

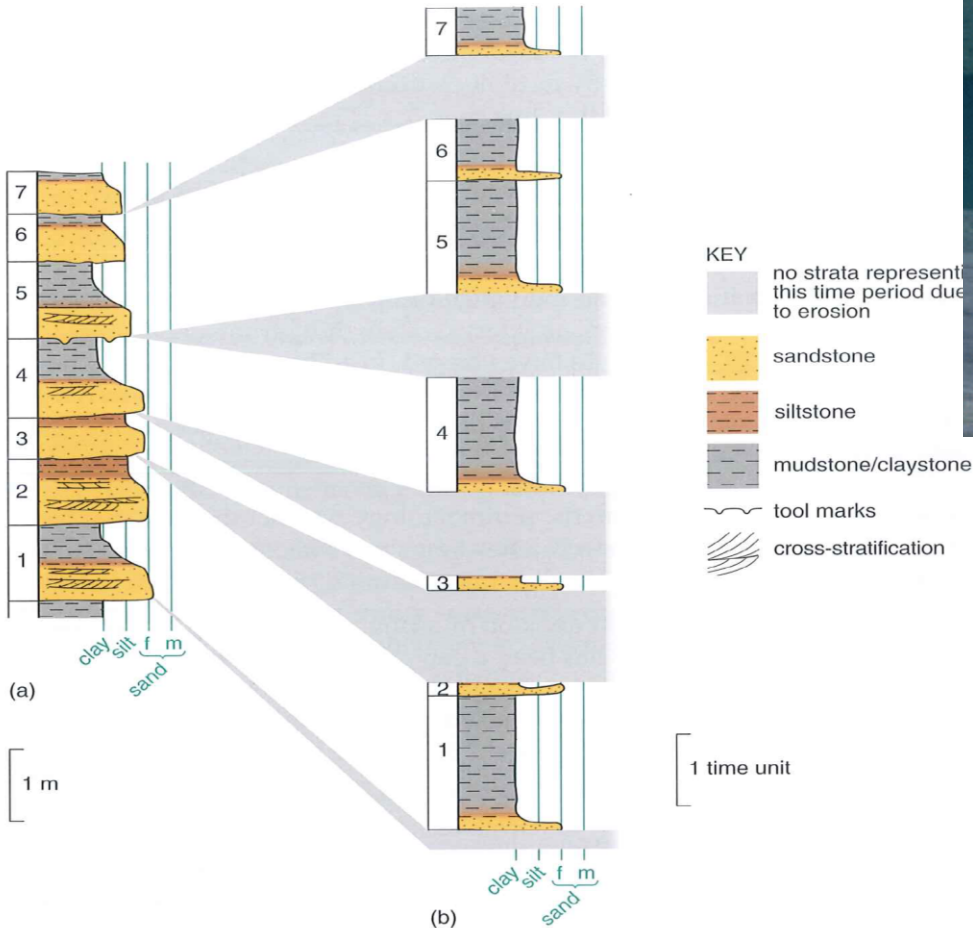
# Rychlost sedimentace

„... skutečný sedimentární záznam je většinou nic a jenom občas něco ...“, a to nejčastěji v poměru chybějícího záznamu a přímo existujícího sedimentárního záznamu mezi 50 : 1 až 500 : 1 (D. Ager)

## • Událostní vrstvy (např. turbidity)

- spodní oddíly boumovy sekvence vznik během vteřin až minut
- svrchní oddíly boumovy sekvence hodiny až dny (výše už depozice ze suspenze)

<https://www.youtube.com/watch?v=zHld82eT6uM>



# Rychlost sedimentace

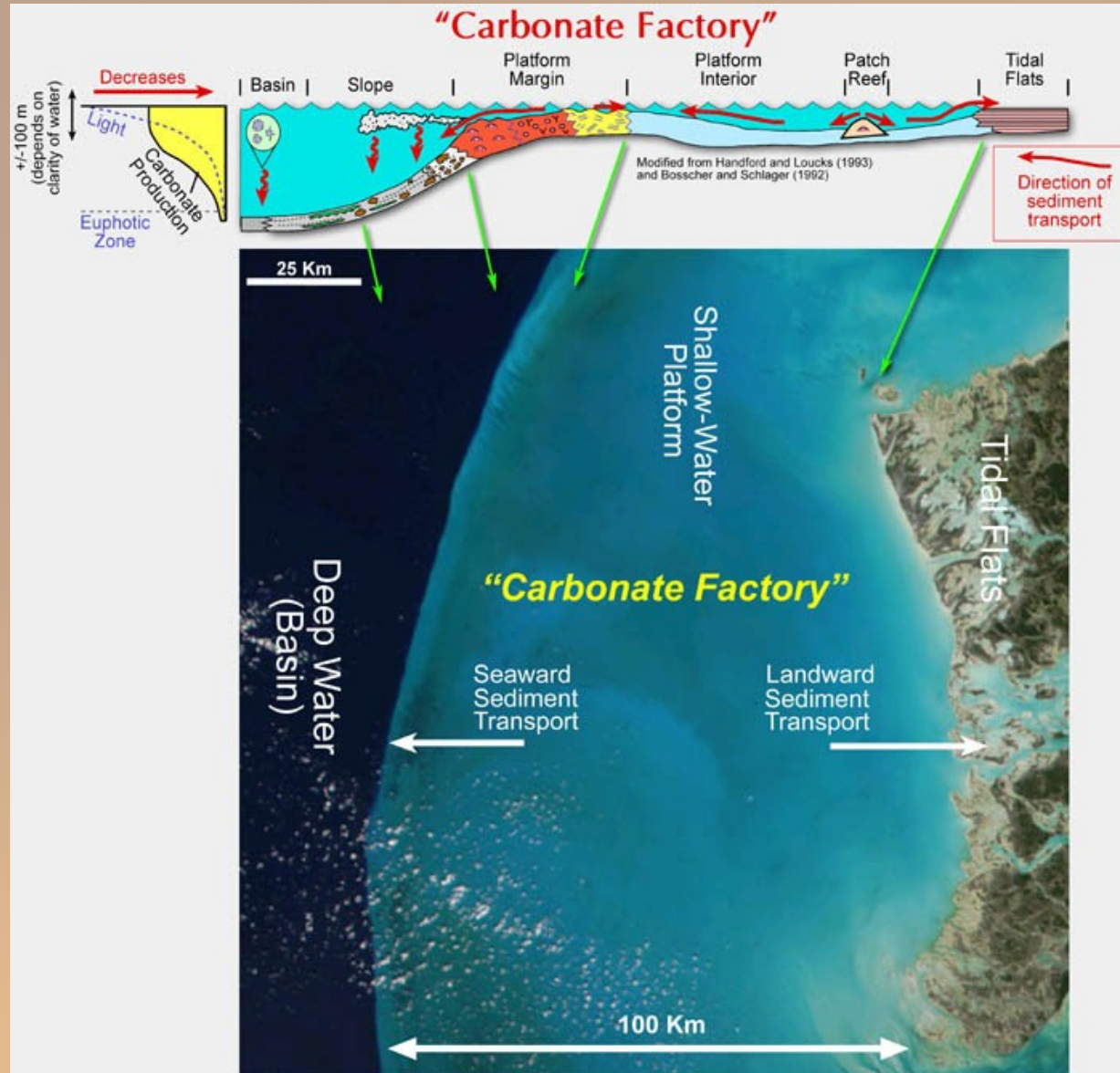
- **Poměrně rychlá fluviální sedimentace**

- cm/m za dny a roky (klidné x povodňové stavy toku)



# Rychlost sedimentace

- Poměrně rychlá karbonátová sedimentace – karbonátové továrny
  - m za tisíce let

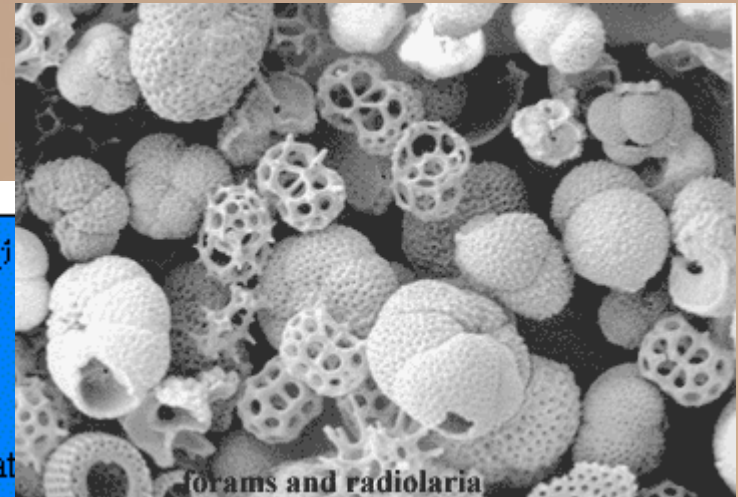
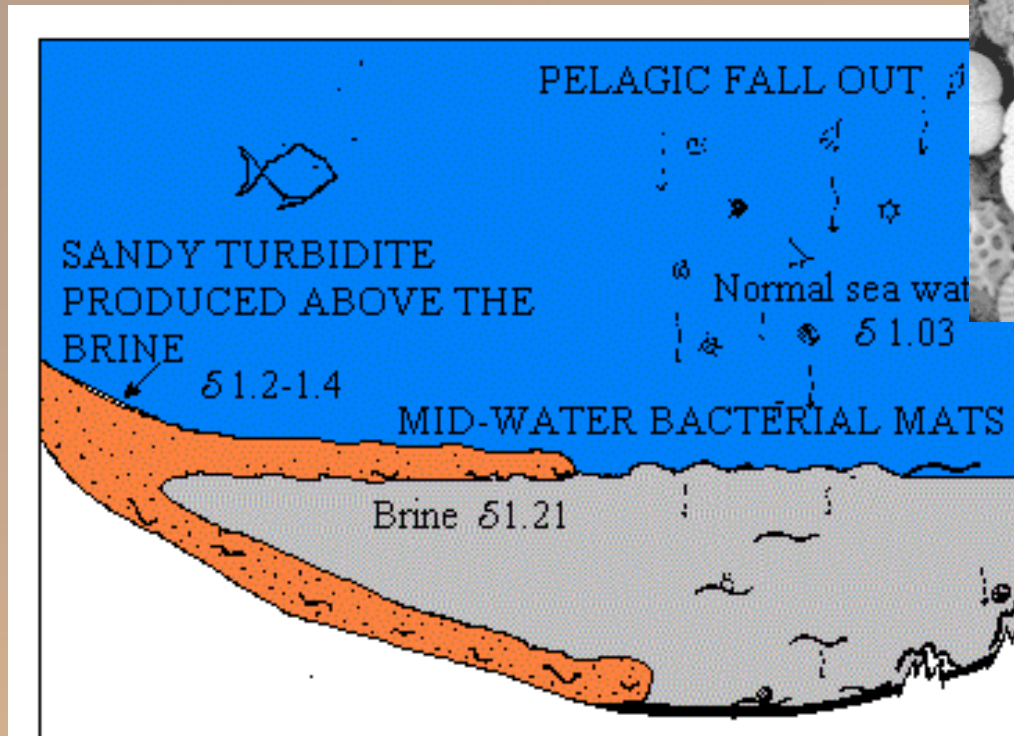


# Rychlost sedimentace

- **Pomalá sedimentace ze suspenze**

- cm za tisíce let

- (ale hojně rozpouštění)



# Klastické horniny

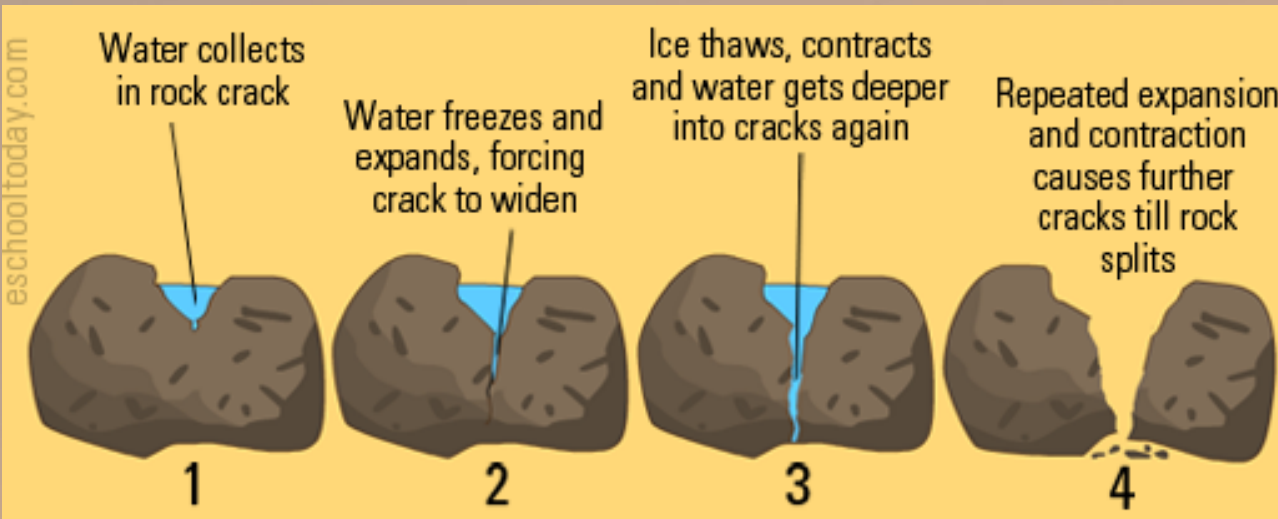
- Složené převážně ze zrn – klastů
- Klasy jsou uvolňovány mechanickým / chemickým zvětráváním
- V širším smyslu odráží složení klastik zvětrávací procesy, určené klimatem a geologií zdrojové oblasti
- Zdrojové oblasti jsou většinou elevace, ale mohou být i nížiny a pobřeží
- Složení klastik závisí na vzdálenosti mezi místem depozice a zdrojem + diagenese



# Mechanické zvětrávání

## Mrazové zvětrávání

- opakovaný cyklus mrznutí (zvětšování objemu o 9%) a tání (snižování objemu) vody



## Teplotní výkyvy

teplotní výkyvy > 30 stupňů Celsia, bez přítomnosti vody - různé koeficienty tepelné roztažnosti u různých minerálů

# Mechanické zvětrávání

## Odtížení horninových komplexů

- vyvřelé horniny - odstranění tíhy nadloží vede k roztažení horniny a odlučování, viz situace v nově ražených důlních chodbách

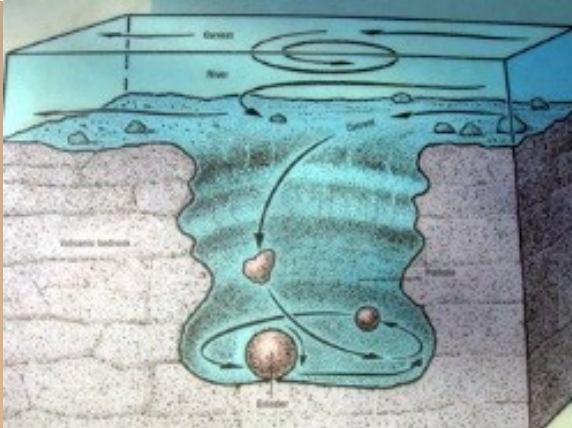
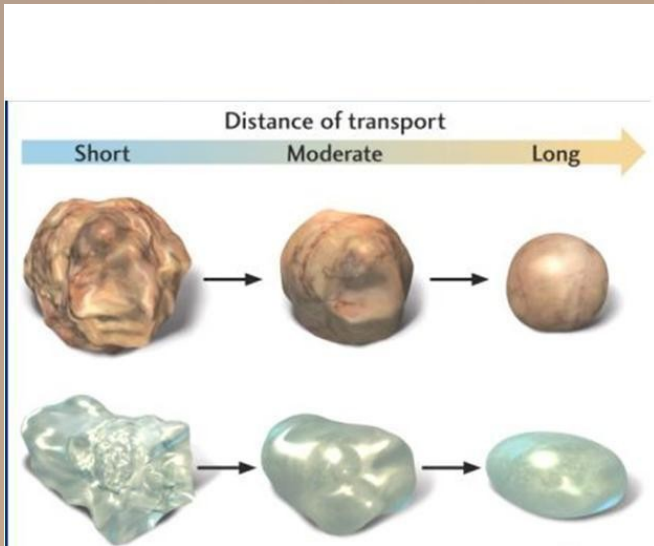




