

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI - Lezione n.3



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Formazione dei terreni

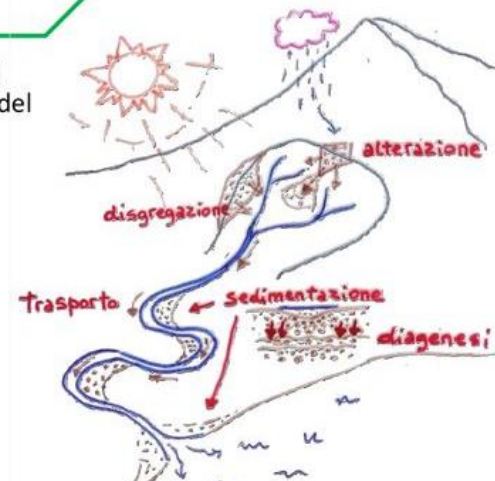
I terreni sono il risultato dei processi di alterazione fisica, chimica, organica e di disintegrazione meccanica delle rocce. Nella configurazione attuale sono il risultato di un ciclo di complesse vicissitudini che comprende le fasi:

- 1. Formazione per alterazione di natura chimica, fisica, organica delle rocce madri;**
- 2. Trasporto con acqua ghiacci, vento;**
- 3. Deposizione in ambienti; marino, continentale, misto.**

Processi:



- **Fisica (disaggregazione):** effetti termici, azione dell'acqua, vento, ghiaccio ... (sabbie e ghiaie);
- **Chimica:** ossidazione, idratazione, carbonatazione ... (argille)
- **Limitato: Terreni residuali** (granuli di forma irregolare e dimensioni assortite);
- **Elevato: Terreni sedimentari** (granuli forma regolare e/o arrotondata, dimensioni spesso poco variabili)
- Agisce sulla **struttura** e il **grado di addensamento** del terreno.



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Formazione dei terreni

I terreni sono il risultato dei processi di alterazione fisica, chimica, organica e di disintegrazione meccanica delle rocce. Nella configurazione attuale sono il risultato di un ciclo di complesse vicissitudini che comprende le fasi:

- 1. Formazione per alterazione di natura chimica, fisica, organica delle rocce madri;**
- 2. Trasporto con acqua ghiacci, vento;**
- 3. Deposizione in ambienti; marino, continentale, misto.**

4. *Diagenesi: costipamento, cementazione*

Diagenesi

In geologia la diagenesi è un qualsiasi cambiamento chimico-fisico subito da un sedimento dopo la sua deposizione iniziale, durante e dopo la sua trasformazione in roccia coerente, ad esclusione dell'alterazione superficiale (erosione), I cambiamenti diagenetici avvengono a temperature (fino a circa 200 °C) e pressioni (2-3 bar) relativamente basse e possono avere come conseguenza variazioni della mineralogia e/o della struttura originale della roccia.

Si riconoscono diverse fasi nel corso della diagenesi:

Compattazione, che è dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (pressione litostatica); essa provoca la fuoriuscita delle acque interstiziali e quindi l'avvicinamento dei singoli clasti; di conseguenza la porosità e la permeabilità tendono a diminuire durante la diagenesi.

Ricristallizzazione, che coinvolge alcuni minerali instabili presenti nel sedimento; questo processo produce una cementazione dei clasti coinvolti ed è causato proprio dalla pressione tra clasto e clasto.

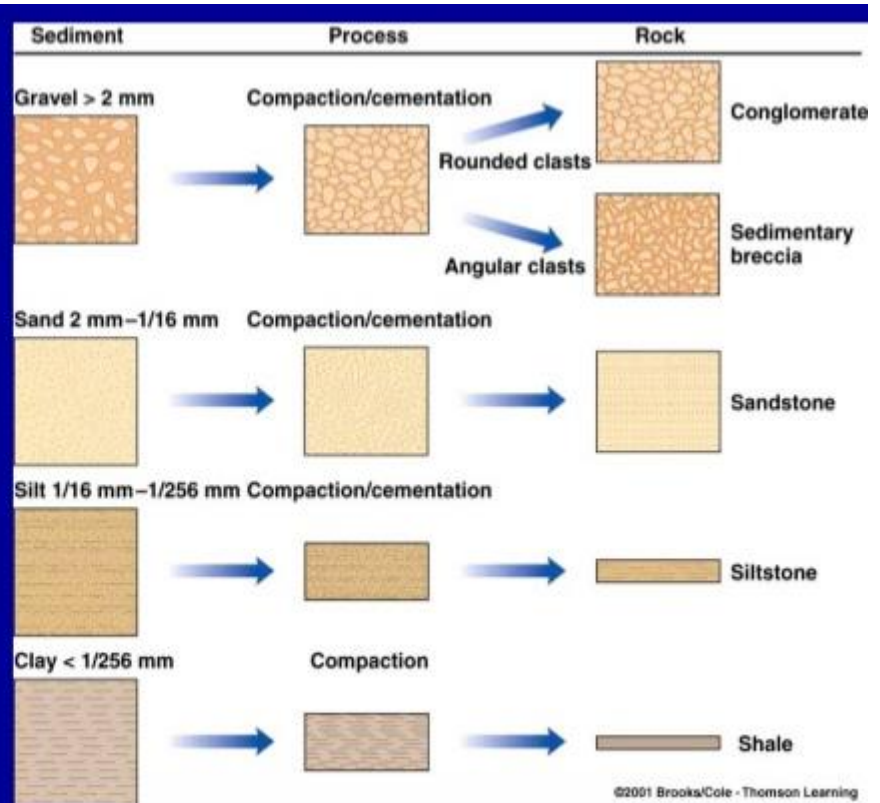
Dissoluzione e Sostituzione, che interessano alcuni minerali che possono disciogliersi e/o essere rimpiazzati da altri; questo è un processo importante nella trasformazione di alcune rocce come la trasformazione della calcite in dolomite (dolomitizzazione).

Precipitazione di nuovi minerali dalle acque percolanti tra gli interstizi del sedimento; se la precipitazione è elevata, arrivando a riempire gran parte dello spazio dei pori entro la roccia, si ottiene la cementazione del sedimento stesso che da incoerente diviene infine coerente.

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Diagenesi

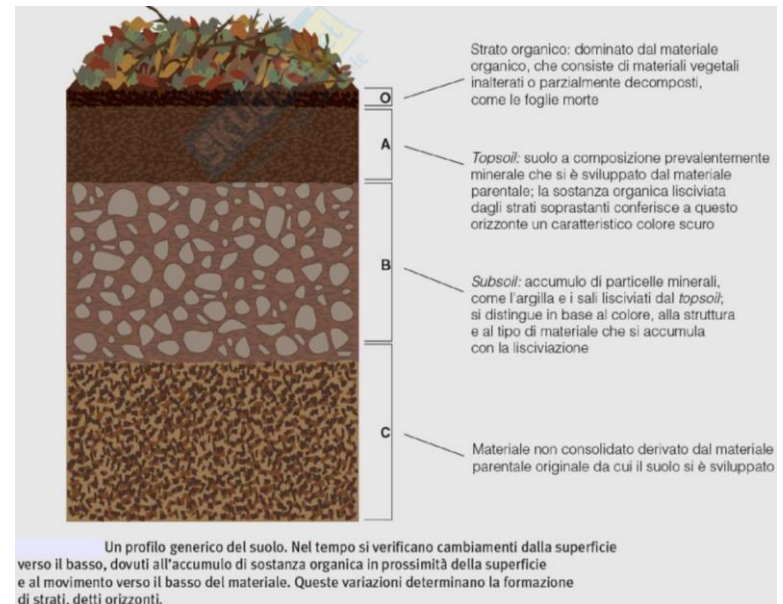
- Processi diagenetici che trasformano i sedimenti in rocce
- Compattazione
- cementazione (litificazione)



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

TERRA: Materiale costituito da grani solidi di diverse dimensioni, forme, minerali componenti

TERRENO: Composto strutturale complesso, multifase: solido, liquido, gas



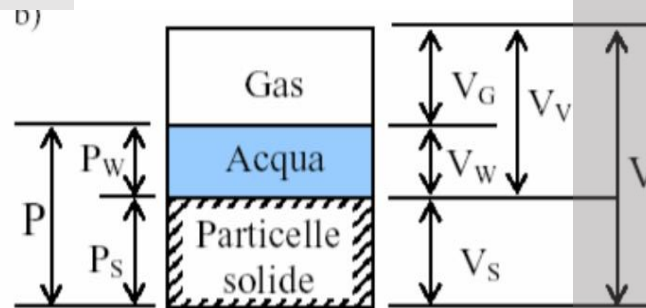
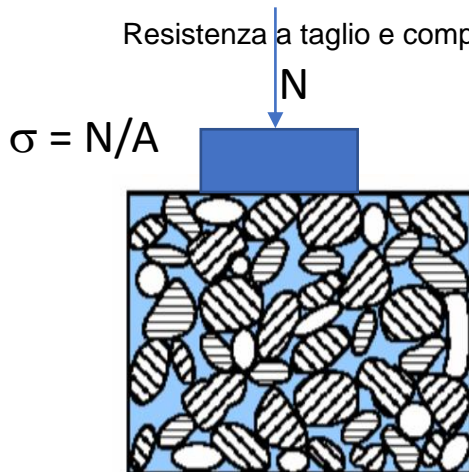
RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

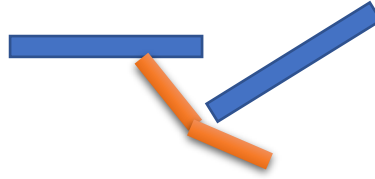
Struttura dei terreni

I terreni hanno struttura particellare e per questo la meccanica delle terre si distingue dalla meccanica dei fluidi o dalla meccanica dei solidi (perlomeno nella loro impostazione classica)

Struttura particellare: → Comportamento meccanico dei terreni: marcatamente non lineare ed irreversibile.
 → I terreni sono mezzi multifase costituiti da particelle solide con vuoti occupati da gas e liquidi

Resistenza a taglio e compressibilità → dipendono dal grado di addensamento e dallo stato tensionale delle particelle solide





RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Struttura dei terreni: parte solida

Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

Caratteristiche delle particelle a grana grossa

- Dimensioni
- Forma
- Regolarità superficiale
- Mineralogia

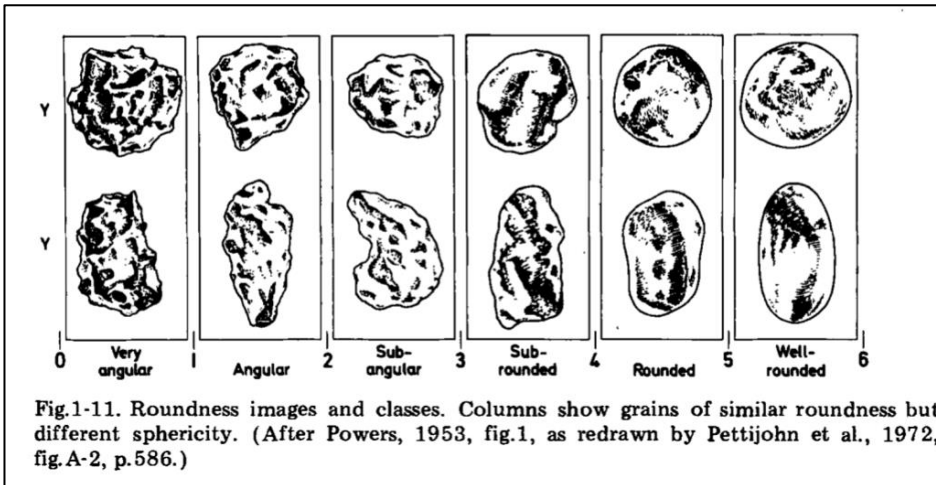


Fig.1-11. Roundness images and classes. Columns show grains of similar roundness but different sphericity. (After Powers, 1953, fig.1, as redrawn by Pettijohn et al., 1972, fig.A-2, p.586.)

