

Hydropedologie

Přednáška 2

Půdní horizonty

Faktory určující půdní genezi

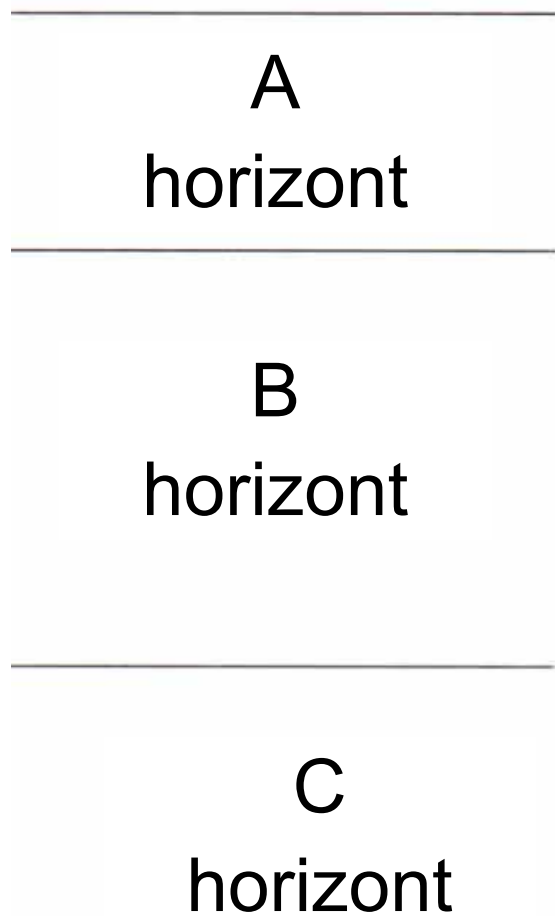
matečný substrát – podnebí – organismy –
topografie – čas

Půdní procesy

fyzikální procesy – chemické procesy –
biologické procesy



Označení základních horizontů



půdní profil je hlavním
znakem půdního typu



Označení základních horizontů

- **O** Horizont nadložního humusu (tvořený pouze **O**rganickou hmotou)
 - **A** Povrchový horizont, půda s vysokým obsahem organické hmoty
 - **E** Eluviální (vybělený) podpovrchový horizont, kde dochází k vyplavování (**E**luviation)
 - **B** podpovrchový horizont (většinou dochází k depozici)
 - **C** Nejméně zvětralý (a nejhlubší) půdní horizont
-
- **R** Skalní podklad (**R**ock)

Další indexy

B Podpovrchové horizonty

- **t** akumulace jílu (**t**erra cotta)
- **g** “**g**lejový proces” (zamokřené půdy)
- **Ca(k)** akumulace **k**arbonátů (suché půdy)
- **S** akumulace **s**esquoxidů (železo, hliník, červená/žlutá)
- **h** akumulace **h**umusu (organická hmota)
- **O** reziduální **o**xidy – červená barva (tropické p.)
- **v(w)** tvorba jílu **z**větráváním, hnědnutí

A nakonec.....

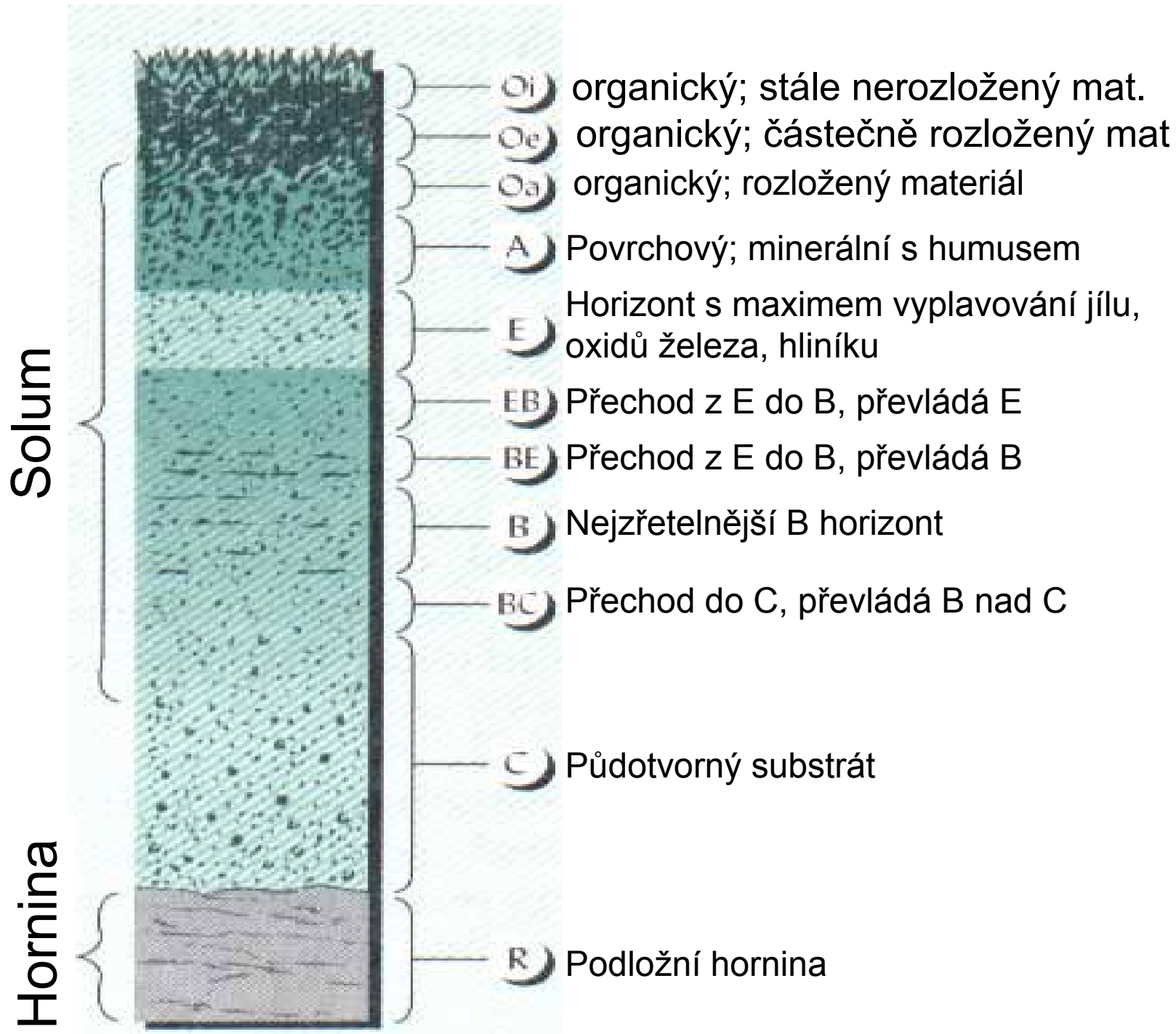
- **C** horizonty půdotvorného substrátu
 - r silně zvětralý “saprolite”
 - Ca karbonáty
- Pravidla užití indexů
 - Zřídka více než dva

Příklady:

Btg, Cr, Bv, Ap, . . .

(p-ploughed/orný)

Subhorizonty a přechodové Horizonty - Příklad

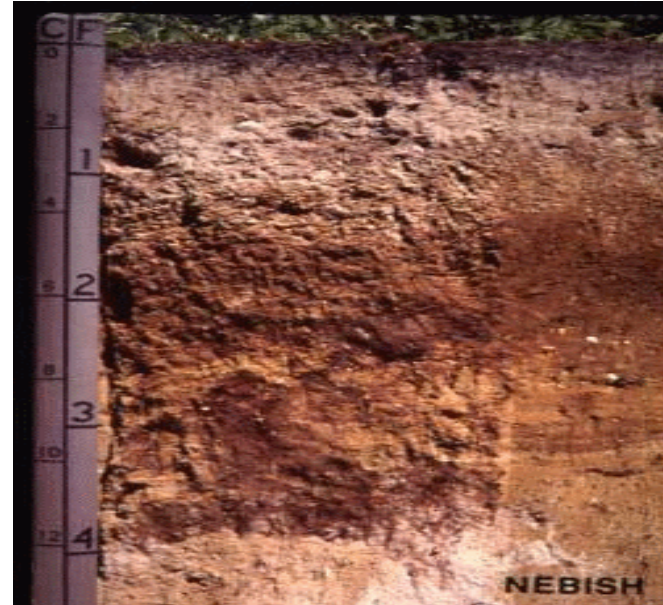


Geneze půdy

Pedogenezi – genezi půdy – vývoj půdy – (*EN Soil formation*)

určuje 5 faktorů:

- Mateční substrát
- Podnebí
- Působení organismů
- Topografie
- Čas



Pouze čas je nezávislým faktorem

Geneze půdy

Pedogenetické faktory lze dělit i na

- **síly a energie (aktivní)** : např. teplota, voda a vodíkové ionty – bezprostředně způsobují přeměny půdního materiálu ve fyzikálněchemických reakcích
- **faktory nepřímé (některé pasivní)**: substrát, podnebí, organismy, topografie, čas

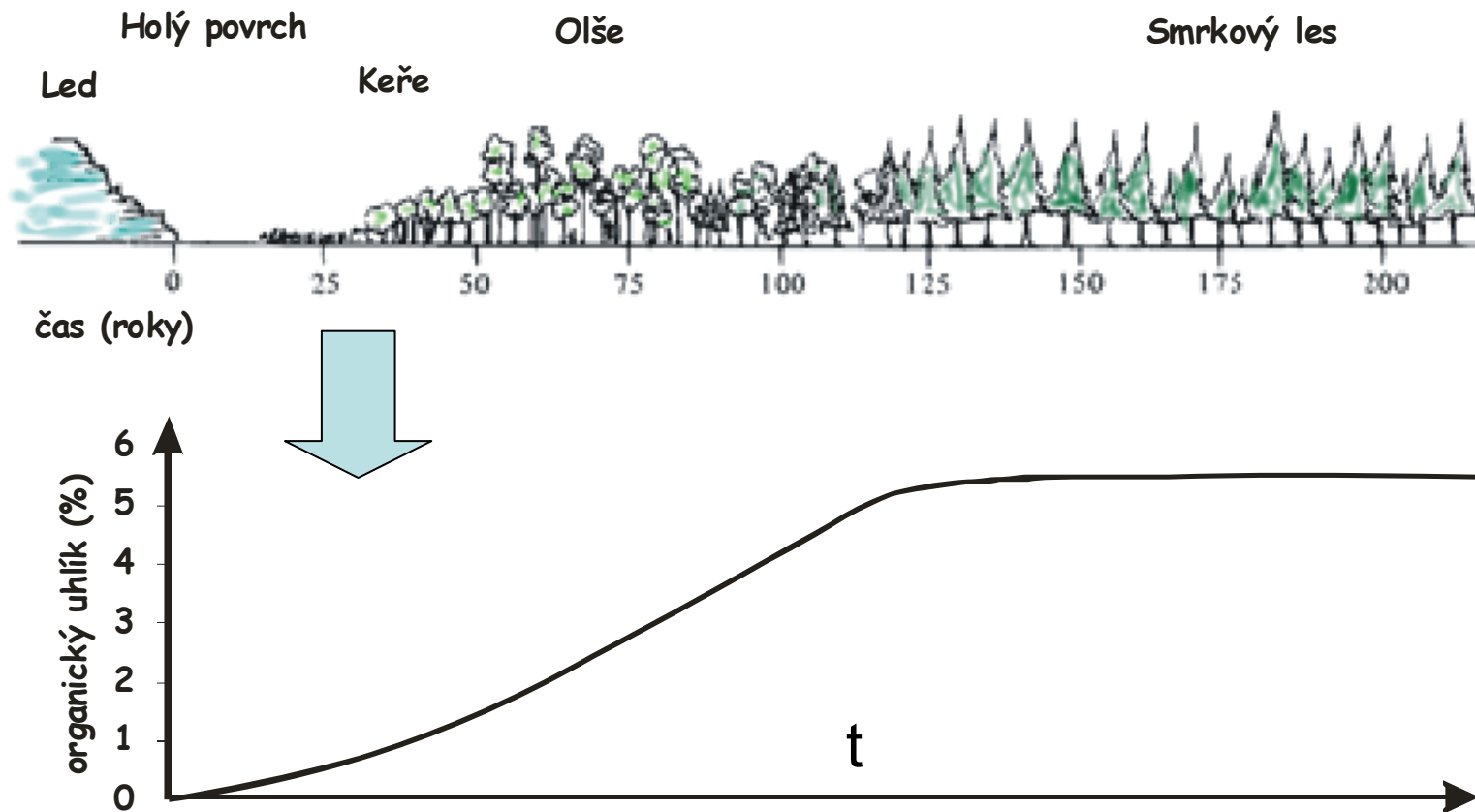
vzájemná podmíněnost

pedogen. faktory ↔ pedogen. pochody ↔ půdní znaky

Intenzita faktorů pedogeneze

Půda se v různých místech liší, protože se při jejím formování lišila **intenzita faktorů pedogeneze**.

