

---

# Mechanika zemin I

## 1 Popis a klasifikace zemin

1. úvod
2. popisné (indexové) vlastnosti
3. stavové vlastnosti
4. zatřídění

# GEOMECHANIKA

Mechanika skalních hornin

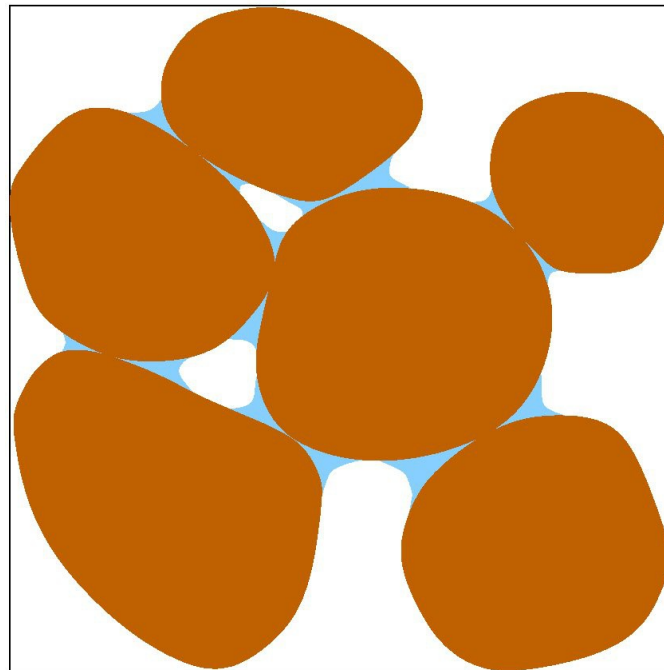
Mechanika zemin

Mechanika sněhu a ledu

→ PARTIKULÁRNÍ LÁTKY

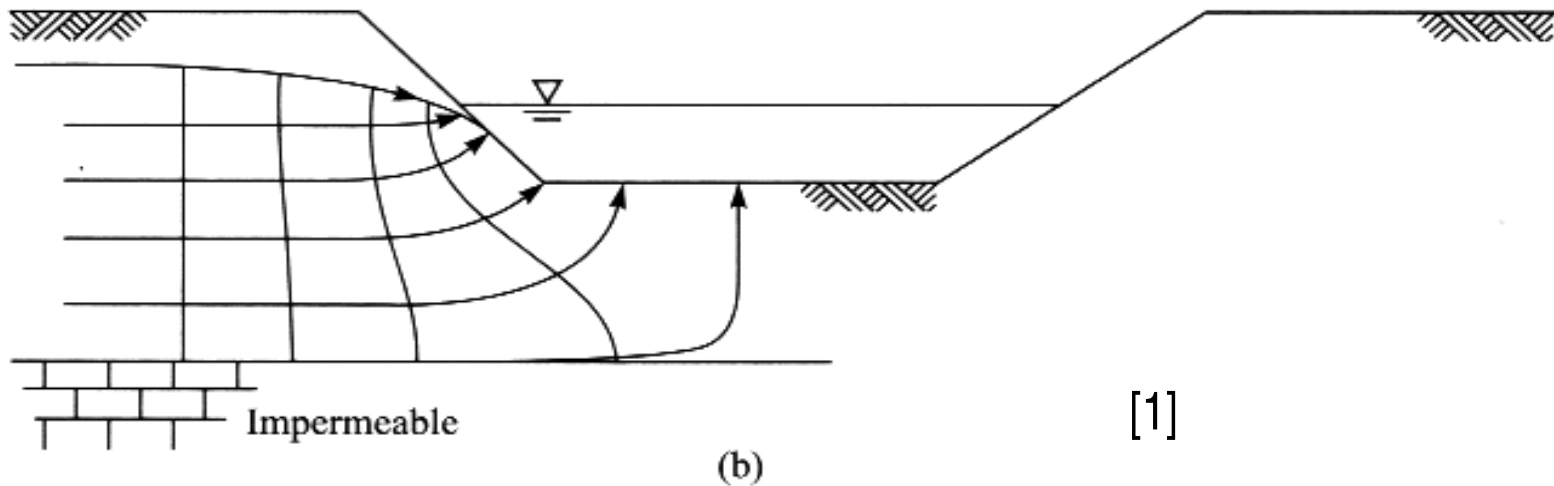
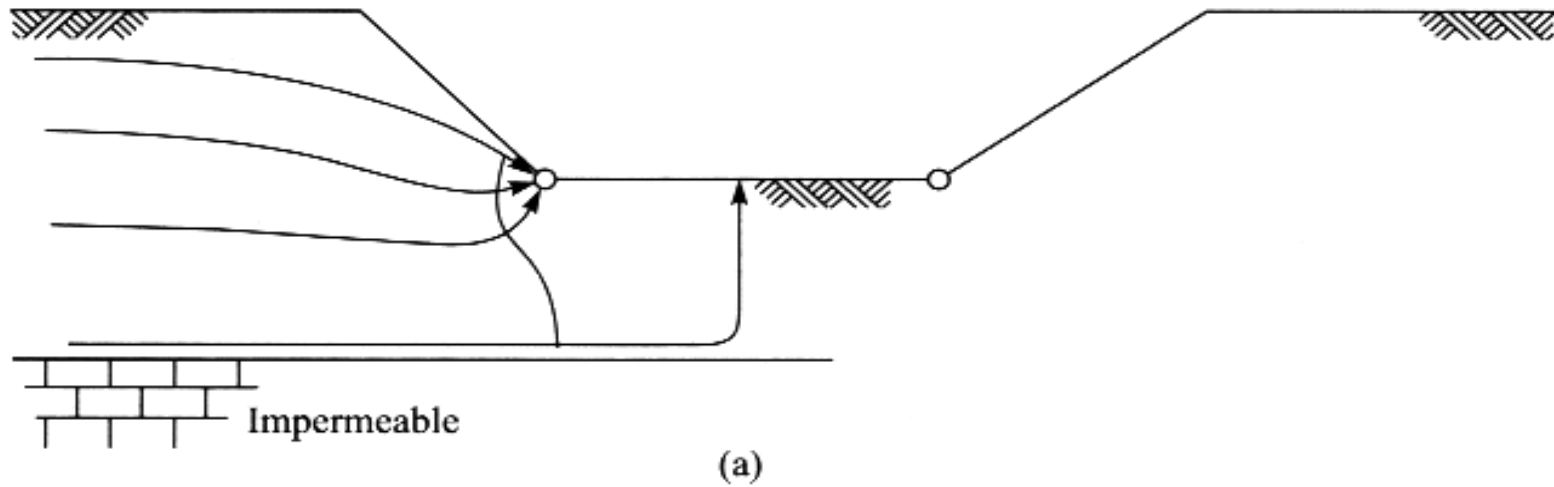
# PARTIKULÁRNÍ LÁTKY

- vliv vody na chování



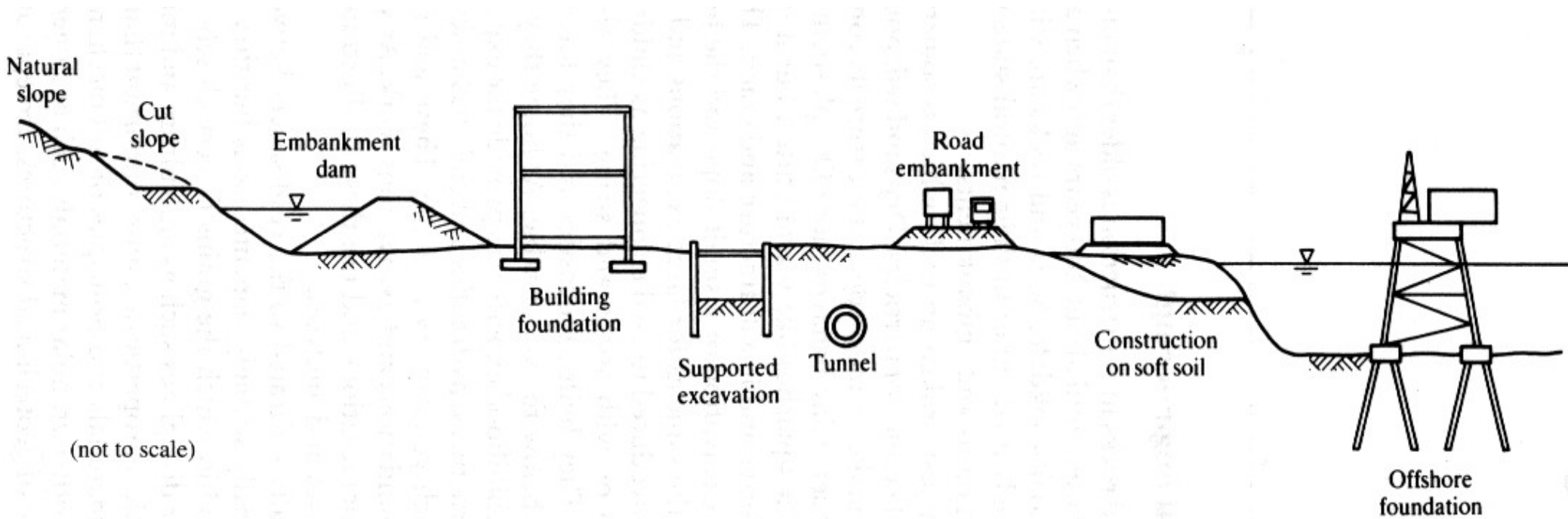
# PARTIKULÁRNÍ LÁTKY

- vliv vody na chování



[1]

GEOTECHNICKÉ STAVBY



[1]

Partikulární látky > geomateriály > horniny + zeminy

Zrna vs Částice

Zrna velikosti [nm] až [m]

Zpevnění – cementace – koheze

Fáze pevná, kapalná, plynná



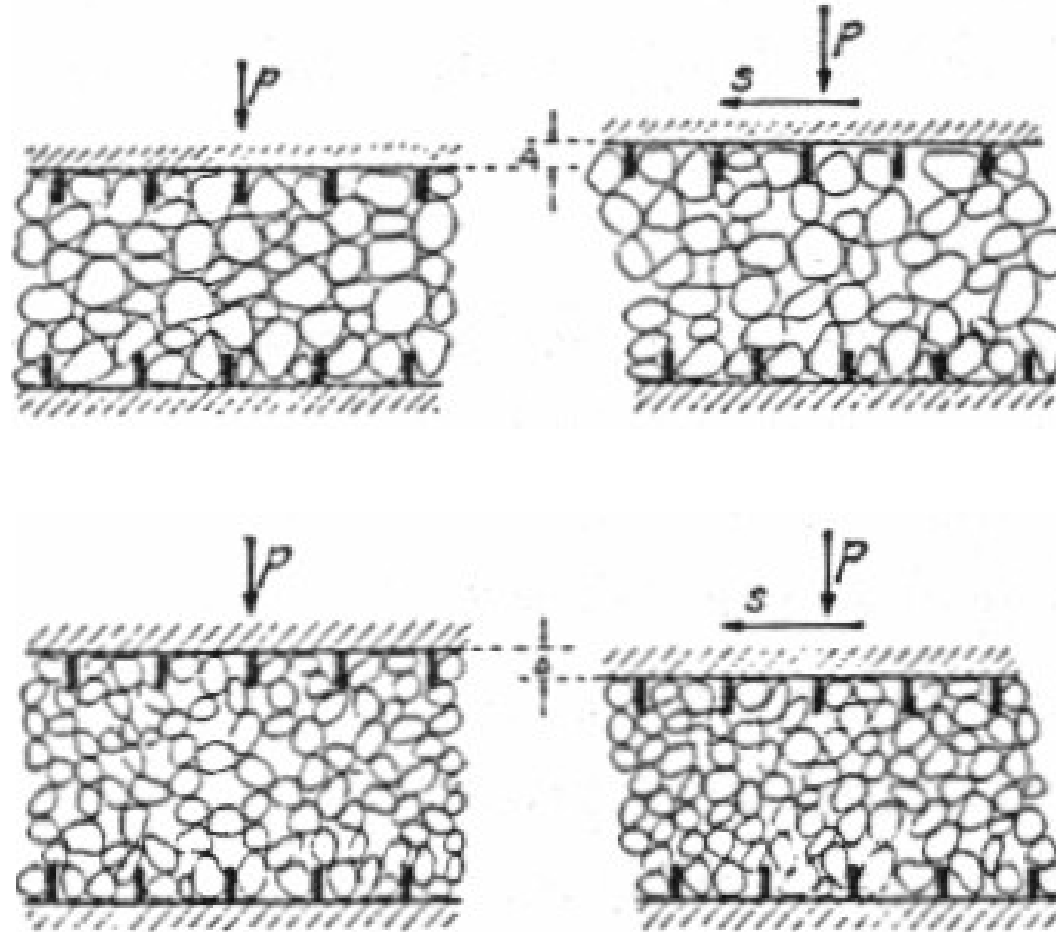
Zrna koloidní velikosti – přesto u nich vliv primárních (kovalentní, iontová, kovová) a sekundárních vazeb (vodíková vazba, van der Waalsovy síly) zpravidla lze zanedbat

Kapilarita

Efektivní napětí – zohledňuje napjatost v jednotlivých fázích – zohlednění struktury i při použití mechaniky kontinua

## DILATANCE

energie navíc potřebná pro zvýšení objemu pro smvk:



(Casagrande, 1936)

## Role pórů, pórové tekutiny

Pórová tekutina má **prvořadý význam v zeminách** → tzv. „**princip efektivních napětí**“: napětí, které rozhoduje o mechanickém chování vodou nasycených partikulárních látek (...viz část 2 – základy mechaniky):

„**Všechny měřitelné projevy změny napětí, např. stlačení, změna tvaru a změna smykového odporu jsou způsobeny výhradně změnou efektivního normálového napětí**“

(**Skalní**) **horniny** – princip efektivních napětí **rovněž platí**; propustnost puklinová vs průlinová – ovlivňuje význam vody



## Role času

Geologické procesy [Ma] vs inženýrské konstrukce [ $10^{-1}$ ka]

## Mechanika

**pružnost** – neuvažuje čas - nelze modelovat geologické procesy; lze ale využít pro inženýrské aplikace

## reologie

**creep** (ploužení) = deformace při konstantním napětí (efektivním)

**relaxace** = změna napětí při konstantním přetvoření

## HISTORIE OBORU

1775 **Coulomb** (Francie) - publikoval práci o tření v zeminách; 19. století Rankine aj

1911 **Atterberg** (Švédsko) – plasticita keramických materiálů

1925 **Terzaghi** – (Rakousko, USA) založení teoretické mechaniky zemin; princip efektivních napětí (po 1920; 1936); tření pro pevnost zemin; jednoosá konsolidace; jednoosá stlačitelnost...

po 1930 **Casagrande, Hvorslev** (USA) „kritický stav“, plasticita, klasifikace...

po 1950 (1960)

**Roscoe, Schofield, Wroth** (Anglie – **Cambridge**) – první ucelená teorie pro chování zemin „**critical state soil mechanics**“ - dodnes základem pro matematické modelování a pro interpretaci experimentů...

