

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE
RIASSETTO DEL TERRITORIO E TUTELA DEL PAESAGGIO**

**Corso di Tutela del paesaggio agricolo-forestale e riassetto idraulico del
territorio**

Titolare: Prof. Mario A. Lenzi
Esercitatore: PhD Riccardo Rainato

Esercitazione in aula informatica

Analisi Granulometriche



GRANULOMETRIA

caratterizzazione in termini statistici di una miscela di particelle di sedimento.

E' necessaria l'applicazione di metodologie statistiche dato che l'analisi riguarda solo un **campione** della totalità dei sedimenti

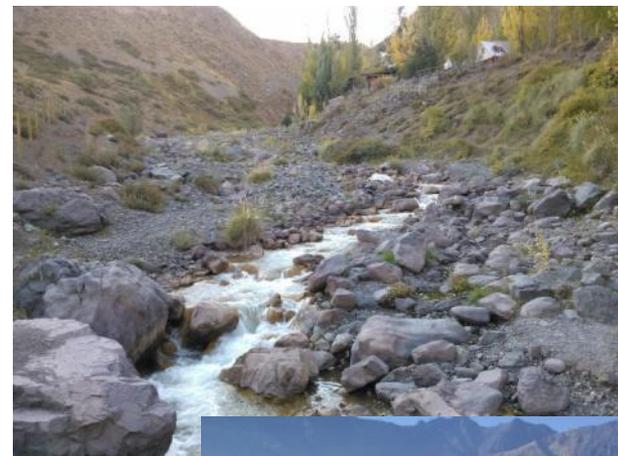


I passi principali dell'analisi granulometrica sono riassumibili come:

- Prelievo ed analisi del campione di sedimento
- Determinazione delle frequenze relative e cumulate
- Calcolo dei diametri caratteristici (diametro medio, percentili)
- Calcolo dei parametri della distribuzione (media, deviazione attorno alla media, simmetria, curtosi)

FINALITA' DELL'ANALISI GRANULOMETRICA

- Valutazione portata di moto incipiente
- Valutazione della pendenza di correzione
- Stima della portata solida
- Determinazione della scabrezza
- Predizione della dimensione di scavi localizzati
- Studi di morfologia fluviale
- Valutazione degli habitat fluviali
- Analisi degli effetti a scala di bacino derivanti da cambiamenti dell'uso del suolo, vegetazionali, ecc...



CLASSIFICAZIONE DEI SEDIMENTI

Grande **variabilità di scala** tra gli elementi più fini come le argille (ordine del micron, 10^{-3} mm) e i massi di grosse dimensioni (ordine del metro, 10^3 mm).

Per rendere più facile l'analisi delle curve di frequenza (distribuzioni log più complicate matematicamente di quelle normali) **si adotta una progressione geometrica di passo 2 (2-4, 4-8, 8-16 mm), in cui i diametri raddoppiano ad ogni classe superiore (Scala di Wentworth)**

Ipotizzando di avere una distribuzione log-normale, per trasformarla in una normale si introduce una scala aritmetica espressa tramite l'indice ϕ (*phi*):

$$\phi = -\log_2 D \quad \text{Con il diametro } D \text{ espresso in mm}$$

DENOMINAZIONE DEI SEDIMENTI

Classificazione dell' *American Geophysical Union* (AGU), che adotta la **Scala di Wentworth**:

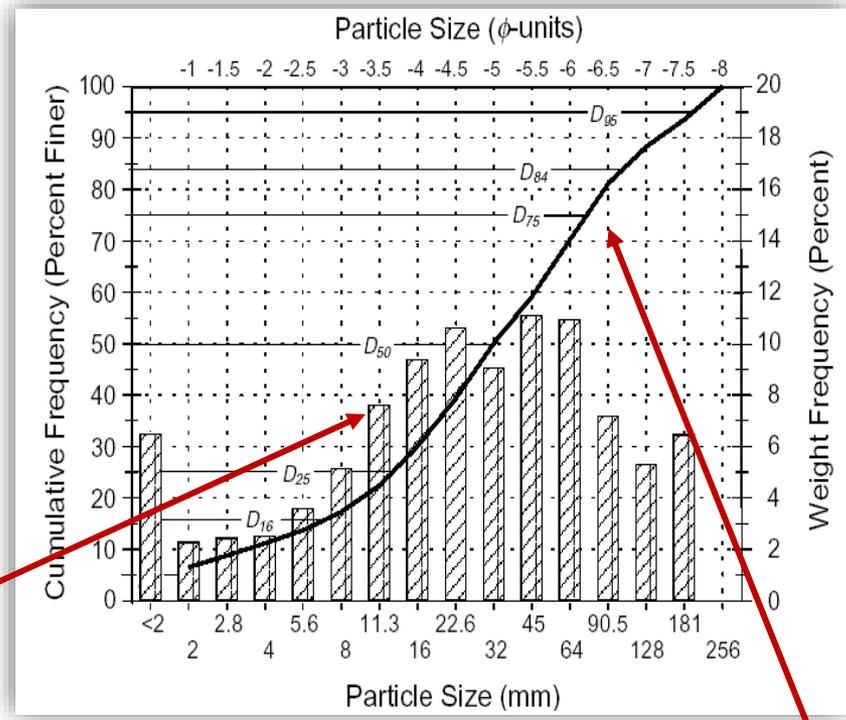
Boulder = masso
Cobble = ciottolo
Gravel = ghiaia
Sand = sabbia
Silt = limo
Clay = argilla

Il valore **D=2 mm** ($\phi = -1$) separa convenzionalmente il sedimento fine (sabbia, limo e argilla) da quello grossolano (ghiaia, ciottoli e massi).

| Description of particle size | | $\phi = -\log_2$ | mm | $\psi = \log_2$ |
|------------------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------|
| Boulder | very large | - 12.0 | 4096 | 12.0 |
| | | - 11.5 | 2896 | 11.5 |
| | large | - 11.0 | 2048 | 11.0 |
| | | - 10.5 | 1448 | 10.5 |
| | Medium | - 10.0 | 1024 | 10.0 |
| | | - 9.5 | 724 | 9.5 |
| | - 9.0 | 512 | 9.0 | |
| | - 8.5 | 362 | 8.5 | |
| <hr/> | | - 8.0 | 256 | 8.0 |
| Cobble | large | - 7.5 | 181 | 7.5 |
| | | - 7.0 | 128 | 7.0 |
| | Small | - 6.5 | 90.5 | 6.5 |
| <hr/> | | - 6.0 | 64 | 6.0 |
| Gravel | very coarse | - 5.5 | 45.3 | 5.5 |
| | | - 5.0 | 32 | 5.0 |
| | coarse | - 4.5 | 22.6 | 4.5 |
| | | - 4.0 | 16 | 4.0 |
| | medium | - 3.5 | 11.3 | 3.5 |
| | | - 3.0 | 8 | 3.0 |
| | fine | - 2.5 | 5.66 | 2.5 |
| | | - 2.0 | 4 | 2.0 |
| | - 1.5 | 2.83 | 1.5 | |
| <hr/> | | - 1.0 | 2 | 1.0 |
| Sand | very coarse | - 0.5 | 1.41 | 0.5 |
| | | 0 | 1 | 0 |
| | coarse | + 0.5 | 0.707 | - 0.5 |
| | | + 1.0 | 0.500 | - 1.0 |
| | medium | + 1.5 | 0.354 | - 1.5 |
| | | + 2.0 | 0.250 | - 2.0 |
| | fine | + 2.5 | 0.177 | - 2.5 |
| | | + 3.0 | 0.125 | - 3.0 |
| | + 3.5 | 0.088 | - 3.5 | |
| <hr/> | | + 4.0 | 0.063 | - 4.0 |
| Silt | | | | |
| <hr/> | | + 8.0 | 0.0039 | - 8.0 |
| Clay | | | | |
| <hr/> | | + 12.0 | 0.00024 | - 12.0 |

CURVE GRANULOMETRICHE

Sulla curva di frequenza cumulata, i diametri associati ad una certa percentuale di passante vengono definiti percentili e si indicano come D_{16} , D_{50} , D_{90} , dove il numero indica la percentuale considerata.