Příklad: změna podnebí



Půdotvorné faktory

- **Mateční substrát**
- Podnebí
- Působení organismů
- Topografie
- Čas



Mateční substrát

„Počáteční podmínka půdního systému“ (Jenny 1941)

Lze však jen odhadovat tuto počáteční podmínku.

Mateční substrát je pasivní faktor:

Nejdůležitější faktor pro vývoj mladých půd

Nejméně důležitý faktor vývoje starých půd

Mateční substrát

- Minerální – horniny, zeminy (pevné horniny, zvětraliny, sypké sedimenty, starší půdy)
- Organický – odumřelé rostliny



Mateční substrát - Základní typy hornin

Typ horniny	Původ	Příklad	Vlastnosti
Vyvřeliny	Ochlazení magmatu	Žula	Světlá, hrubozrnná
		Čedič	Tmavá, jemnozrnná
Sedimenty	Depozice a kompakce	Jílové břidlice	Různé barvy, jemnozrnné
		Pískovec	Různé barvy, hrubozrnné
Metamorfované	Přeměna vyvřelých nebo usazených hornin	Břidlice	Různé barvy, jemnozrnné
		Mramor	Různé barvy, přeměněný vápenec

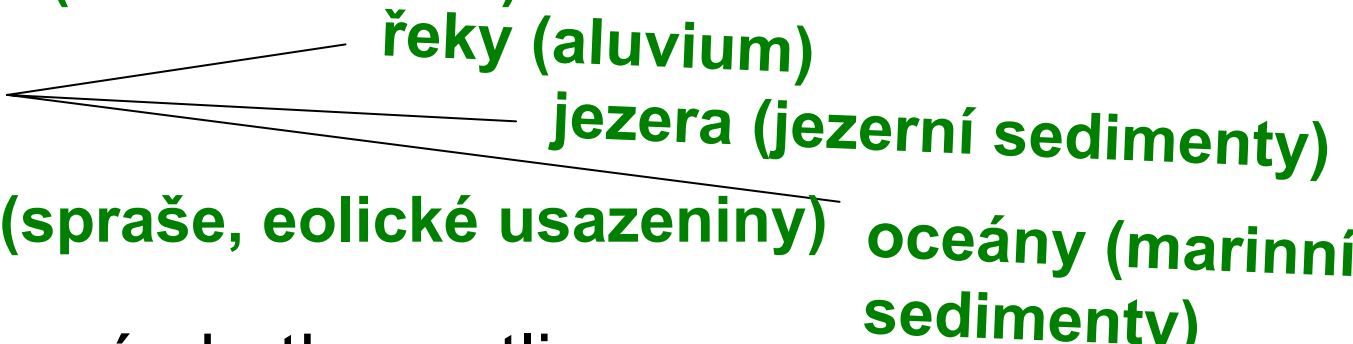
Vliv horniny na půdotvorné procesy

		Chudé na nutrienty		Bohaté na Fe a Mg	
		Křemen	Světlé minerály (živec, muskovit)	Tmavé minerály (biotit, amfibol , augit)	
Pomalé zvětrávání	Hrubě zrněné	granit (žula)	diorit	gabro	amfibolit
	Středně zrněné	rhyolit	andesit		
Rychlé zvětrávání	Jemně zrněné	obsidián		čedič	

(Brady & Weil)

Zrnitost ovlivňuje půdní druh, obsah koloidů, vodní režim půd;
 substrát se spolupodílí na typu vegetace
 chemické složení spoluurčuje rychlost pedogeneze – bazické kationty
 (Ca, Mg, K, Na) + urychlují : CaCO_3 - zpomaluje degradaci substrátu

Mateční substrát - sedimenty

1. Vznikl (zvětráváním) na místě (*reziduum/eluvium*)
2. Byl přesunut - přemístěné zvětraliny
 - Pohybem ledu (**ledovcové nánosy**)
 - Gravitací (**deluvium/sutě**)
 - Vodou 
 - řeky (**aluvium**)
 - jezera (**jezerní sedimenty**)
 - oceány (**marinní sedimenty**)
 - Větrem (**spraše, eolické usazeniny**)
3. Akumulované zbytky rostlin

Třídění zrn minerálního matečného substrátu

Typ MS	Transport	Úroveň třídění podle velikosti zrn
Ledovcové nánosy	Ledem	Nízká (všechny velikosti)
Naplaveniny	Řeky / potoky	Vysoká (velká zrna se usazují nejdříve)
Sutě	Gravitace	Nízká
Spraš	Ledem a větrem	Vysoká
Jezerní sedimenty	Vodou (jezera)	Vysoká
Reziduální	Žádný	Žádná

Dvě obecná (důležitá) pravidla

1. Z jemně zrněných hornin vznikají jemnozrnné půdy
2. Tmavé minerály většinou zvětrávají rychleji a vznikají z nich úrodnější půdy



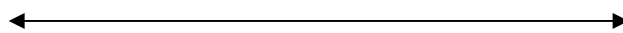
Pozn:

stejný substrát – různé půdotvorné pochody podle ostatních faktorů

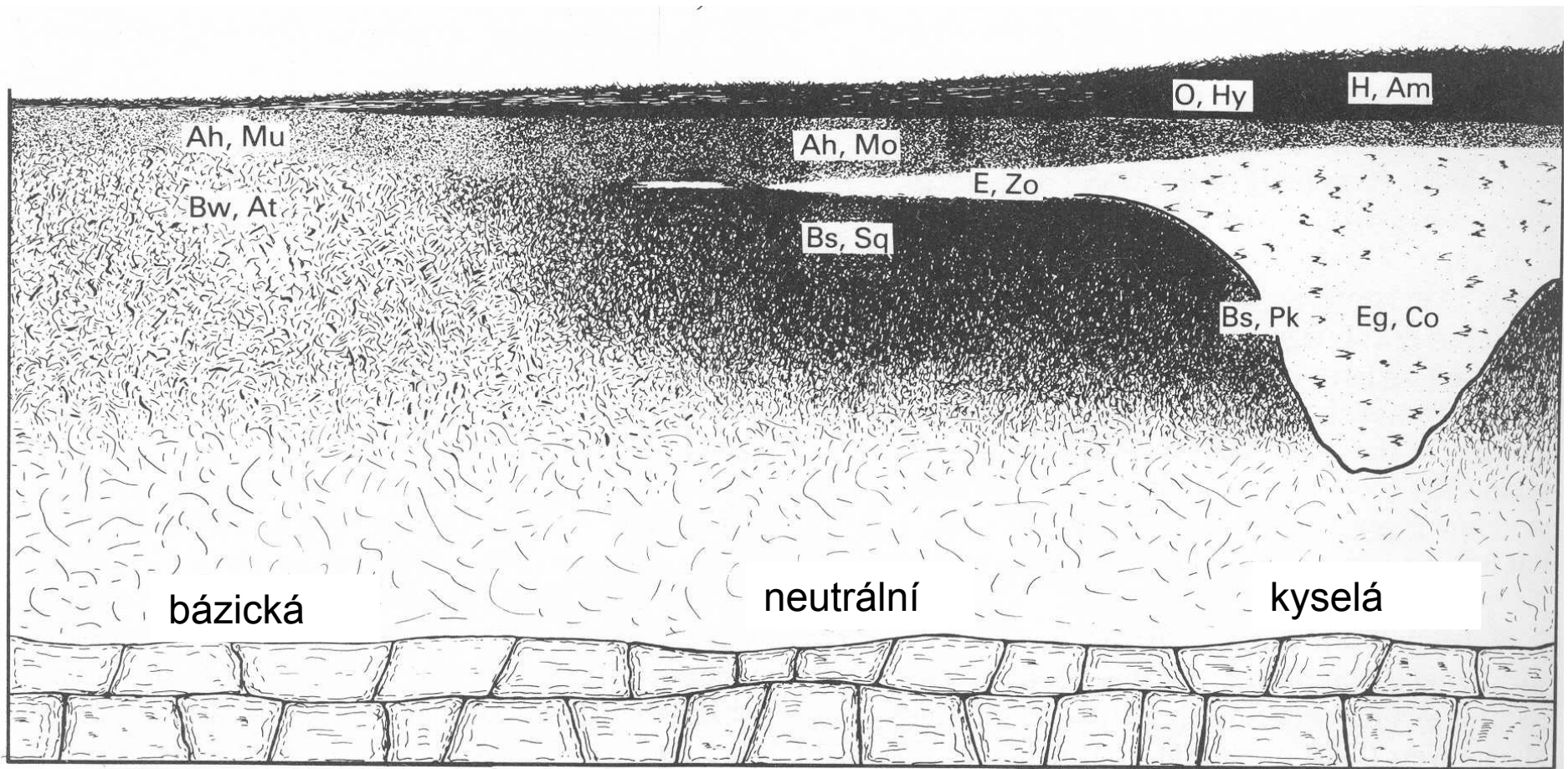
různé substráty – stejné vnější podmínky vytvoří dlouhodobě podobné půdy

Vliv typu matečního substrátu na půdu: pH

vyvinutý Ah horizont

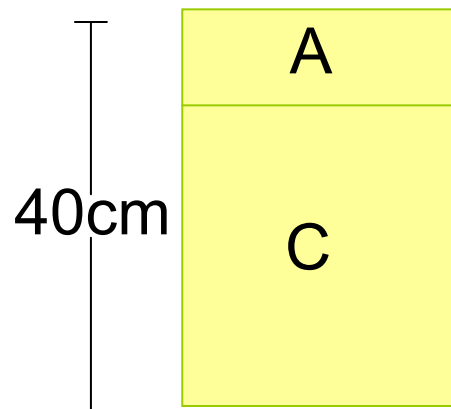


vývoj O a E, potlačení Ah



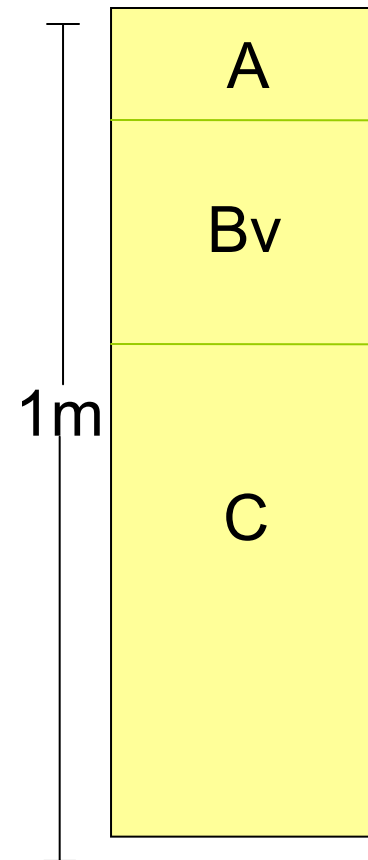
(FitzPatrick)