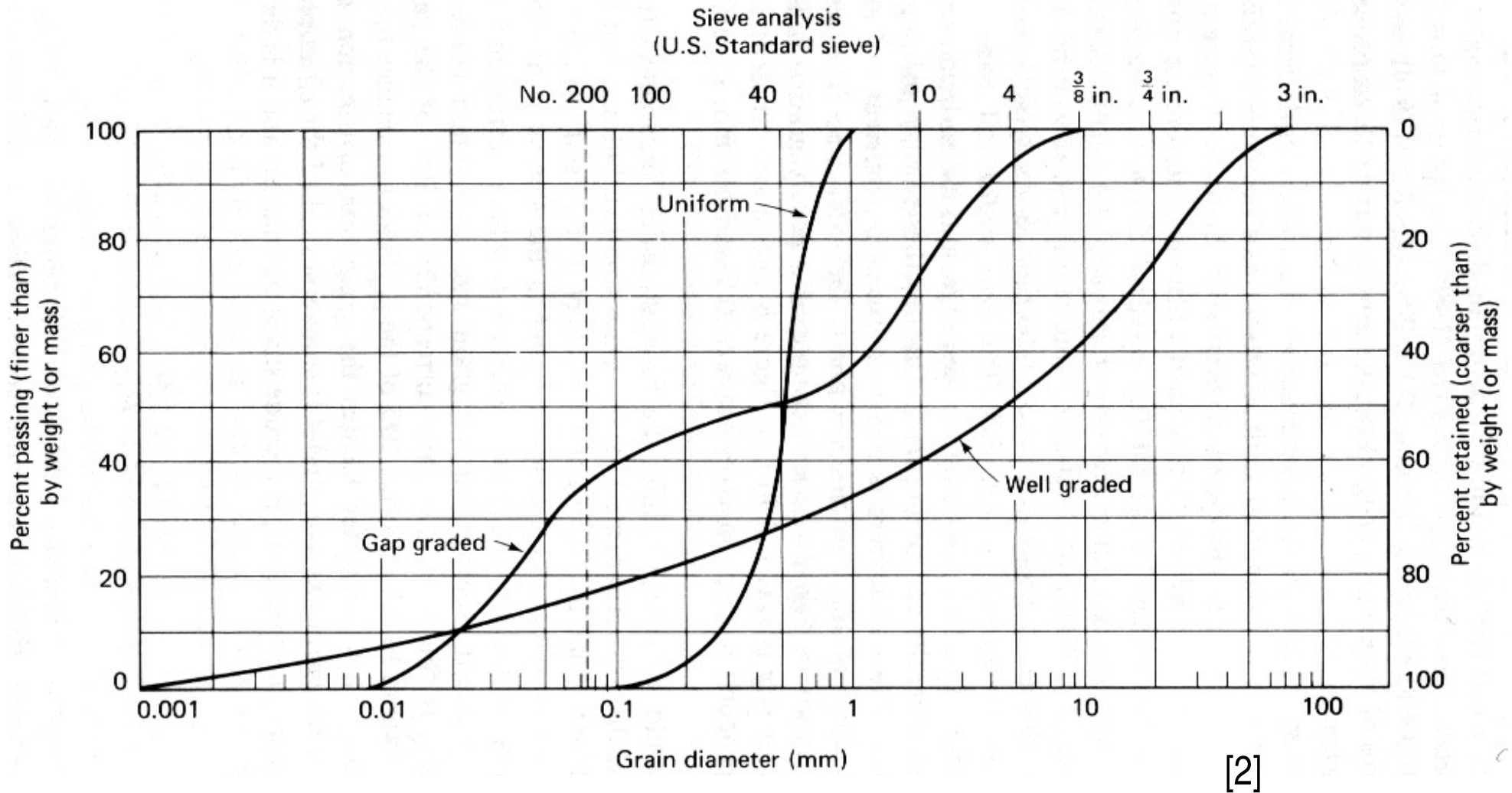
**Skempton** (Anglie – Londýn) koloidní aktivita, pórové tlaky, reziduální pevnost

**Fellenius, Petterson, Bishop, Janbu** - ...stabilita svahů...od ~1930 až 1960

od 1970 **FEM**, **BEM** ... **DEM**... v geomechanice

ZRNITOST (= POPIS, nikoliv stav)

Stanovení velikosti zrn: **prosévání a/nebo sedimentace** → **křivka zrnitosti**

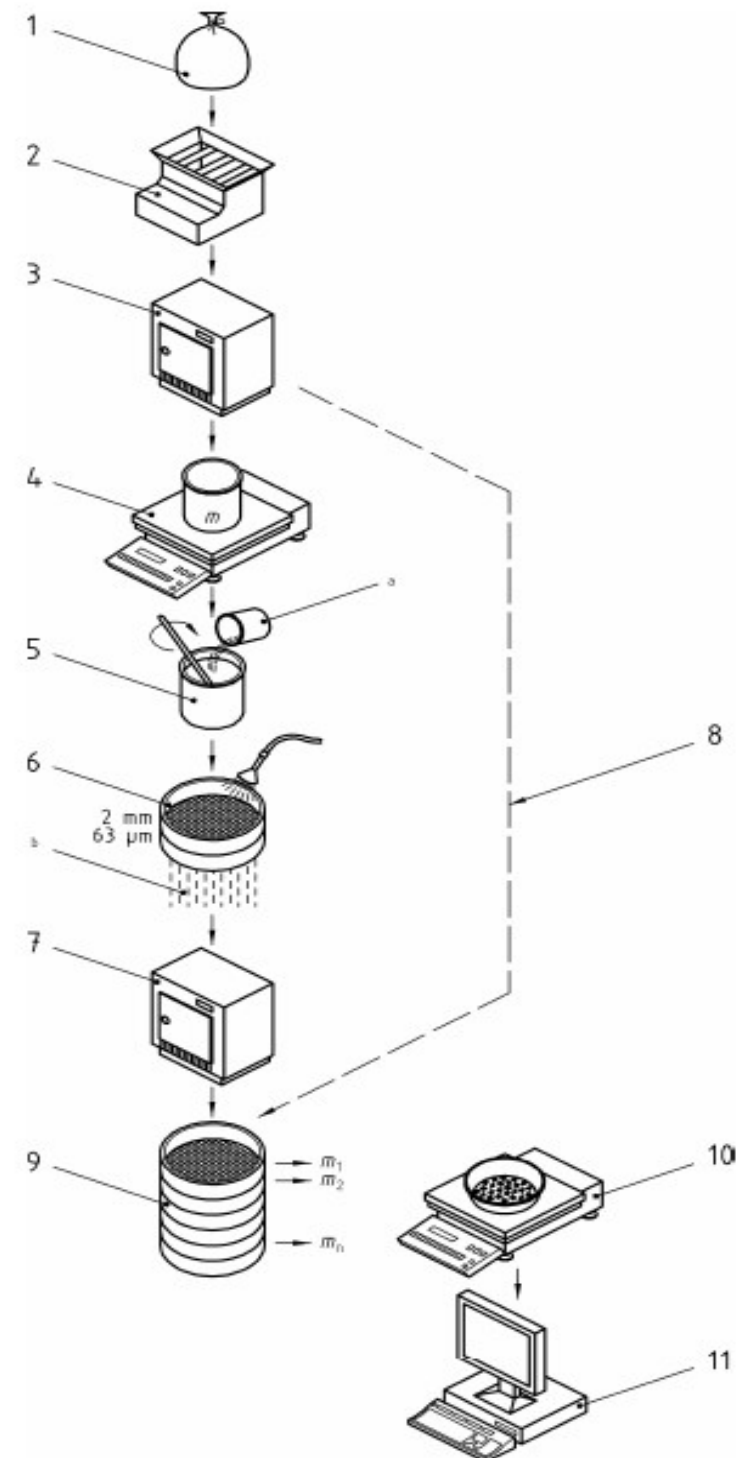


## Stanovení křivky zrnitosti - prosévání

[4]

### Legenda

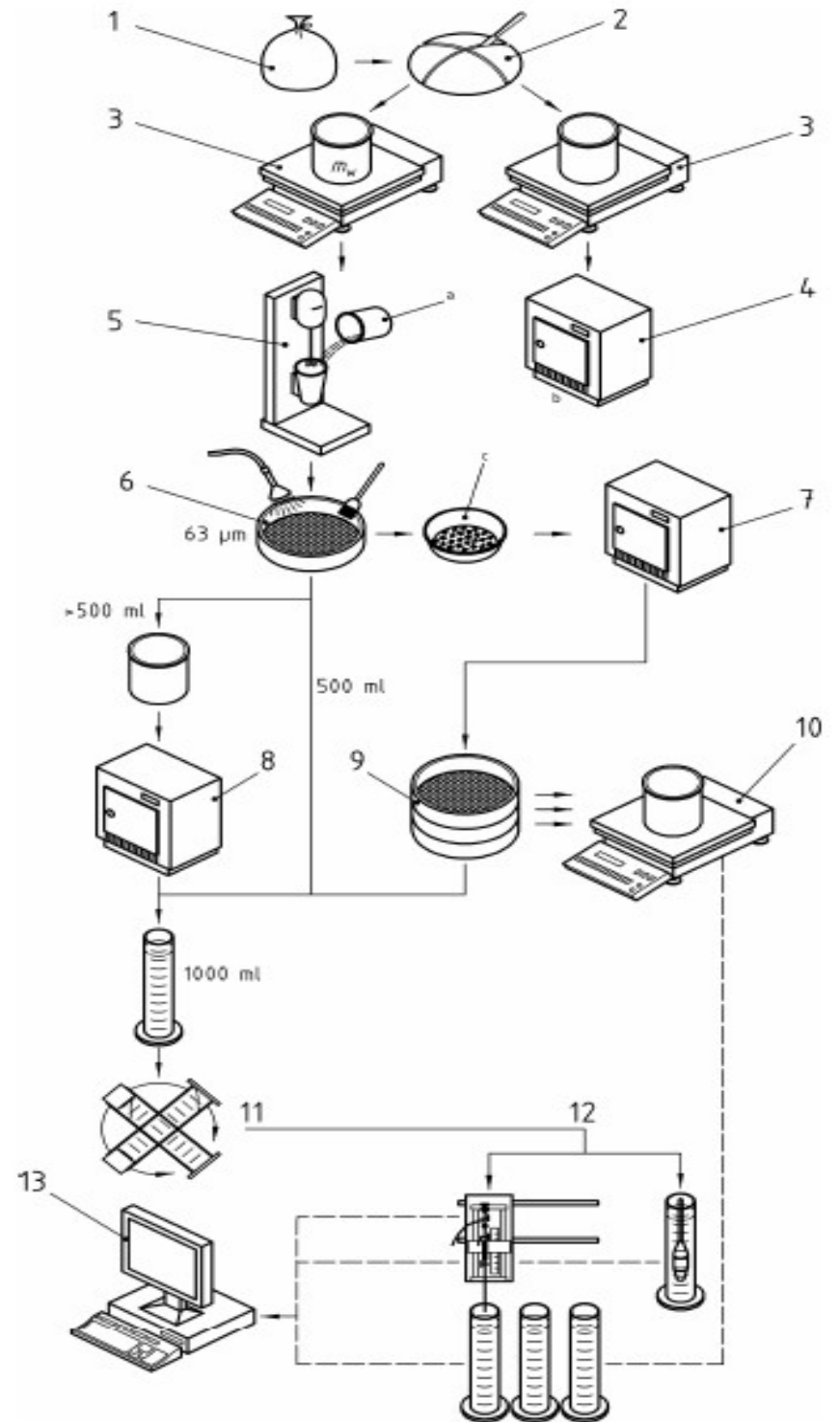
- 1 zkušební vzorek
- 2 dělení nebo kvartace
- 3 sušení
- 4 vážení
- 5 míchání
- 6 třídění
- 7 sušení
- 8 suché třídění (alternativní metoda)
- 9 prosévání
- 10 vážení
- 11 vyhodnocení
- a dispergační činidlo
- b čistá voda





Stanovení křivky zrnitosti

V praxi obecně **nutnost kombinovat prosévání se sedimentací**



Legenda

- 1 zkušební vzorek
- 2 dělení
- 3 vážení
- 4 sušení
- 5 míchání
- 6 separace
- 7 sušení
- 8 odpařování a dekantace
- 9 prosévání
- 10 vážení
- 11 promíchávání
- 12 sedimentace
- 13 vyhodnocení
- a dispergační činidlo
- b vlhkost
- c odpařovací miska

[4]

Číselný popis tvaru křivky zrnitosti:

Efektivní (účinný) průměr zrn:  $D_{ef} = D_{10}$  až  $D_{20}$

Číslo nestejnozrnnosti:  $C_U = D_{60} / D_{10}$

$C_U < 5$  cca 5 stejnozrnná z.

$C_U = 5$  až 15 středně stejnozrnná z.

$C_U > 15$  nestejnozrnná z.

Číslo křivosti:  $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$

$C_C = 1$  až 3 (a  $C_U > 4$  až 6) dobře zrněná z. (= špatně vytríděná)

$C_C < 1$  nebo  $> 3$  chybějící frakce z. (= špatně vytríděná)

# POJMENOVÁNÍ FRAKČÍ

## ZRNITOST – frakce

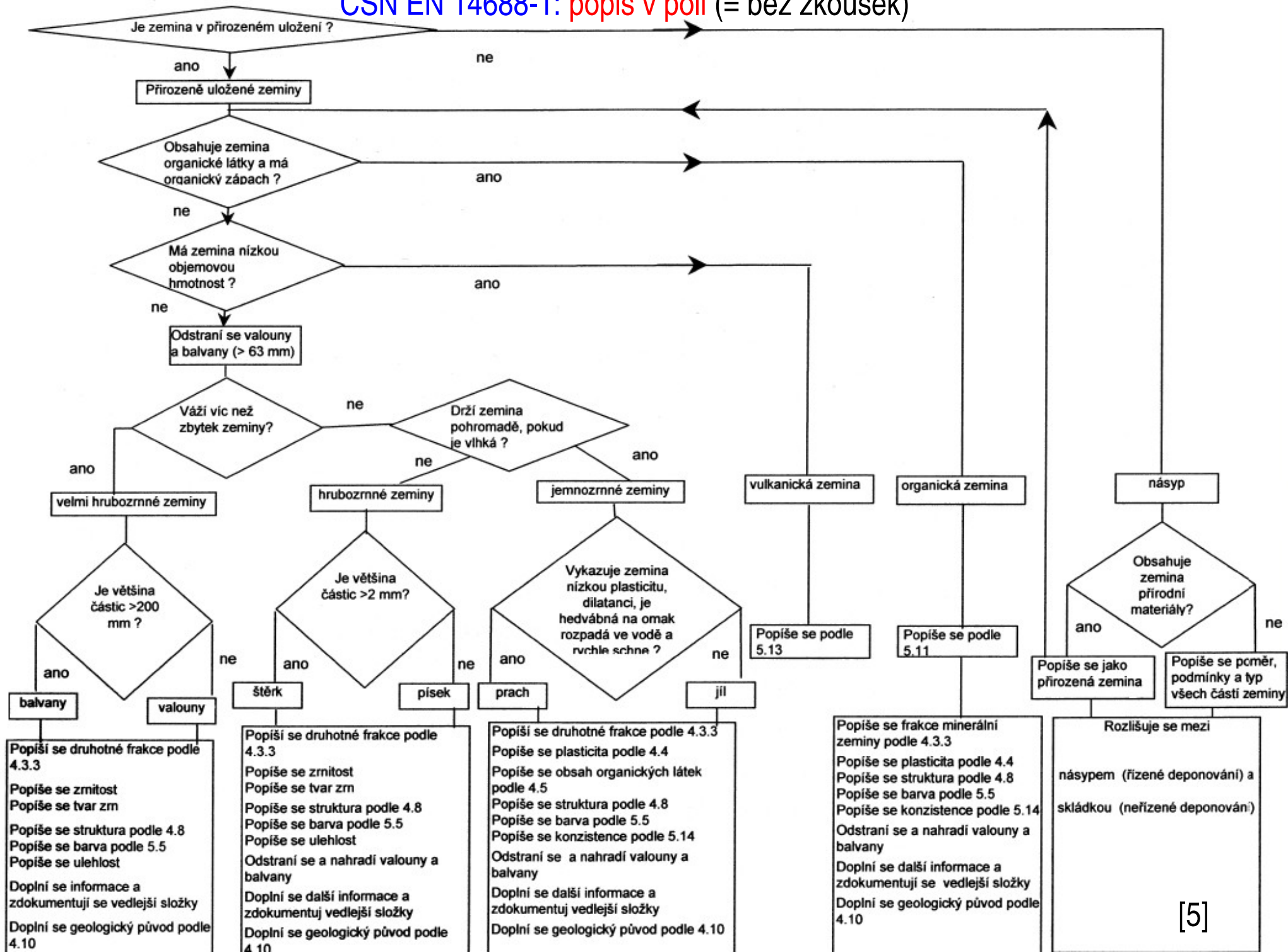
ČSN EN 14688-1 (květen 2003)

