

# Půda jako zdroj

Od 50. let dramaticky roste zemědělská produkce (1950–90 trojnásobek) – produkce 29 milionů tun ročně .

## „Zelená revoluce“

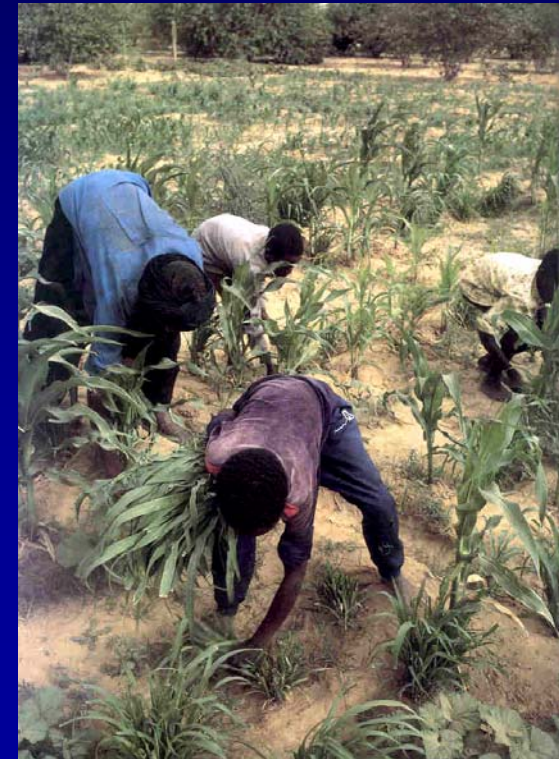
- zvětšení rozlohy obdělávané půdy
- zavlažování
- vysoce produktivní a rezistentní typy
- chemická hnojiva, herbicidy, pesticidy

## Provázeno

- kontaminace
- degradace
- člověkem vyvolaná eroze: 4,3 miliardy tun ročně Indie, 1 miliarda tun ročně USA
- není to obnovitelný zdroj v lidské časové škále
- 10 cm půdy – 100 až 10 000 let

## Současnost

- půda: kritický zdroj
- je třeba živit 90 milionů lidí navíc každý rok



Tuaregové, okraj Sahary, Niger

# Zvětrávání



Zvětrávání bazaltové lávy na Hawaii.

## Mechanické zvětrávání

- Mrazové štípání
- Růst krystalů
- Působení tepla
- Kořeny rostlin



Pulpit, Lysefjord, severní Norsko.



Mount Whitney, Sierra Nevada.

# Zvětrávání



Yellowstone National Park.



Ta Prohm u Angkoru, Kambodža.

# Chemické zvětrávání

Voda, kyslík, oxid uhličitý

- Hydrolýza
- Hydratace
- Oxidace
- Vyluhování

Oxidovaná  
půda na  
Hawaii.



prosté rozpouštění (určeno součinem rozpustnosti)

rozpouštění karbonátů:  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

oxidace:  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_4\text{SiO}_4$

hydrolýza:  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mg}^{2+} + 4\text{OH}^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$

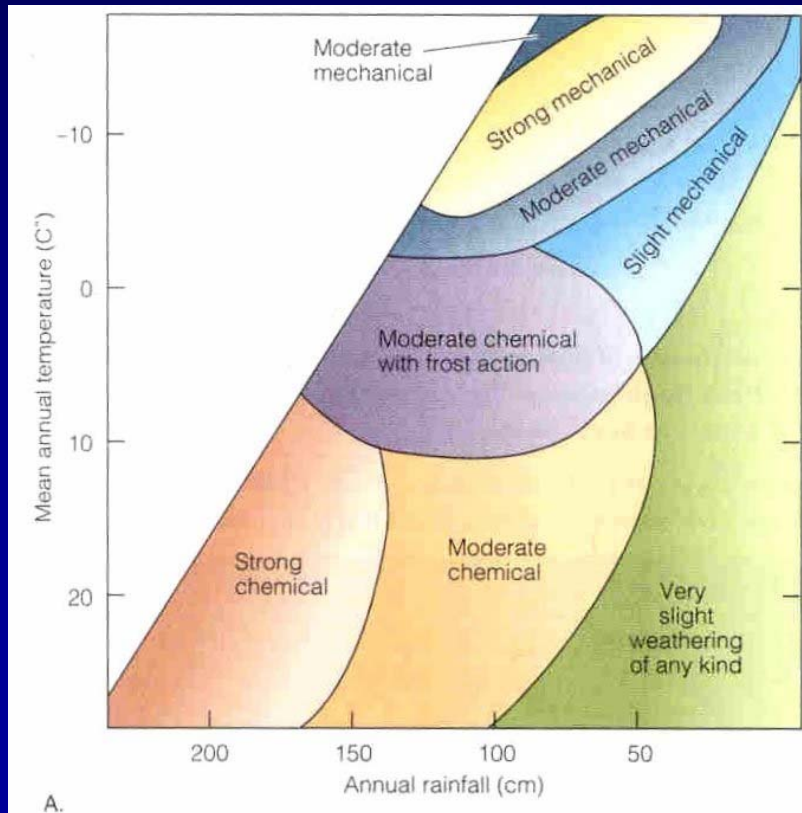
$2 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + 11 \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + \text{H}_4\text{SiO}_4$

$3\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{CO}_3 + 7\text{H}_2\text{O} = 3\text{Na}^+ + 3\text{H}_4\text{SiO}_4 + \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCO}_3^-$

$3\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Mg}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_{0,5}\text{Al}_{1,5}\text{Mg}_{0,5}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 2\text{Na}^+ + \text{H}_4\text{SiO}_4$

# Faktory, které ovlivňují zvětrávání

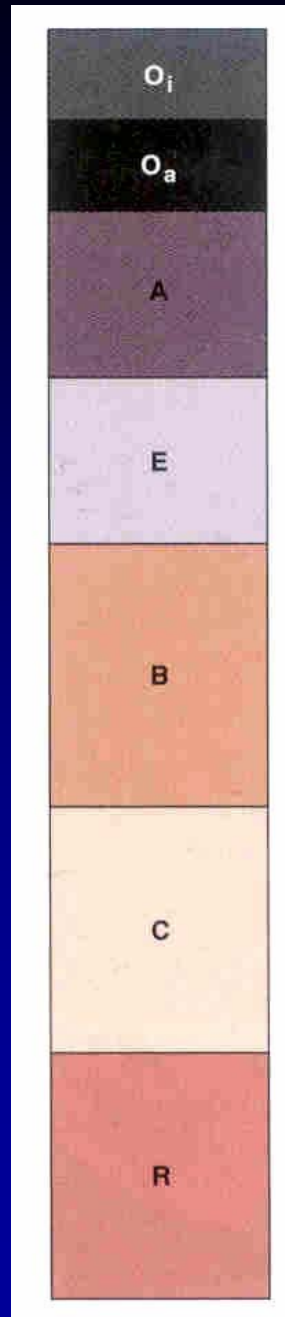
- Typ a struktura horniny
- Sklon svahů
- Klima
- Hrabavá zvířata, hmyz, červi
- Charles Darwin – červi – 2,5 kg/m<sup>2</sup>
- Čas



# Půdy

## Půdní profil

## Půdní horizonty



O<sub>i</sub> – listy a organický odpad, většinou nerozložený

O<sub>a</sub> – organický odpad, částečně rozložený

A – tmavě zbarvený horizont směsi minerálů a organických látek, vysoká biologická aktivita

E – světle zbarvený horizont, ztráta jílových minerálů, organických látek, oxidů

B – maximální akumulace jílových minerálů, oxidů a organických látek

(K – v aridních oblastech, více než 50 % kalcitu, kaliche, hardpan)

C – zvětralý zdrojový materiál, někdy chybí

R – zdrojová hornina

Někdy horizonty úplně chybí

Někdy zvláštní – laterity (latere – cihla)



Laterit, Indie.

New Mexico, semiaridní klima.

## Eroze větrem a vodou

- Dopad dešťových kapek
- Povrchový splach
- Eolická eroze (Aeolus – řecký bůh větru)



Eroze, Shawnee, Oklahoma.

Písečné duny, Danakii, Egypt.





## Ztráta půdy: Globální problém

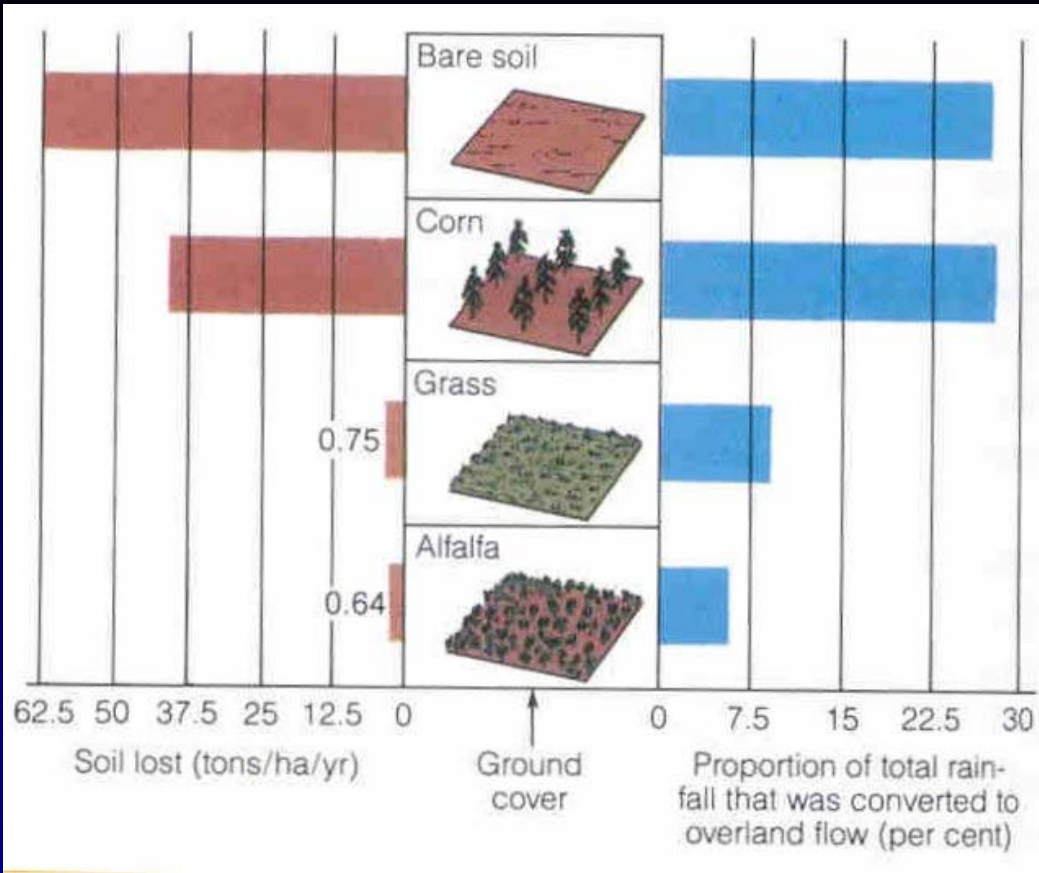
- 25 miliard tun/rok
- na každý kg snědené potravy – 6 kg ztráty půdy
- úbytek 7 % půdy každých deset let
  