Vliv typu matečního substrátu na půdu: Způsob transportu



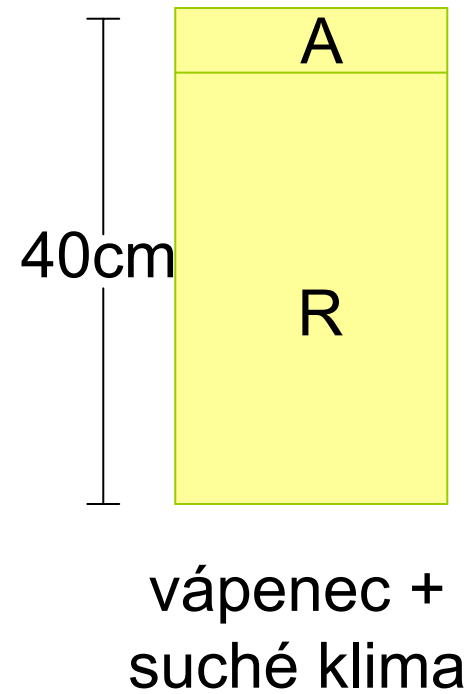
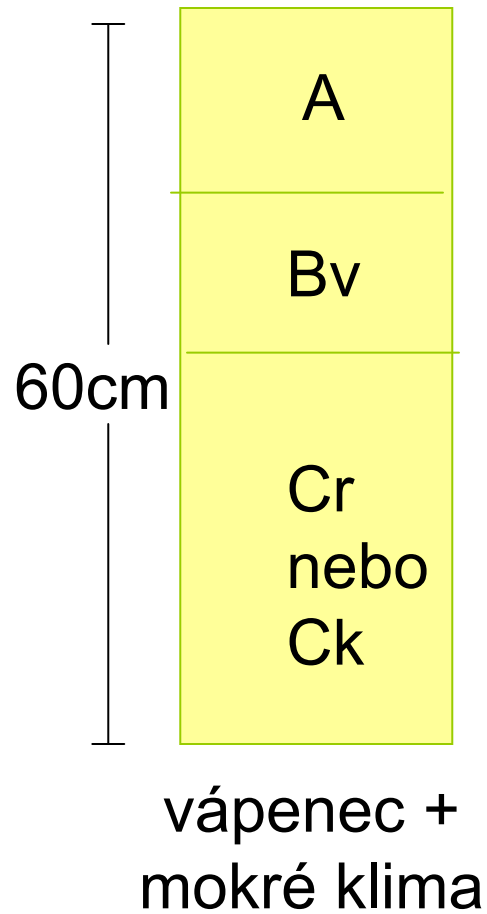
Eolický
(vátý)
písek

váté písky - křemenná zrna:
těžko zvětrávají
propustná - nezadržují vodu ->
jsou odplavovány živiny a koloidní
částice -> pomalá půdotvorba



Aluvium

Vliv vlhkosti klimatu + matečného substrátu



Půdotvorné faktory

- Mateční substrát
- **Klima**
- Působení organismů
- Topografie
- Čas



Vliv klimatu na tvorbu půd

Teplota

- rozhoduje o skupenství vody
- rychlost pochodů (např. hydrolýza), rozpad org. látek, tvorba humusu
- stupeň zvlhčení vlivem na intenzitu výparu
- intenzita zvětrávání substrátu
- intenzita biotických, chemických i fyzikálních pochodů

Vliv klimatu na tvorbu půd

Srážka a výpar

- rozhodující vliv na množství vody v půdě
- “část co infiltruje do půdní matrice”, závisí na:
 - roční distribuci srážky, topografii,
 - vegetačním krytu, propustnosti
- **srážka > výpar** : průsak vody profilem, odnos látek (humus, sole, karbonáty, jíly, oxidy, hydroxidy) z povrchu do hlubších horizontů
- **srážka < výpar** (při přítomné podz. vodě) vzlínání látek (solí, karbonátů) a koloidů k povrchu
- střídavé a trvalé zamokření – vznik specifických půd (organozem, glej)

Vliv klimatu na tvorbu půd

klimatické oblasti (srážka v. výpar)

- **humidní** – dostatek srážek: promývání profilu, ochuzování svrchních horizontů, spodní profily obohacování
- **aridní** – nedostatek srážek, významný výpar: pomalý rozpad org. hmoty, omezené přemísťování, vzlínání
- **přechodné oblasti** – kombinace vlivů
 - aklimatogenní půdy – zvýrazněn substrát, zvláště extrémního chemického složení – např. rendziny na vápencích (Ca)

klima + topografie

- topografie+ klima - na svahu voda odtéká, nezasakuje
- teplejší jižní svahu – výraznější pedogeneze
- makroklima x mikroklima (následně pedoklima v půdě)

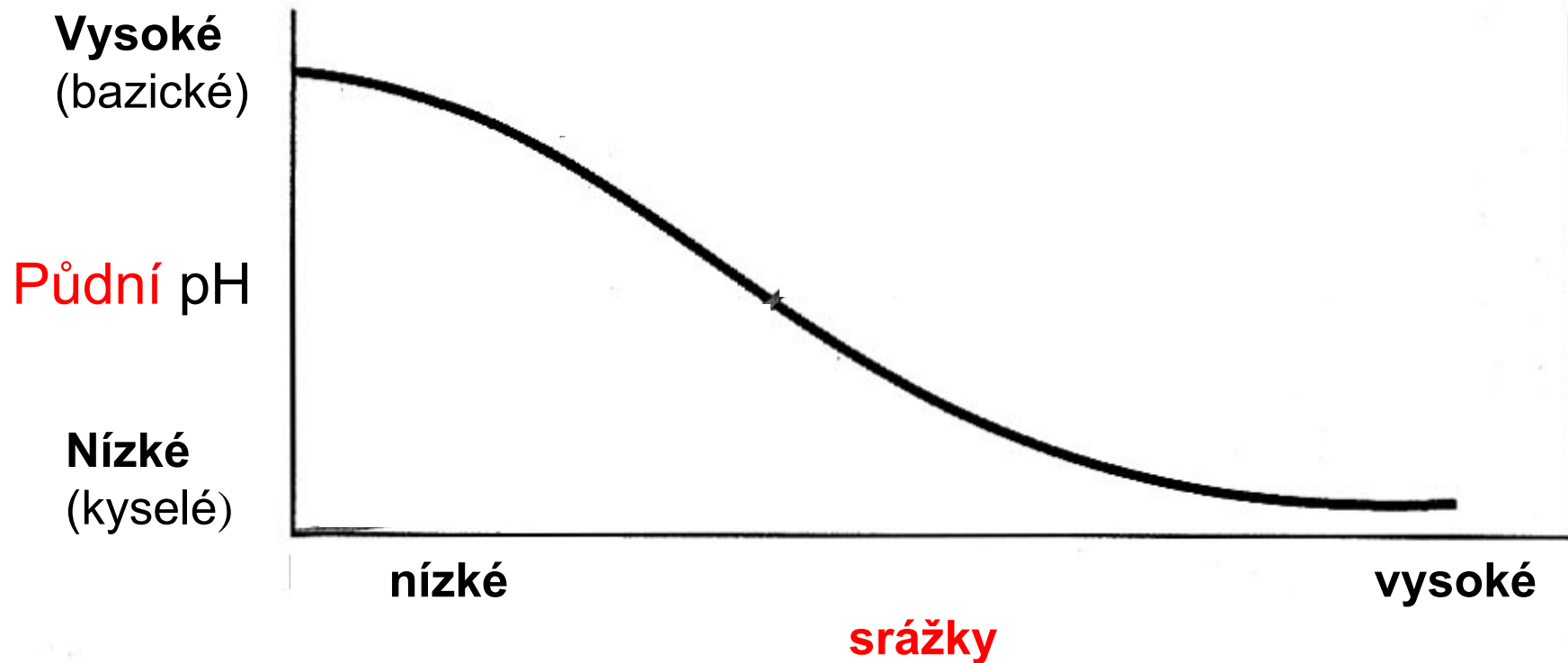
Vliv klimatu na tvorbu půd

klimatogenní půdy

- v ustáleném klimatu vznikají typické půdní typy
- půdy ve stejném klimatu jsou rámcově shodné
 - ustupují u nich litogenní znaky (vliv substrátu)
 - půdní profil je velmi diferencovaný
 - A horizont bohatý na humus,
 - většinou vyvinutý i B horizont
 - např. černozemě, hnědozemě,
 - podzoly, zasolené půdy)

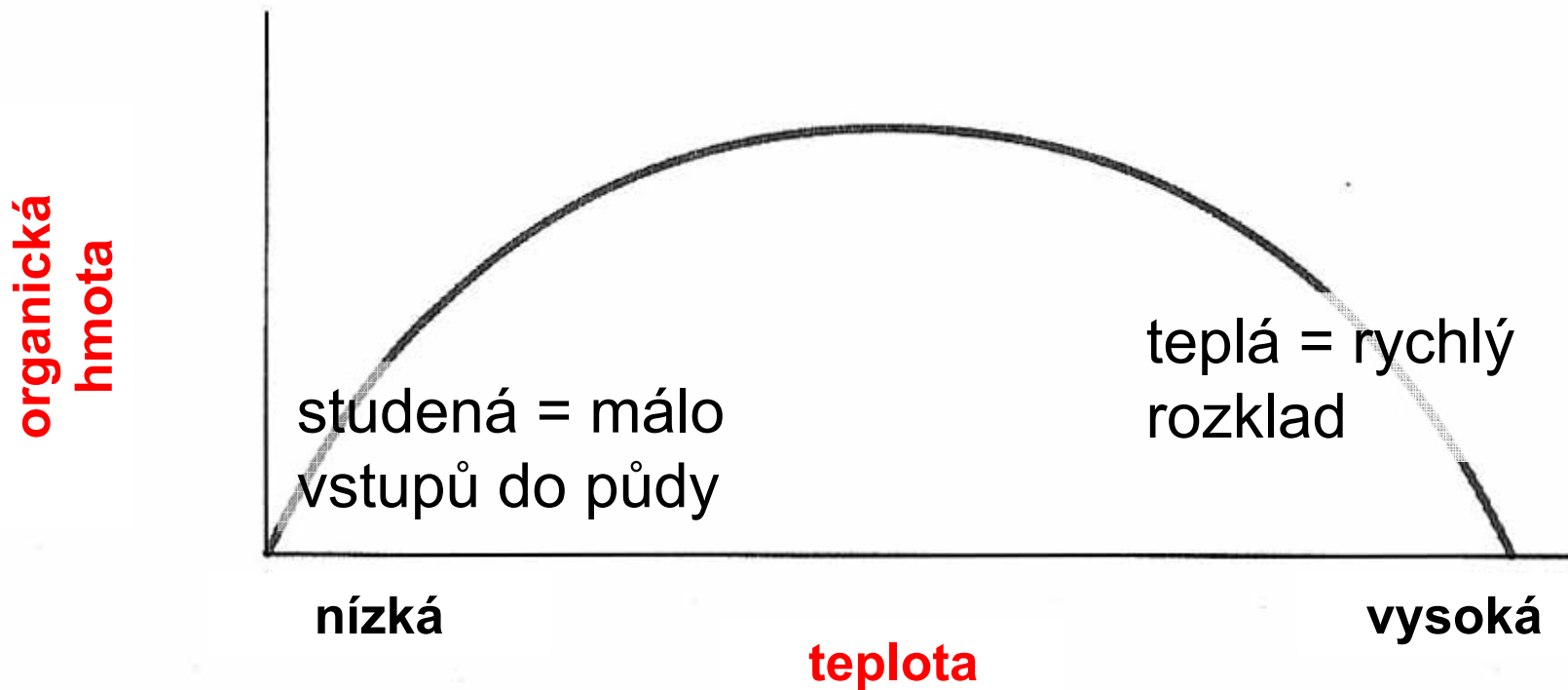
půdy mají zpětně i význam na studium klimatu čtvrtohor (paleopedologie), z mnohých pedogenetických znaků lze vyvodit stav klimatu