# Mechanické zvětrávání

## Eroze (abraze, koraze)

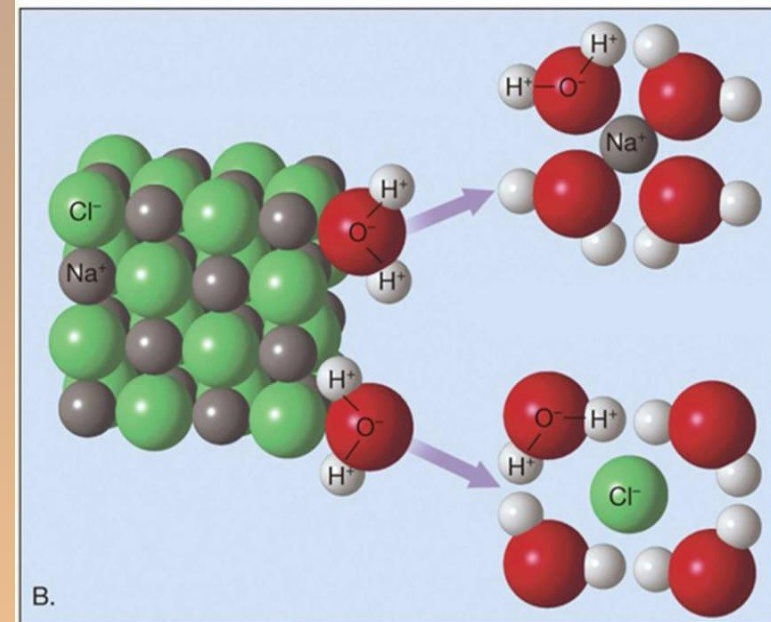
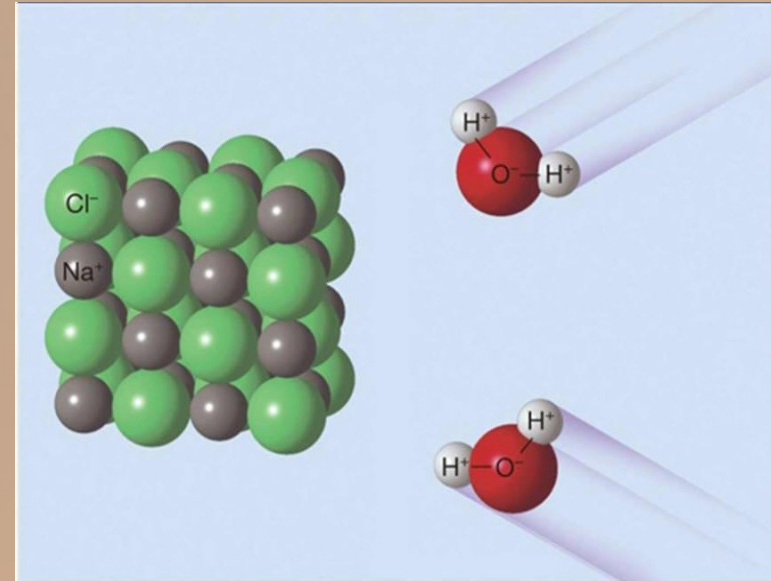
- obrušování hornin dynamikou nějakého média (voda, vzduch, led), které obsahuje pevné částice



# Chemické zvětrávání

## Rozpouštění

- rozpustnost ve vodě (halit)
- polární molekuly vody
  - na straně vodíku v  $H_2O$  je kladný náboj,
  - na straně kyslíku v  $H_2O$  je záporný náboj,
  - rozbití iontové vazby  $\rightarrow$  roztok
- většina minerálů je ve vodě nerozpustná
- rozpustnost závislá na pH, čím nižší pH vody, vyšší kyselost roztoku (obsah kationtu  $H^+$ ), tím rozpustnější
- obsah kyselin ve vodě - rozklad organické hmoty v půdě, obsah  $CO_2$  v atmosféře



# Chemické zvětrávání

## rozpuštění karbonátů ve slabých kyselých roztocích

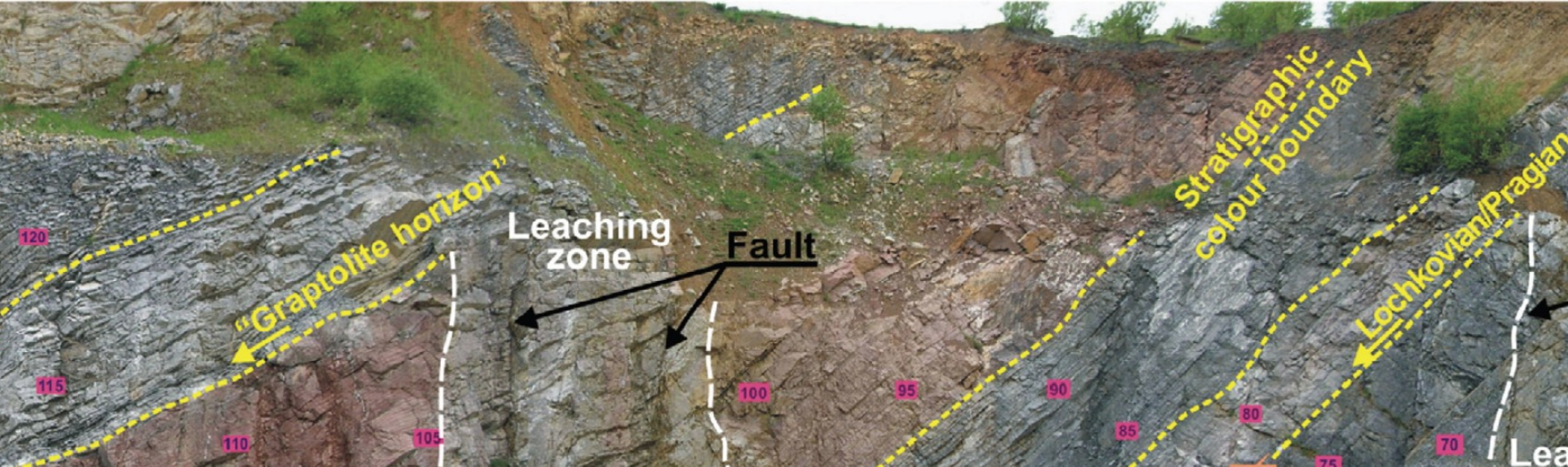
- $\text{CaCO}_3 + 2[\text{H}^+ + (\text{H}_2\text{O})] \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + 3(\text{H}_2\text{O})$
- kalcit + vodný roztok kyseliny  $\rightarrow$  iont vápníku (rozpuštěný) + oxid uhličitý + voda



# Oxidace a redukce

**OXIDACE:** zvyšování oxidačního čísla /valence/

- zpravidla kyslík rozpuštěný ve vodě, působí společně s hydrolyzou
- rozklad minerálů obsahujících železo - olivín, pyroxen, amfibol
- konečné produkty - oxidy a hydroxidy železa (hematit, goethit, limonit)
- $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$
- krystalové železo + kyslík  $\rightarrow$  hematit
- $4\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{Fe}_2\text{O}_3$
- $(\text{Fe}^{2+}) (\text{Fe}^{2+}) \rightarrow (\text{Fe}^{3+})$
- Degradace organické hmoty



# Oxidace a redukce

- **REDUKCE:** snižování oxidačního čísla /valence/
- Např. vznik pyritu redukcí železitého iontu na železnatý ion
- Zachování organické hmoty



# Hydratace

- Příjem molekuly vody
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{FeOOH}$
- Hematit + voda  $\rightarrow$  goethit

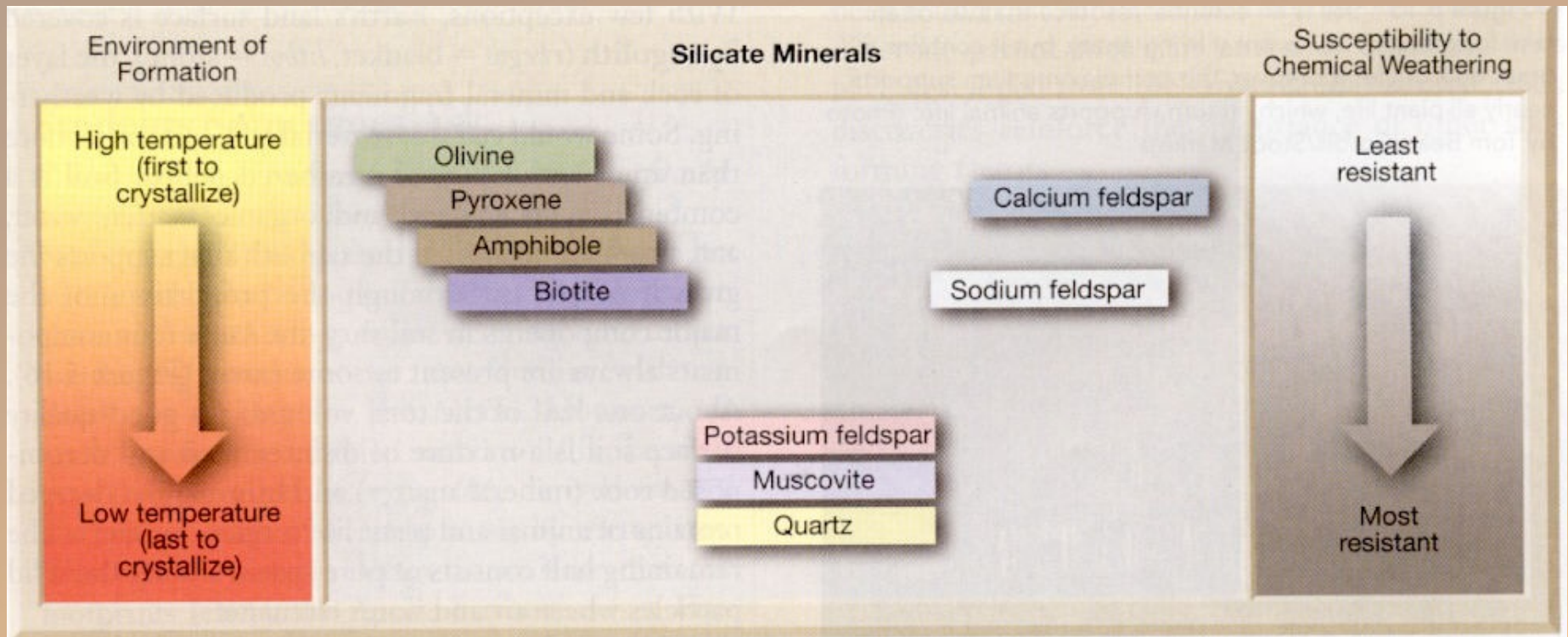
# Produkty chem. zvětrávání

## Minerál podléhající zvětrávání    Produkty zvětrávání

Křemen	křemen, rozpuštěný křemík (molekula kyseliny křemičité)
Živce	jílové minerály, ionty Ca, Na, K, rozpuštěný křemík
Muskovit	jílové minerály, ionty Na, K, rozpuštěný křemík, gipsit
Biotit	jílové minerály, oxidy železa, K, Mg, Fe, rozpuštěný křemík
Amfiboly	oxidy železa, ionty Na, Ca, Fe, Mg, jílové minerály, rozpuštěný křemík
Pyroxeny	oxidy železa, ionty Ca, Fe, Mg, Mn, jílové minerály, rozpuštěný křemík
Olivín	oxidy železa, ionty Fe, Mg, rozpuštěný křemík, jílové minerály
Granáty	ionty Ca, Mg, Fe, oxidy železa, rozpuštěný křemík
Alumosilikáty	jílové minerály, křemík, gipsit
Magnetit	hematit, goethit, limonit
Kalcit	ionty Ca, ionty HCO <sub>3</sub> -
Dolomit	ionty Ca a Mg, ionty HCO <sub>3</sub> -
Železité karbonáty (siderit, ankerit)	ionty Ca, Mg, Fe, oxidy železa, ionty HCO <sub>3</sub> -

# Goldrichovo schéma

- **Stabilní minerály (Q, muskovit)**
- **nestabilní minerály (ostatní)**





# Sedimentární částice - zrna

## Částice mechanicky unášené kapalinami – sedimentární částice

- Nejběžnější : křemen, jílové minerály
- Běžné: živce, kalcit, aragonit: ( $\rho = 2650 \text{ kg/m}^3$ )
- Další: slídy, amfibol, pyroxeny, olivín

# Sedimentární částice - zrna

**Faktory, které ovlivňují uvedení částice do pohybu:**

- **Tvar částic**
- **Velikost částic**
- **Vytřídění částic**

# Transportní média - fluida

**Faktory, které ovlivňují uvedení částice do pohybu:**

- **hustota fluida ( $\rho$ )**

- **dynamická viskozita fluida ( $\eta$ )**

(vnitřní tření, závisící především na přitažlivých silách mezi částicemi)

- **Vzduch** ( $\rho = 12,2 \text{ kg/m}^3$ ), dynamická viskozita ( $\eta$ ) vzrůstá se vzrůstající teplotou
- **Voda** ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $r = 1025 \text{ kg/m}^3$ ), dynamická viskozita ( $\eta$ ) klesá s vzrůstající teplotou
- **Magma** ( $\rho = 2700 = 3100 \text{ kg/m}^3$ ), viskozita ( $\eta$ ) závislá na složení, obsahu vody

Nižší  $\eta$



Vyšší  $\eta$



# Fyzikální principy transportu

## Newtonovská kapalina (běžná směs voda-sediment)

-reologický model viskózní látky, která se řídí Newtonovým zákonem viskozity

-Smykové napětí (smyková síla na jednotku plochy) lineárně úměrné rychlostnímu gradientu  $dU/dy$  – smykové/deformační rychlosti

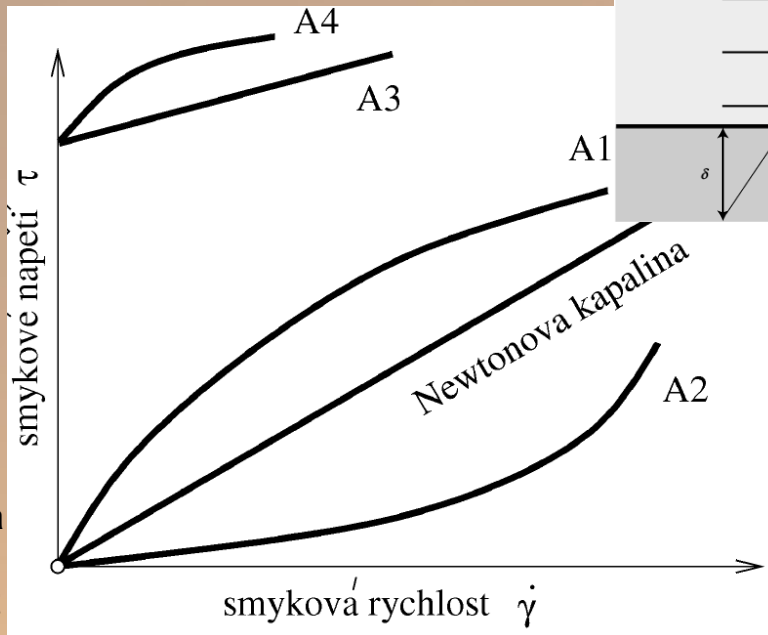
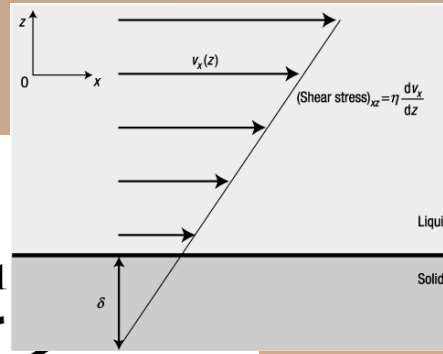
## •binghamovská plastická látka

(bahnotoky, lahary)

-rychlost deformace není úměrná napětí

-k deformaci dochází až po překročení meze smykového napětí

Zrádnost bažin je dána právě tím, že se bažina nechová jako newtonovská kapalina, ale jako tzv. binghamovská (plastická) kapalina. Bude-li tlak tělesa ponořeného v bažině malý, bude malé i smykové napětí, kapalina nebude téci a bažina se bude chovat jako pevné těleso. Překročí-li ale tlak jistou hodnotu, začne se bažina chovat jako binghamovská kapalina a těleso se bude nezadržitelně ponořovat, aniž by tomu mohla vztlaková síla zabránit

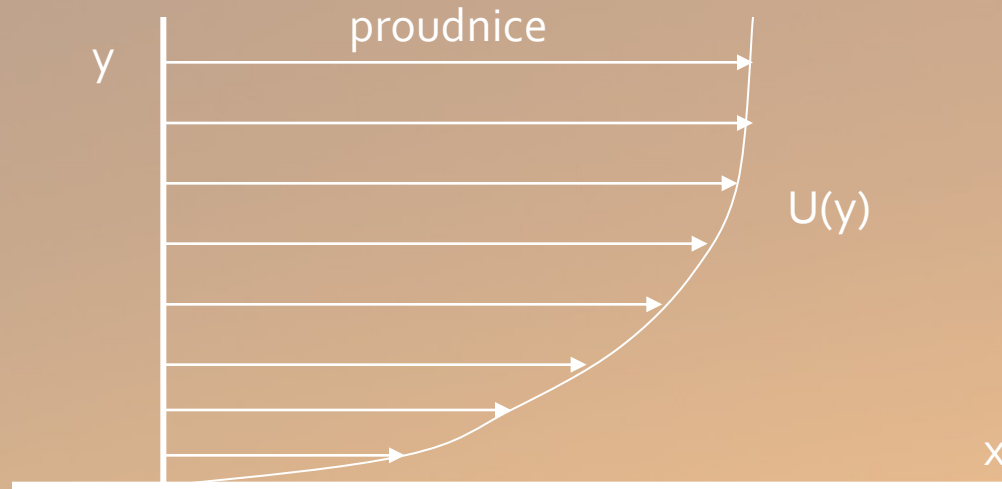


Obr. 4.3. Tokové křivky (křivky tečení) kapalin (A1 – pseudoplastická kapalina, A2 – dilatantní kapalina, A3 – Binghamova kapalina, A4 – Cassonova kapalina)