Superficie specifica: Area superficie/Massa della particella massa

Granuli di terreno	Dimensione media	Superficie specifica (m ² /g)
ARGILLE		
Montmorillonite	10 Å	fino a 840
Illite	0.03 – 0.1 μ	65 ÷ 200
Caolinite	0.1 – 4 μ	10 ÷ 20
SABBIA		
	2 mm	2 · 10 ⁻⁴

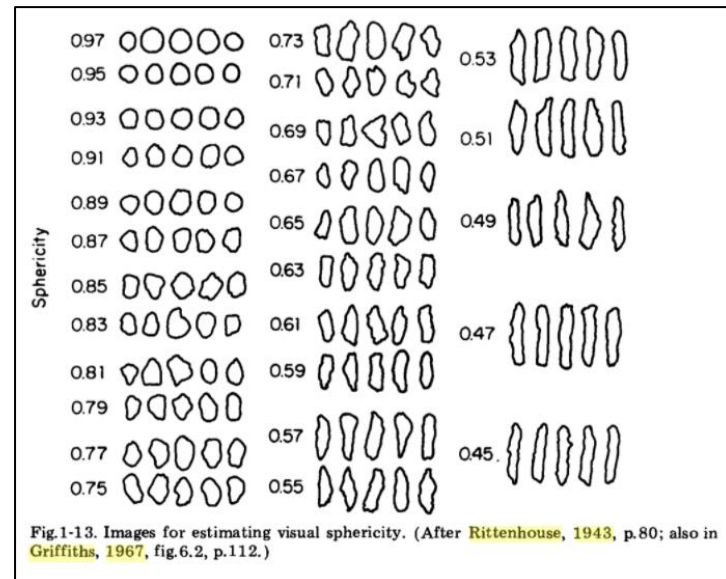


Fig.1-13. Images for estimating visual sphericity. (After Rittenhouse, 1943, p.80; also in Griffiths, 1967, fig.6.2, p.112.)

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

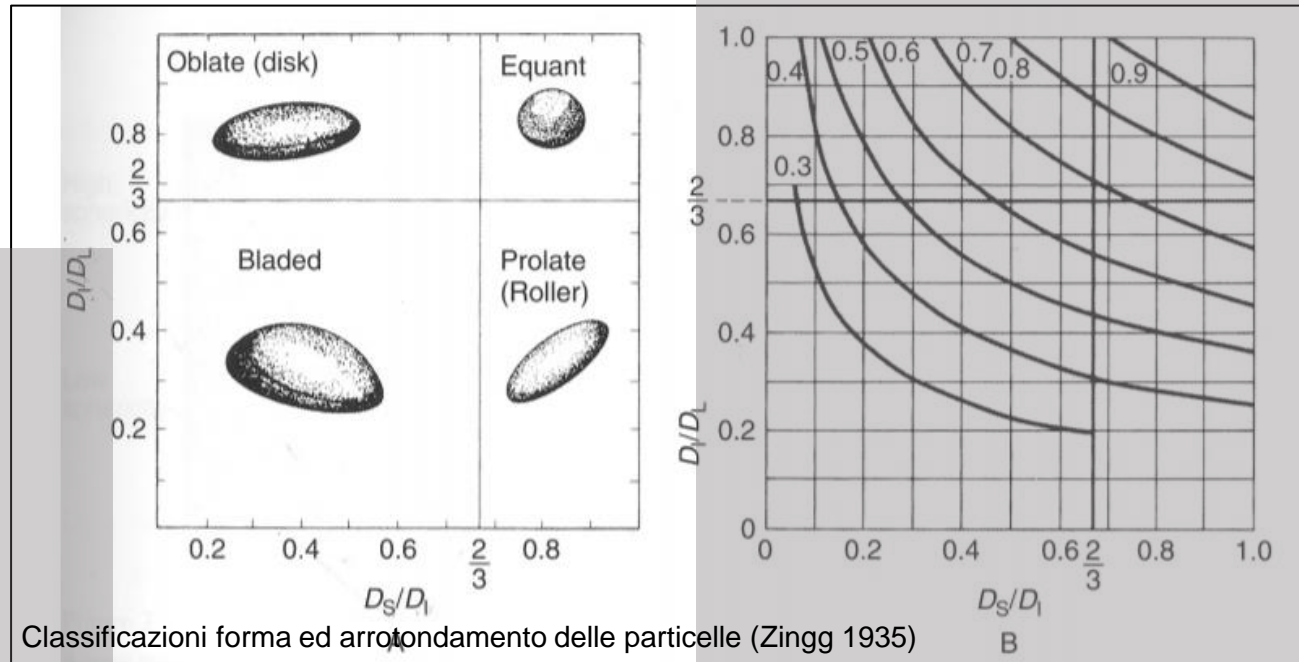
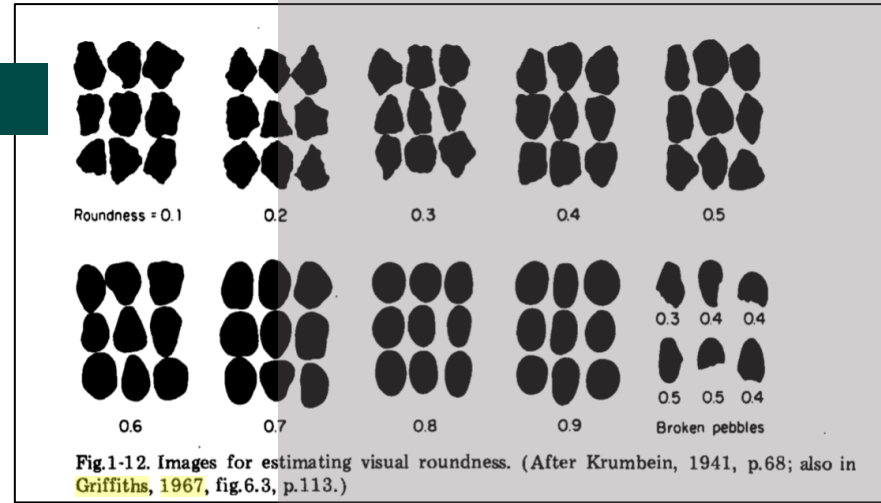
Struttura dei terreni: parte solida

Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

Caratteristiche delle particelle a grana grossa

- Dimensioni
- Forma
- Regolarità superficiale
- Mineralogia



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Struttura dei terreni: parte solida

Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

Caratteristiche delle particelle a grana grossa

- Dimensioni
- Forma
- Regolarità superficiale
- Mineralogia

Le terre intese come materiale elementare sono caratterizzabili con i parametri che classificano le particelle:

Dimensioni

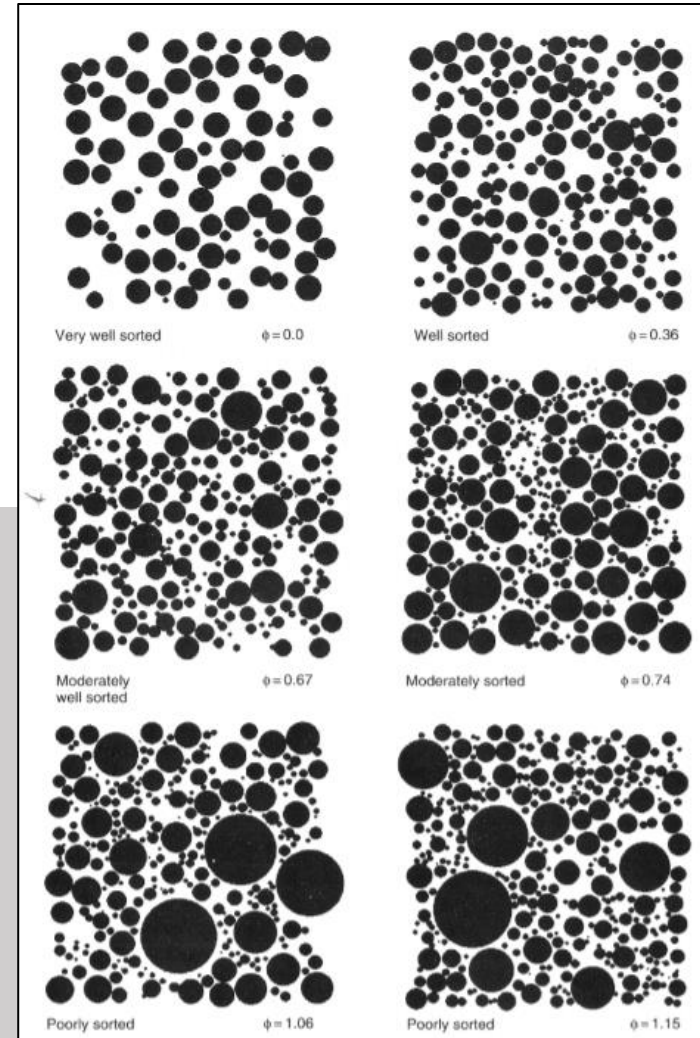
Forma

Regolarità superficiale

Mineralogia

I terreni a grana grossa intesi come materiali composti, multifase, oltre ai parametri indicati, per studiarne in comportamento vanno sempre associati al tipo di struttura ed alle caratteristiche meccaniche e fisiche che si ha nella realtà.