Vliv klimatu na půdní pH



1. Bazické kationty jsou dobře rozpustné
2. Voda ~ biomasa (kyselá)

Vliv klimatu na akumulaci organické hmoty

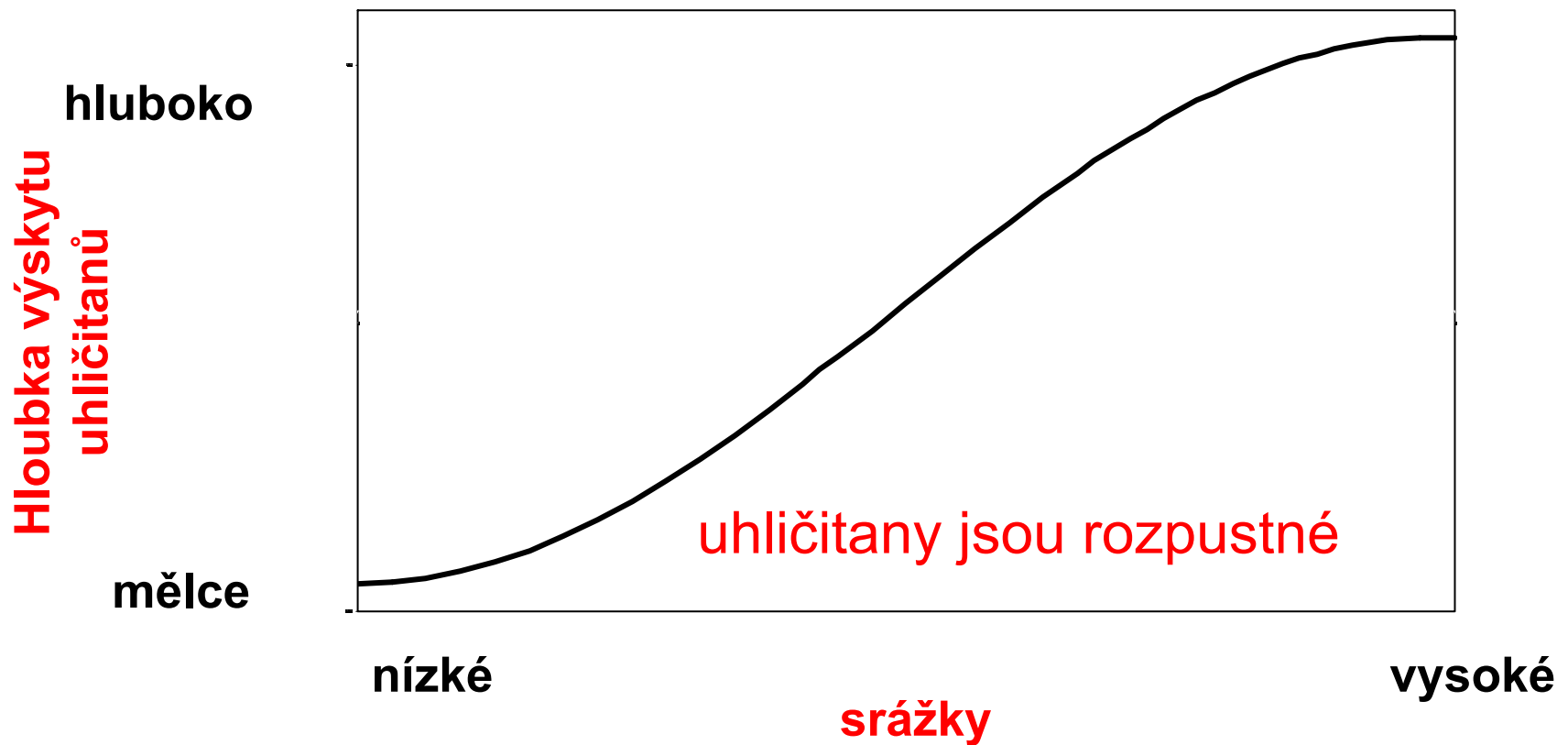


Vliv klimatu na tvorbu jílových minerálů

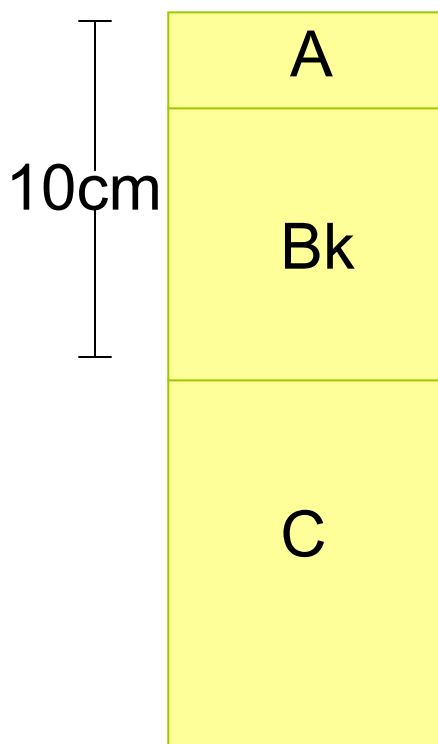


Jílové částice jsou produktem zvětrávání a zvětrávání vyžaduje vodu

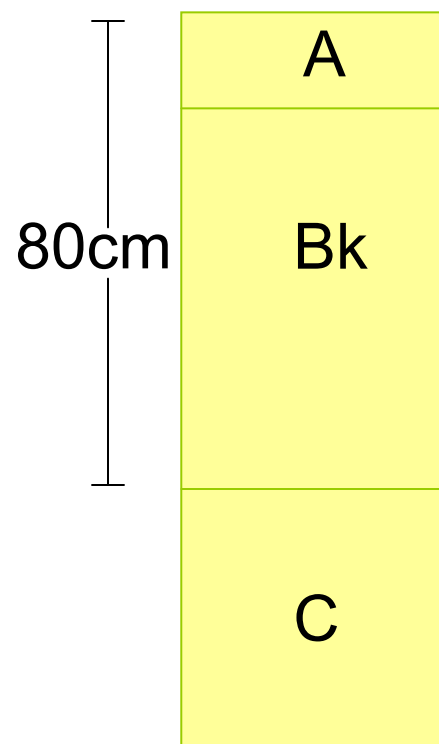
Vliv klimatu na akumulaci uhličitánů



Hloubka výskytu uhličitánů

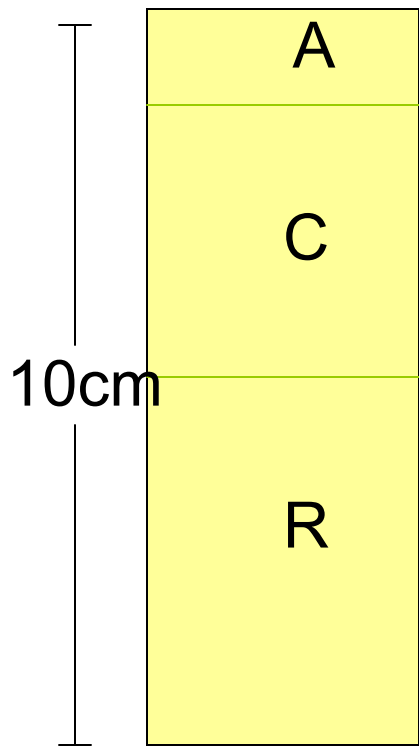


Nízké
srážky

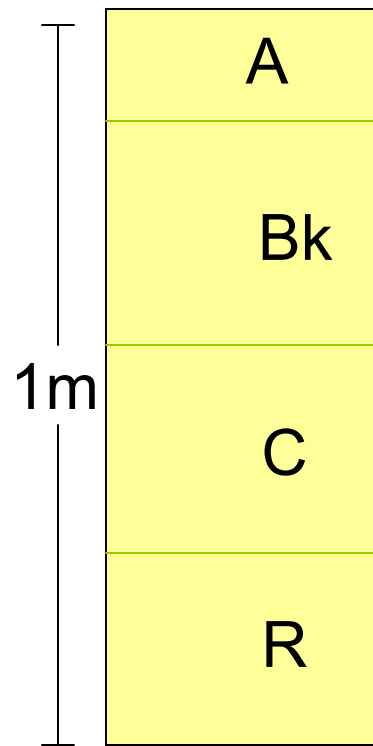


Vysoké
srážky

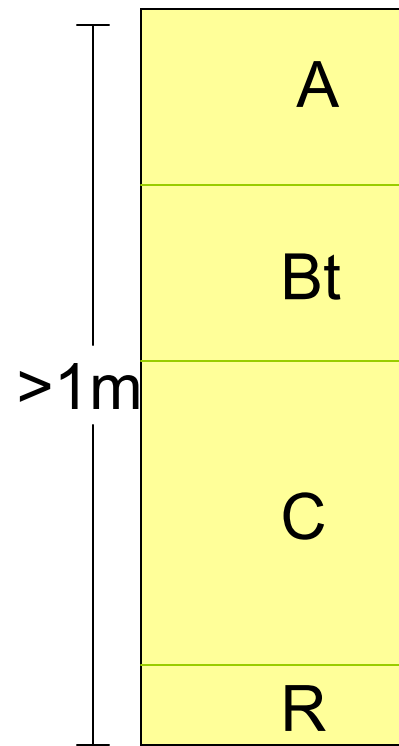
Vliv klimatu na vrstvení profilu



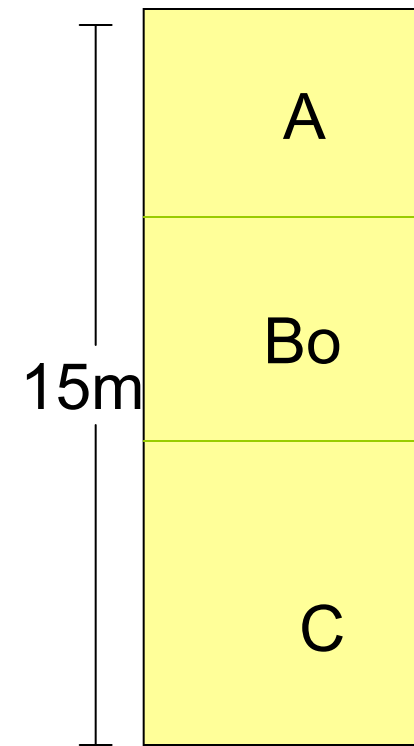
Poušť,
zmrzlá
půda



Aridní,
semi-
aridní

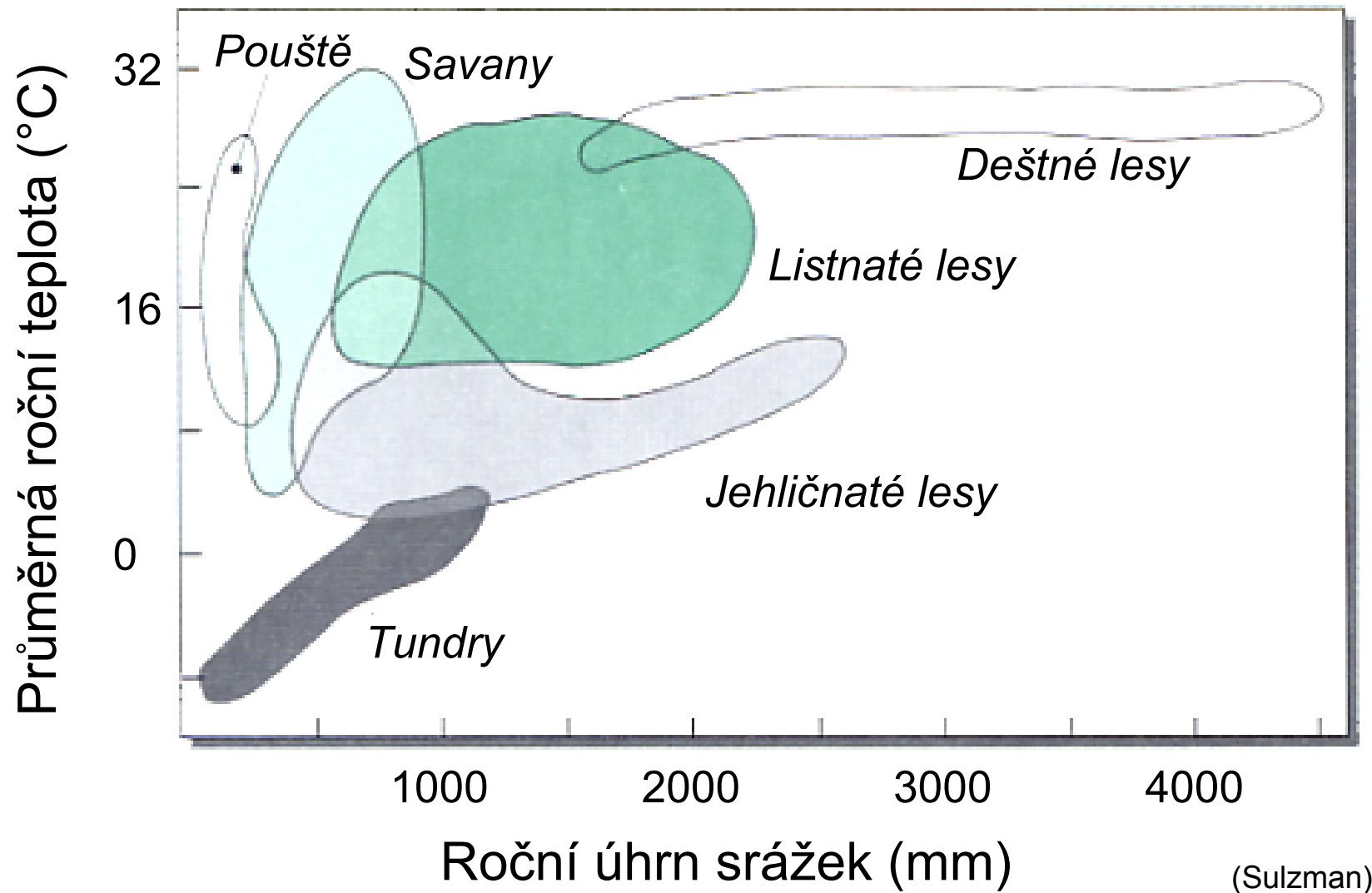


Teplé,
vlhké



Tropické,
deštné

Klima a vegetace jsou neoddělitelné faktory



Půdotvorné faktory

- Mateční substrát
- Podnebí, klima
- **Působení
organismů**
- Topografie
- Čas



Organismy < 100 μm

Edafon - mikroorganismy

baktérie (řetězce a kolonie v kořenové zóně, spotřeba org. hmoty nároky na vlhkost, činnost kolem $\text{pH}=7$)