# Fyzikální principy transportu

## HRANIČNÍ VSTVA

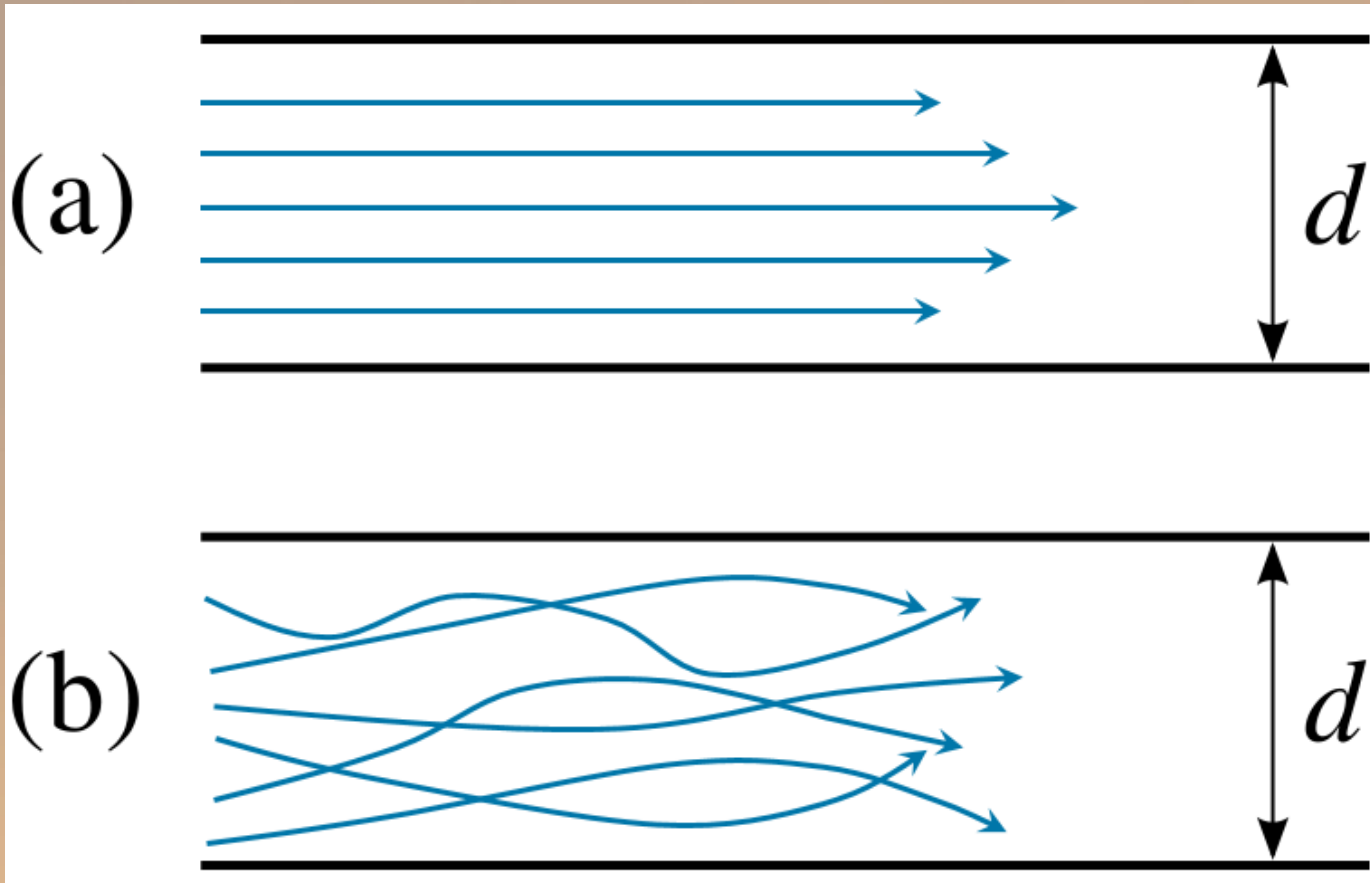
- zóna zpomalení kapaliny v blízkosti kontaktu s pevnou látkou (střihové napětí), se kterou je kapalina v relativním pohybu



## • laminární vs. turbulentní proudění

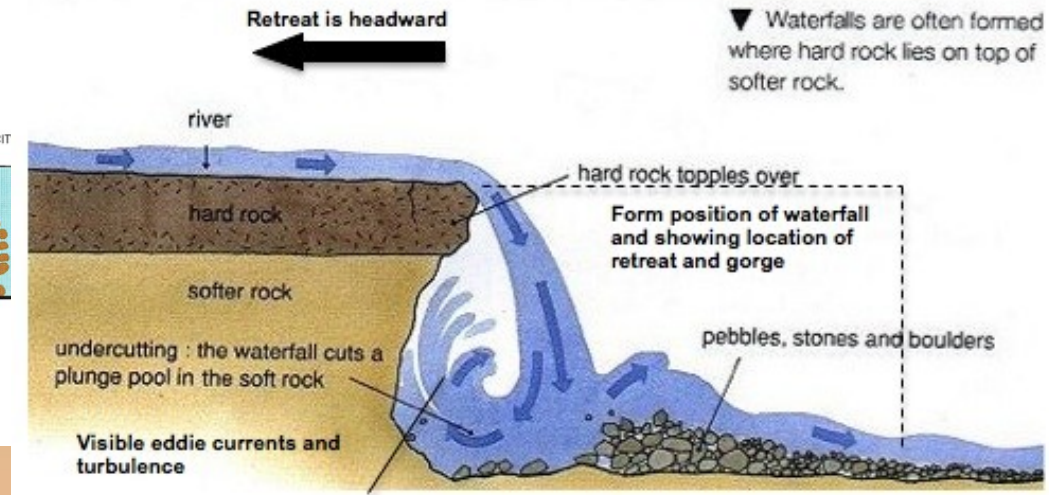
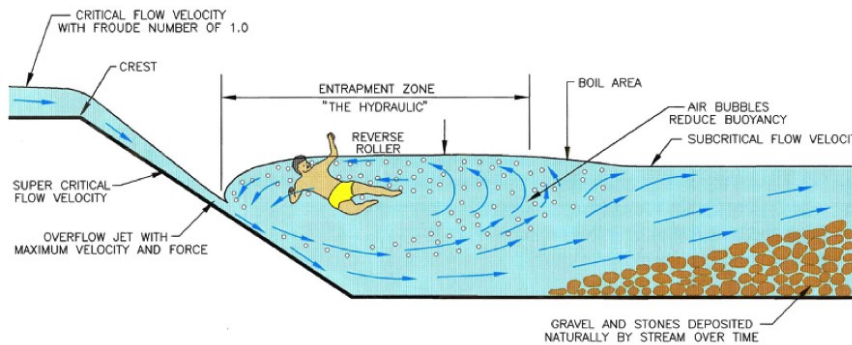
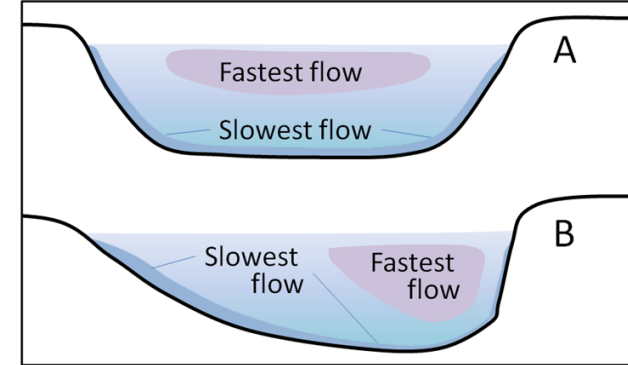
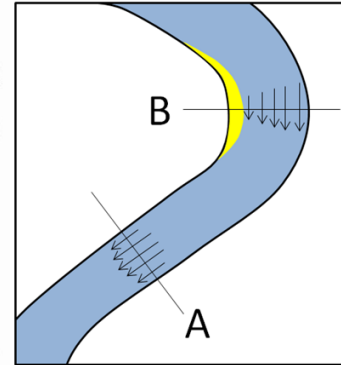
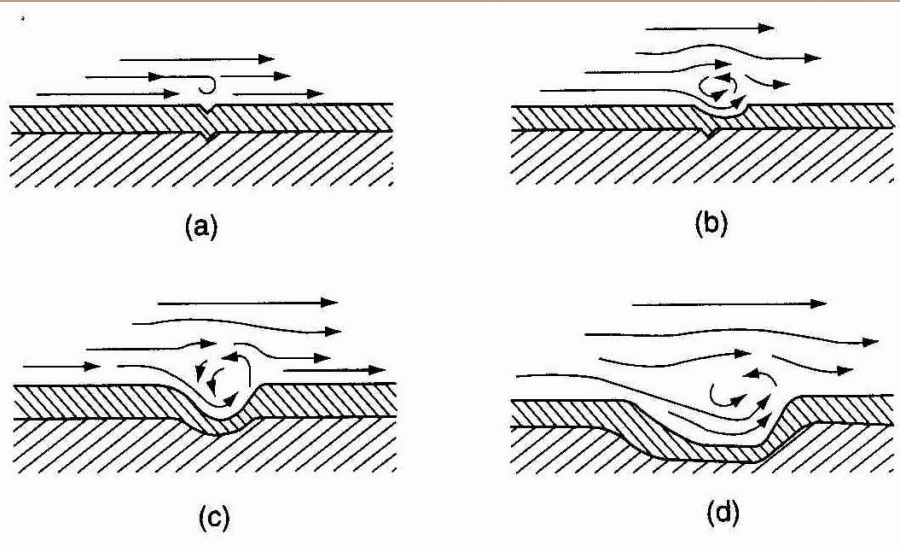
- **laminární** – částice proudí paralelně jedna k druhé a nemísí se

- **turbulentní** – vířivý/složitý/chaotický pohyb částic které se mísí



# • laminární vs. turbulentní proudění

- rychlé a turbulentní proudění vede k výrazné erozi



▼ Waterfalls are often formed where hard rock lies on top of softer rock.

Courtesy of Wright Water Engineers, Inc. and ASDSO.  
Source: Wright, Kenneth R., Kelly, Jonathan M., Houghtalen, Robert J., & Bonner, Mark R. "Emergency Rescues at Low-Head Dams." Paper presented at Dam Safety 1995, the 12th annual conference of the Association of State Dam Safety Officials, Atlanta, GA, September 1995.

# Fyzikální principy transportu

## Reynoldsovo číslo (Re)

**poměr setrvačné síly k viskózním silám v hraniční vrstvě**

- odpor prostředí v důsledku vnitřního tření
- bezrozměrná veličina,

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

$v$  - střední hodnota proudění kapaliny

$D$  - hydraulický průměr trubice

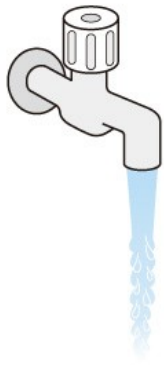
$\nu$  kinematická viskozita

Laminární proudění,  $Re < 0.1$

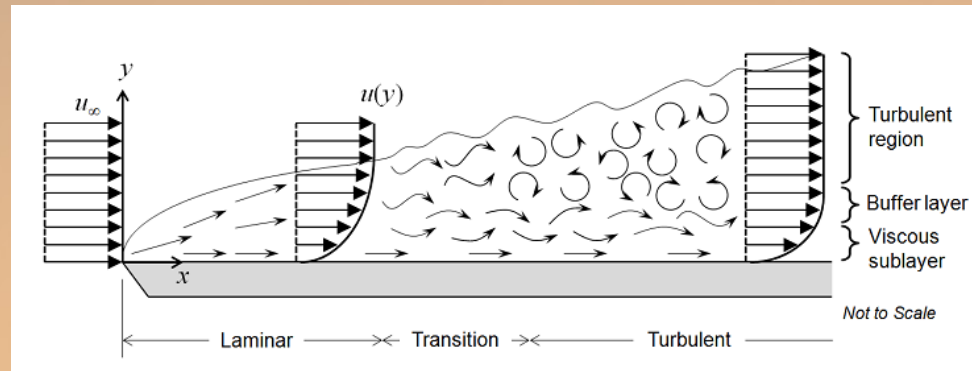
Přechod z laminárního do turbulentního proudění,  
 $Re \sim 40 - 120$



(a) Laminar flow



(b) Turbulent flow





# Fyzikální principy transportu

## Voda v otevřených kanálech: Froudovo číslo (Fr)

- v případě zanedbatelné hloubky kanálu vzhledem k šířce
- poměr inerních sil ( $U$  – střední průřezová rychlost = sklon, tření, hydraulický poloměr) ke gravitačním silám během toku

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}}$$

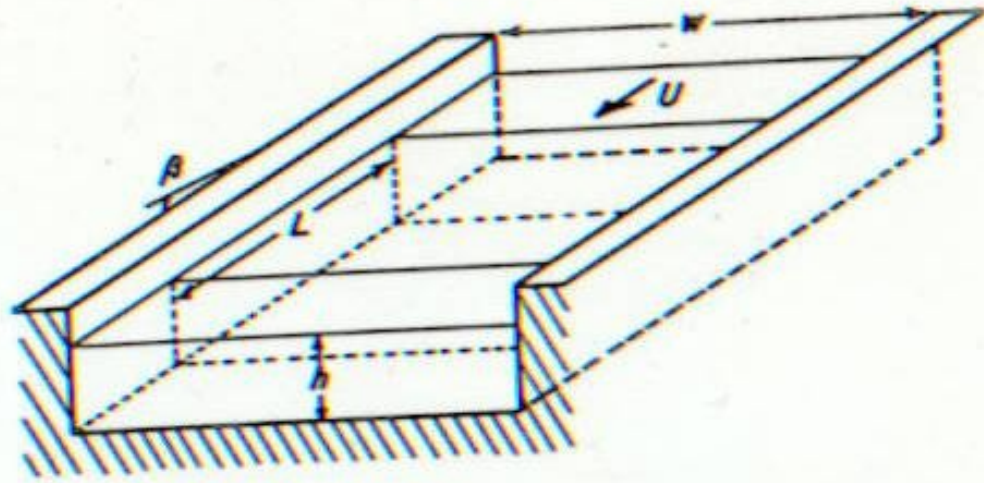


Fig. 1-12. Definition diagram for fluid flow in an open channel.

# Fyzikální principy transportu

- $Fr < 1$ ; subkritický tok



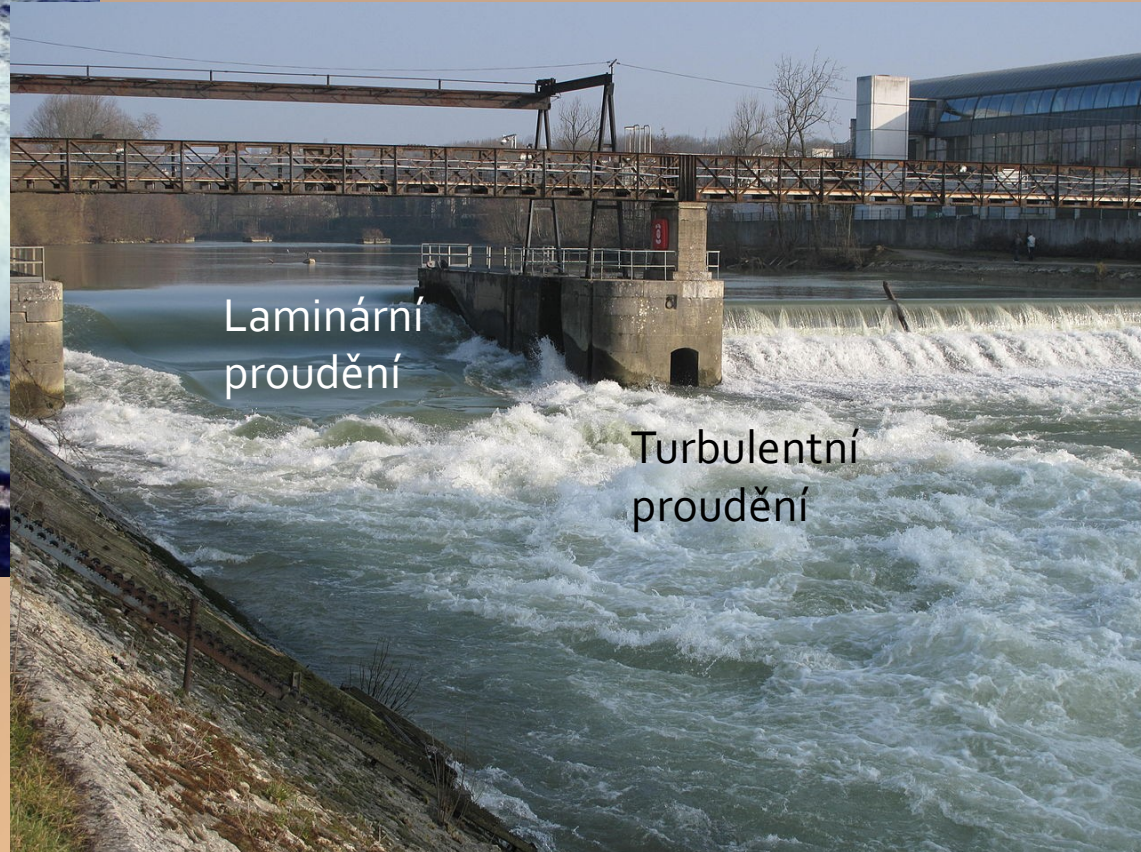
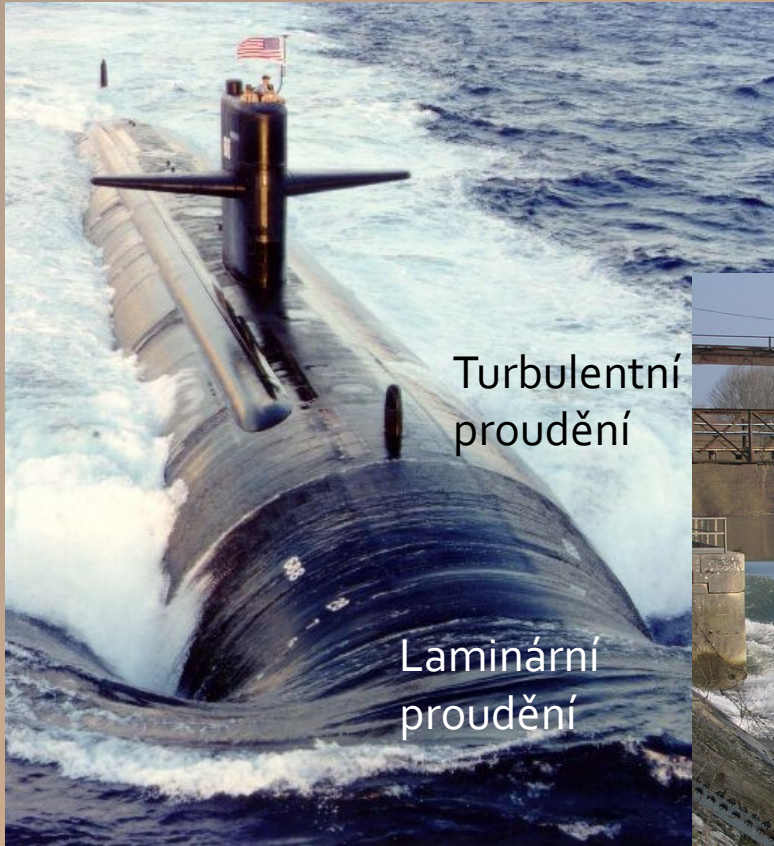
•



