

PROTEZIONE CIVILE

Regione Lombardia



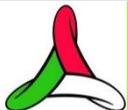
PolIS
Lombardia

Principi di idraulica e strutture di controllo delle acque

Erba, 16 novembre 2024

Di cosa parleremo oggi (1 parte):

- **Di cosa tratta l'idraulica**
- **Principi ed applicazioni dell'idrostatica**
- **Principi ed applicazioni dell'idrodinamica**
- **Strutture di controllo delle acque in ambito urbano**
- **Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano**



L'idraulica

Scienza che studia il moto e l'utilizzazione dei liquidi, con particolare riferimento all'acqua

In nuce le leggi dell'idraulica erano note già alcuni millenni a.C. ai tempi delle cosiddette «grandi civiltà idrauliche»: popoli mesopotamici, antico Egitto, Cina, India. Per loro il principale uso era legato all'agricoltura.

I Romani, in mancanza di grandi fiumi, sono più noti per opere ingegneristiche di conduzione.



L'idraulica



La città di UR



L'idraulica



Acquedotto romano



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



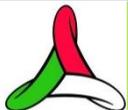
Polis
Lombardia

L'idraulica

L'importanza dello studio dell'acqua:

- È un componente della superficie terrestre
- È un componente essenziale degli esseri viventi
- Attraversa, circonda e permea le terre emerse.

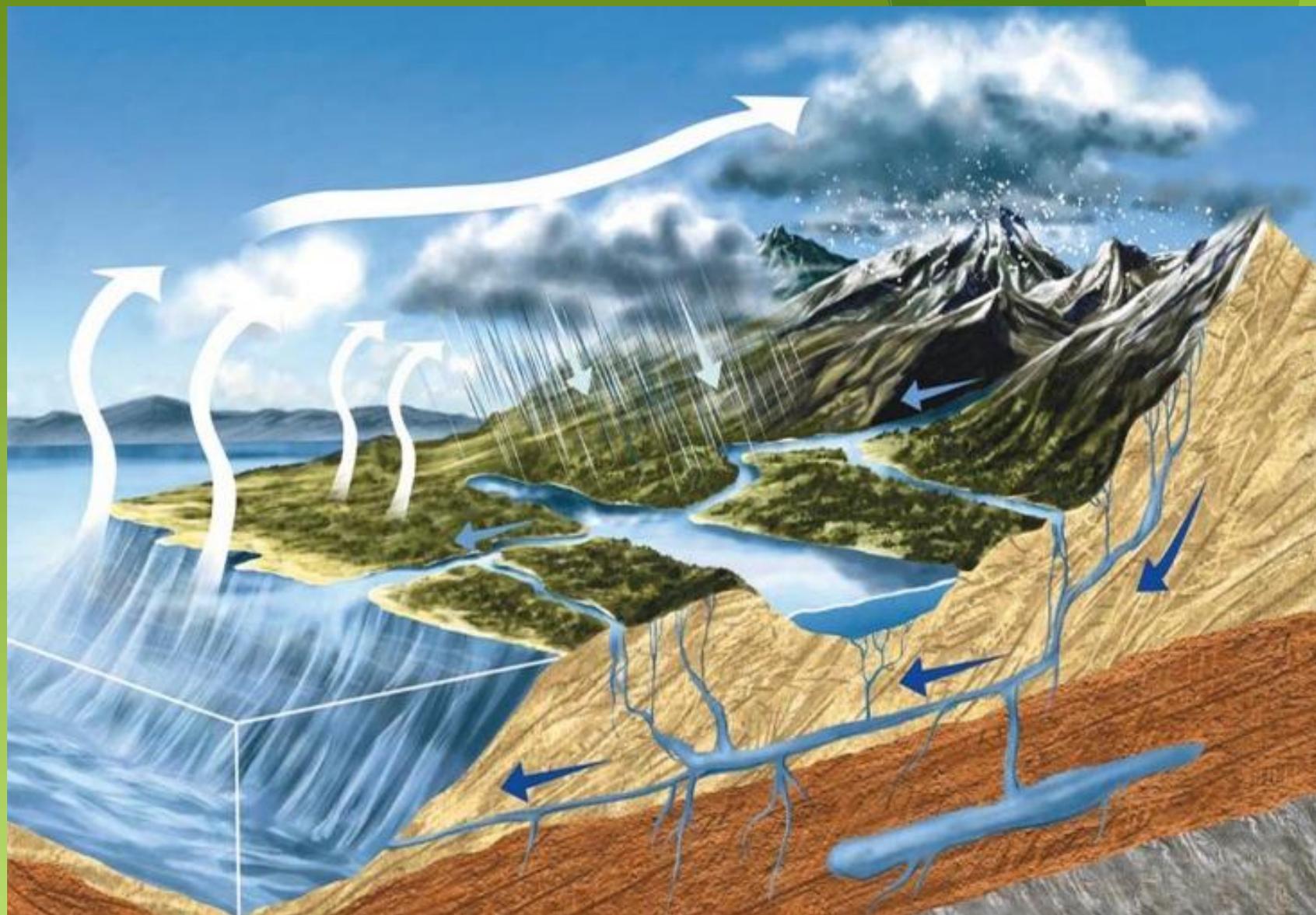
Quindi la ritroviamo nella maggior parte delle discipline geologiche e biologiche ed è alla base anche di buona parte del trasporto mondiale



L'idraulica

La troviamo inoltre in tutte le sue forme: solida, liquida ed aeriforme

L'idraulica in particolare si occupa dello stato liquido



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

L'idraulica

Discipline che interessano l'acqua:

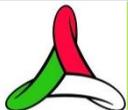
- **Studio del suo ciclo (idrologia)**
- **Come defluisce verso il mare (idraulica fluviale)**
- **Come si comporta in mare (idraulica marittima)**
- **Come viene condotta nelle città (idraulica acquedottistica)**
- **Come viene portata via dalle città (idraulica fognaria)**
- **Come si comporta sotto il suolo (idrologia sotterranea)**



L'idraulica

E poi abbiamo gli usi:

- **Irrigazione**
- **Bonifica**
- **Produzione di energia (idroelettrica)**
- **Navigazione sulle acque interne (fluviale e lacuale)**
- **Navigazione sulle acque aperte (marittima)**
- **Termico-impiantistici**
- **Ricreativi**



L'idraulica

Per comodità distinguiamo le leggi teoriche dell'idraulica a seconda delle sue caratteristiche cinematiche:

- **Acque ferme (idrostatica)**
- **Acque in movimento (idrodinamica)**

Che trattiamo con leggi che sono tra loro imparentate ma che in alcuni casi possono essere semplificate



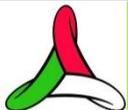
Idrostatica

Si occupa delle leggi dell'acqua quando è ferma, trattando in particolare la sua interazione con i corpi che vi sono immersi.

Di fatto è la legge del galleggiamento dei corpi

Storicamente la prima formalizzazione si fa risalire ad Archimede di Siracusa (III secolo a.c.)

Successivamente la disciplina viene approfondita da Leonardo da Vinci quindi da vari autori dal 1600 in poi



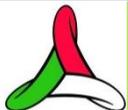
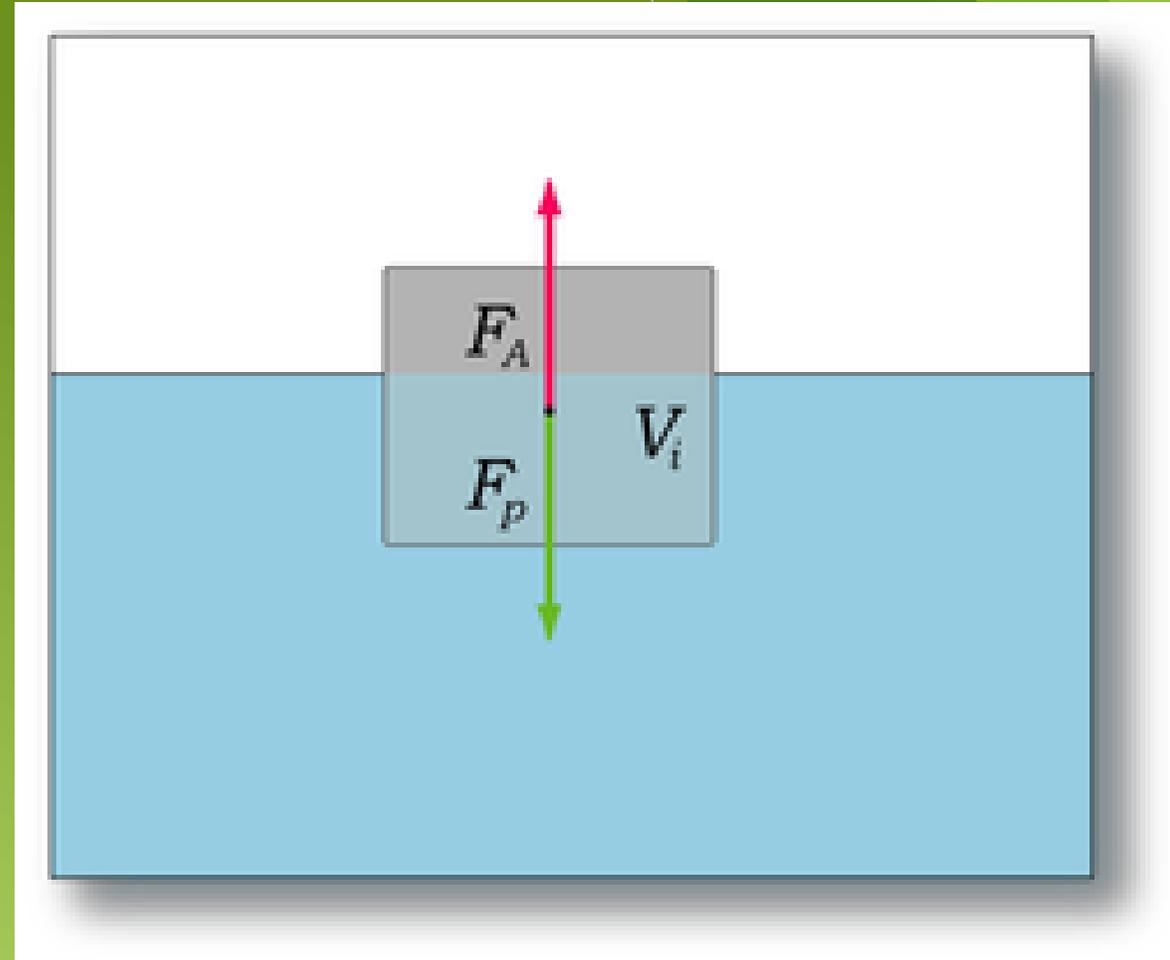
Idrostatica

Principio di Archimede:

«un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato»

Il peso è una forza

Il peso del fluido dipende dalla sua densità

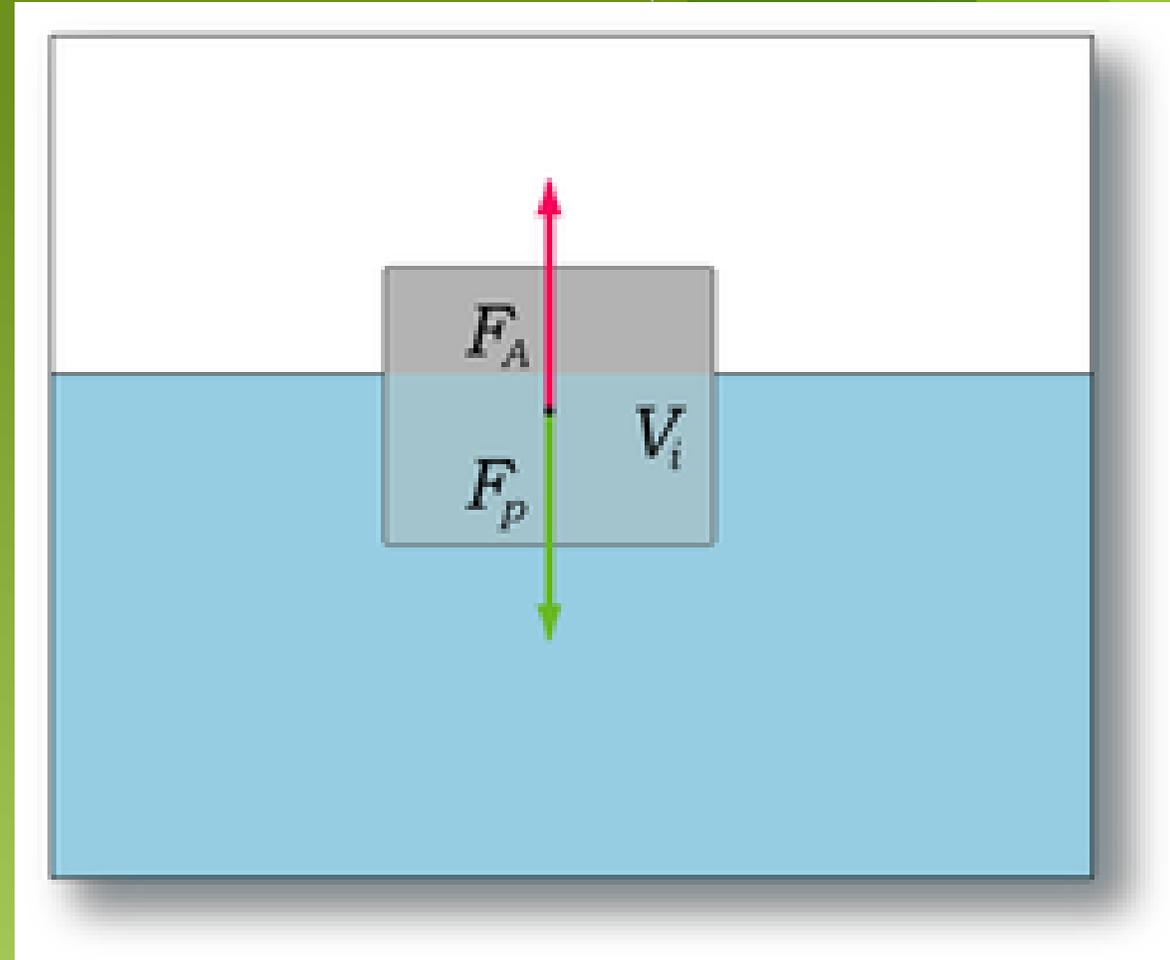


Idrostatica

Principio di Archimede:

Dalla combinazione tra peso del corpo (meglio: la sua densità) e spinta di Archimede dipende l'esito del galleggiamento

Si possono avere 3 esiti



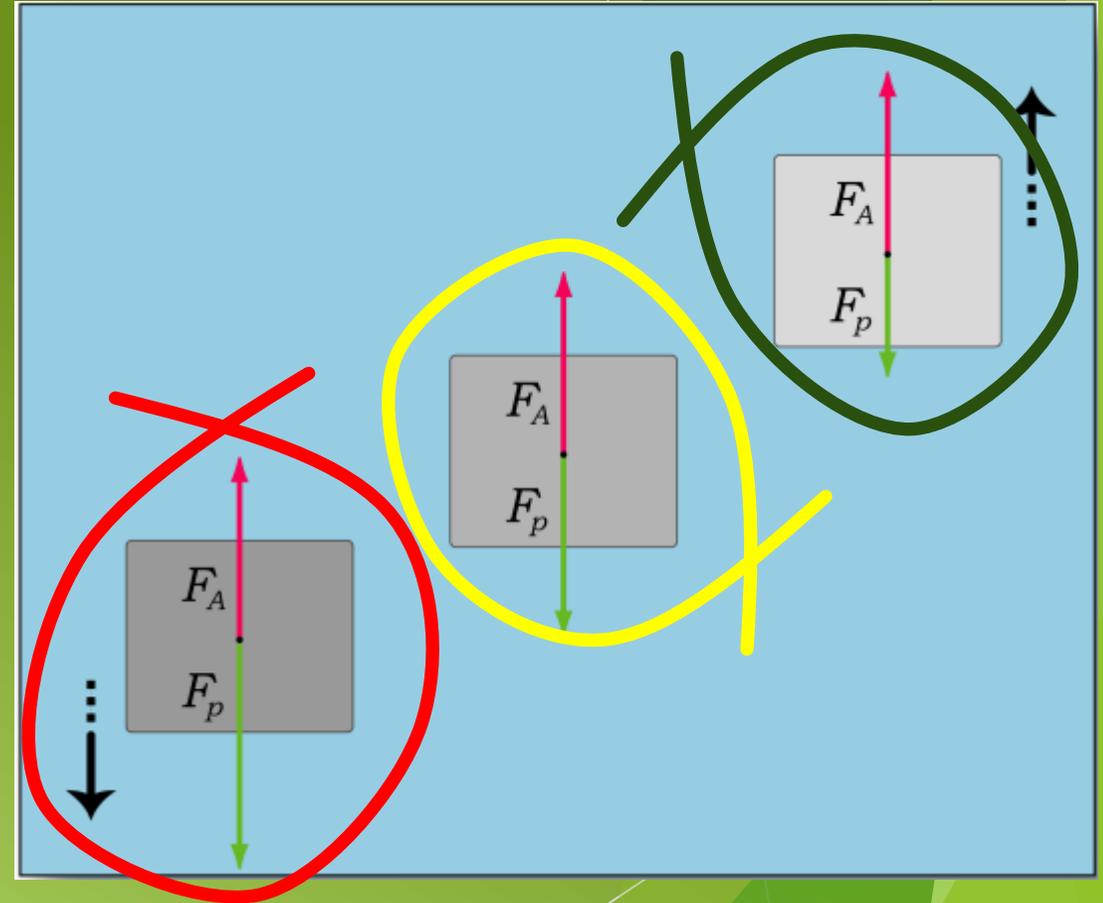
Idrostatica

Principio di Archimede:

1) $F_p > F_A$ il corpo affonda

2) $F_p = F_A$ il corpo è in equilibrio indifferente

3) $F_p < F_A$ il corpo galleggia

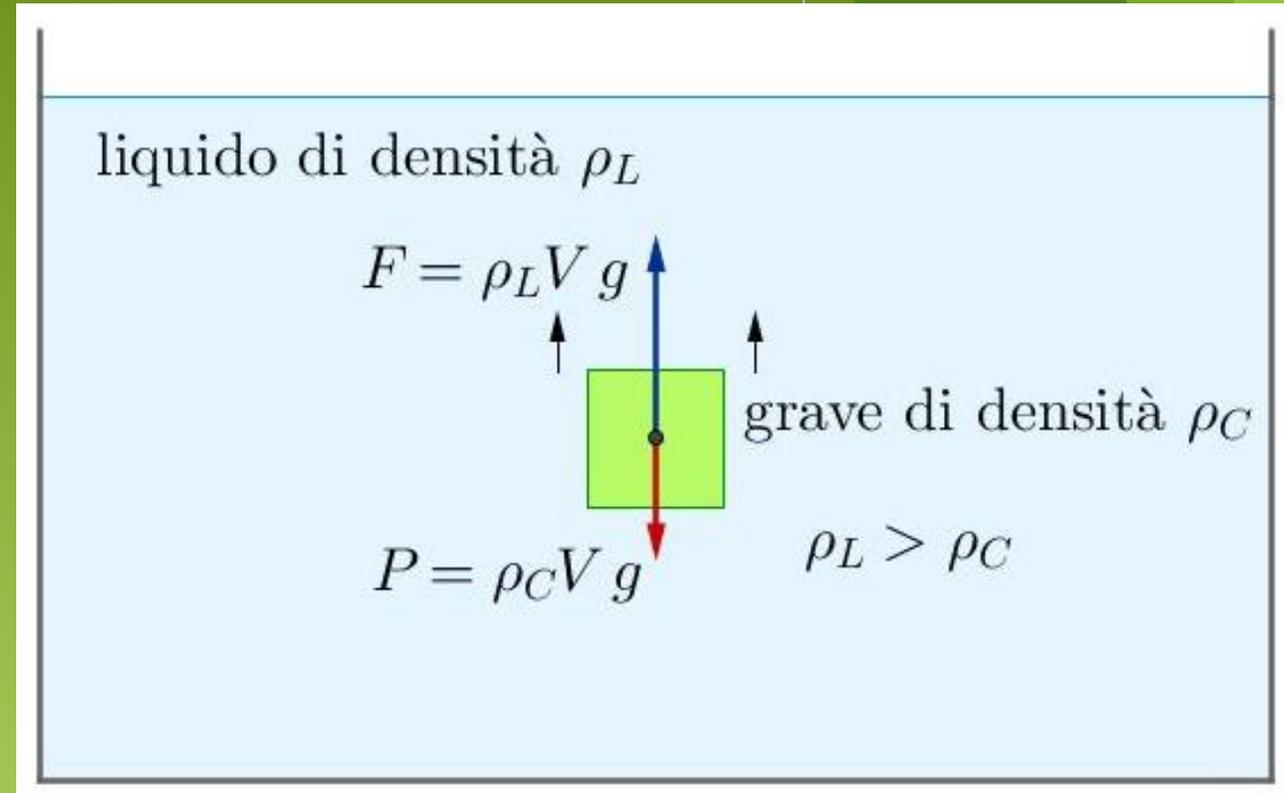


Idrostatica

Principio di Archimede:

In realtà spesso non è così immediato conoscere a priori il peso dell'oggetto ed il volume immerso

Risulta allora molto più comodo passare dalle densità



Idrostatica

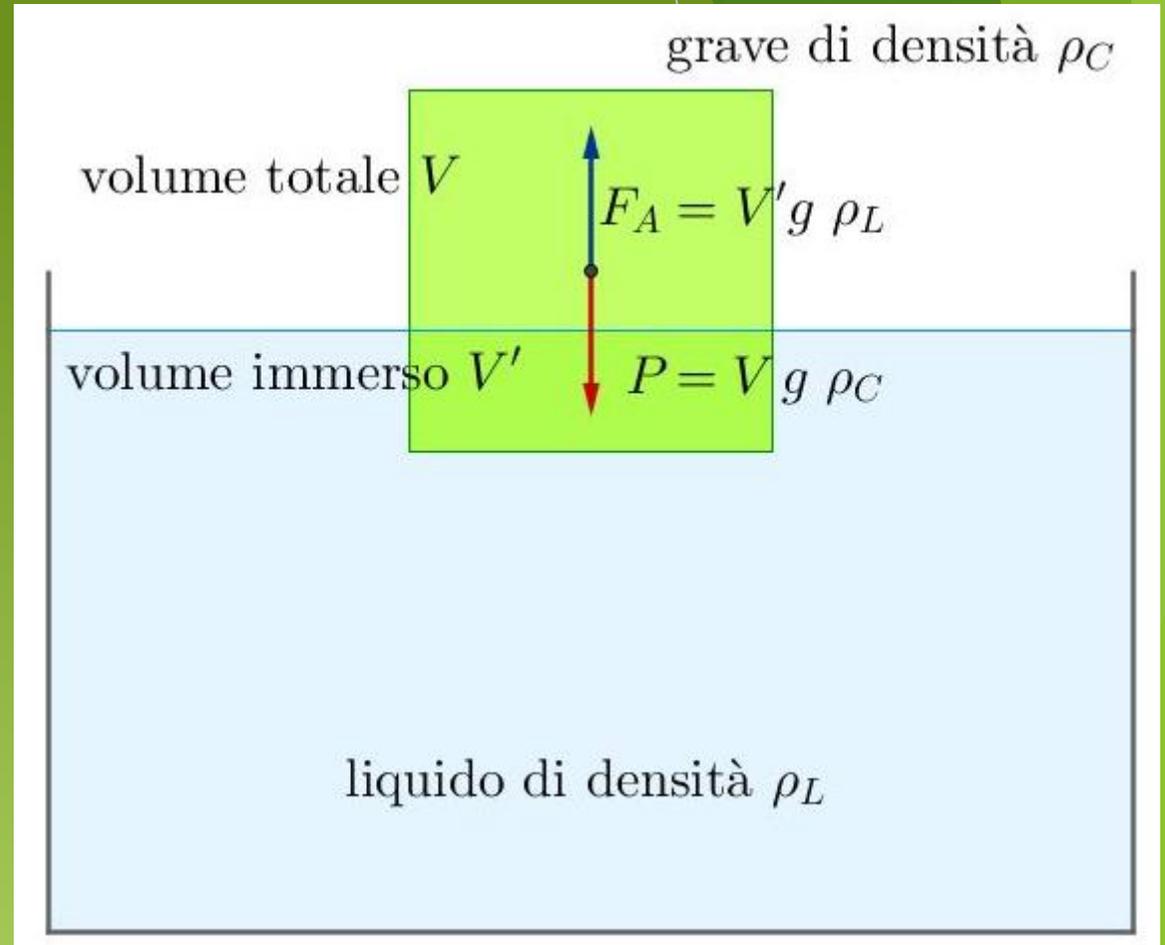
Principio di Archimede:

F_A dipende dal V' , da ρ_L
e da g

P dipende da V , da ρ_C
e da g

Si ha equilibrio stabile
quando

$$\rho_C \leq \rho_L$$



Idrostatica

Principio di Archimede: applicazioni pratiche

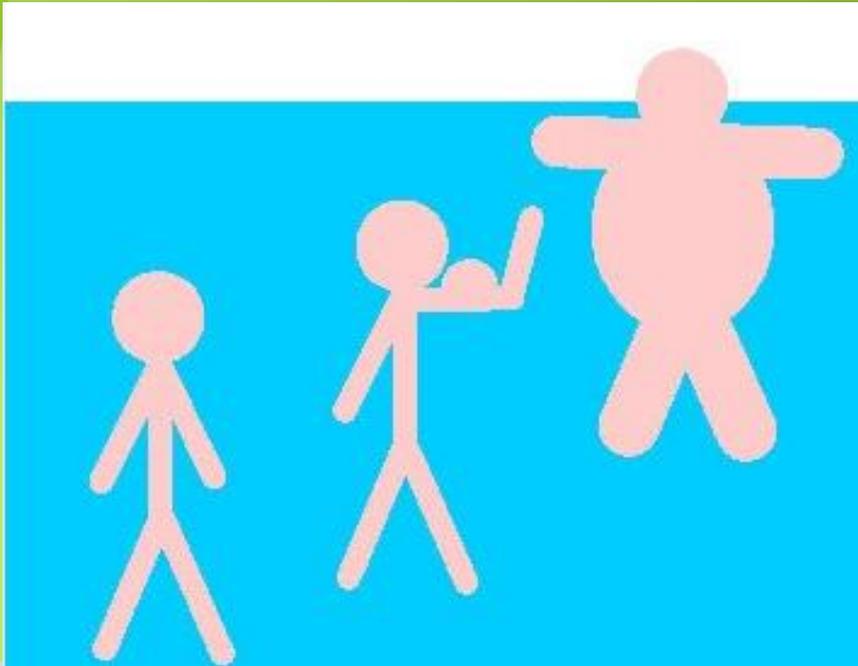
Galleggiamento di un corpo umano ($\rho_C \approx \rho_L$)
in acque di diverse densità.



Idrostatica

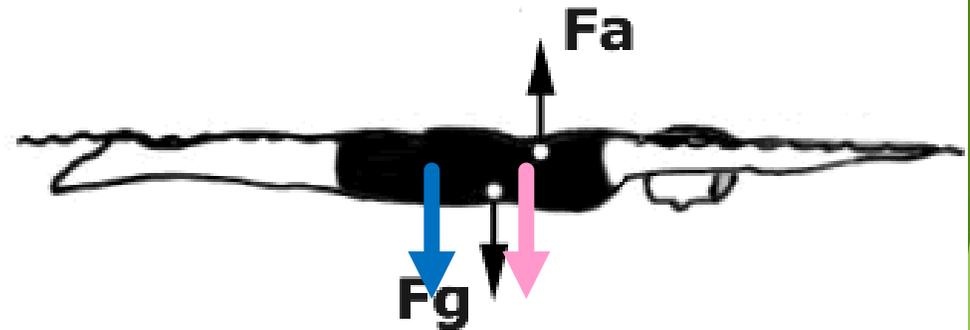
Principio di Archimede: applicazioni pratiche

**Galleggiamento di corpi
umani con diverse densità**



Fa: forza di Archimede

Fg: forza di gravità



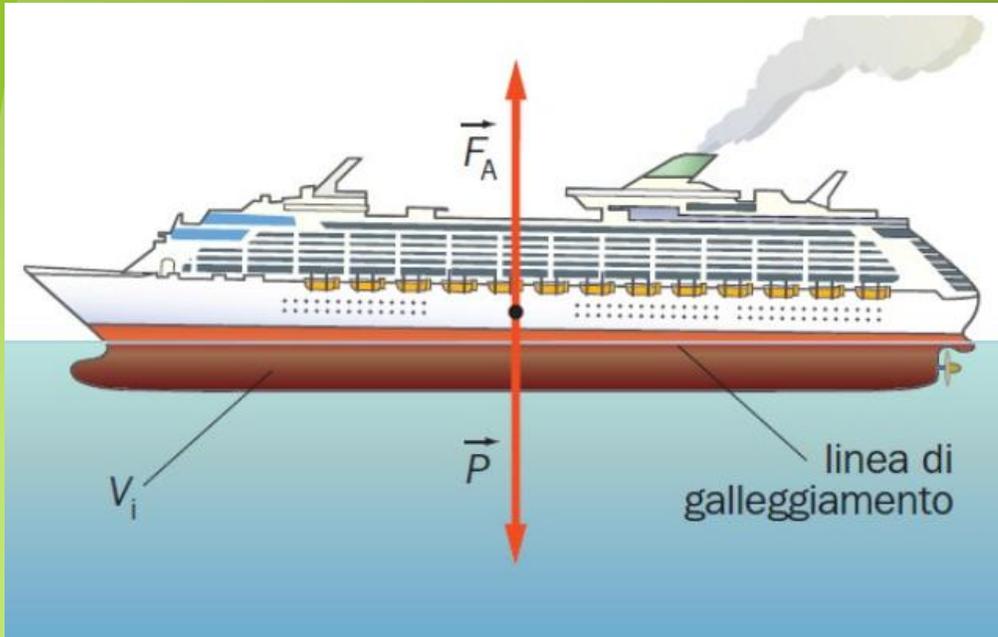
**Galleggiamento di corpi
con diversi baricentri**



Idrostatica

Principio di Archimede: applicazioni pratiche

Galleggiamento di vari corpi in acqua



Una nave ha una densità complessiva minore dell'acqua e galleggia stabilmente perché è a tenuta stagna (non cambia la sua densità)



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



PoliS
Lombardia

Idrostatica

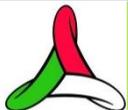
Principio di Archimede: applicazioni pratiche

Galleggiamento di vari corpi in acqua



Un'auto ha una densità complessiva minore dell'acqua ma non è stagna e più si riempie più affonda (aumenta la densità)

Se piena affonda prima



Idrostatica

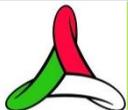
Principio di Archimede: applicazioni pratiche

Galleggiamento di vari corpi in acqua



Il legname è il flottante più comune nei corsi d'acqua naturali.