aktinomycety (jednobuněčné organismy – podhoubí, na rozpadající se org. hmotě, činnost kolem $\text{pH}=7$)

houby (mikro i makroskopické), symbióza s vyššími rostlinami, spotřeba i obtížně rozložitelných org. sloučenin

sinice a řasy menší význam v půdě, náročnost na světlo, jen ve svrchní půdní vrstvě

lišejníky komplexy hub a sinic – pionýrské druhy připravující prostředí pro vyšší rostliny

prvoci – zdrojem potravy jsou baktérie, zbytky org. těl

Organismy

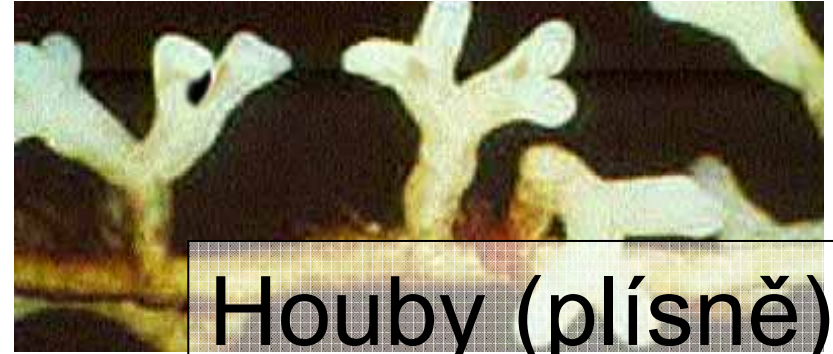
Edafon - mikroorganismy

Baktérie, plísně, aktinomycety, řasy, sinice a prvoci.
podle způsobu získávání energie a „potravy“:

- **Foto**autotrofní – pro život potřebují **světlo** a CO_2
(“nepotřebují nic než vzduch”)
- **Foto**heterotrofní – pro život potřebují **světlo** a
organickou potravu
- **Chemo**autotrofní – **energie z oxidace anorg. l.**, CO_2
jako potrava
- **Chemoheterotrofní** – **organické látky jako hlavní zdroj energie i potravy** – **např. většina bakterií**

hmotnostně druhé v pořadí.
kořeny + houba **mycorrhizae**

nejmenší
několik miliónů /kg
1000 – 6000 kg/ha



Houby (plísně)



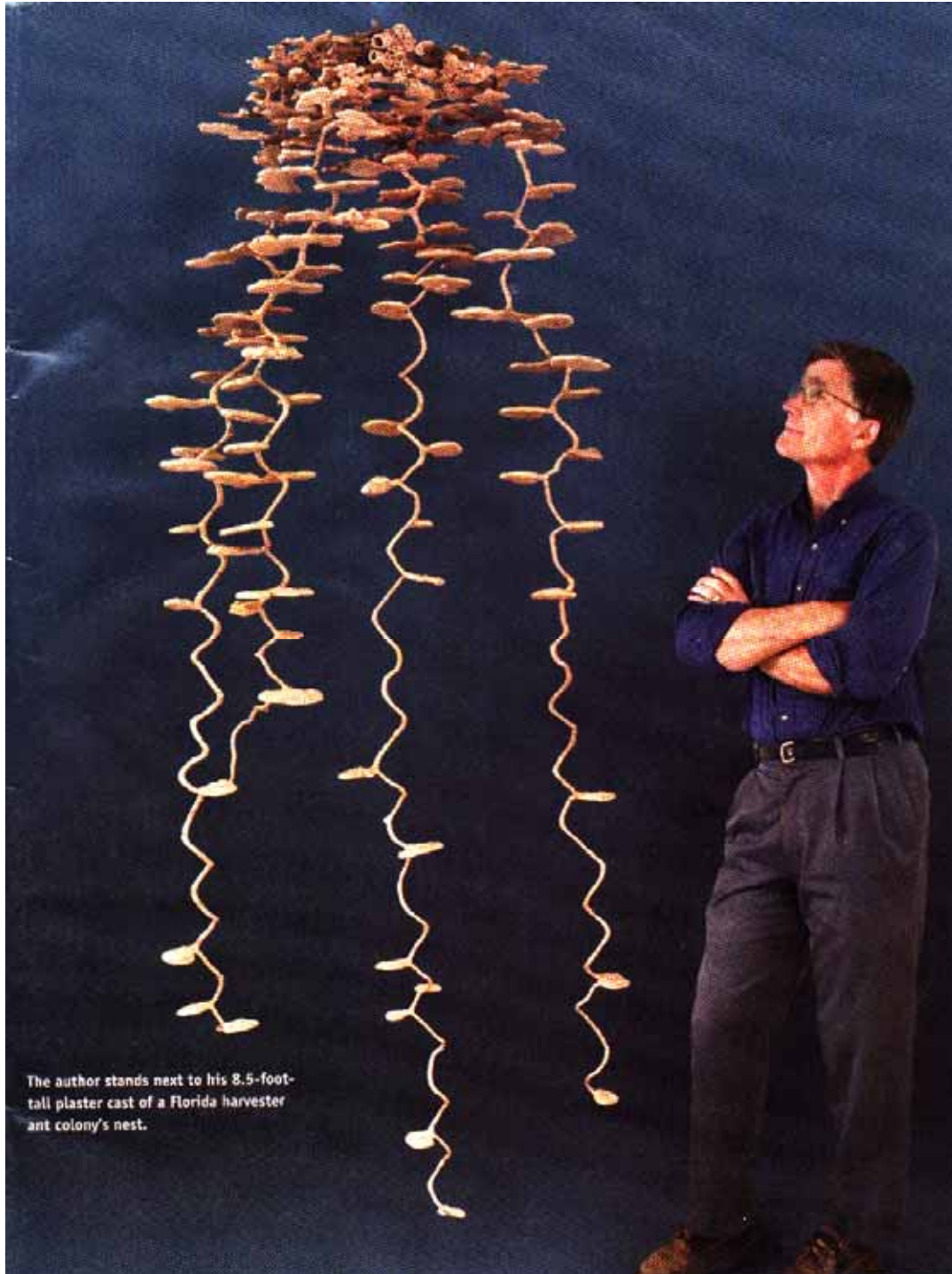
Baktérie

predátoři –
kontrolují
počty bakterií



Prvoci

(Sulzman)



Organismy
Edafon –
mezofauna
100 μm – 1 cm

makrofauna
> 1 cm

Mravenci

Organismy

Edafon – mezo + makrofauna

mezofauna: členovci, roztoči

- především na vlhčích stanovištích s dostatkem humusu,
- význam v počátečních vývojových stádiích půdy
- konzumenti rostlinných zbytků
- přeměna organického materiálu (roztoči, žížaly, mravenci, termiti)

makrofauna: červi, členovci, plži, obratlovci..

- přijímání minerálního a organického materiálu (žížaly)
- transport materiálu (mravenci, termiti, žížaly)
- zlepšování struktury a provzdušnění půdy (žížaly)
- transport a mísení materiálu, spásání vegetace (králíci), zaplavování půd (bobři)

Organismy Edafon - mezofauna

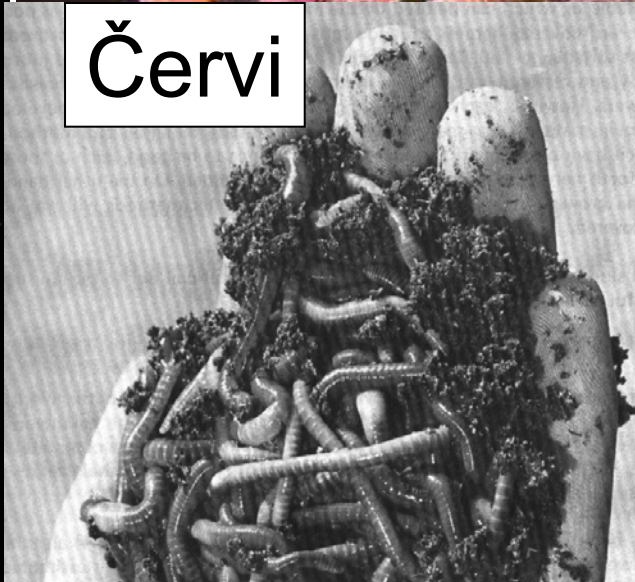
Chvostoskoci



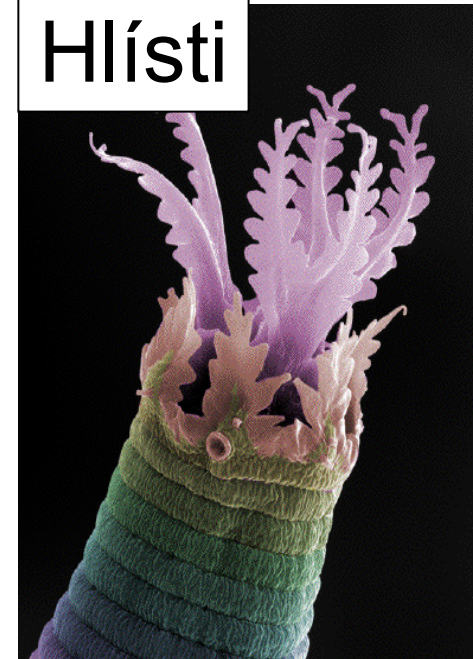
Roztoči



Červi



Hlísti



Další bezobratlí

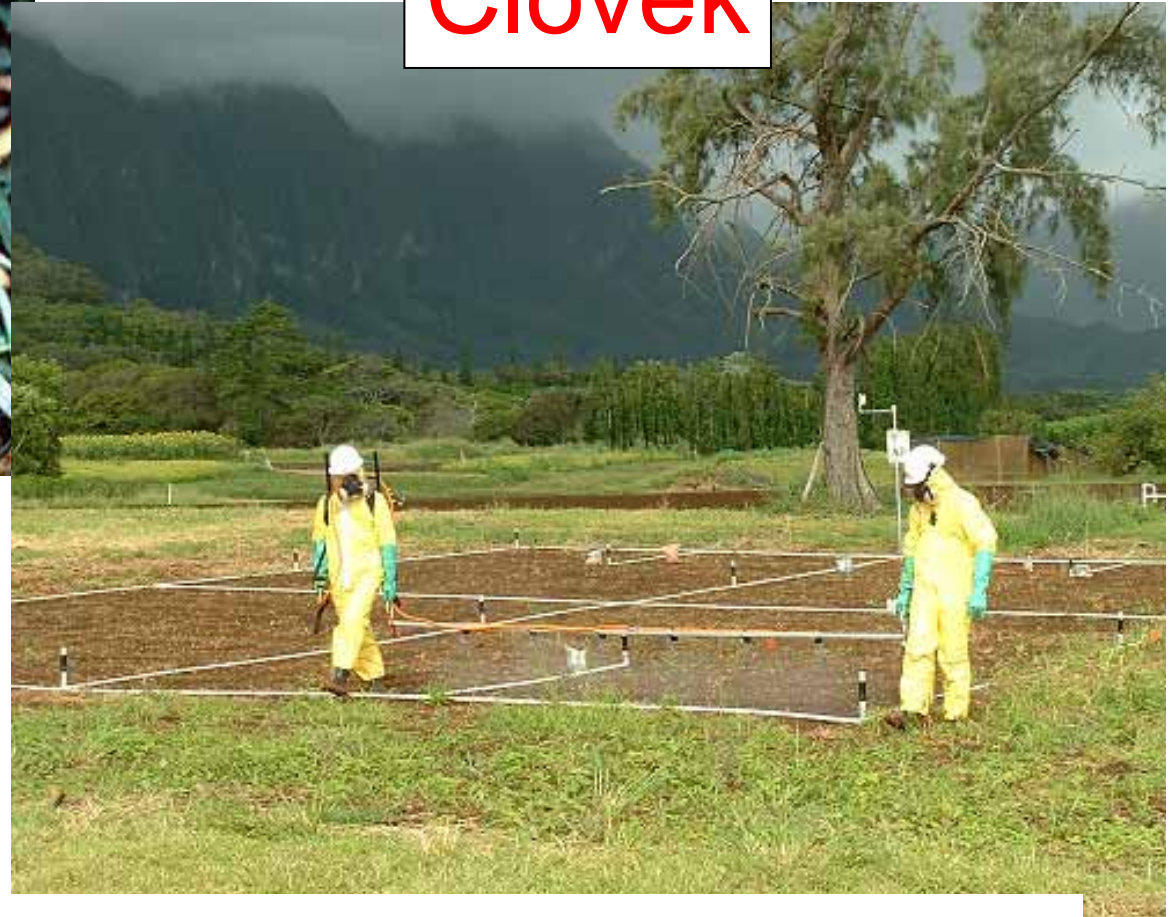


Organismy



Obratlovci

Člověk



Člověk: Orba, zhutňování, změny krajiny, odvodnění, aplikace chemikálií, znečišťování

