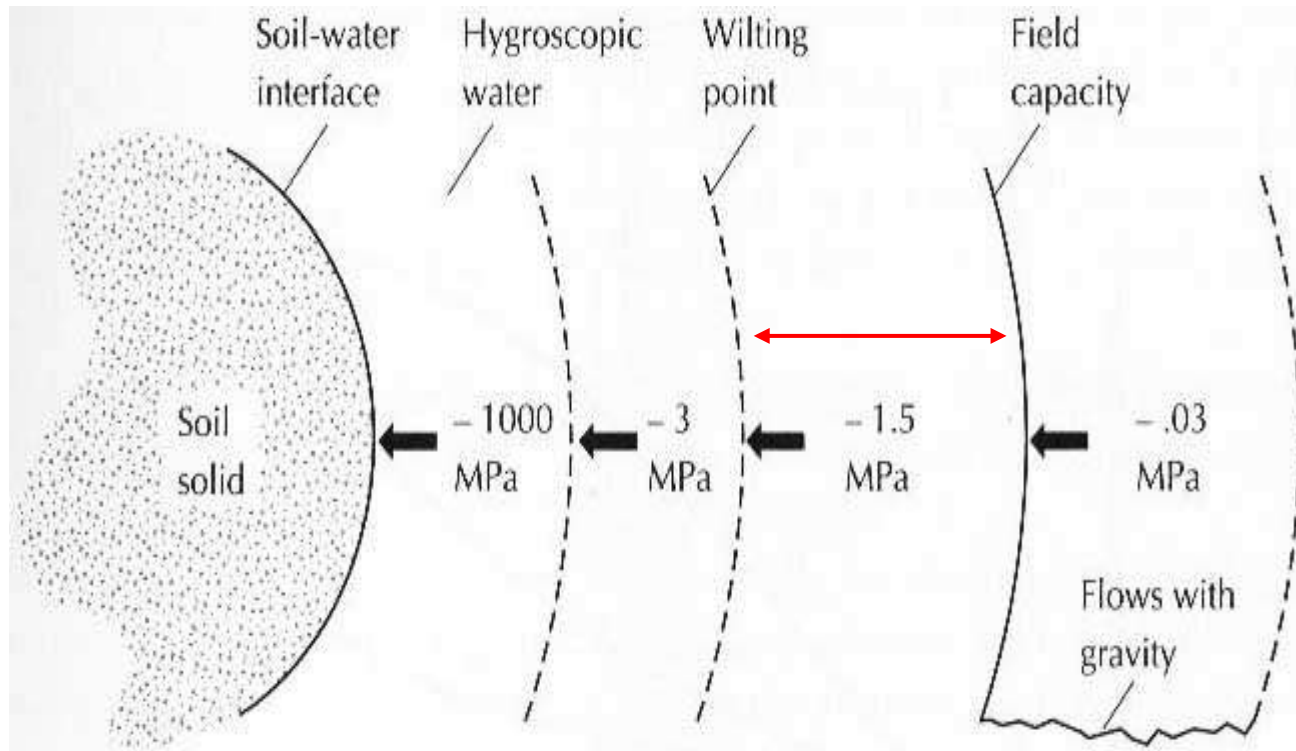
Vytváří → monomolekulární vrstvu

Pohybuje se → difuzí !!!

Vlastnosti → vyšší hustota, nižší bod mrazu, neobsahuje rozpuštěné soli, kondenzuje na povrchu půdy (rosa, námraza)

Kategorie půdní vody

Adsorpční voda → obalová a hydroskopická



Kategorie půdní vody

Kapilární voda

- ▶ kapilární síly (adheze a koheze)
 - ▶ výška vzlínání kapilár v půdě cca 2–3 m
 - ▶ Rozlišujeme lehce a těžce pohyblivou kapilární vodu
 - ▶ S růstem výšky sloupce klesá rychlost vzlínání
- V zemědělství při hospodaření lze regulovat ve prospěch rostlin:
1. Setí – tvrdá postýlka, měkká peřinka
 2. Po sklizni – podmítání

