

Metody v geomorfologii – vzorkování sedimentů štěrkonosných toků

Metody fyzické geografie I

Valounová analýza

Zjišťované parametry zrn:

- velikost
- tvar
- zaoblení
- petrografie

Účel valounové analýzy:

- prahové podmínky vymílání (eroze)
- intenzita transportu dnových splavenin
- podklad pro odhady součinitelů drsnosti
- stanoviště vodních bezobratlých
- podmínky tření ryb
- hodnota vodních stanovišť
- vliv land use na zrnitost
- provenience materiálu
- podmínky a způsoby transportu

Zrnitostní škála Udden (1898)/Wentworth (1922) + ekvivalentní phi hodnoty (Krumbein, 1934)

Millimeters (mm)		Micrometers (μm)	Phi (φ)	Wentworth size class		Rock type
4096			-12	Boulder	Gravel	Conglomerate/Breccia
256			-8	Cobble		
64			-6	Pebble		
4			-2	Granule		
2			-1	Very coarse sand	Sand	Sandstone
1			0	Coarse sand		
1/2	0.50	500	1	Medium sand		
1/4	0.25	250	2	Fine sand		
1/8	0.125	125	3	Very fine sand		
1/16	0.0625	63	4	Coarse silt	Silt	Siltstone
1/32	0.031	31	5	Medium silt		
1/64	0.0156	15.6	6	Fine silt		
1/128	0.0078	7.8	7	Very fine silt		
1/256	0.0039	3.9	8		Mud	Claystone
0.00006	0.06	14		Clay		

2-10
10-50
50-256

drobné
střední
hrubé



VALOUNY

balvany
valouny
oblázky
granule

$$\phi = -\log_2 D$$

$\phi \rightarrow \text{mm}$

$$d(\text{mm}) = 2^{-\phi}$$

ŠTĚRK

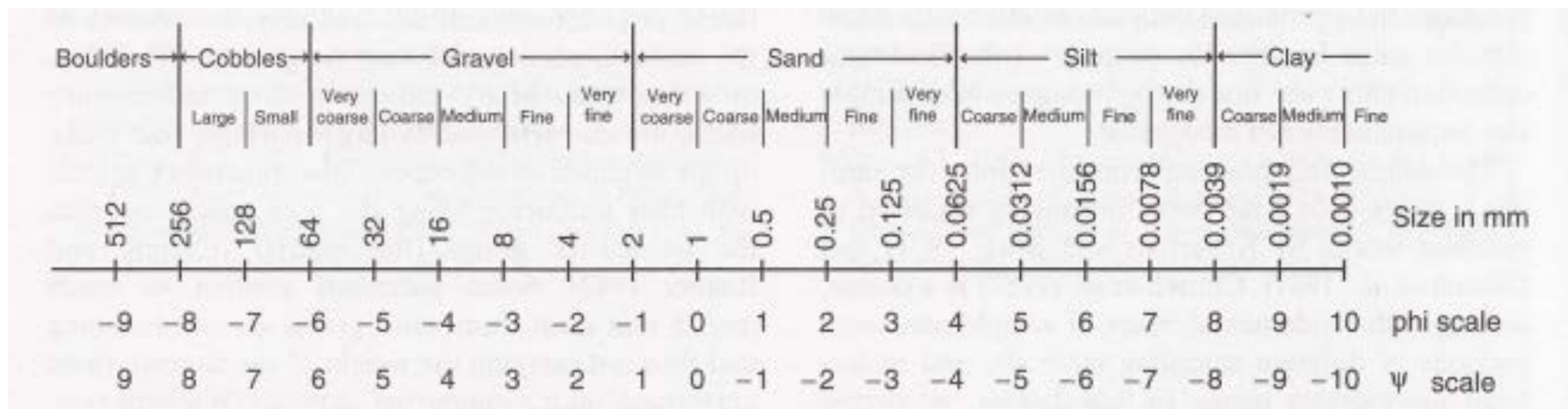
PÍSEK

PRACH

JÍL

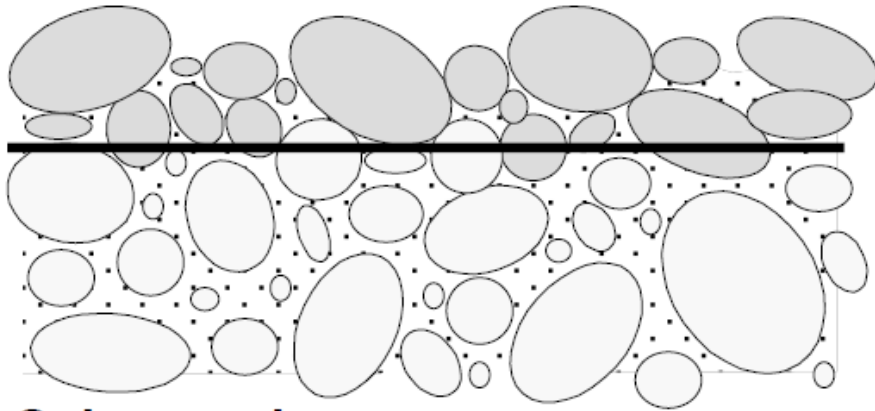
KAL

phi (ϕ) škála \leftrightarrow psi (ψ) škála



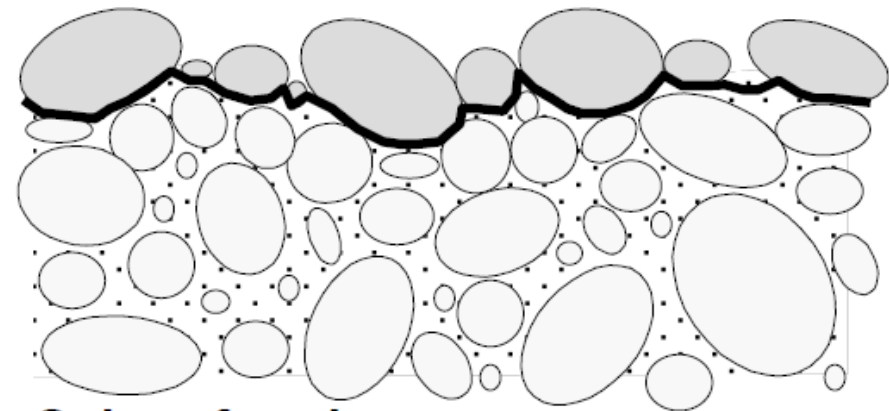
Krycí vrstva (armour, armor)