Questa proprietà era sfruttata soprattutto nel passato per il trasporto dei tronchi



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

Idrostatica

Principio di Archimede: applicazioni pratiche

Galleggiamento di vari corpi in acqua



Oggi la maggior parte del flottante appartiene più alla categoria dei rifiuti che delle risorse.



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

Idrostatica

Principio di Archimede: applicazioni pratiche

Galleggiamento di vari corpi in acqua



**Attenzione alle
sostanze flottanti
che possono avere
effetti dannosi per
la salute**



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

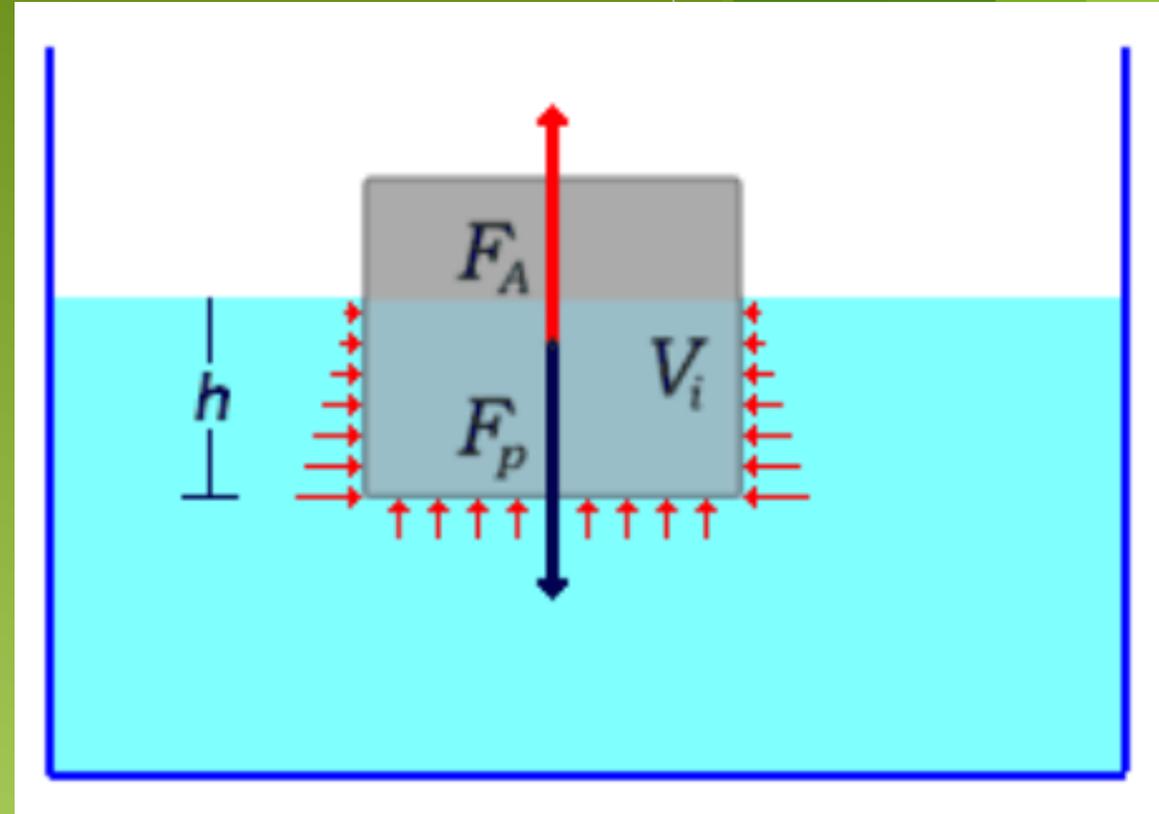
PoliS
Lombardia

Idrostatica

Legge di Stevino:

«la pressione esercitata su un corpo immerso in un fluido dipende dalla profondità e dalla densità del fluido stesso »

Come Archimede ma espresso in pressione

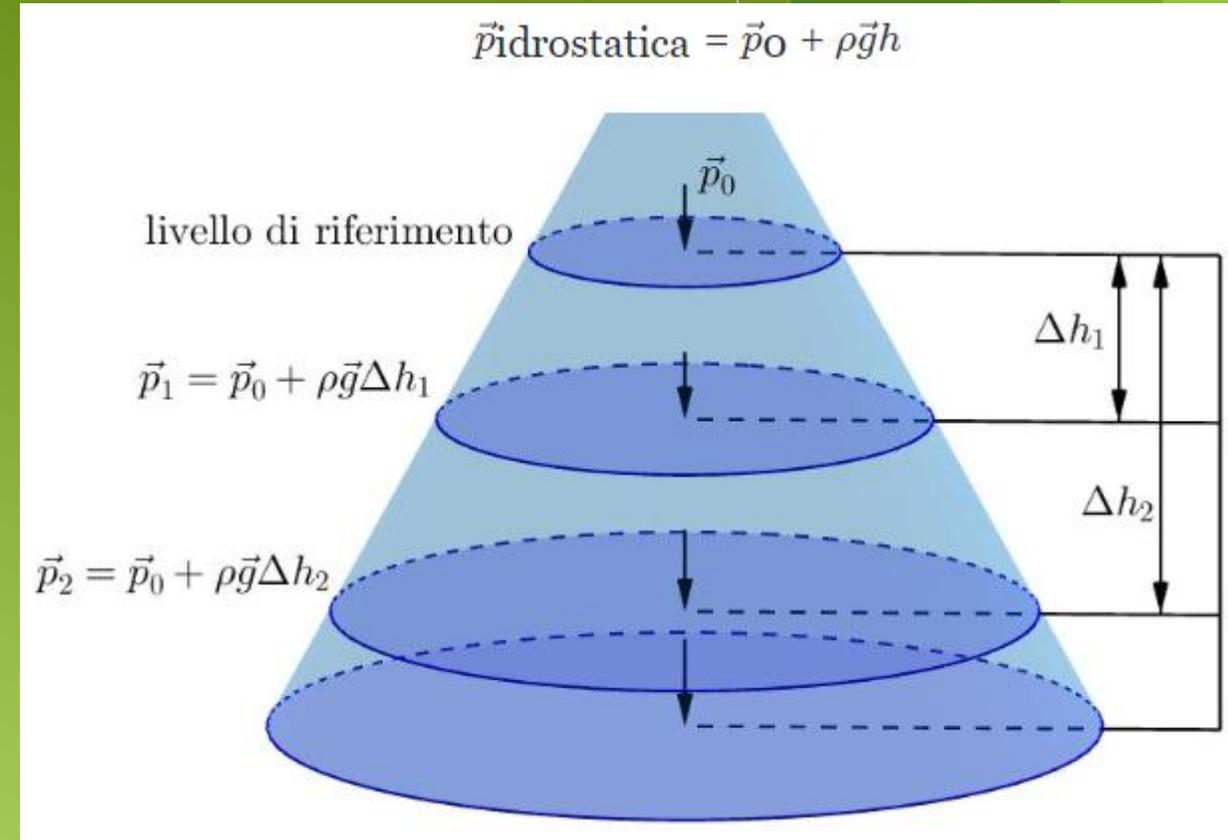


Idrostatica

Legge di Stevino

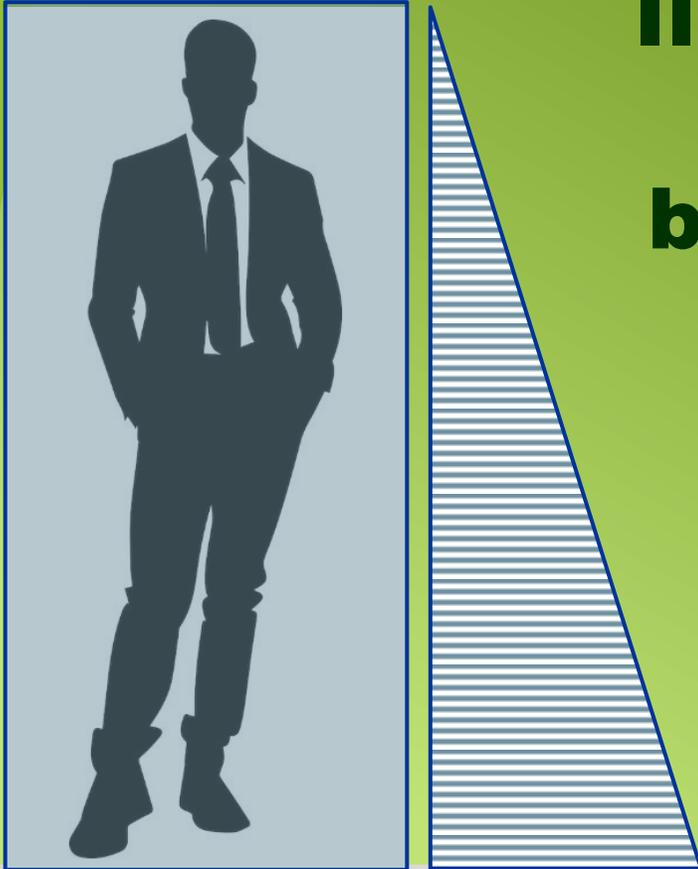
Ci interessano le ripercussioni che questa legge ha sui corpi già affondati

La pressione aumenta (in acqua) di 1 atm ogni 10 m di profondità



Idrostatica

Legge di Stevino



Il corpo subisce una pressione che è linearmente crescente verso il basso, ed aumenta con la profondità

La struttura del corpo umano può resistere a pressioni molto elevate

I problemi arrivano però dalla fisica e dalla chimica dei gas che ci portiamo dentro



Idrostatica

Legge di Stevino: effetti sul corpo umano



Compressione dell'aria nelle cavità

Embolia gassosa arteriosa

Narcosi da azoto

Sindrome nervosa da alta pressione

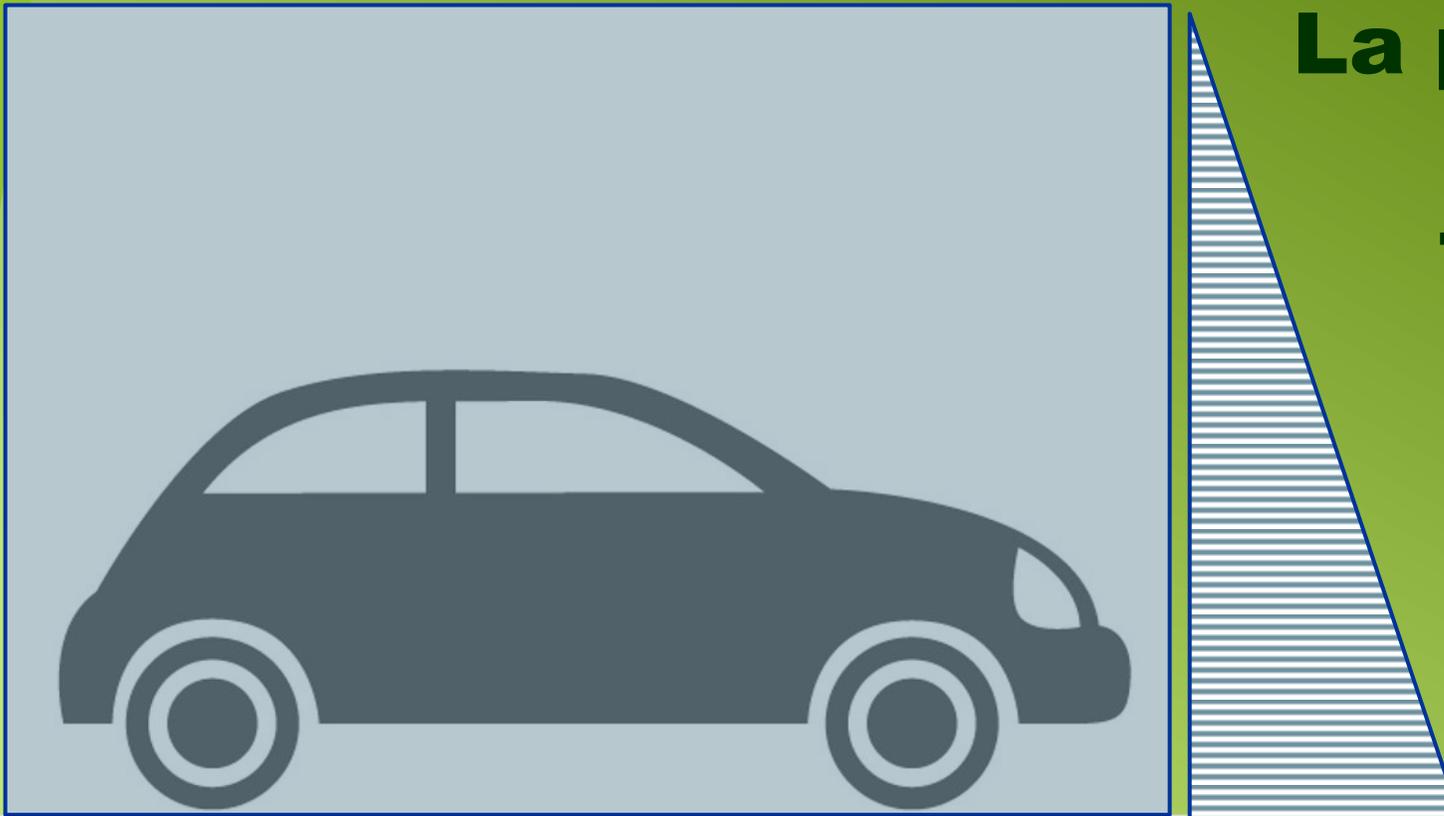
Barotrauma

Aumento tossicità di CO_2 e O_2



Idrostatica

Legge di Stevino: effetti sui corpi inanimati

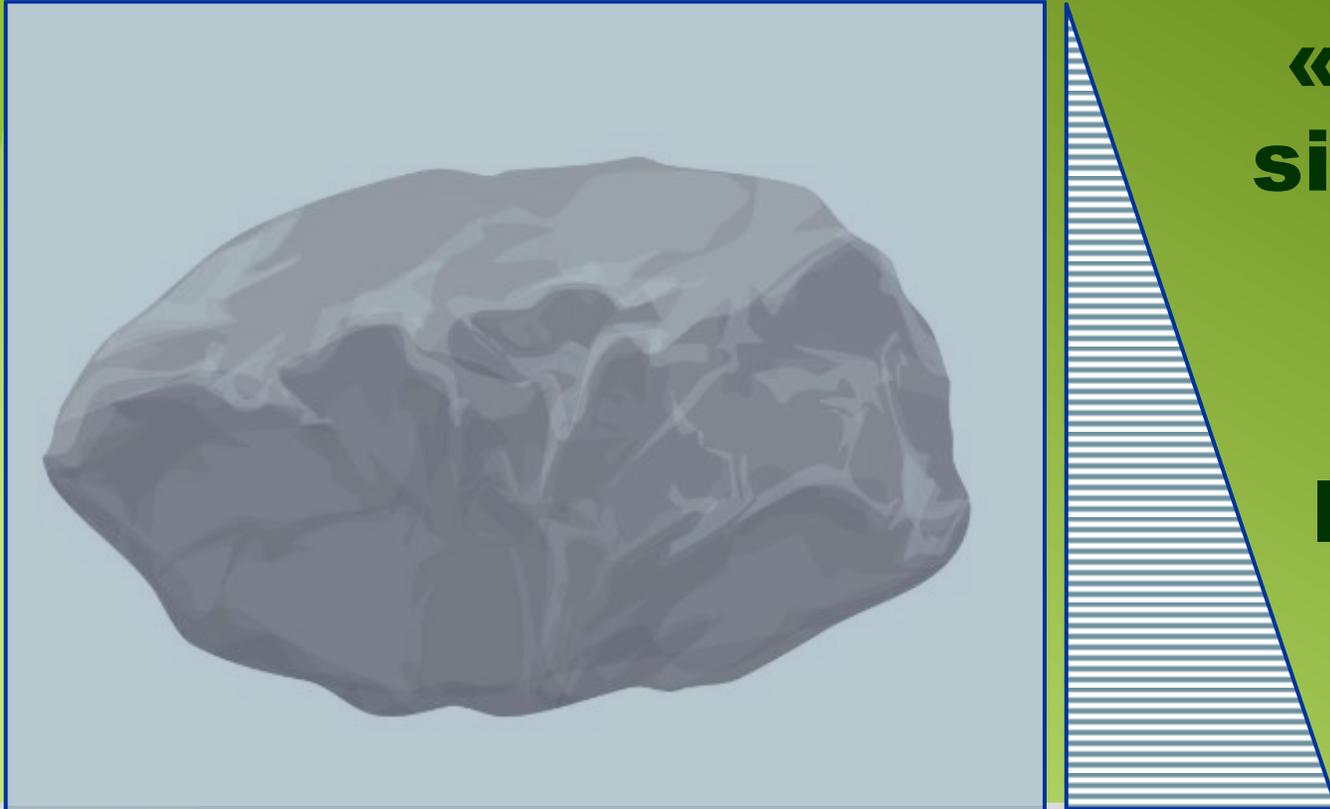


**La pressione del fluido
può diventare una
forza considerevole
anche se applicata
a superfici
relativamente
modeste**



Idrostatica

Legge di Stevino: effetti sui terreni



**La pressione del fluido
«alleggerisce» anche i
singoli grani di terreno,
favorendone la
mobilitazione**

**In questa dinamica ha
è rilevante la forma
dei grani**

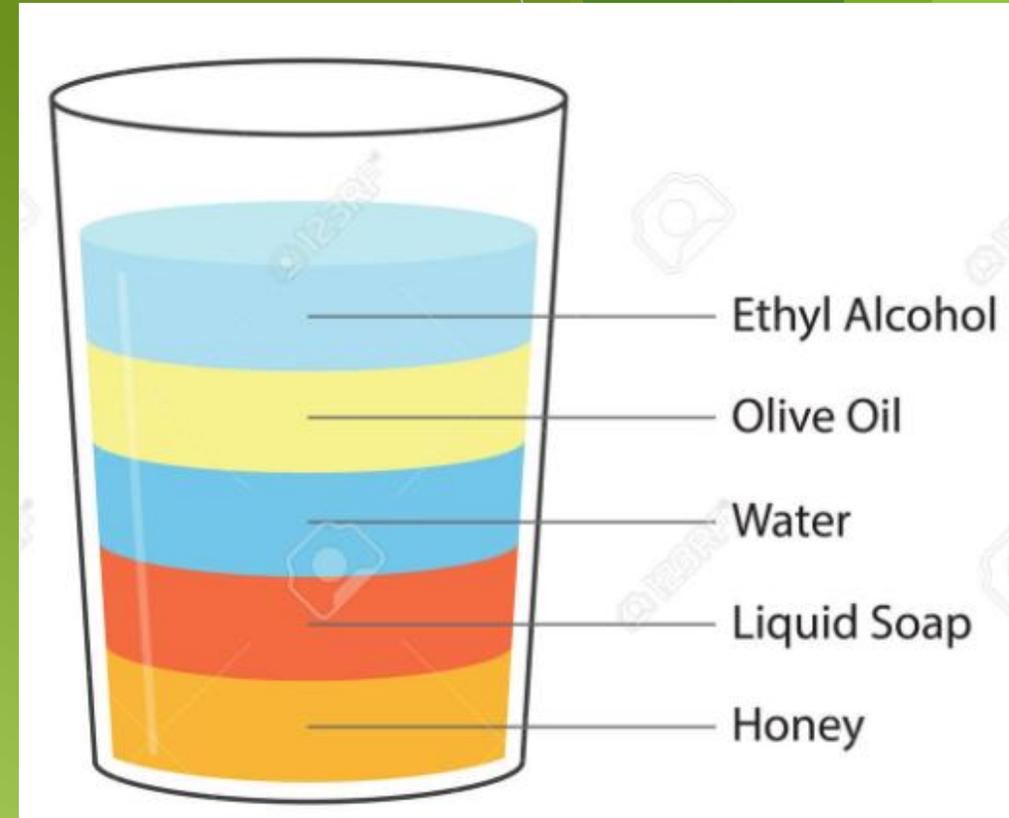


Idrostatica

Legge di Stevino: stratificazione

La differente densità dei fluidi, soprattutto se non miscibili, comporta una loro stratificazione

Risultato: i fluidi a minore densità «galleggiano» su quelli a maggiore densità



Idrostatica

Legge di Stevino: fluidi pesanti

**Fluidi più densi
dell'acqua producono
spinte maggiori**

**Colate di fango: la
densità crescente
movimenta sempre più
solido aumentandone
ancora la densità**



Idrodinamica

Si occupa delle leggi dell'acqua quando è in movimento, trattando in particolare le sue caratteristiche cinematiche e l'interazione con i corpi che vengono a contatto con essa

Per quanto alcune regole dell'idrodinamica siano note da tempi storici, quella moderna nasce alla fine del 1700 con gli studi di Daniel Bernoulli



Idrodinamica

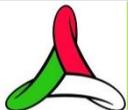
Teorema di Bernoulli

Energia per unità
di volume, dovuta
alla **Pressione**

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{costante}$$

Energia potenziale
 mgh
per unità di volume

Energia cinetica
 $\frac{1}{2} mv^2$
per unità di volume



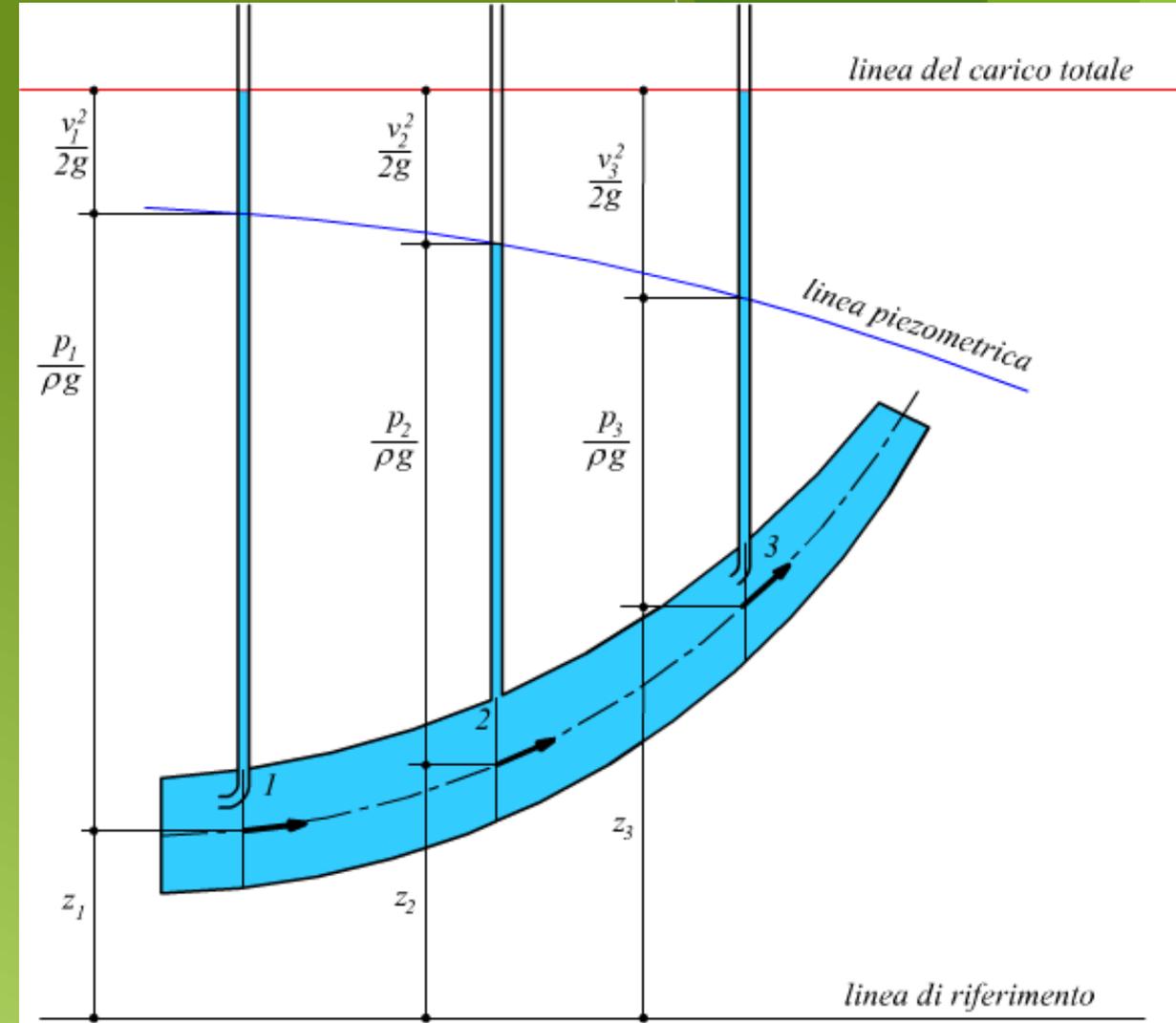
Idrodinamica

Teorema di Bernoulli

Valido sotto le ipotesi di:

- 1) fluido incomprimibile
- 2) regime permanente
- 3) fluido ideale

rappresenta la
conservazione
dell'energia totale della
corrente

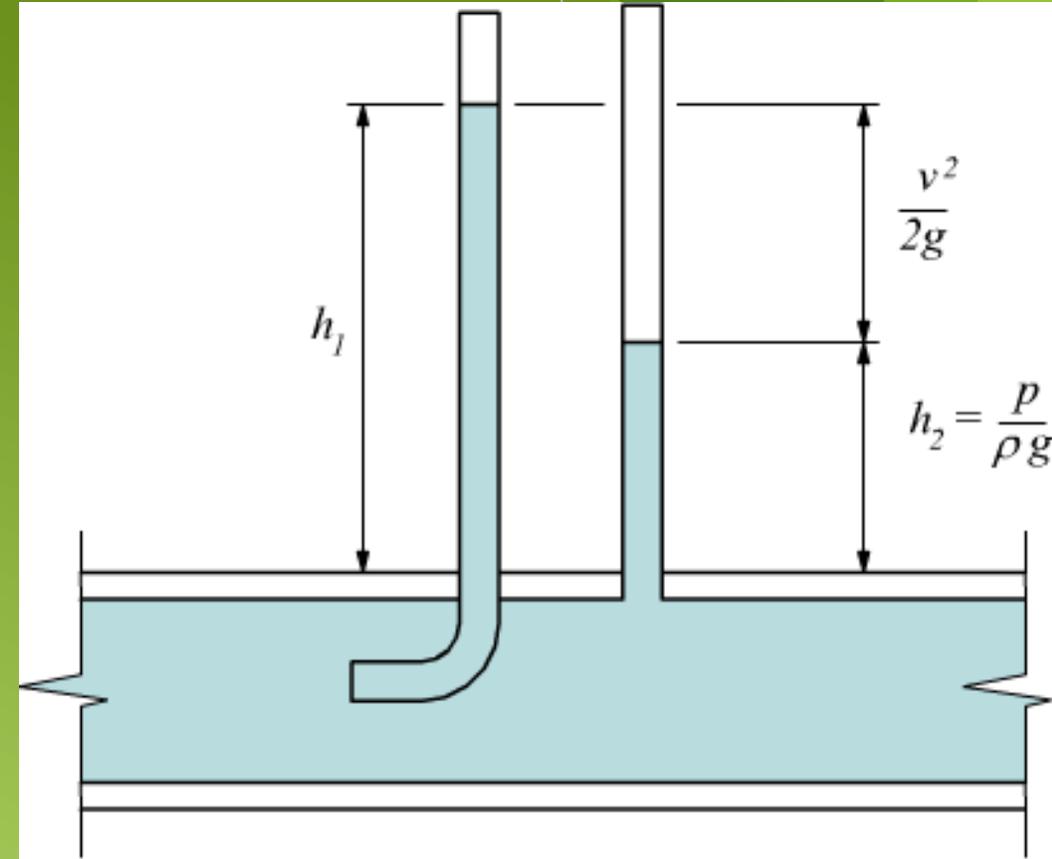


Idrodinamica

Applicazioni: tubo di Pitot

La velocità in una condotta è data dalla differenza fra il carico totale a monte e la quota piezometrica a valle di un punto:

$$h = h_1 - h_2 = \frac{v^2}{2g} \longrightarrow v = \sqrt{2gh}$$



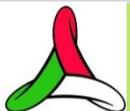
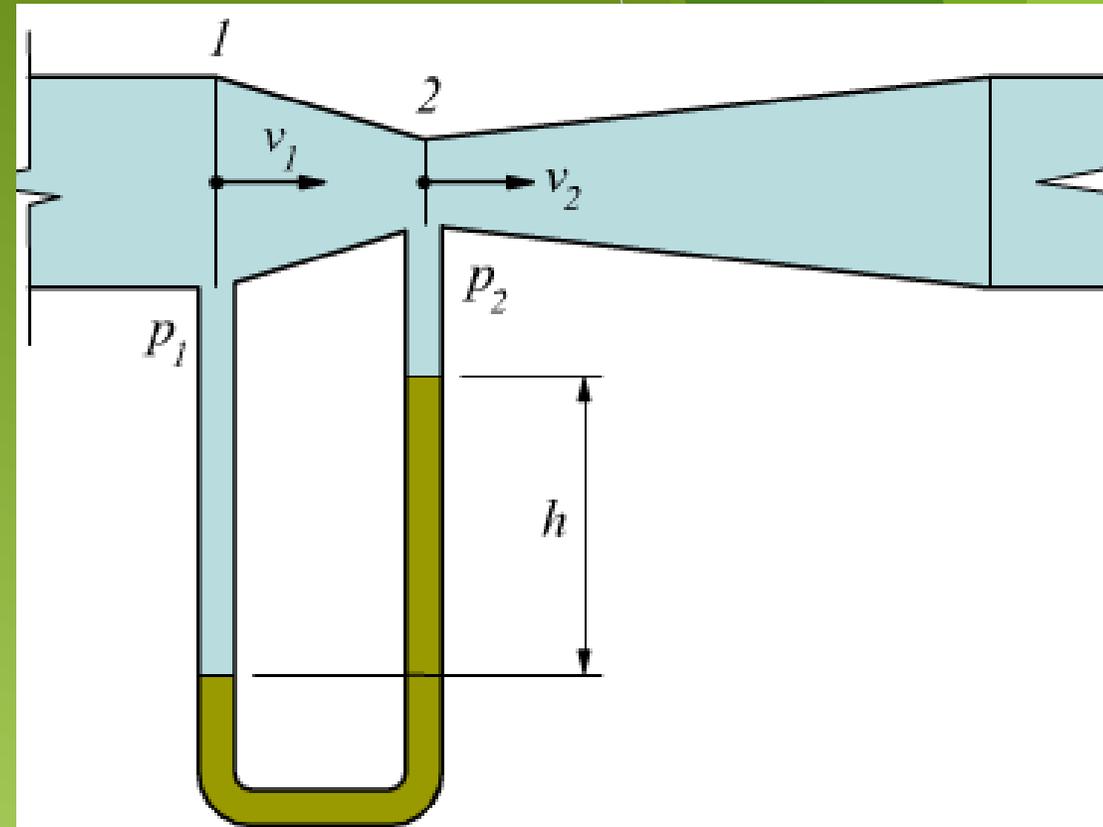
Idrodinamica