- T-hodnota – tolerovatelná roční ztráta
- Produkce sedimentů („výtěžek“ sedimentů)

## Ztráta půdy a využití krajiny

- Odstranění vegetace
- Špatné hospodaření
- Kontaminace



Rodonia, Brazílie.



Pěstování podzemnice, Oklahoma.

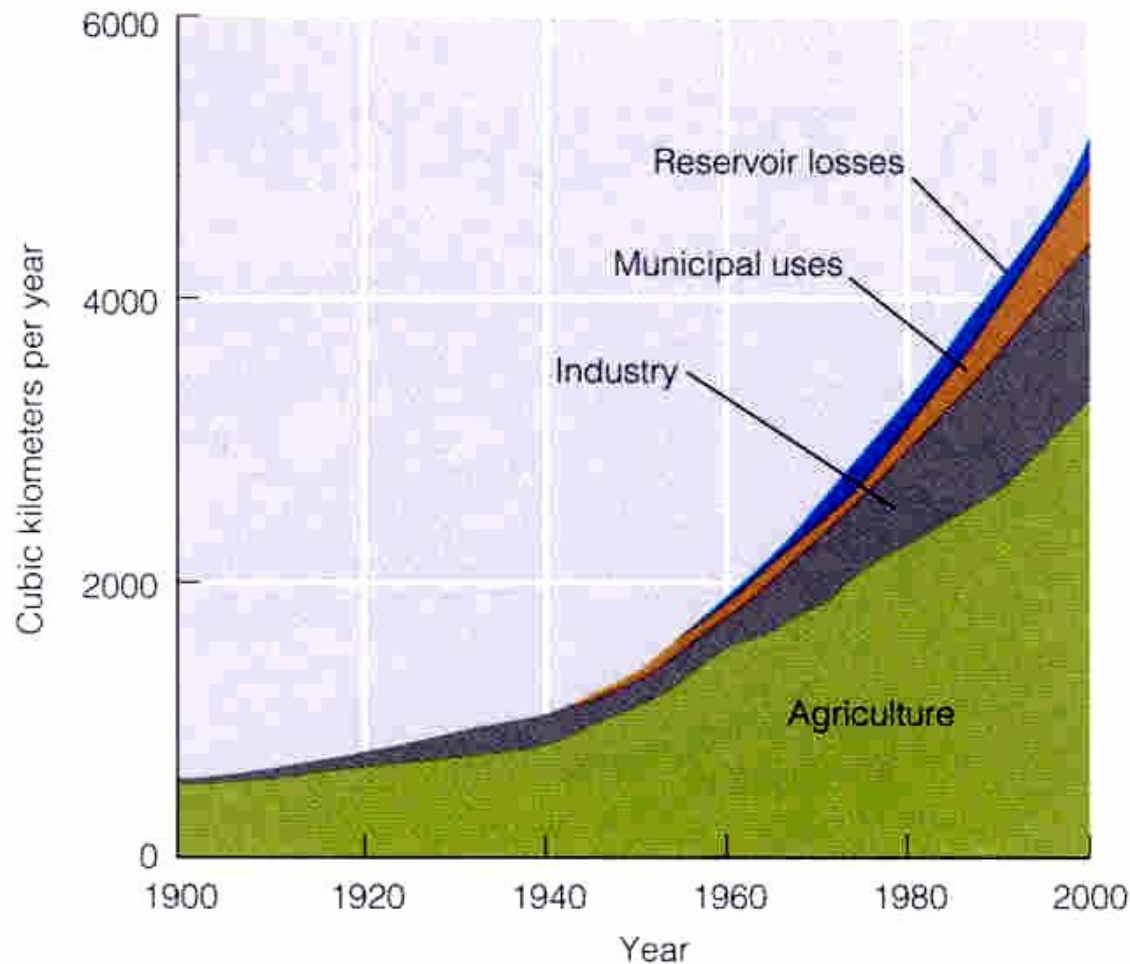


Lanzhou, Čína.

# Zdroje vody

Voda je kritickým zdrojem pro udržení života

Odhadovaná spotřeba  
vody v letech 1990–2000



# Voda

Dva hlavní faktory

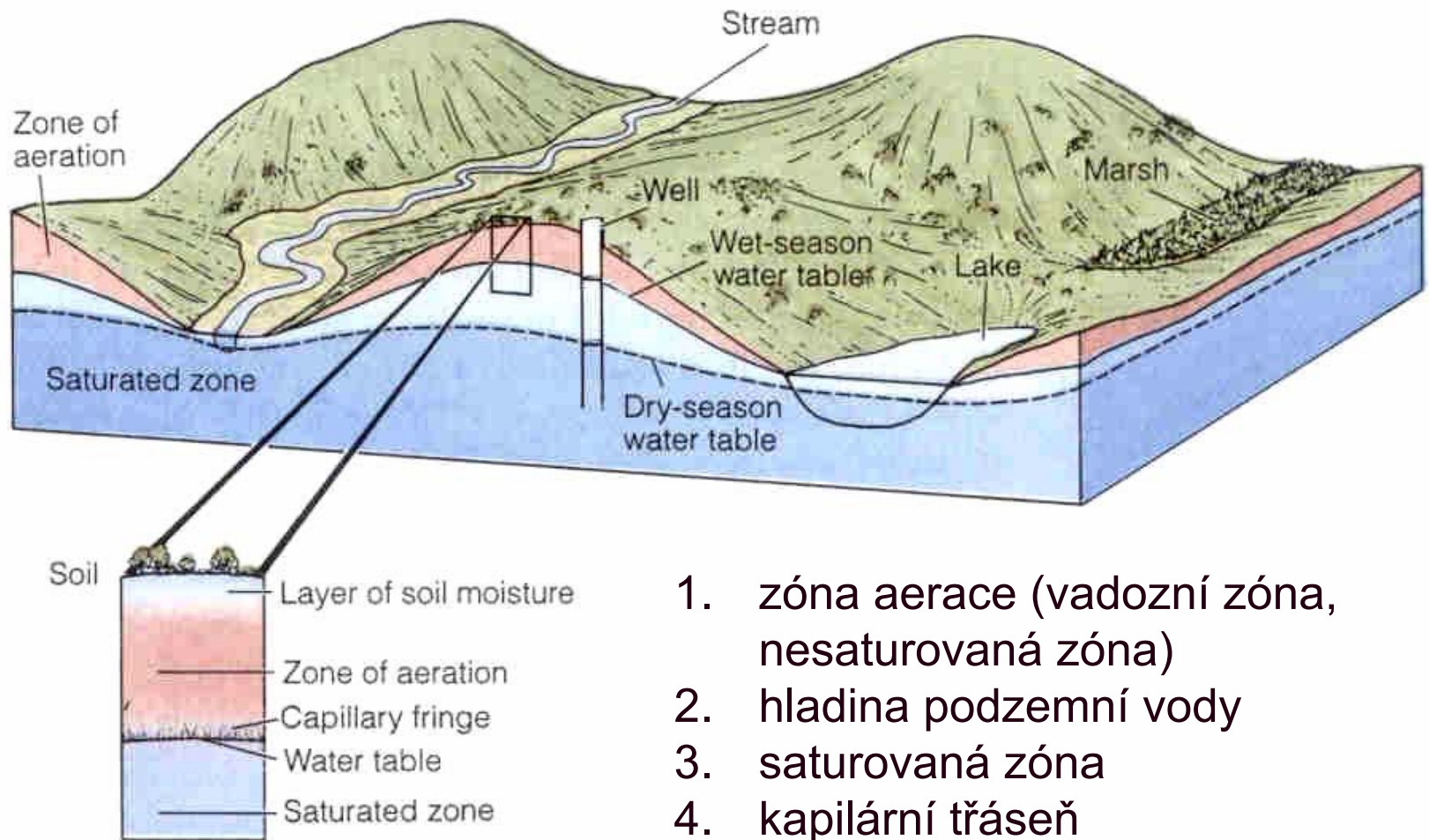
kvalita

množství

Podzemní voda

- méně než 1 % z celkového množství vody
- 40× více než ve sladkovodních jezerech
- více než 98 % nezmrzlé vody v hydrologickém cyklu jako podzemní voda
- většinou v oblasti do 750 m
- objem ekvivalentní vrstvě 55 m vody na kontinentech

# Voda



1. zóna aerace (vadozní zóna, nesaturovaná zóna)
2. hladina podzemní vody
3. saturovaná zóna
4. kapilární třáseň

Typický systém podzemní vody.