Armor layer



Subarmor layer

Surface sediment

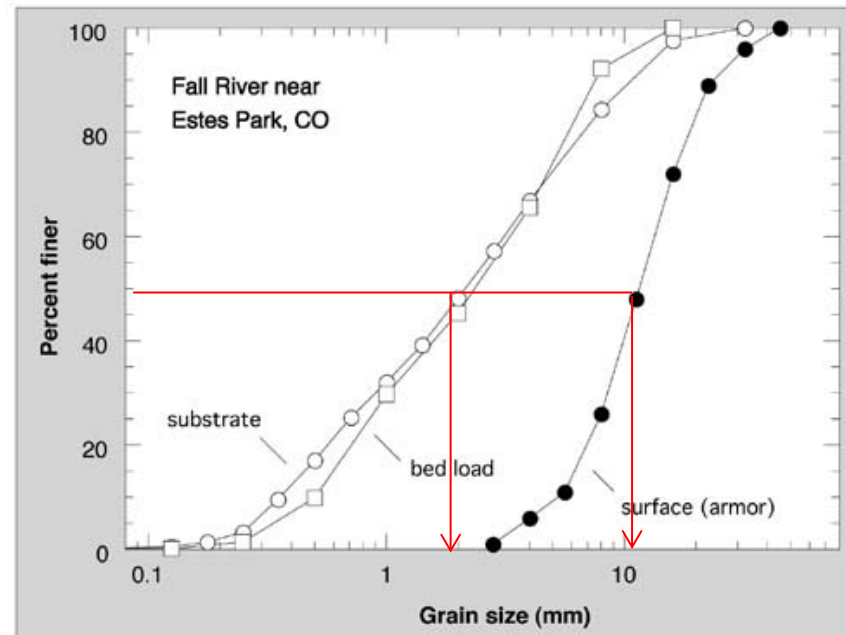


Subsurface layer



Vzorkovat můžeme:

- povrchově (stanovený počet zrn na stanovené ploše)
- objemově



Povrchové vzorky

Pebble count
transekty

Grid count
mřížky

Plošné
vzorkování

Objemové vzorky

Krycí vrstva

*Podpovrchový
substrát*

Plošné vzorkování

Manuální

Lepidlo

Fotografie

Vizuální
odhady

Obnažený,
nezaplavený povrch

Pod hladinou,
zaplavený povrch

Objemové vzorky

Odebereme stanovený objem n . hmotnost sedimentu

Objemové vzorky

krycí vrstvy (armor)

Hloubka krycí vrstvy je dána
spodním okrajem největšího
(D_{max}) nebo často se
vyskytujícího velkého zrna
(D_{dom})

Objemové vzorky

podpovrchové vrstvy
(substrátu)

Kritéria stanovení hloubky krycí vrstvy

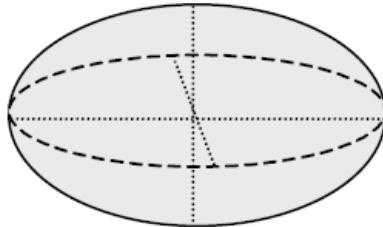
1. c osa D_{max} zrna ležícího na povrchu
2. b osa D_{max} zrna ležícího na povrchu
3. dvojnásobek b osy D_{90} zrna ležícího na povrchu
4. ponořená část D_{dom} zrn ze širšího okolí
5. ponořená část D_{max} zrna

D_{max} :