(Distribuzione granulometrica, assortimento, Grado di addensamento, Microstruttura, Mega e macro struttura



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Struttura dei terreni: parte solida

Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

Caratteristiche delle particelle di argilla

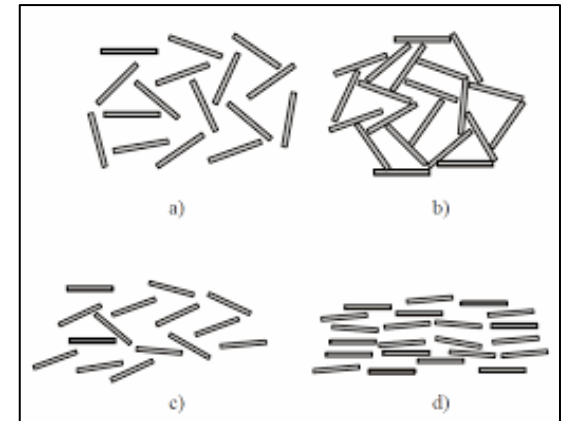
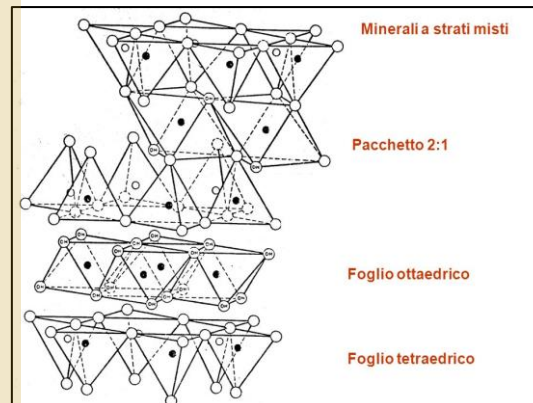
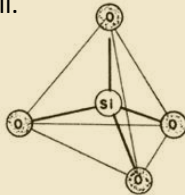
Le particelle di argilla hanno superficie specifica elevata

Le forze di superficie condizionano l'interazione reciproca tra le particelle di esse con l'ambiente circostante

Le **particelle** di argilla sono formate da **pacchetti** che sono a loro volta formati da **combinazioni di unità elementari** costituite da tetraedri e ottaedri collegati tra loro in modo da formare dei reticoli.

Gli ioni metallici di silicio (tetraedro), alluminio, magnesio, ch(ottaedro) hanno carica positiva, occupano la posizione interna al tetraedro o ottaedro.

La parte esterna presenta una carica negativa essendo costituita da ioni di ossigeno o ossidrili.



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Struttura dei terreni: parte solida

Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

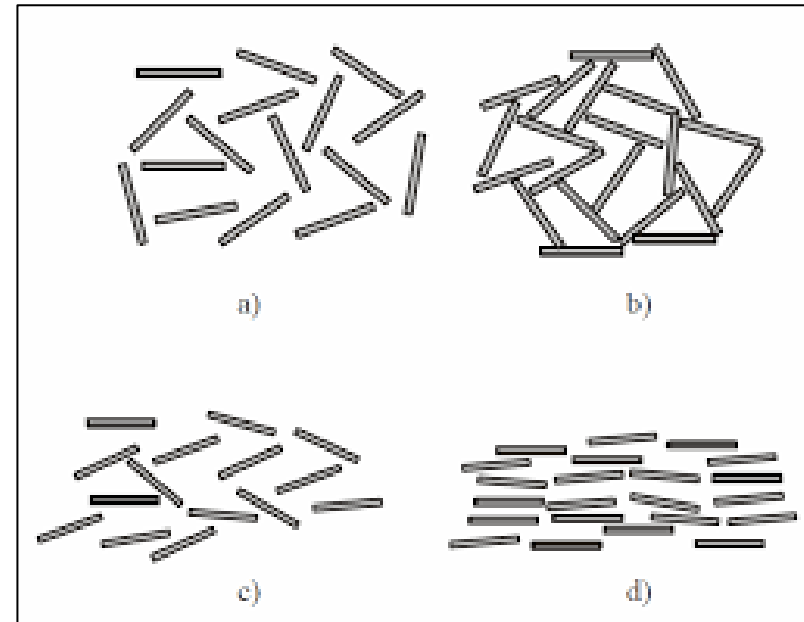
Caratteristiche delle particelle di argilla

Nel suo complesso la particella di argilla può essere considerata «neutra» tuttavia essa presenta una carica elettrica negativa in superficie e questo condiziona l'interazione con altre particelle, con l'acqua e con gli ioni in essa presenti.

Le cariche negative agiscono come forze repulsive e sono in parte bilanciate dalle forze di attrazione di van der Waals generate dal campo magnetico indotto dal moto degli elettroni.

La distanza mutua, la distanza e l'ambiente chimico in cui interagiscono determinano la risultante delle azioni che si scambiano le particelle.

STRUTTURA DISPERSA a) → (Acqua dolce) ORIENTATA d)
 STRUTTURA FLOCCULATA b) (Acqua salmastra)



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Struttura dei terreni: parte solida

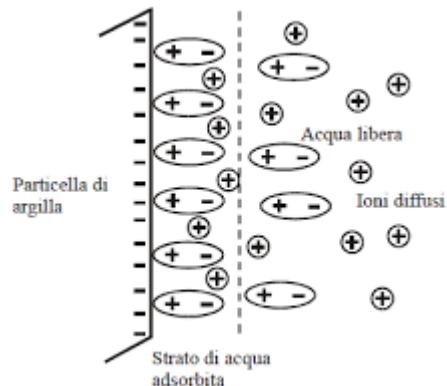
Particelle solide: grana grossa – grana fine

- Grana grossa: ghiaie e sabbie
- Grana fine: limi ed argille

Caratteristiche delle particelle di argilla – interazione con acqua interstiziale

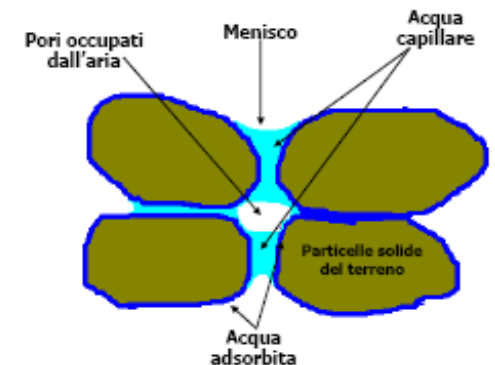
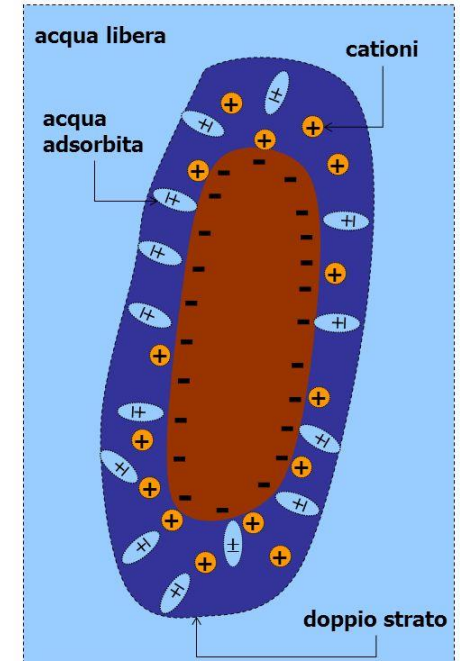
Acqua adsorbita

Acqua libera



La superficie delle particelle di argilla presentano una carica negativa. Le molecole dipolari dell'acqua tendono pertanto ad essere attratte da tale superficie subendo un ISO orientamento e risultando così legate alla superficie della particella al punto da non poter essere separata da essa tramite una normale azione meccanica di modesta entità. Occorre infatti un trattamento termico temperature superiori a 200 ° per riuscire a staccare l'acqua assorbita dalla particella di argilla. A queste molecole d'acqua si dà il nome di **acqua adsorbita** ed essa va considerata a tutti gli effetti come parte integrante della struttura della particella argillosa.

ACQUA ADSORBITA DA UNA PARTICELLA ARGILLOSA

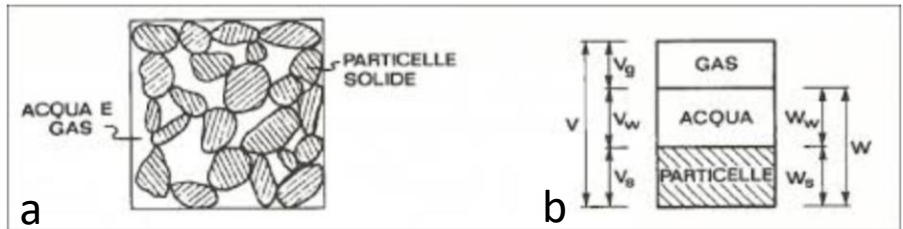


RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Relazioni tra le fasi di un campione di terreno

Elemento di terreno: → sistema multifase costituito da uno scheletro di particelle solide che comprende vuoti riempiti da liquido e gas.

- Schema di un elemento di terreno
- Fasi costituenti un elemento di terreno



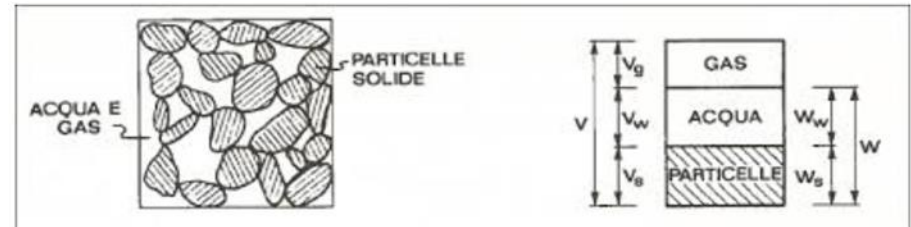
- Volume totale di un campione di terreno: $V = V_s + V_w + V_g$ (Somma dei volumi di solido, liquido, gas)
- Porosità: $n = \frac{V_v}{V} \times 100$ (Volume dei vuoti diviso il volume totale)
- Indice dei vuoti: $e = \frac{V_v}{V_s}$ (Volume dei vuoti diviso il volume occupato dai grani solidi)
- Volume specifico: $v = 1 + e$ (Volume del campione contenente un volume unitario di fase solida)
- Grado di Saturazione: $S = \frac{V_w}{V_v} \times 100$ (%) (Volume del campione contenente un volume unitario di fase solida)
- Contenuto d'acqua: $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ (%) (Rapporto tra il peso dell'acqua rispetto al peso del solido)
- Peso Unità Volume parte solida: $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$ (Rapporto tra il peso del secco ed il volume del secco)
- Peso Unità Volume terreno secco: $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$ (Rapporto tra il peso del secco ed il volume totale)
- Peso Unità Volume terreno alleggerito: $\gamma' = \gamma - \gamma_w$ (peso di volume totale meno peso di volume acqua)
- Peso specifico totale: $G = \gamma / \gamma_w$
- Peso specifico grani: $G_s = \gamma_s / \gamma_w$

$S=100\%$ terreno saturo
 $S=0\%$ terreno secco

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Relazioni tra le fasi di un campione di terreno

Valori orientativi di grandezza fisiche per alcuni terreni sciolti



Valori orientativi per terreni sciolti

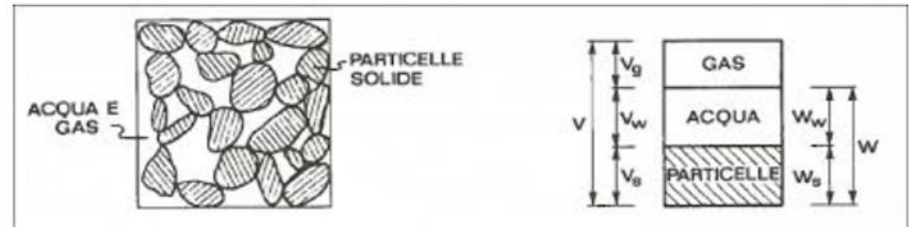
	n (%)	e	γ_d (kN/m ³)	γ (kN/m ³)
GHIAIA	25-40	0.3-0.7	14-21	18-23
SABBIA	25-50	0.3-1.0	13-18	16-21
LIMO	35-50	0.5-1.0	13-19	16-21
ARGILLA	30-70	0.4-2.3	7-18	14-21
TORBA	75-95	3.0-19.0	1-5	10-13
		γ_s (kN/m ³)		
SABBIA QUARZOSA		26		
LIMI		26.3-26.7		
ARGILLE		23.9-28.6		
BENTONITE		23		

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Relazioni tra le fasi di un campione di terreno

Elemento di terreno: → sistema multifase costituito da uno scheletro di particelle solide che comprende vuoti riempiti da liquido e gas.