Applicazioni: tubo di Venturi

La portata in una condotta è calcolata conoscendo i valori specifici del liquido manometrico e la geometrica del tubo

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh(\rho' - \rho)}{\rho(m^2 - 1)}}$$

$$m = S_1/S_2$$

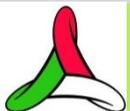
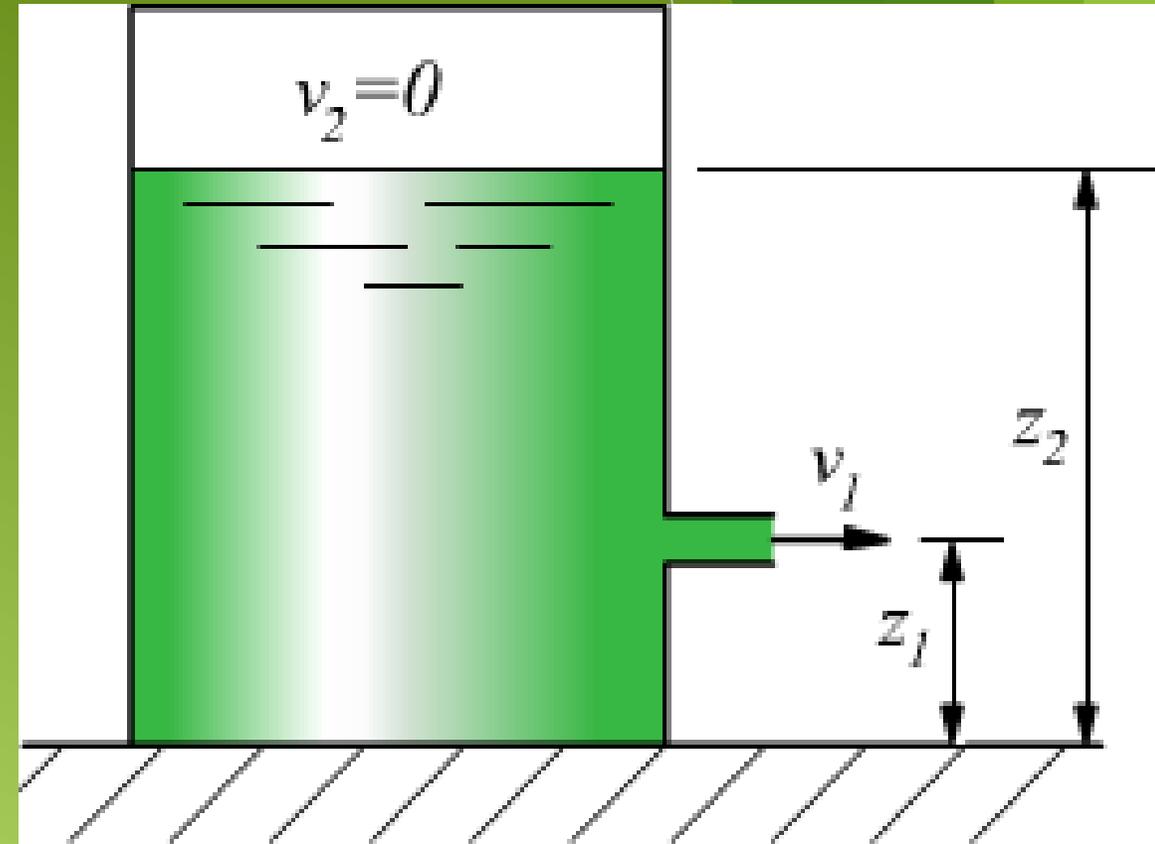


Idrodinamica

Applicazioni: foronomia

La velocità di uscita da un foro in un serbatoio è determinata conoscendo il carico idraulico soprastante

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 = z_2 \quad \longrightarrow \quad v_1 = \sqrt{2gh}$$



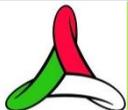
Idrodinamica

Dai fluidi ideali a quelli reali

Entra in gioco l'attrito che comporta perdite di carico che possono manifestarsi lungo la superficie di contatto tra il fluido ed il condotto

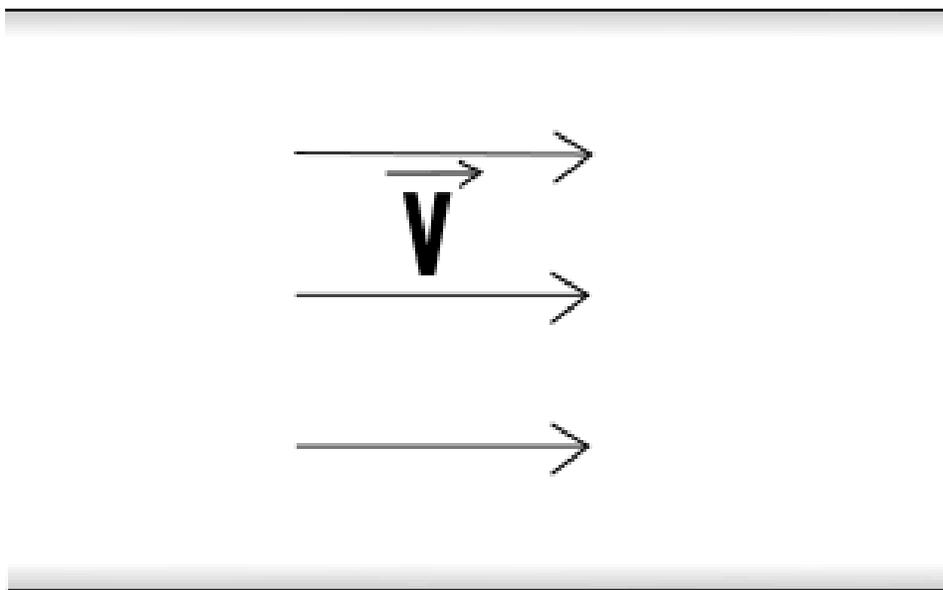
Nell'acqua gli attriti verso l'esterno ed interni al fluido stesso danno luogo a perdite di carico

Queste dipendono sempre dalla velocità, quindi si manifestano solo in regime dinamico

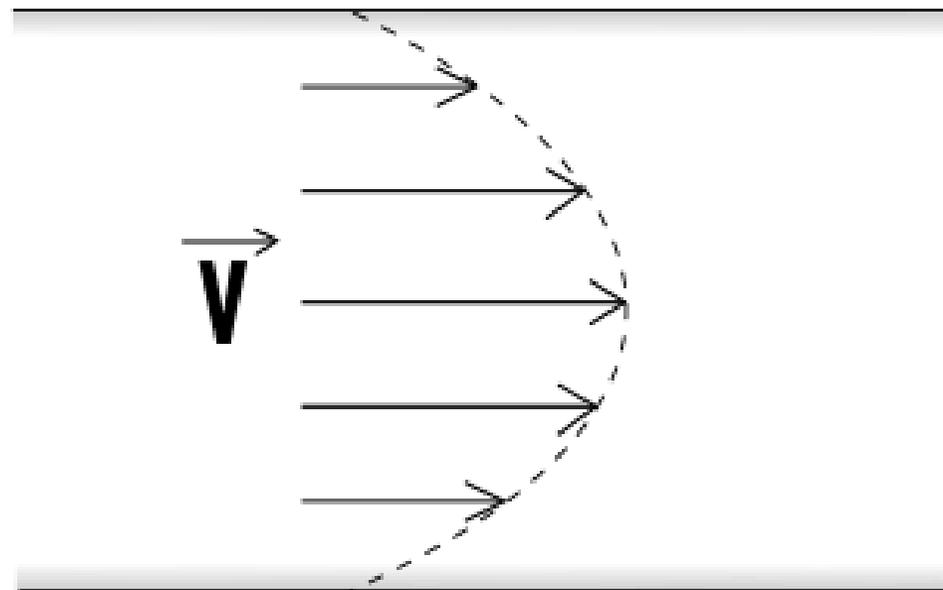


Idrodinamica

Dai fluidi ideali a quelli reali



Fluido ideale

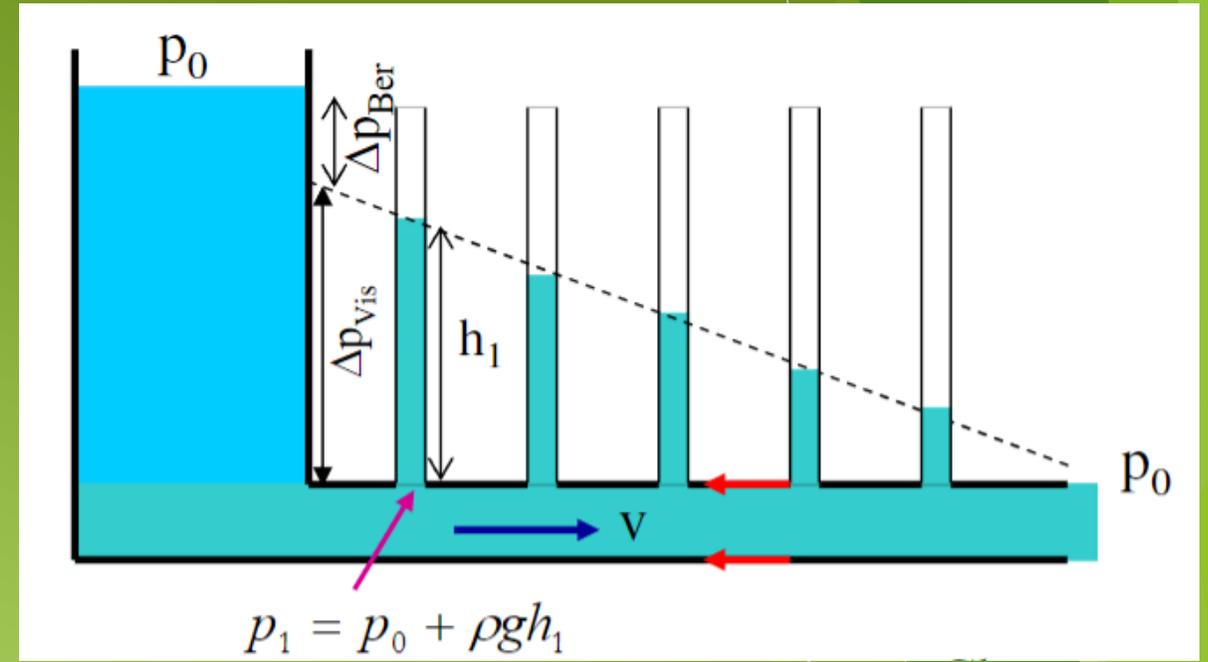
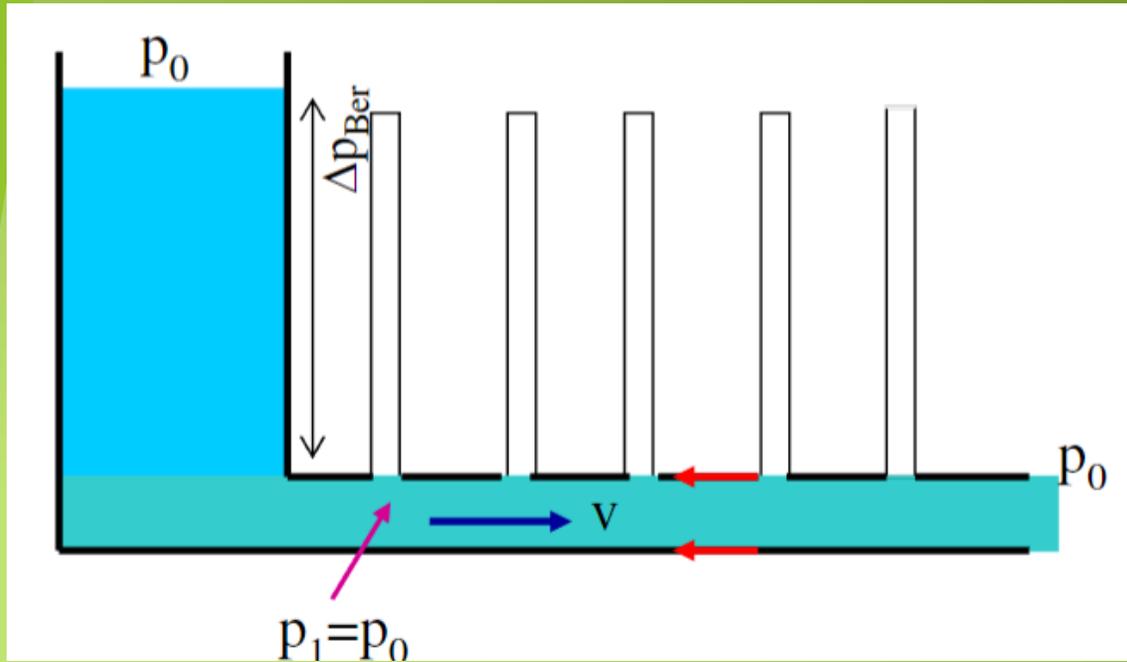


Fluido reale



Idrodinamica

Dai fluidi ideali a quelli reali

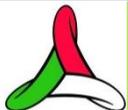


Idrodinamica

Dal moto laminare a quello turbolento

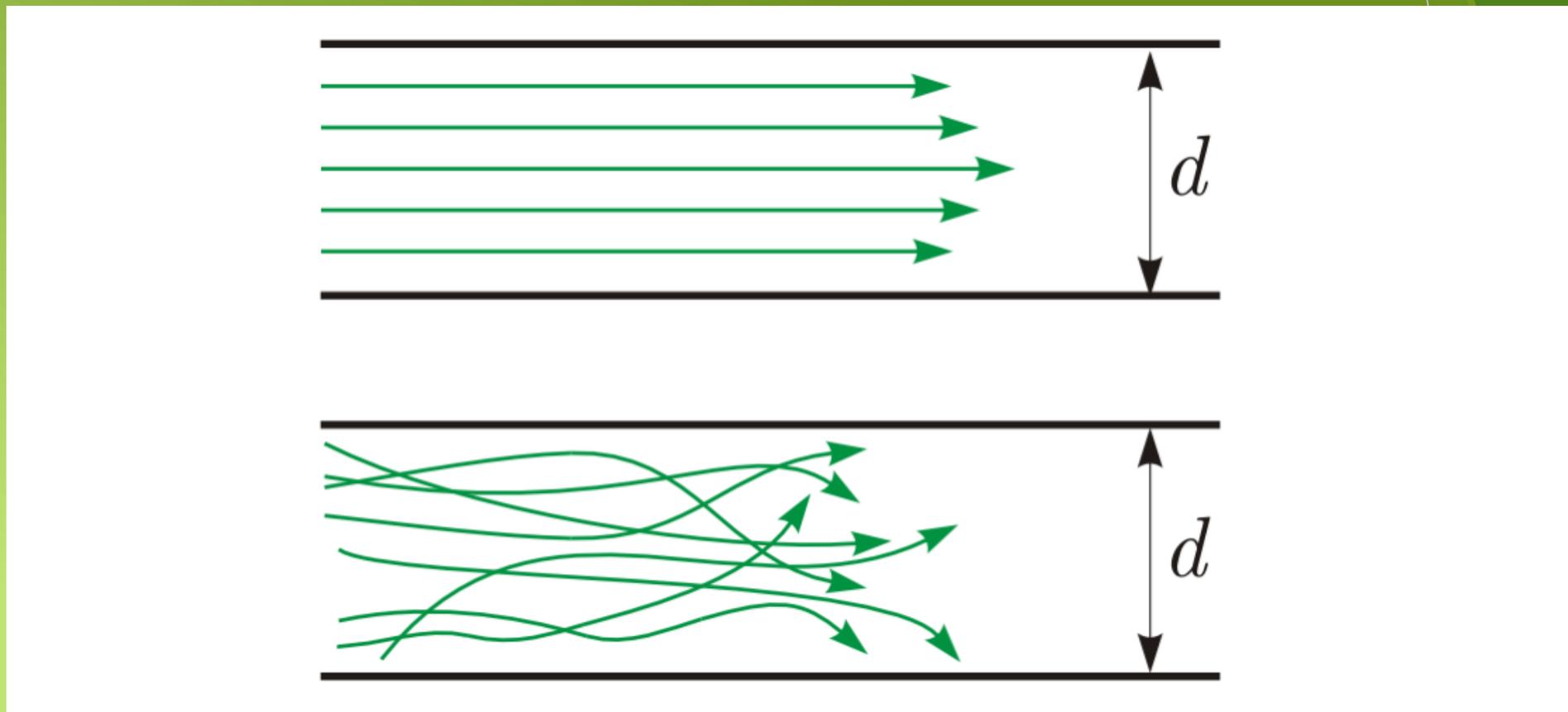
Quando l'inerzia del fluido è preponderante rispetto alle forze di attrito si ha un moto ordinato in filetti o lamine, detto appunto LAMINARE

Quando gli attriti superano l'inerzia del fluido il moto diventa disordinato, caotico, fortemente dissipativo. Si passa al cosiddetto regime TURBOLENTO



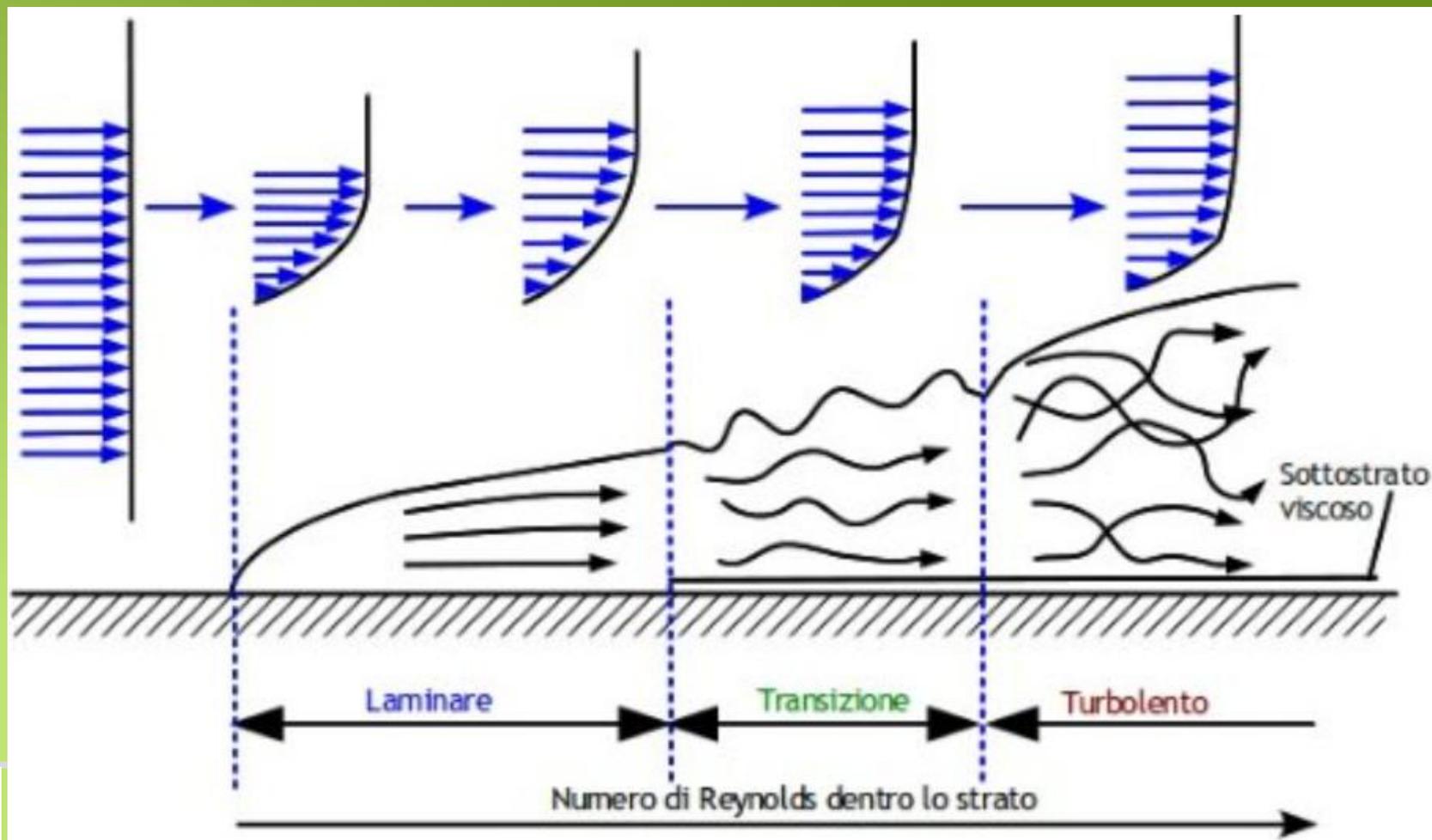
Idrodinamica

Dal moto laminare a quello turbolento



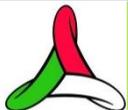
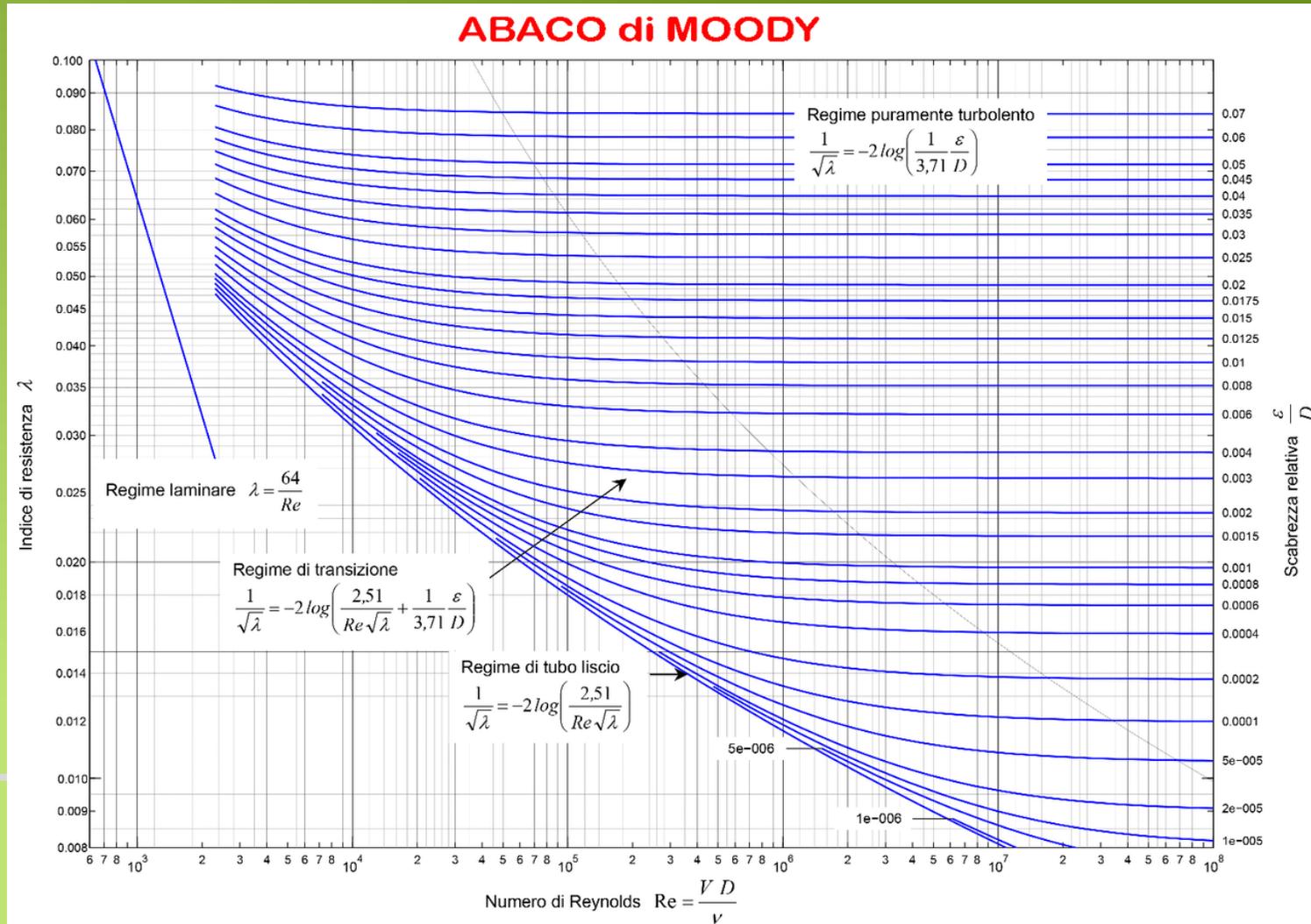
Idrodinamica

Dal moto laminare a quello turbolento



Idrodinamica

Dal moto laminare a quello turbolento



Idrodinamica

Resistenza e portanza

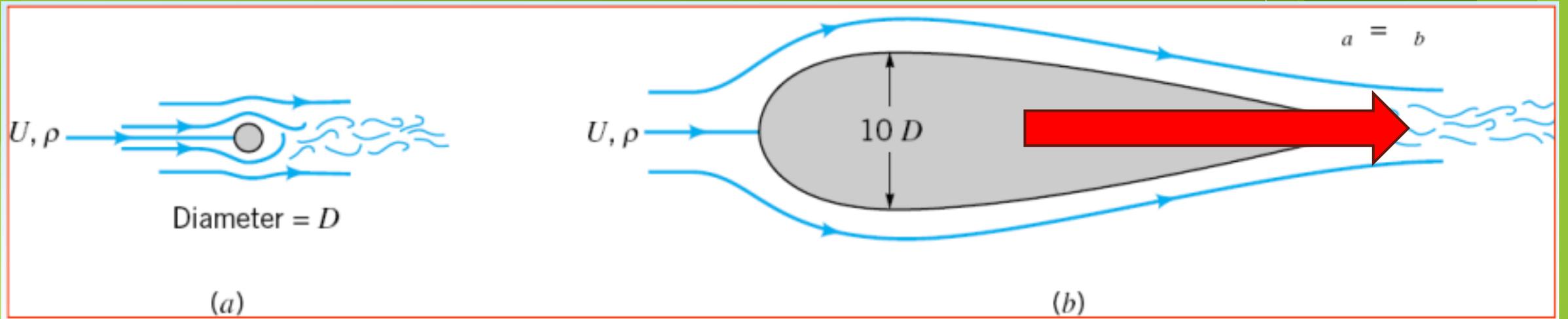
La RESISTENZA è la somma di tutti gli attriti che si oppongono all'avanzamento di un corpo che taglia un certo fluido. Una particolare è quella di forma

La PORTANZA è un effetto del teorema di Bernoulli che si presenta tipicamente in regime laminare e per profili particolari