$a = 30$ cm

$b = 20$ cm

$c = 10$ cm

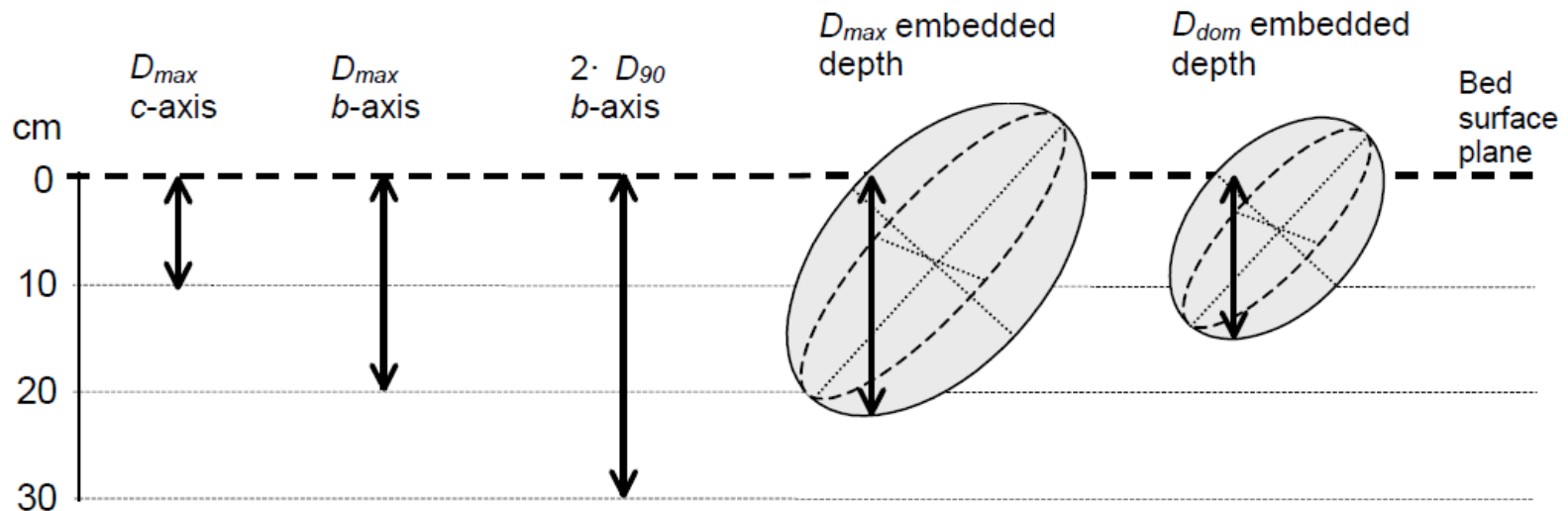
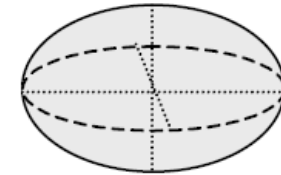


$D_{dom} \cong D_{90}$:

$a = 25$ cm

$b = 15$ cm

$c = 8$ cm



Stupeň vývoje krycí vrstvy (zhrubnutí povrchu)

D_{50} armor / D_{50} substrát

1. objemový vzorek armoru + objemový vzorek substrátu
2. pebble count armoru + objemový vzorek substrátu

Povrchové vzorky

Odebereme stanovený počet klastů ze stanovené plochy

Pebble count

měření podél linií (transektů)

větší plocha ($\approx 100 \text{ m}^2$)

měření zrn ručně

Grid count

měření v mřížce

menší plocha (≈ 1 až 10 m^2)

měření zrn ručně n. na fotografiích

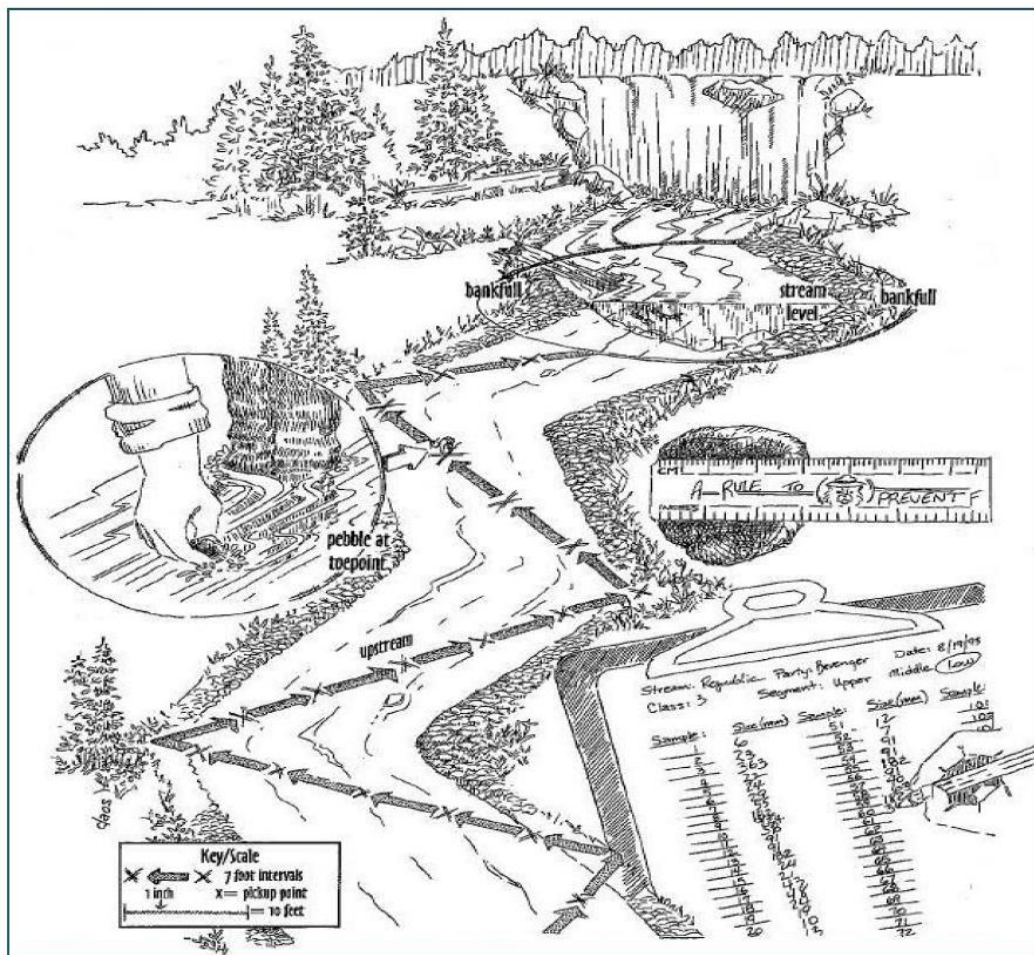
Plošné vzorky

malé plochy ($0,1$ až 1 m^2)

odebrána všechna zrna z povrchu

Pebble count vzorky

- brodění cik-cak korytem



Minimální velikost měřených klastů:

> 4 mm

> 8 mm



- transekty od břehu ke břehu (Rosgen, 1996)