# Pohyb podzemní vody

Většina podzemní vody je v pohybu.

Pohyb závisí na:

porozitě (procentické zastoupení pórů)

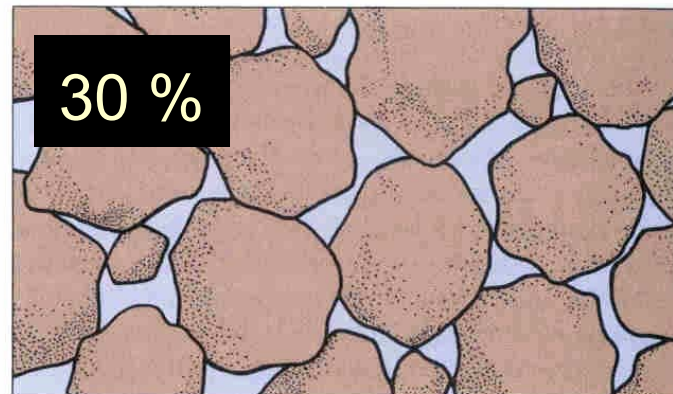
permeabilitě (měřítko snadnosti pohybu vody)



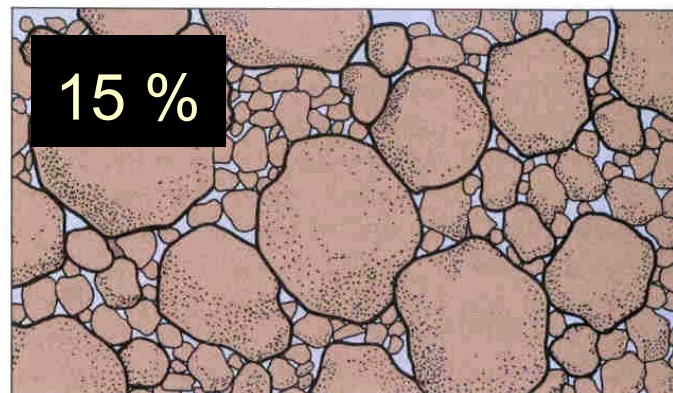
In very small spaces water is held by molecular attraction.



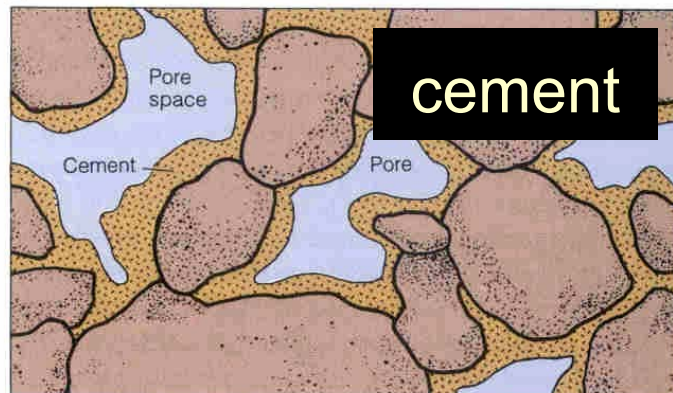
Water can move through larger spaces, although some is held.



A.



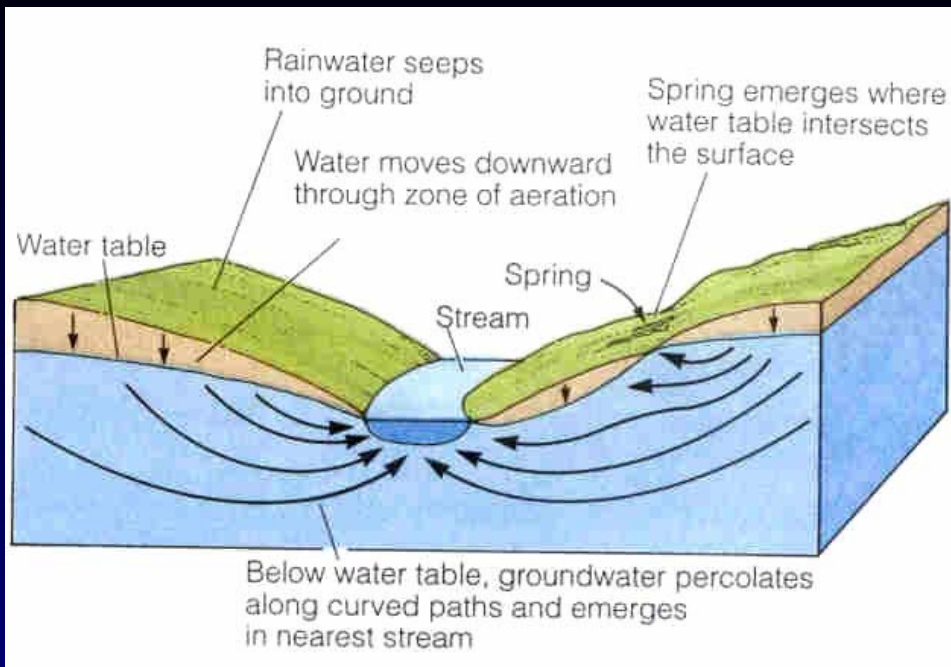
B.



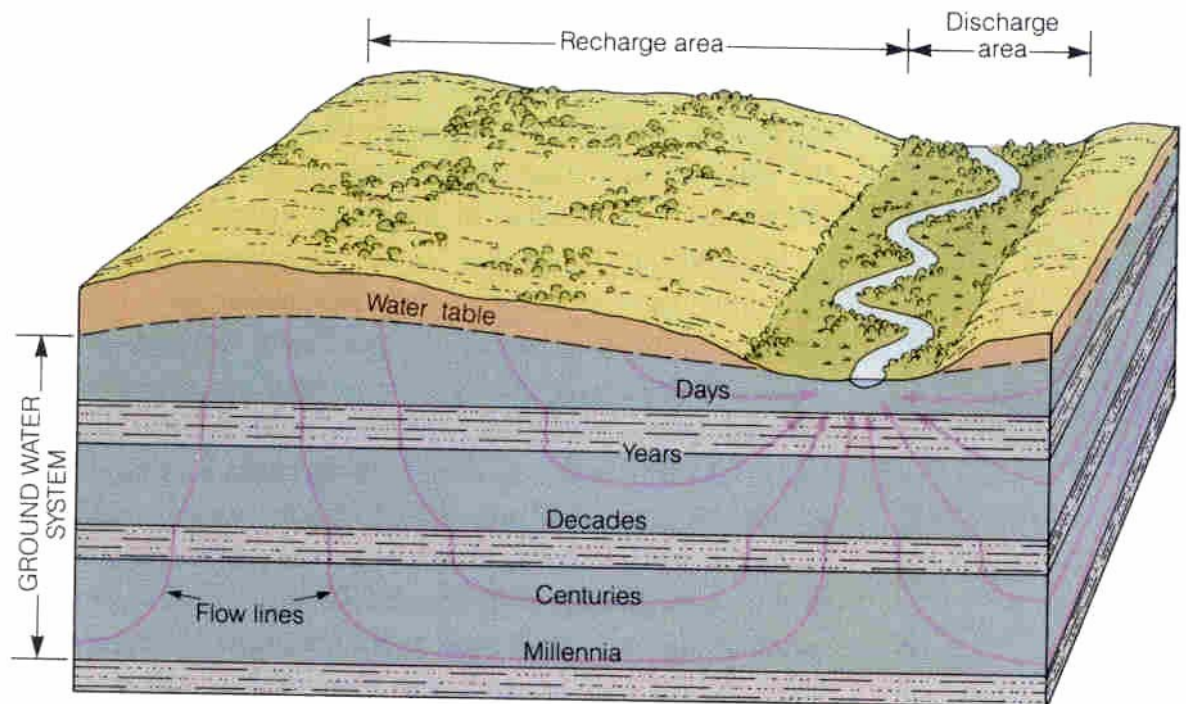
C.

0 0.5mm

Při stejné porozitě různá permeabilita.



Pohyb v zóně aerace  
(půdní vlhkost)  
Pohyb v saturevané  
zóně (perkolace)