Idrodinamica

Resistenza di forma



$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho U^2 A$$

$$C_D = f(Re, \varepsilon, M, \text{geom}, Fr)$$



Idrodinamica

Resistenza di forma

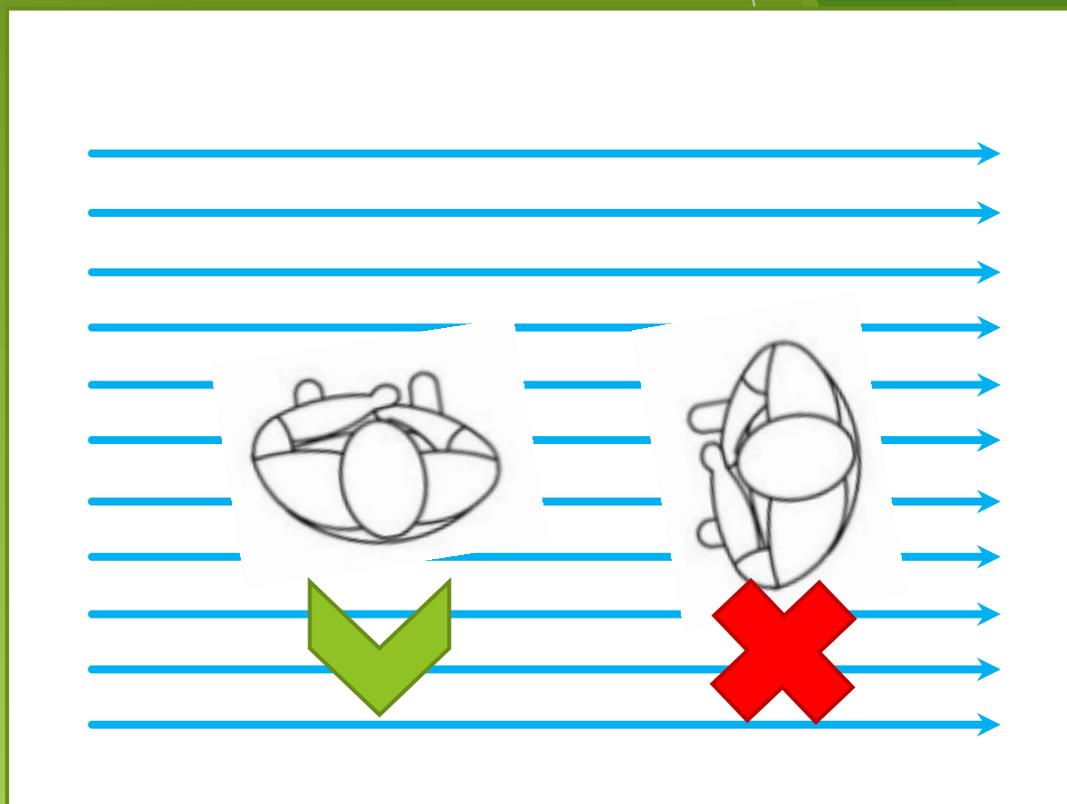
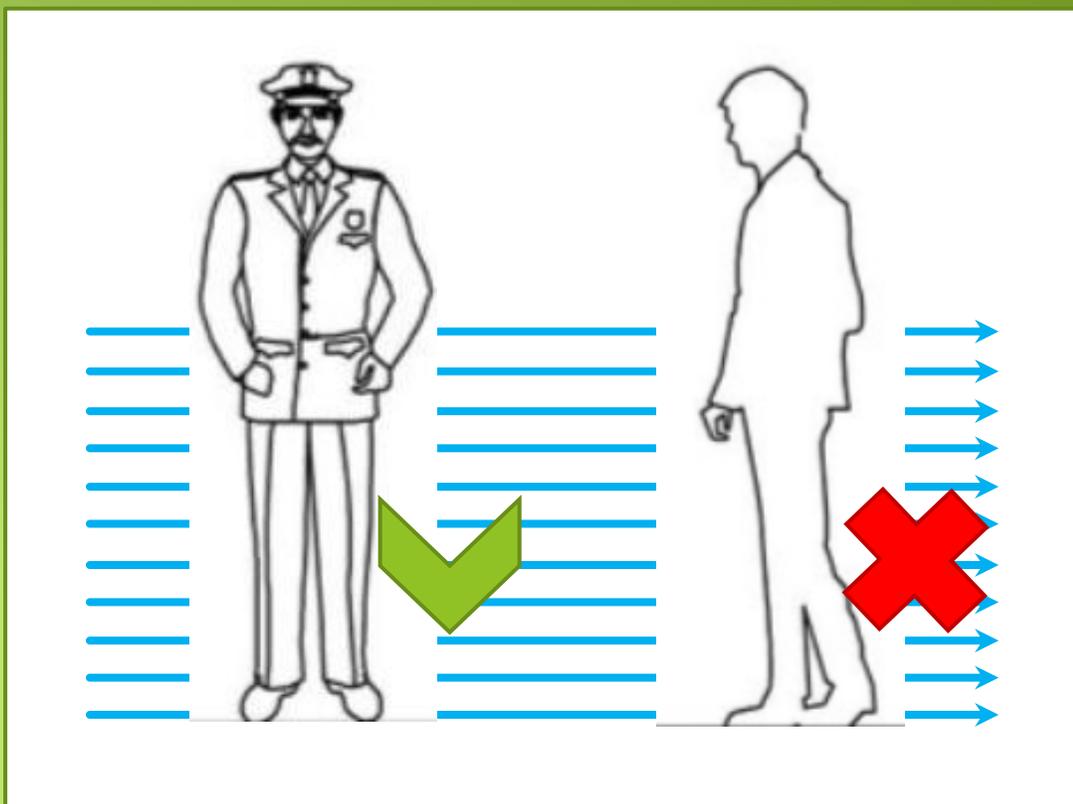
Sfera			0.47
Semi-sfera			0.42
Cono			0.50
Cubo			1.05

Cubo inclinato			0.80
Cilindro lungo			0.82
Cilindro corto			1.15
Corpo affusolato			0.04
Semi-corpo affusolato			0.09



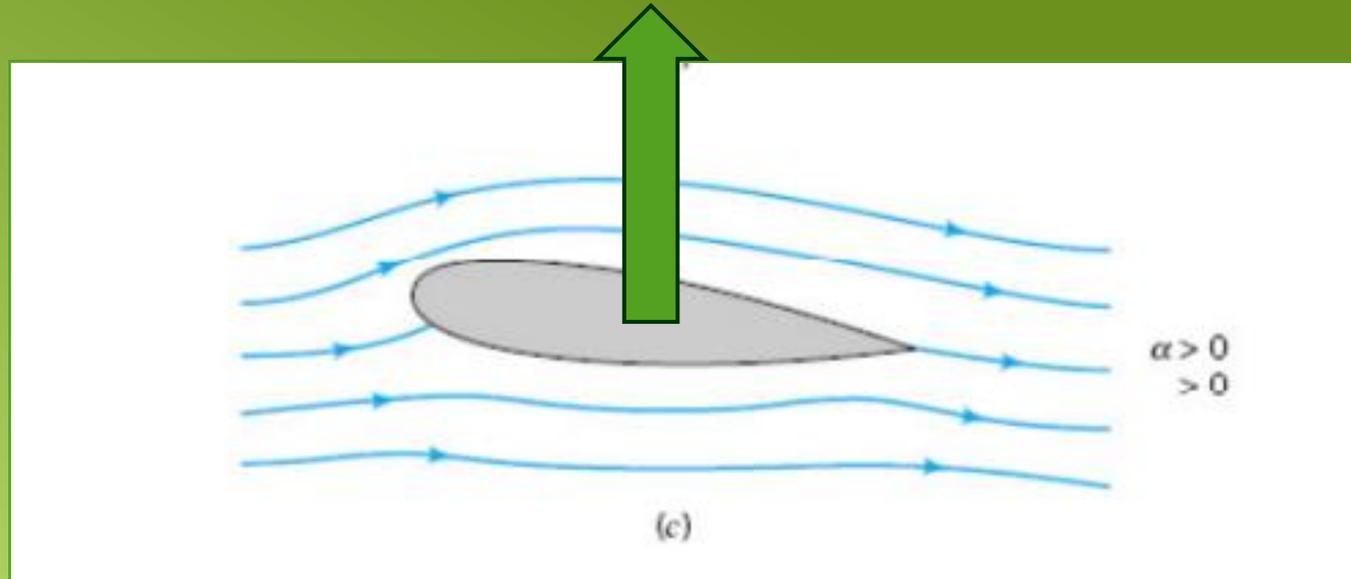
Idrodinamica

Applicazioni della resistenza di forma



Idrodinamica

Portanza



$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 C_L A_{//}$$

$A_{//} = b L$ planform area

Per i profili alari C_L è dell'ordine di 1



Idrodinamica

Applicazioni della portanza



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

Idrodinamica

Applicazioni della portanza



Un profilo di nuotata pseudoalare aumenta la portanza cioè il galleggiamento

Aumentare la velocità contribuisce velocemente ad aumentare la portanza



Idrodinamica

Altri effetti



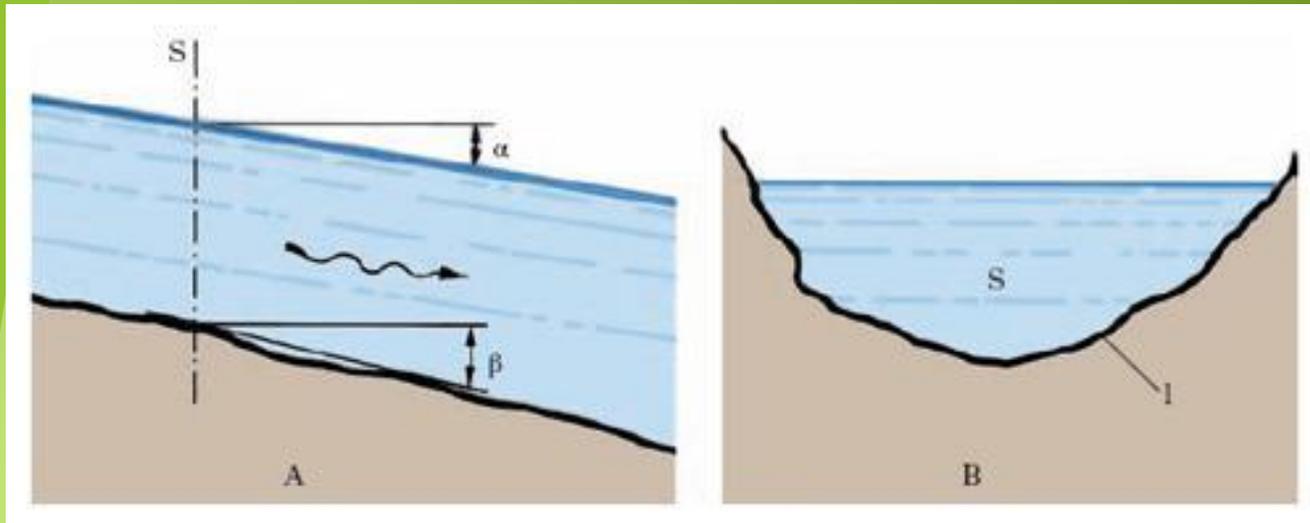
Sia la resistenza di forma che la portanza dipendono dalla densità, quindi nei fluidi più pesanti dell'acqua aumentano entrambe

Tuttavia aumentano anche le forze tangenziali a causa della viscosità, quindi è più difficile avanzare



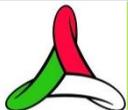
Idrodinamica

Moti a pelo libero



Descrive il moto di un fluido confinato solo verso il basso e soggetto alla pressione atmosferica

Tipico dei corsi d'acqua naturali e dei canali

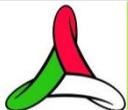


Idrodinamica

Moti a pelo libero

Nell'idraulica delle correnti a pelo libero si fanno alcune distinzioni:

- **Moto permanente o vario**
- **Alveo a forte o debole pendenza**
- **Corrente lenta o veloce**

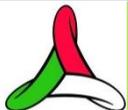


Idrodinamica

Moti a pelo libero: tipi di moto

Il moto permanente mantiene la portata costante nel tempo. Hanno questo regime i canali e con buona approssimazione i corsi d'acqua naturali in assenza di precipitazioni.

Il moto varia rappresenta la variabilità della portata nel tempo. Hanno questo regime i canali e con i corsi d'acqua naturali in durante e dopo le precipitazioni.



Idrodinamica

Moti a pelo libero: tipi di moto



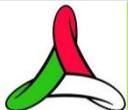
Idrodinamica

Moti a pelo libero: tipi di moto

È importante determinare le caratteristiche di variabilità del moto di un corso d'acqua o di un canale per addentrarsi in sicurezza.

Questo perché portata ed altezza sono legate da una legge univoca.

All'aumentare della portata aumentano altezza (spinta idrostatica) e velocità (spinta idrodinamica)

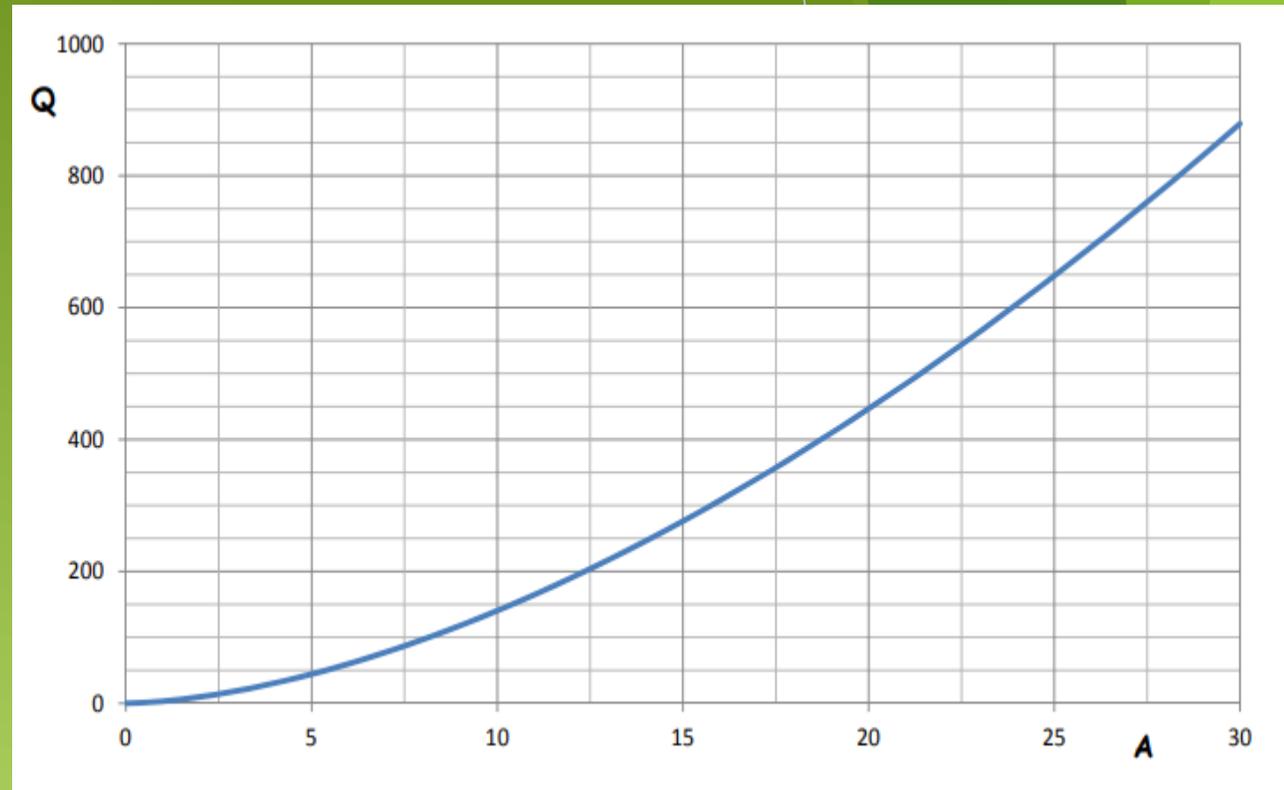


Idrodinamica

Moti a pelo libero: tipi di moto

La variabilità del moto nel tempo influenza però la scala delle portate

In un moto permanente (onda cinematica) la relazione tra h e Q è monomia

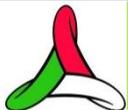
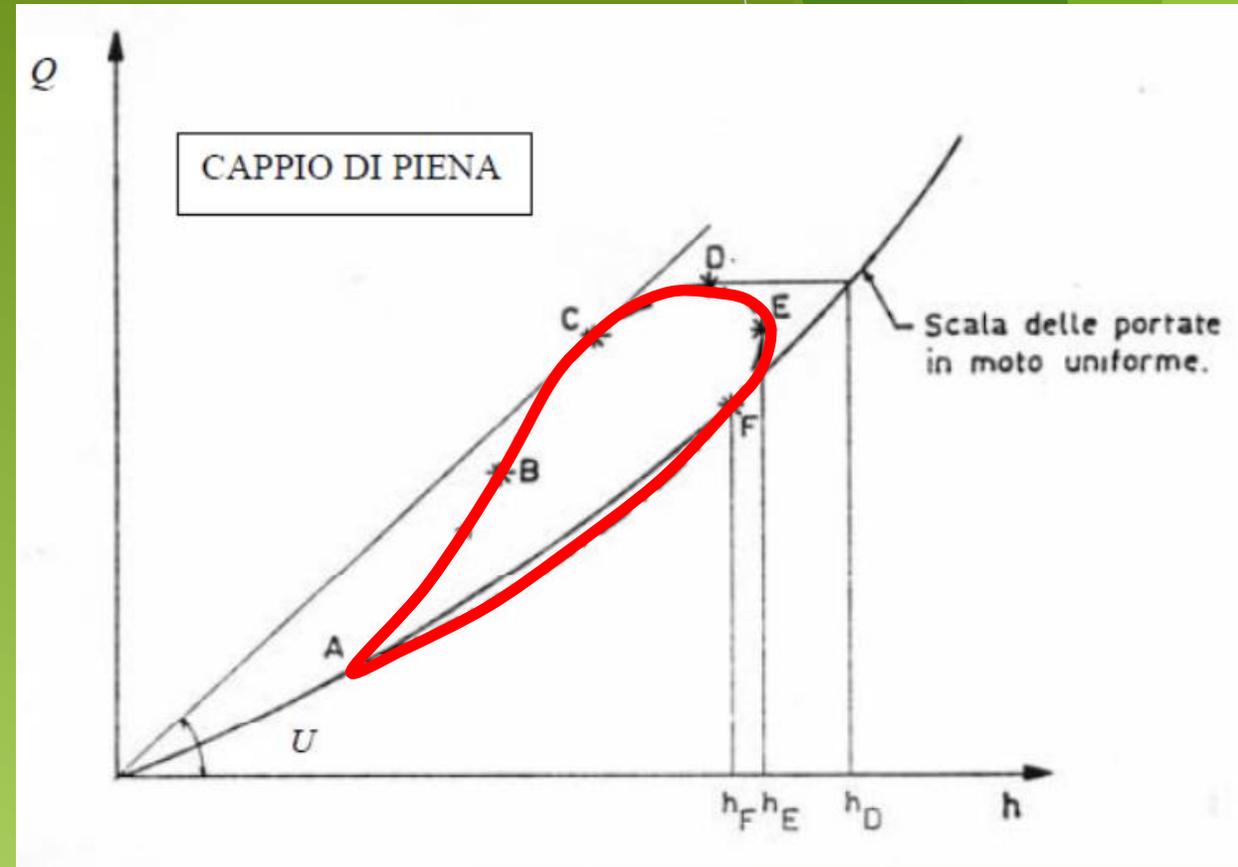


Idrodinamica

Moti a pelo libero: tipi di moto

In un moto vario (onda parabolica) la relazione tra h e Q non è più biunivoca

Nella fase crescente Q è maggiore rispetto alla scala delle portate di moto uniforme



Idrodinamica

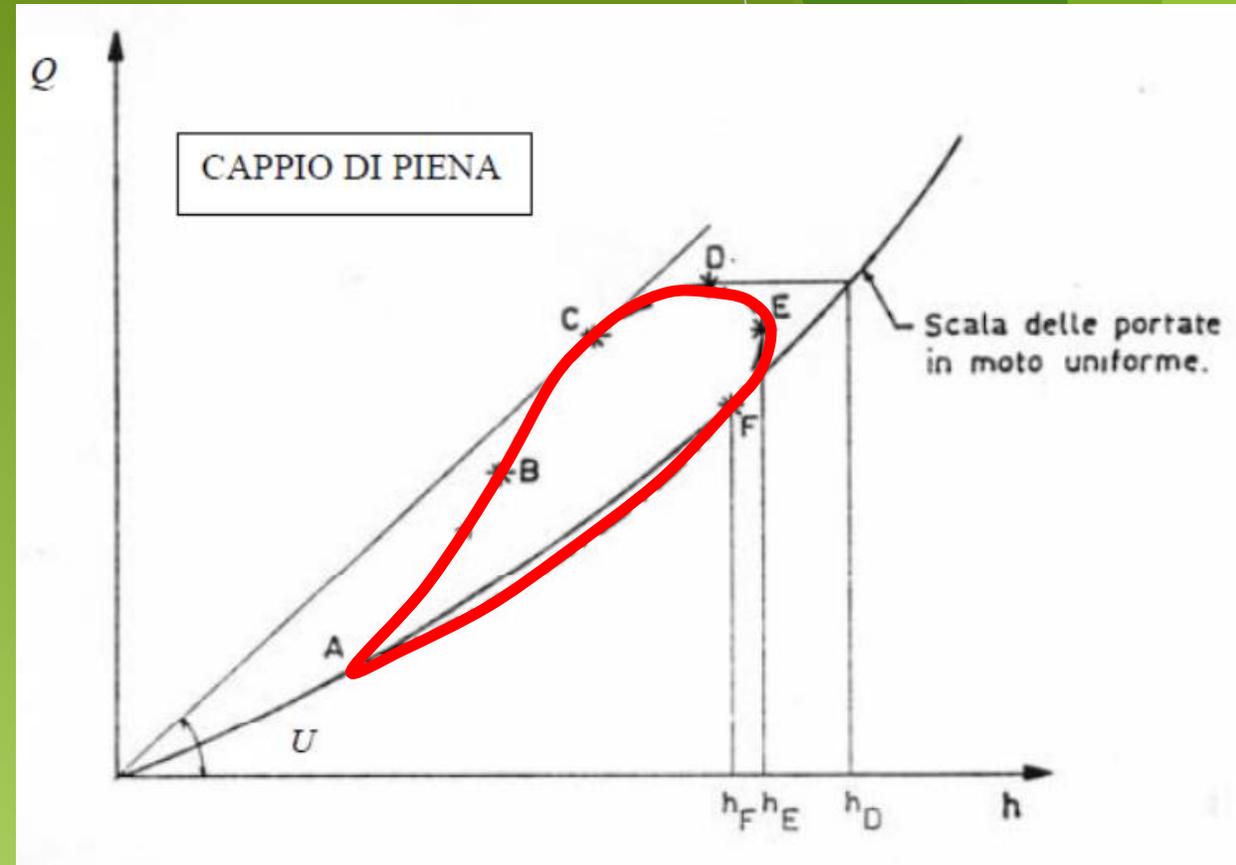
Moti a pelo libero: tipi di moto

B: massima variazione di portata

C: massima velocità

D: massima portata

E: massima altezza

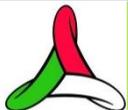


Idrodinamica

Moti a pelo libero: forte o debole pendenza

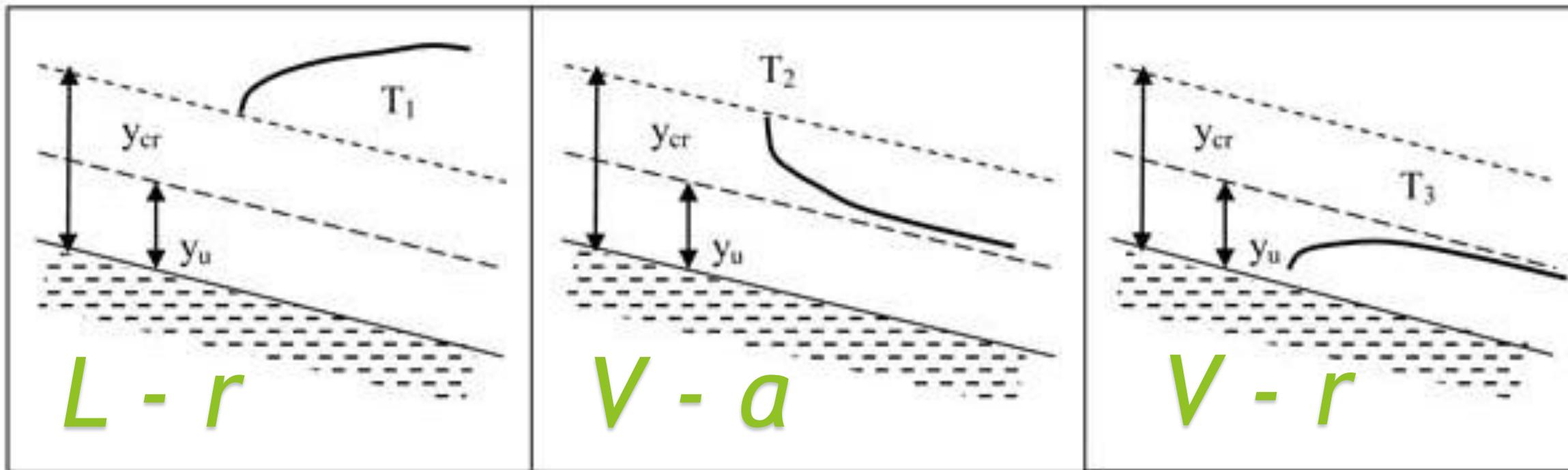
Forte pendenza si verifica oltre la cosiddetta «pendenza critica». In questi casi si ha una maggiore probabilità di avere correnti veloci.

Debole pendenza si verifica sotto la pendenza critica ed in questa condizione sono più probabili correnti lente.



Idrodinamica

Moti a pelo libero: forte pendenza



b)

ALVEO DECLIVE TORRENTIZIO



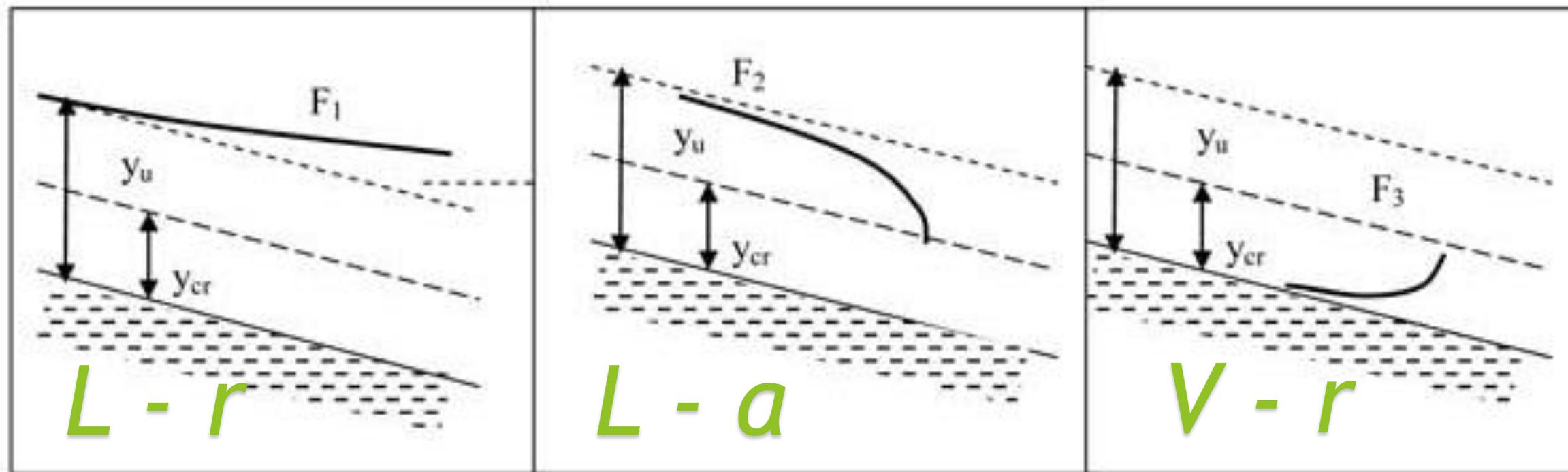
PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