úsek 20x šířka koryta, 10 transektů, 10 klastů z transektu

transekty lokalizovány proporcionálně rozsahu korytových forem (mělčiny, tůně)

Plošné vzorky

Způsoby odběru:

- sesbírání rukou, seškrábnutí z povrchu
- lepidlo (lepící páska, penetrující lepidlo)
- vyfotografování
- vizuální odhad



Vizuální odhad zrnitosti *Latulippe et al. (2001)*

Autoři testovali „okometrické“ odhady pro oblázky a valouny (4 až 256 mm)

Porovnání vizuálního odhadu s grid countem

$R^2 = 0,78$ až $0,88$ pro odhady D_{16} , D_{50} a D_{84}

Porovnání vizuálního odhadu s objemovými vzorky

$R^2 = 0,70$ pro odhady D_{50}

Chyba pro jednotlivé percentily:

$D_{16} = 41 \%$

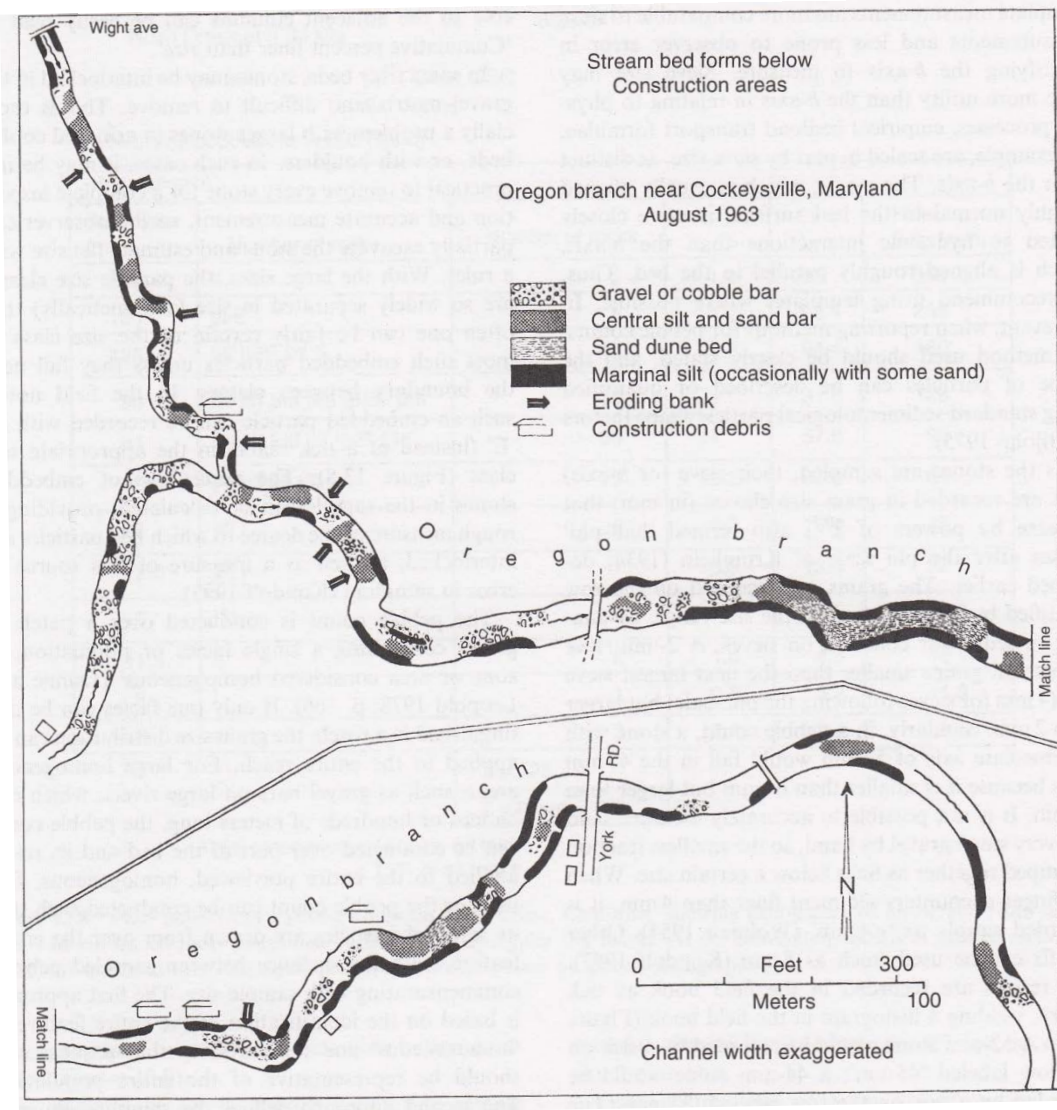
$D_{50} = 15 \%$

$D_{84} = 11 \%$

POUŽITÍ VIZUÁLNÍCH ODHADŮ:

- odhad podmínek vymílání (τ_c)
- odhad hydraulické drsnosti
- faciální mapy
- vhodnost substrátu pro bentické bezobratlé
- stanoviště lososovitých ryb

Faciální mapa



Konverze výsledků získaných různými metodami

Způsoby vzorkování v terénu:

Pebble count

Plošné
vzorkování

Objemové
vzorky

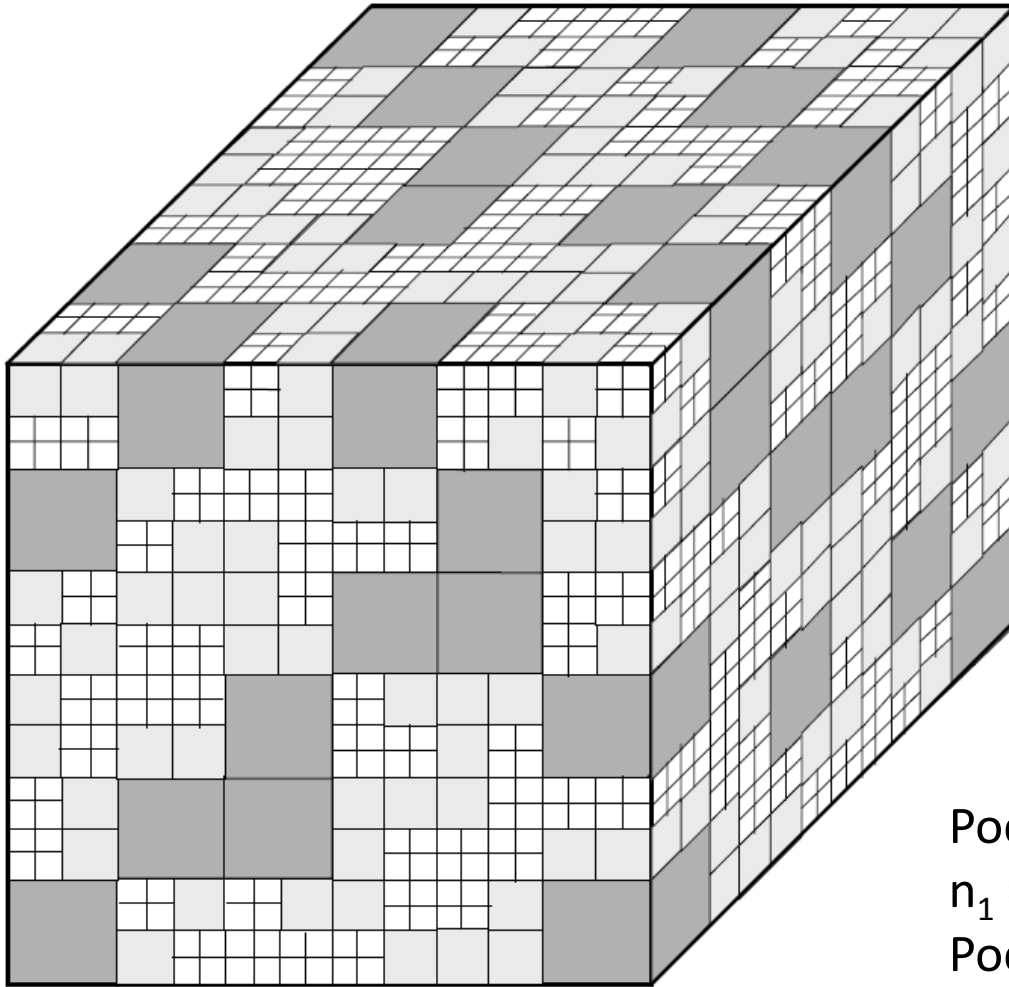
Způsoby vyjádření rozdělení četností pomocí:

Počtu klastů v
zrnitostním
intervalu

Hmotnosti klastů
v zrnitostním
intervalu

Rozdílné metody vzorkování a analýzy vedou k rozdílným rozdělením četností pro jeden a tentýž sediment.

Voidless cube model (Kallerhals & Bray, 1971)



Hypotetický sediment
tvořený zrny o rozměrech:

$$D_1 = 1$$

$$D_2 = 2$$

$$D_3 = 4$$

Zrna každé velikosti jsou
zastoupeny stejným
objemem (tj. 33,3 %).

Hustota zrn je 1, tzn. objem
je roven hmotnosti.

Počet zrn každého rozměru celkově:

$$n_1 = 4\,608, n_2 = 576, n_3 = 72$$

Počet zrn na povrchu:

$$n_1 = 192, n_2 = 48, n_3 = 12$$

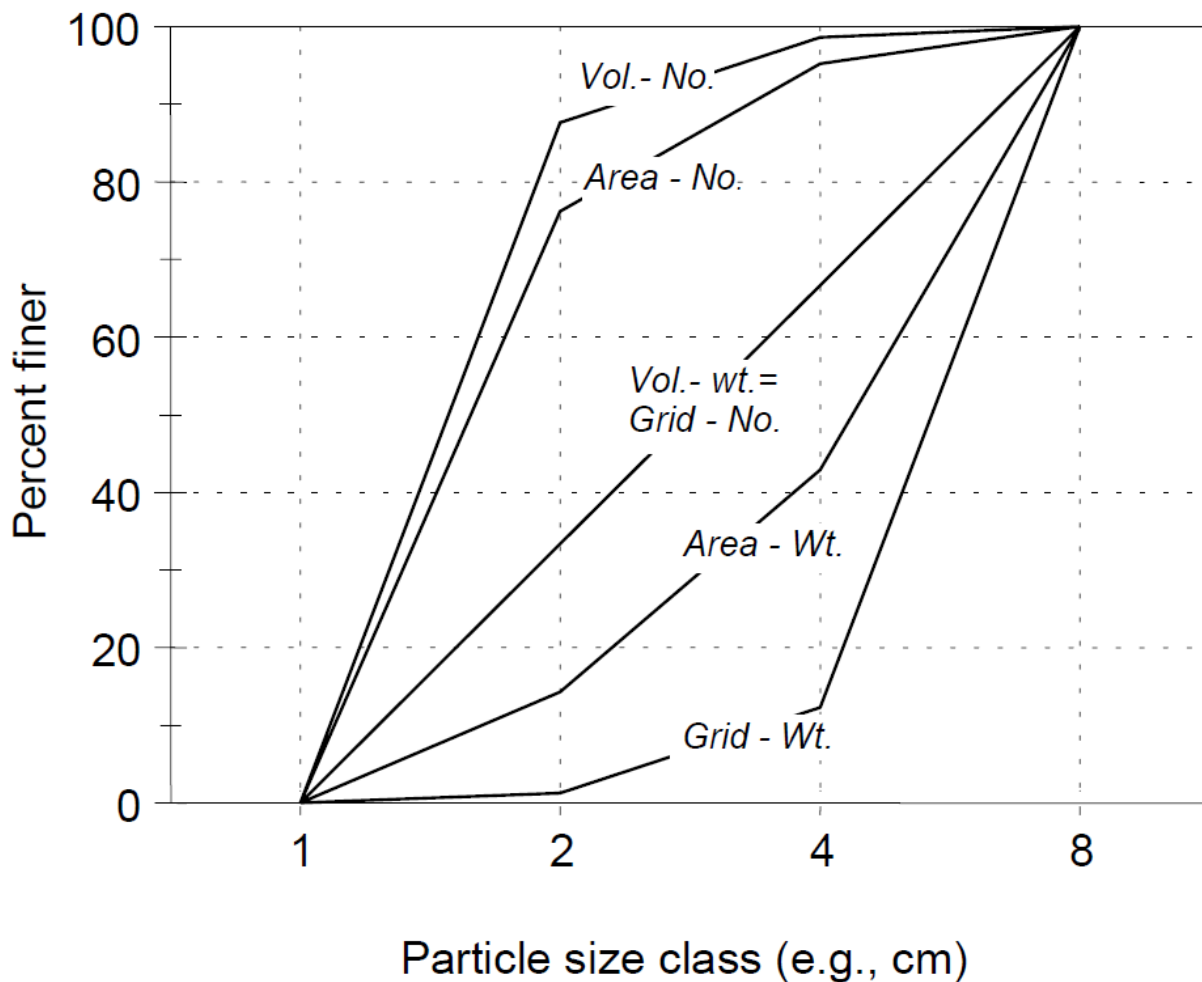
Voidless cube model

D	$A=D^2$	$V=D^3$	(vol.-by-number)	<u>vol.-by-weight</u>		n_{surf}	<u>area-by-weight</u>		<u>grid-by-weight</u>	
			n	$n \cdot V$	%		$n_{surf} \cdot V$	%	$n_{surf} \cdot A \cdot V$	%
1	1	1	4608	4608	33.3	192	192	14.3	192	1.4
2	4	8	576	4608	33.3	48	384	28.6	1536	11.0
4	16	64	72	4608	33.3	12	768	57.1	12288	87.7
Σ			5256	13824	100.0	252	1344	100.0	14016	100.0

D = particle size, e.g., in cm; A = particle area; V = particle volume which equals weight if a particle density of 1 is assumed; n = number of the particles per size class; % = percent frequency; n_{surf} = number of surface particles per size class.

D	$A=D^2$	$V=D^3$	n	<u>vol.-by-weight</u>		<u>area-by-number</u>		<u>grid-by-number</u>	
				$n \cdot V$	%	n_{surf}	%	$n_{surf} \cdot A$	%
1	1	1	4608	4608	33.3	192	76.2	192	33.3
2	4	8	576	4608	33.3	48	19.0	192	33.3
4	16	64	72	4608	33.3	12	4.8	192	33.3
Σ			5256	13824	100.0	252	100.0	576	100.0

Porovnání zrnitostních křivek pro různé způsoby vzorkování a vyhodnocení ve voidless cube modelu



Převod se provádí zvlášť pro:

- počet klastů ↔ hmotnost
- mezi metodami vzorkování

Převodní koeficienty

KONVERZE MEZI ZPŮSOBY VYHODNOCENÍ

Jako převodní faktor se používá objem (V , D^3)

počet \rightarrow hmotnost

četnost v zrnitostním intervalu $* D^3$

hmotnost \rightarrow počet

četnost v zrnitostním intervalu $* 1/D^3$

Podmínka:

Stejný způsob vzorkování

Předpoklady:

1. Kulovitá zrna
2. Zrna přiléhají na sebe
3. Stejná hustota zrn

Převodní koeficienty

KONVERZE MEZI ZPŮSOBY VZORKOVÁNÍ

objemový vzorek → *grid count*

četnost v zrnitostním intervalu * D^3

grid count → *objemový vzorek*

četnost v zrnitostním intervalu * $1/D^3$

Podmínka:

stejný způsob vyhodnocení

objemový → *vzorek plošný vzorek*

četnost v zrnitostním intervalu * D

plošný vzorek → *objemový vzorek*

četnost v zrnitostním intervalu * $1/D$

plošný vzorek → *grid count*

četnost v zrnitostním intervalu * D^2

grid count → *plošný vzorek*

četnost v zrnitostním intervalu * $1/D^2$

Převodní faktory v případě odlišnosti způsobu vzorkování i způsobu vyhodnocení

Převod na

	Objem- hmotnost	Grid- počet	Grid- hmotnost	Plocha- počet	Plocha- hmotnost
Objem- hmotnost	1 0	1 0	D^3 3	$1/D^2$ -2	D 1
Grid- počet	1 0	1 0	D^3 3	$1/D^2$ -2	D 1
Grid- hmotnost	$1/D^3$ -3	$1/D^3$ -3	1 0	$1/D^5$ -5	$1/D^2$ -2
Plocha- počet	D^2 2	D^2 2	D^5 5	1 0	D^3 3
Plocha- hmotnost	$1/D$ -1	$1/D$ -1	D^2 2	$1/D^3$ -3	1 0

Převod z

1. řádek jsou převodní koeficienty

2. řádek jsou převodní exponenty

četnost v zrnitostním intervalu * $D^{exponent}$

Za velikost zrna D se dosazuje
střed zrnitostního intervalu D_{ic} :
geometrický průměr dané zrnitostní frakce

$$D_{ic} = (D_{min} * D_{max})^{1/2}$$

=

logaritmus průměru krajních hodnot dané frakce zadaných v mm

=

aritmetický průměr krajních hodnot dané frakce zadaných v
jednotkách phi

Void cube model (Diplas & Sutherland, 1988)

Plošné vzorky jsou vždy jemnozrnnější než grid count vzorky.