Oblast doplňování  
a odvodňování –  
časový režim

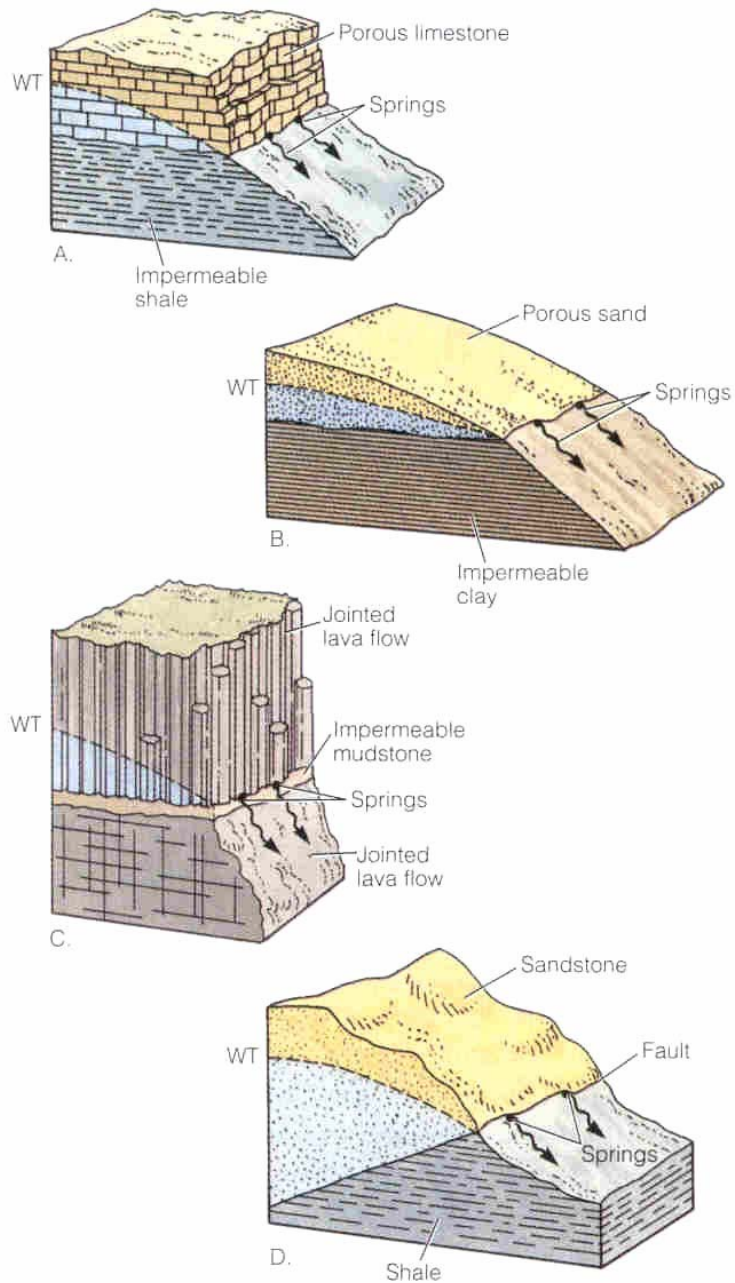
# Zdroje podzemní vody

Prameny

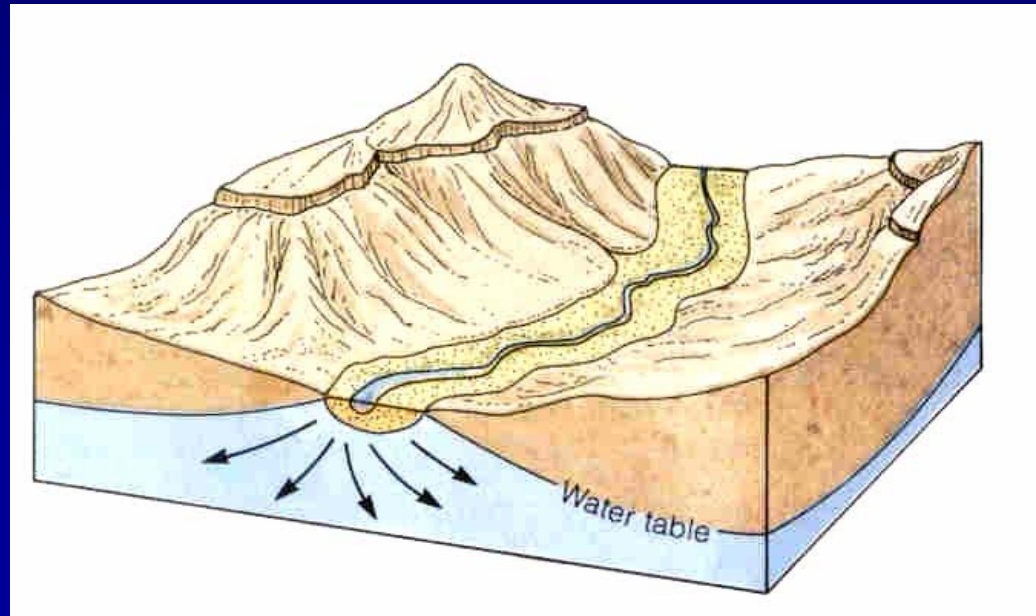
Studny

Zvodeň

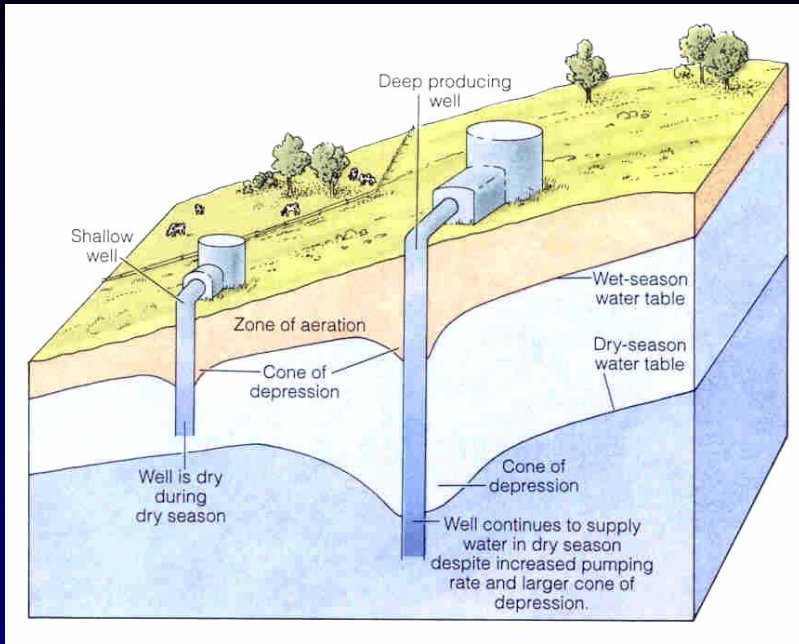
Artézské systémy



Aridní oblasti

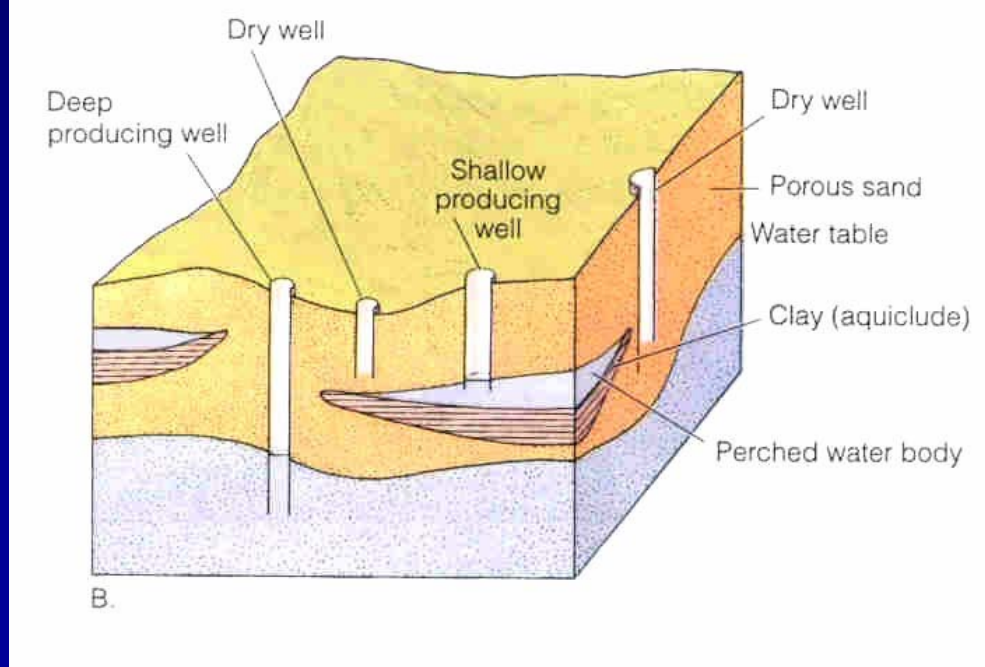
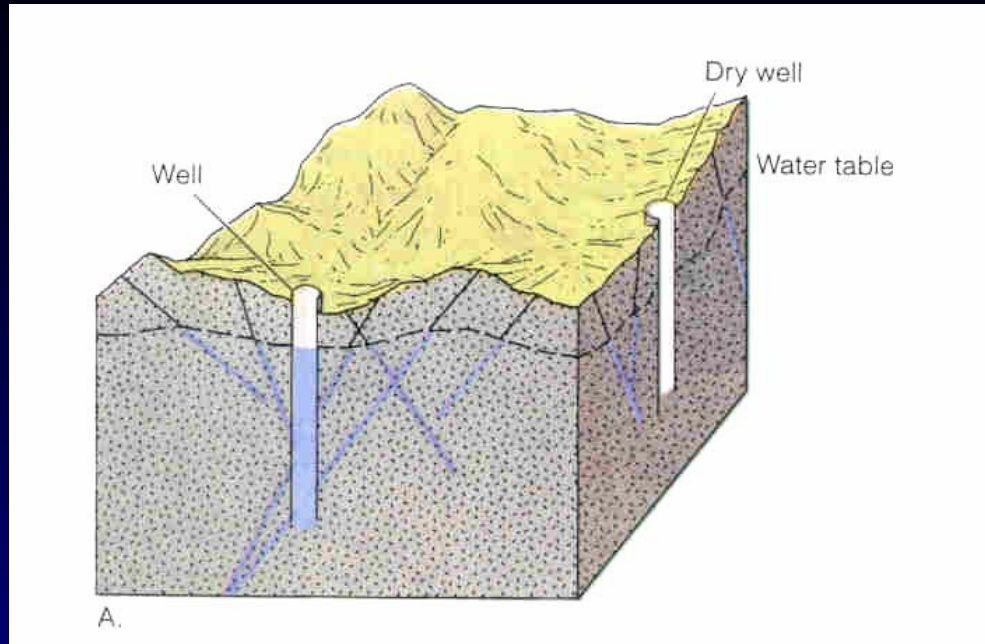
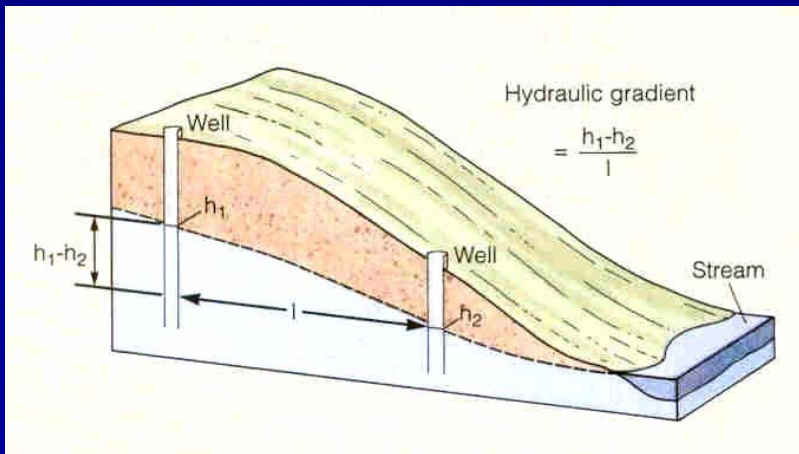