Curva di frequenza relativa (f)

- Per ogni classe diametrica, esprime la sua percentuale rispetto al totale del campione
- Andamento a campana (generalmente), ma può presentare più picchi
- Si ricava il diametro medio
- In termini analitici, rappresenta la derivata della curva di frequenza cumulata

Curva di frequenza cumulata (F)

- Percentuale - riferita al totale del campione - del sedimento più fine (detto anche passante) relativamente ad ogni classe diametrica.
- E l'integrazione della curva di frequenza relativa, in termini discreti, terminante in 100 e con punto di flesso in corrispondenza dei valori modal (picchi) di f .
- Si ricavano i diametri percentili ed il modulo di uniformità di Kramer

PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE

Dato che non si riscontrano mai granulometrie perfettamente uniformi, non basta un solo diametro a caratterizzarle. Si fa uso quindi di parametri relativi a:

- Tendenza centrale (moda, media, mediana)
- Ampiezza della distribuzione (deviazione standard, vari indici di gradazione, modulo di uniformità)
- Simmetria rispetto alla moda
- Appiattimento della curva (poco usati)



In generale, si possono calcolare tramite due approcci, uno basato sui percentili, l'altro fondato sui momenti di vario ordine della distribuzione.

Verranno qui presentati i più comuni parametri calcolati tramite il metodo dei percentili.

Moda

Classe che presenta la frequenza relativa maggiore: è il picco della distribuzione. Si possono riscontrare distribuzioni bimodali o plurimodali.

Media (diametro medio)

Baricentro della curva di frequenza relativa. Viene calcolato come una media ponderata; in termini dell'indice *phi* si ha quindi (con f_i freq. rel. e ϕ_{ci} valore centrale della classe i -esima):