Skupiny zemin	Frakce	Značka	Velikost zrn mm
velmi hrubozrnná zemina	velký balvan	LBo	od 630
	balvan	Bo	od 200 do 630 včetně
	valoun	Co	od 63 do 200 včetně
hrubozrnná zemina	štěrk	Gr	od 2,0 do 63 včetně
	hrubozrnný štěrka	CGr	od 20 do 63 včetně
	střednězrnný štěrka	MGr	od 6,3 do 20 včetně
	jemnozrnný štěrka	FGr	od 2,0 do 6,3 včetně
	písek	Sa	od 0,063 do 2,0 včetně
	hrubozrnný písek	CSa	od 0,63 do 2,0 včetně
	střednězrnný písek	MSa	od 0,2 do 0,63 včetně
jemnozrnný písek	FSa	od 0,063 do 0,2 včetně	
jemnozrnná zemina	prach	Si	od 0,002 do 0,063 včetně
	hrubozrnný prach	CSi	od 0,02 do 0,063 včetně
	střednězrnný prach	MSi	od 0,0063 do 0,02 včetně
	jemnozrnný prach	FSi	od 0,002 do 0,0063 včetně
[5]	jíl	Cl	do 0,002 včetně

špatně přeloženo - dříve „kameny“



# ČSN EN 14688-1: popis v poli (= bez zkoušek)



**NÁZEV** ZEMINY - LZE POUZE NA ZÁKLADĚ **ZRNITOSTI** – podle velikosti zrn – lépe i na základě **PLASTICITY** (viz dále)

Nové názvosloví, zavedené ČSN EN:

„Smíšené“ zeminy = základní a druhotná/é frakce

druhotná frakce je s malým začátečním písmenem (narozdíl od základní frakce), např.:

saGr = písčité štěrky

grCl = štěrkovitý jíl

vložky, proplástky, např.:

grClsa = štěrkovitý jíl s vložkami písku

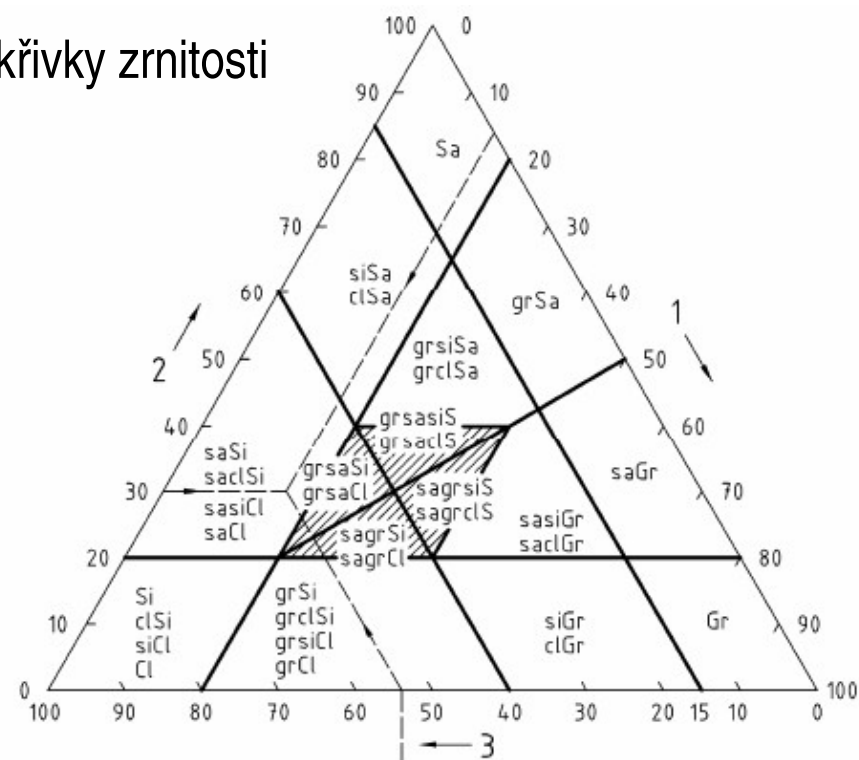
# POJMENOVÁNÍ ZEMIN – podle křivky zrnitosti

ČSN EN 14688-2

Pojmenování na základě **pouhé zrnitosti**

Informativní příloha normy → **postup není závazný** →

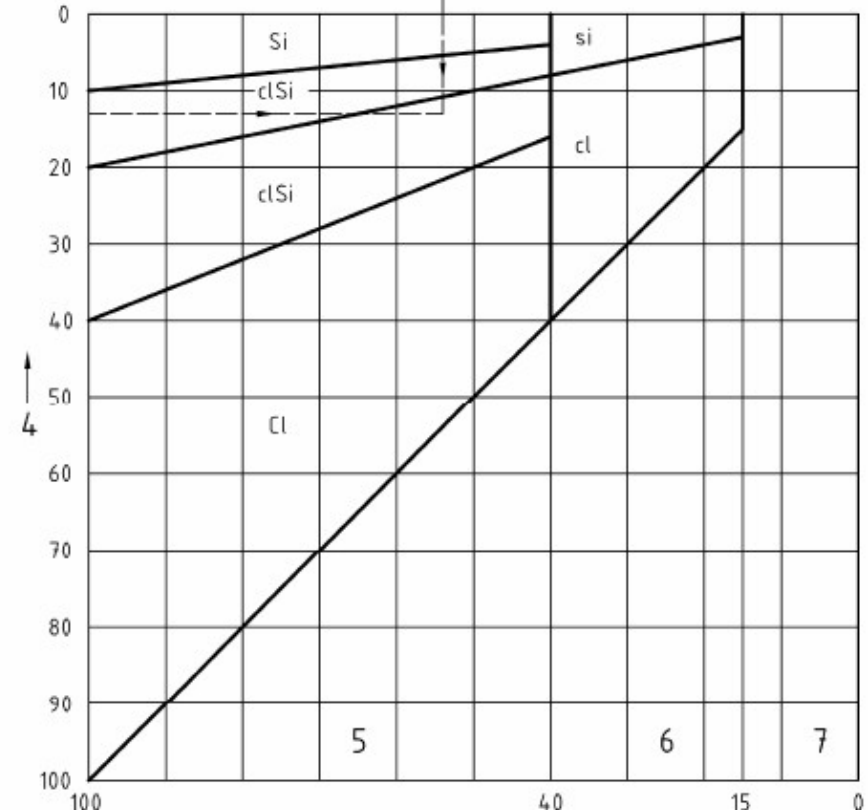
Lze použít starší způsob (použitý např. také v ČSN 721001 (zrušena 2004) nebo ČSN 731001 (zrušena 2010) - viz dále)



## Legenda

- 1 obsah štěrku (2 mm - 63 mm)
- 2 obsah písku (0,063 mm - 2 mm)
- 3 obsah jemnější frakce (< 0,063 mm)
- 4 obsah jílu v % z celkové hmotnosti hrubé a jemné frakce zeminy (velikost zrna < 63 mm)
- 5 jemnozrné zeminy (hlína a jíl)
- 6 zeminy o různé zrnitosti (hlinité nebo jílovité štěrky a písky)
- 7 hrubozrné zeminy (štěrky a písky)
- S zemina

[5]



...**NÁZEV** ZEMINY - LZE POUZE NA ZÁKLADĚ **ZRNITOSTI** – podle velikosti zrn – lépe i na základě **PLASTICITY** (viz dále)

Existují jiné, starší, ale **celosvětově rozšířené** systémy pro názvy zemin

## USCS

symboly pro frakce: **C, M, S, G, Cb, B**

**podstatný rozdíl oproti ČSN EN 14688**: nestačí velikost zrn, je nutné uplatnit i plasticitu (tzv. plasticitní diagram – viz dále)

+ zrnění: **SW, SP...**

+ plasticita: **ML, CH.....**

## VLHKOST – STAV

vlhkost lze řadit mezi **POPISNÉ VLASTNOSTI**, protože pro stanovení stačí porušený vzorek (vzorek u nějž není zachována **STRUKTURA/TEXTURA**), zároveň ale vyjadřuje **STAV** zeminy

**GRAVIMETRICKÁ**       $w = M_w / M_d = M_w / M_s$

(ale: ložiska – uhlí: vlhkost =  $M_w / M_t$ )

**OBJEMOVÁ**       $\theta = V_w / V_t (= S \times n)$

## KONZISTENČNÍ MEZE

(Atterbergovy meze)

Vlhkost na mezi tekutosti  $w_L$  (vlhkost, při níž zemina přechází z tekutého stavu do stavu pevné látky, chovající se plasticky)

Vlhkost na mezi plasticity  $w_p$  (nejnižší vlhkost, při níž se zemina ještě chová plasticky - při nižší vlhkosti plasticitu ztrácí)

Vlhkost na mezi smrštění  $w_s$  (vlhkost, při níž zemina přestává zmenšovat svůj objem při vysušování)

Stanovení  $w_L$  a  $w_p$  na pastě, po odstranění částic větších než 0,4 mm

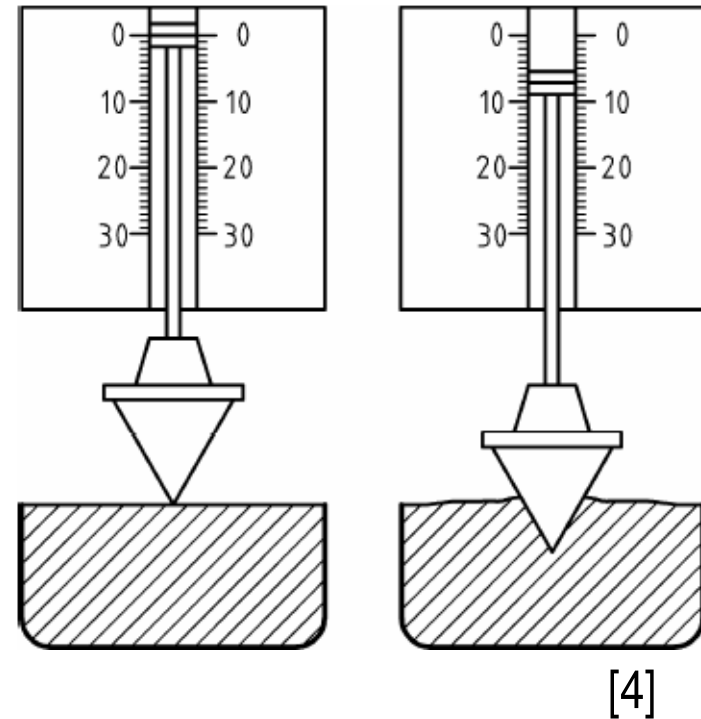
Index plasticity  $I_p = w_L - w_p$

## KONZISTENČNÍ MEZE

(Atterbergovy meze)

Vlhkost na mezi tekutosti  $w_L$

Kuželová zkouška



Hledá se vlhkost, při níž se dosáhne smluvní penetrace, která odpovídá  $w_L$  (10mm u kužele  $60^\circ/60g$  (20mm u  $30^\circ/80g$ ))

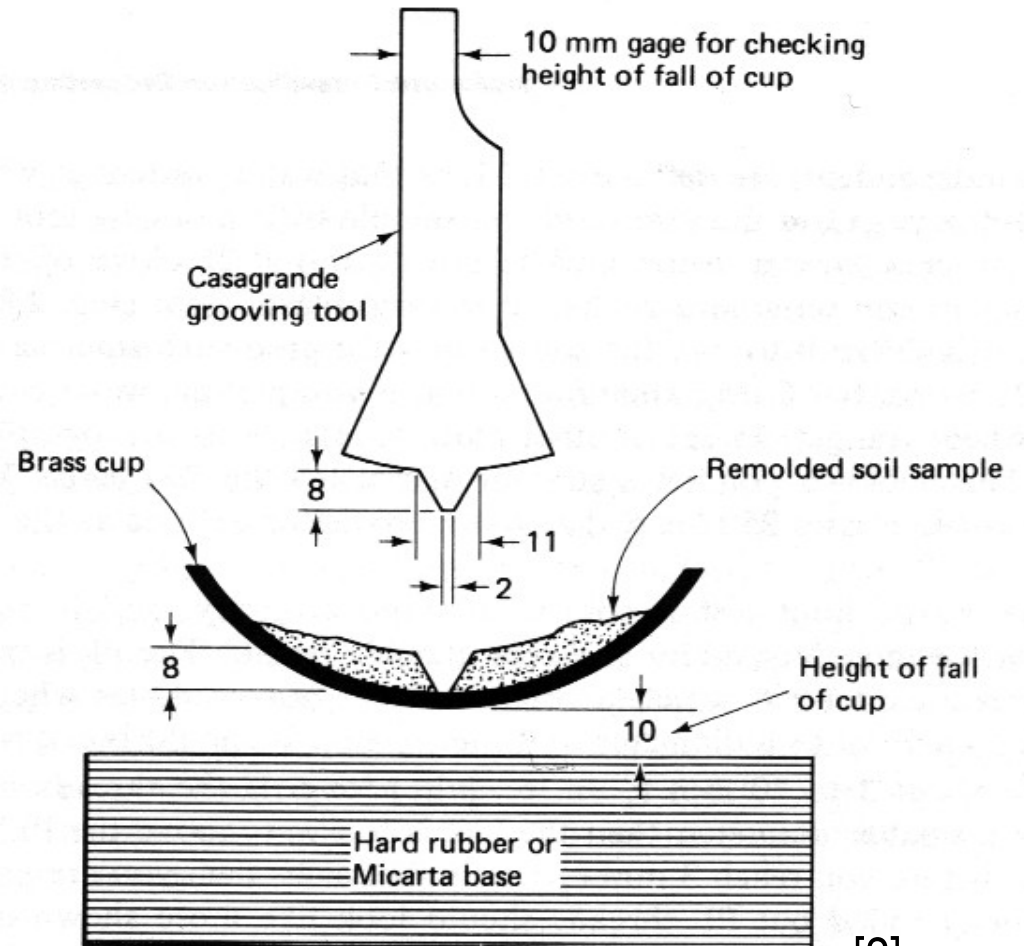
→ hledá se vlhkost při dosažení smluvní pevnosti zeminy (neodvodněná pevnost cca 2-3 kPa)