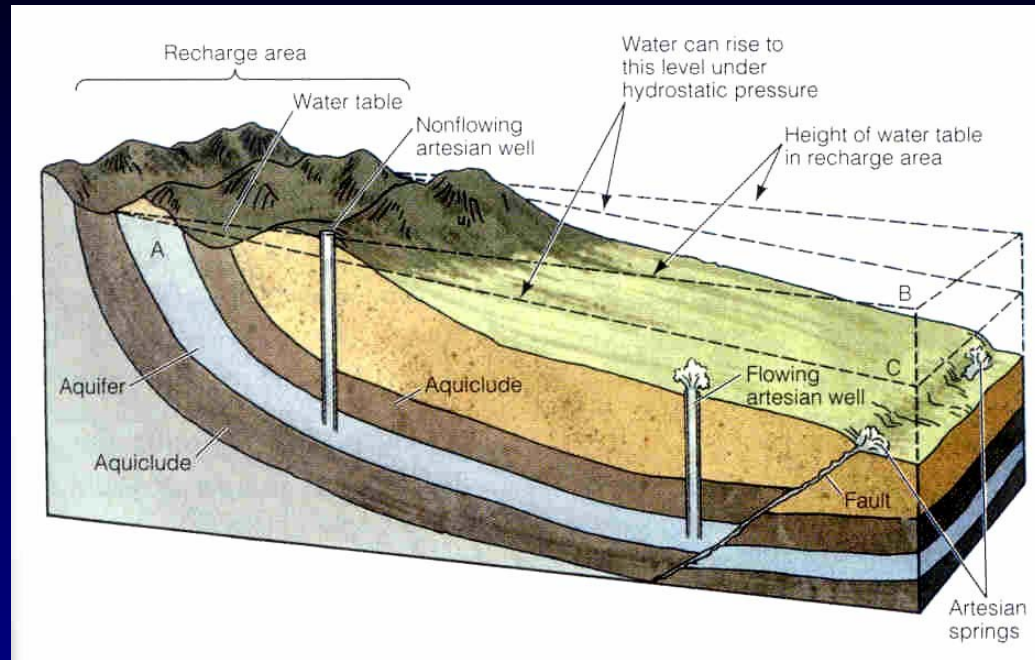


Sezónní vlivy

Rychlost proudění



# Artézské systémy



Vlivy nadměrného čerpání  
Snížení hladiny podzemní vody  
Kompakce a poklesy

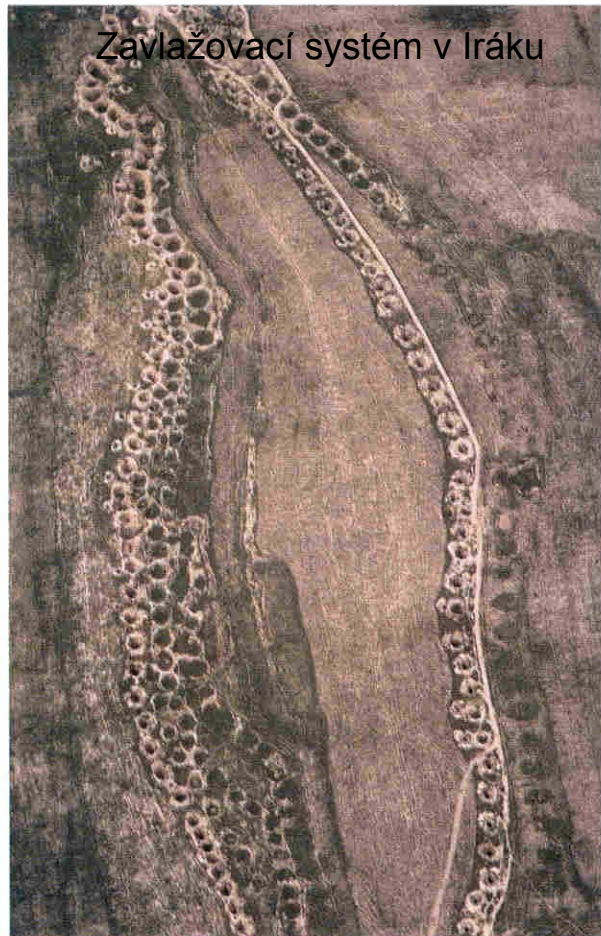
Soupeření o povrchovou vodu  
Přenos mezi bazény

# Dopady

Amu Darja, Syr Darja (hranice mezi Kazachstánem a Uzbekistánem)

Před třiceti lety bylo Aralské jezero čtvrtým největším jezerem světa (68 000 km<sup>2</sup>, 16 m hlobka, 45 000 tun ryb ročně).

Zavlažování: rybářské vesnice jsou 50 km od břehů, 40 000 km<sup>2</sup>, 9 m hloubka



# Kvalita vody

Termín „dobrá“ voda závisí na zamýšleném použití  
Různé země – různé standardy

Některé látky v nepatrných množstvích

1 g

2,4 D (domácí herbicid) – 10 milionů litrů vody

PCB – miliardu litrů vody

## Složení

výsledek interakce s horninami

Chloridy, sulfáty, karbonáty, Mg, Ca, Na, K, Fe

V některých oblastech As, Hg, U atd.

# Znečištění povrchových vod

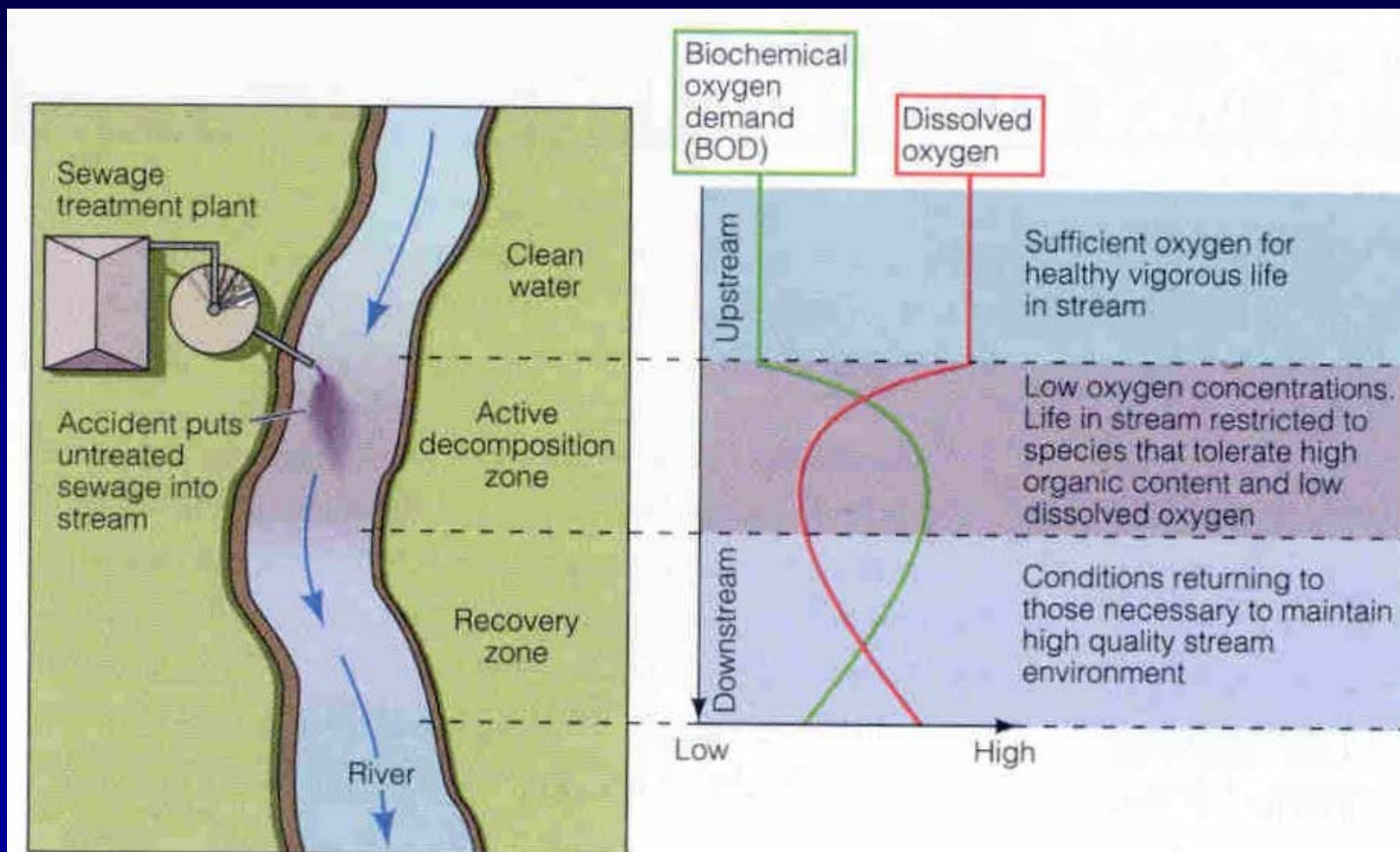
Organické látky

BChSK - biochemická spotřeba kyslíku (BOD)