Polis
Lombardia

Idrodinamica

Moti a pelo libero: debole pendenza

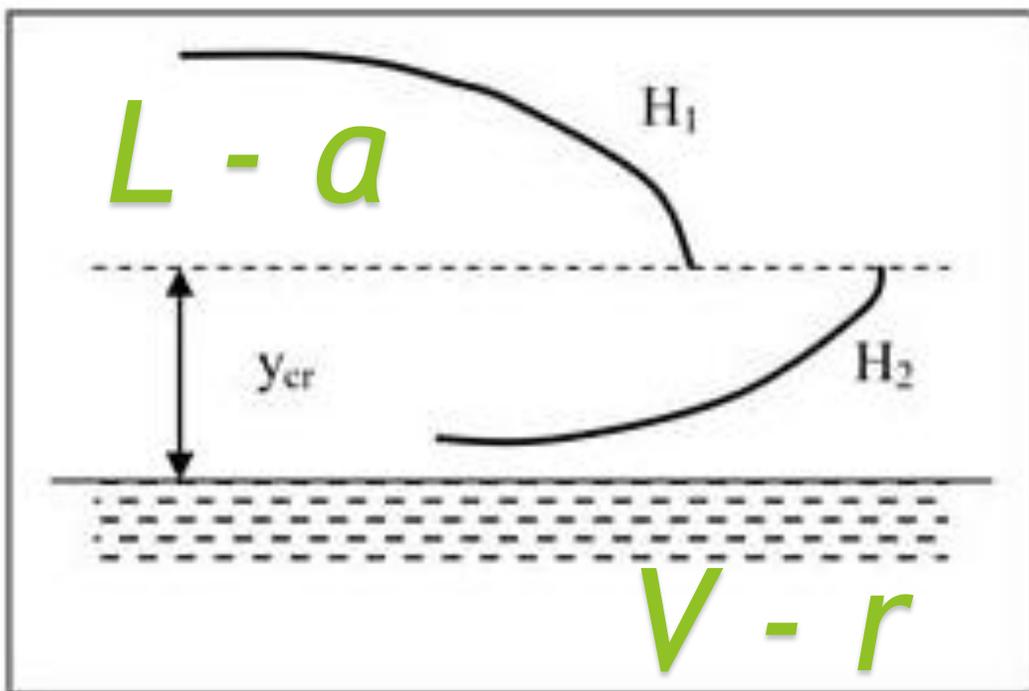


a) ALVEO DECLIVE FLUVIALE

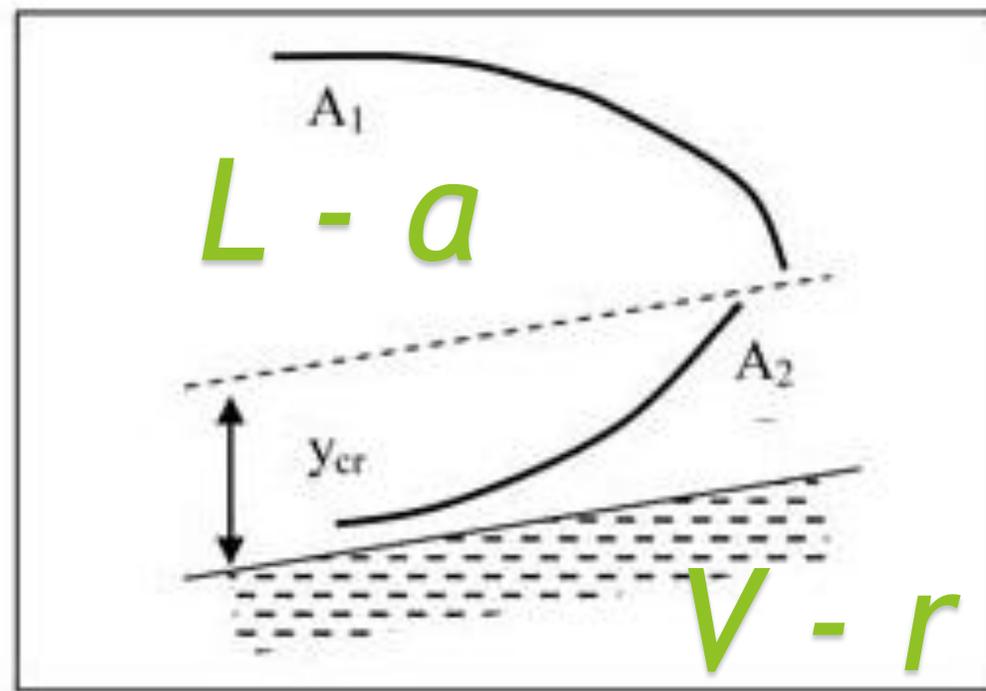


Idrodinamica

Moti a pelo libero: debolissima pendenza



c) ALVEO ORIZZONTALE

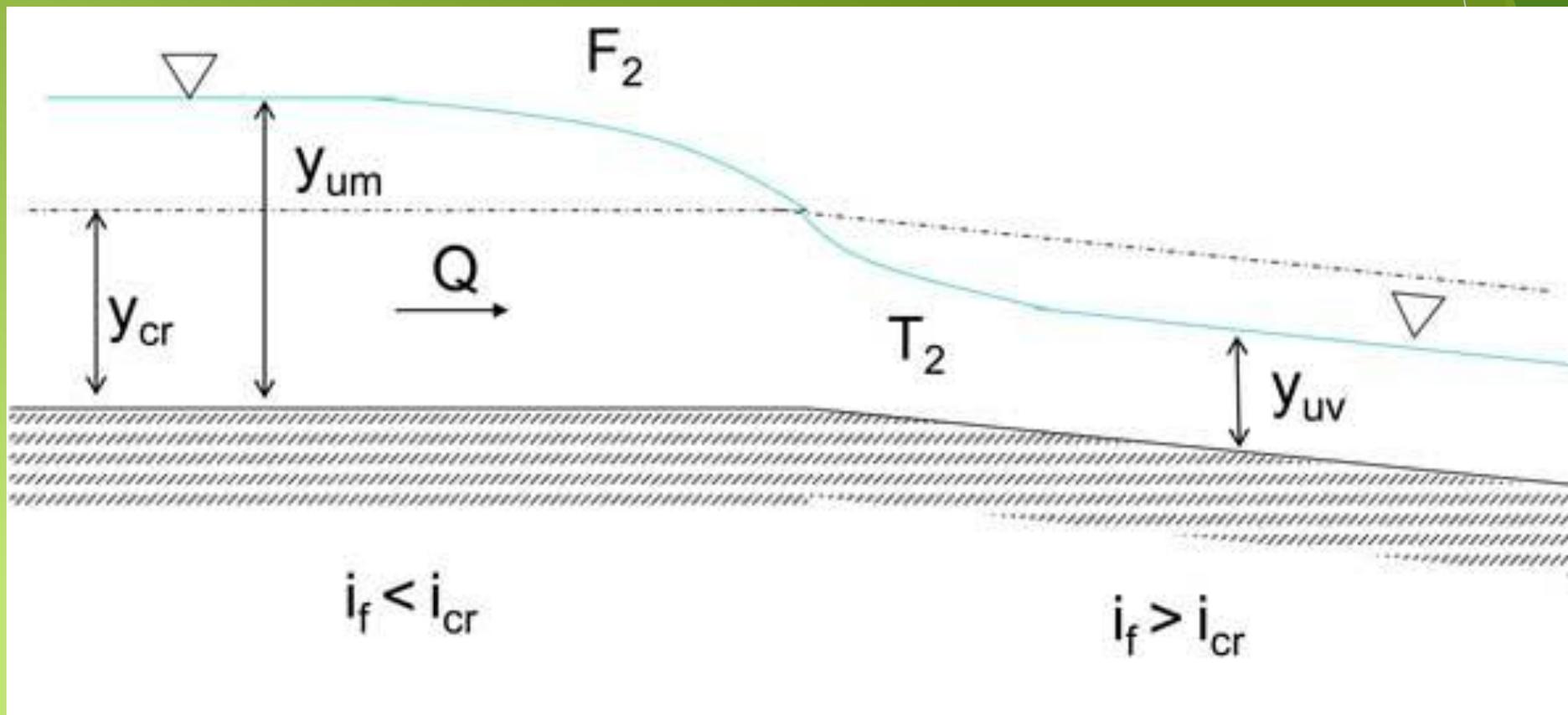


d) ALVEO ACCLIVE



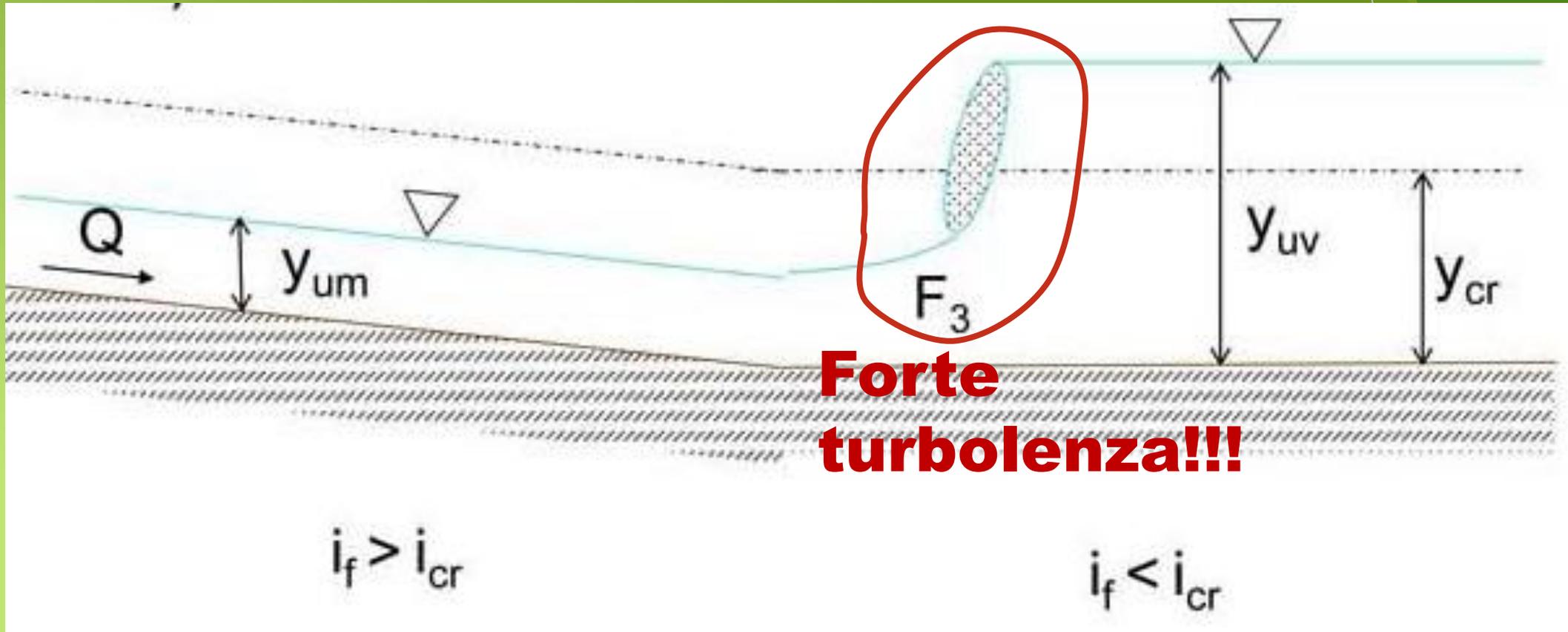
Idrodinamica

Moti a pelo libero: cambio di pendenza (D-F)



Idrodinamica

Moti a pelo libero: cambio di pendenza (D-F)



**Forte
turbolenza!!!**



Idrodinamica

Moti a pelo libero: altri punti critici

Cambio di sezione (allargamento – restringimento)

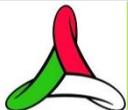
Passaggio tra le pile di un ponte

Salti di fondo

Imbocco e sbocco da un bacino

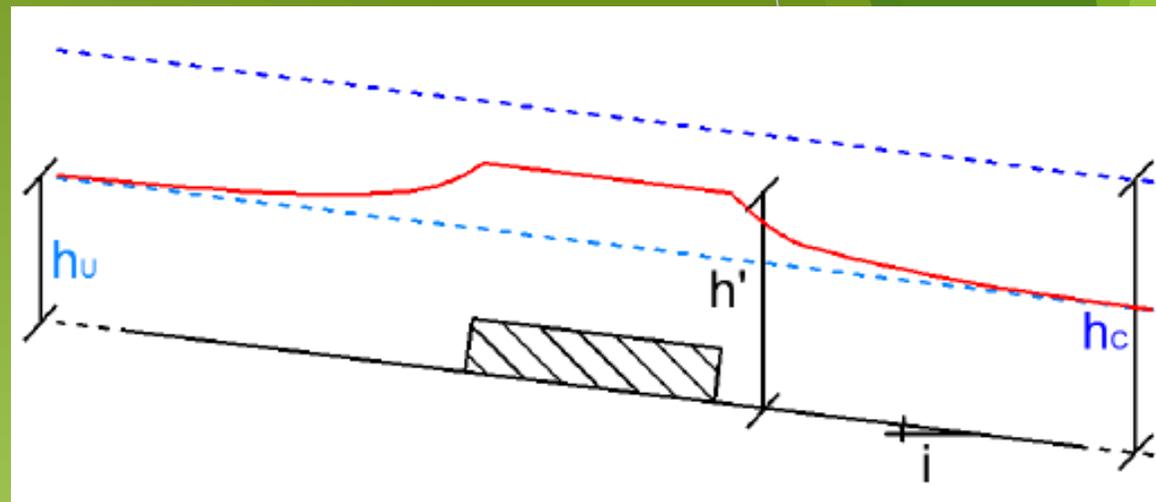
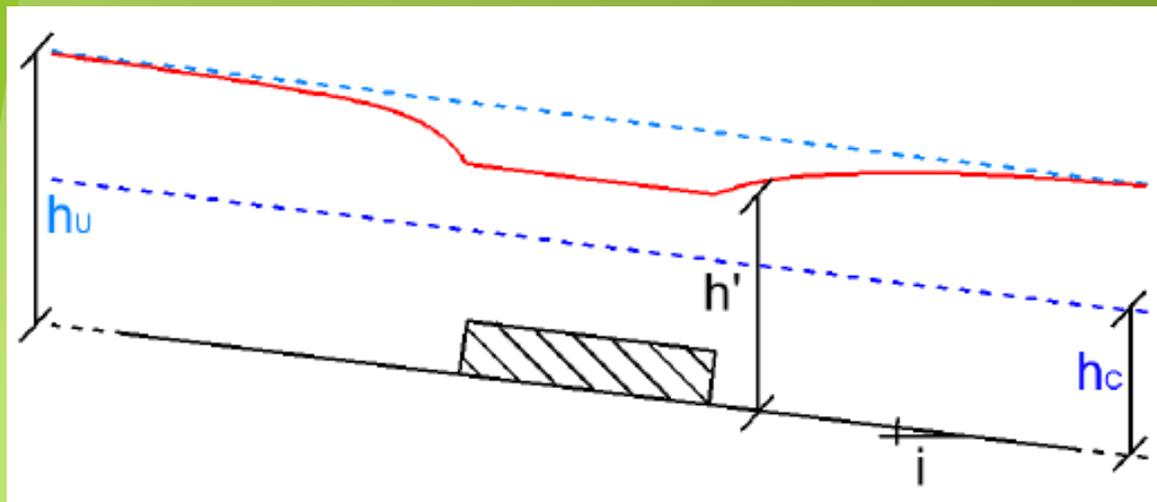
Passaggio sopra una soglia

Avvicinamento ad una luce sommersa



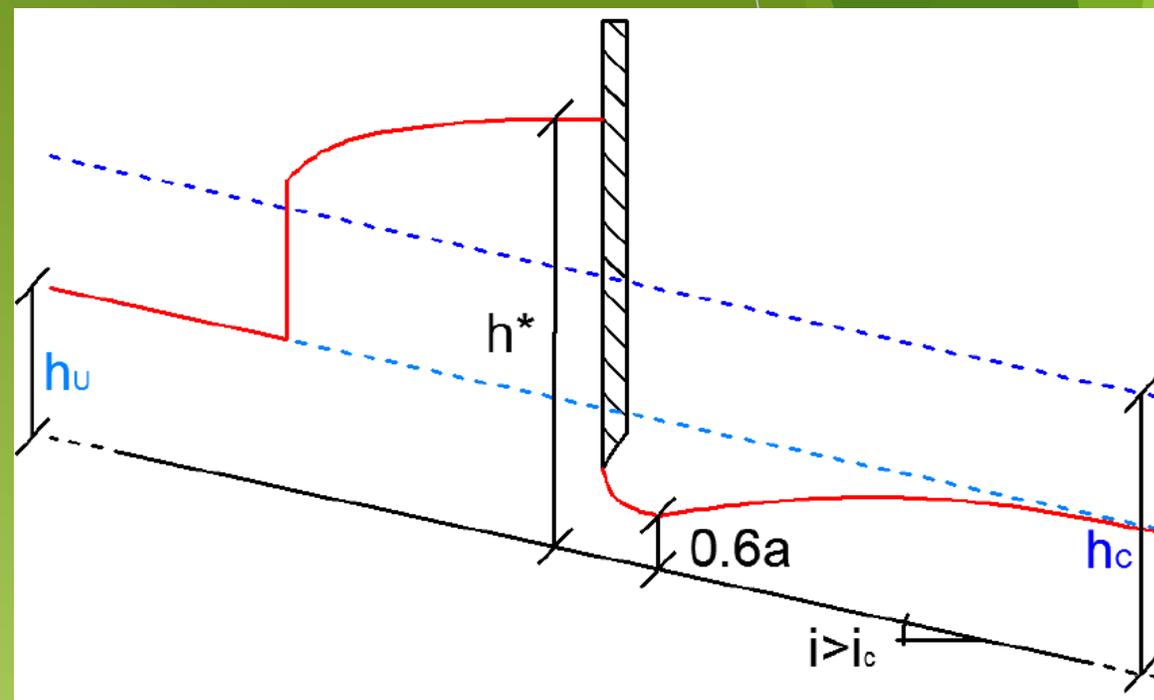
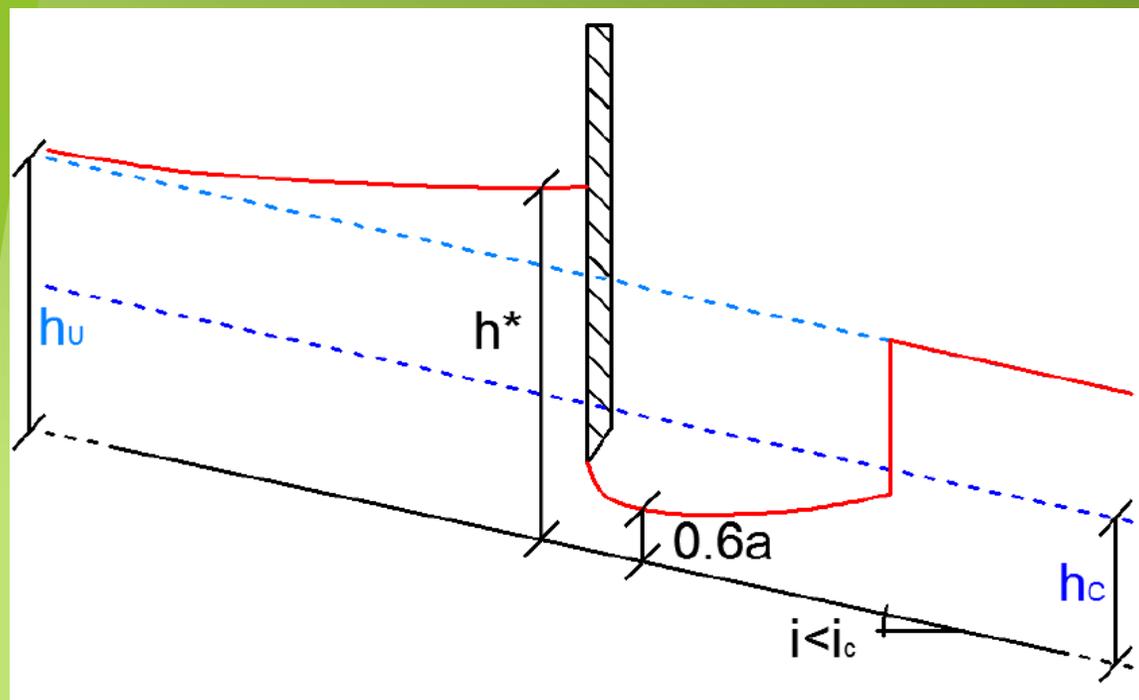
Idrodinamica

Moti a pelo libero: passaggio su soglia di fondo



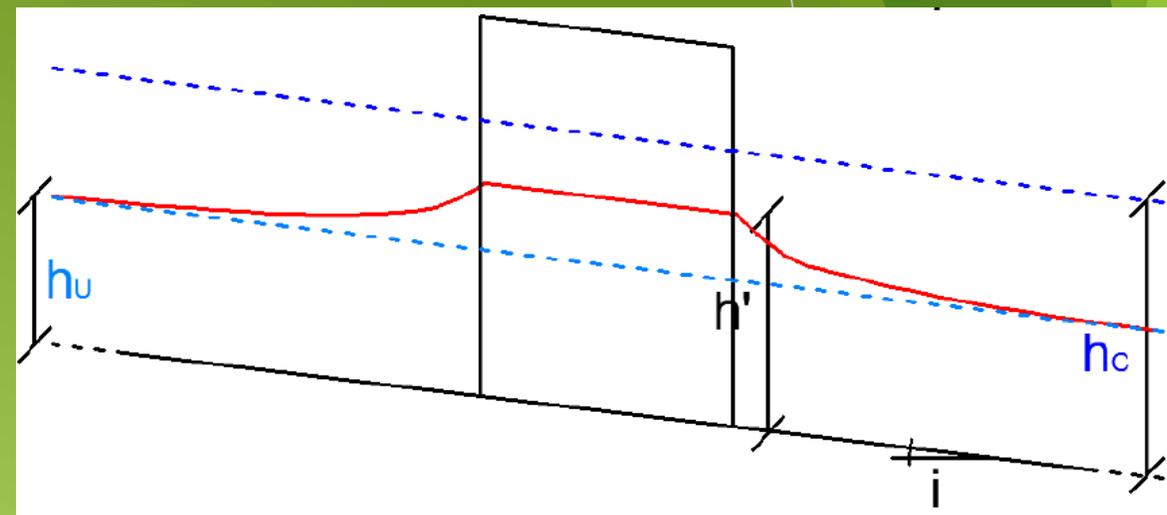
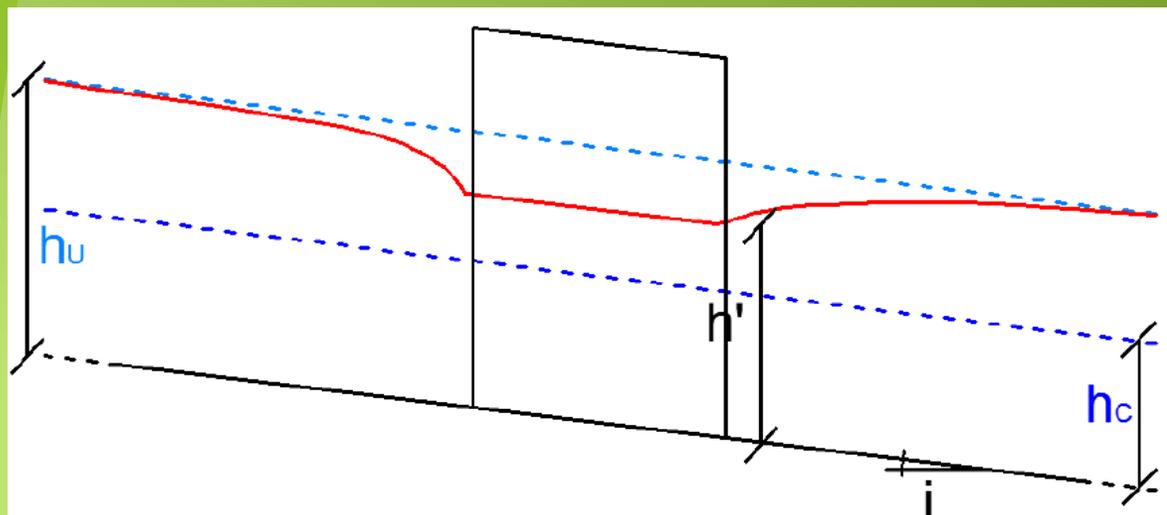
Idrodinamica

Moti a pelo libero: luce a battente



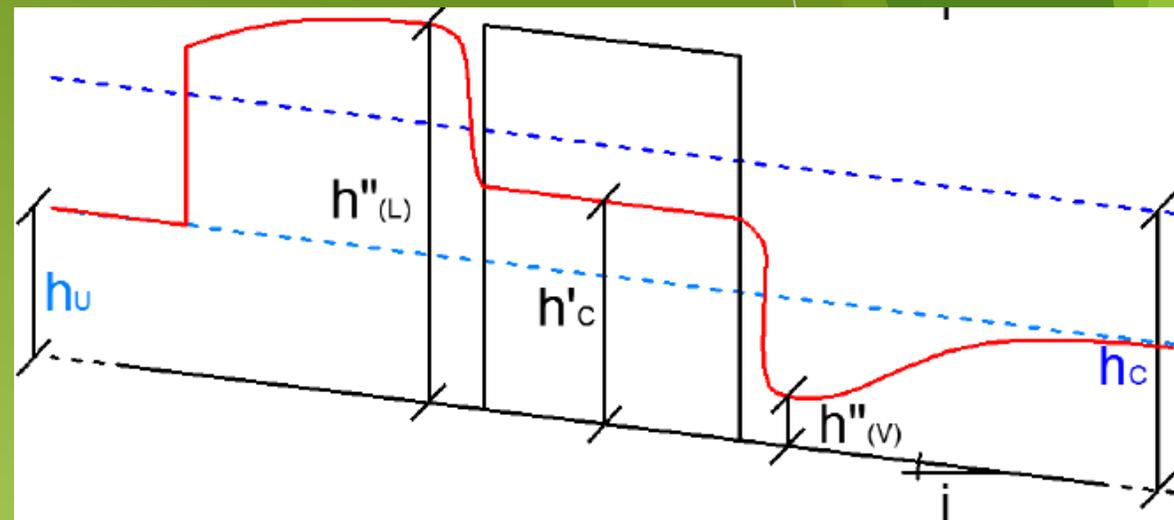
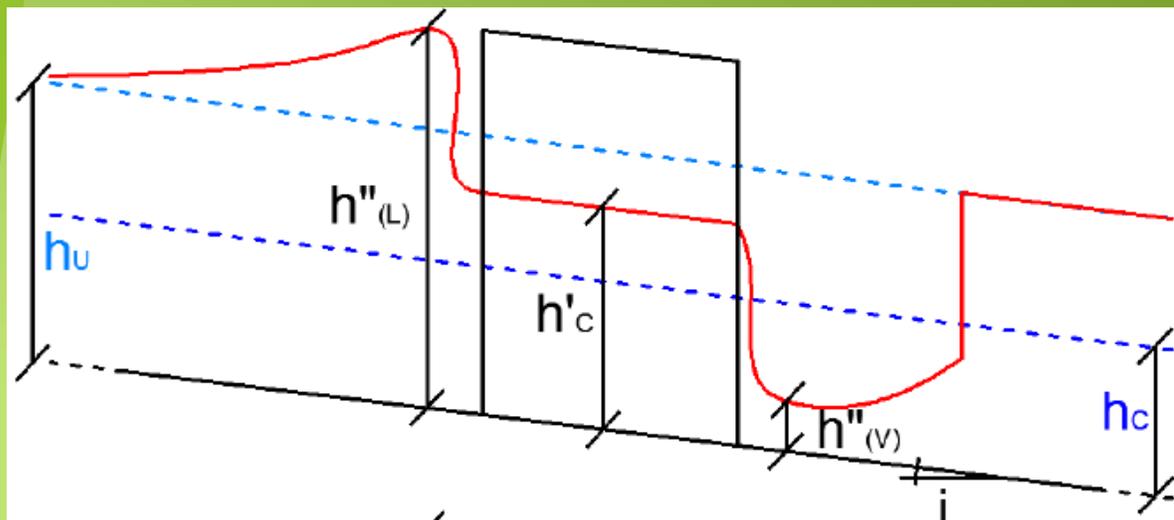
Idrodinamica

Moti a pelo libero: debole restringimento



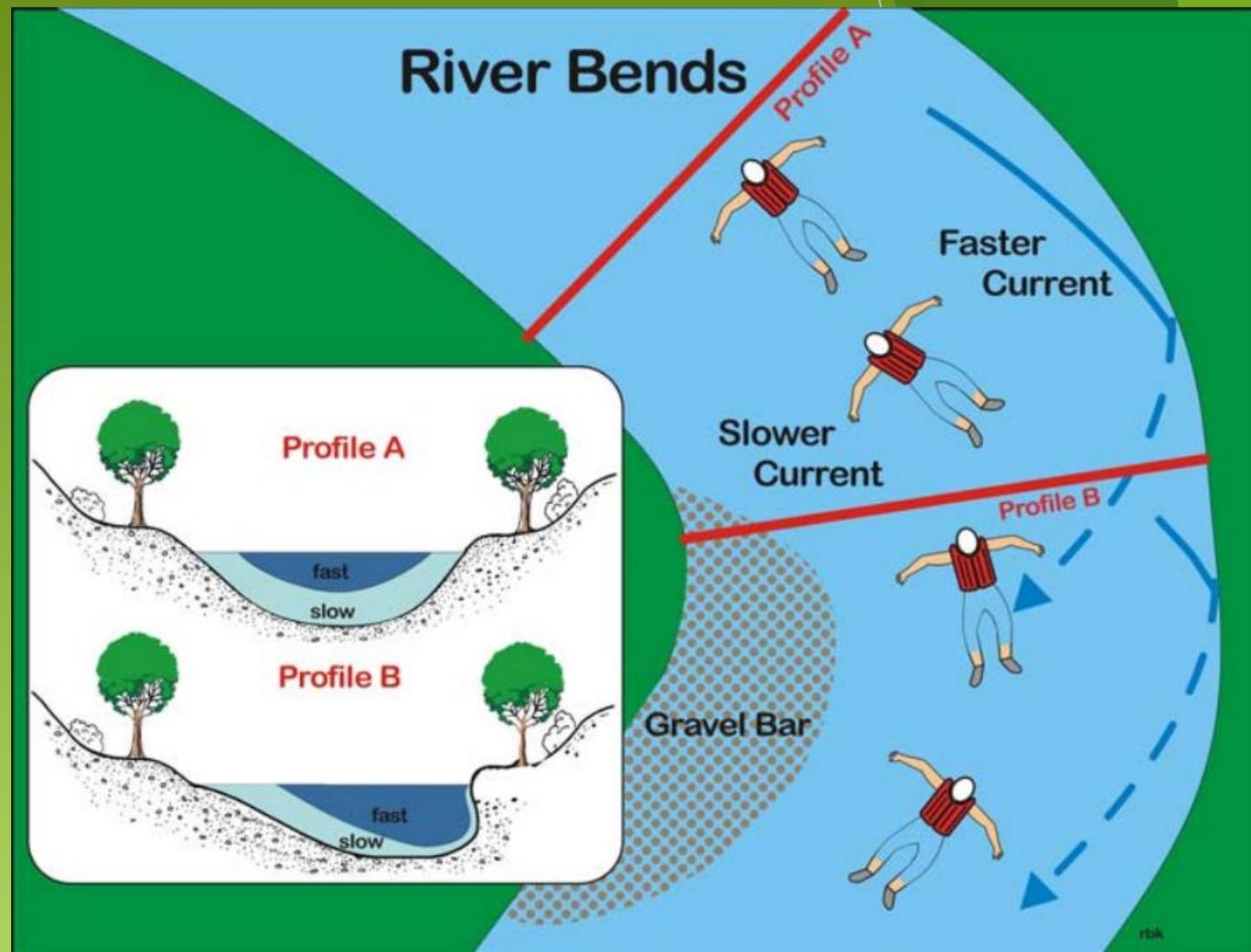
Idrodinamica

Moti a pelo libero: forte restringimento



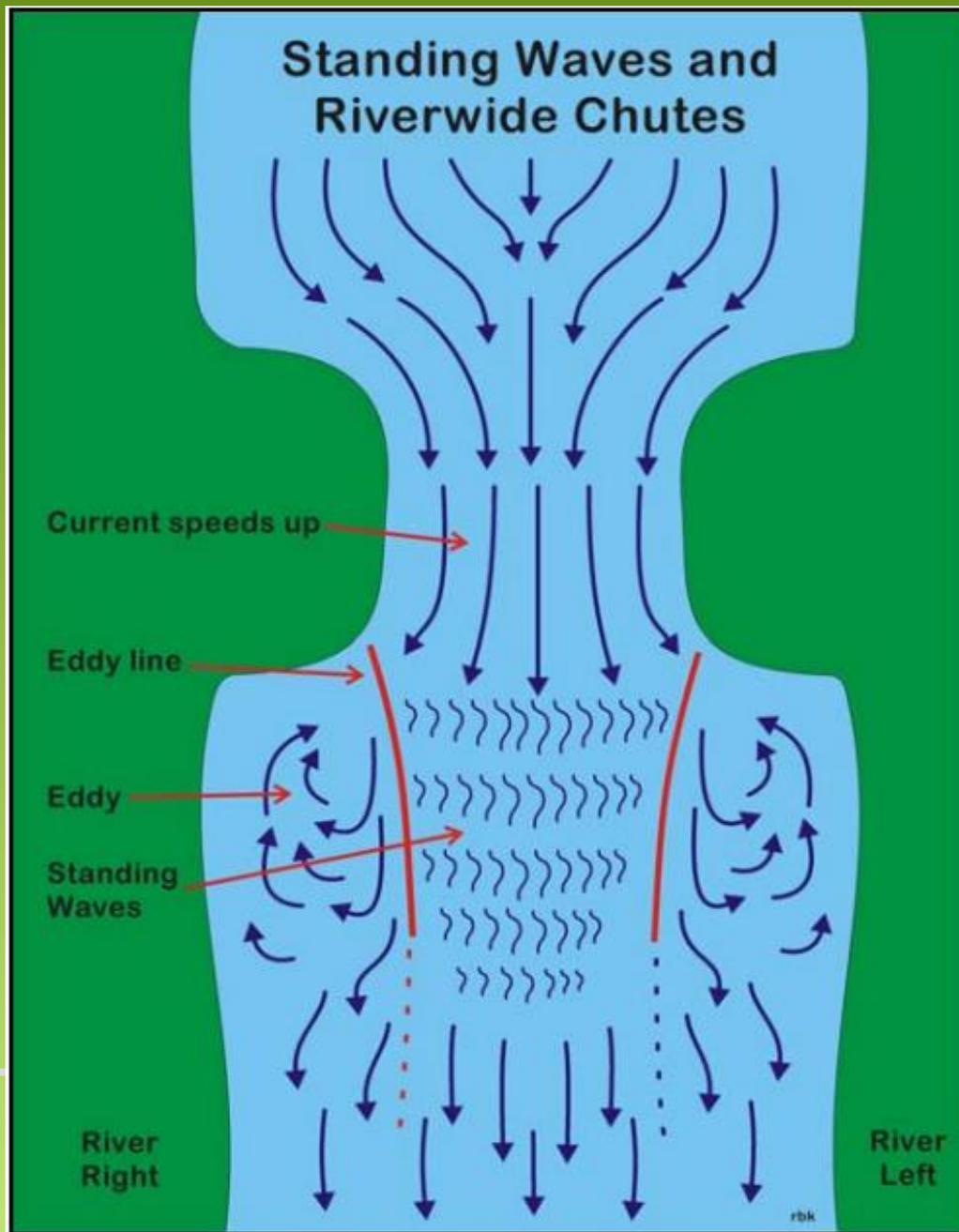
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