Kategorie půdní vody

Gravitační voda

- ▶ působení zemské tíže
- ▶ dočasně v hrubých pórech
- ▶ není pevně vázána pevnou fází = tzv. volná voda
- ▶ význam pro transport látek v půdním profilu

Bilance vody v půdě

Vstupy (zdroje)

- ▶ srážky, kondenzace
- ▶ podzemní voda
- ▶ povrchový a podpovrchový přítok
- ▶ závlahy
- ▶ voda z odumřelých kořenů a MO

Bilance vody v půdě

Výstupy

- ▶ povrchový a podzemní odtok
- ▶ evaporace
- ▶ transpirace

Bilance vody v půdě

$$Z_z + S + P_{PV} + P_{PZ} + K = E + T + O_{PV} + O_{PZ} + Z_k$$

↓
Příjem

↓
Výdej

kde:

Z_z = počáteční zásoba vody

S = úhrn srážek

P_{PV} = povrchový přítok

P_{PZ} = podzemní přítok

K = kondenzace

E = evaporace

T = transpirace

O_{PV} a O_{PZ} = povrchový a podzemní odtok

Z_k = konečná zásoba vody

Bilance vody v půdě

Koeficient zavlažení (KZ)

$$KZ = S / V$$

(S = srážky, V = výpar)

Typy VR dle Rode:

- ▶ Promyvný (KZ > 1)
- ▶ Periodicky promyvný (KZ = 1)
- ▶ Nepromyvný (KZ < 1)
- ▶ Výparný (KZ << 1)
- ▶ Bažinný
- ▶ Závlahový (KZ < 1)