## KONZISTENČNÍ MEZE

(Atterbergovy meze)

Vlhkost na mezi tekutosti  $w_L$

Casagrandeho miska



Hledá se vlhkost, při níž se poruší svah zářezu v pastě smluveným způsobem, který odpovídá  $w_L$  [2]

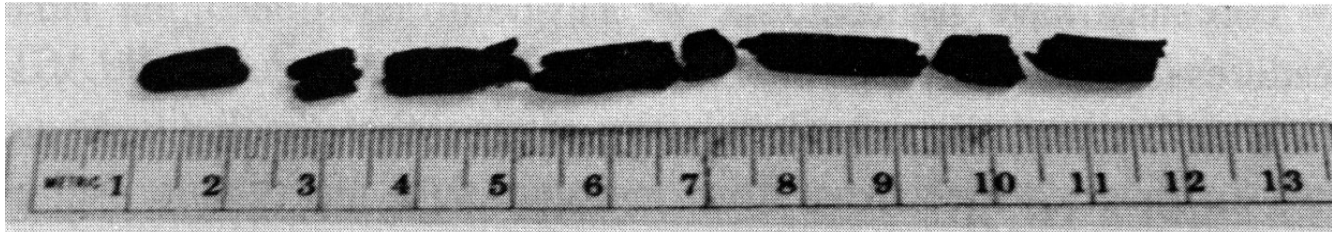
→ hledá se vlhkost při dosažení smluvní pevnosti zeminy (neodvodněná pevnost cca 2-3 kPa)



## KONZISTENČNÍ MEZE

(Atterbergovy meze)

Vlhkost na mezi plasticity  $w_p$



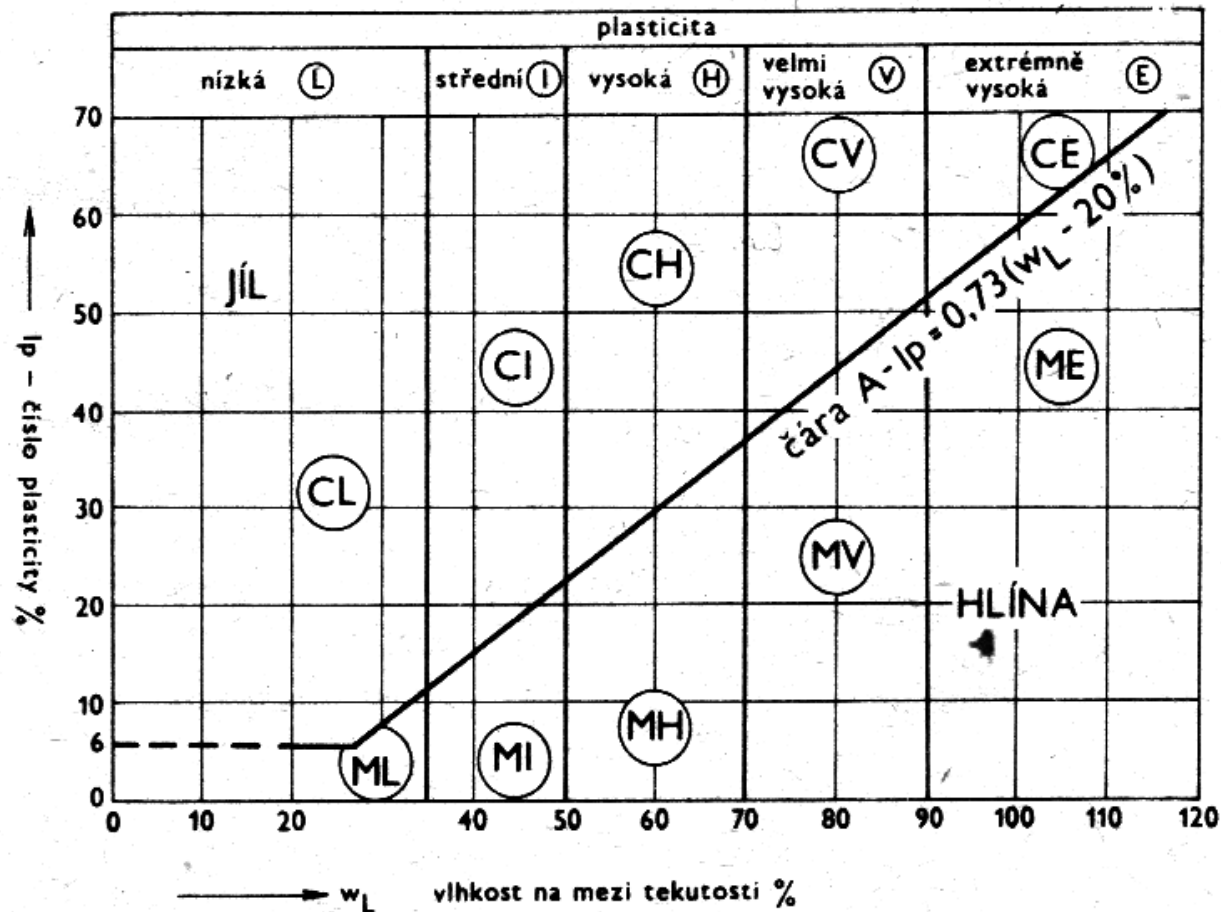
[2]

Hledá se vlhkost, při níž se vzorek rozpadá - drobí - smluveným způsobem

→ hledá se vlhkost při dosažení smluvní pevnosti zeminy (neodvodněná pevnost cca 200 - 300 kPa (100x vyšší než u  $w_L$ ))

## PLASTICITA

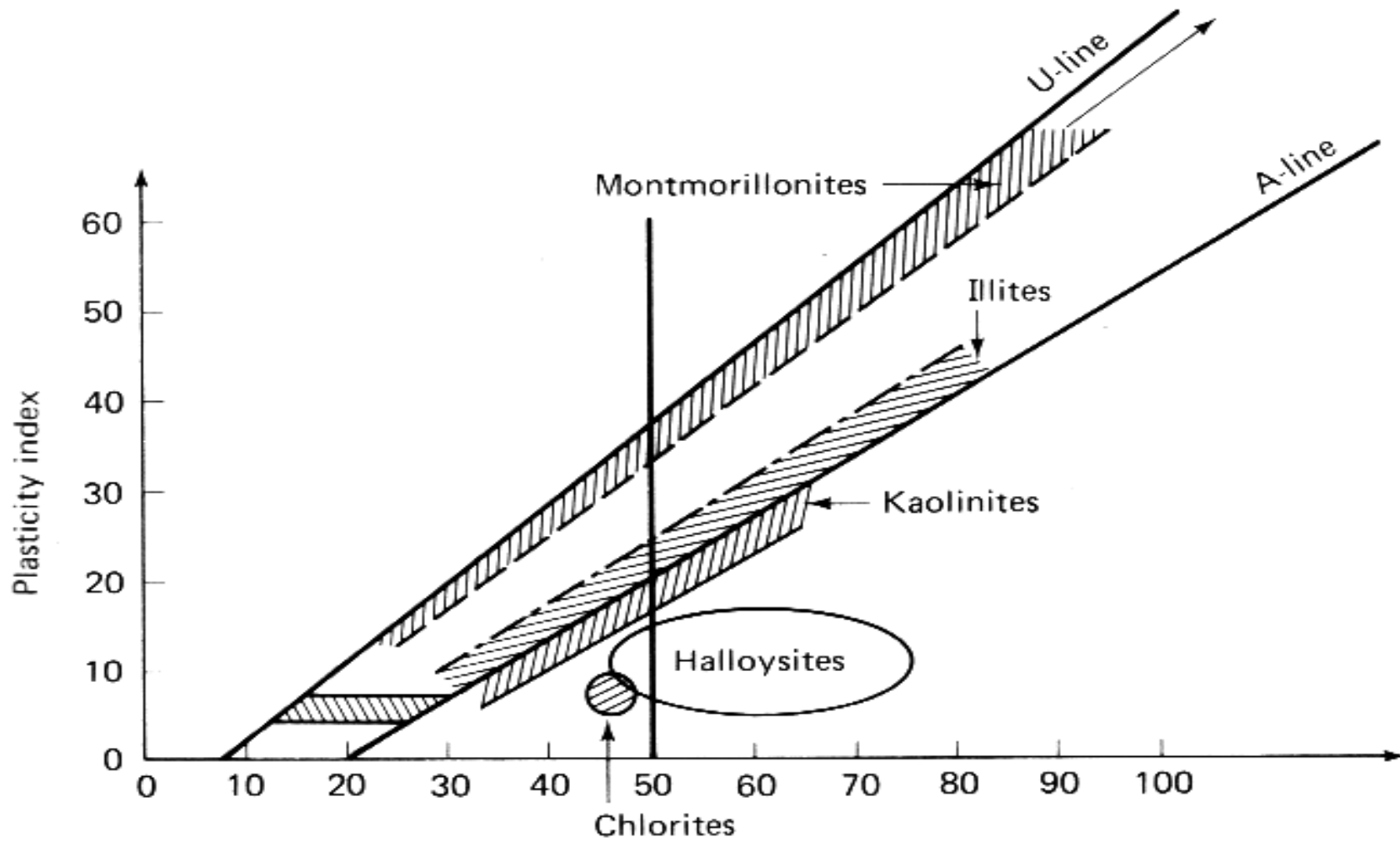
Casagrandeho **plasticitní diagram** ← rozlišení M (Si) a C (Cl)



[5]

## ....PLASTICITA

plasticitní diagram ← přibližné rozlišení jílových minerálů

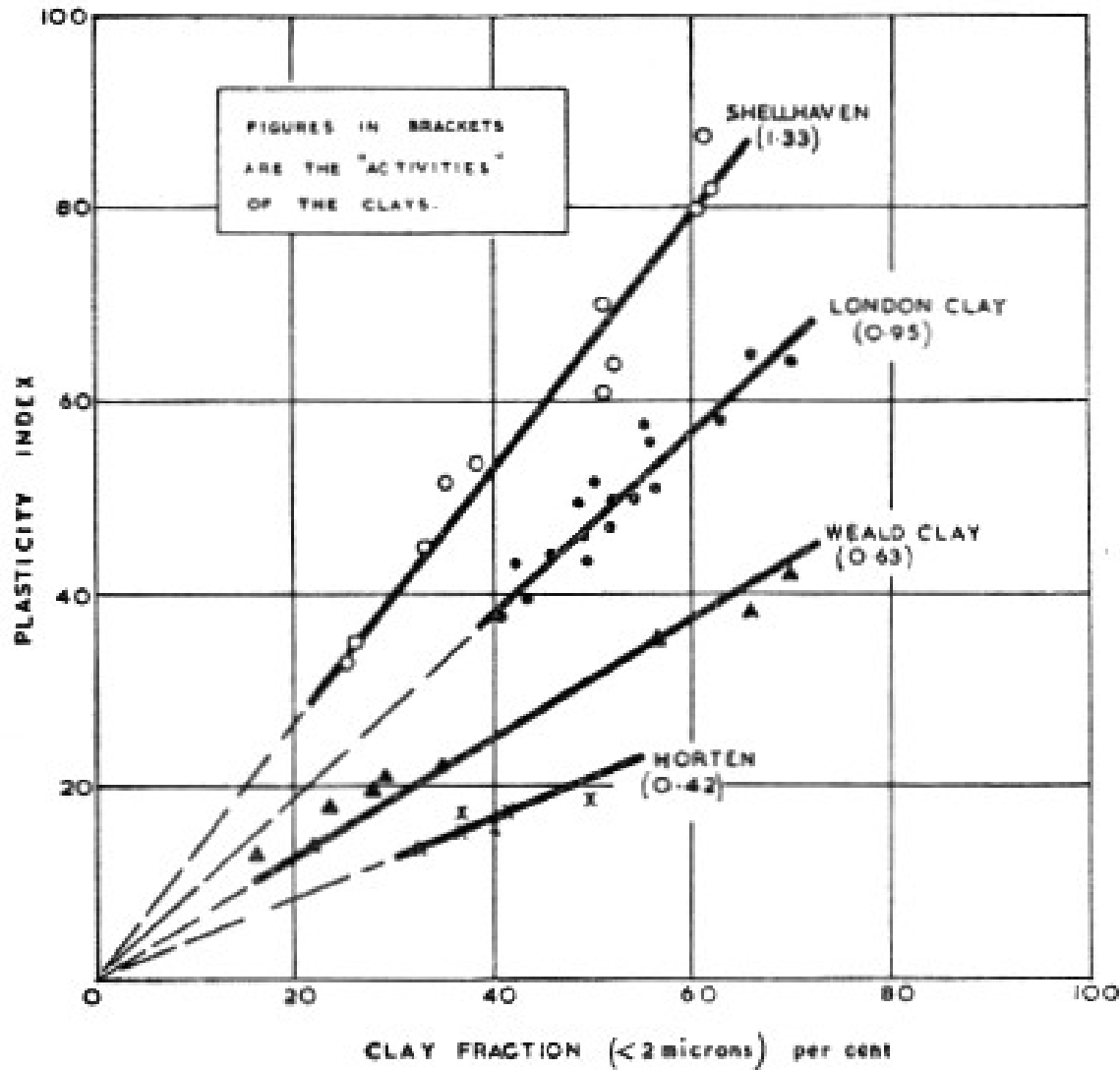


Liquid limit

[2]

## AKTIVITA A (jílových minerálů/koloidní aktivita)

$$A (= I_A) = I_p / (\text{váhová \% obsahu C})$$



(Skempton, 1953)

## KONZISTENCE (STAV) - pro jemnozrné zeminy

Stupeň konzistence  $I_C = (w_L - w) / (w_L - w_P)$

Stupeň tekutosti  $I_L = (w - w_P) / (w_L - w_P)$

### Konzistence:

kašovitá  $I_C < 0$

plastická  $I_C = 0$  až 1 (měkká 0 až 0,5; tuhá 0,5 až 1)

pevná  $I_C > 1$

(tvrdá pro  $w < w_s$ )

### Stupeň konzistence podle EN ČSN 14688-2 (2005)

velmi měkká  $I_C < 0,25$

měkká  $I_C = 0,25$  až 0,50

tuhá  $I_C = 0,50$  až 0,75

pevná  $I_C = 0,75$  až 1,0

velmi pevná  $I_C > 1,0$

## MNOŽSTVÍ PÓRŮ

(póry  $\equiv$  „mezizrnne prostory“)