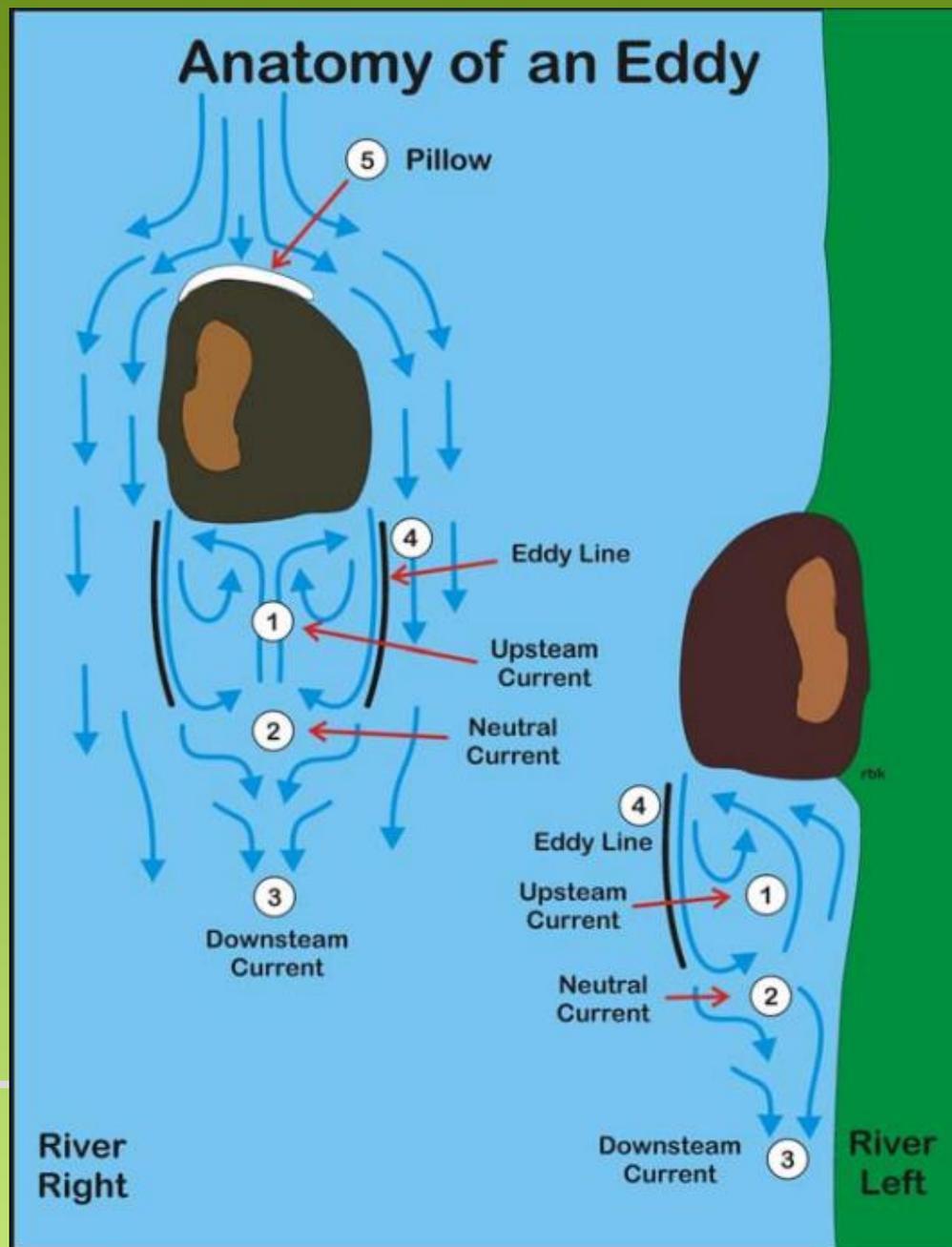
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



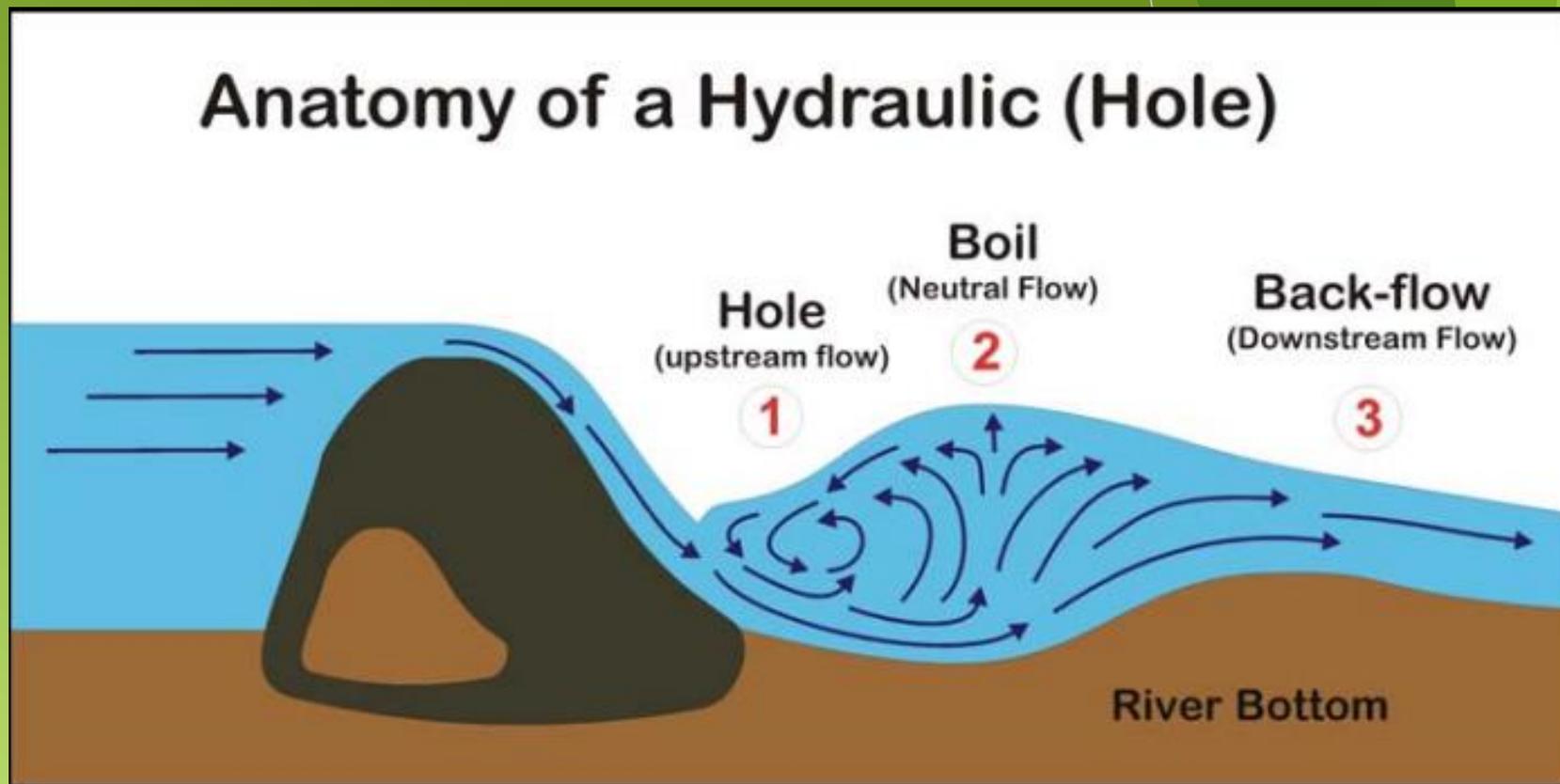
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



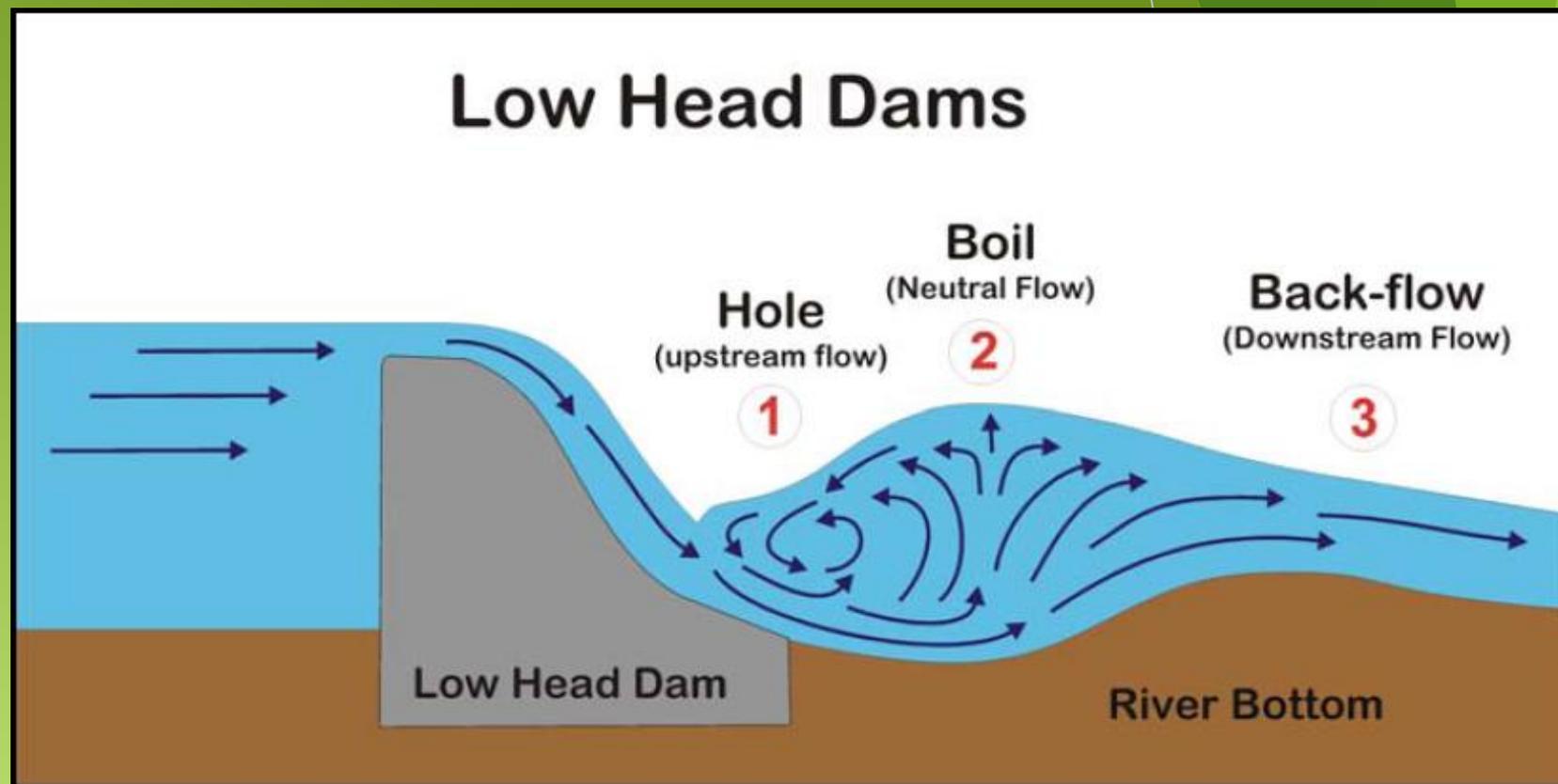
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



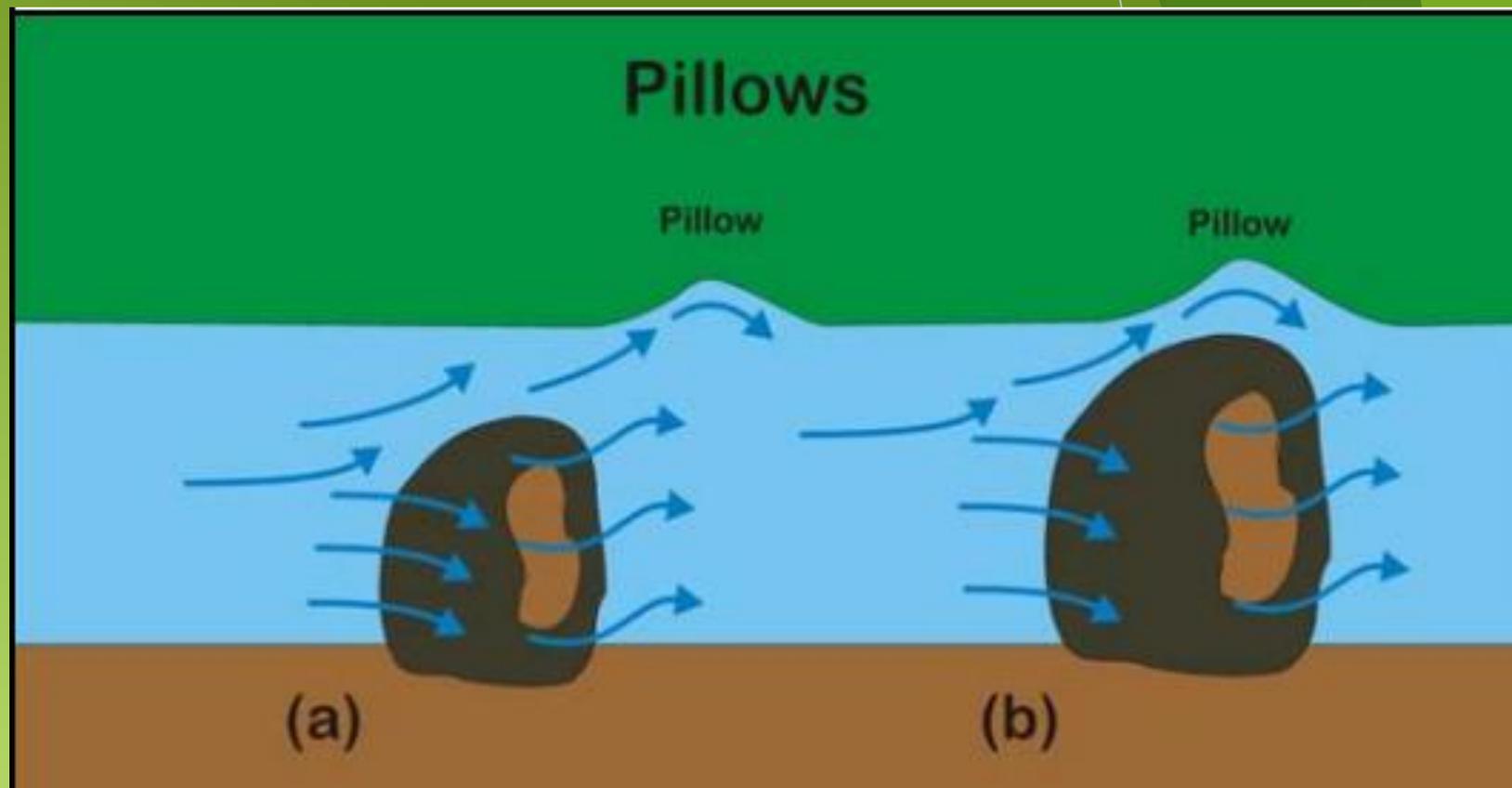
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



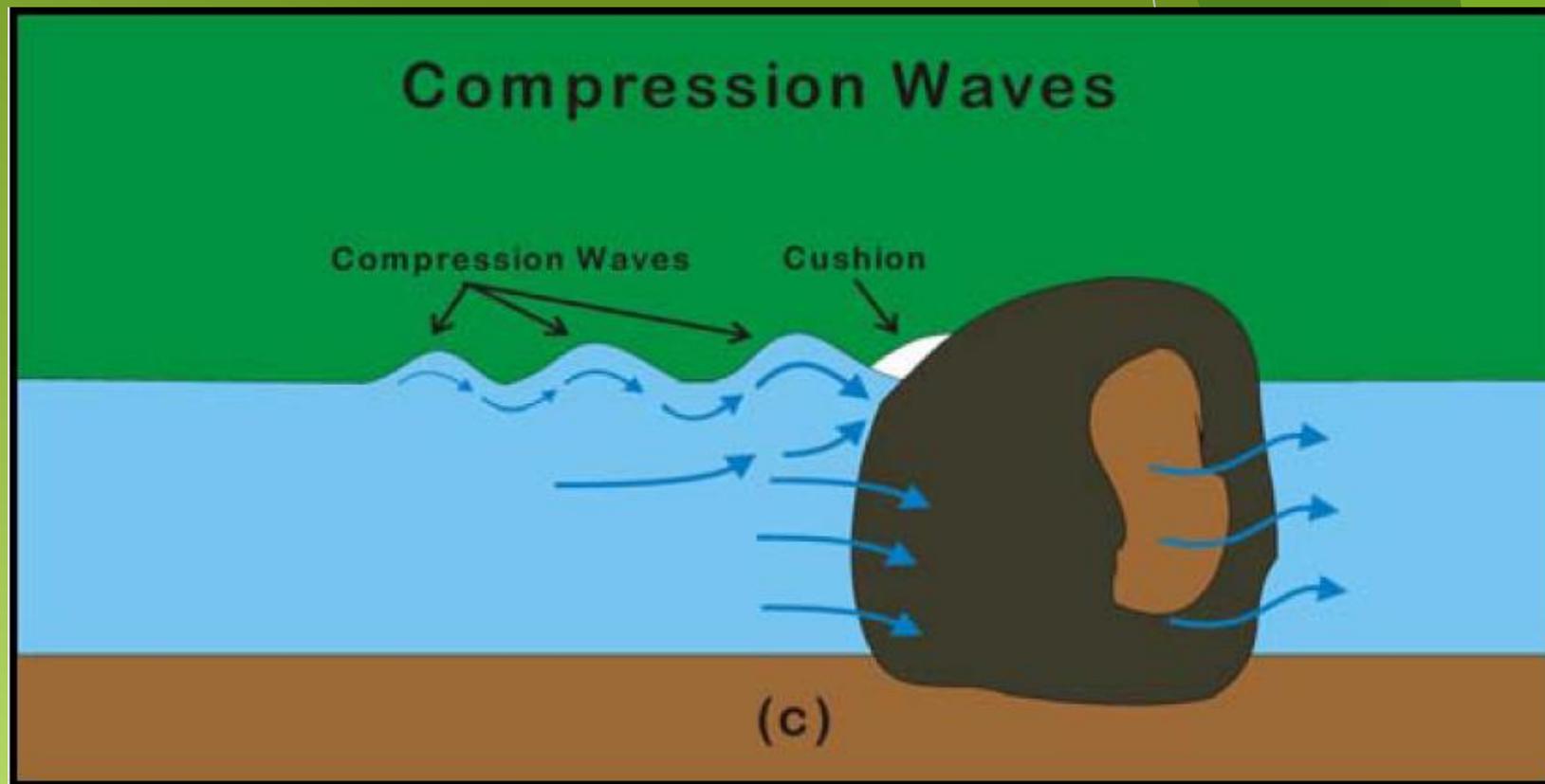
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



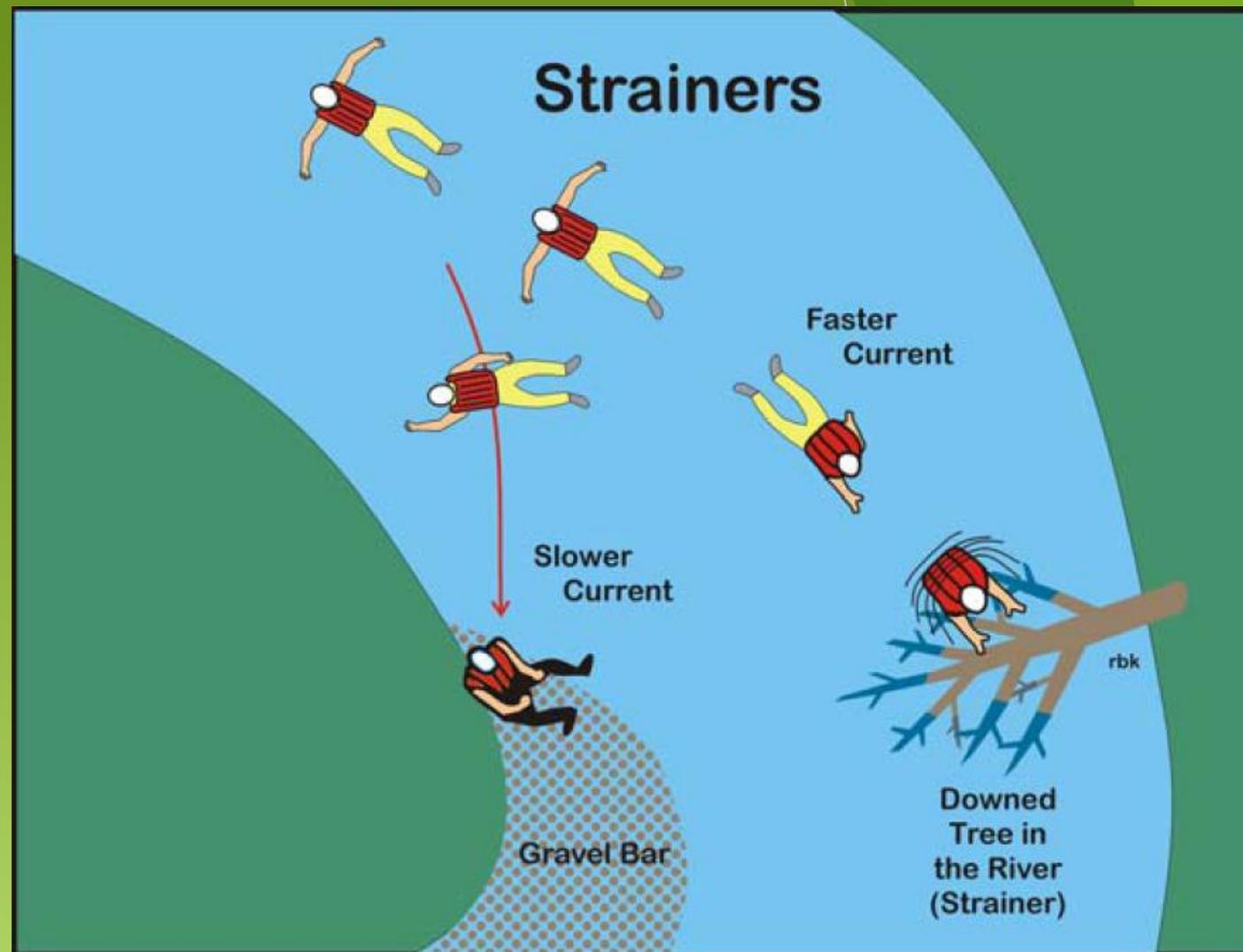
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



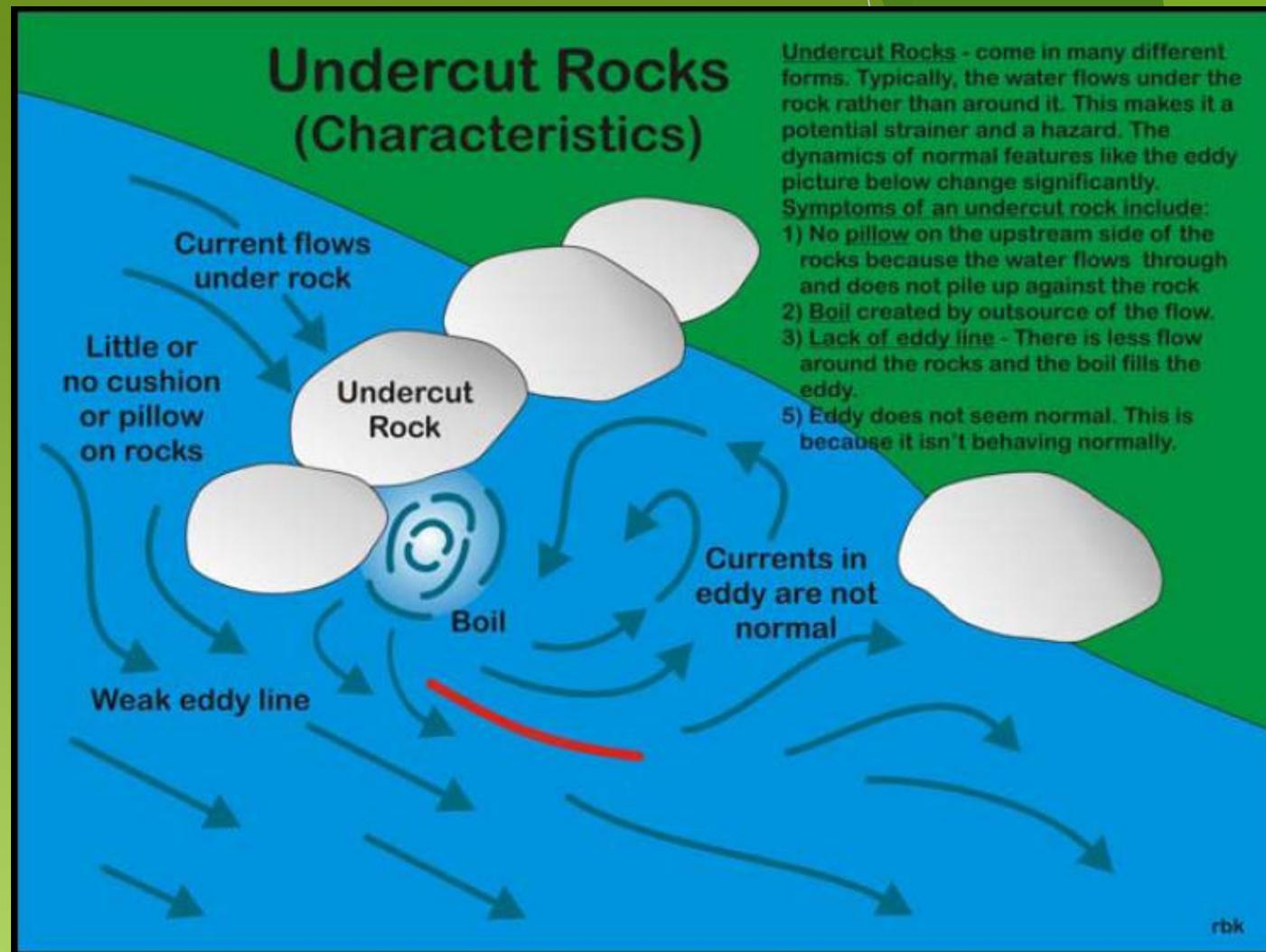
Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



Idrodinamica

Idrodinamica e morfologia



Idrodinamica

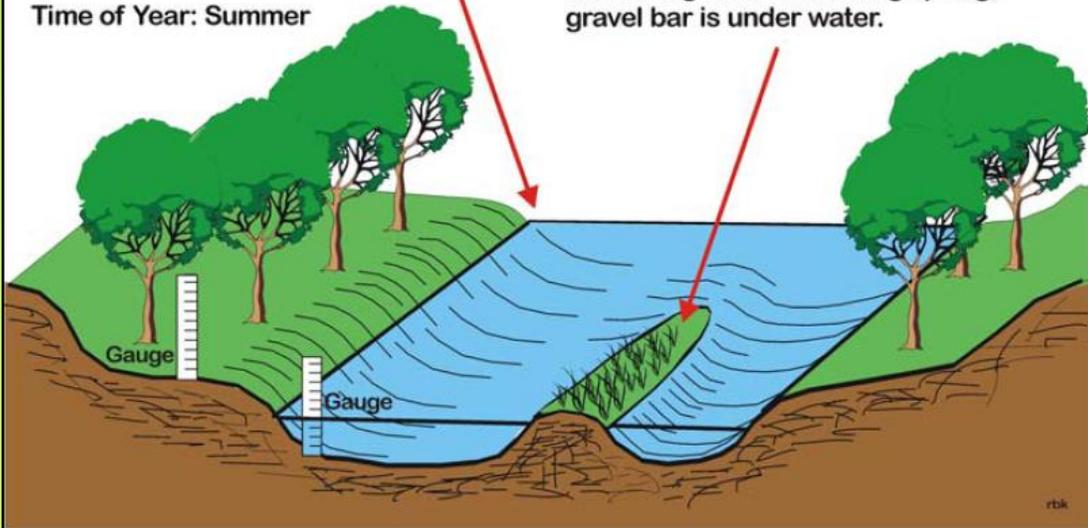
Condizioni idrologiche dei corsi d'acqua

Normal Summer Levels

River Level: River is within its banks. It looks normal and its low flow is normal.