Eutrofizace – živiny (fosfor, dusíkaté látky) – plankton, řasy

Infekční látky

Mikroorganismy – *Escherichia coli*



## Toxické znečištění

Je známo kolem 10 milionů chemických látek  
100 000 se využívá komerčně

## Toxicita

schopnost látky vyvolávat nepříznivé účinky na živé organismy

akutní toxicita – účinky v průběhu 96 hodin

chronická toxicita

fenylrtuť – neškodná; bakterie – methyrtuť – toxická

## Toxické látky

Chlorované organické látky

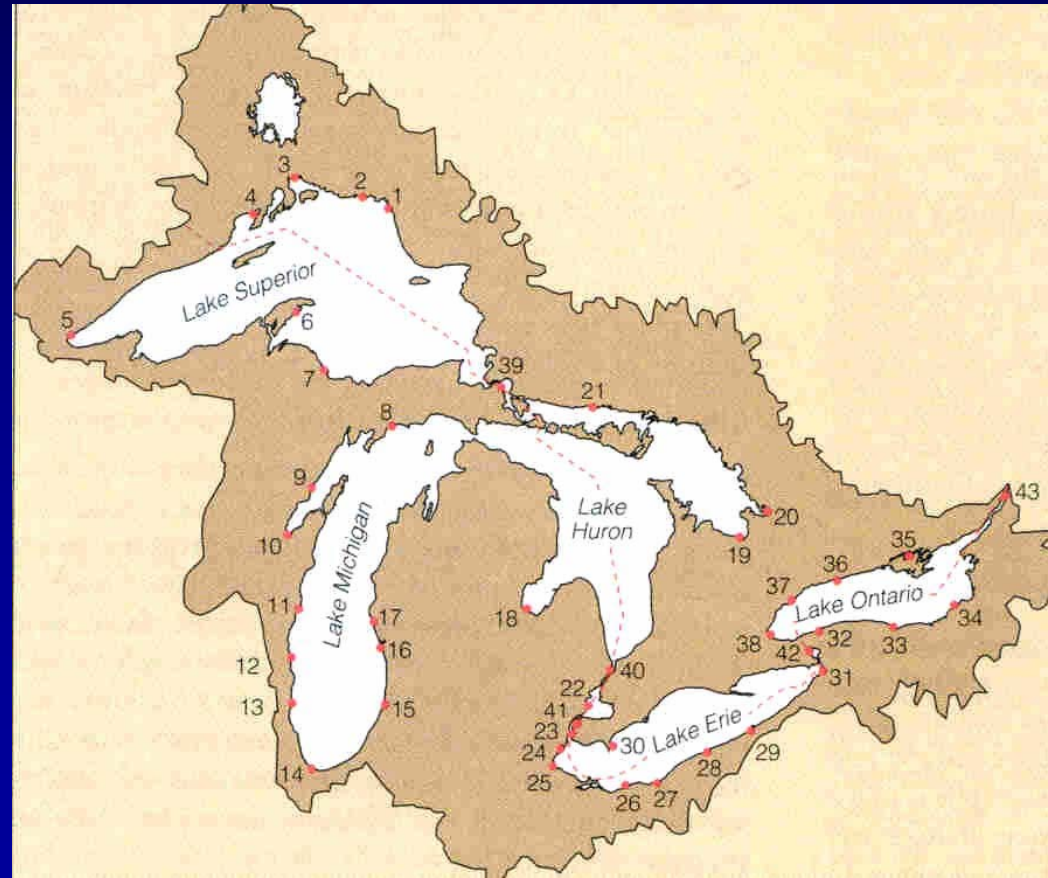
Pesticidy - DDT, dioxiny, furany

## Težké kovy

Cd, Pb, Sn, Pu, Hg – většinou působí na nervový systém, játra, ledviny

## Uhlovodíky

Benzen – průmysl, neúplné spalování benzínu



## Kyselá a alkalická odpady

Kyselá důlní vody (AMD)

Kyselá dešť (ARD)

Čpavek, louh

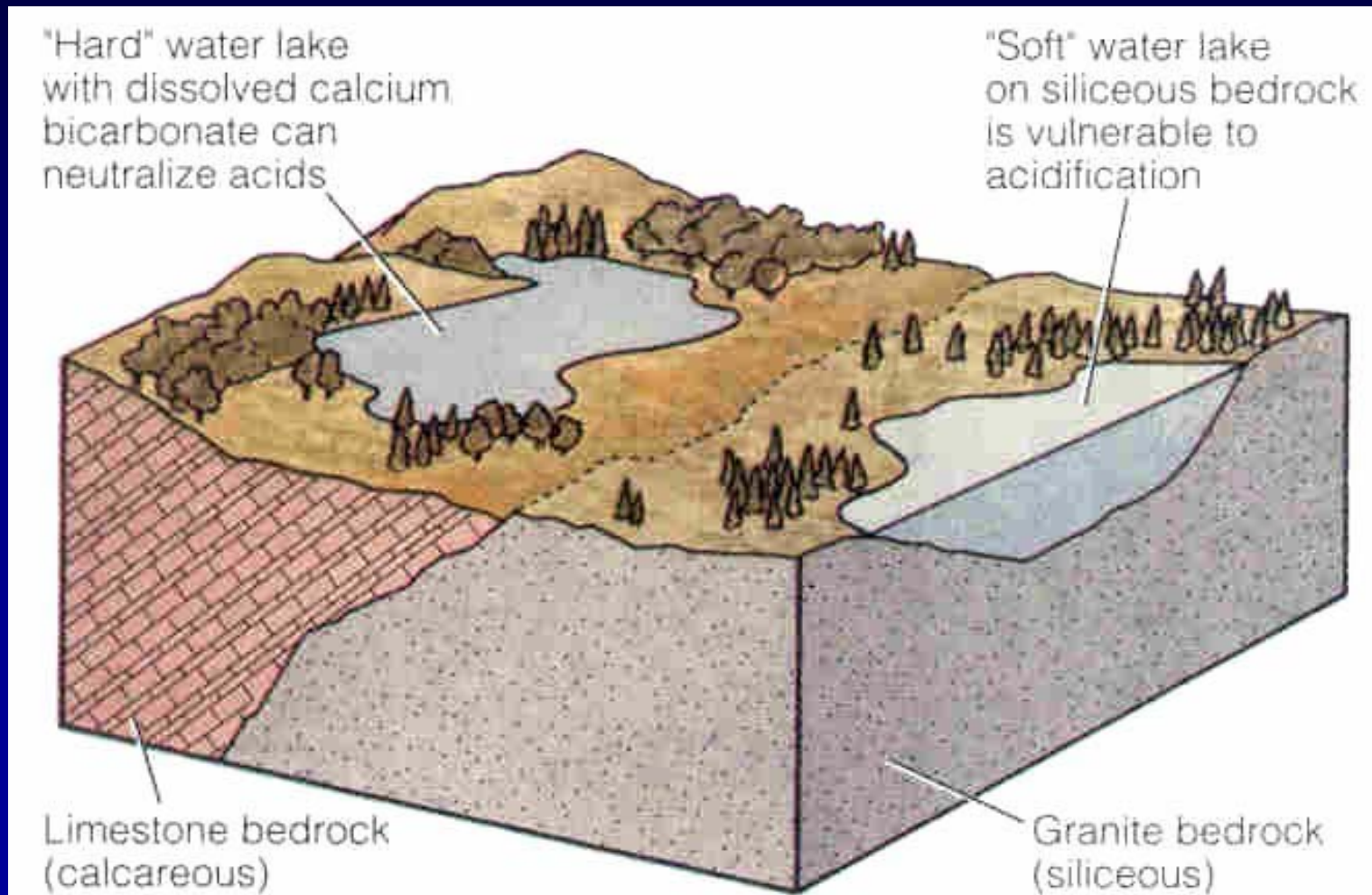
Termické znečištění

Suspendované látky

Jíly

Papírenské odpady

Odpady z cukrovarů



## Znečištění podzemních vod

Potenciálně nebezpečné

Rozpustné ve vodě

Resistentní vůči biodegradaci

Užívané ve velkých množstvích

Toxické nebo škodlivé člověku

Dioxiny – vysoce toxické v malých dávkách, málo rozpustné ve vodě = problém s kontaminací sedimentů, malý problém pro podzemní vody

Běžná kontaminace dusičnany (hnojiva, odpady, skládky)

20 z 25 nejzastoupenějších kontaminantů = těkavé organické látky

benzen, toluen, ethylen, xylen (BTEX – benzin)

DCE, TCE, PCE

## Znečištění domácím a komunálním odpadem

V píscích se rychle vyčistí – mechanická filtrace bakterií, oxidace bakteriemi, kontakt s organismy, které se živí bakteriemi