- Schema di un elemento di terreno
- Fasi costituenti un elemento di terreno



Valori orientativi per terreni sciolti (Terzaghi Peck, 1976)

Table 4.3 Index Properties of Soft Clays

No.	Clay	w_o (%)	w_l (%)	w_p (%)	CF ($-2\mu\text{m}\%$)	σ'_{vo} (kPa)	σ'_p/σ'_{vo}	ϕ' Degrees
1	Boston Blue	27–30	34	17	40	155	3.20–3.50	30
2	St. Hilaire	61–68	55	23	77	83	1.40–1.57	26
3	Berthierville	57–63	46	24	36	39	1.30–1.40	27
4	La Grande	55–58	64	26	52	83	1.75–2.00	28
5	Väsby	94–103	121	40	67	28	1.20–1.34	23
6	Pisa-Pancone	54–65	86	35	72	124	1.57–2.02	23
7	Mexico City	421–574	500	150	27	58	1.40–1.60	45

w_o = natural water content (Article 6).

w_l = liquid limit (Article 7.2).

w_p = plastic limit (Article 7.2).

CF = clay fraction (Article 8.2).

σ'_{vo} = effective vertical overburden pressure (Article 15.3).

σ'_p = preconsolidation pressure (Article 16.4).

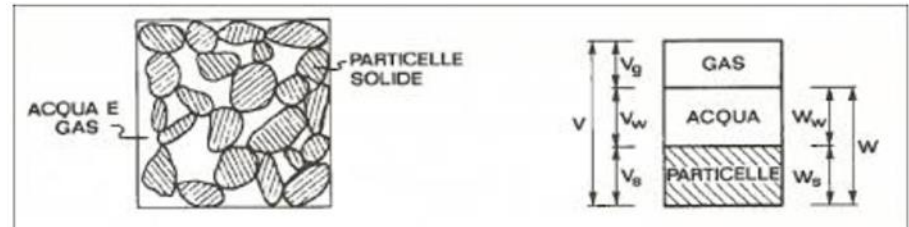
ϕ' = effective-stress friction angle (Article 19.2).

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Relazioni tra le fasi di un campione di terreno

Elemento di terreno: → sistema multifase costituito da uno scheletro di particelle solide che comprende vuoti riempiti da liquido e gas.

- Schema di un elemento di terreno
- Fasi costituenti un elemento di terreno



$$\text{Densità relativa: } D_R = \frac{e_{\max} - e_o}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

D_r (%)	stato di addensamento
0 – 15	molto sciolto
15 – 35	sciolto
35 – 65	medio
65 – 85	denso
85 – 100	molto denso

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Identificazione e classificazione dei terreni

Identificazione Operazione con finalità di descrizione di un campione di terreno attraverso prove semplici ed immediate

- Tessitura superficiale (dimensioni, forme, distribuzione granulometrica)
- Mineralogia
- Caratteristiche strutturali (stratificazione, stato fessurativo, giunti)

Classificazione: Operazione che suddivide i terreni in classi nell'ambito delle quali si riscontrano comportamenti simili

In particolare nell'ingegneria geotecnica interessa suddividere i terreni in classi caratterizzate dal un **comportamento meccanico simile**.

- i parametri usati devono avere un preciso significato e devono essere di semplice determinazione
- I parametri non devono essere legati ad uno stato particolare del terreno ma devono essere indipendenti dalle condizioni ambientali e di sollecitazione

I parametri usati devono avere un preciso significato e devono essere di facile determinazione tramite pre cotture semplici e adatte all'uso anche in cantiere

Gli stessi parametri non devono essere legati a uno stato particolare del terreno come ad esempio avviene per l'indice dei vuoti ma devono essere indipendenti dalle condizioni ambientali e di sollecitazione.

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Classificazione dei terreni

Classificazione: Operazione che suddivide i terreni in classi nell'ambito delle quali si riscontrano comportamenti simili

In particolare nell'ingegneria geotecnica interessa suddividere i terreni in classi caratterizzate dal un **comportamento meccanico simile**.

- i parametri usati devono avere un preciso significato e devono essere di semplice determinazione
- I parametri non devono essere legati ad uno stato particolare del terreno ma devono essere indipendenti dalle condizioni ambientali e di sollecitazione

I parametri che rispondono ai suddetti requisiti sono costituiti dalle dimensioni dalla forma e dalla composizione mineralogica delle particelle. La dimensione e la forma delle particelle unitamente la loro distribuzione ne definiscono la tessitura sulla cui scorta i terreni sono suddivisi in terreni a grana grossa e terrena alla fine.

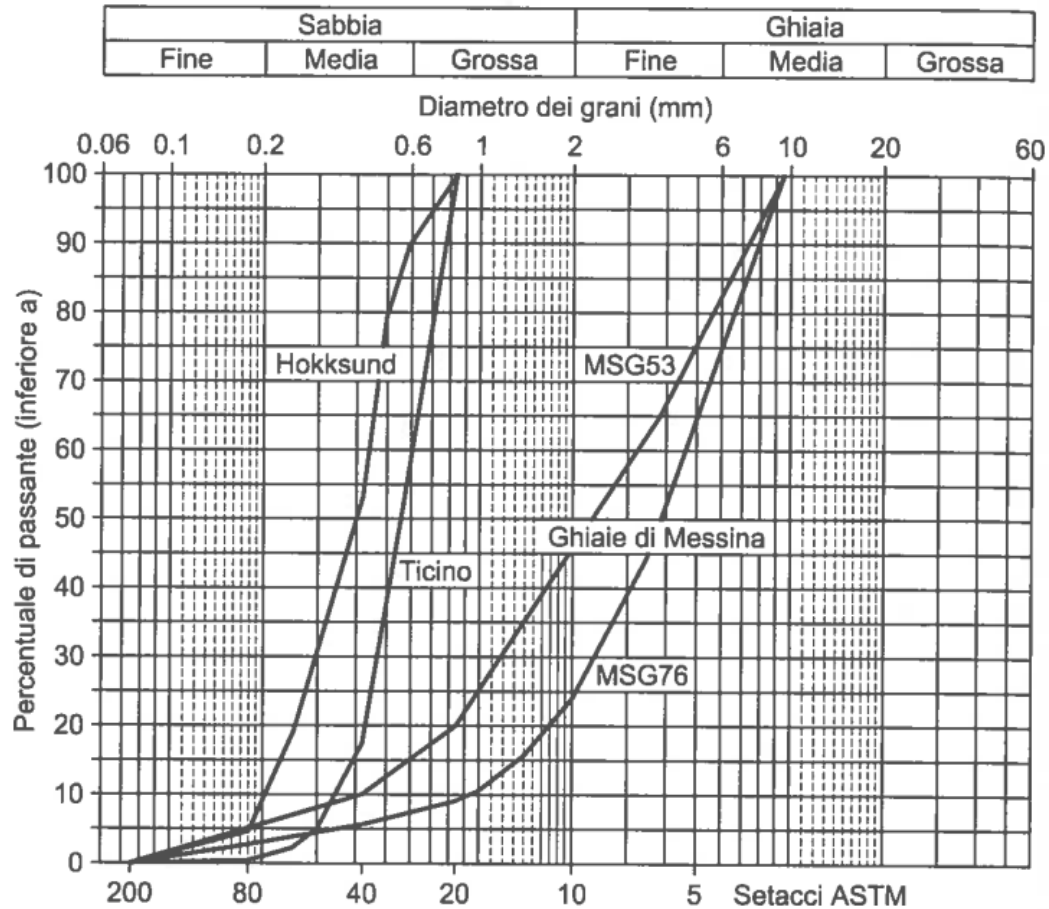
L'elemento di separazione costituito dalle dimensioni visibile a occhio nudo nell'ordine di 0,05 millimetri . Le ghiaie le sabbie sono terre a grana grossa: La distribuzione granulometrica un parametro fondamentale.

I limi e le argille sono invece classificati in base alla composizione mineralogica il contenuto d'acqua il grado di saturazione e la struttura.

Le dimensioni delle particelle variabili da più di 100 mm a meno di 0,001 mm è una variabile che si colloca in un intervallo che interessa diversi ordini di grandezza per cui la distribuzione granulometrica è solitamente rappresentata in funzione del logaritmo del diametro medio delle dei grani come illustrato nella figura seguente. Granulometria per setacciatura meccanica: limite al setaccio STM 200 avente apertura d 0,075 mm

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Identificazione e classificazione dei terreni



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Classificazione dei terreni

Classificazione: Operazione che suddivide i terreni in classi nell'ambito delle quali si riscontrano comportamenti simili

In particolare nell'ingegneria geotecnica interessa suddividere i terreni in classi caratterizzate dal un **comportamento meccanico simile**.

- i parametri usati devono avere un preciso significato e devono essere di semplice determinazione
- I parametri non devono essere legati ad uno stato particolare del terreno ma devono essere indipendenti dalle condizioni ambientali e di sollecitazione

Per I materiali fini si ricorre l'analisi per sedimentazione basata sulla legge di Stokes che regola le velocità di sedimentazione di un insieme di sfere in un fluido viscoso al diametro e alla densità nelle sfere in sospensione poiché le particelle più piccole sedimentano più lentamente di quelle aventi diametro maggiore la determinazione della densità della sospensione a istanti di tempi successivi consente di calcolare la percentuale di particelle corrispondenti ad un determinato diametro equivalente .

$$Vg = \frac{d^2 * (\Delta\rho) * g}{18 * \eta}$$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Limiti di consistenza

Il termine argilla può ingenerare talora delle confusioni perché esso viene adoperato sia per indicare particelle aventi dimensioni inferiori a due micro sia per indicare il tipo di materiale.