- $Fr > 1$ ; superkritický tok

# Fyzikální principy transportu

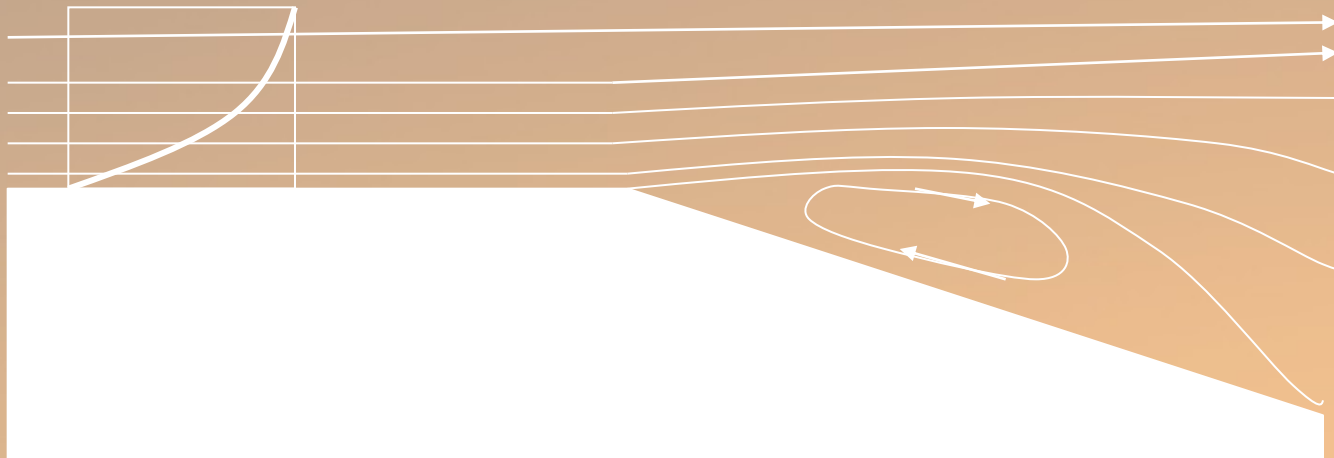
- **Reynoldsovo číslo: laminární vs. turbulentní proudění**



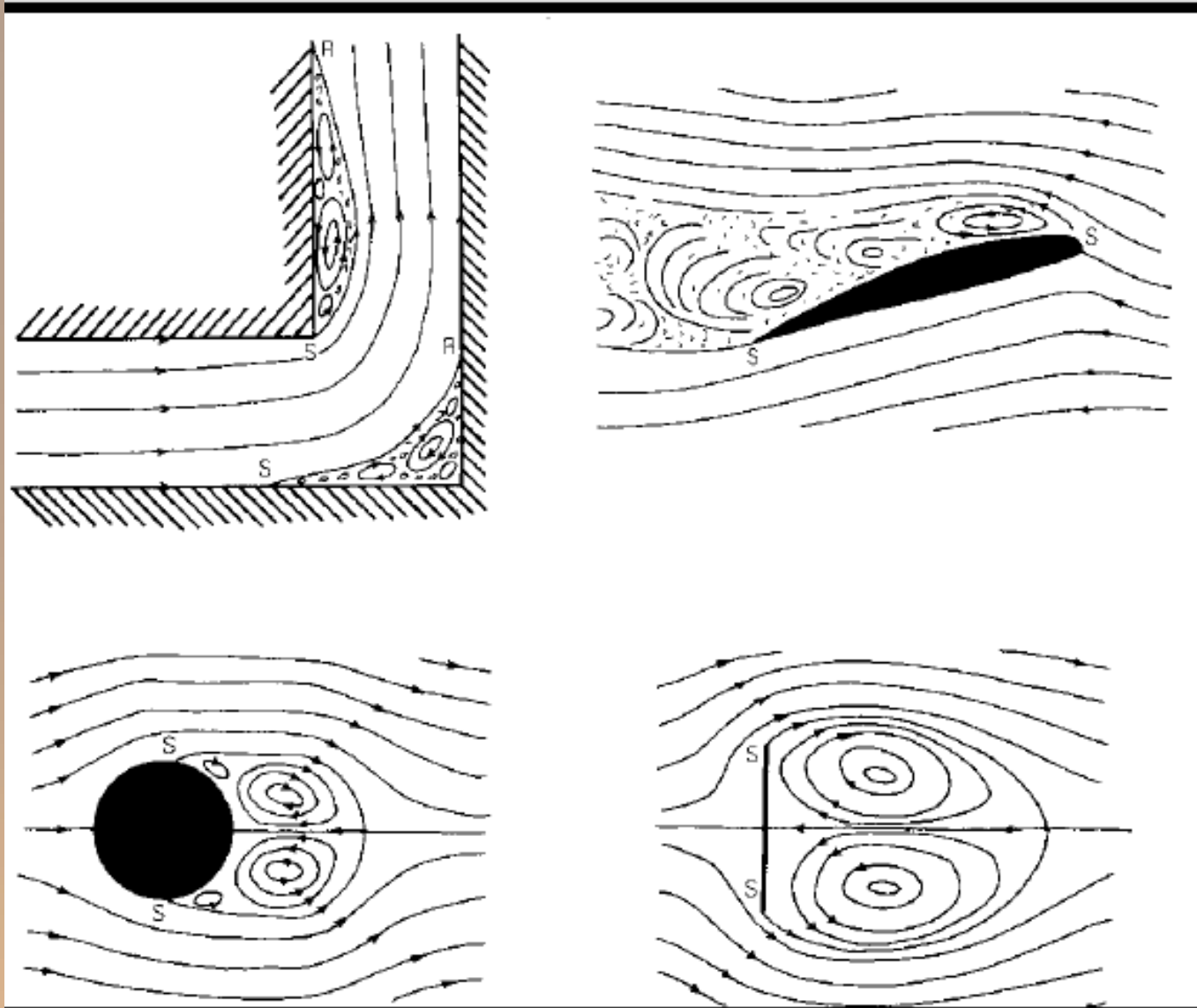
# Fyzikální principy transportu

## Separace toku

- V hraniční vrstvě částice kapaliny, které jsou nejbližší podloží (dnu) nebo přímo na dně, mají nejnižší kinetickou energii
- Tyto částice budou silně ovlivněny při změně rychlosti toku (zpomalení, zrychlení) nebo v místě změny sklonu dna
- Zpomalení / ohyb dna směrem dolů -> tyto částice se zastaví nebo se dokonce začnou pohybovat zpět, nahromaděná kapalina nutí hlavní tok téci výše ode dna a vyvine se zpětný proud („vír“) – separace proudu
- Proudnice se oddělí ode dna
- <https://www.youtube.com/watch?v=TOUylg7Eyec> 0:30; 9:40



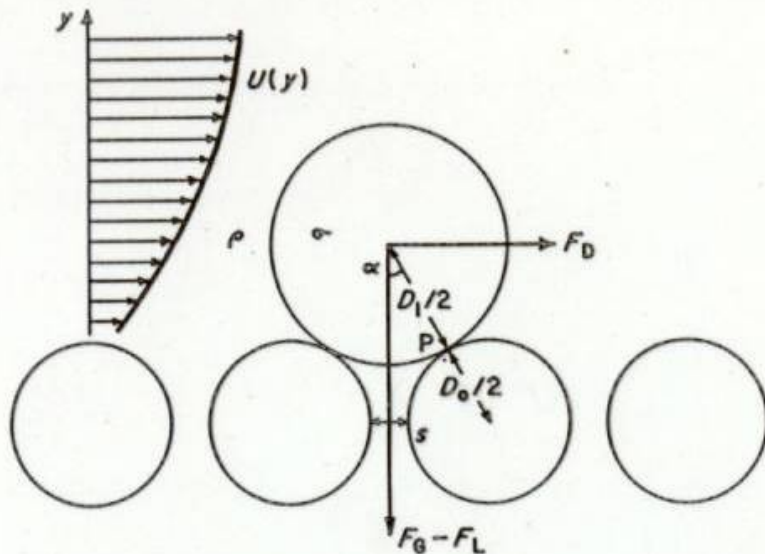
# Fyzikální principy transportu



# Fyzikální principy transportu

## Mechanismy uvádění částic do vnosu

- **strhávání částic z nesoudržného podloží (nezpevněný písek)**
- smykové napětí na prahu pohybu **stoupá se stoupajícím hustotním rozdílem** částice a vody, průměrem (**velikostí**) částice  $D_1$ , poměrem průměrů  $D_0/D_1$  a volnou vzdáleností ( $s$ )



$$F_D \cos \alpha = (F_G - F_L) \sin \alpha$$

$F_D$  = síla ve smyku

$F_G$  = tíha částice

$F_L$  = vztlak částice  
ponořené v kapalině

Fig. 2-3. Definition diagram for the entrainment of cohesionless grains from a cohesionless bed acted on by a steady fluid flow.

# Fyzikální principy transportu

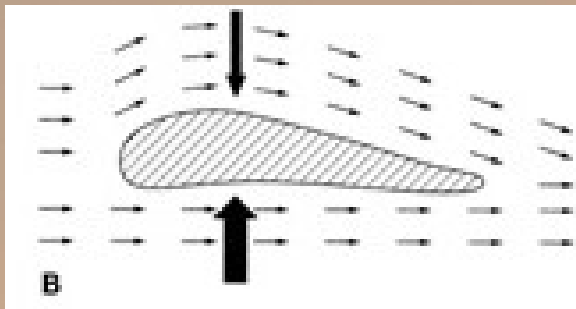
## Mechanismy uvádění částic do vznosu

### Vlek

probíhá paralelně se substrátem = smykové napětí

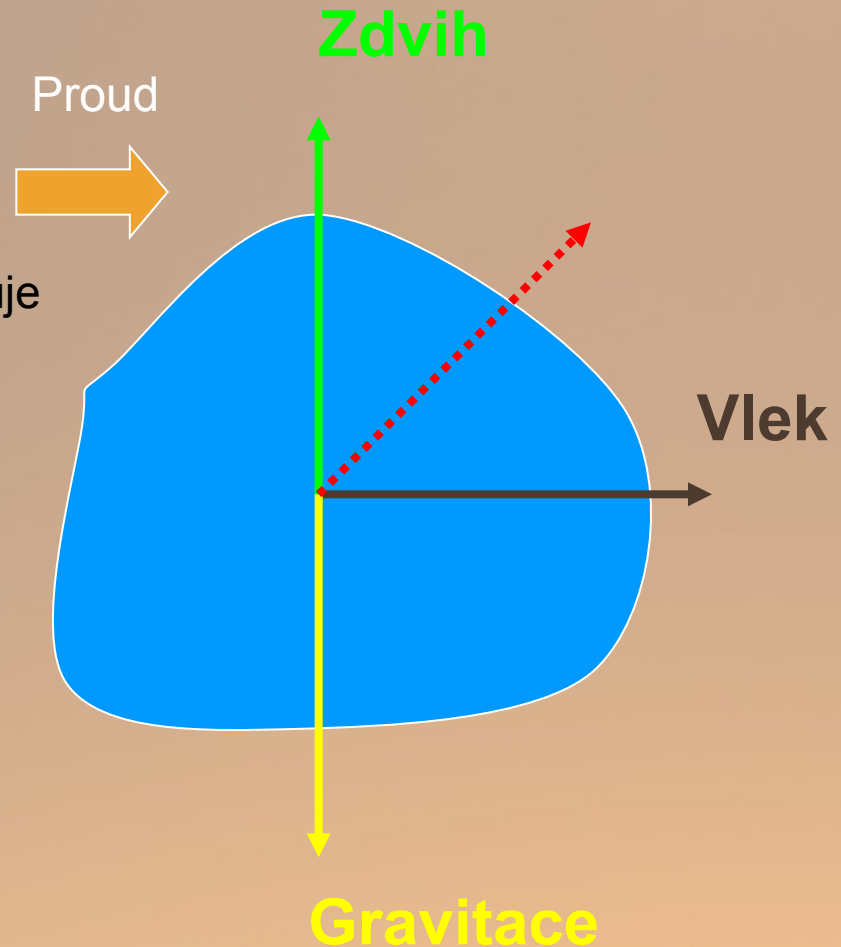
### Zdvih

- Bernoulliho efekt - proud kolem zrna způsobuje nad zrnem pokles tlaku



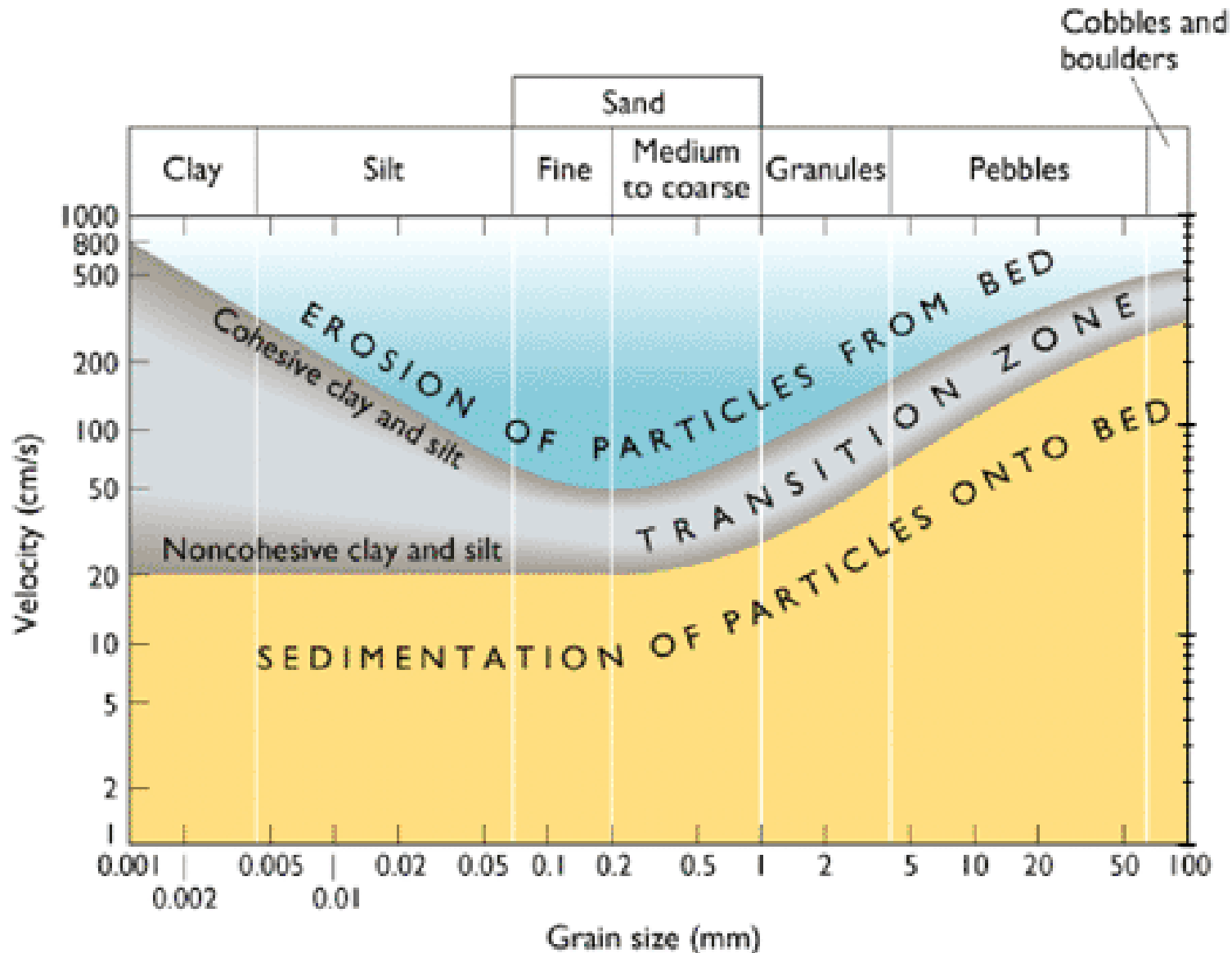
Částice se hýbe pokud:

$Zdvih + vlek > gravitace$



# Hjulströmová křivka

Rychlost proudění vody vs. velikost zrna





# Fyzikální principy transportu

## Mechanismy uvádění částic do vznosu

### **KORAZE**

- strhávání částic ze soudržného (kohezního) podloží (jíl, pevné horniny)
- Laminární vs. turbulentní proudění

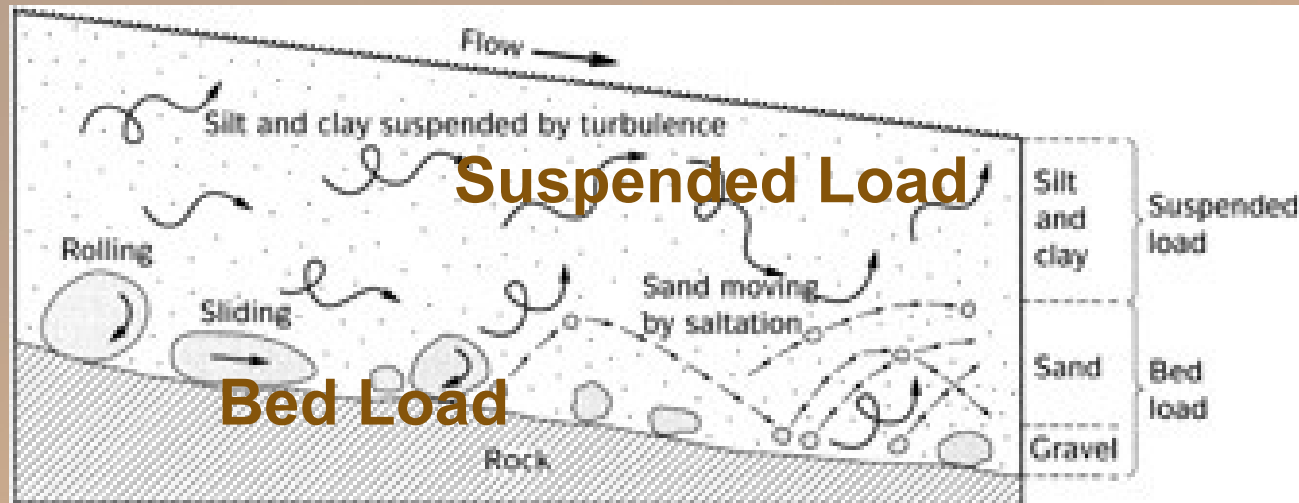
# Fyzikální principy transportu

- **Saltace**

<https://www.youtube.com/watch?v=xc4bbbwUnNE>

- **Trakce**

<https://www.youtube.com/watch?v=XvG6lwm0F3g>



**Bed load – materiál transportovaný trakcií a saltací**

<https://www.youtube.com/watch?v=O9GVRKnMch8>

# Fyzikální principy transportu

- **Sedimentární stavby/textury (structures):** síla proudění (smykové napětí vs. velikost zrna)

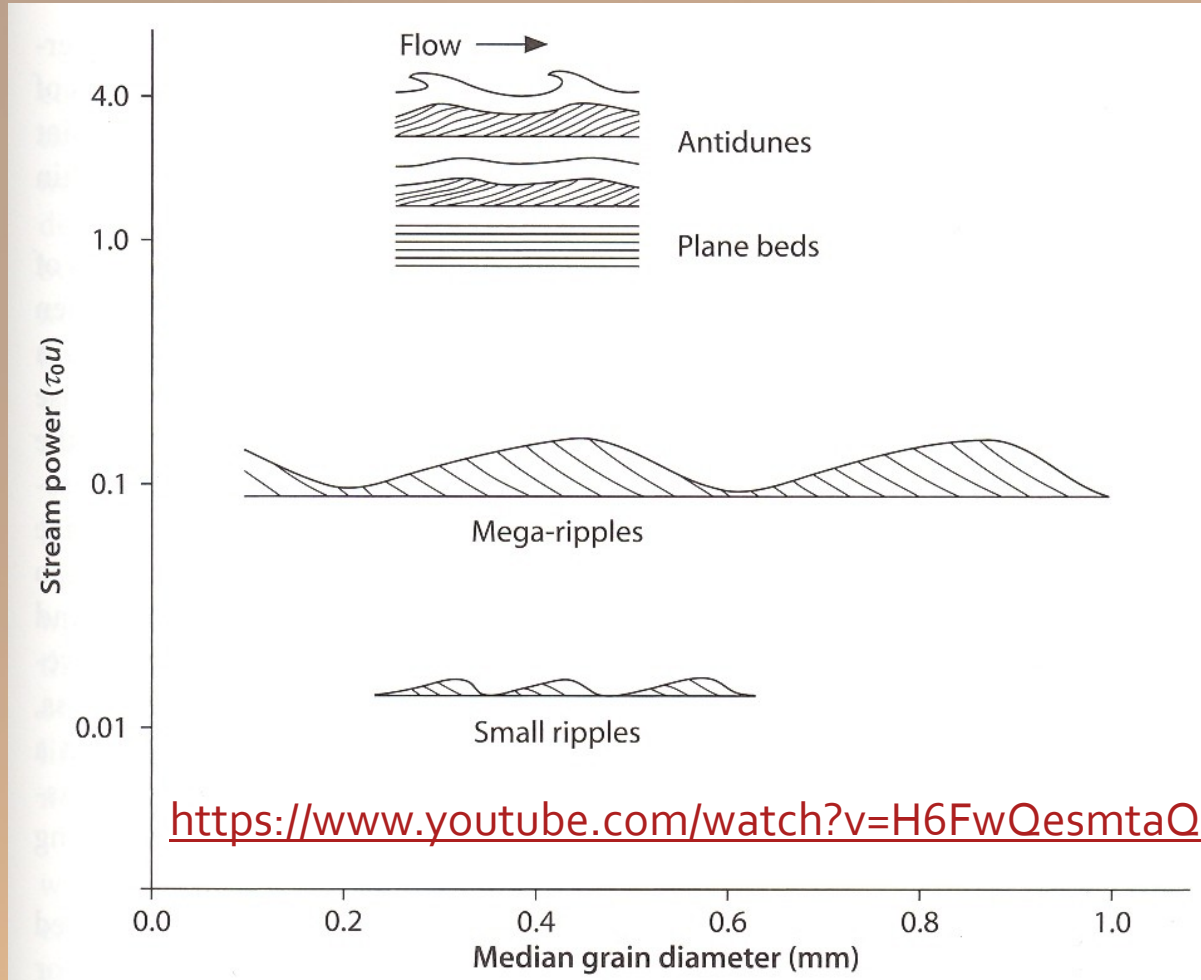
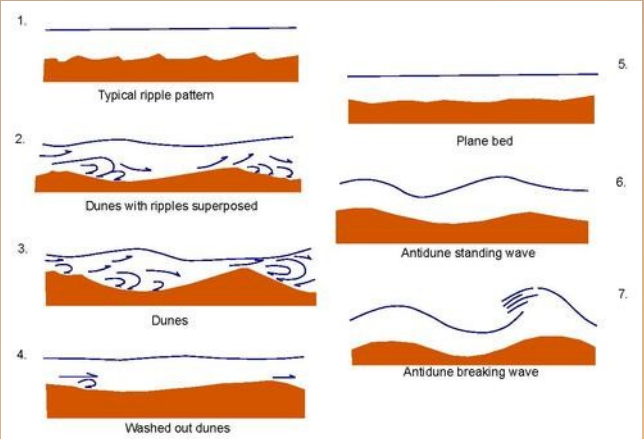
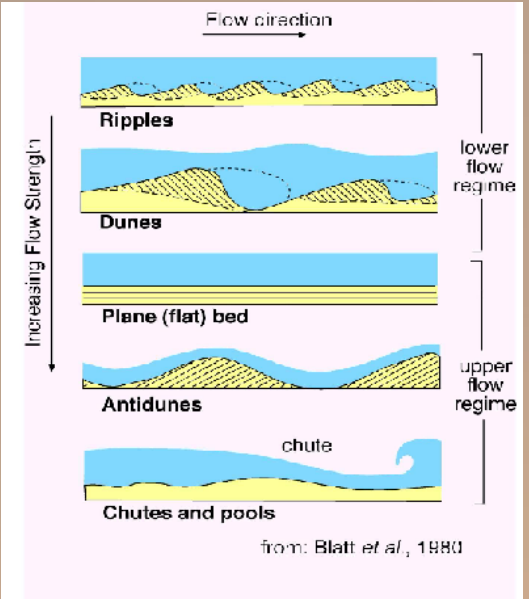
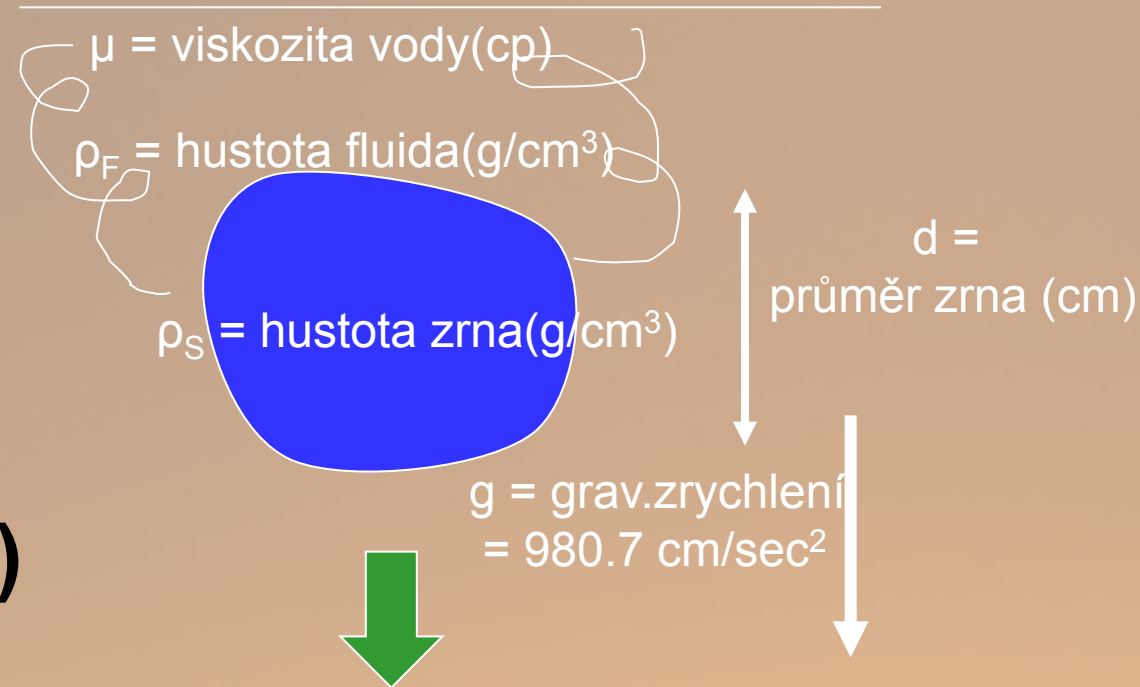


Fig. 7.4. Bedform and stream power (after Allen 1970). With an increase of stream power, the bedform of a stream channel or flume underlain by unconsolidated sediments changes from small ripples to mega-ripples, to plane beds to antidune

# Fyzikální principy transportu

- Rychlost částice klesající ke dnu: Stokesův zákon



$\mu$  = viskozita vody(cp)  
 $\rho_F$  = hustota fluida(g/cm<sup>3</sup>)  
 $\rho_S$  = hustota zrna(g/cm<sup>3</sup>)  
 $d$  = průměr zrna (cm)  
 $g$  = grav.zrychlení  
= 980.7 cm/sec<sup>2</sup>

$$V = \frac{gd^2 (\rho_S - \rho_F)}{18\mu}$$

$V =$   
Rychlost klesání (cm/sec)

- $g$  – konstanta,  $\mu$ ,  $\rho_S$ ,  $\rho_F$  nejsou sice pravé konstanty, ale v normálním prostředí s běžnými zrny je za ně můžeme považovat
- $V$  je tedy úměrný k průměru zrna<sup>2</sup>

# Fyzikální principy transportu

- Rychlost částice klesající ke dnu: Stokesův zákon

Grain diam. ( $\mu\text{m}$ )	Time to fall 1 m	V (cm/sec)
60	5 mins	0.223
30	30 mins	0.0558
8	7 hrs, 48 mins	0.00349
2	5 days, 6 hrs	0.000217
0.5	89 days	0.000013

Jak mohou klesnout jíly na dna oceánů?

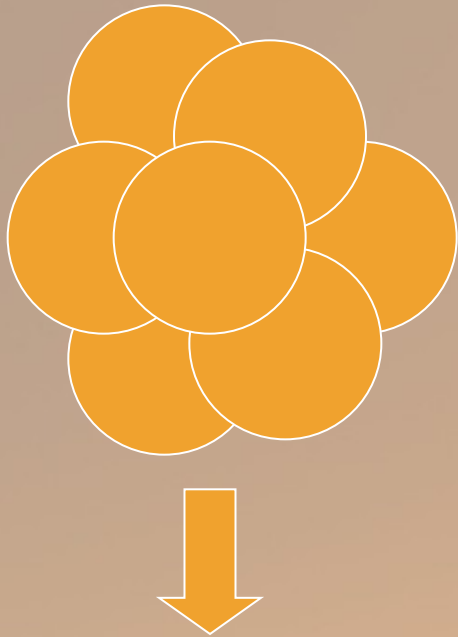
# Fyzikální principy transportu

## Vločkování jílových minerálů

Van der Waal'sovy vazby

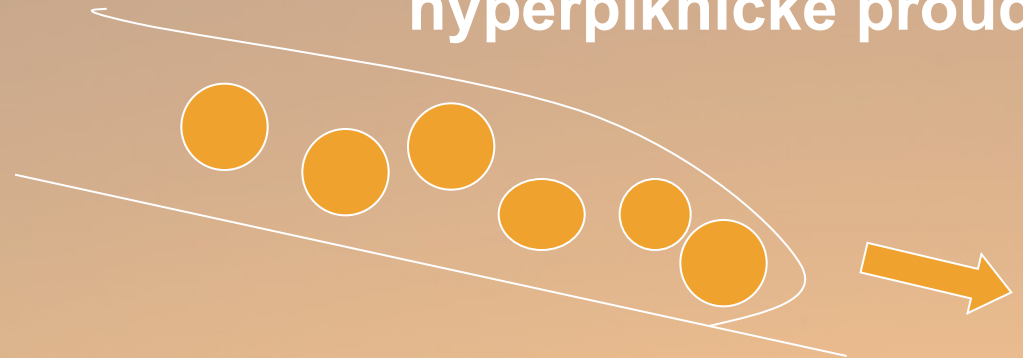
Turbulence

Fekální pelety (např. ryb)



## Turbiditními proudy

hyperpiknické proudy



# Fyzikální principy transportu – hustotní proudy

- Vznikají při vtoku kapaliny o určité hustotě do jiné kapaliny o jiné hustotě

mesopyknický proud

hyperpyknický proud ( $r_1 > r_2$ )

hypopyknický proud ( $r_1 < r_2$ )

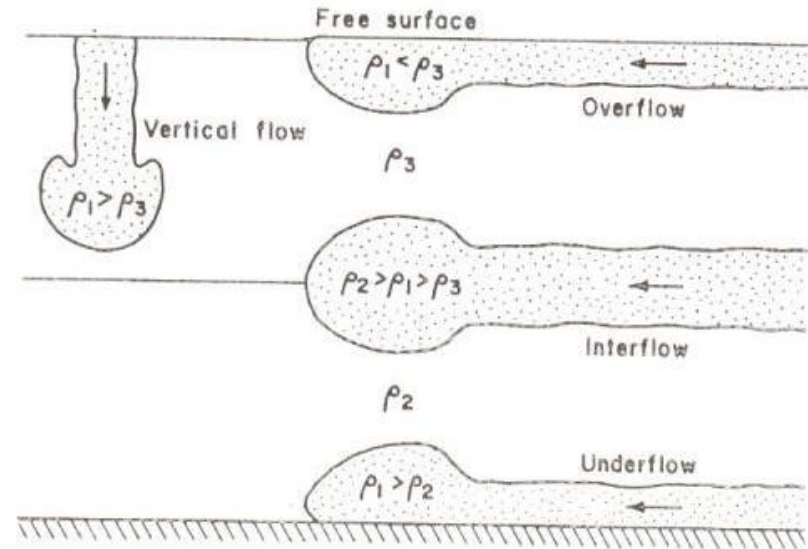


Fig. 1-25. Principal types of gravity current.