## Prosakující podzemní nádrže

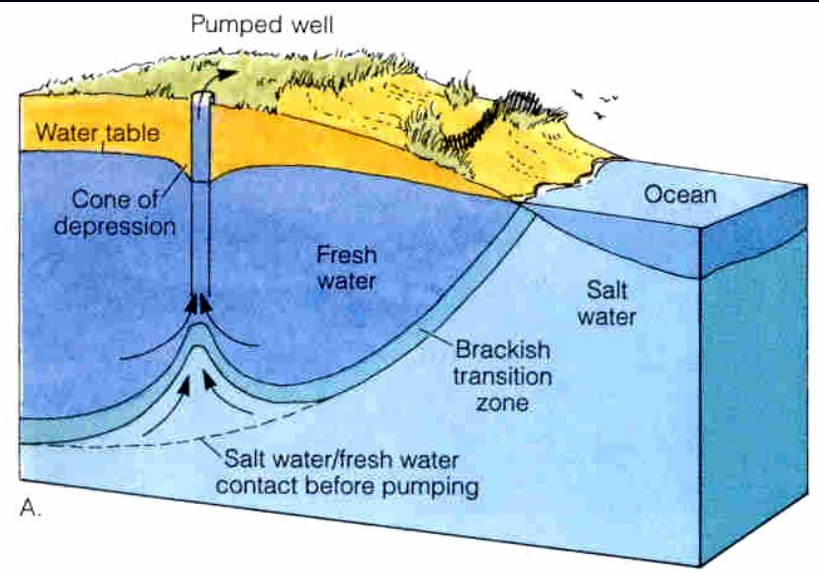
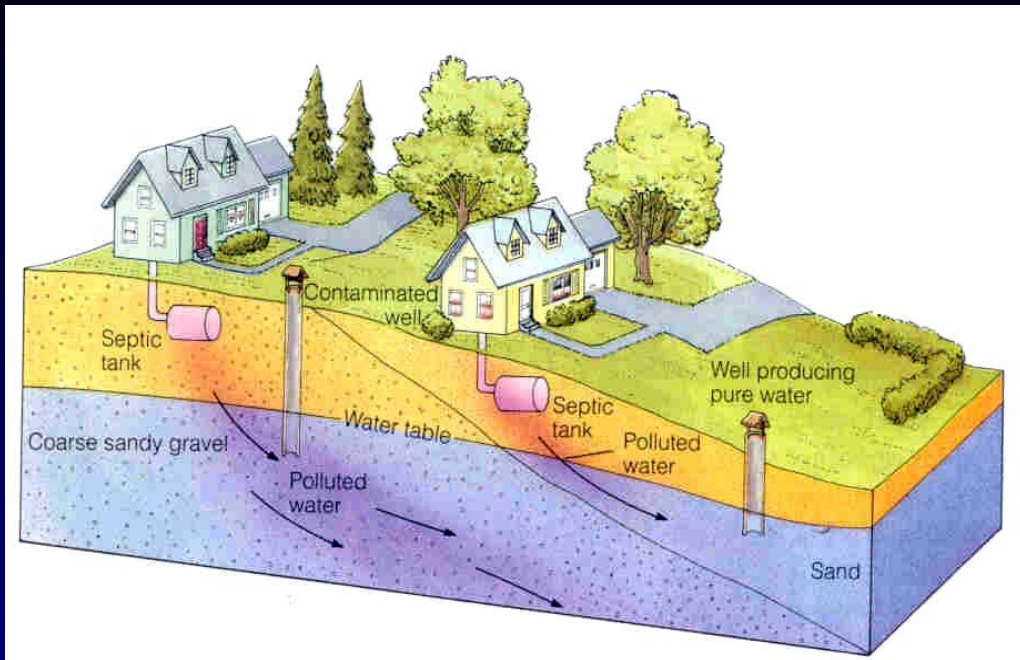
(„LUST“ – leaking underground storage tanks)

Nejméně 25 % nádrží v USA a Kanadě prosakuje

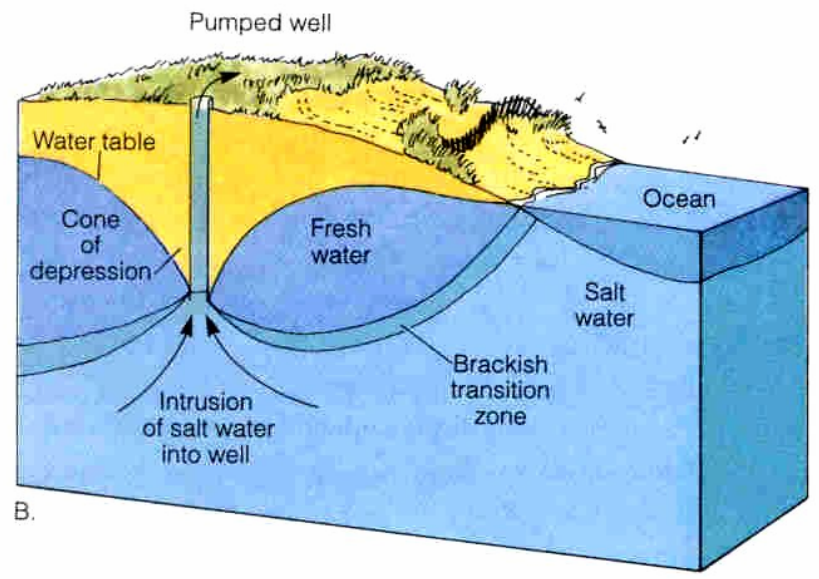
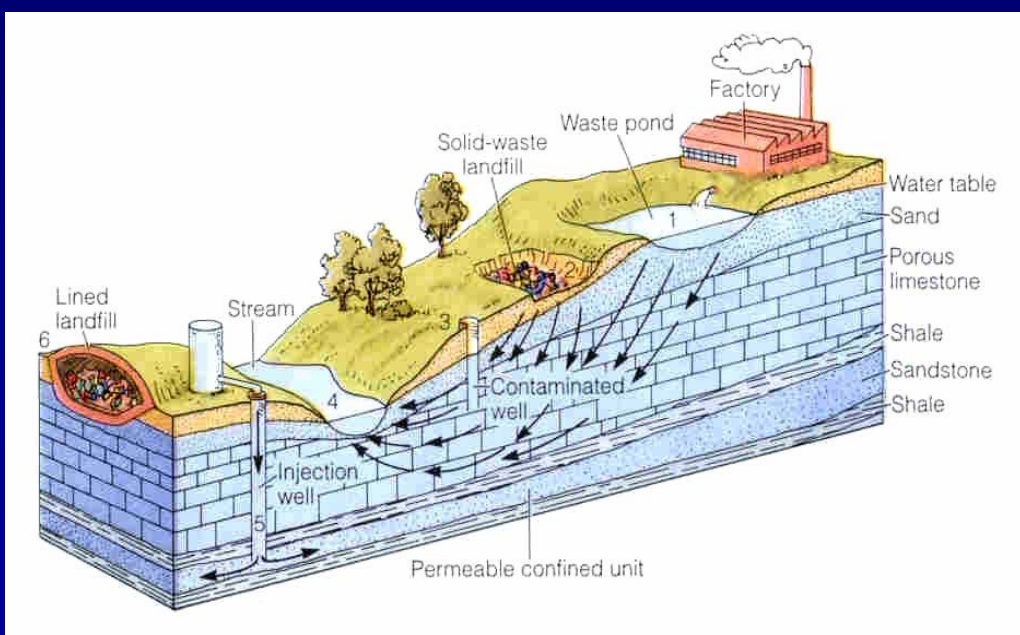
Zemědělské chemikálie

Kontaminace slanou vodou





A.



B.

## Chování kontaminantů pod povrchem

Porosita, permeabilita

Hladina podzemní vody, saturevaná a nenasurovaná zóna

## Transport kontaminantů

Kontaminační mrak

Normální tok vody propustným prostředím – advekce

## Kontaminant

Stejnou rychlostí – nezpomalený, neretardovaný

Pomaleji – zpomalení, retardace

Retardační faktor  $R = V_v / V_k$

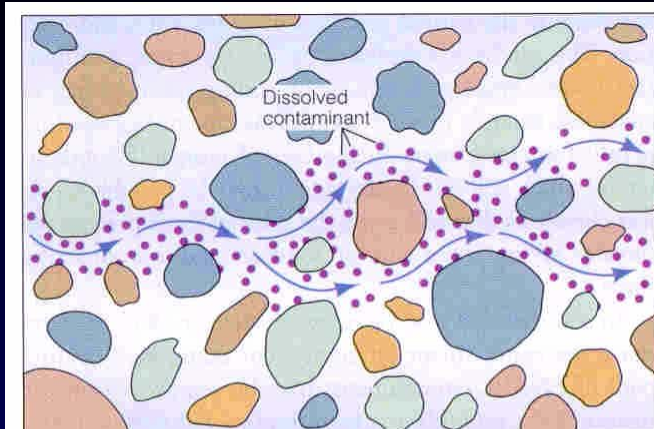
## Retardace

Sorpce

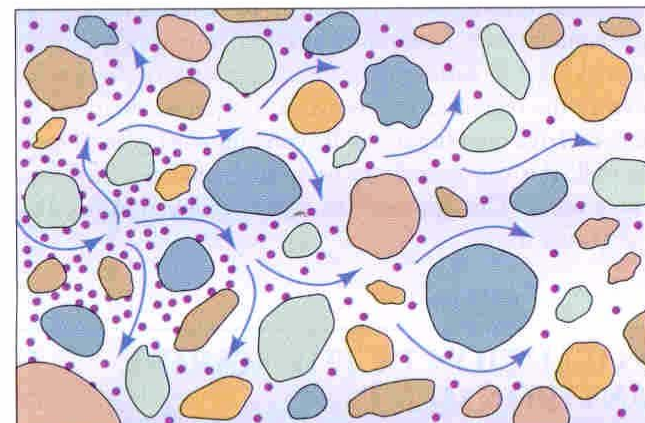
Disperze

Biodegradace

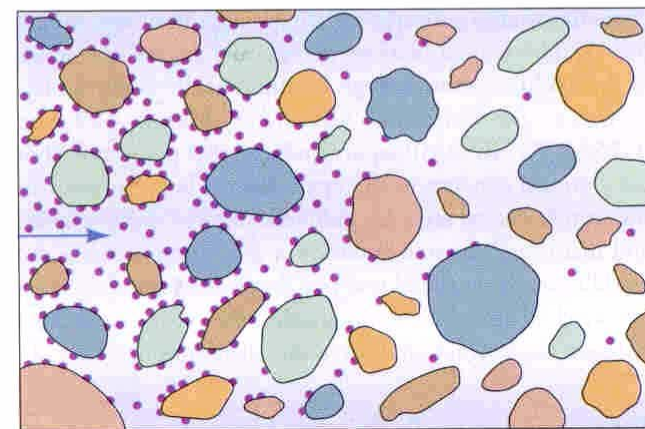
Retardační faktor je možné zjišťovat sledováním pohyb nezpomalované složky (např.  $Cl^-$ ), která je obsažena v kontaminačním mraku.