Vegetace

- vegetace odpovídá klimatickým zónám,
- vyrovnává teplotní výkyvy,
- zabraňuje erozi a vymývání půd
- poskytuje substrátu organické složky
- sama výsledkem půdotvorných pochodů

- **lesy**– snížení stupně vlhkosti
 - zachycování vody na listech,
 - snížený výpar z půdního povrch
 - vyšší výpar s hlubších vrstev
 - snižování vyluhování a zamokřování půd

Vegetace

vřesoviště – vytváření mocné vrstvy humusu, podzolizace výluhy fulvokyselin

stepi – traviny, dobrý humus, optimální dynamika pedogeneze, nasycení Ca a Mg chrání před degradací půd

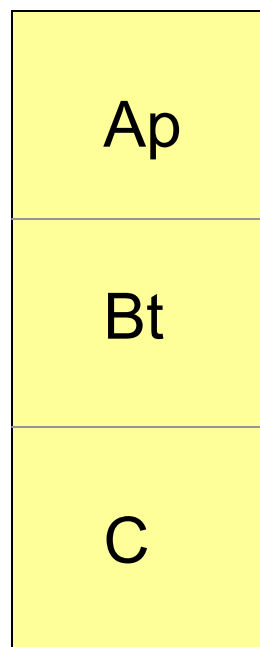
kulturní plodiny – viz vliv člověka (např. nutná rotace plodin k rovnoměrnému využití látek v půdě), vlivy hnojení pesticidů, zhutňování půdy, tvorba umělých substrátů – kultizem, antropozem

Vliv vegetace na půdu

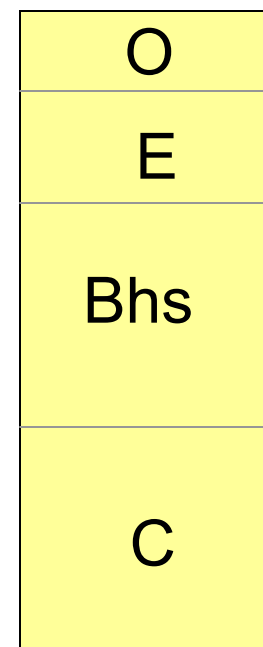
Louka



Pole

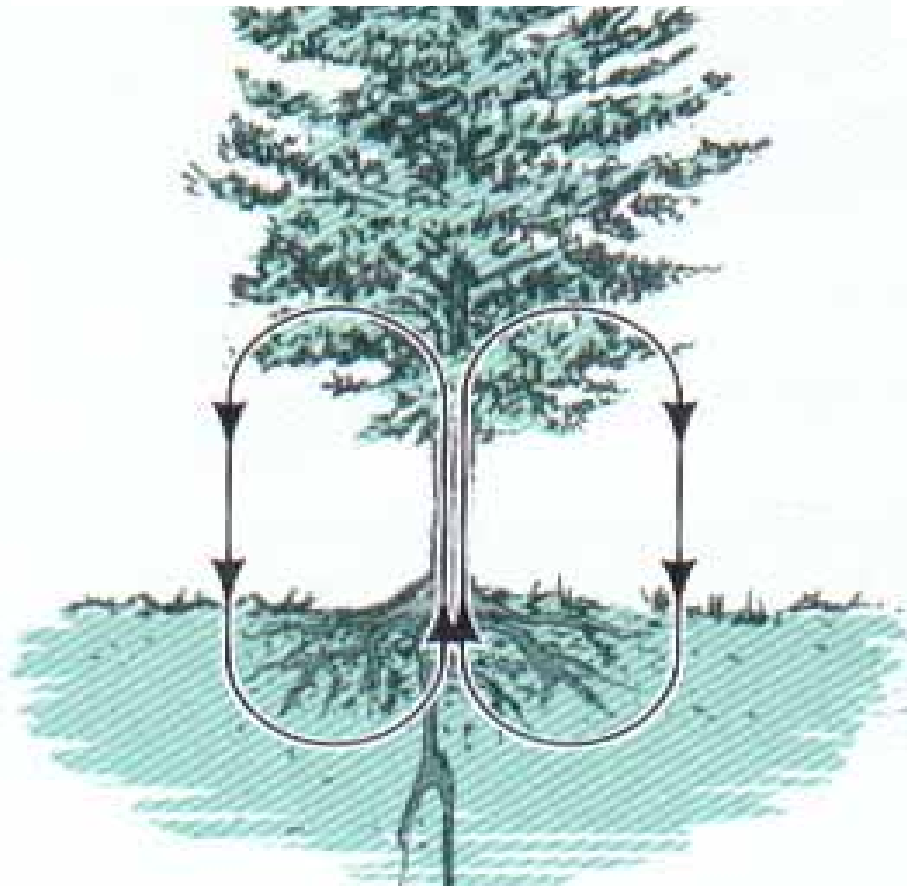


Les

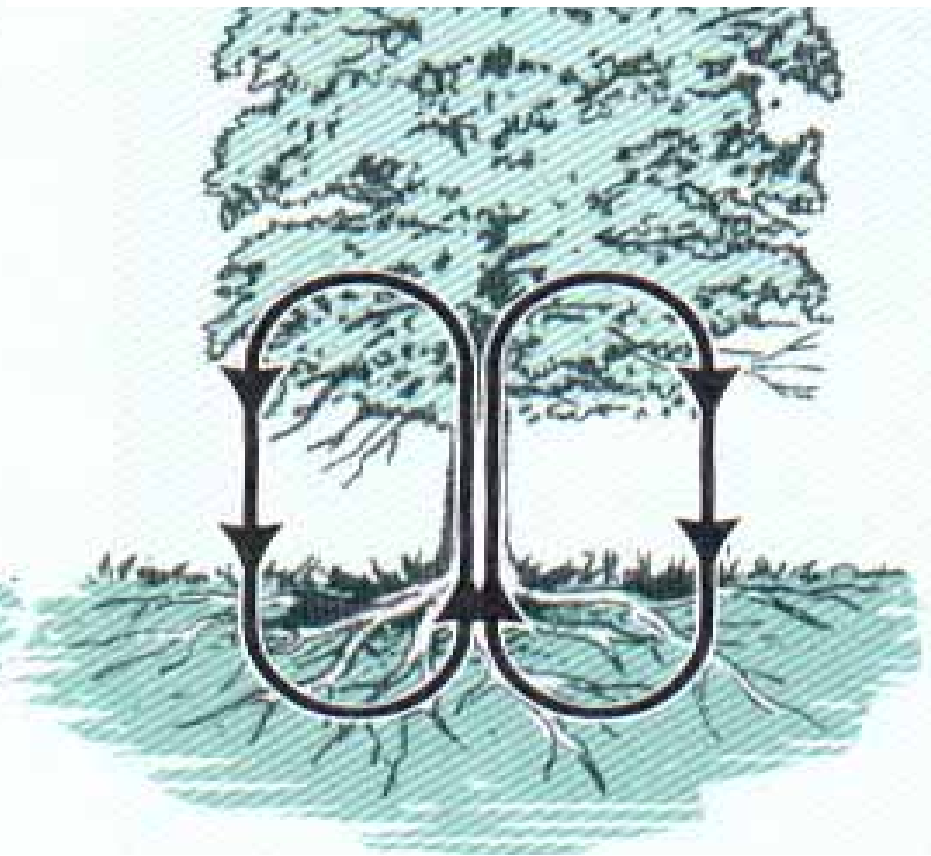


- Méně recyklace Ca, Mg, K
- Okyselování
- Pomalejší rozpad OM
- Silnější O horizont.

- Větší recyklace kationtů
- Bázické prostředí
- Rychlejší rozpad OM
- Tenčí O horizont



Smrkový les



Borovicový les
(Sulzman)

Půdotvorné faktory

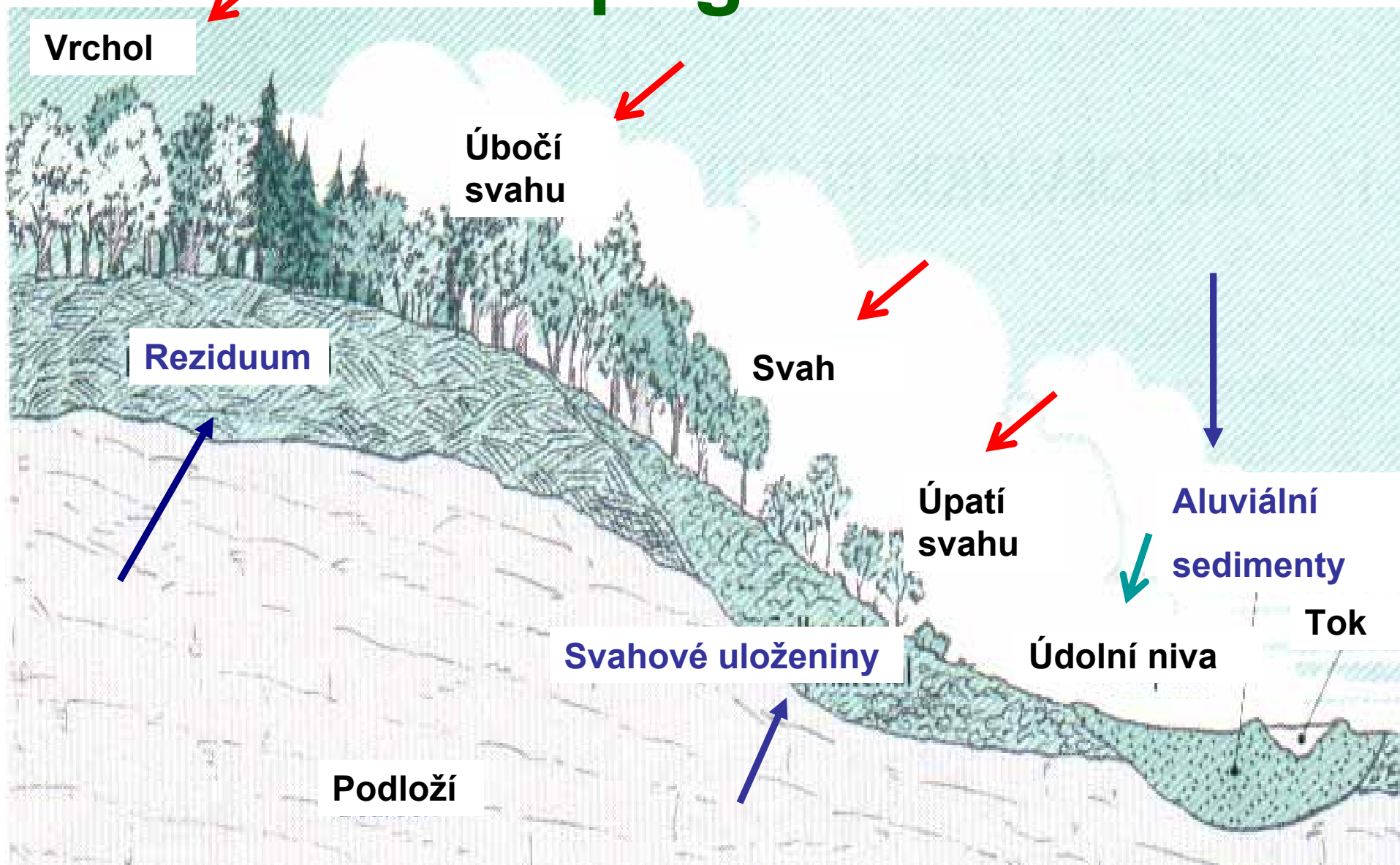
- Mateční substrát
- Podnebí, klima
- Působení organismů
- **Topografie**
- Čas