Non tutte le particelle inferiori a due micron sono argillosi così come non tutte le particelle superiori a due micron sono materiali non argillosi.

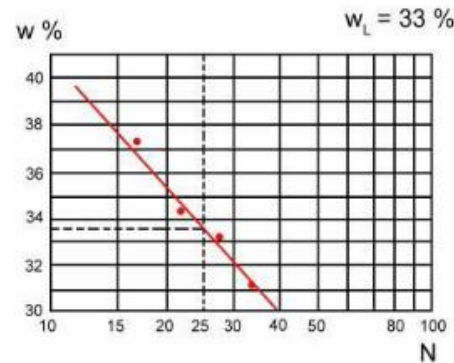
Da un punto di vista mineralogico i materiali argillosi sono dei silicati idrati di alluminio con ioni magnesio o ferro che in alcune specie sostituiscono in parte o completamente l'alluminio. Com'è noto questi minerali trovano la loro caratteristica distintiva nel fatto che sono dotati di carica elettrica negativa che sono resistenti a fenomeni di alterazione e che acquistano caratteristiche di plasticità se mescolati con acqua punto

*Alla luce di queste ultime osservazioni un campione di argilla può presentarsi in uno stato liquido plastico semi solido o solido a seconda del contenuto d'acqua e dello stato fisico corrente si dà il nome di **consistenza**.*

I limiti estremi del contenuto d'acqua sono che definiscono il campo di comportamento plastico del materiale sono definiti :

Limite liquido
 Limite plastico
 Limite di ritiro

Atterberg
 Casagrande



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Limiti di consistenza

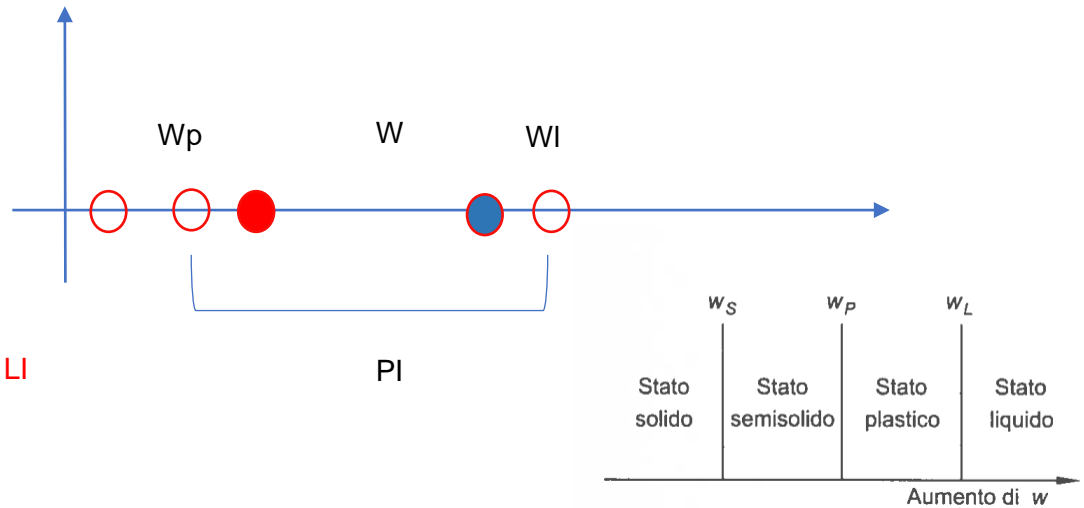
Limite Liquido: w_l
 Limite plastico: w_p

Indice plastico: $PI = w_l - w_p$

Indice liquido: $LI = (w - w_p) / PI$

Indice di consistenza: $Ic = (w_l - w) / PI = 1 - LI$

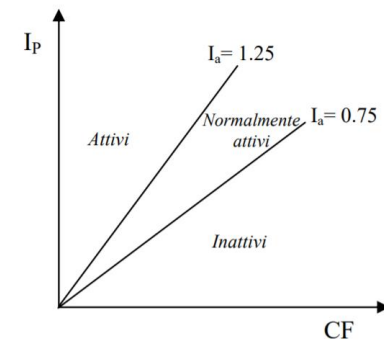
Indice di attività: $A = PI / \% \text{ argilla} = PI / CF$



Terreni coesivi inattivi: $A < 0,75$ (Caolinite attività molto bassa: $A = 0,33 - 0,46$) (Argille marine e di ambiente deltizio)

Terreni normalmente attivi: $0,75 < A < 1,25$

Terreni attivi: $A > 1,25$ (Montmorillonite: $A = 1,5 \div 7$)



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Limiti di consistenza

Tabella 1.5 - Suddivisione dei terreni basata sui valori dell'indice di plasticità

TERRENO	I_p
NON PLASTICO	0 - 5
POCO PLASTICO	5 - 15
PLASTICO	15 - 40
MOLTO PLASTICO	> 40

Tabella 1.6 - Suddivisione dei terreni basata sui valori dell'indice di consistenza

CONSISTENZA	I_c
FLUIDA	< 0
FLUIDO-PLASTICA	0 - 0.25
MOLLE-PLASTICA	0.25 - 0.50
PLASTICA	0.50 - 0.75
SOLIDO-PLASTICA	0.75 - 1
SEMISOLIDA ($w > w_S$) O SOLIDA ($w < w_S$)	> 1

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Limiti di consistenza

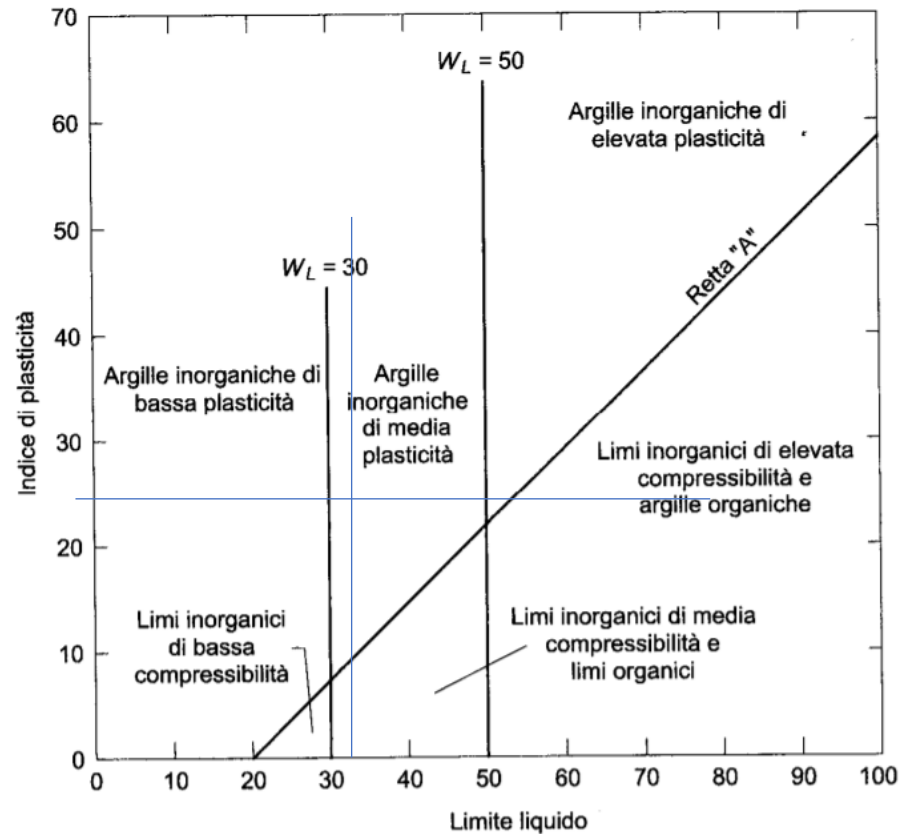
Tabella 1.7 - Valori tipici di w_L , w_P e I_P dei principali minerali argillosi

MINERALE ARGILLOSO	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)
MONTMORILLONITE	300-700	55-100	200-650
ILLITE	95-120	45-60	50-65
CAOLINITE	40-60	30-40	10-25

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Carta di plasticità (Casagrande)

Equazione «A Line»: $PI = 0,73 \cdot (wl - 20)$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

ARTICLE 7 CONSISTENCY OF FINE-GRAINED SOILS 25

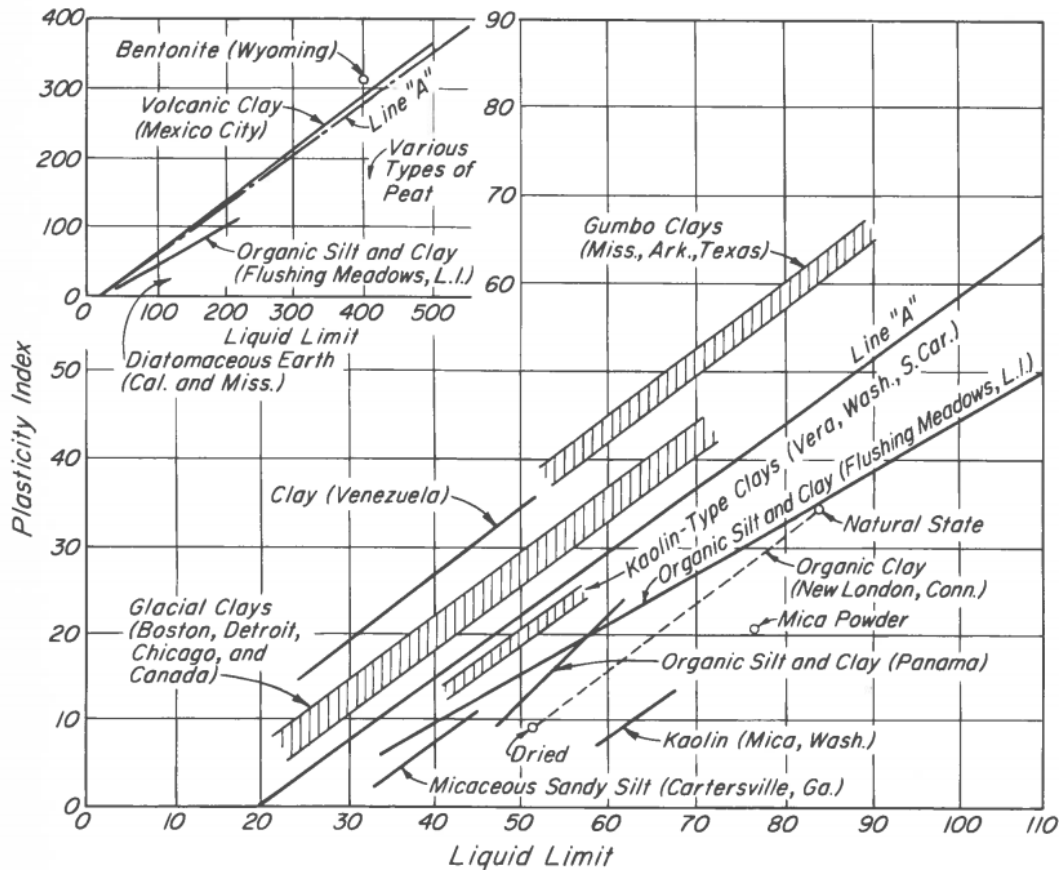


Figure 7.3 Relation between liquid limit and plasticity index for typical soils (after Casagrande 1932a).