$$\phi_m = \frac{\sum f_i \cdot \phi_{ci}}{100}$$

Da cui poi il diametro in millimetri: $D_m = 2^{-\phi_m}$

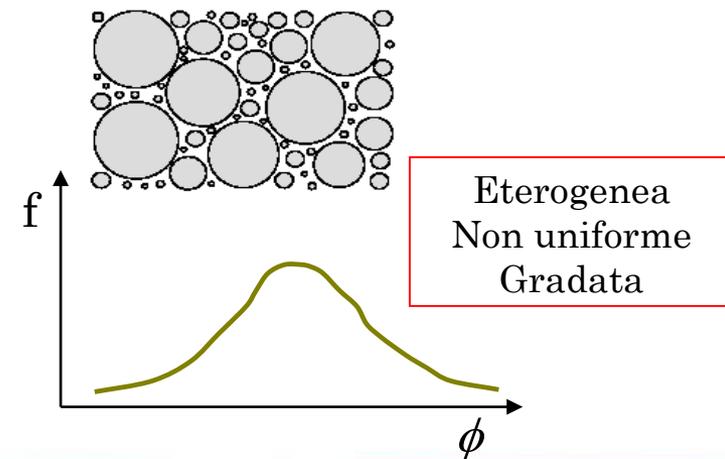
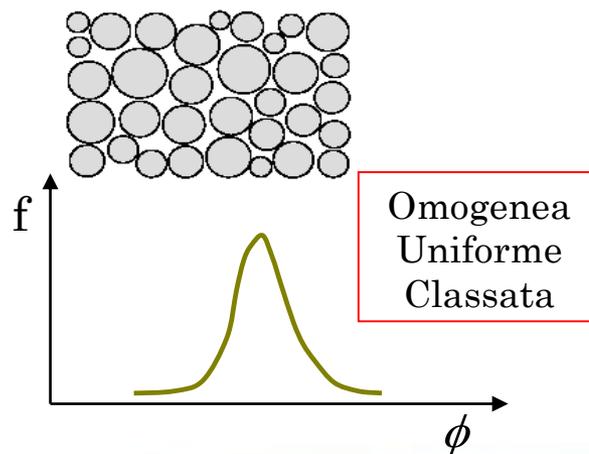
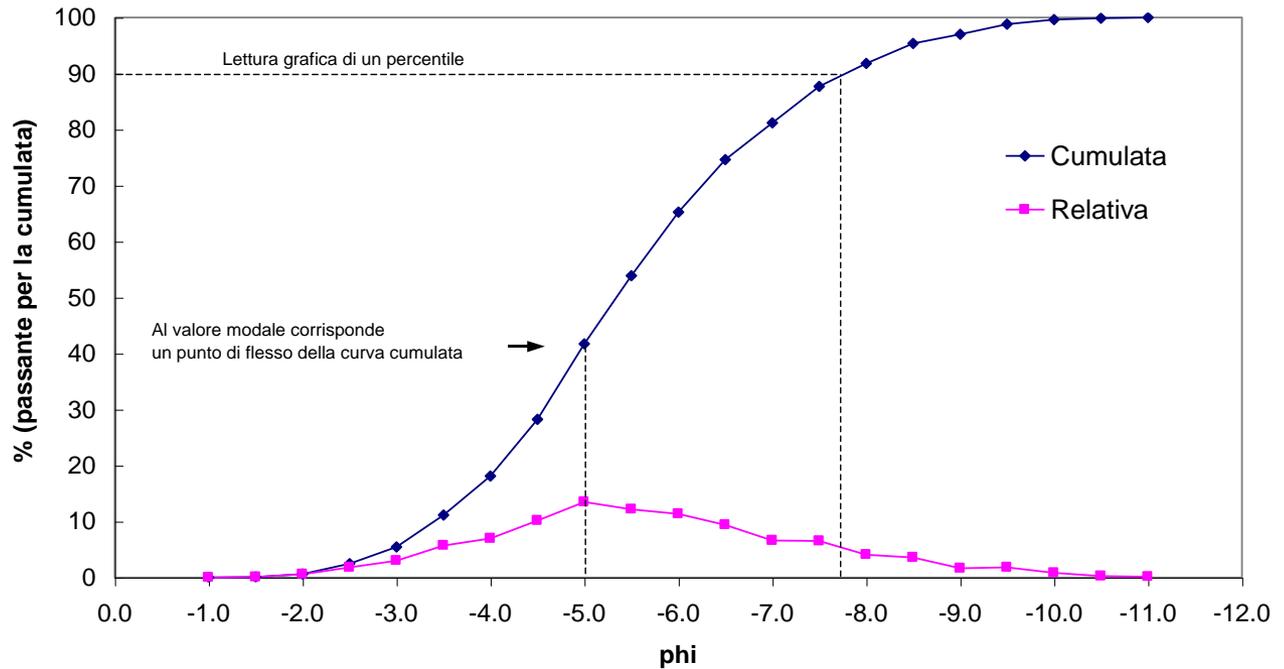
Mediana

Centro della distribuzione cumulata, data dal diametro che la divide in due parti arealmente equivalenti, ovvero il diametro percentile relativo al 50%, il cosiddetto **D₅₀**.
E' il parametro più usato.

AMPIEZZA DELLA CURVA (UNIFORMITÀ VS ETEROGENEITÀ)

Quanto più una miscela si presenta formata da particelle di dimensioni diverse, tanto più essa può essere descritta come avente le seguenti caratteristiche:

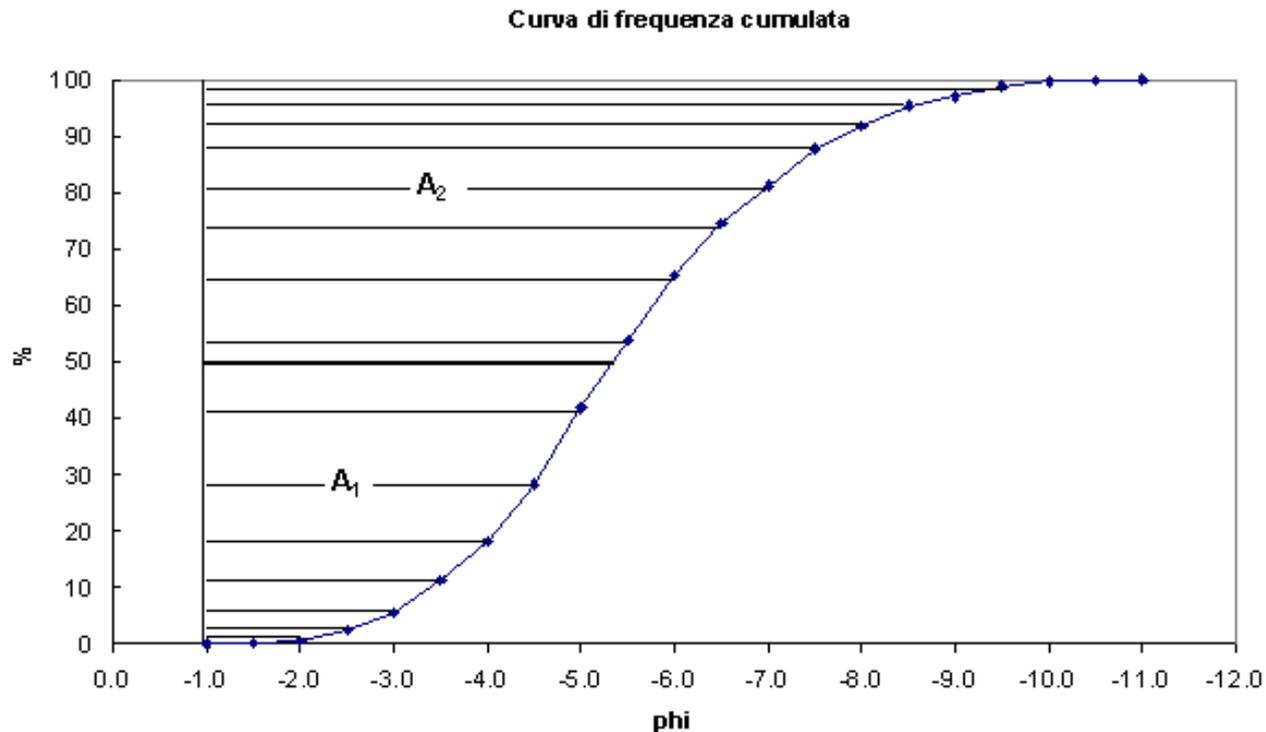
- > eterogeneità
- < grado di uniformità
- > livello di gradazione
- < grado di classazione



MODULO DI KRAMER

$$M = A_1 / A_2$$

Questo parametro è il rapporto fra le 2 aree (inferiore e superiore) individuate dal D_{50} ; valutando integralmente la curva della distribuzione di frequenza cumulata si dimostra più preciso perché virtualmente “sensibile” a tutti i percentili



SIMMETRIA DELLA CURVA (SKEWNESS)

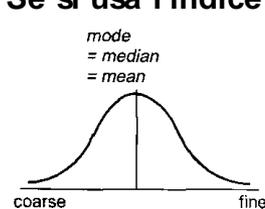
Come si è detto, le curve dei sedimenti fluviali tendono ad essere log-normali, cioè presentano una forte asimmetria con la coda verso la parte grossolana. Dopo la trasformazione logaritmica operata tramite il passaggio all'indice *phi*, è del resto comune che le curve presentino ancora un certo grado di asimmetria.

Coefficiente di asimmetria (Folk and Ward, 1957):

$$sk = \frac{\phi_{84} - \phi_{50}}{\phi_{84} - \phi_{16}} - \frac{\phi_{50} - \phi_5}{\phi_{95} - \phi_5}$$

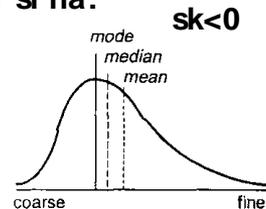
| Coefficiente di asimmetria (Folk and Ward, 1957) | Descrizione |
|---|---------------------------------------|
| -0.3 a -1 | Molto asimmetrica verso il fine |
| -0.1 a -0.3 | Asimmetrica verso il fine |
| -0.1 a 0.1 | Quasi simmetrica |
| 0.1 a 0.3 | Asimmetrica verso il grossolano |
| 0.3 a 1 | Molto asimmetrica verso il grossolano |

Se si usa l'indice *phi* si ha:

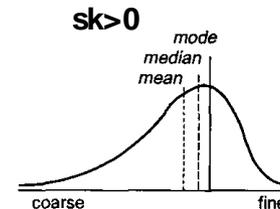


Symmetrical

sk=0



Positively skewed towards a tail of high or positive values i.e., towards fine particles



Negatively skewed to towards a tail of low or negative values i.e., towards coarse particles