- $r_1$  = hustota vtékající proudící masy (hustotního proudu)
- $r_2$  = hustota stojící vodní masy

# Gravitační transport

## Bahnotoky, úlomkotoky

- Binghamovské plastické látky, soudržné, laminární proudění
- Uvedení do pohybu: překonání prahového smykového napětí: přetížení svahu, zemětřesení, likvefakce (zkapalnění), sesuvy
- Ukládání: snížení smykového napětí toku pod kritickou hodnotu (zpomalení toku), zmírnění sklonu svahu

## Sesuvy, skluzy, kamenné laviny

- Turbulentní proudění
- Uvedení do pohybu: překonání prahového smykového napětí: přetížení svahu, zemětřesení,
- Ukládání: snížení smykového napětí toku (zpomalení toku), zmírnění sklonu svahu

		EVENT TYPES	DEPOSITS	BEHAVIOUR
DEBRIS FLOW	COHESIVE		Debrite D	
CO-GENETIC FLOWS	TRANSITIONAL		'Linked' debrite LD	
SLURRY FLOW			'Banded' sandstone SF	
HIGH-DENSITY TURBIDITY CURRENT	NON-COHESIVE		HDT	
LOW-DENSITY TURBIDITY CURRENT			LDT	



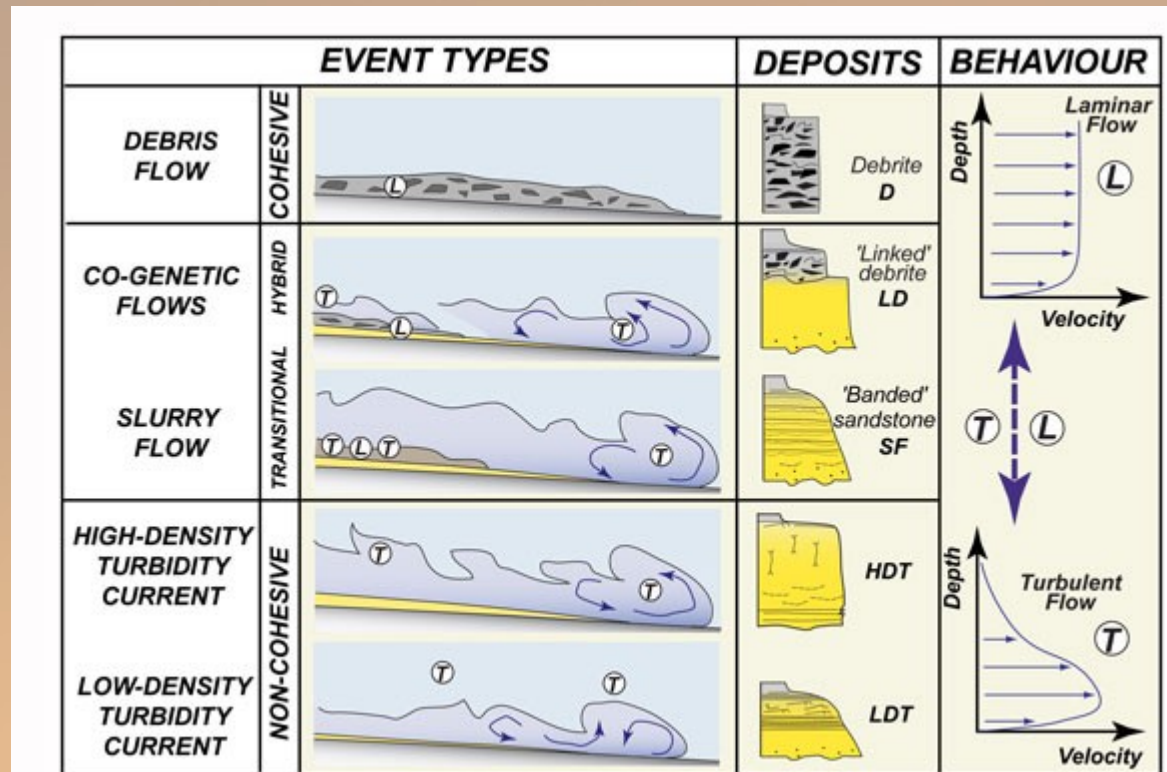
# Gravitační transport

## Zrnotoky

- Nesoudržné, turbulentní proudění
- Uvedení do pohybu: překonání prahového smykového napětí: přetížení svahu, zemětřesení,
- Ukládání: snížení smykového napětí toku (zpomalení toku), zmírnění sklonu svahu

## Turbiditní proudy

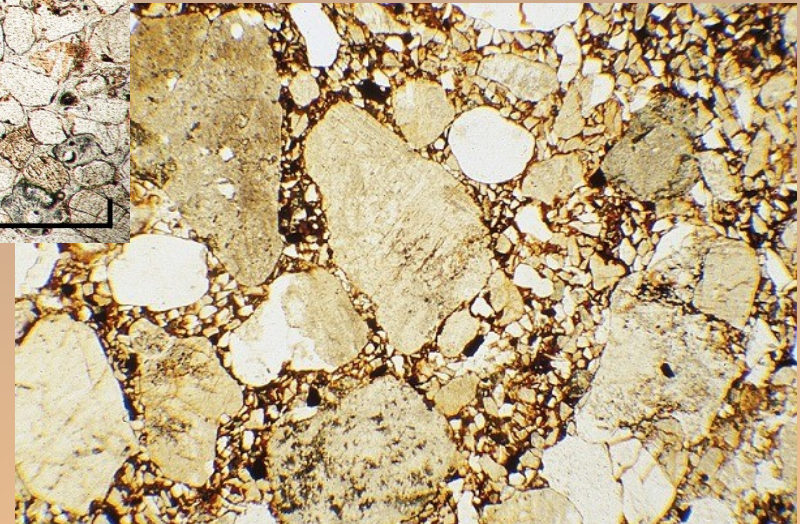
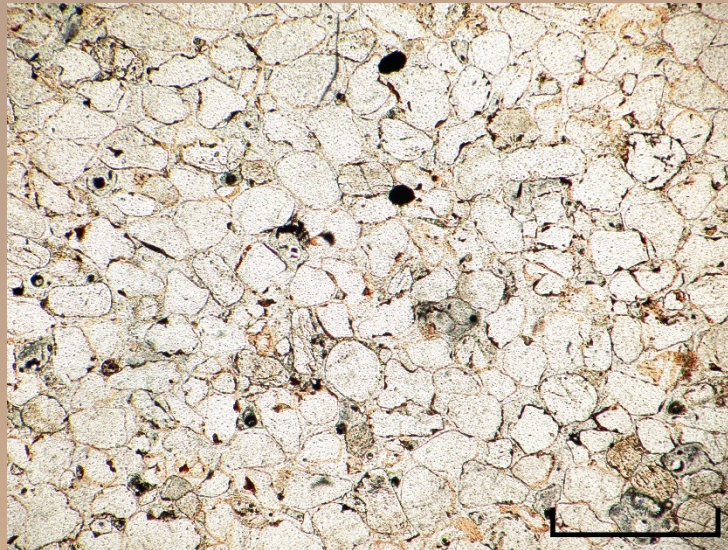
- Newtonovské kapaliny, turbulentní proudění
- Uvedení do pohybu: hustotní rozdíl kapalin: zvěření sedimentu ve vodě (zemětřesení, bouřky, podmořské sesuvy), povodně



# Sedimentární struktury = Sedimentary textures

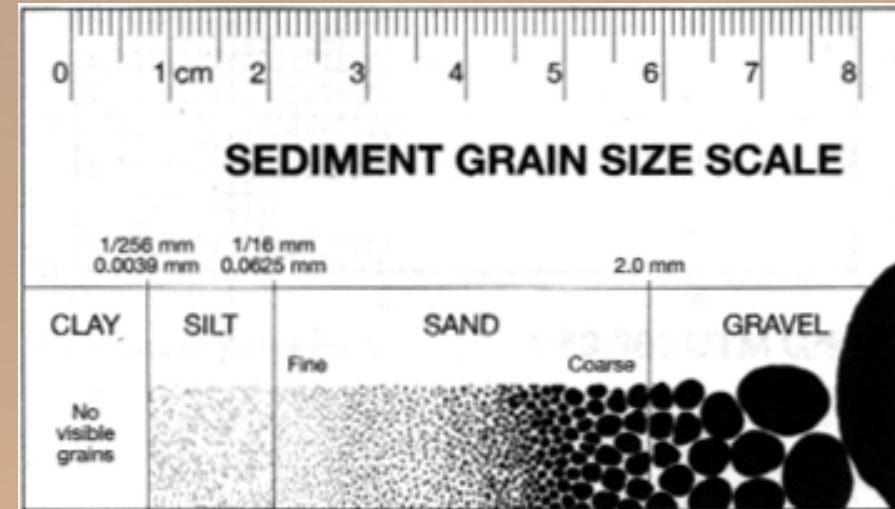
## Vztahy mezi zrny, zpravidla mikroskopické měřítko

- Velikost zrna
- Tvar zrna
- Vytřídění
- Porozita
- Permeabilita



# Velikost zrna (zrnitost)

- Základní deskriptivní parametr
- Udden–Wentworthova zrnitostní škála v mm



- Jednotka  $\Phi$  (f) logaritmická transformace velikosti zrna
- Jednodušší pro matematické operace

$$\Phi = -\log_2 d$$

**d = průměr zrna v mm**

# Velikost zrna (zrnitost)

balvany  
 valouny  
 valounky  
 granule  
 velmi hrubozrnný  
 hrubozrnný  
 písek středně zrnitý  
 jemnozrnný  
 velmi jemnozrnný  
 prach  
 jíł

Millimeters (mm)	Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\phi$ )	Wentworth size class	Rock type
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ breccia
256		-8.0	Cobble	
64		-6.0	Pebble	
4		-2.0	Granule	
2.00		-1.0	Very coarse sand	
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone
1/2	500	1.0	Medium sand	
1/4	250	2.0	Fine sand	
1/8	125	3.0	Very fine sand	
1/16	63	4.0	Coarse silt	
1/32	31	5.0	Medium silt	Siltstone
1/64	15.6	6.0	Fine silt	
1/128	7.8	7.0	Very fine silt	
1/256	3.9	8.0	Clay	
0.00006	0.06	14.0		Claystone

# Velikost zrna (zrnitost)

- V terénu zrnitost pískovců měříme/odhadujeme za použití lupy
- U konglomerátů a brekcií přímo měříme
- Přesné měření zrnitosti v laboratoři:
  - Nezpevněná klastika – síťování
  - Sedimentační metody – ukládací rychlost
  - Cementovaná klastika, vápence: výbrusy
  - měření velikosti zrn okulárovým měřítkem
  - digitálně (image analysis systems)

# Parametry zrnitosti

- Průměrná velikost zrna
- Modus
- Medián
- Vytřídění
- Špičatost (skewness)

**TABLE 3-1** DESCRIPTIVE MEASURES OF SEDIMENT-SIZE DISTRIBUTION ACCORDING TO SEVERAL AUTHORS

Measure	Trask†	Inman	Folk and Ward
Median	$Md = P_{50} \ddagger$	$Md_{\phi} = \phi_{50} \S$	$Md_{\phi} = \phi_{50}$
Mean	$M = \frac{P_{25} + P_{75}}{2}$	$M_{\phi} = \frac{\phi_{16} + \phi_{84}}{2}$	$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$
Dispersion (sorting)	$So = \frac{P_{75}}{P_{25}}$	$\sigma_{\phi} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$	$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$
Skewness	$Sk = \frac{P_{25}P_{75}}{Md^2}$	$\alpha_{\phi} = \frac{M_{\phi} - Md_{\phi}}{\sigma_{\phi}}$ $\alpha_{2\phi} = \frac{\frac{1}{2}(\phi_5 + \phi_{95}) - Md}{\sigma_{\phi}}$	$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - \phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$
Kurtosis	$K = \frac{P_{75} - P_{25}}{2(P_{90} - P_{10})}$	$\beta_{\phi} = \frac{\frac{1}{2}(\phi_{95} - \phi_5) - \sigma_{\phi}}{\sigma_{\phi}}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

†The formula for kurtosis was proposed by Krumbein and Pettijohn. Many workers have used the square root of  $Sk$  rather than  $Sk$  itself as a measure of skewness.

‡ $P$  indicates a percentile measure, measured in millimeters.

§ $\phi$  indicates a  $\phi$  percentile.

- Počítání z grafů nebo početně (ideálně statistickým softwarem)

# Vytřídění

Míra podobnosti velikostí zrn ve vzorku horniny

- Řízeno vytříděním klastů generovaných během zvětrávání ve zdrojové oblasti
- abrazní a třídící schopností transportního média (vítr, voda, led)

– parametr účinnosti depozičního média při třídění zrn do různých tříd

Faktory ovlivňující vytřídění:

- Zdroj (např. granit x pískovec)
- Velikost zrna (nejlépe bývají vytříděné písky – ideální velikost zrna pro větrný a vodní transport)
- Depoziční mechanismus

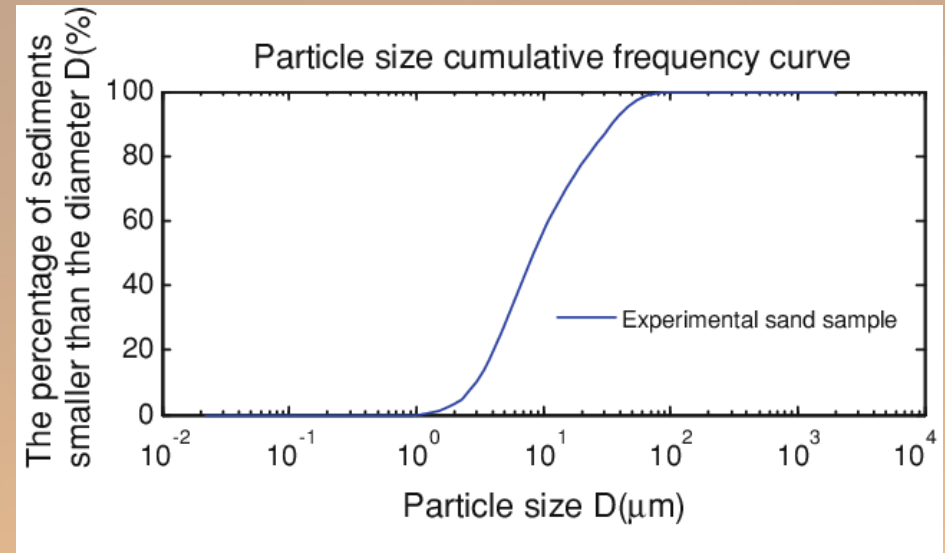
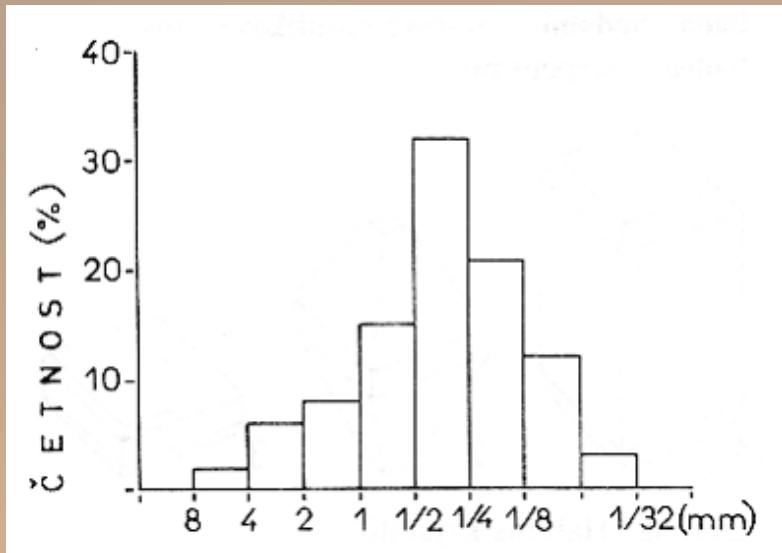
# Vytrídění

- Výpočet

$S_0 = Q_3/Q_1^{1/2}$  Kde  $S_0$  = třídění,  $Q_3$  = třetí kvartil (75% nejmenších zrn),  $Q_1$  = první kvartil (25% nejmenších zrn)

- Střední velikost zrn (medián, průměr)
- Modus – nejfrekventovanější velikost zrna