Topografie

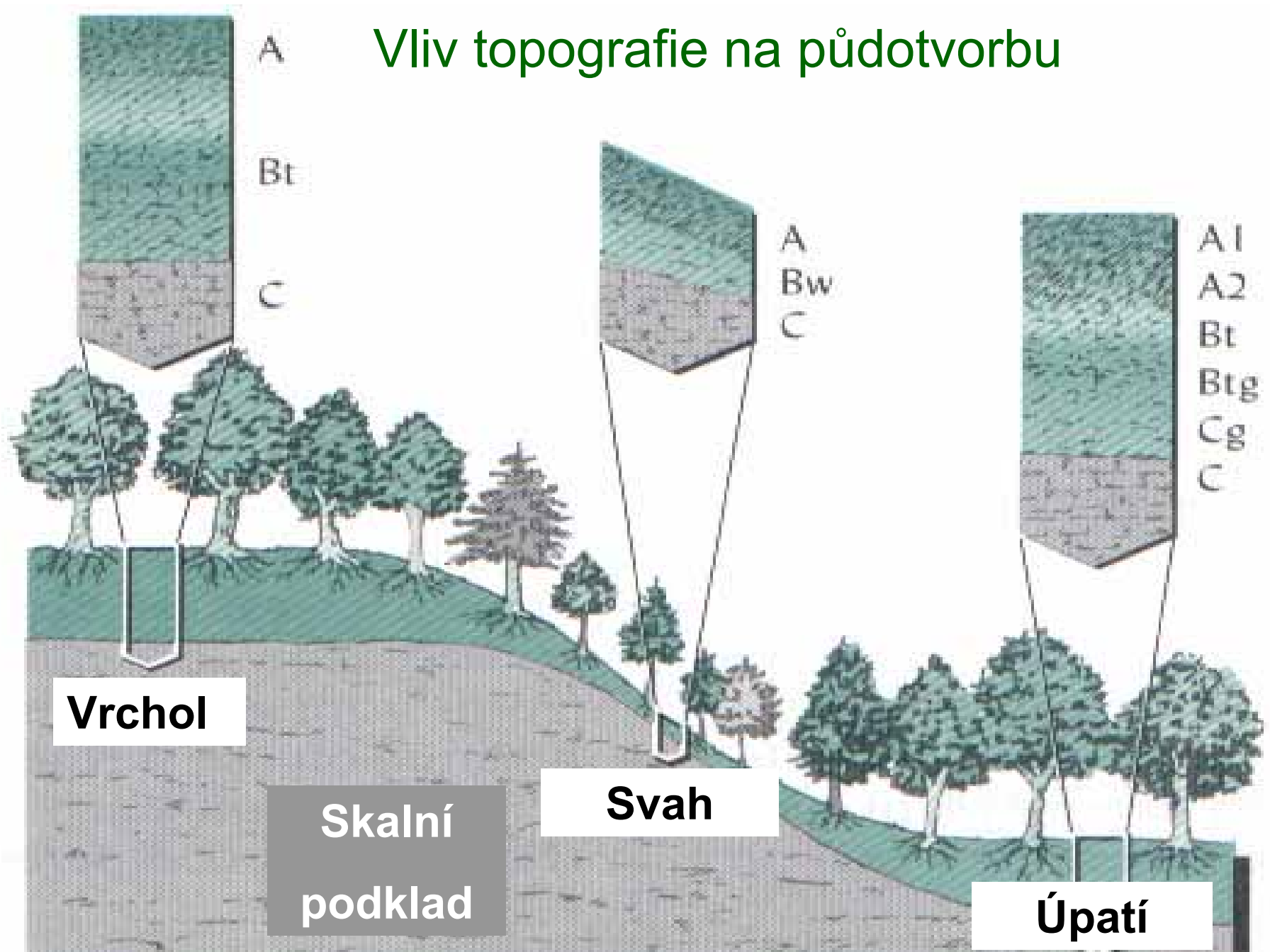
- **Reliéf** (strmý, plochý – vliv na odnos materiálu)
- **Orientace (Expozice)** (.. svahu S,J,V,Z) – vztah ke klimatu
- **Nadmořská výška**
(vztah k vegetaci, organismům a klimatu)
- **Terénní deprese** (hromadění materiálu – humusu, často zamokřené – vznik střídavě zamokřených a vysušovaných půd – slané p.)

Topografie



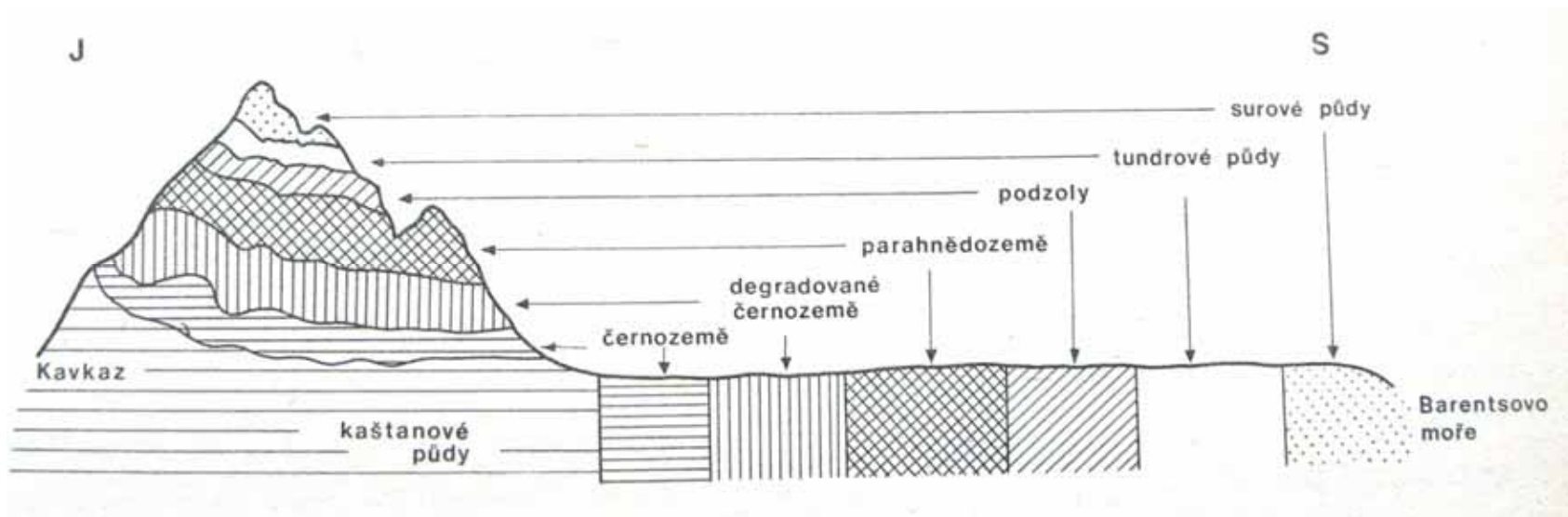
(Brady & Weil)

Vliv topografie na půdotvorbu



Topografie

- reliéf určuje plošné rozšíření půd
- místní vývojovou řadu v kombinaci se substrátem
- staré půdy jen v místech se zachovaným starým reliéfem



- topografie spolupůsobí s klimatem, vlhkostí půdy, teplotou a vegetací - komplex

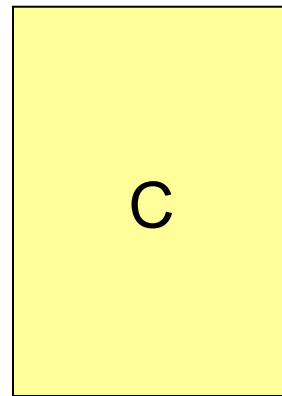
Smolíková, 1982

Půdotvorné faktory

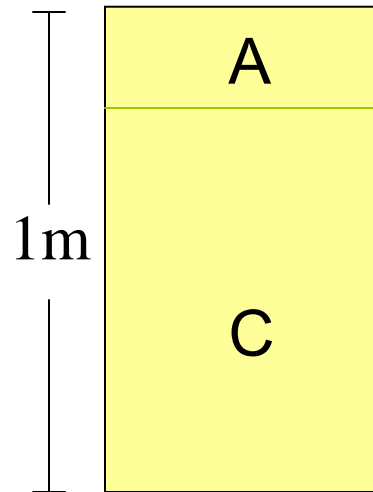
- Mateční substrát
- Podnebí, klima
- Působení organismů
- Topografie
- **Čas**



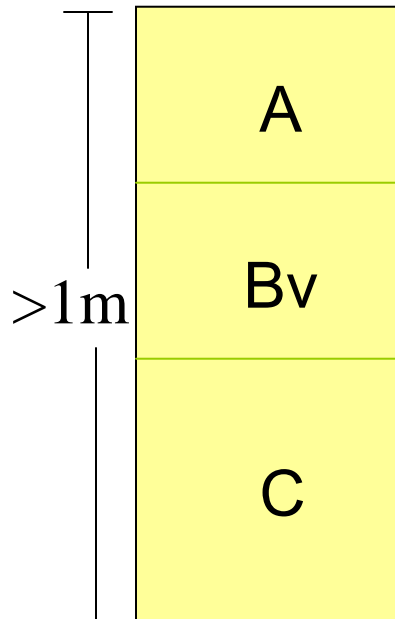
Vývoj půdního profilu v čase



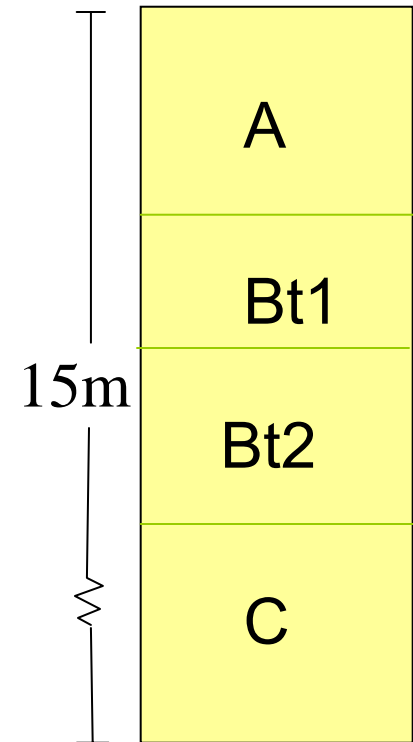
Matečná
hornina



“Mladý
profil”