Zvrstvená (armovaná) říční dna: dochází k podhodnocení zrnitosti (nadměrně zjemnění), raději použít exponent -0,4 až -0,5
plocha-hmotnost → objem-hmotnost: $1/D^{-0,5}$

Množství jemnozrnného materiálu v plošném vzorku závisí na tom, jak hluboko zateče lepidlo

Pórovitost 33 % (podobná jako v fluviálních sedimentech)

Plošný vzorek vychází jemnozrnnější, než v původním voidless cube modelu

Faktory ovlivňující převodní koeficienty (Diplas & Fripp, 1991)

- *Pórovitost*
- *Velikost zrn*
- *Vytřídění*

$$D_{95}/D_{10} = < 2,5 \rightarrow 0 \text{ až } -0,5$$

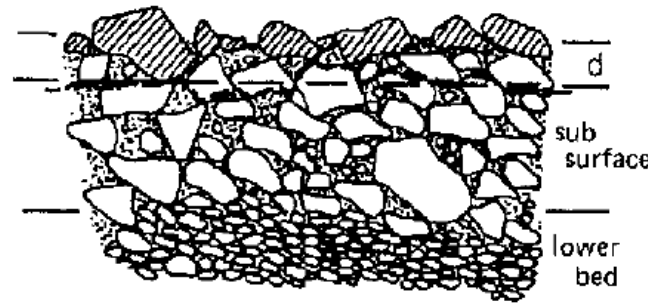
$$D_{95}/D_{10} = > 8 \rightarrow -0,8 \text{ až } -0,9$$

- *Hloubka odběru sedimentů*

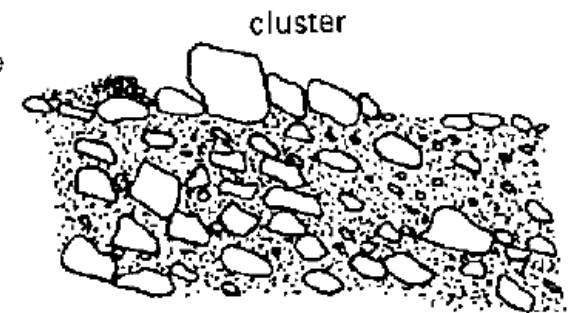
Hloubka zatečení lepidla u povrchových vzorků ovlivněna poměrem písku a štěrku

framework-supported sediment (písek < 25 %) – lepidlo zateče hlouběji
→ hrubozrnnější sediment (-0,5), jemnozrnnější sediment (-0,5 až +0,5)

matrix-supported sediment (písek > 30 %) – lepidlo zůstává při povrchu
→ platí původní exponent -1



Framework-supported



Matrix-supported

Sjednocení více zrnitostních křivek do jedné



*hrubé valouny
(cobbles)*

*hrubý až velmi
hrubý písek*



Nutnost použít více způsobu
vzorkování současně

Špatně vytríděné sedimenty
(s velkým rozpětím velikostí zrna)
nelze vzorkovat jedinou metodou

Existující metody pro spojení dvou
rozdělení četností (zrnitostních křivek):

- Rigidní propojení
- Flexibilní propojení
- Úprava rozdělení četností

1) Rigidní propojení zrnitostních křivek

Anastasi (1984)

Fehr (1987)

Upraví se jen spodní, jemnozrnná část zrnitostní křivky

Najdeme nejpodobnější zrnitostní interval

(interval s nejbližšími hodnotami poměru percentilů)

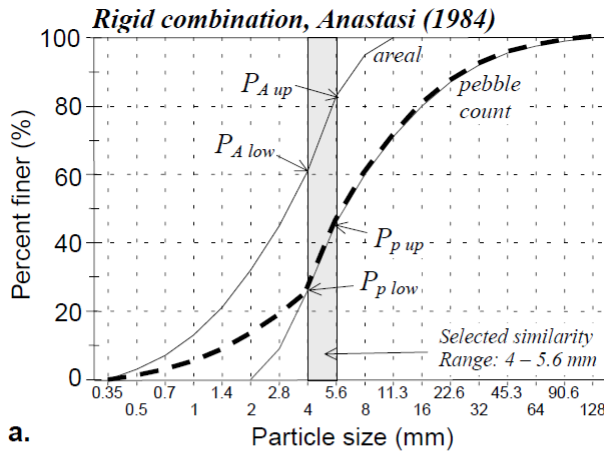
$$\frac{p_{A\ low}}{p_{A\ up}} \approx \frac{p_{P\ low}}{p_{P\ up}}$$

Hodnotu percentilu $p_{r\ i}$ pro zrno o velikosti D_i vypočteme pomocí rovnice:

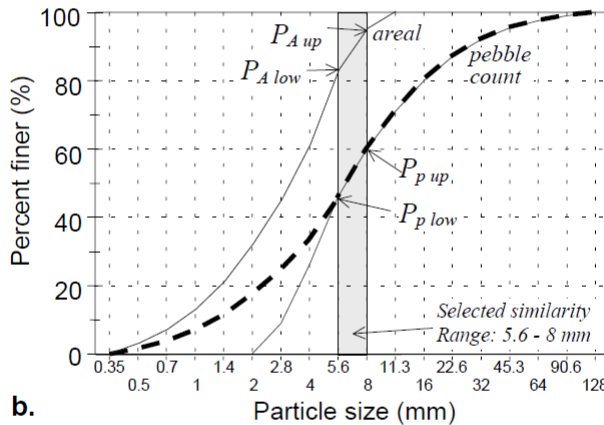
$$p_{r\ i} = p_{A\ i} \frac{p_{P\ low}}{p_{A\ low}}$$