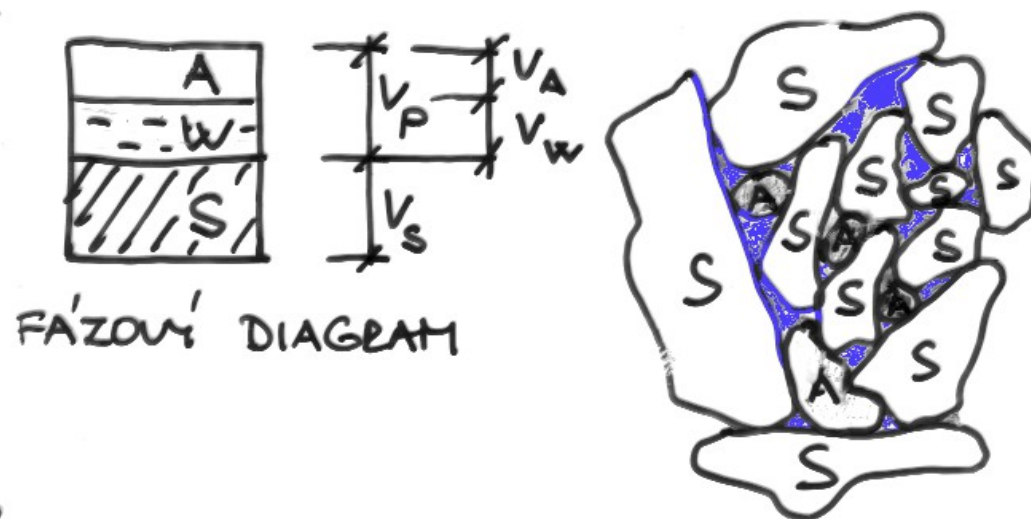
## PÓROVITOST

$$n = V_p / V_t$$

## ČÍSLO PÓROVITOSTI

$$e = V_p / V_s$$

...využití „fázového diagramu“ = schematické zobrazení textury partikulární látky



## HUSTOTA (OBJEMOVÁ HMOTNOST)

Měrná (specifická) hmotnost

(zdánlivá) hustota pevných částic zeminy

$$\rho_s = M_s / V_s = M_d / V_s \quad (\text{konstanta} \rightarrow \text{popis, ne stav})$$

Hustota (objemová hmotnost) přirozeně vlhké zeminy

$$\rho = M_t / V_t = (M_w + M_d) / V_t (= \rho_n)$$

Hustota (objemová hmotnost) nasycené zeminy

$$\rho_{\text{sat}} = M_t / V_t = (M_w + M_d) / V_t$$

Hustota (objemová hmotnost) vysušené zeminy

$$\rho_d = M_d / V_t$$

## OBJEMOVÁ TÍHA

$$\gamma = \rho g$$

...všechny verze – nasycené, suchá...

objemová tíha zeminy pod vodou – nadlehčené vztlakem: Archimédův zákon

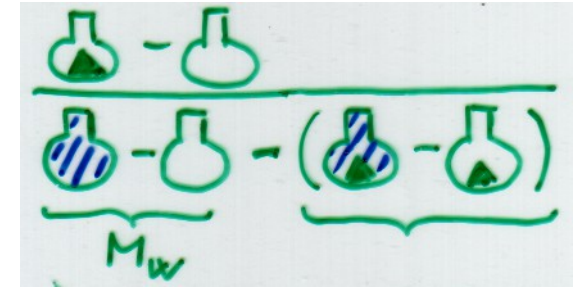
$$\rightarrow \gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

Kromě hustoty částic vyjadřují hustoty (a objemové tíhy) **STAV** zeminy



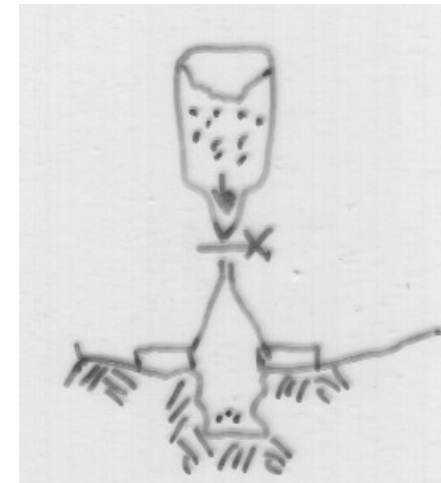
Stanovení hustot, tíh – výpočet snadný, ale problémem je stanovení objemu (jmenovatel v definici)

**hustota částic** – **pyknometr** (stanovení objemu skeletu z hmotnosti skeletem vytlačené vody a hustoty vody)



**ostatní objemové hmotnosti / tíhy**

- lze odebrat **neporušený** vzorek pravidelného tvaru – snadné změření rozměrů
- **neporušený** vzorek nemá pravidelný tvar - buď měření objemu vzorkem vytlačené vody nebo vážení pod vodou
- **nelze odebrat neporušený** vzorek (sypká zemina) – **stanovení v poli** - odebrání zeminy, která bude zvážena + stanovení objemu „výkopu“

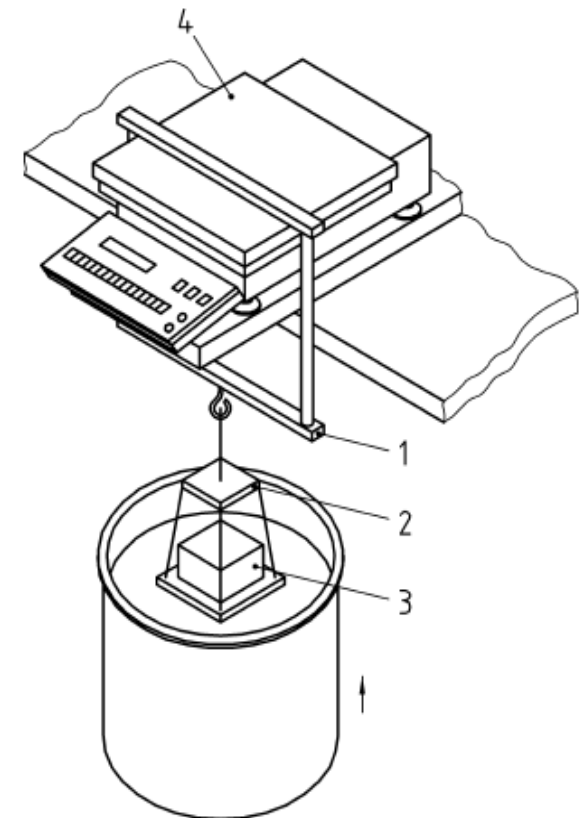
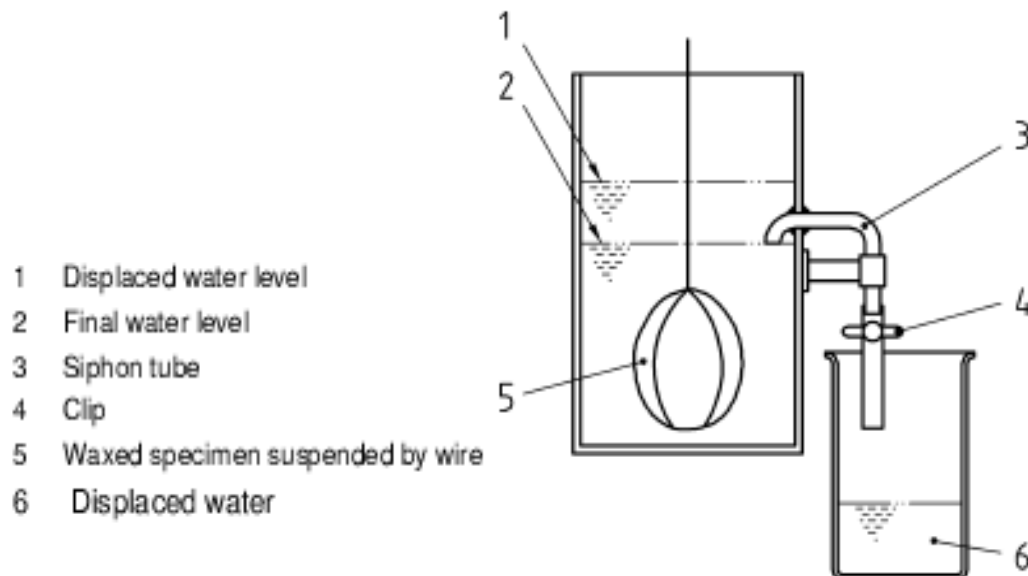


Stanovení hustot, tíh – výpočet snadný, ale problémem je **stanovení objemu** (jmenovatel v definici)

- **nelze odebrat neporušený** vzorek (syhká zemina) – v laboratoři

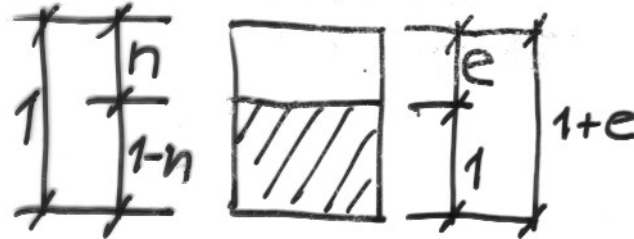
- stanovení vzorkem vytlačené vody, nebo

- vážení pod vodou

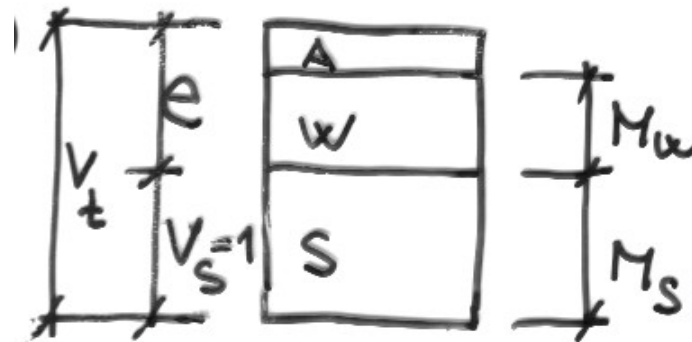


Využití „fázového diagramu“ = schematického zobrazení textury partikulární látky

→ vztahy mezi jednotlivými veličinami: např.  $e = n / (1 - n)$



....nebo  $\rho_d$  vs  $\rho$ ;  $\rho_d$  vs  $\rho_s$ ;  $n$  nebo  $e$  vs  $\rho_d$  ...atd:



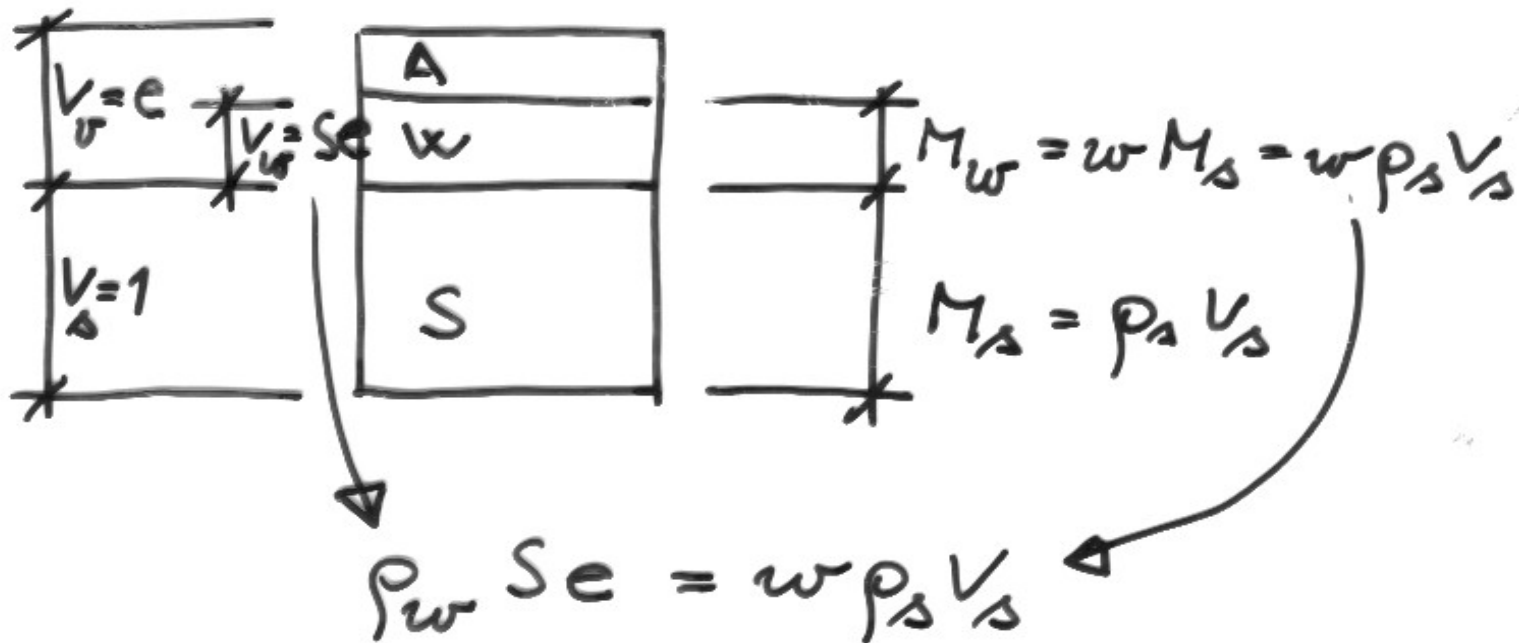
→  $\rho_d = \rho_s / (1 + e)$  → stanovení  $e$  z hmotnosti sušiny vzorku:  $e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$ ;

→  $\rho_d = \rho / (1 + w)$ ; ...atd...

## STUPEŇ NASYCENÍ $S$ ( $\equiv S_r$ )

$$S = V_w / V_p$$

Stanovení  $S$  - výpočtem z  $e$  a  $w$



## ULEHLOST (STAV) – pro hrubozrnné zeminy (Sa a hrubší)

Relativní ulehlost (Index ulehlosti)  $I_D = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$

zemina kyprá  $I_D = 0$  až  $0,33$

středně ulehlá  $I_D = 0,33$  až  $0,67$

ulehlá  $I_D = 0,67$  až  $1$

### Pojmenování stavu ulehlosti podle EN ČSN 14688-2 (2005)

z. velmi kyprá  $I_D = 0$  až  $0,15$

kyprá  $I_D = 0,15$  až  $0,35$

středně ulehlá  $I_D = 0,35$  až  $0,65$

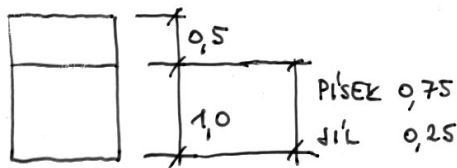
ulehlá  $I_D = 0,65$  až  $0,85$

velmi ulehlá  $I_D = 0,85$  až  $1,0$

....již umíme pracovat s velikostí pórů, tak ještě malý doplněk k VÝZNAMU JEMNOZRNNÉ FRAKCE NA CHOVÁNÍ ZEMIN ( $\approx D_{ef}$ )

Jílovitý písek (25% C a 75% S) má číslo pórovitosti 0,5.