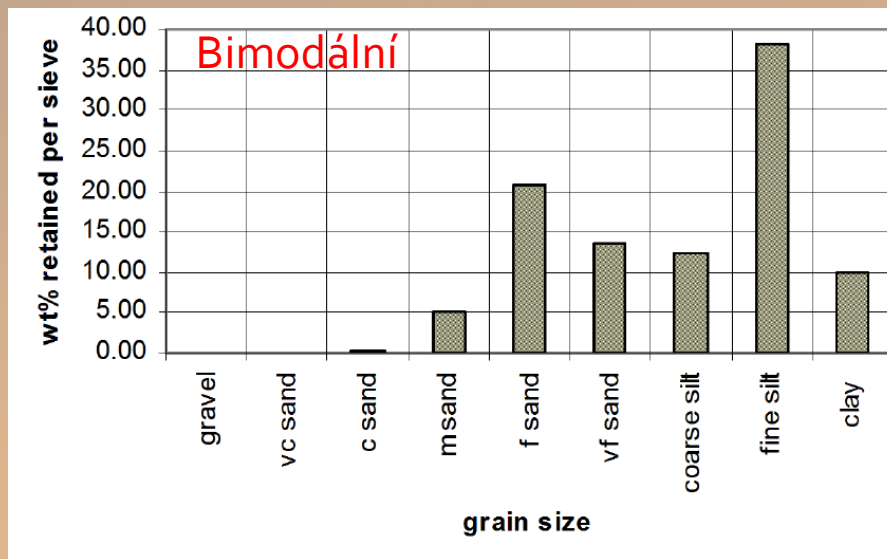
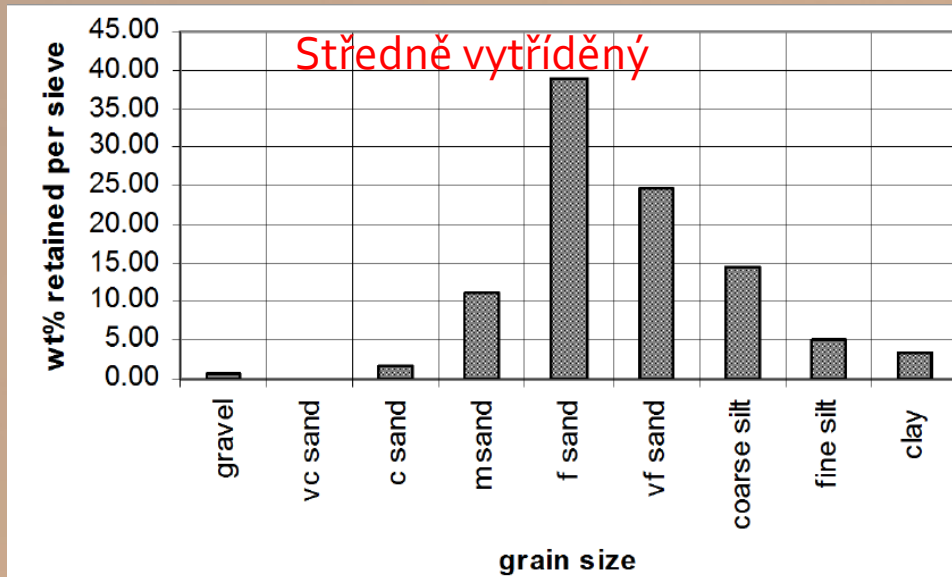
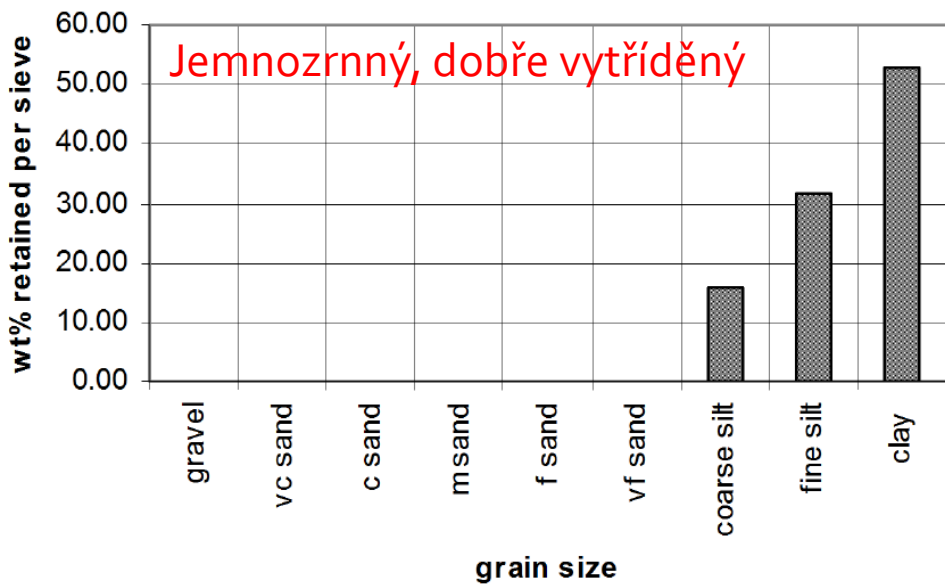
Histogramy, kumulativní křivky



- Medián, průměr a modus jsou stejné hodnoty pokud je distribuce zrn normální a symetrická



# Vytrídění



# Vytřídění

- Většina klastik je unimodální
- Bimodální či polymodální klastika však nejsou vzácná (např. konglomeráty s hojnou základní hmotou)

# Vytřídění

- Špičatost a křivost křivek zrnitosti – charakter vytřídění
- Míra symetrie rozložení , vyjádřená frekvenční křivkou
- Více hrubozrnné složky – negativní šikmost
- Více jemnozrnné složky – pozitivní šikmost
- Symetrická distribuce – bez šikmosti

Positive (fine) skewness



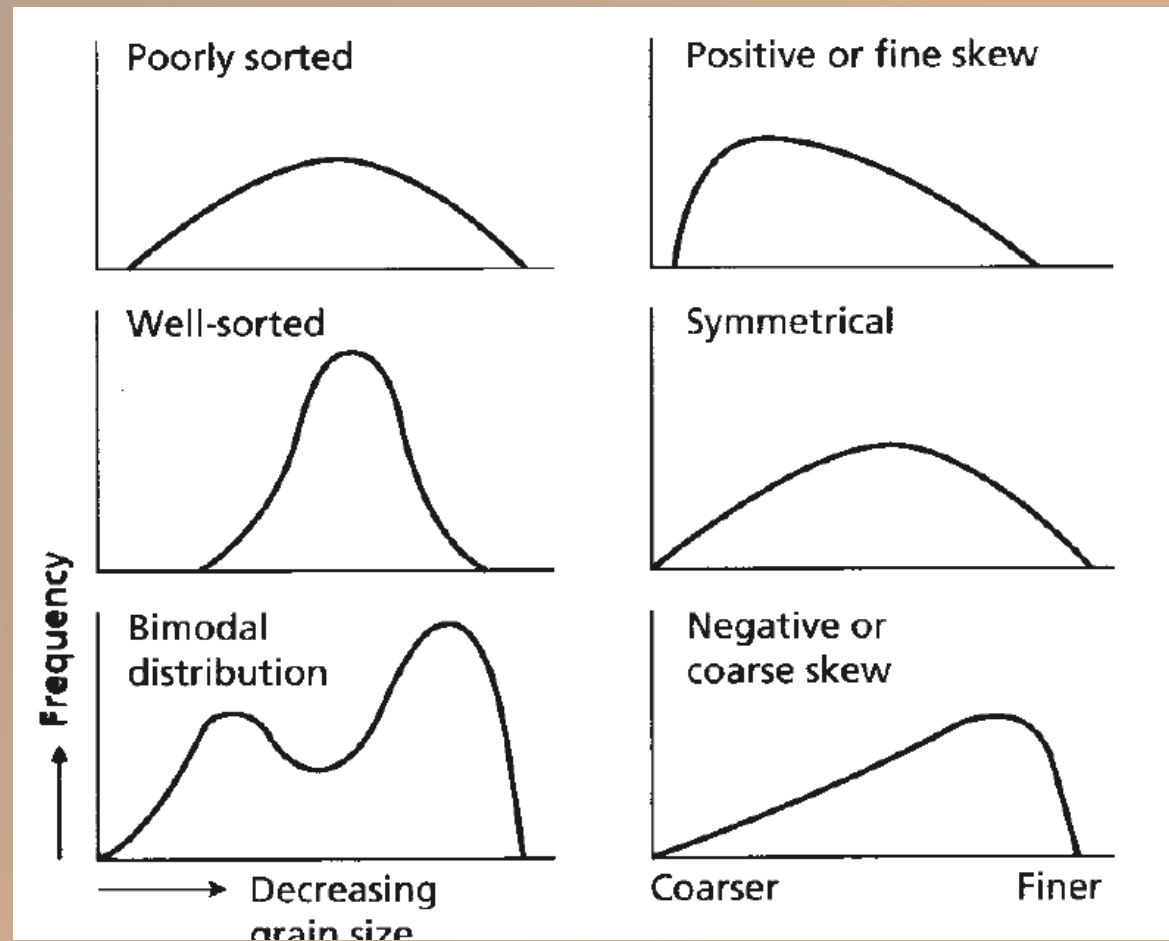
Symmetrical



Negative (coarse) skewness



# Vytrídění



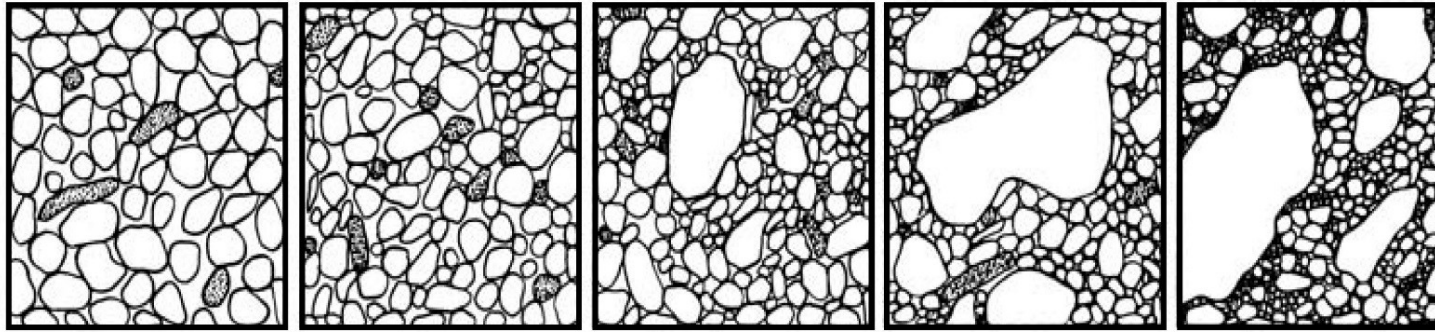
## Rozlišení plážových, říčních a eolických písků

- Plážové písky – obvykle negativní, menší zrna odnesena vlnami
- Říční písky – pozitivní šikmost, menší zrna zachycena mezi větší zrna
- Pouštní duny – negativní špičatost u transportovaného jemnozrnného materiálu (prach, písek) a pozitivní u zdrojového / zbytkového sedimentu (lag)

Bivariátní grafy vytrídění / šikmost

# Vytřídění

- Kvalitativní odhad



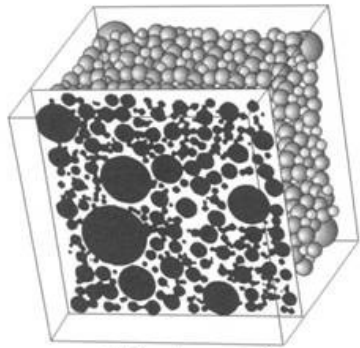
Very well sorted

Well sorted

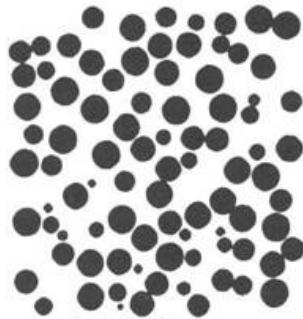
Moderately sorted

Poorly sorted

Very Poorly sorted

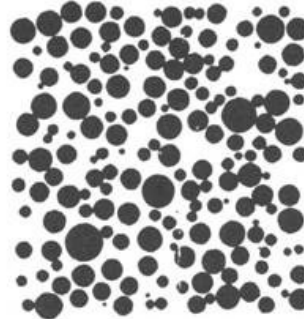


3D zobrazení



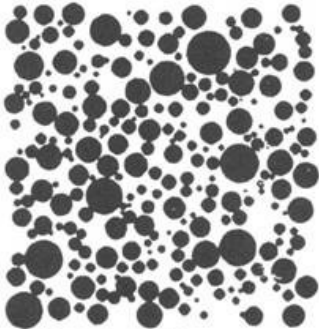
velmi dobře  
vytříděný

$\phi = 0.0$



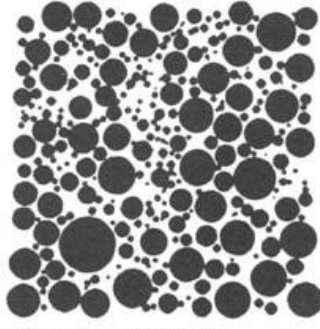
dobře vytříděný

$\phi = 0.36$



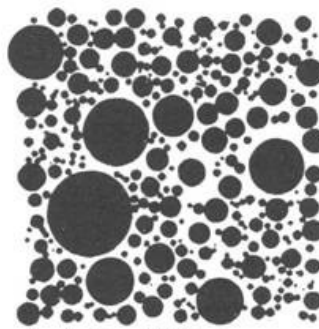
středně dobře  
vytříděný

$\phi = 0.67$



středně vytříděný

$\phi = 0.74$

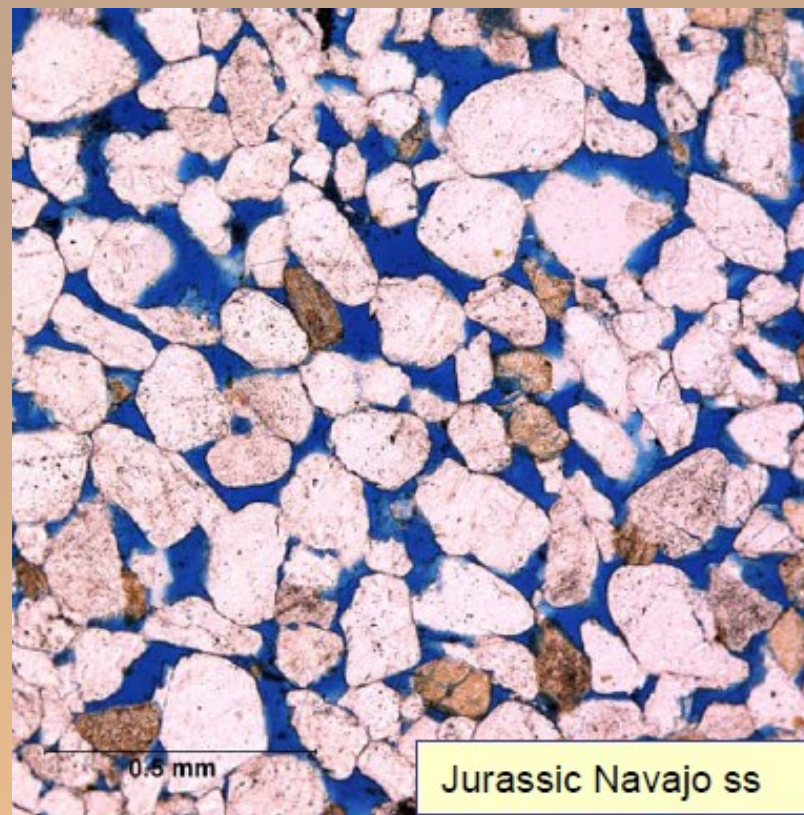
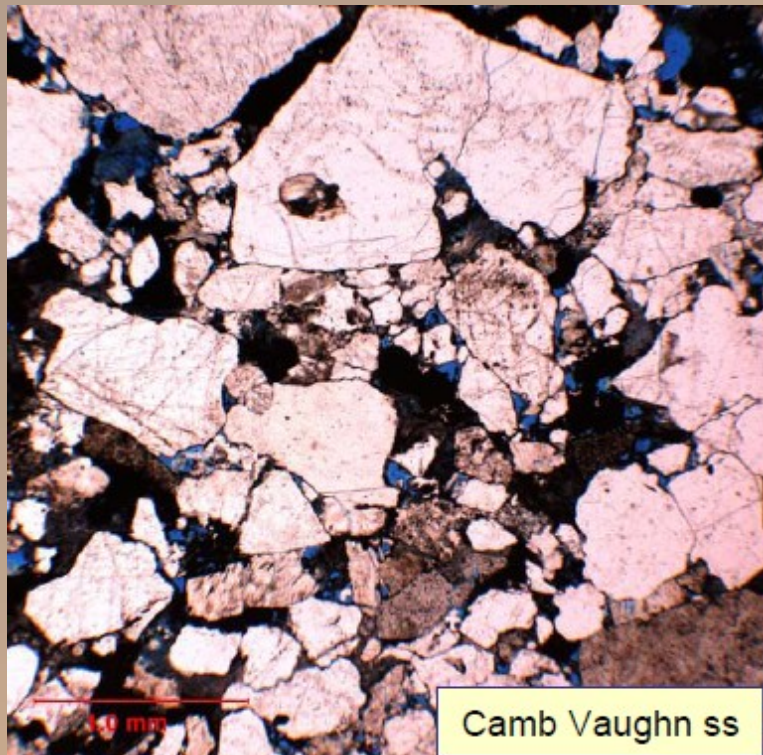


špatně vytříděný

$\phi = 1.15$

# Vytrřídění

- Kvalitativní odhad



- Znalost zrnitostních trendů ve velkém geografickém měřítku – zjištění směru šíření sedimentu
- Zrnitost klesá se vzdáleností od zdroje – hlavně díky selektivním procesům při transportu, méně díky abrazi
- Na šelfu klesá zrnitost od pobřeží kvůli poklesu energie proudění a vlnění se zvětšující se hloubkou

U konglomerátů je důležitá znalost maximální velikosti klastu, společně s mocností vrstvy – vztah těchto parametrů se mění mezi depozičními procesy (s unášecí schopností proudu)

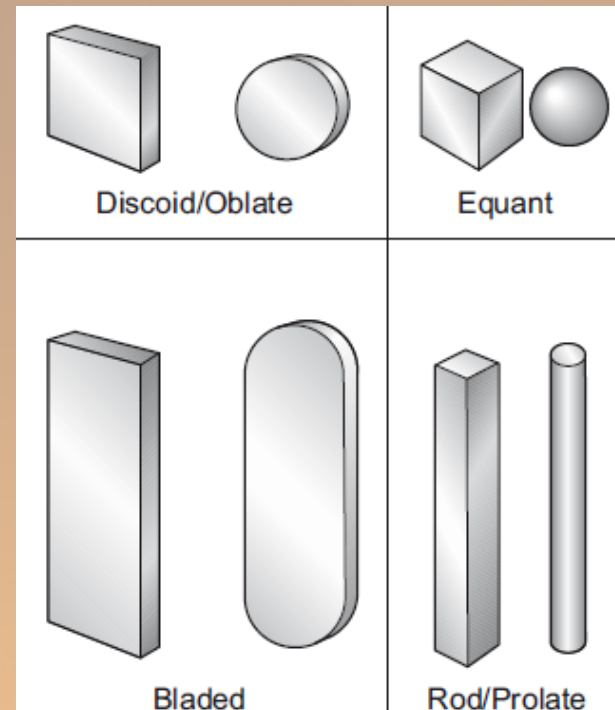
# Tvar zrna

## Tvar zrna je určený :

- Krystalizací z magmatu nebo vodného roztoku (tvar krystalů, tabulkovitý, sloupcovitý, apod.)
- Vulkanogenní činností (pyroklastika – lapilli, prach, popel, písek, velmi nepravidelný)
- Zvětráváním hornin
- Organickou aktivitou (schránky, ooidy, klacíky, apod. – koule, válec, destičkovitý tvar)