Gauge Level: 1 foot
Time of Year: Summer

Gravel Bar: Annuals grow on gravel bar during summer. During spring, gravel bar is under water.

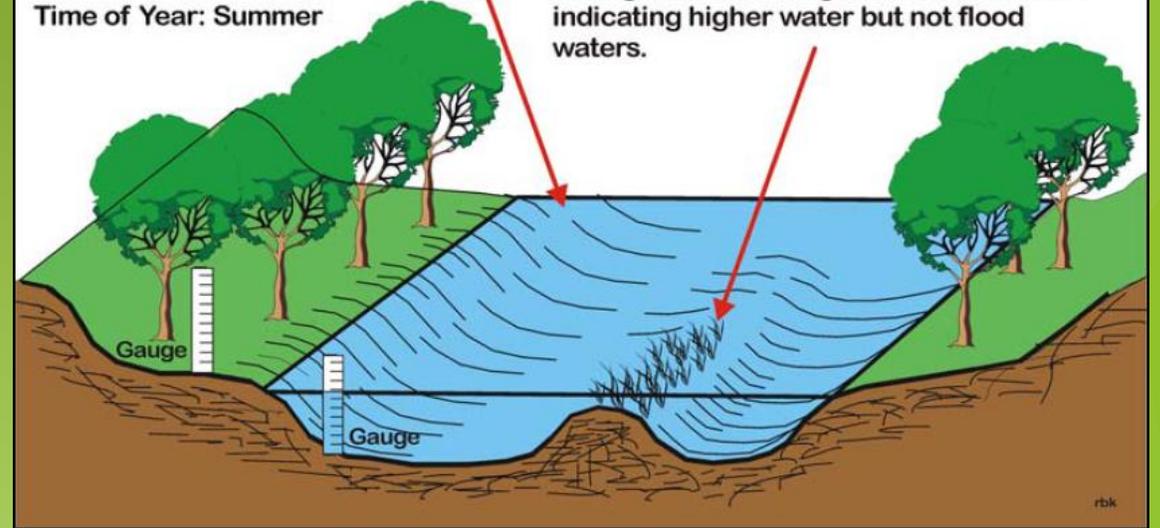


Drowning Trap Levels

River Level: River is still within its banks. It looks normal except close inspection reveals gravel bars are flooded.

Gauge Level: 5 foot
Time of Year: Summer

Gravel Bar: Annuals grow on gravel bar during summer. The gravel bar is flooded indicating higher water but not flood waters.



Idrodinamica

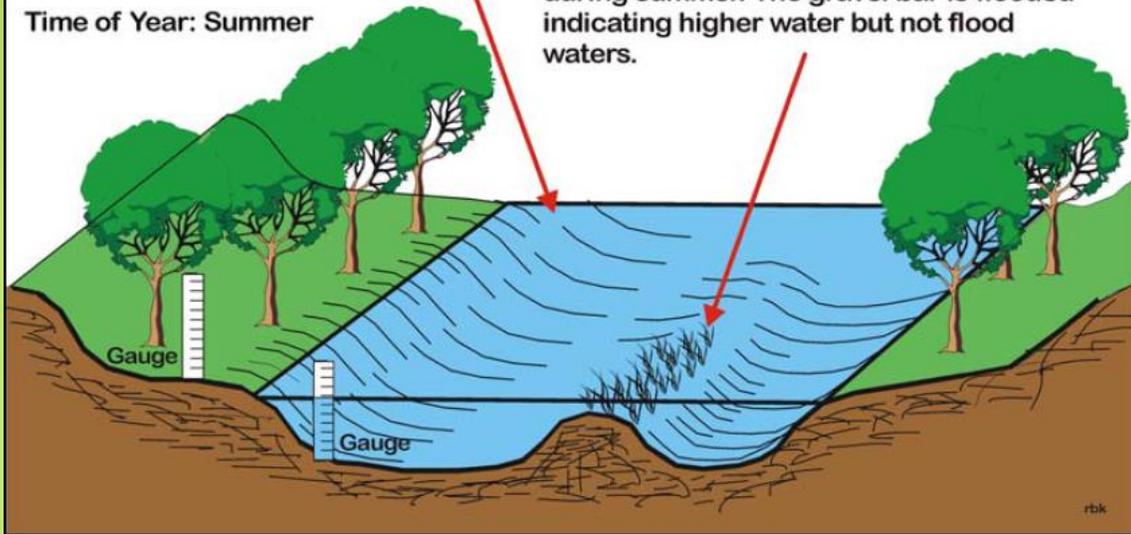
Condizioni idrologiche dei corsi d'acqua

Drowning Trap Levels

River Level: River is still within its banks. It looks normal except close inspection reveals gravel bars are flooded.

Gauge Level: 5 foot
Time of Year: Summer

Gravel Bar: Annuals grow on gravel bar during summer. The gravel bar is flooded indicating higher water but not flood waters.

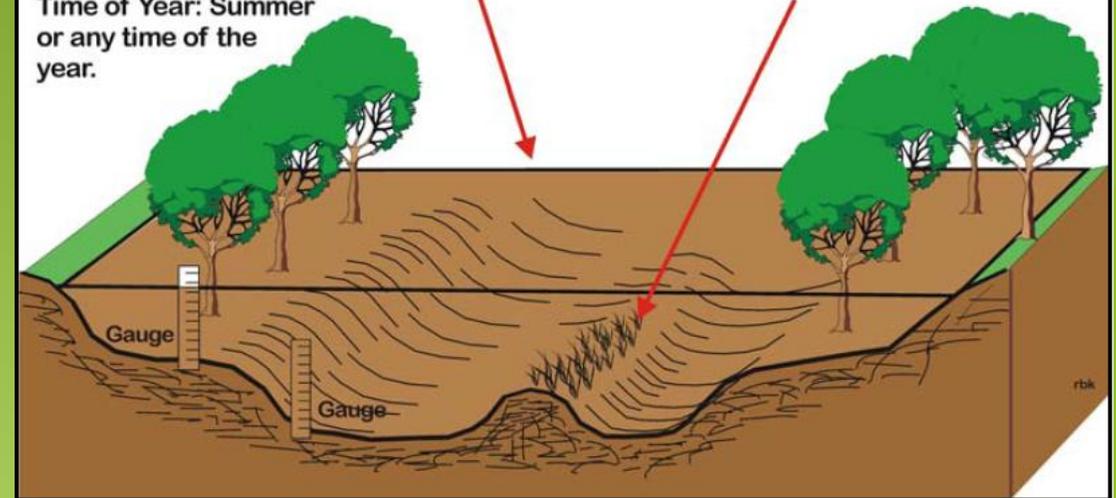


Flood Levels

River Level: River looks like it is flooding because it is flooding.... It is muddy with big waves. It looks dangerous and is dangerous.

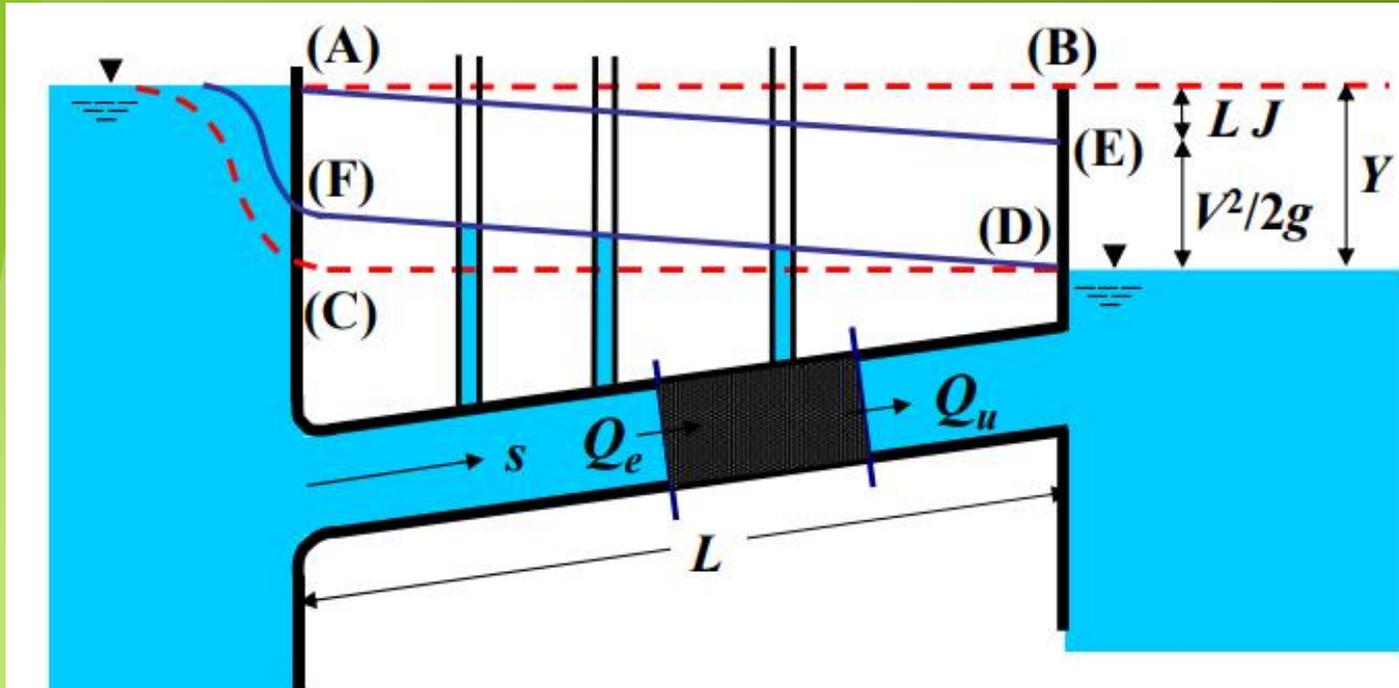
Gauge Level: 16 foot
Time of Year: Summer or any time of the year.

Gravel Bar: Gravel bar is flooded as are the trees on the shore.



Idrodinamica

Moti in pressione



Descrivono il moto di un fluido confinato in tutto il suo perimetro

Tipico moto dei fluidi nelle condotte dove comanda la pressione rispetto agli altri termini



Idrodinamica

Moti in pressione

Non si possono presentare mai negli alvei aperti, però laddove questi attraversano sezioni chiuse, anche localmente (ponti, tombinature) si

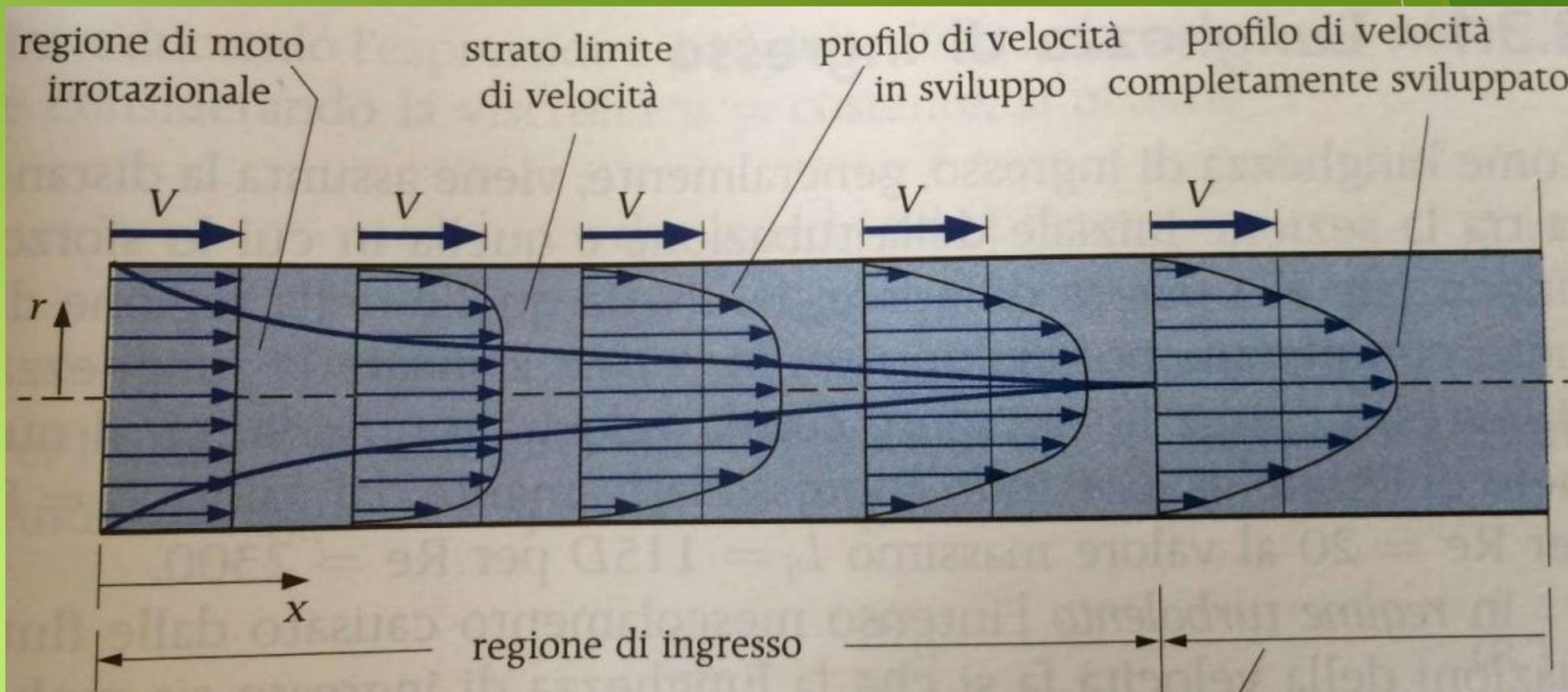
Alcune condotte solitamente lavorano con correnti a pelo libero ed entrano in pressione solo in casi eccezionali (ad esempio le fognature)

Altre lavorano sempre in pressione (acquedotti)



Idrodinamica

Moti in pressione: profili di velocità



Idrodinamica

Moti in pressione: resistenza al moto

Si definisce una grandezza detta «cadente piezometrica» che esprime la perdita di energia a causa degli attriti. Espressa in m/m:

$$J = \lambda \frac{V^2}{2gD}$$



Idrodinamica

Moti in pressione: resistenza al moto

La cadente piezometrica dipende dall'indice di resistenza che a sua volta dipende dal regime di moto:

Laminare

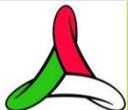
$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Transizione

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

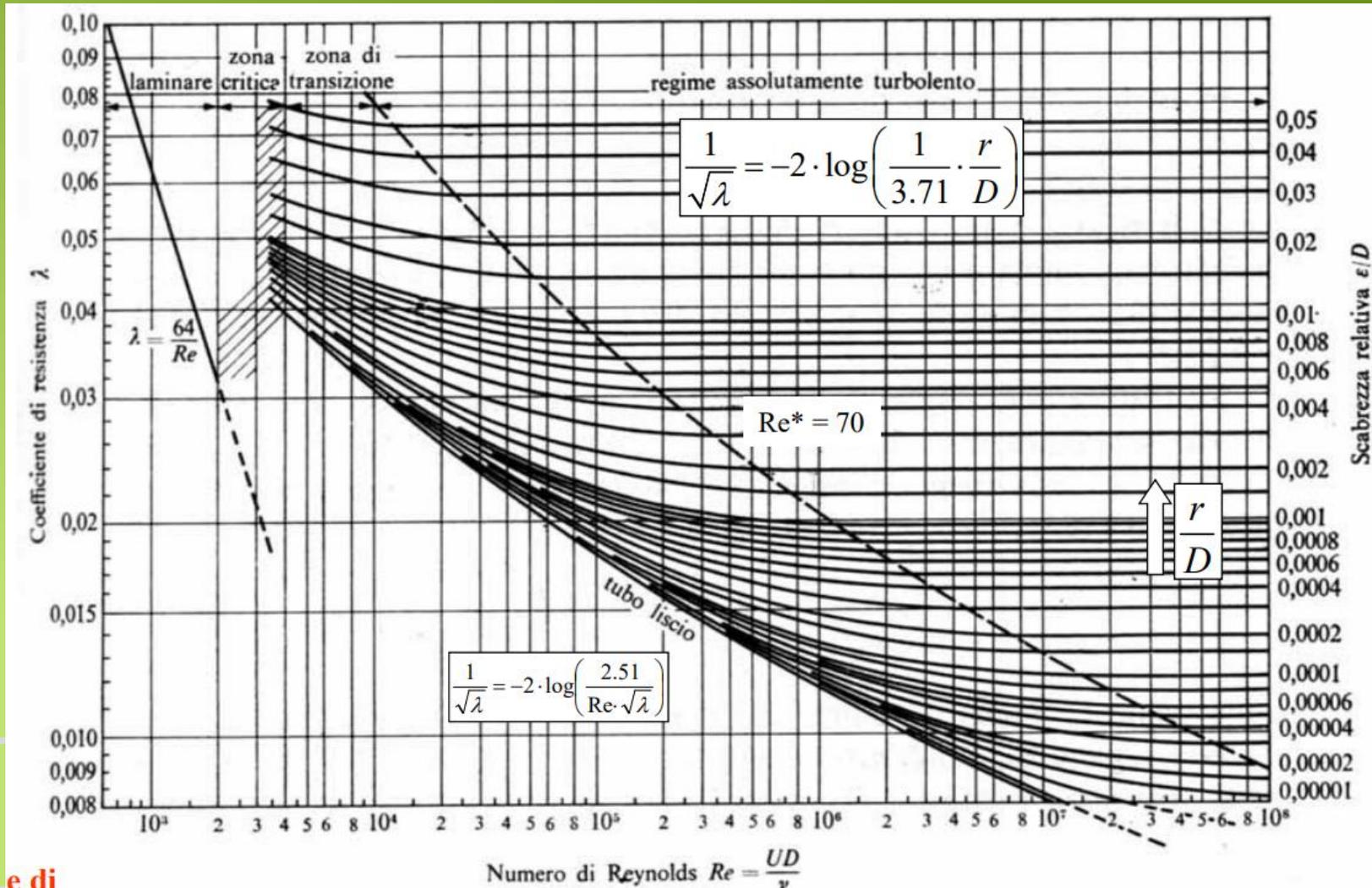
Turbolento

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{1}{3.71} \cdot \frac{r}{D} \right)$$



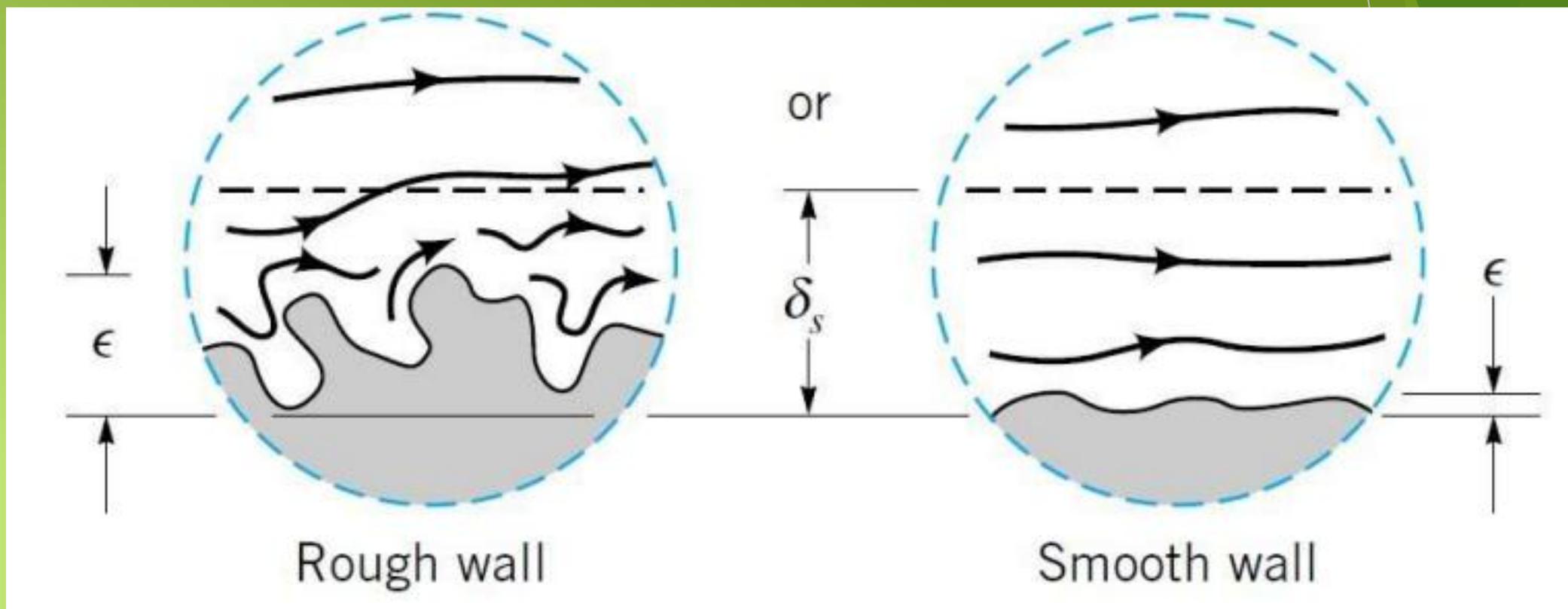
Idrodinamica

Moti in pressione: abaco di Moody



Idrodinamica

Moti in pressione: la scabrezza dei tubi



Idrodinamica

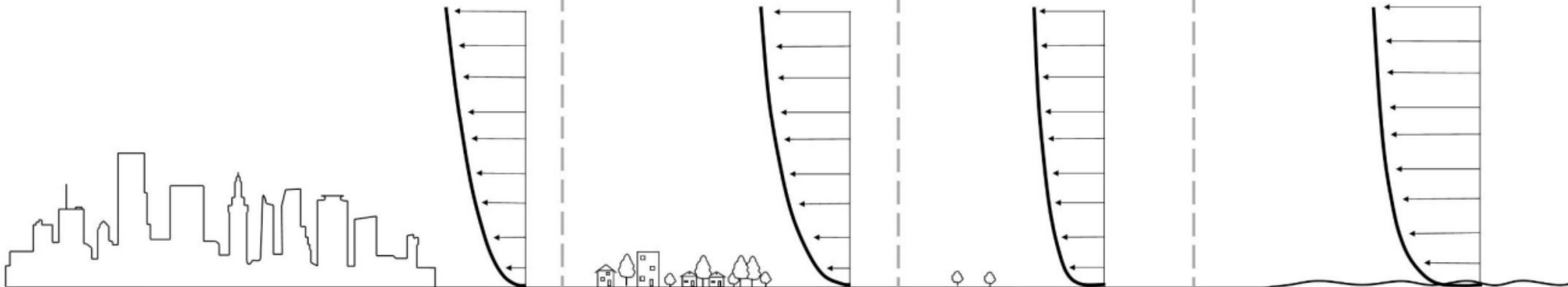
Moti in pressione: la scabrezza della superficie terrestre

Urban

Suburban

Flat/ Open

Marine



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

Idrodinamica

Moti in pressione: perdite concentrate

Oltre alle perdite distribuite lungo le condotte abbiamo la possibilità di perdite di energia concentrate. Queste si collocano:

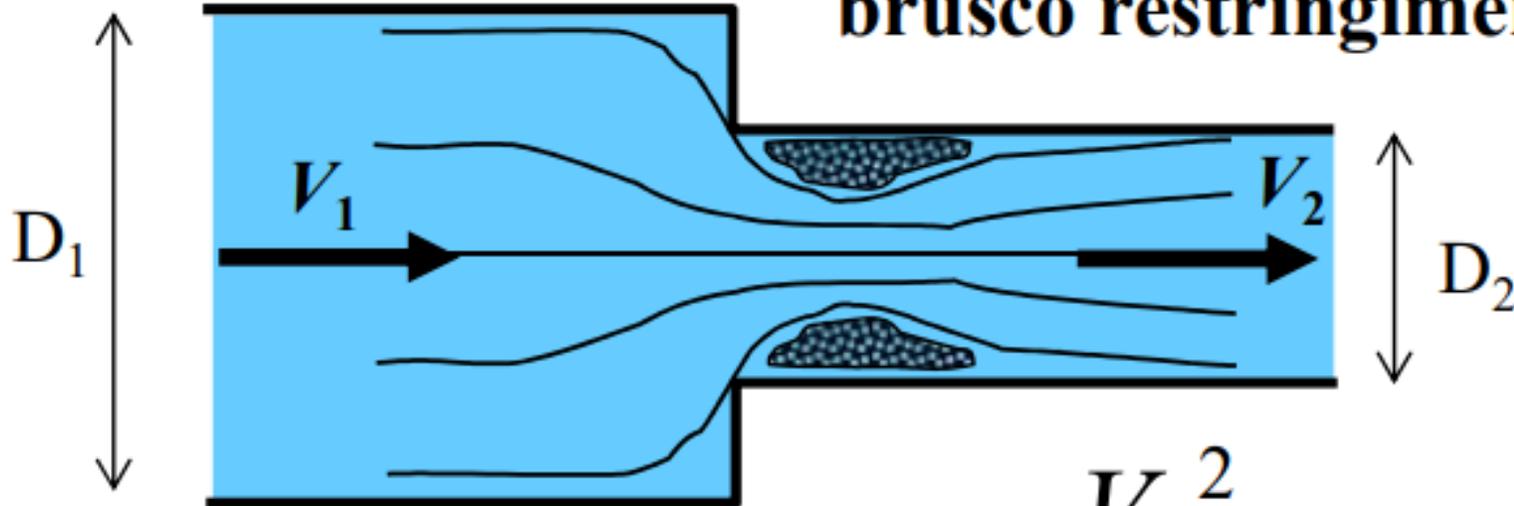
- in bruschi cambi di sezione**
- in bruschi cambi di direzione**
- in graduali cambi di sezione**
- in particolari dispositivi**



Idrodinamica

Moti in pressione: bruschi cambi sezione

brusco restringimento



$$\Delta H_{loc} = n \frac{V_2^2}{2g}$$

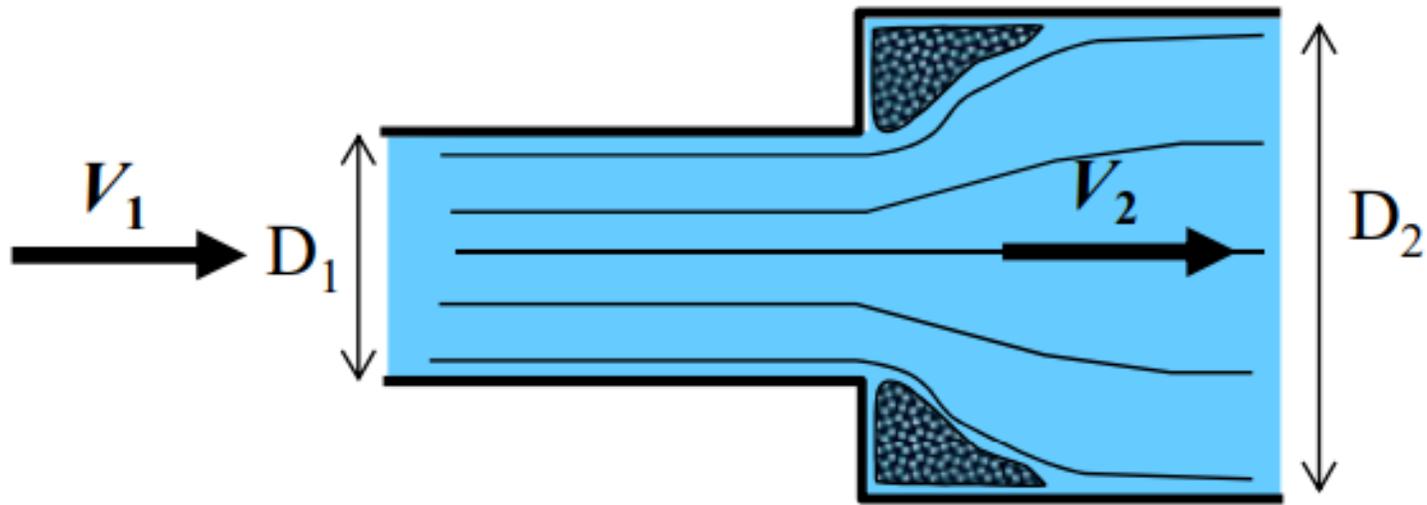
con $n=0.5$ per $D_1 > 2 D_2$
 $n < 0.5$ per $D_1 < 2 D_2$