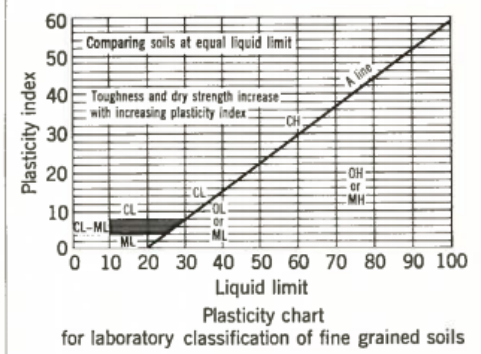
Carta di plasticità (Casagrande)

Equazione «A Line»: $PI = 0,73 \cdot (wl - 20)$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Classificazione dei terreni (sistema USCS)

Field Identification Procedures (Excluding particles larger than 3 in. and basing fractions on estimated weights)				Group Symbols ^a	Typical Names	Information Required for Describing Soils	Laboratory Classification Criteria							
Coarse-grained soils More than half of material is larger than No. 200 sieve size ^b (The No. 200 sieve size is about the smallest particle visible to naked eye)	Gravels More than half of coarse fraction is larger than No. 7 sieve size	Clean gravels (little or no fines)	Wide range in grain size and substantial amounts of all intermediate particle sizes	<i>GW</i>	Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Give typical name; indicate approximate percentages of sand and gravel; maximum size; angularity, surface condition, and hardness of the coarse grains; local or geologic name and other pertinent descriptive information; and symbols in parentheses For undisturbed soils add information on stratification, degree of compactness, cementation, moisture conditions and drainage characteristics Example: <i>Silty sand, gravelly</i> ; about 20% hard, angular gravel particles ½-in. maximum size; rounded and subangular sand grains coarse to fine, about 15% non-plastic fines with low dry strength; well compacted and moist in place; alluvial sand; (<i>SM</i>)	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Greater than 4 $C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Between 1 and 3 Not meeting all gradation requirements for <i>GW</i> Atterberg limits below "A" line, or <i>PI</i> less than 4 Atterberg limits above "A" line, with <i>PI</i> greater than 7							
			Predominantly one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing	<i>GP</i>	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines									
		Nonplastic fines (for identification procedures see <i>ML</i> below)	<i>GM</i>	Silty gravels, poorly graded gravel-sand-silt mixtures										
	Gravels with fines (appreciable amount of fines)	Clean sands (little or no fines)	Plastic fines (for identification procedures, see <i>CL</i> below)	<i>GC</i>	Clayey gravels, poorly graded gravel-sand-clay mixtures			Determine percentages of gravel and sand from grain size curve Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size) coarse grained soils are classified as follows: <i>GW, GC, SM, SC</i> More than 5% to 12% 5% to 12% Borderline cases requiring use of dual symbols	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Greater than 6 $C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Between 1 and 3 Not meeting all gradation requirements for <i>SW</i> Atterberg limits below "A" line or <i>PI</i> less than 5 Atterberg limits below "A" line with <i>PI</i> greater than 7					
			Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes	<i>SW</i>	Well graded sands, gravelly sands, little or no fines									
		Predominantly one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing	<i>SP</i>	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines										
	Sands with fines (appreciable amount of fines)	Clean sands (little or no fines)	Nonplastic fines (for identification procedures, see <i>ML</i> below)	<i>SM</i>	Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures					Use grain size curve in identifying the fractions as given under field identification	Plasticity chart Comparing soils at equal liquid limit Toughness and dry strength increase with increasing plasticity index A line OH or MH			
			Plastic fines (for identification procedures, see <i>CL</i> below)	<i>SC</i>	Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures									
		Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes												
	Fine-grained soils More than half of material is smaller than No. 200 sieve size (The No. 200 sieve size is about the smallest particle visible to naked eye)	Silts and clays liquid limit less than 50	Dry Strength (crushing characteristics)	None to slight	Quick to slow							None	<i>ML</i>	Give typical name; indicate degree and character of plasticity, amount and maximum size of coarse grains; colour in wet condition, odour if any, local or geologic name, and other pertinent descriptive information, and symbol in parentheses For undisturbed soils add information on structure, stratification, consistency in undisturbed and remoulded states, moisture and drainage conditions Example: <i>Clayey silt, brown</i> ; slightly plastic; small percentage of fine sand; numerous vertical root holes; firm and dry in place; loess; (<i>ML</i>)
Medium to high				None to very slow	Medium	<i>CL</i>								
Slight to medium				Slow	Slight	<i>OL</i>								
Silts and clays liquid limit greater than 50			Dilatancy (reaction to shaking)	Toughness (consistency near plastic limit)	Slight to medium	Slow to none	Slight to medium					<i>MH</i>	Use grain size curve in identifying the fractions as given under field identification	
					High to very high	None	High	<i>CH</i>						
					Medium to high	None to very slow	Slight to medium	<i>OH</i>						
Highly Organic Soils		Readily identified by colour, odour, spongy feel and frequently by fibrous texture				<i>Pt</i>	Peat and other highly organic soils							



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Classificazione dei terreni progettazione stradale CNR-UNI10006

Classificazione generale	Terre ghiaio - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 > 35%				Torbe e terre organiche palustri		
	A 1		A 3	A 2			A 4	A 5	A 6	A 7		A 8	
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Analisi granulometrica Frazione passante allo staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	IP ≤ LL - 30	IP > LL - 30	IP > LL - 30
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fina	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili plastiche	Argille fortemente compressibili plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo		
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna e lieve		Media			Molto elevata	Media	Elevata	Media				
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve			Lieve o medio	Elevato	Elevato	Moito elev.				
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa				Scarsa o nulla						
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista	Aspri al tatto. Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo. Aspri al tatto. Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla.				Reagiscono alla prova di scuotimento*. Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido.		Non reagiscono alla prova di scuotimento*. Tenaci allo stato asciutto. Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido.			Fibrosi di color bruno o nero. Facilmente individuabili a vista.	

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

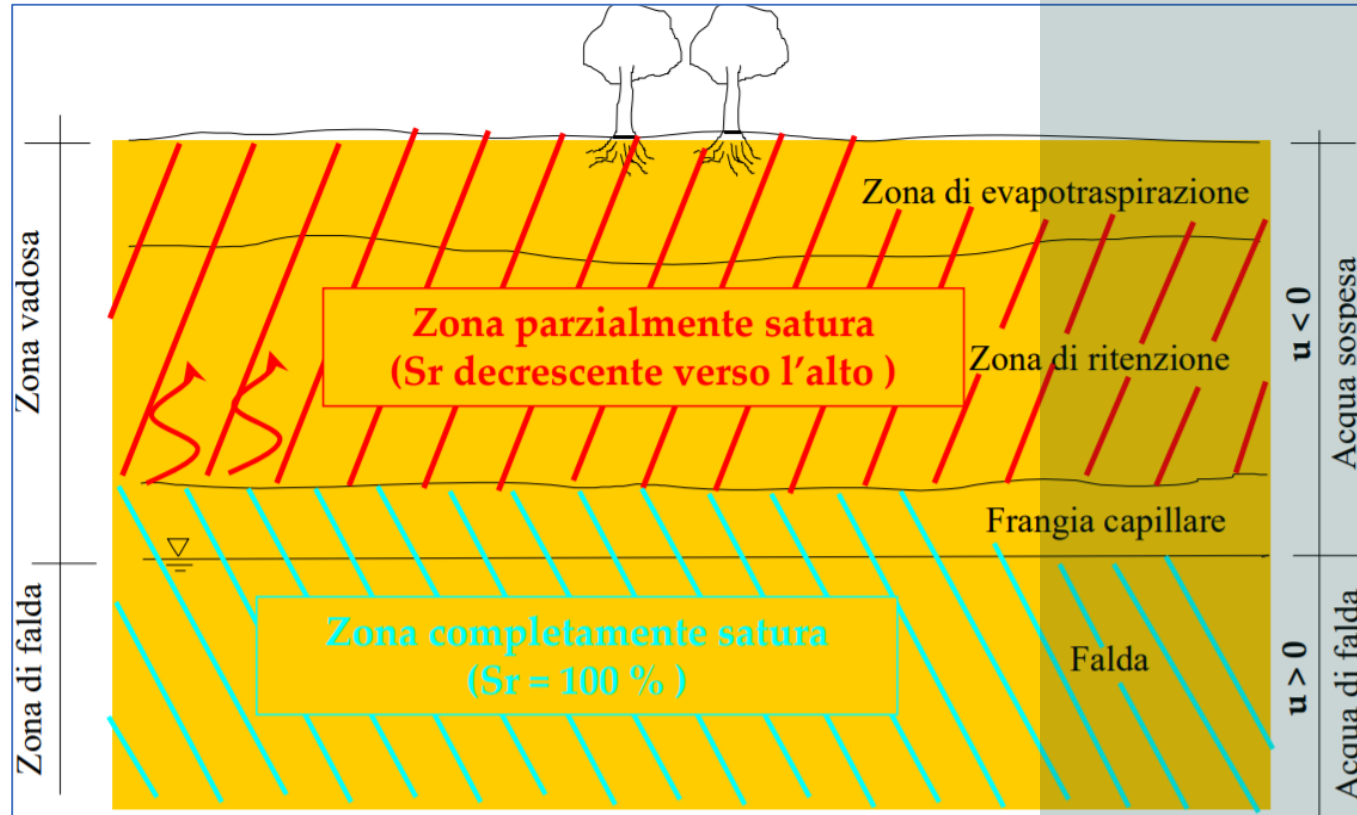
RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