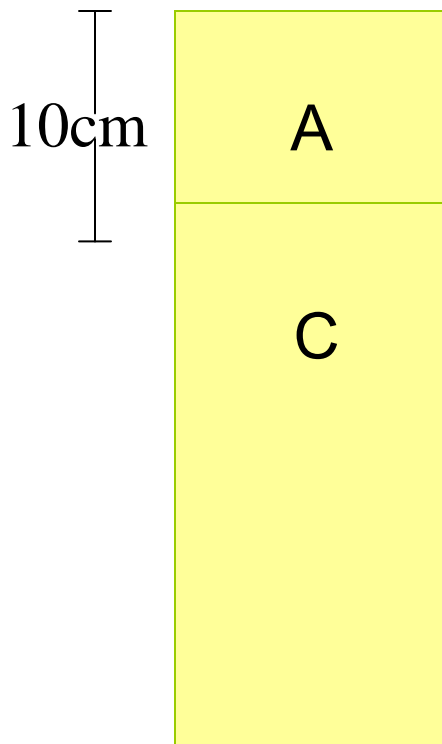
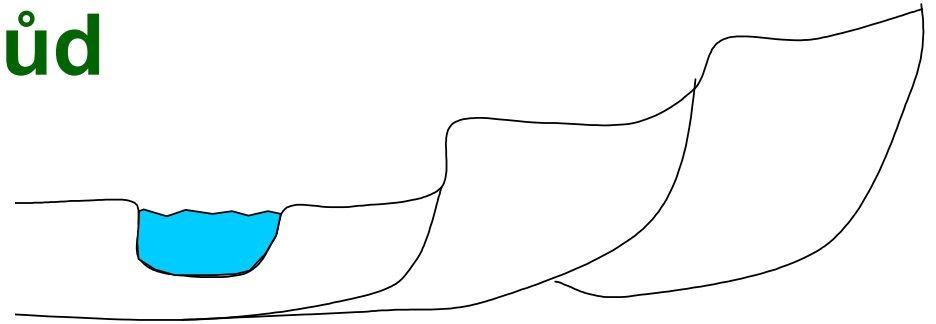
“Vyspělý
profil”



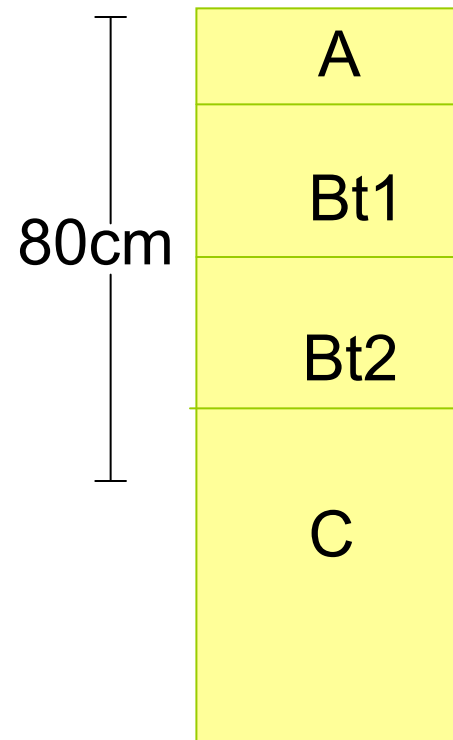
“Velmi
vyspělý
profil”
(Sulzman)

Příklad: časový vývoj půd

Předpoklad: - obě půdy se vyvíjely
na stejném aluviálním materiálu
- stejná topografie



Současná
záplavová
plocha



Vyšší terasy
(historické
záplavové plochy) (Sulzman)

Faktory zpomalující půdotvorbu

- **Nízký úhrn srážek a nízká vlhkost**
- **Matečný substrát s převahou křemene**
- **Vysoký obsah jílu**
- **Vysoká hladina HPV**
- **Strmé svahy**
- **Nízké teploty**
- **Přítomnost toxických látek**

Dílčí pedogenetické procesy

Fyzikální procesy

- Tvorba agregátů
- Translokace
- Zmrazovací cykly
- Zvlhčování a vysychání
- Expanze a smršťování
- Exfoliace a odlehčení

Tvorba agregátů

Proces při kterém se určitý počet částic seskupuje a tvoří shluky = agregáty



Co přispívá k tvorbě agregátů?

obdělávání
jíl a humus mikroorganismy
tmelící látky zmrazování a tání
mesofauna bobtnání a smršťování
kořeny rostlin

Translokace

Přemísťování materiálu v půdním systému

v roztoku

v suspenzi
(většinou
částice <
0.5 μm)

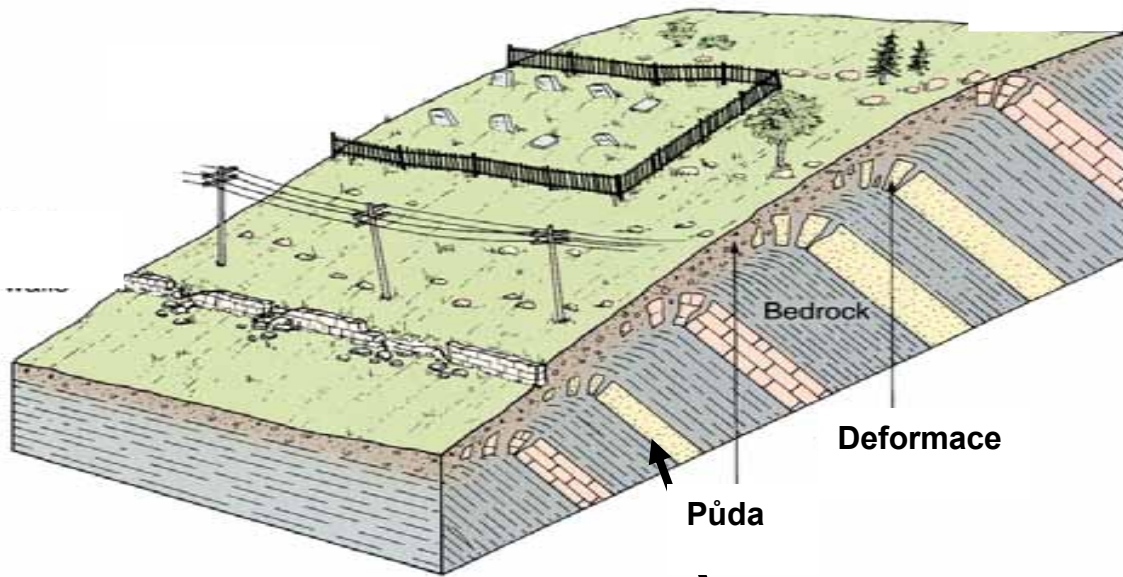
působením
organismů

...translokace v suspenzi

Podívejte se na 3 videa transportu koloidů mezi zrny písku na stránkách Cornell University

<http://www.bee.cornell.edu/swlab/colloids/videos/>

Zmrazovací cykly



m³
m³
ání

Expanze
10%
smršťování



<http://www.aip.org/png/html/frost.htm>

zdvihání
materiálu
(frost heaving)

soliflukce

tříštění

Expanze a smršťování

- Půdy s vysokým obsahem **některých** jílů
- Za sucha vytváření trhlin více než 1m hlubokých
- Zaplňování trhlin materiálem z povrch. horizontu
- Při následné expanzi vytlačování materiálu vzhůru



Vzájemně souvisí

Zvlhčování a vysoušení



Trhliny

Příklady expanze a smršťování

**Gilgai –
materiál
vytlačení
vzhůru**



Exfoliace a odtížení

Snížení tlaku mocnosti nadložních vrstev



sníží se tlak a v hornině se vlivem vnitřních napětí vytvářejí trhliny



Následně také na horninu působí větší výkyvy teplot a dochází k dalšímu zvětrávání

Chemické zvětrávání (Biogeochemické zvětrávání)

1. Hydratace
2. Hydrolýza
3. Rozpouštění
4. Oxidace-redukce REDOX

Všechny způsoby
vyžadují přítomnost
vody!!!



pozn: podrobně bude v přednášce Jílové minerály

Biologické procesy

1. Translokace organismy
2. Humifikace
3. Nitrifikace
4. Fixace dusíku

...biologické procesy...

Translokace organismy

- Především žížaly a termiti
Promíchávají organickou a minerální hmotu



...biologické procesy...

Humifikace:

Přeměna odumřelé organické hmoty na humusové látky

- nespecifické – světlé
- specifické – tmavé – humus

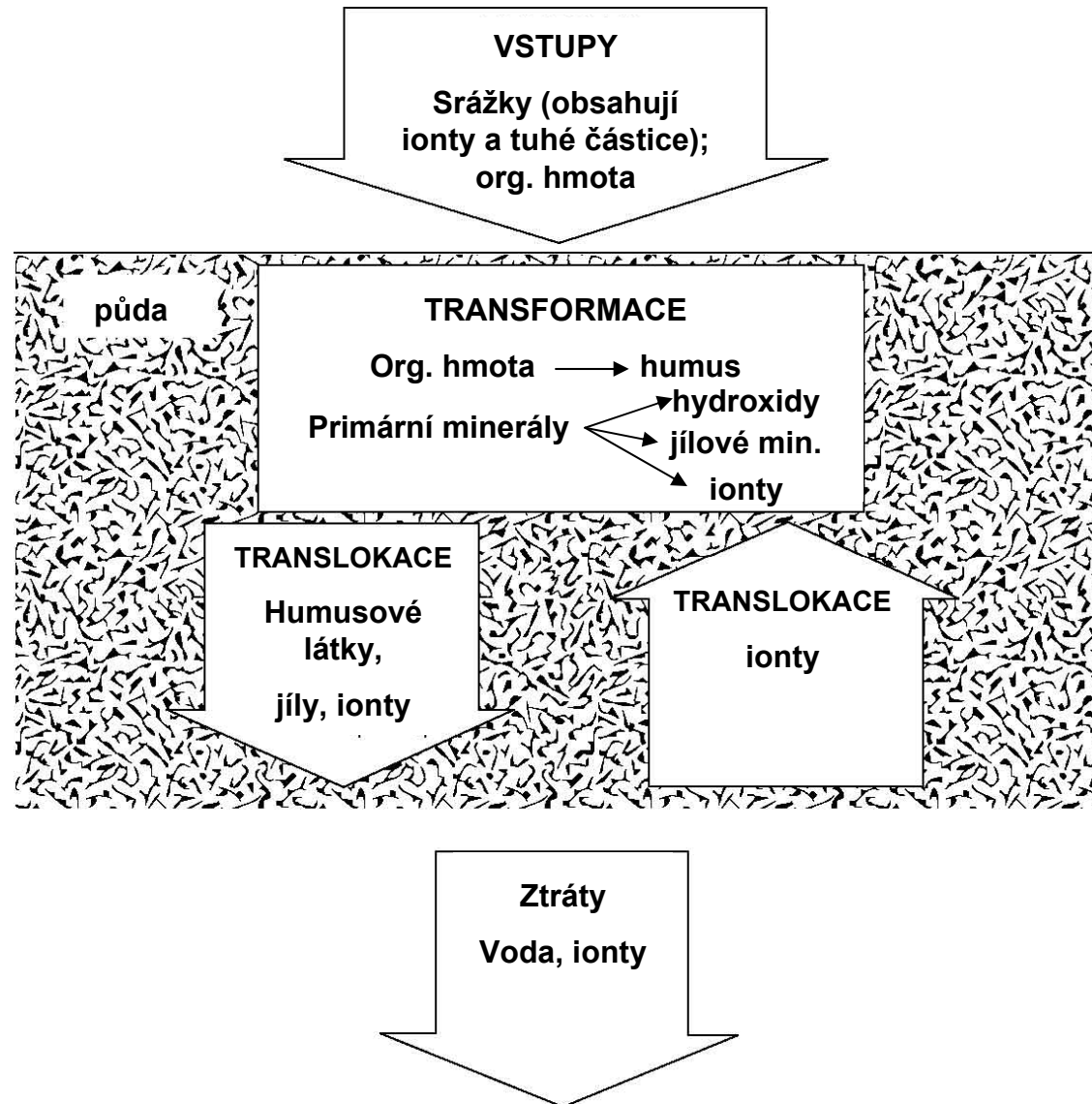
Nitrifikace:

Proces tvorby dusičnanů z organických zbytků. Ideální podmínky: 50% vlhkost, teplota 27-32°C. (min 4°C).

Fixace dusíku

Některé chemoheterotrofní bakterie a řasy využívají vzdušný dusík ke stavbě buněk.

Pohyb látek v půdě



Použitá literatura

Kutílek, M., Kuráž, V., Císlerová, M. Hydropedologie, skriptum ČVUT 1994

Císlerová, M. Inženýrská hydropedologie, skriptum ČVUT 2001

Fitzpatrick, Soils: Their formation, classification and distribution

Sulzman E.W. : CSS 305 Principles of Soil Science:
http://cropandsoil.oregonstate.edu/classes/css305/lecture_sched.html

Smolíková, L. Pedologie I. díl, skriptum University Karlovy. 1982

*Přednášky kurzu Hydropedologie vznikly v autorském kolektivu:
Ing. Martin Šanda, PhD a Ing. Michal Sněhota, PhD
Kat. hydromeliorací a krajinného inženýrství, F. stavební ČVUT*