$p_{A\ i}$... hodnota percentilu plošného vzorku pro velikost zrna D_i

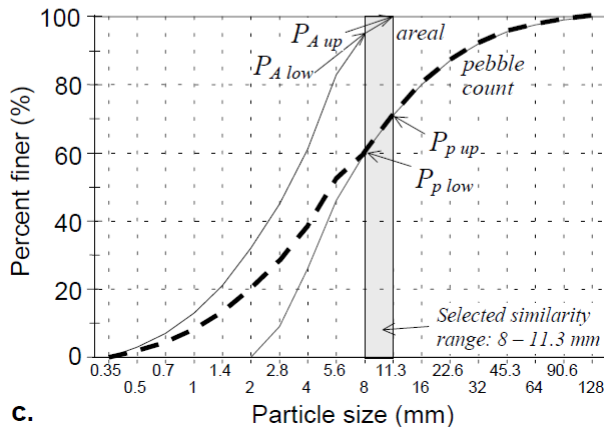
Hodnoty percentilů se do rovnice dosazují jako desetinné číslo.



a.



b.



c.

2) Flexibilní propojení zrnitostních křivek

Anastasi (1984)

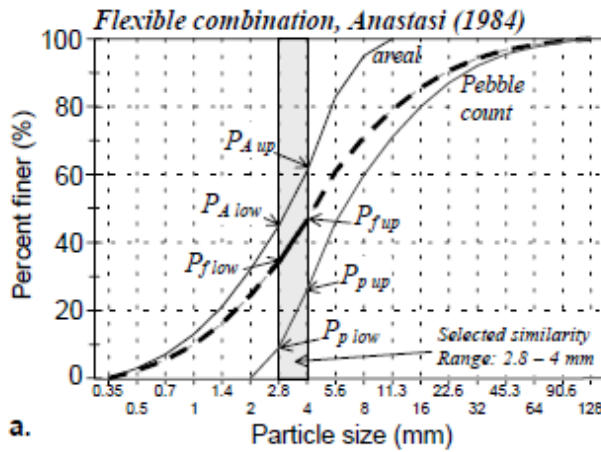
Fehr (1987)

Vytvoří se zcela nová zrnitostní křivka

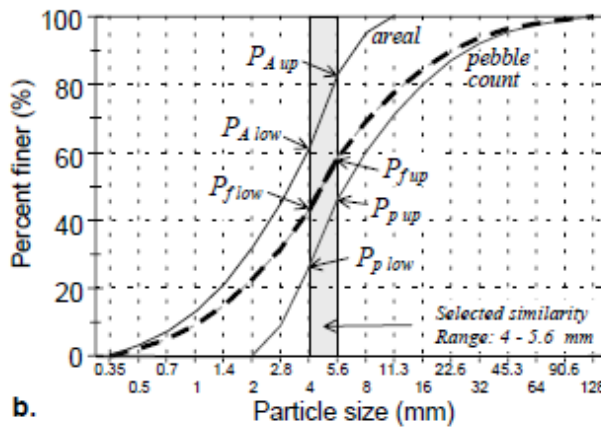
Opět hledáme nejpodobnější

zrnitostní interval

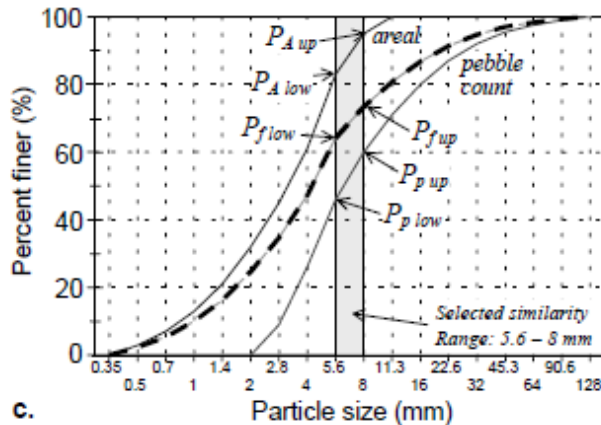
$$\frac{p_{A \text{ low}}}{p_{A \text{ up}}} \approx \frac{p_{P \text{ low}}}{p_{P \text{ up}}}$$



a.



b.



c.

Hodnota hledaného percentilu $p_{f i}$ pro spodní, jemnozrnnou část křivky pro zrno o velikosti D_i :

$$p_{f i(fine)} = p_{A i} \frac{p_{f low}}{p_{A low}}$$

Hodnota hledaného percentilu $p_{f i}$ pro horní, hrubozrnnou část křivky pro zrno o velikosti D_i :

$$p_{f i(coarse)} = \frac{1-p_{P i}}{1-p_{P low}} (p_{f low} - 1) + 1$$

Rovnice pro přepočet percentilů na hranicích nejpodobnějšího zrnitostního intervalu

$$p_{f low} = \frac{(1 - p_{P low}) - (1 - p_{P up})}{\frac{p_{A up}}{p_{A low}} (1 - p_{P low}) - (1 - p_{P up})}$$

$$p_{f up} = p_{f low} \frac{p_{A up}}{p_{A low}}$$

3) Úprava rozdělení četností Fripp a Diplas (1993)

Jiný početní způsob jak sjednotit dvě zrnitostní křivky, který ale poskytuje stejný výsledek jako metoda 2)