ACQUA NEI TERRENI

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

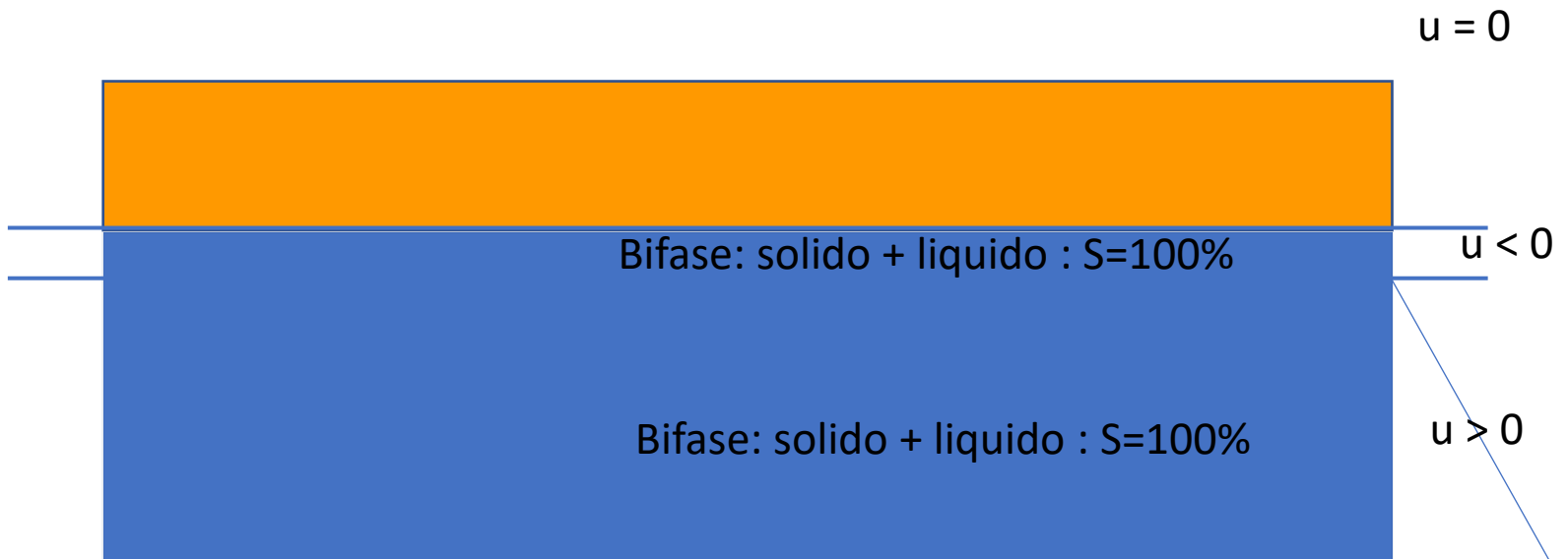
Acqua nei terreni

Immagine tratta da Johann Facciorusso)



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Acqua nei terreni



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Acqua nei terreni

1. *Nelle applicazioni di ingegneria i terreni sono assimilati a mezzi continui.*
2. *Fatta questa assunzione è possibile applicare ai terreni i concetti di tensione e deformazione e le leggi della meccanica dei continui.*
3. *Il terreno è un mezzo multifase*
4. *Nel caso di terreno saturo il terreno è costituito da scheletro solido e acqua: due fasi*
5. *Si può ritenere in queste condizioni che il sistema continuo sia costituito dallo scheletro solido al quale si sovrappone il continuo costituito dall'acqua.*
6. *Il punto generico può essere considerato come un volume di terreno sufficientemente grande da contenere molte particelle solide e allo stesso tempo sufficientemente piccolo rispetto alle dimensioni geometriche del problema da potere essere considerato come un punto. .*

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Acqua nei terreni

Terreni saturi –parzialmente saturi

1. *Si fa adesso riferimento, per semplicità, ad un terreno completamente saturo: $S=100\%$*

Terreni a grana fine

1. *L'assunzione non è lontana dalle condizioni naturali che si incontrano nei terreni a grana fine, nei nostri climi: essi sono quasi sempre praticamente saturi a meno di strati superficiali essiccati dal sole.*

Terreni a grana grossa

1. *I terreni a grana grossa sono saturi se sono disposti al di sotto del pelo libero della falda idrica*
2. *I terreni a grana grossa disposti sopra il livello di falda, ai fini meccanici possono essere considerati come asciutti.*

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Acqua nei terreni: Capillarità - Saturazione e parziale saturazione dei terreni

In un deposito di terreno a grana fine si distinguono solitamente, al variare della profondità delle zone a diverso grado di saturazione.

Un deposito di terreni a grana fine è saturo al di sotto falda, ovviamente, ma lo è ancora sopra il livello della falda per una certa altezza che dipende dalle dimensioni delle particelle del terreno.

Nella parte superiore alla frangia capillare il terreno è parzialmente saturo S_r diminuisce verso l'alto

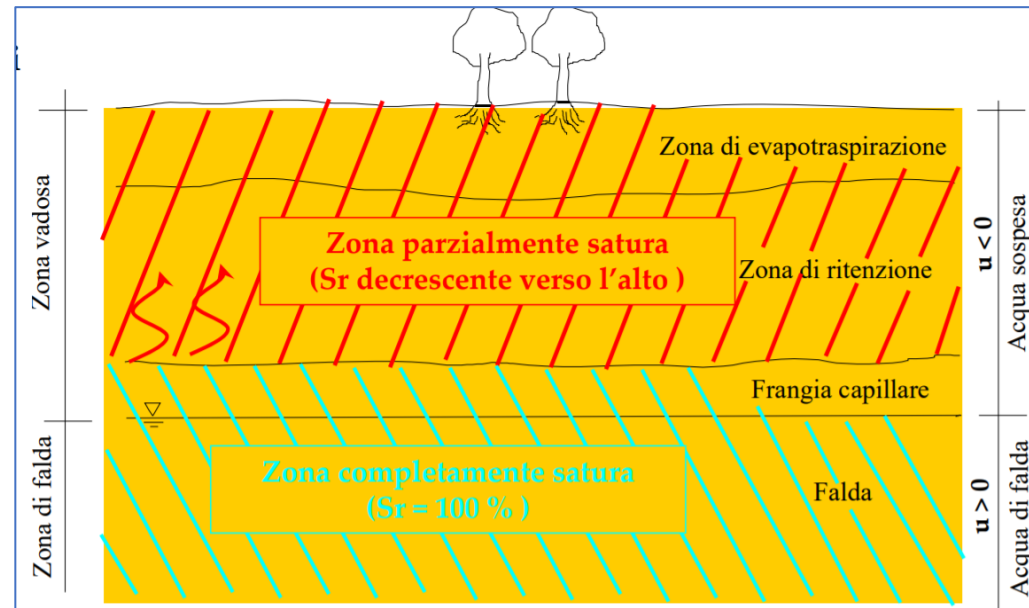


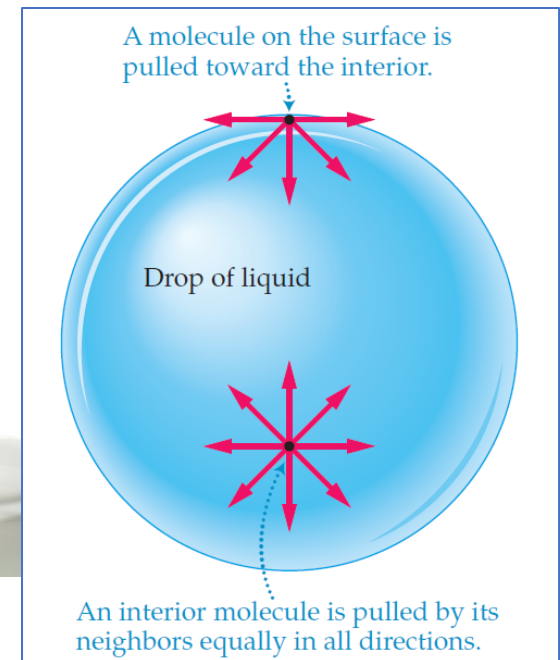
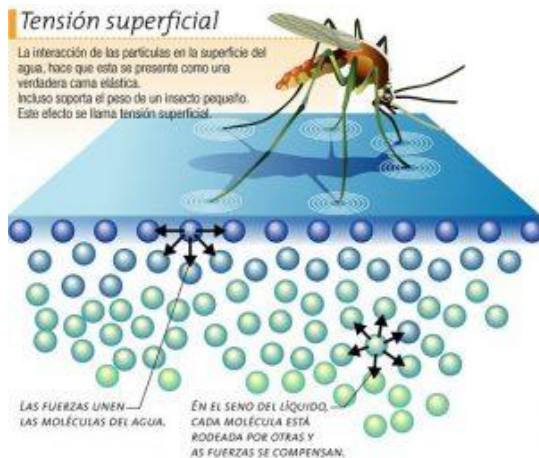
Immagine tratta da Johann Facciorusso)

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Capillarità:

All'interfaccia tra un liquido ed un'altra sostanza non miscibile con il liquido, le molecole del liquido in prossimità della superficie di separazione sono soggette a una forza risultante di attrazione che tende a spingerle verso l'interno.

La superficie di separazione si comporta come una membrana in trazione ed alla forza che tende la membrana si da il nome di **tensione superficiale**.



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Capillarità nei terreni

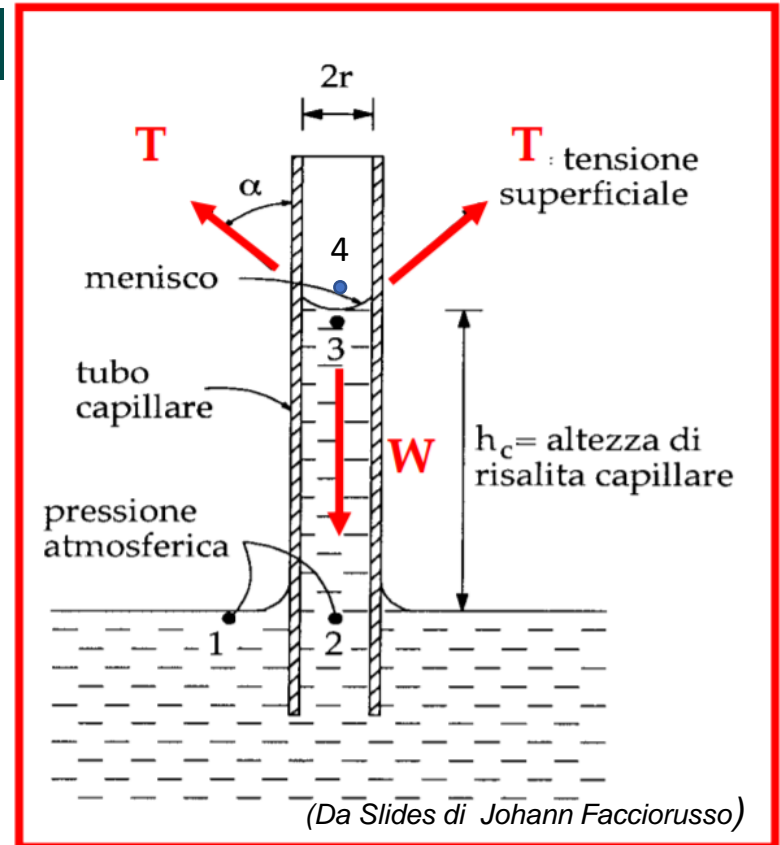
La tensione superficiale combinata con l'adesione del liquido alle superfici con cui è a contatto genera il fenomeno di capillarità, ossia il fenomeno di risalita dell'acqua al di sopra della superficie libera in un tubo capillare.