## Forma (celkový tvar)

- izomorfní, tabulkovitý, tyčovitý



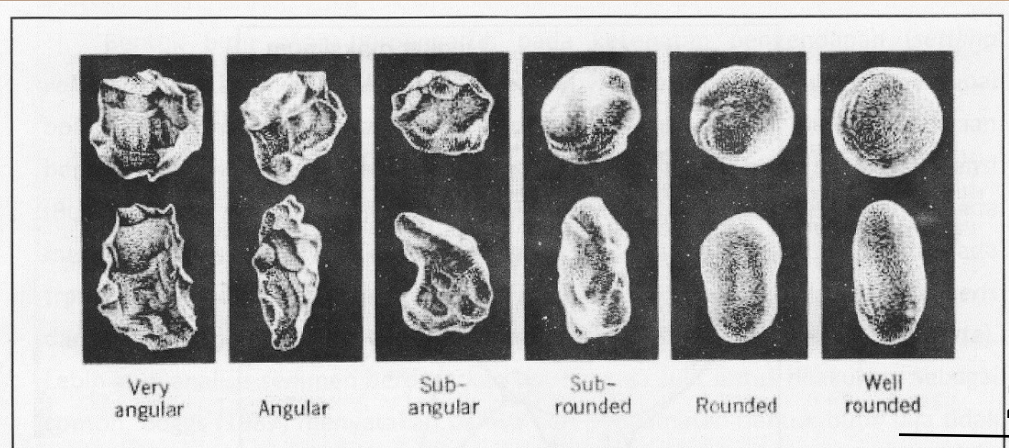
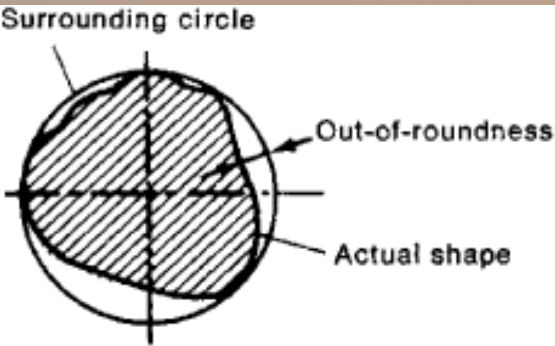


# Tvar zrna



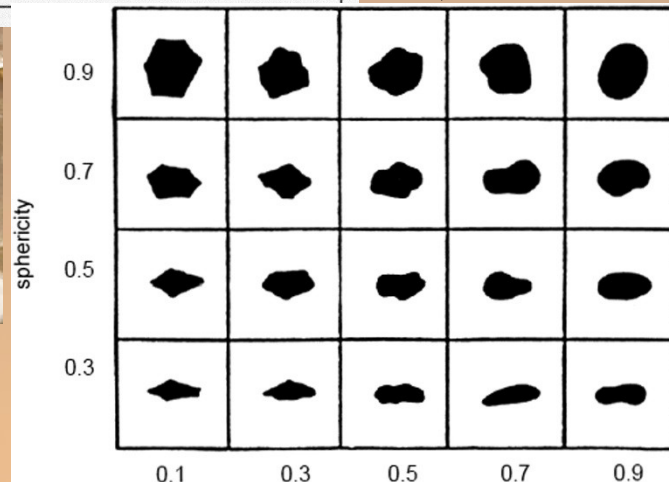
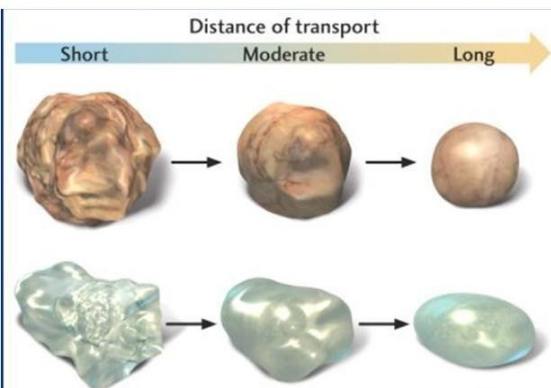
# Tvar zrna

- **Sféricita** – jak moc se zrna tvarově blíží kouli
- **Zaoblení** – míra zakřivení hran zrna → více = angulární, méně = zaoblený
- Lze vyjádřit kvantitativně, ale rychlejší je vizuální odhad



Sféricita

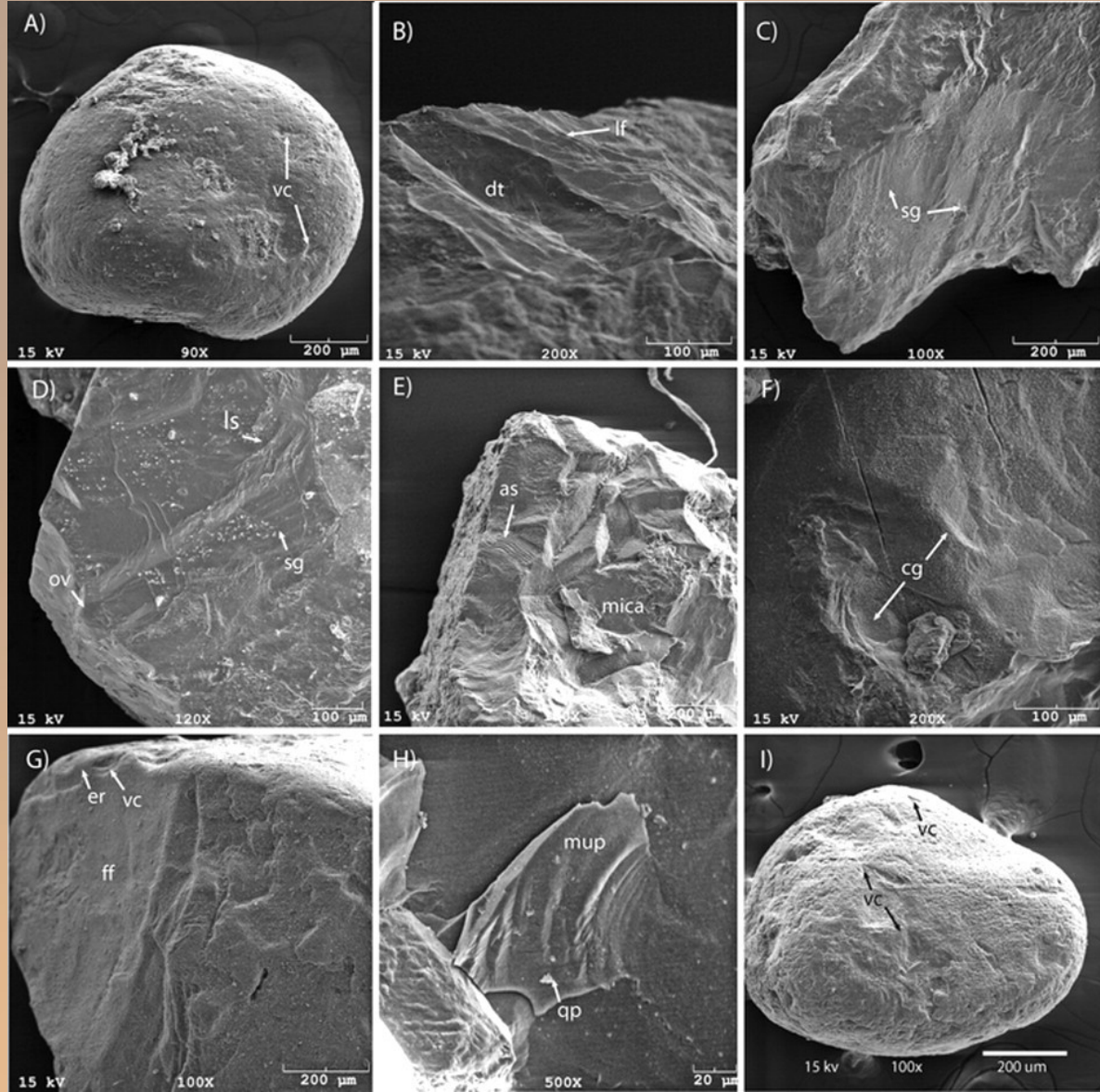
Zaoblení



$$\text{roundness} = \frac{\sum r_i / N}{r_{\max}}$$

# Tvar zrna

- Povrchová mikrostruktura



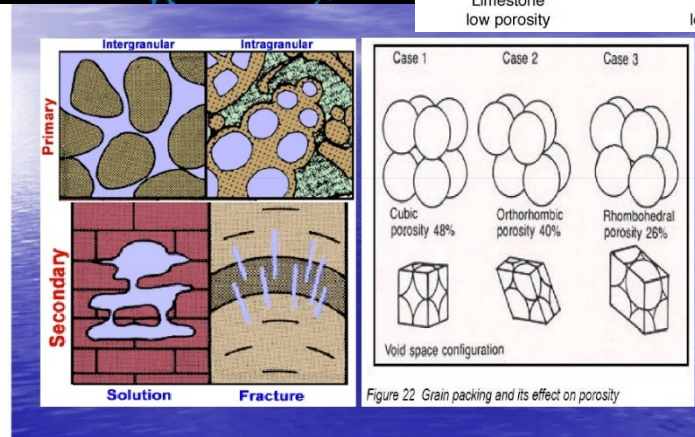
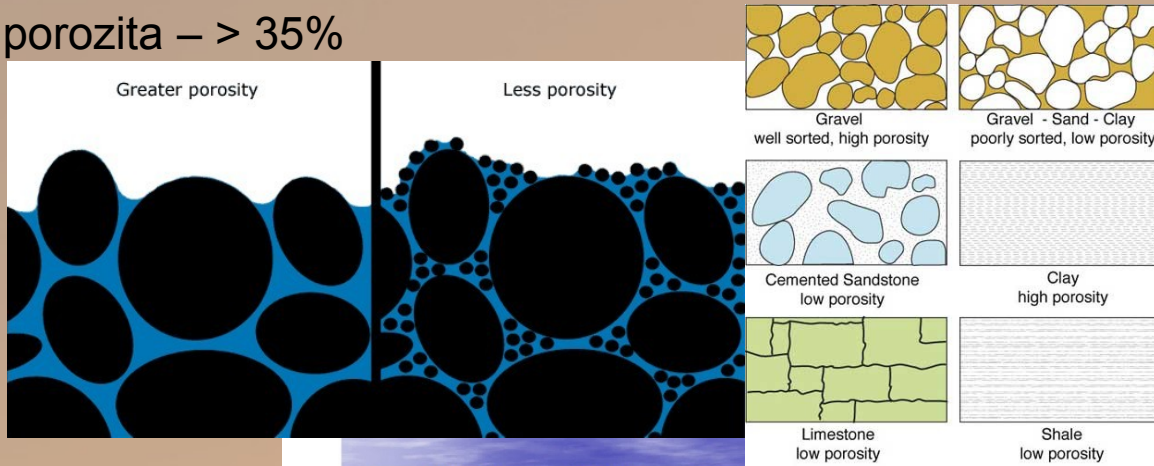
# Tvar zrna

- Morfologie valounů štěrků lépe pozorovatelná než u písku
- Některé tvary štěrků jsou diagnostické pro konkrétní prostředí
- Např. ventifakty – facetované valouny v eolicky dominujícím prostředí
- Striace na klastech z glaciálního prostředí
- Srpečkovité otlučky na plážových a říčních zrnech
- Diagenese!!!

# Porozita a permeabilita

## Porozita

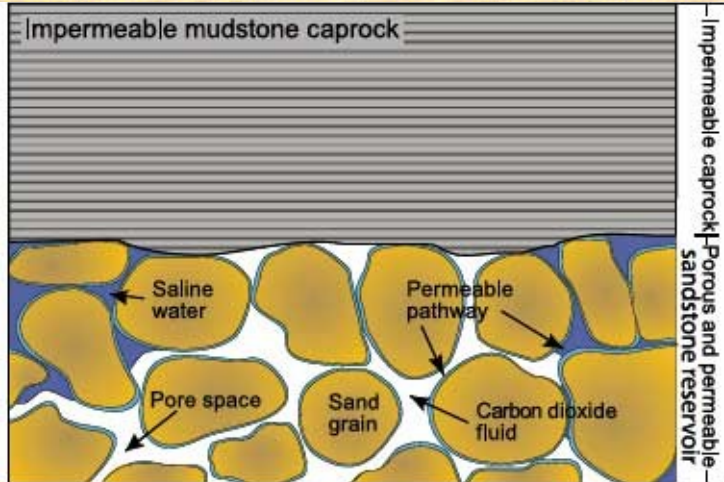
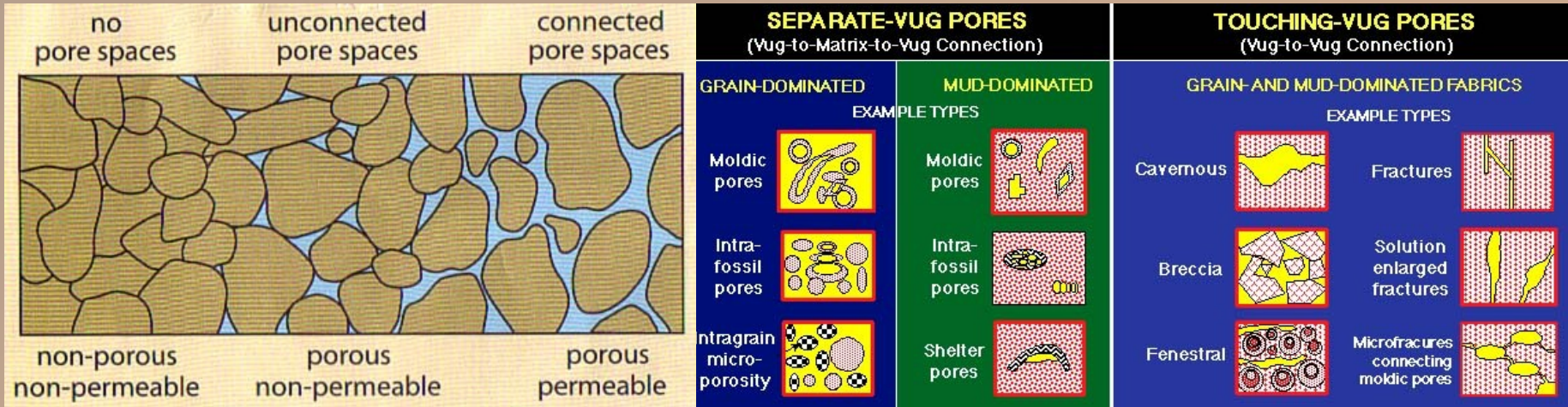
- Objem prostor (pórů) vyplněných plynem nebo kapalinou vůči celkovému objemu horniny
- $ps = (V_p/V_T) \times 100$
- $ps$  = porozita,  $V_p$  = objem pórů,  $V_T$  = celkový objem vzorku horniny
- maximální porozita – > 35%



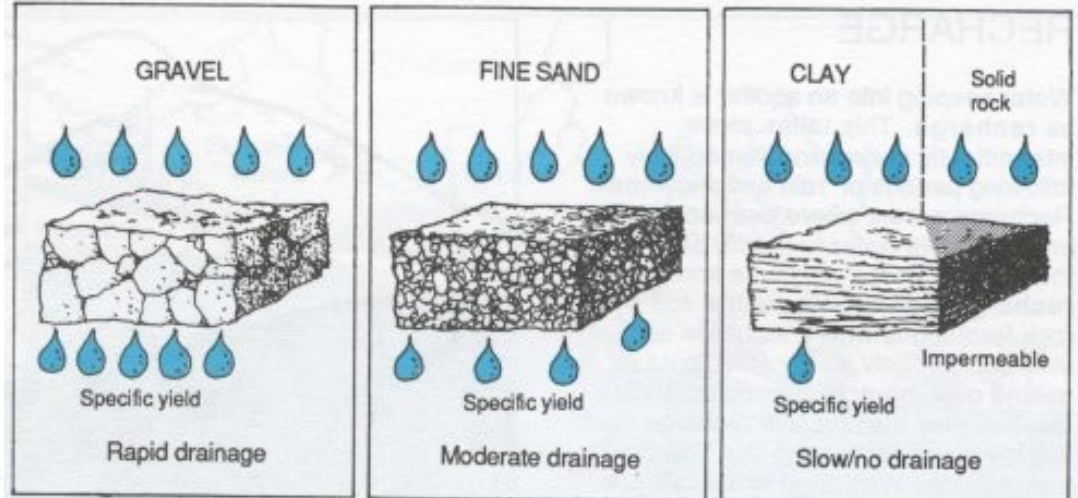
# Porozita a permeabilita

## Permeabilita

- Míra rychlosti protékání kapaliny horninou
- Závisí na porozitě, velikosti pórů a propojení pórů (efektivní porozitě)



© British Geological Survey



# Podpůrná struktura

Poměr základní hmota/klasty

- Podpůrná struktura klastů



- Podpůrná struktura základní hmoty