Jakou roli v něm hraje jílová frakce?



→ pokud se odstraní jíl, zbyde písek  $e = 1,0$

Nejkypřejší písek se všemi (kulovými) zrny ještě stále v kontaktu:

→ zjednodušený výpočet:  $e < 1$

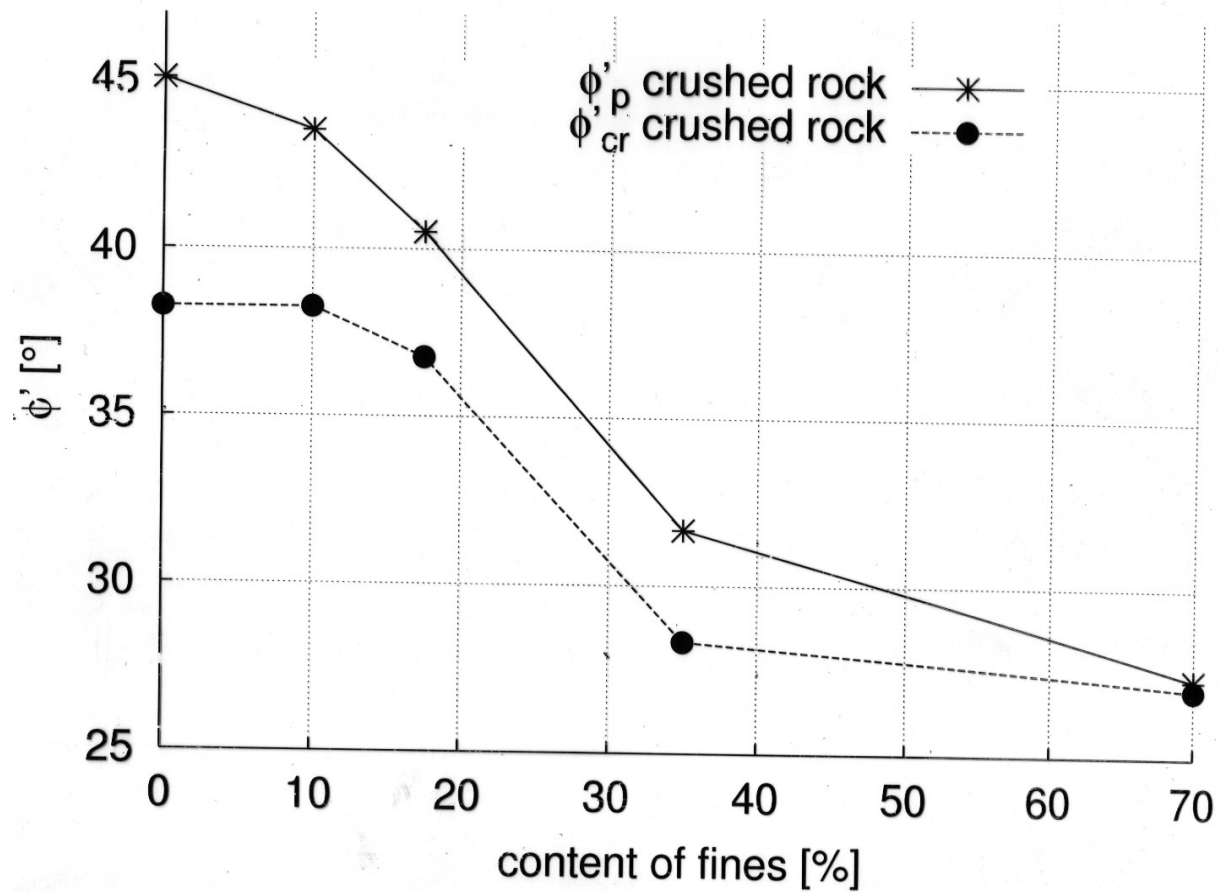
→ Kulová zrna písku se při  $e = 1$  nemohou dotýkat (mají vyšší  $e$  než nejkypřejší uložení kulových zrn, která se ještě dotýkají...)

→ Při 25%C a 75%S kulová písková zrna plavou v „matrici“ jílu

→ Lze očekávat, že jíl (ač jej je jen 25%) bude rozhodující pro mechanické chování zeminy!



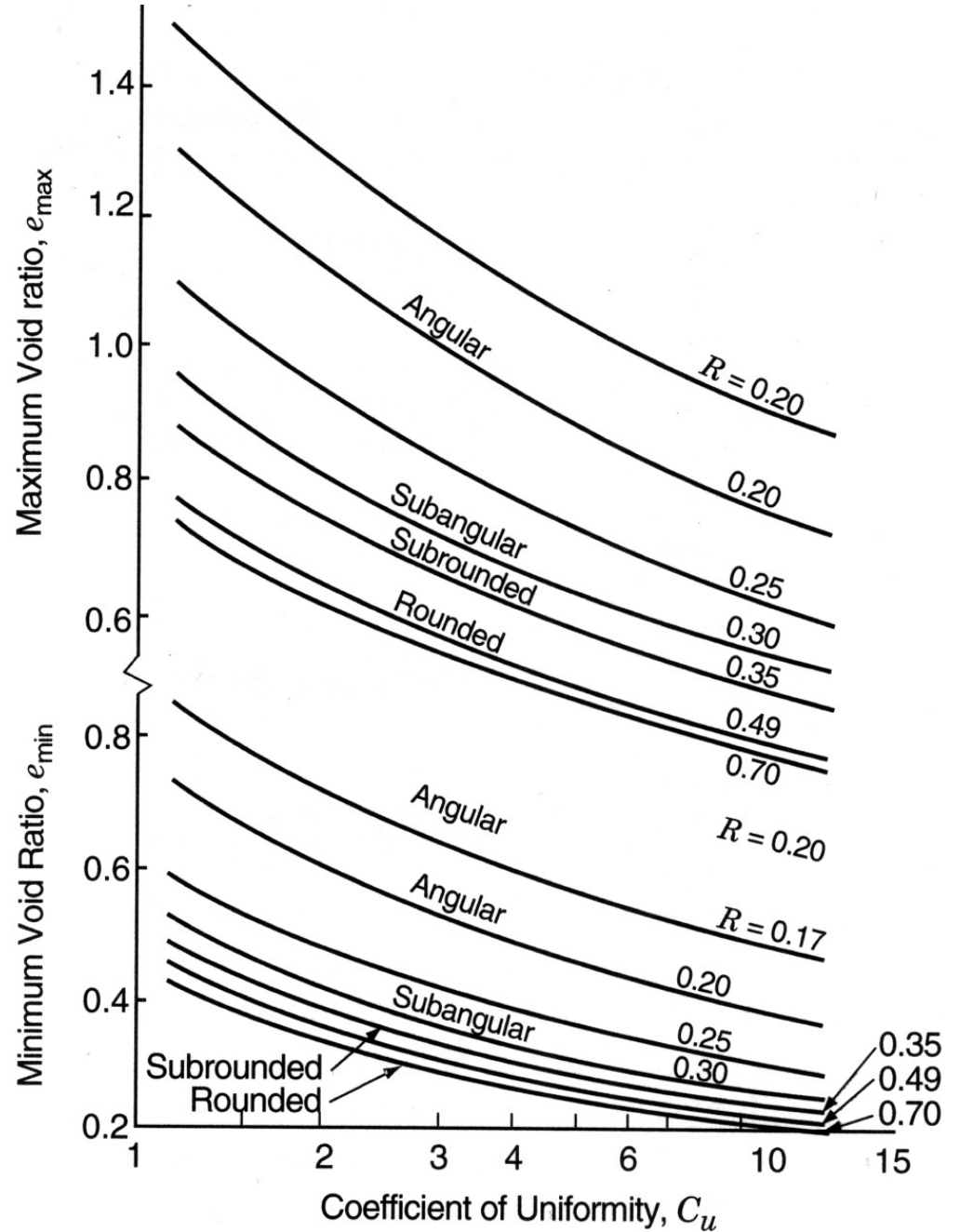
## Závislost pevnosti na množství jemných částic (drcená sk. hornina)





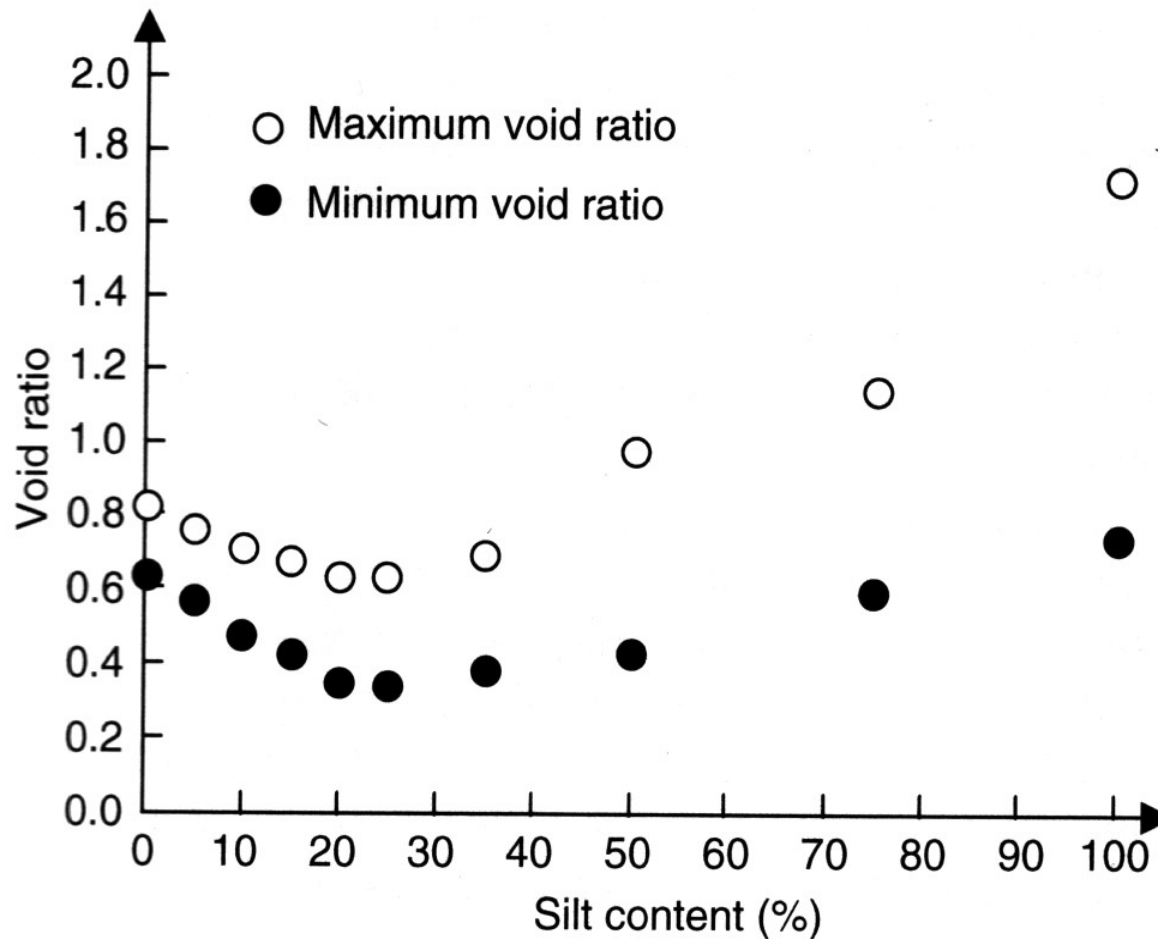
# Příklady využití křivky zrnitosti ( $\pm$ dalších popisných charakteristik)

Odhad  $e_{\min}$  a  $e_{\max}$  písku z  $C_u$  a tvaru zrn



(Youd, 1973 in Mitchell and Soga, 2005)

Závislost  $e_{\min}$  a  $e_{\max}$  na množství siltu v písku



(Polito and Martin, 2001 in Mitchell and Soga, 2005)

## Odhad hydraulické vodivosti písku

$$\text{Hazen: } k [\text{ms}^{-1}] = 0,01D_{10}^2 [\text{mm}]$$

...a např. také jemně a střednězrné písky:  $k = [A / (C_u + B) + C] D_{10}^2$ , kde A, B a C závisejí na ulehlosti

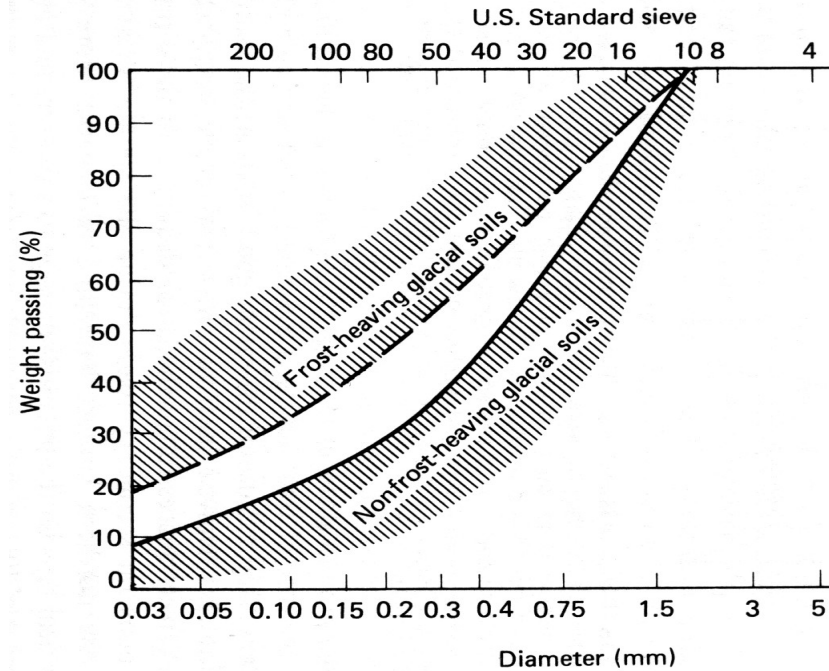
## Odhad hydraulické vodivosti jemnozrné zeminy

$$k = fce (e, w_p, I_p)$$

$$k = fce (e, CF\%, I_A)$$

(podrobnosti korelací lze nalézt např. in Soos a Boháč (2002), Geotechnical Engineering Handbook, Ernst & Sohn)