Dalla figura a lato:

L'altezza h_c può essere determinata considerando l'equilibrio del cilindro d'acqua da essa individuato e tenendo presente che i punti 1,2 si trovano alla stessa pressione mentre il punto 3 è a pressione inferiore. Il punto 4 è alla pressione atmosferica come i punti 1,2.

$$h_c = \frac{2 \cdot T}{r \cdot \gamma_w} \cdot \cos \alpha$$

L'entità della tensione superficiale T diminuisce all'aumentare della temperatura ed è dell'ordine di $70 \text{ mN/m} = 75/980 \text{ gr/cm}$



L'angolo α dipende dalla composizione chimica del materiale che costituisce la parete e dalle eventuali impurità.

$\alpha = 0^\circ$ per vetro pulito (superficie bagnata). In questo caso: $h_c = 4 \cdot T / \gamma_w \cdot d \cong 0,15 / r$ [cm]

$\alpha > 90^\circ$ per presenza di lubrificanti (superficie non bagnata)

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Capillarità nei terreni

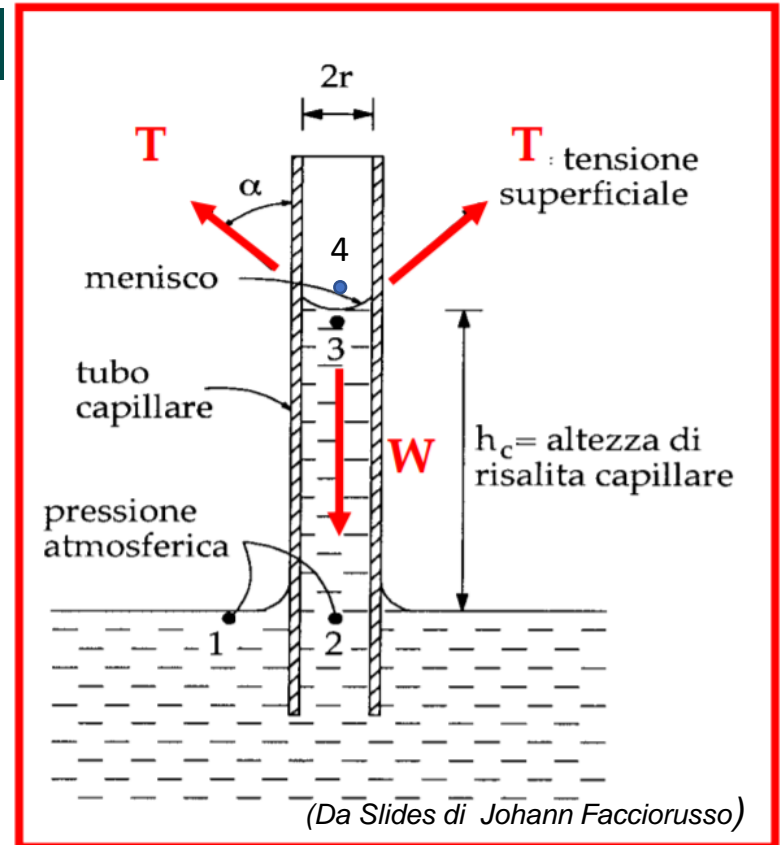
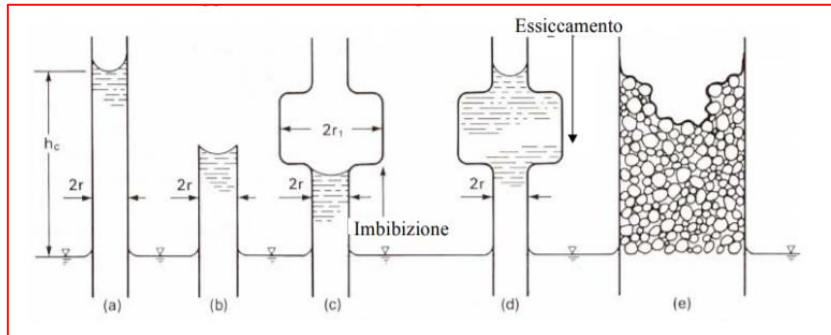
All'interno dell'altezza h_c la pressione dell'acqua è negativa
 Alla generica quota z si ha pressione u_z mentre al livello di falda si ha pressione nulla.

Dall'equilibrio della colonna di altezza z si ottiene:

$$u_z + \gamma_w * z = 0$$

da cui:

$$u_z = - \gamma_w * z$$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

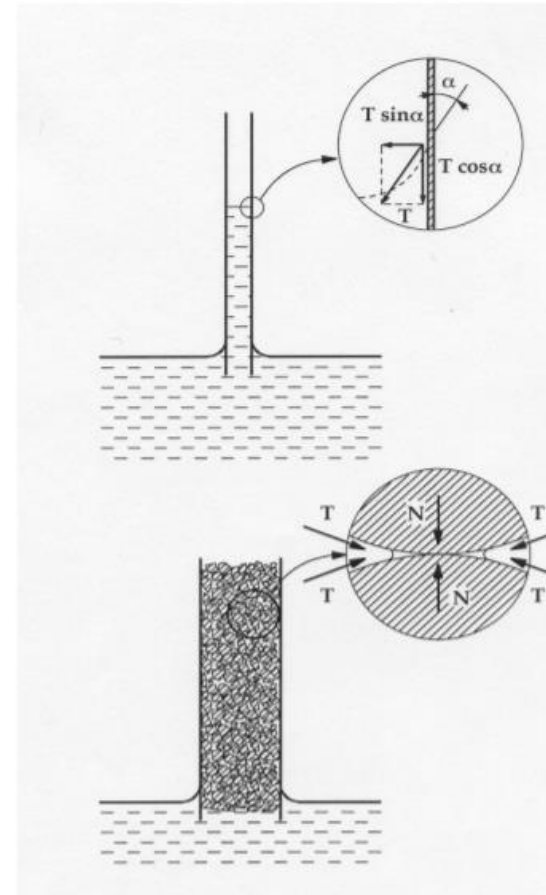
Capillarità nei terreni

Le considerazioni sulla capillarità possono essere elaborate nella teoria della meccanica dei terreni che costituiscono un insieme di tubi capillari tortuosi in cui, per effetto della capillarità si possono avere delle risalite per effetto della tensione superficiale, se i terreni non sono saturi, stabilendo una pressione negativa nell'acqua pari a: $u = -h_c \gamma_w$

Se le tensioni totali sono nulle, per il principio delle tensioni efficaci, ad un valore negativo della pressione interstiziale corrisponde un valore positivo delle tensioni efficaci.

Nei terreni i vuoti costituiscono un sistema continuo di canali tortuosi a sezione variabile nei quali l'acqua risale finì ad una certa altezza. Per tutta la risalita capillare il terreno è saturo: sopra tale quota il terreno è parzialmente saturo.

La tortuosità e le dimensioni e la forma dei canali dipendono dalla natura del terreno, dalla granulometria e dallo stato di addensamento del terreno.



Compressione indotta sulle particelle dalla tensione superficiale

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Capillarità nei terreni

Una espressione empirica approssimata dell'altezza h_c in cm nei terreni è la seguente:

$$h_c = C_s / e \cdot D_{10}$$

Essendo:

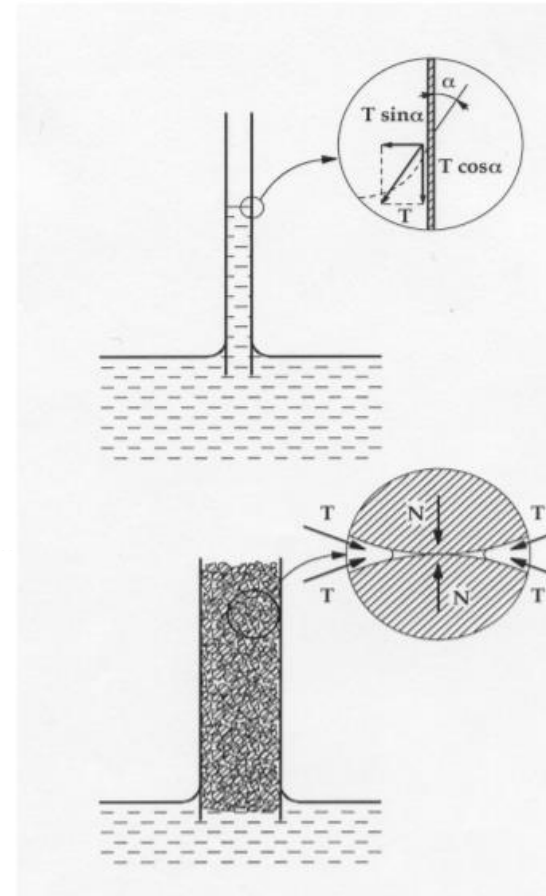
C_s : costante empirica dipendente dalla forma dei grani e delle impurità delle superfici variabile da 0,1 a 0,5 cm^2

e : indice dei vuoti

D_{10} = diametro efficace in cm

Terreno	D_{10} (mm)	h_c (m)
Ghiaia	0,82	0,05
	0,11	0,80
	0,02	2,40
Limo	0,006	3,60
Argilla	0,001	>10,0

Tabella valori indicativi risalita capillare



Compressione indotta sulle particelle dalla tensione superficiale

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Suzione

In un terreno parzialmente saturo a causa della tensione superficiale la pressione dell'acqua nei pori è inferiore alla pressione dell'aria nei pori

La differenza tra la pressione dell'aria (che in condizioni normali è pari alla pressione atmosferica) e la pressione dell'acqua nei pori è detta **suzione di matrice** ed è positiva ($u_a < u_w$)

Se: $u_a = p_{atm} = 0$

Allora: $s = (u_a - u_w) \rightarrow s = -u_w > 0$

Un terreno non saturo posto a contatto con acqua libera e pura a pressione atmosferica tende a richiamare acqua per effetto di una pressione negativa detta **suzione totale**.

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Suzione

La suzione totale è la somma di una componente associata alla capillarità (suzione di matrice s) e di una componente legata al potenziale elettrochimico che si stabilisce tra l'acqua pura esterna e l'acqua interstiziale a causa di Sali disciolti in essa (suzione osmotica π)

$$\Psi = s + \pi$$

La maggior parte dei problemi di ingegneria geotecnica che coinvolgono terreni non saturi sono riferibili a variazioni della suzione di matrice, come ad esempio gli effetti della pioggia sulla stabilità dei pendii o sui cedimenti delle fondazioni superficiali

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Misura della suzione nei terreni