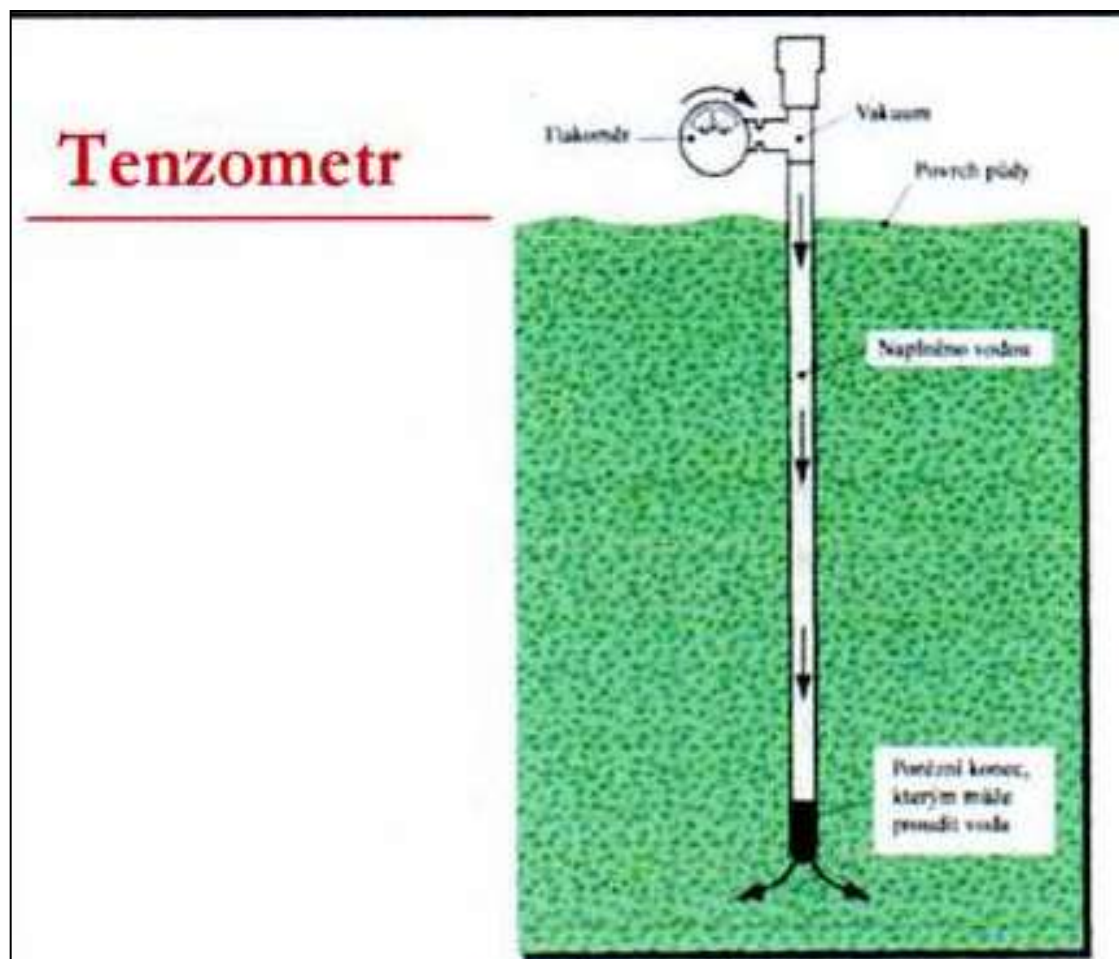
Sací tlak půdy

- ▶ Sací tlak → síla, určující distribuci půdní vlhkosti a transport roztoků půdou
- ▶ Sací tlak → síla, kterou musí rostliny překonávat, aby získaly z půdy vodu

Tenzometr → sací tlak půdy

Existuje mnoho typů tenzometrů, mikrotenzometry, široce využívají elektronické tlakové transducery se čtecím zařízením a připojením k PC

Tenzometr



ENERGIE PŮDNÍ VODY

Sací tlak → matriční (=vlhkostní) potenciál

Sací tlak → měří se jako podtlak (Pa)

Sací tlak → měří se jako tlaková výška (h) → m, cm vodního sloupce potřebné k odsátí vody z půdy a dosažení rovnovážného stavu

Schofield → logaritmování h (cm)