## Odhad namrzavosti

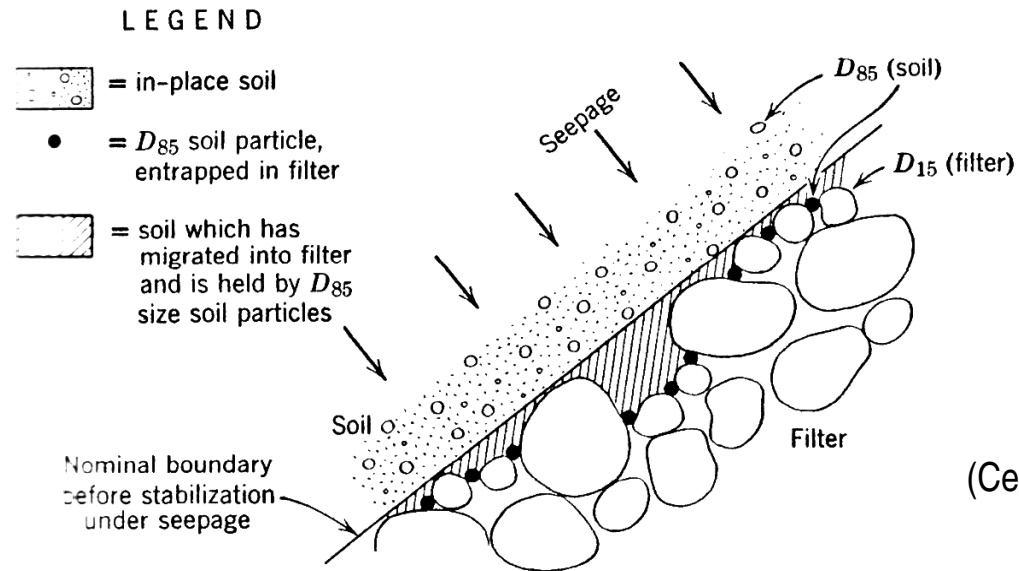
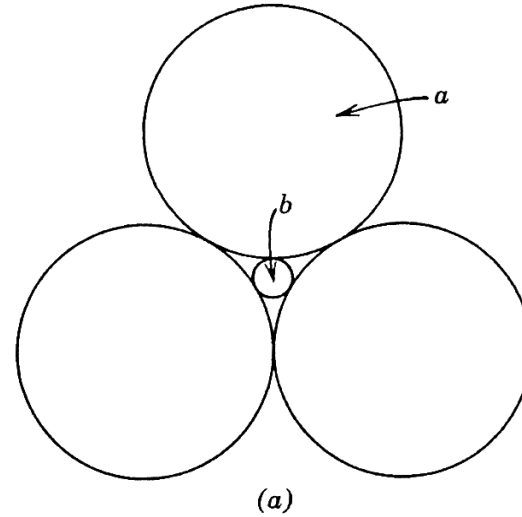


(Beskow, 1935 in [2])

Group	Frost Susceptibility or Danger	Soils
I	None	Gravel, sand, gravelly tills
II	Moderate	Fine clay ( $\geq 40\%$ clay <sup>†</sup> content); sandy tills, clayey tills with 16% fines <sup>‡</sup>
III	Strong	Silt, coarse clay (clay <sup>†</sup> content 15–25%); silty tills

[2]

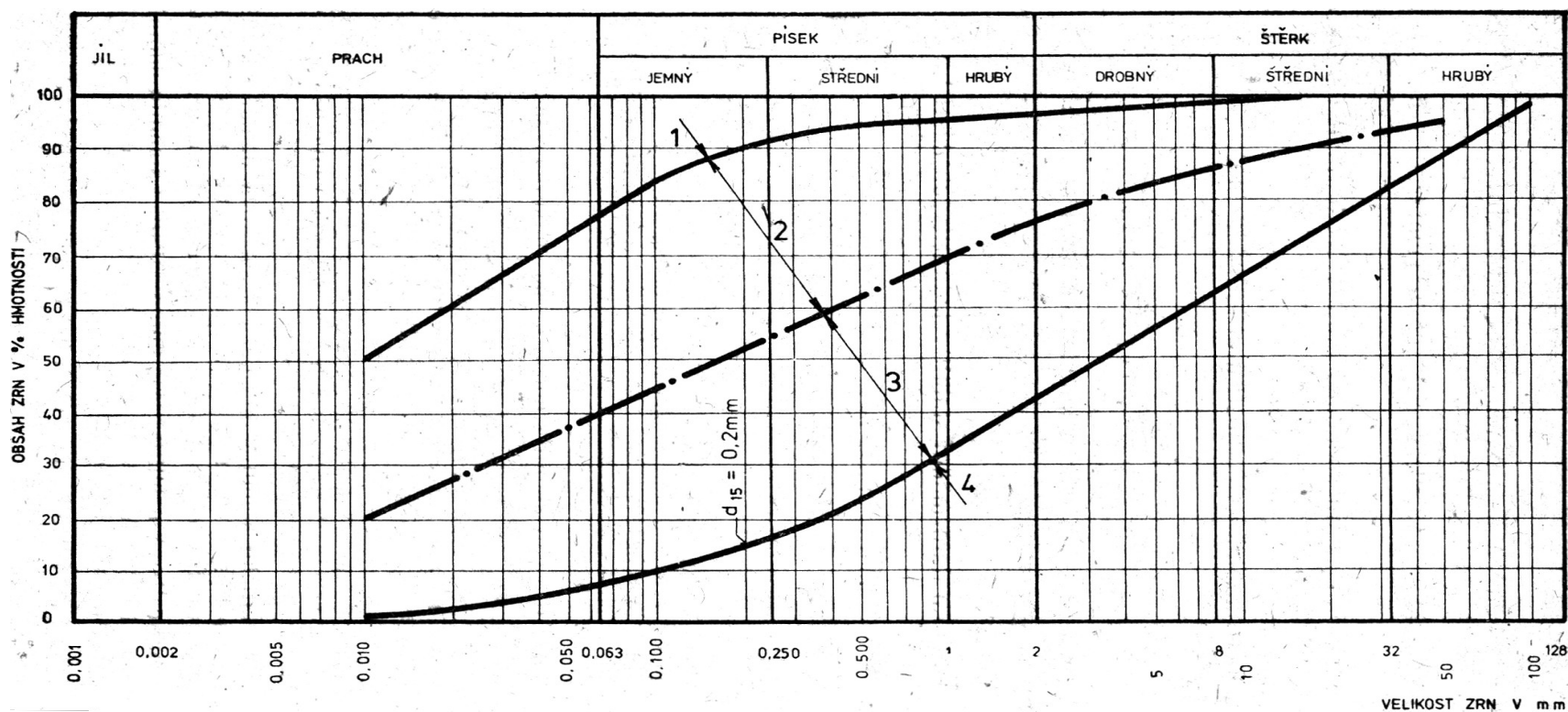
## Kritéria pro návrh filtrů



# Příklady využití křivky zrnitosti ( $\pm$ dalších charakteristik)

## Použití zemin do konstrukcí

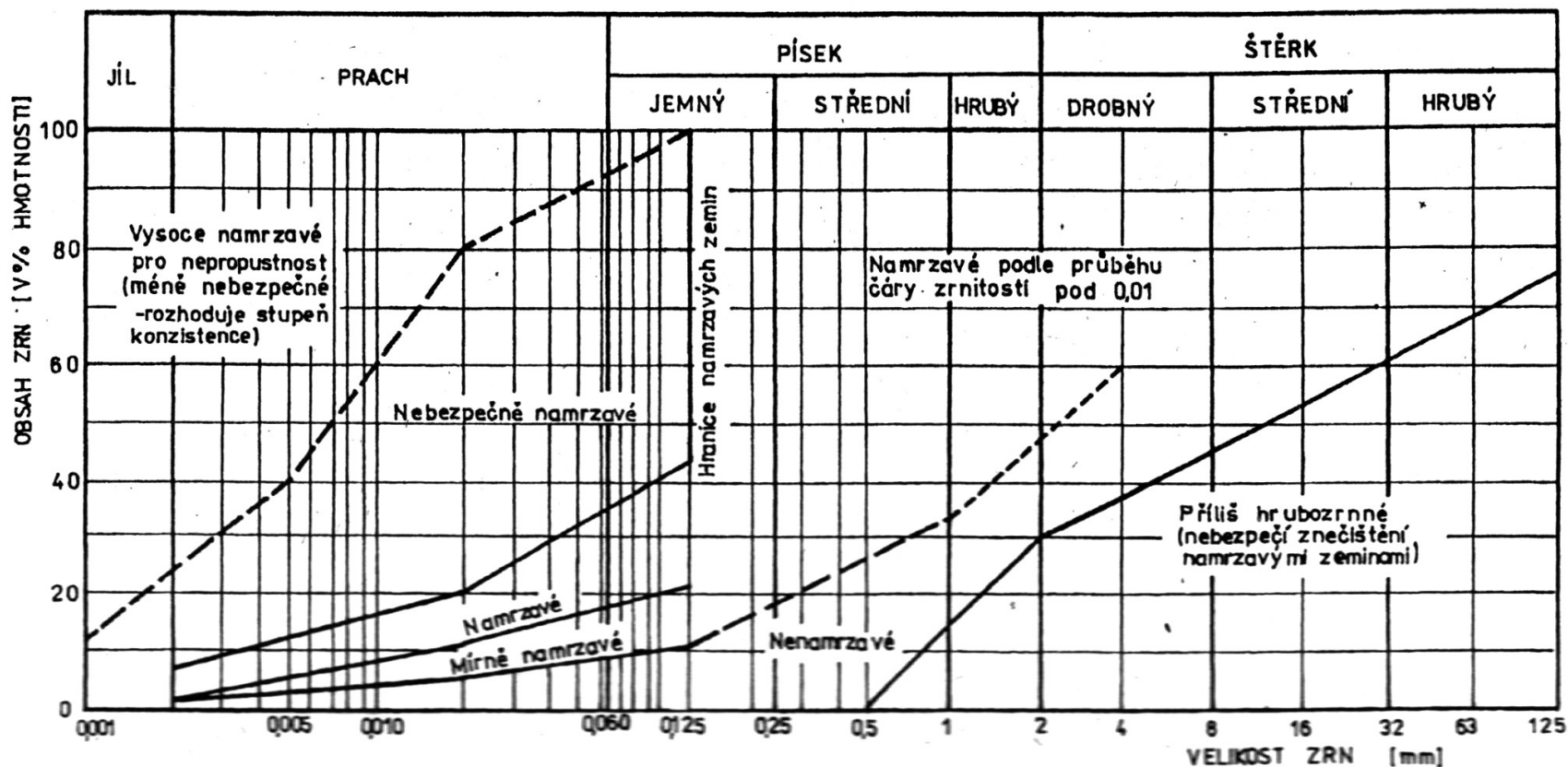
Např. ČSN736824 (zrušená) předepisovala, že pro těsnící část (malé) hráze musí křivka zrnitosti padnout do oblasti 1 nebo 2 a pro nosnou část do oblasti 3 nebo 4



## Použití zemin do konstrukcí

Např. ČSN 736133 („Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ vylučuje bez zvláštního postupu použít do zemního tělesa poz. komunikací zeminy s  $w_L > 60\%$ ,  $I_C < 0,5$ ...

(Nepovinná) příloha normy udává kritérium namrzavosti:



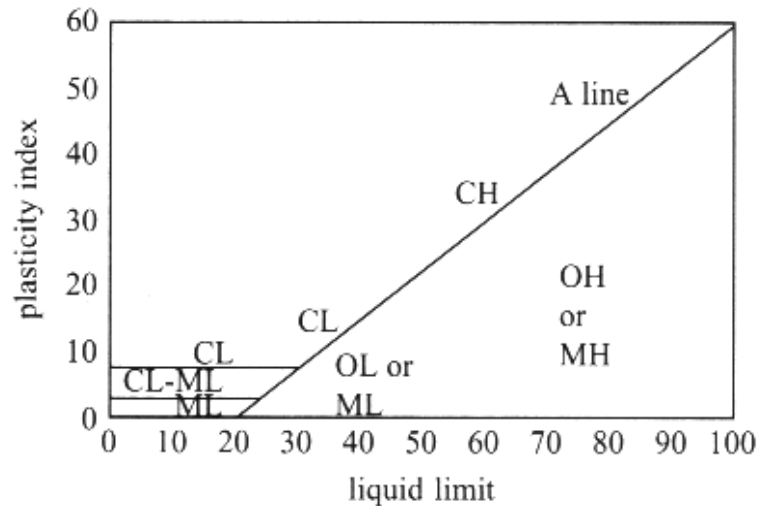
...atd.

# POJMENOVÁNÍ A ZATŘÍDĚNÍ ZEMIN

## USCS

COARSE  More than 50% retained sieve #200	Gravel: more than 50% coarse fraction retained on sieve #4	Less than 5% fines	$C_u > 4, 1 \leq C_c \leq 3$	→ GW
			Not satisfying GW	→ GP
		More than 12% fines	Below 'A' line	→ GM
		Above 'A' line	→ GC	
	Sand: less than 50% coarse fraction retained on sieve #4	Less than 5% fines	$C_u > 6, 1 \leq C_c \leq 3$	→ SW
			Not satisfying SW	→ SP
More than 12% fines		Below 'A' line	→ SM	
	Above 'A' line	→ SC		

FINE  Less than 50% retained sieve #200	$LL < 50$	ML
	$LL > 50$	CL OL MH CH OH



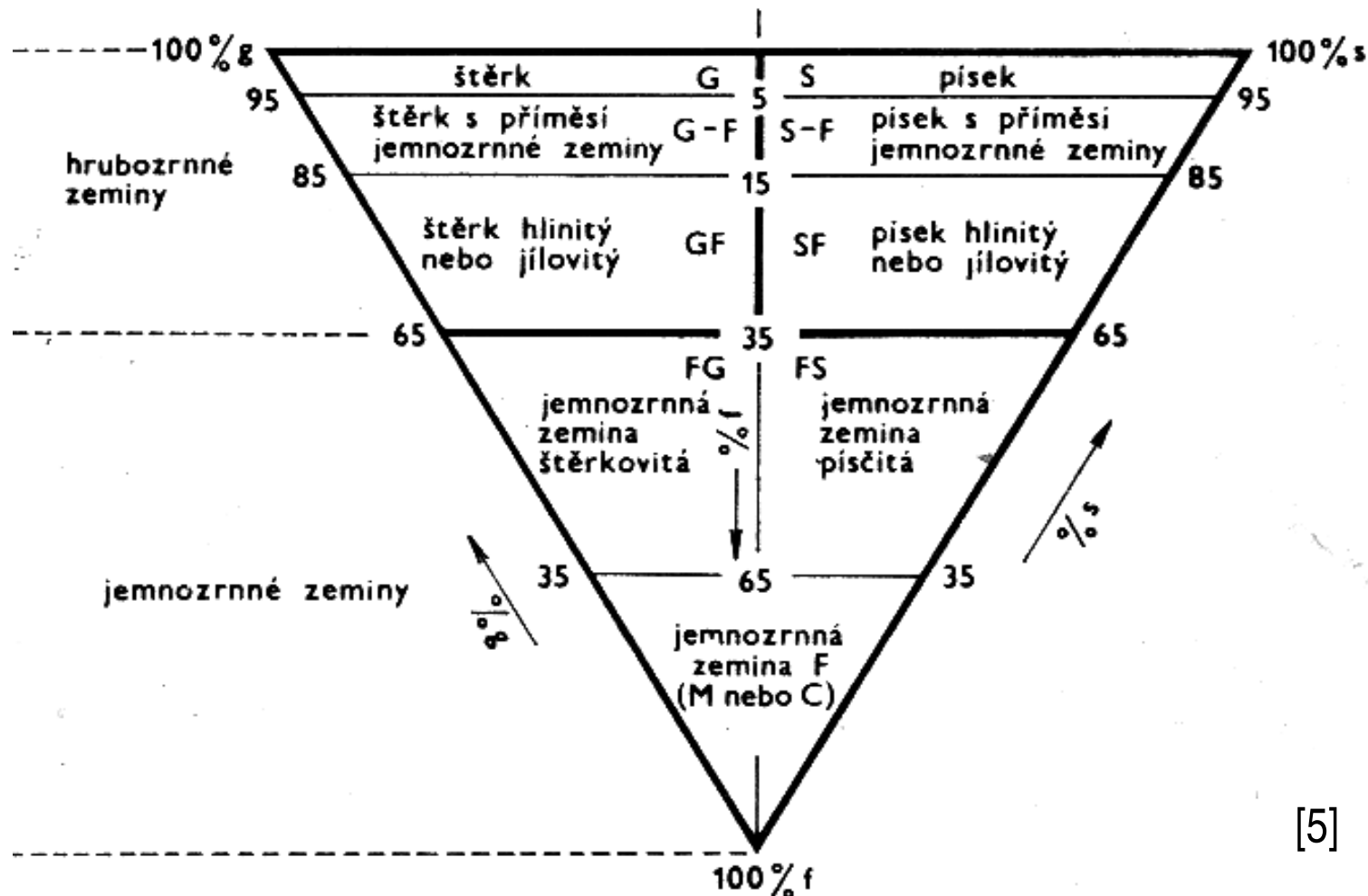
ORGANIC SOILS

→ Pt [Santamarina, 2003]