A. Advective flow



B. Dispersion



## Důležité charakteristiky

Hustota kontaminantu ve vztahu k podzemní vodě

Lehčí (LNAPL – light nonaqueous phase liquid) – benzin

Těžší (DNAPL – dense ...) – TCE

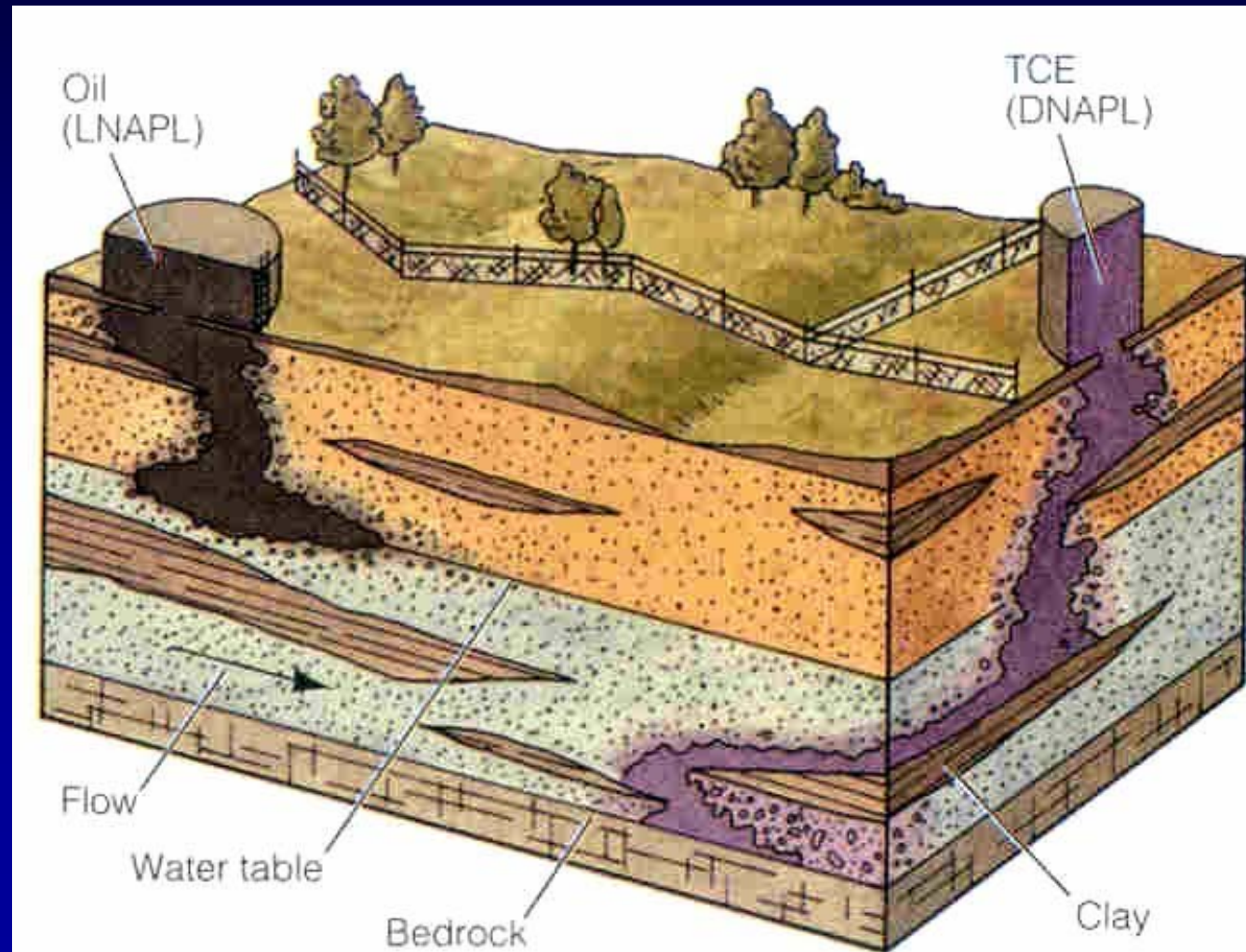
## Dekontaminace

Aktivní

Pasivní („nulová“  
varianta)

Přirozená atenuace  
(zeslabení, útlum)

Biostimulace



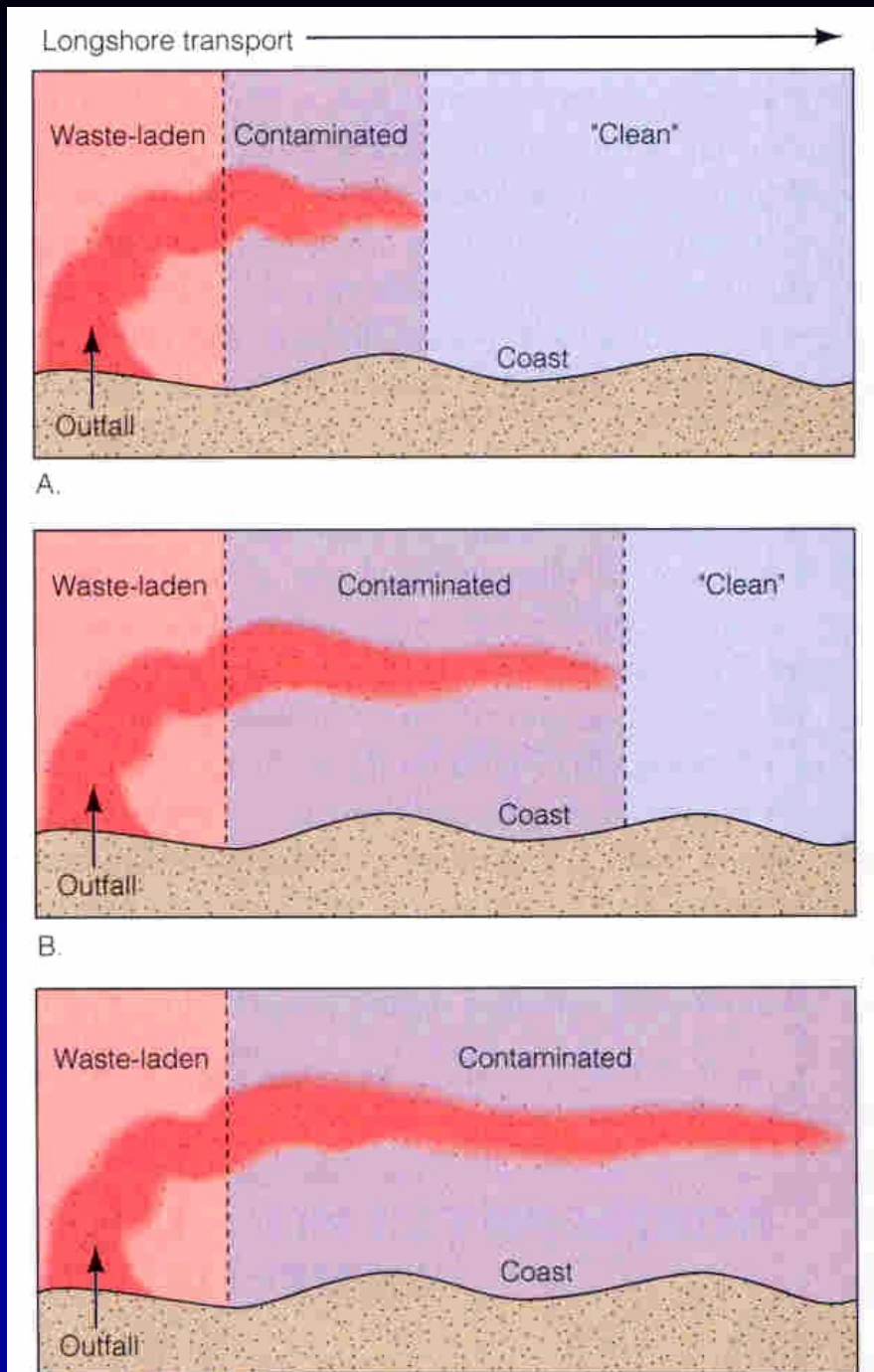
# Eutrofizace



Znečištění mořského prostředí  
„Všechno z kontinentů nakonec  
skončí v moři.“

Komunální odpad (patogenní  
viry mohou přežít v oceánské  
vodě až 17 měsíců)

Pobřeží



# Otevřený oceán

Vypouštění z lodí (balastní voda) a jejich havárie.

Exxon Valdez – březen 1989 Aljaška, 10 milionů galonů (4,54 l), 5 000 km pobřeží.

Malé úniky: ročně 17 EV do Středoziemního moře, ročně 6 milionů tun ropy do oceánů.



Galveston Bay,  
Texas, 1990.

John Vandermeulen:

„... existují tři mýty o ropných skvrnách, které je třeba vysvětlit:

**Zaprvé** – ropné skvrny je možné dostat pod kontrolu. Není.

**Zadruhé** – roponosné skvrny mohou být odstraněny. Nemohou.

**Zatřetí** – postižené prostředí je odsouzeno k záhubě. Není.“

Emulze.