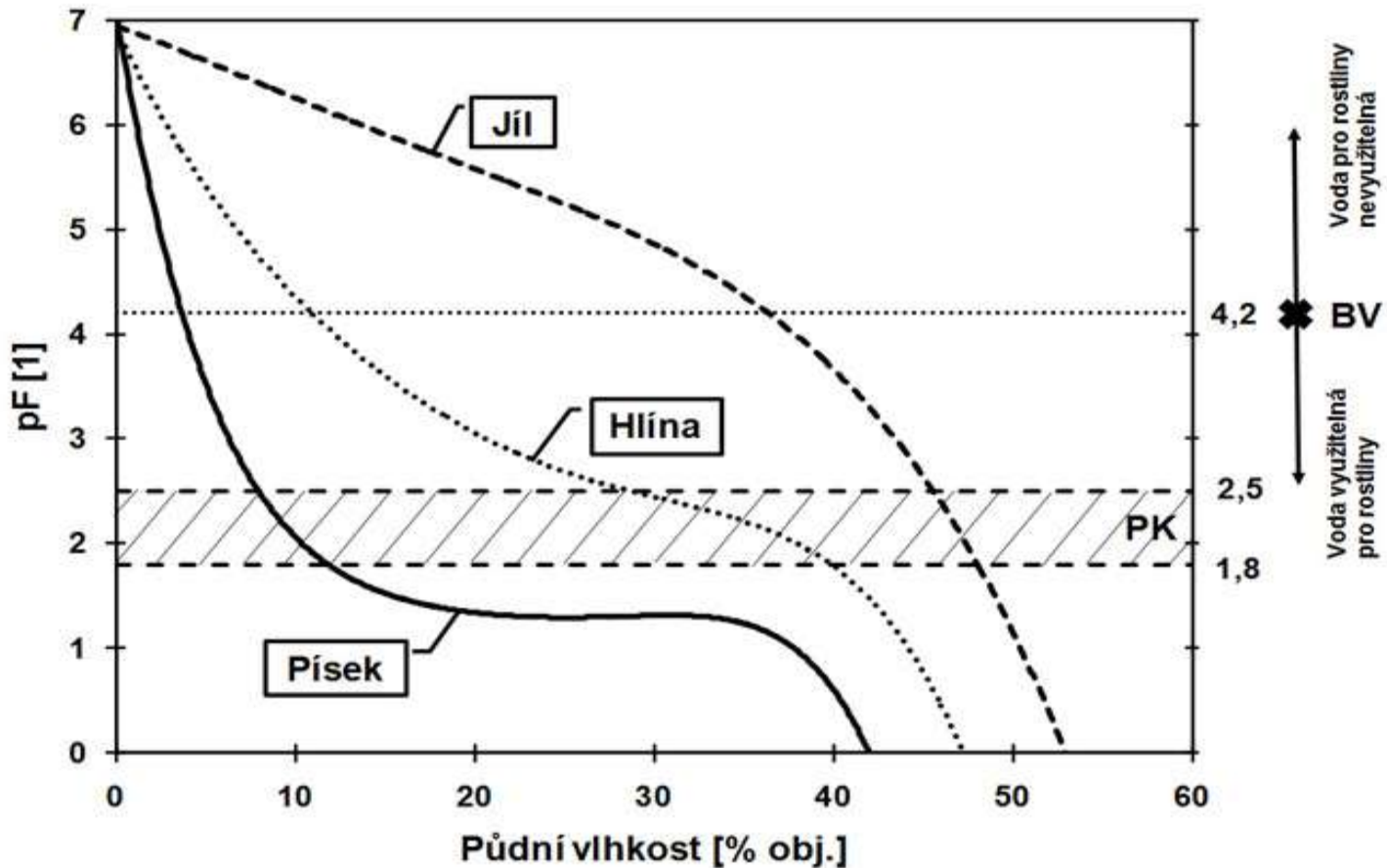
$$pF = \log h$$

ENERGIE PŮDNÍ VODY

- **Absolutně suchá půda (pF = 7)**
- **Číslo hydroskopicity (pF = 4,8)**
- **Bod vadnutí (pF = 4,18)**
- **Polní vodní kapacita (pF = 2,7)**
- **Plná vodní kapacita (pF = 0)**

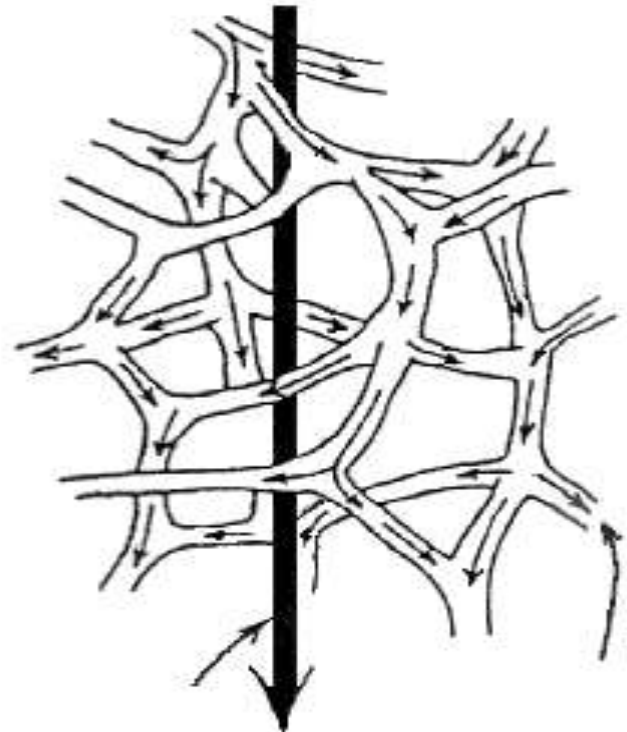
ENERGIE PŮDNÍ VODY

Půdní druh → tvar retenční čáry vlhkosti



POHYB PŮDNÍ VODY

1. Nasycené proudění (zákon Darcy)
2. Nenasycené proudění (zákon Darcy + rovnice kontinuity)
3. Difuze



Zdroj: af.czu.cz/~boruvka.pdf

POHYB PŮDNÍ VODY

Darcyho zákon → pohyb vody nasyceným prostředím je funkcí tlakové výšky, délky a textury prostředí

$$V = K_s \cdot \Delta H / L = K \cdot I$$

kde:

V = průtok = množství vody za jednotku času

K_s = nasycená hydraulická vodivost

ΔH = $h_1 - h_2$ (rozdíl tlakových výšek)

L = délka vzorku

I = hydraulický spád

POHYB PŮDNÍ VODY

Nasyčená hydraulická vodivost (K_s)

(Filtrací součinitel, Koeficient filtrace)

- ▶ Vlastnosti půdy
- ▶ Matriční potenciál

ENERGIE PŮDNÍ VODY

**Potenciál půdní vody → hnací síla
pohybu vody v půdě!!!**

Značí se :

φ

Jednotky:

$J.kg^{-1}, Pa, Nm^{-2}$

ENERGIE PŮDNÍ VODY

Na vodu v půdě působí různé síly, proto se celkový potenciál se skládá z dílčích potenciálů

$$\varphi_{\text{celkový}} = \varphi_g + \varphi_a + \varphi_e + \varphi_o + \varphi_m$$

Uplatnění jednotlivých složek závisí na půdní vlhkosti, projevy jednotlivých složek v určitém intervalu vlhkost se minimalizují a dominuje jedna složka, která se projeví pohybem vody, nebo zadržením vody v půdě

ENERGIE PŮDNÍ VODY

φ_g (gravitační) → zemská tíha

φ_m (matriční, vlhkostní) → rozdílné vlhkosti = matriční síly, projevuje se jako sací tlak (podtlak)

φ_e (zátěžový) → zatížení a deformace půdy

φ_o (osmotický) → koncentrace rozpustných solí

φ_a (pneumatický) → vnější tlak plynů

φ_p (tenzometrický= tlakový) → tlak měřený tenzometrem = $\varphi_m + \varphi_a + \varphi_p$

HYDROLIMITY

- ▶ HRANIČNÉ HODNOTY VLHKOSTI PRO KATEGORIE A FORMY VODY V PŮDĚ NA ZÁKLADĚ JEJÍ POHYBLIVOSTI A PŘÍSTUPNOSTI
- ▶ POPISUJÍ TYPICKÉ VLHKOSTNÍ STAVY PŮDY
- ▶ **HYDROFYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKY PŮDY**

HYDROLIMITY

- ▶ **ZÁKLADNÍ HYDROLIMITY**
(AVK,RVK,LB)
- ▶ **APLIKOVANÉ HYDROLIMITY**
(PVK,PoVK,BV,BSD,ČH,MMAVK)

Hydrolimity

BV:
 $pF = 4,18$
(= 1,5 MPa)



Půda má vlhkost BV - rostliny trvale uvadají (wiki.org.cz)

Literatura

- Jandák a kol., Pedologie. Brno, Skripta. 2009
- Kolář, V. a kol.: Hydraulika. Praha, SNTL 1966.
- Němeček, J., Smolíková, L. & Kutílek, M. 1990. Pedologie a paleontologie. Academia. Praha. ISBN 80-200-0153-0
- Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.H. (1928). "Soil moisture at permanent wilting of plants". Plant Physiol. 3 (3): 355–357.
DOI:10.1104/pp.3.3.355. PMC 440017. PMID 16652577. /
[/www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC440017/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC440017/).
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publ.Co., Inc. Redwood City, CA
<http://katedry.czu.cz/kvz/odber-neporuseneho-pudniho-vzorku/>
<http://www.zasakovani.cz/geolog.html>
http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/produkce/Puda.pdf
<http://www.tzb-info.cz/4846-odvodneni-zpevnenych-ploch-vsakovanim>
<http://af.czu.cz/~borůvka/přednášky.pdf>
<http://ucebnice.remediace.cz/default.asp?oid=03010400001&fid=151#>
http://af.czu.cz/~penizek/Fyto_I_cele.pdf