# POJMENOVÁNÍ A ZATŘÍDĚNÍ ZEMIN

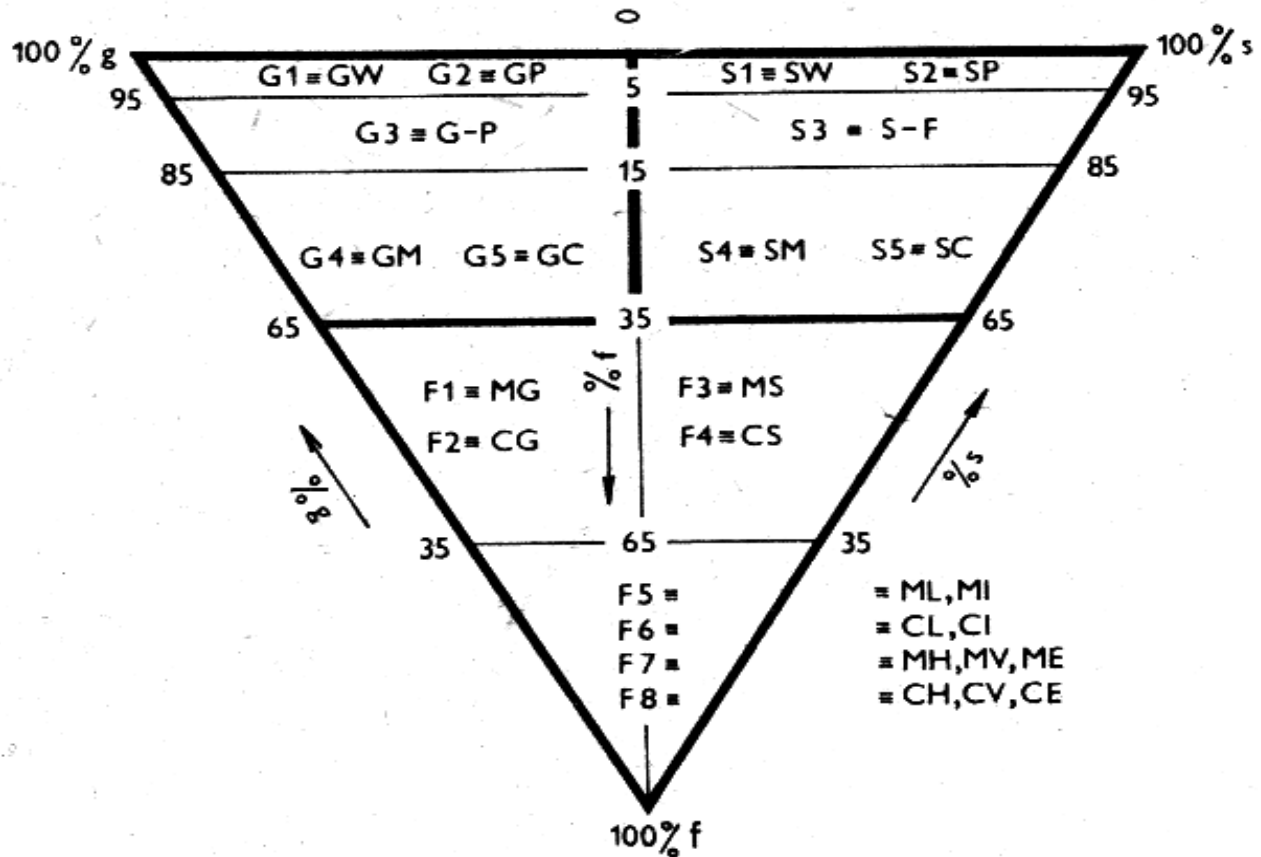
ČSN731001 („Základová půda pod plošnými základy“; zrušena 2010), obdobně ČSN721001 („Pomenovanie a opis hornín v IG...“ - zrušena 2004) využívaly **USCS**:



[5]

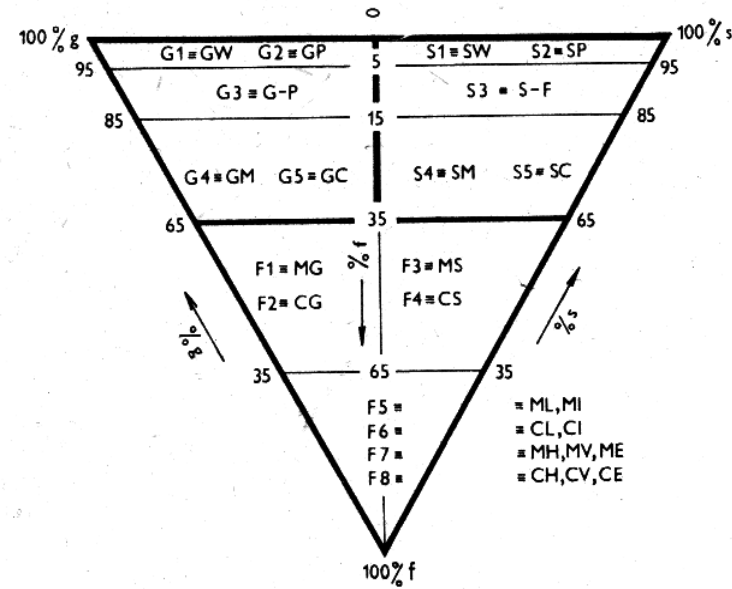
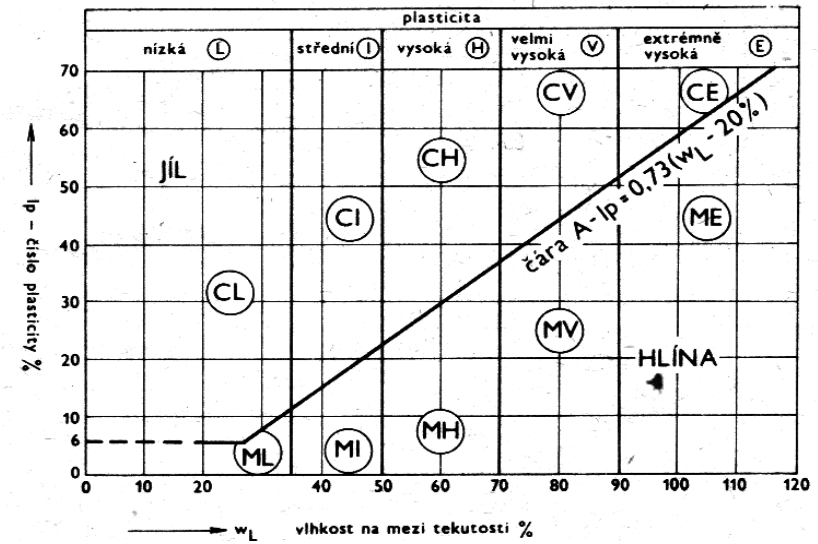
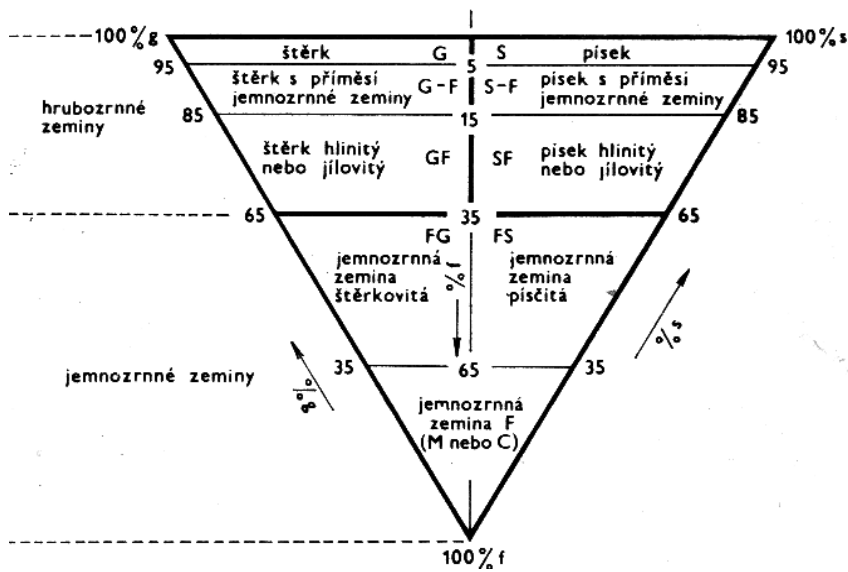
# POJMENOVÁNÍ A ZATŘÍDĚNÍ ZEMIN

ČSN 731001 („Základová půda pod plošnými základy“; zrušena 2010) - využívala **USCS**, definovala (zbytečně) ale 'československé' třídy (G1-5; S1-5; F1-8)



[5]

# POJMENOVÁNÍ A ZATŘÍDĚNÍ ZEMIN



- ≡ ML, MI
- ≡ CL, CI
- ≡ MH, MV, ME
- ≡ CH, CV, CE

[5]

Technické obory – normy zajišťují kvalitu prací a výrobků (? - viz níže)  
ISO, CEN, ČSN

Geotechnika – normy pro bezpečnost, ekonomičnost a kvalitu geot. staveb

Normy z definice

- odrážejí „politické“ a skupinové zájmy
- založeny na starých, často překonaných teoriích a postupech
- konzervativní = neekonomická praxe

Přesto následující normy jsou důležité pro IG:

ČSN TS/ISO 17892 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin (11 částí)

ČSN EN ISO 14688 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin (2 části)

ČSN EN ISO 14689 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování hornin

ČSN EN ISO 22476 Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní průzkum a zkoušení (...části)

ČSN EN 1997 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1 – Obecná pravidla (pro stav. inženýry)

**ČSN EN 1997-2** Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2 – Průzkum a zkoušení základové půdy (norma pro geotechnický = inženýrskogeologický průzkum)

## POPIS v poli a v laboratoři

Velikost zrn (křivka zrnitosti, ale v poli třením mezi prsty,  $\pm$  pod vodou)

Tvar zrn (zpravidla pro  $D > 2\text{mm}$ )

Minerální složení (názvy minerálů)

Barva

Pevnost v suchém stavu (jíl (vysoká) vs silt (nízká))

Dilatance (třesení a stlačení hrudky v ruce – objevení a zmizení vody  $\rightarrow$  silt)

Plasticita (nízká (nelze vyválet do 3mm) vs vysoká (lze))

Obsah uhličitánů

Obsah organických složek (zápach, barva; Hcl)

Zpravidla se popis provede **podle nějaké zvolené normy**, např.:

ČSN EN ISO 14688 „GT průzkum a zkoušení“

## STAV v laboratoři

v poli pouze odhad konzistence (kašovitá až tvrdá) a ulehlosti

ostatní podle laboratoře ( $w$ ;  $e$ ,  $n$ ;  $S$ ;  $I_C$ ;  $I_D$ )

Velikost zrn (křivka zrnitosti)

- + plasticita (konzistenční meze)
- + ulehlost + tvar křivky zrnitosti u hrubozrnných zemin

Potřebné laboratorní zkoušky:

zrnitost, tvar zrn

konzistenční meze

$e_{\max}$ ,  $e_{\min}$

- + stavové charakteristiky ( $w$ ,  $e$ ,  $\rho$ ,  $I_C$ ,  $I_D$ ...) pro přiřazení parametrů na základě zkušenosti – opatrně, vhodnější jsou korelace s popisnými konstantami (tvar zrn, konzistenční meze atd.)

Zpravidla podle nějaké zvolené normy:

ČSN EN ISO 14688 „GT průzkum a zkoušení“, nebo

ČSN 721001 (zrušena 2004), nebo ČSN 731001 („...plošné základy“ zrušena 2010) - užívá USCS + české názvosloví, nebo např. podle nepovinné přílohy 736133 („...tělesa pozemních komunikací“), kde je převzata klasifikace ze zrušené ČSN 731001

## Základní

Atkinson, J.H. (2007) The mechanics of soils and foundations. 2<sup>nd</sup> ed. Taylor & Francis (v knihovně geologické sekce je několik exemplářů)

## Doporučená rozšiřující literatura (omezeně dostupná na oddělení IG)

Feda, J. (1977) Základy mechaniky partikulárních látek. Academia, Praha. (Případně anglická verze: Feda, J. (1982) Mechanics of particulate materials, Academia-Elsevier.)

Mitchell, J.K. and Soga, K (2005) Fundamentals of soil behaviour. J Wiley. (Případně starší vydání, bez druhého autora: 1973; 1993.)

Wood, D.M. (1990) Soil behaviour and critical state soil mechanics. Cambridge Univ.Press.

Bolton, M. (1979) A guide to soil mechanics. Macmillan Press, ISBN 0-33318931-0.

Craig, R.F. (2004; existují různá vydání, první 1974) Soil mechanics. Spon Press.

Holtz, R.D. and Kovacs, E.D. (1981) An introduction to geotechnical engineering, Prentice-Hall, ISBN 0-13-484394-0

Atkinson, J.H and Bransby, P.L. (1978) The mechanics of soils. McGraw-Hill, ISBN 0-07-084077-2.

## Částečně lze použít:

Myslivec, A., Eichler, J. a Jesenák, J. (1970) Mechanika zemin. SNTL, Praha.

Šimek, J. et al. (1990) Mechanika zemin (1990). SNTL, Praha.

Vaniček, I. (2000; existují různá vydání) Mechanika zemin, skriptum FSv ČVUT

- [1] Atkinson, J.H. (2007) The mechanics of soils and foundations. 2<sup>nd</sup> ed. Taylor & Francis.
- [2] Holtz, R.D. and Kovacs, E.D. (1981) An introduction to geotechnical engineering, Prentice-Hall, ISBN 0-13-484394-0
- [3] Hoek, E. (2007) Practical rock engineering (2007 edition). Volně přístupné na <http://www.rocscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp> (staženo 2008/02).
- [4] ČSN TS/ISO 17892 (části 17892-4; \*-6)
- [5] ČSN EN 14688 (květen 2003); ČSN 731001