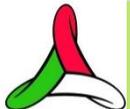
Idrodinamica

Moti in pressione: bruschi cambi sezione

brusco allargamento

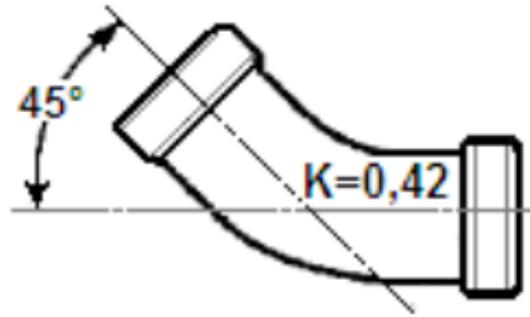
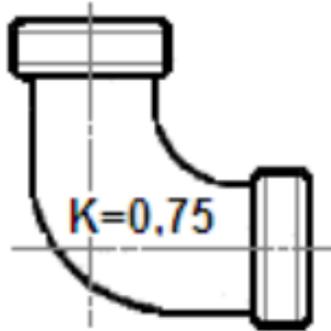
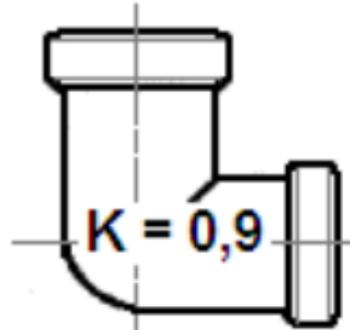
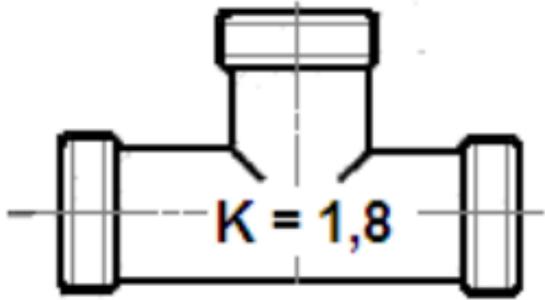


$$\Delta H_{loc} = \frac{1}{2g} (V_1 - V_2)^2$$



Idrodinamica

Moti in pressione: bruschi cambi direzione

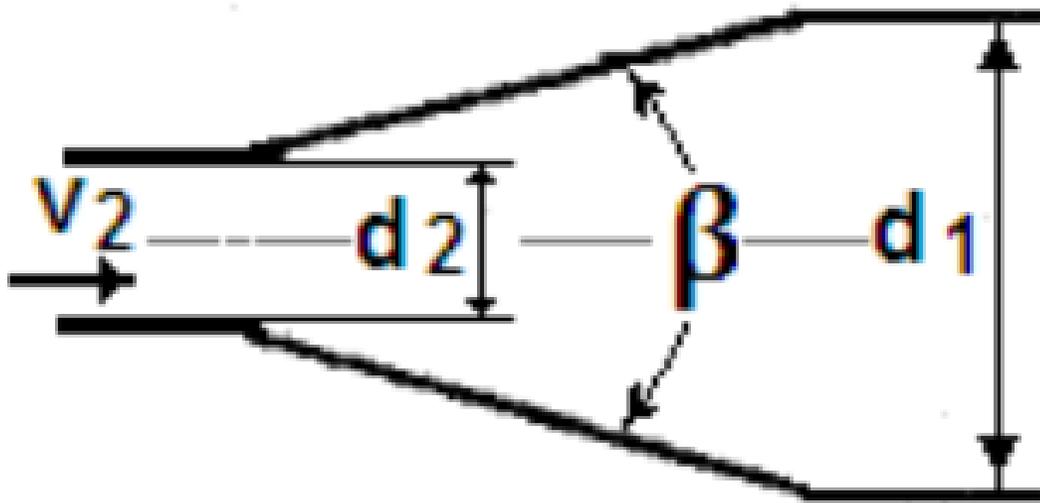


$$\Delta H = k \frac{V^2}{2g}$$



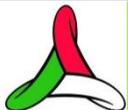
Idrodinamica

Moti in pressione: graduali cambi sezione



	d1 / d2	2	2,5	3	3,5
K	$\beta = 30^\circ$	0,47	0,5	0,55	0,55
	$\beta = 60^\circ$	0,71	0,77	0,8	0,84

$$\Delta H = k \frac{V^2}{2g}$$

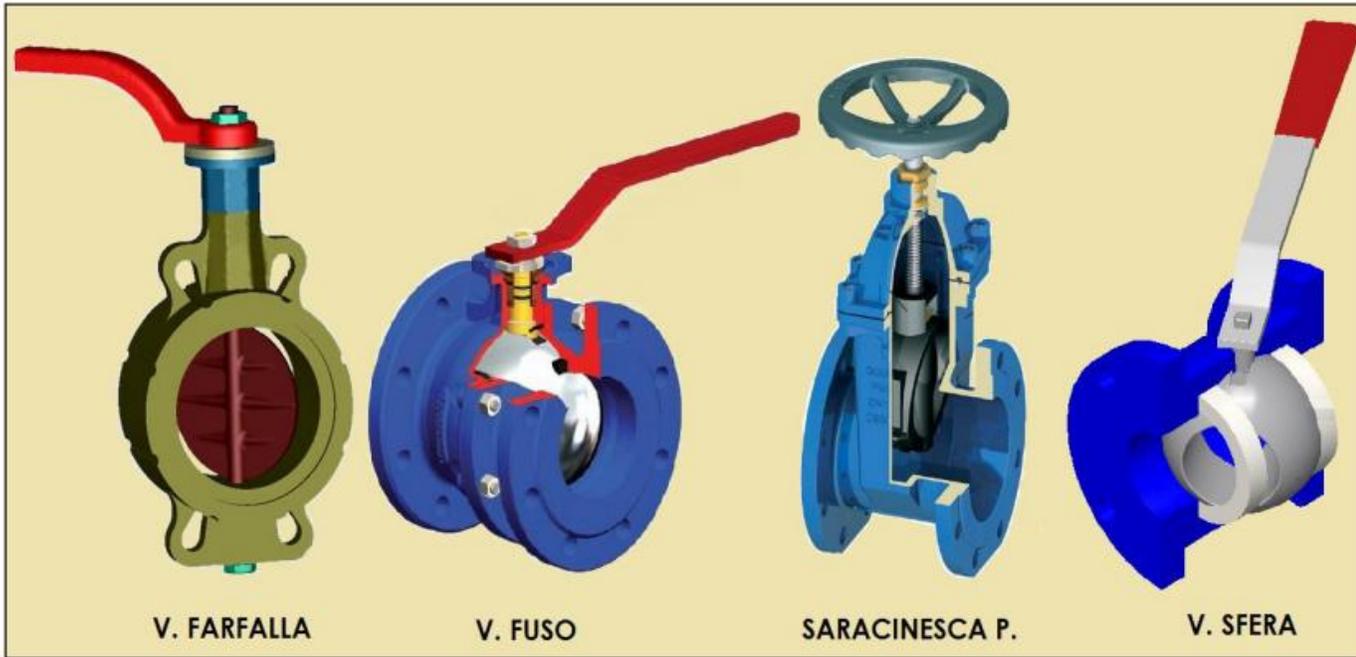


Idrodinamica

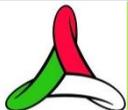
Moti in pressione: dispositivi

$k = 0,40$ per valvole a farfalla, a completa apertura;

$k = 0,25$ per valvole a fuso, a completa apertura;

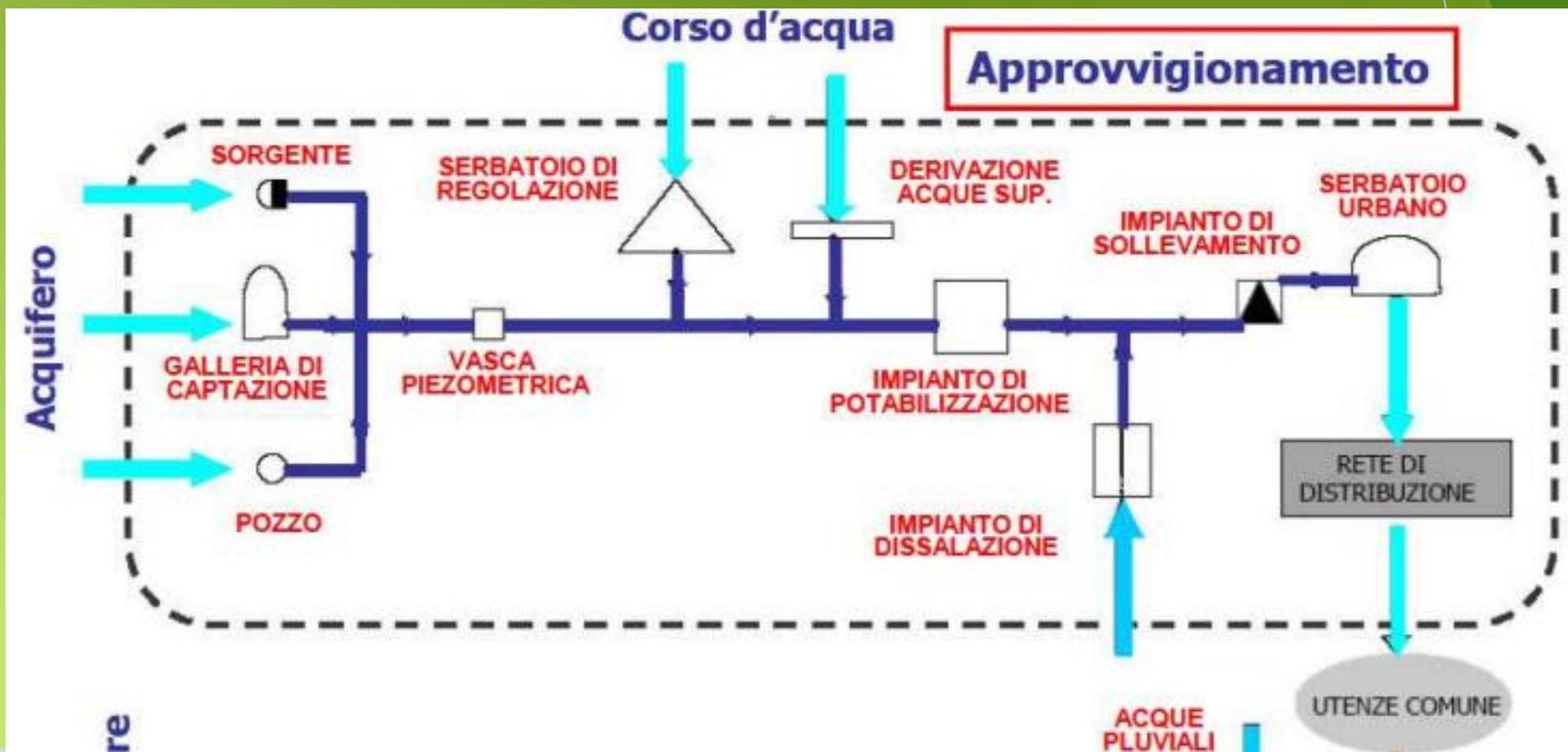


$$\Delta H = k \frac{V^2}{2g}$$

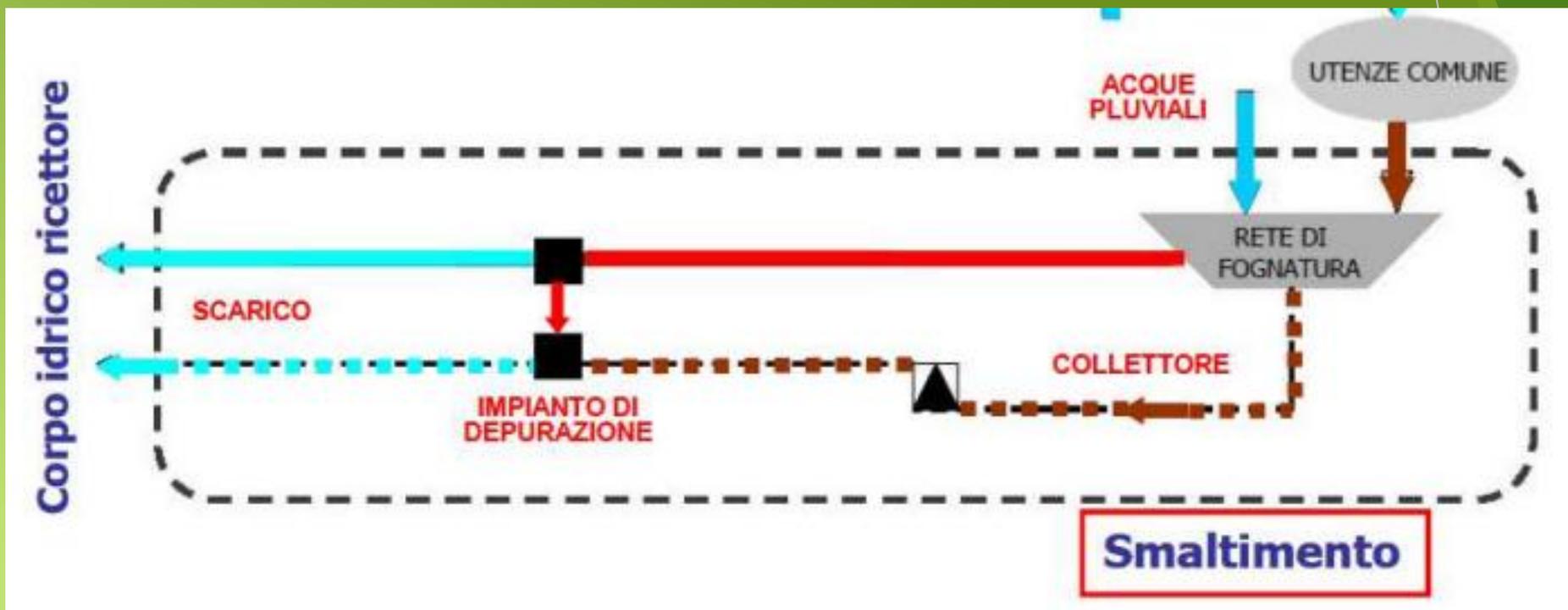


Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

L'approvvigionamento...

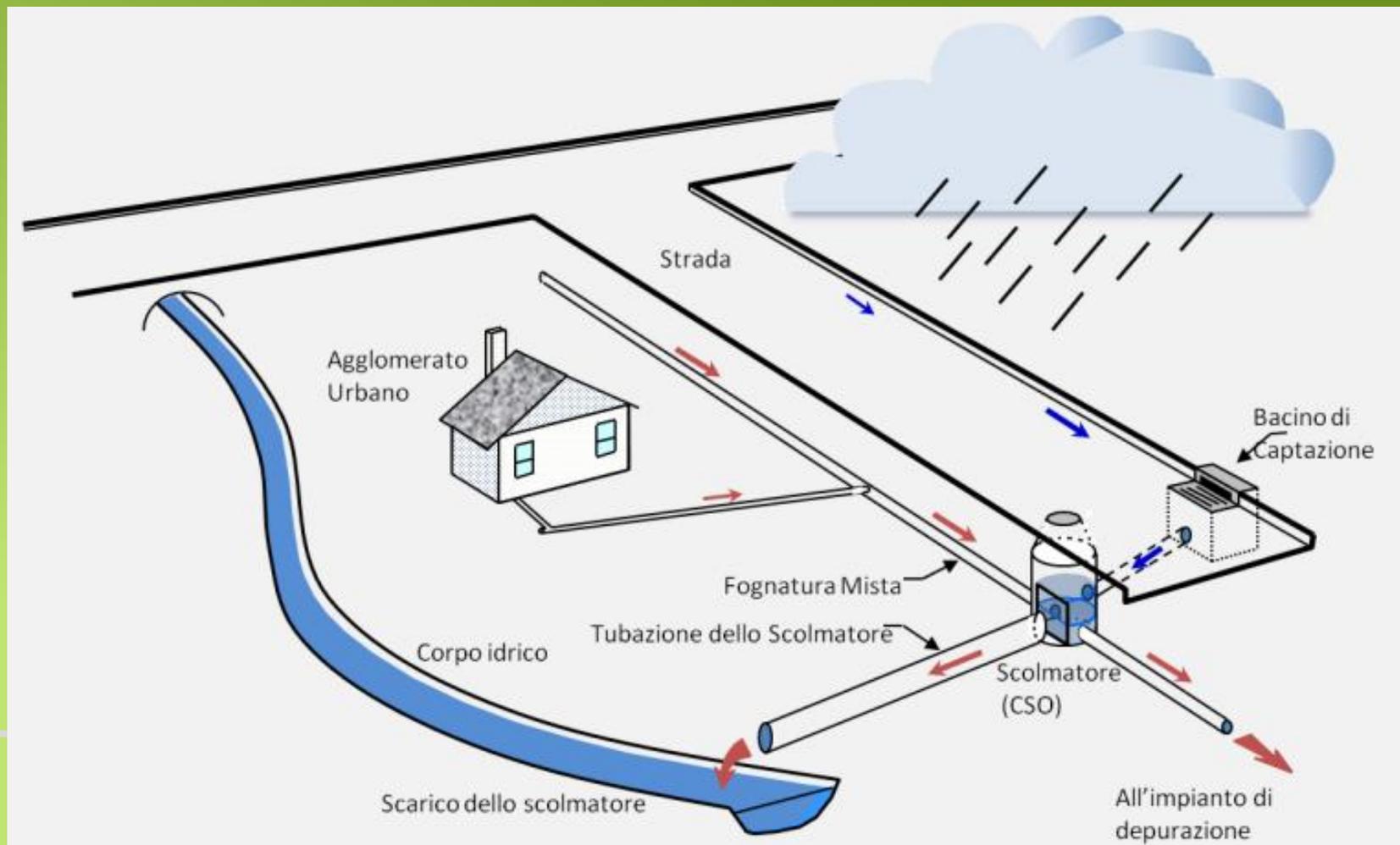


Strutture di controllo delle acque in ambito urbano ...e lo smaltimento



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

E poi c'è il terzo incomodo: la pioggia



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Le strutture acquedottistiche devono garantire la salubrità dell'acqua oltreché la quantità. Sono in pressione e quasi sempre inaccessibili.

Le strutture fognarie devono essere efficienti: non esondare (spesso), non sedimentare, non inquinare. Sono a pelo libero, a volte in pressione.

A monte e a valle ci sono i depuratori: facoltativi per l'approvvigionamento, obbligatori per lo scarico.



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Acquedotti: bacini di accumulo



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

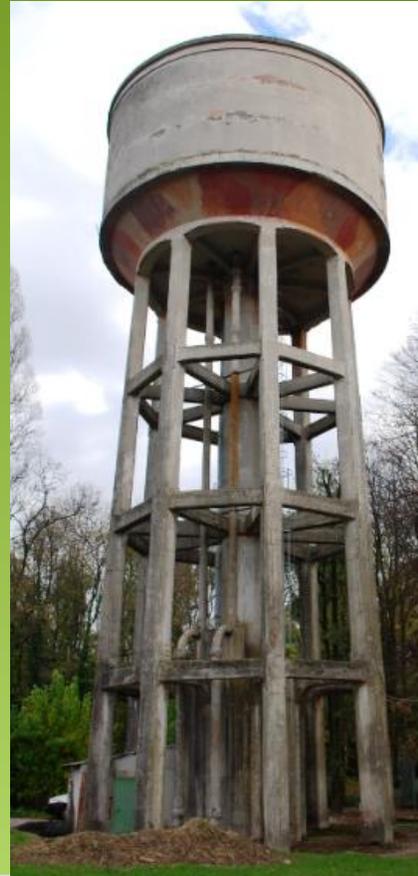
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Acquedotti: adduttori



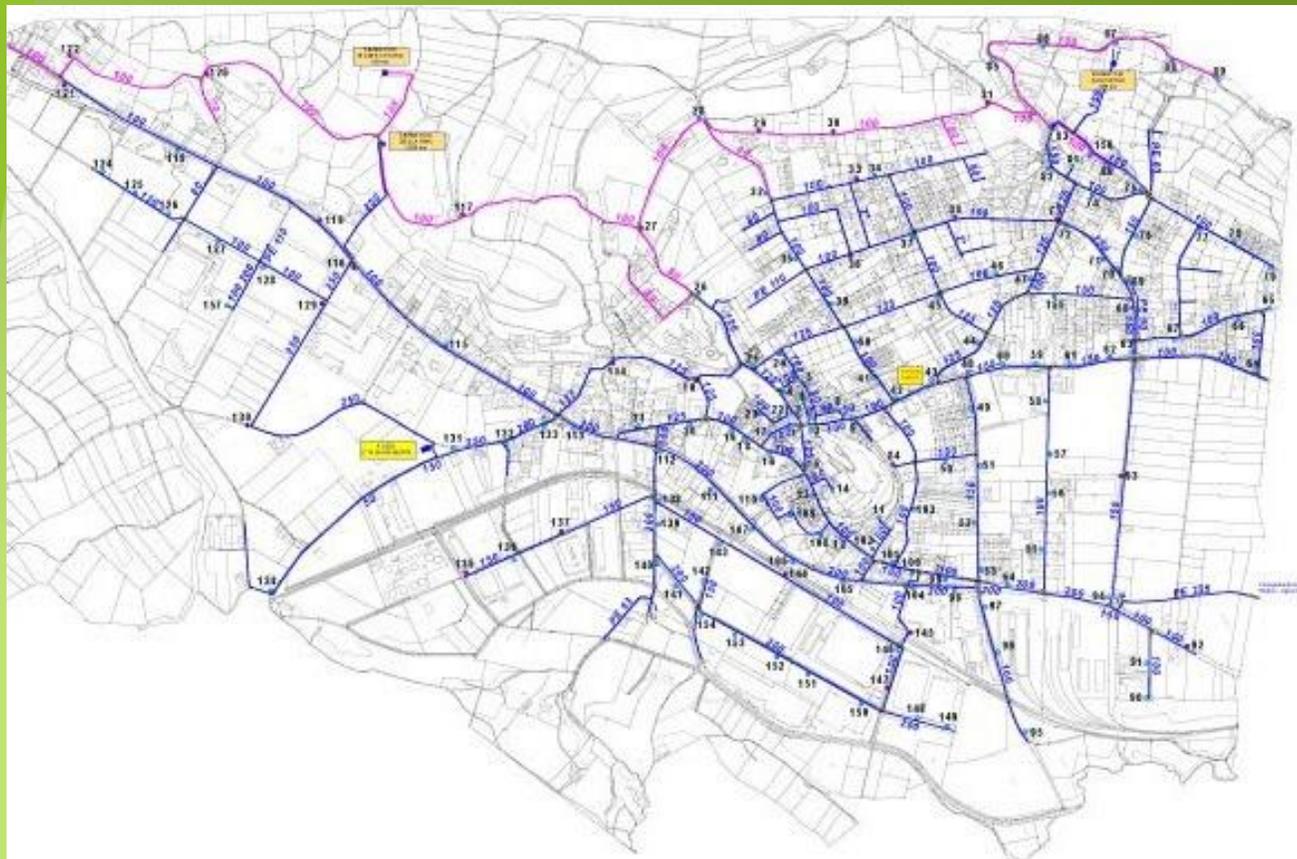
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Acquedotti: serbatoi di compenso



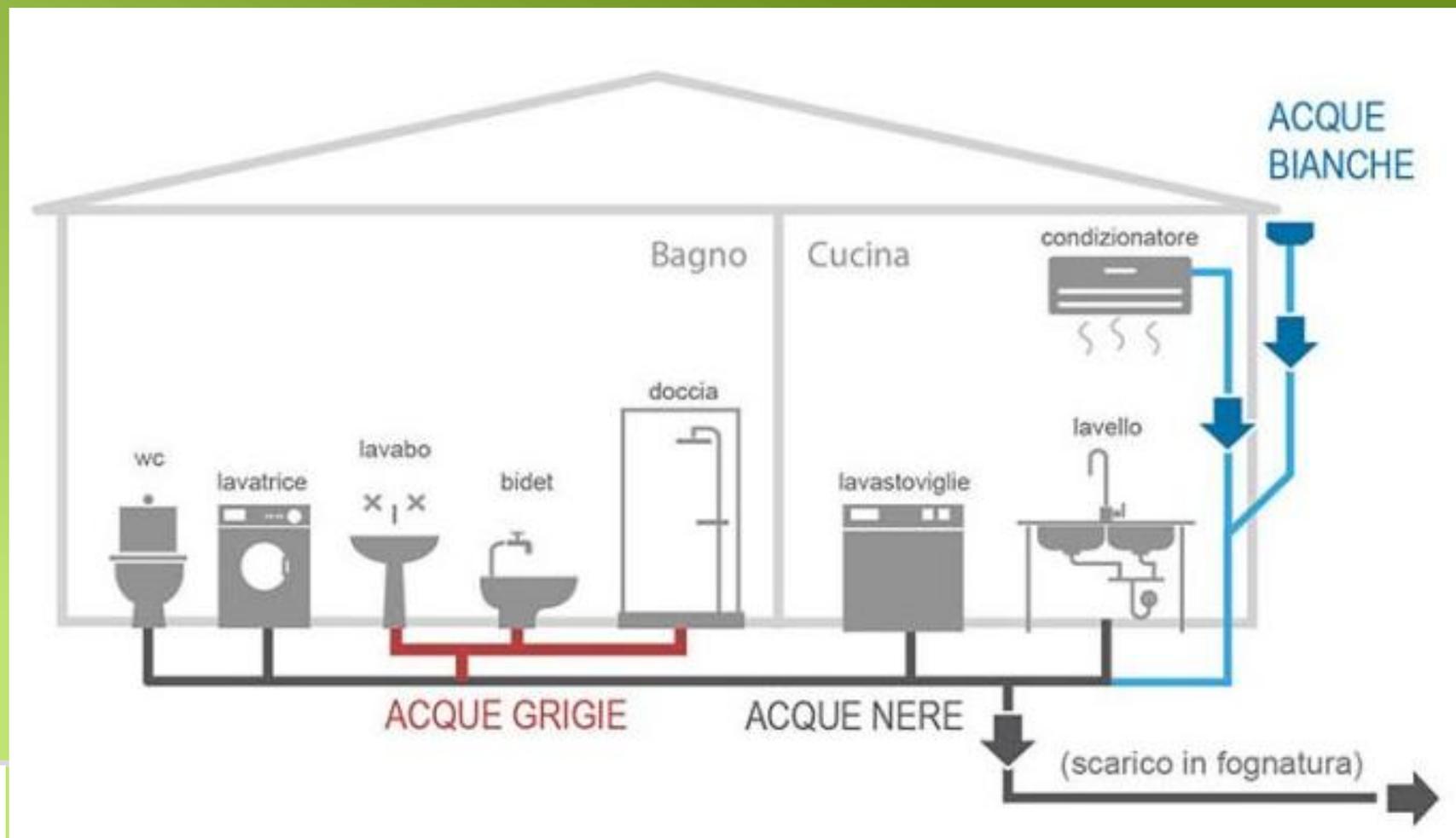
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Acquedotti: rete di distribuzione



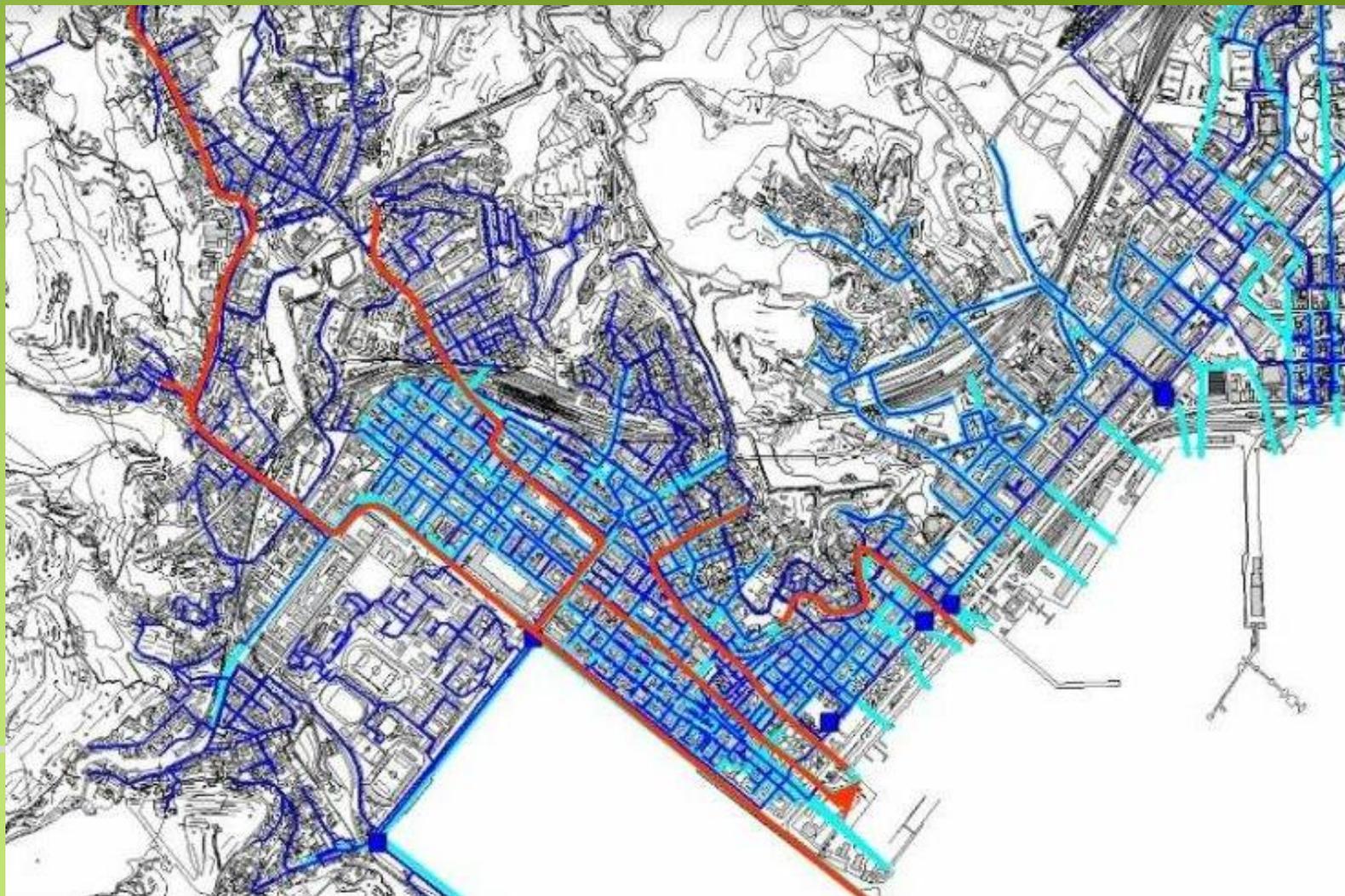
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature: produzione



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature: raccolta



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

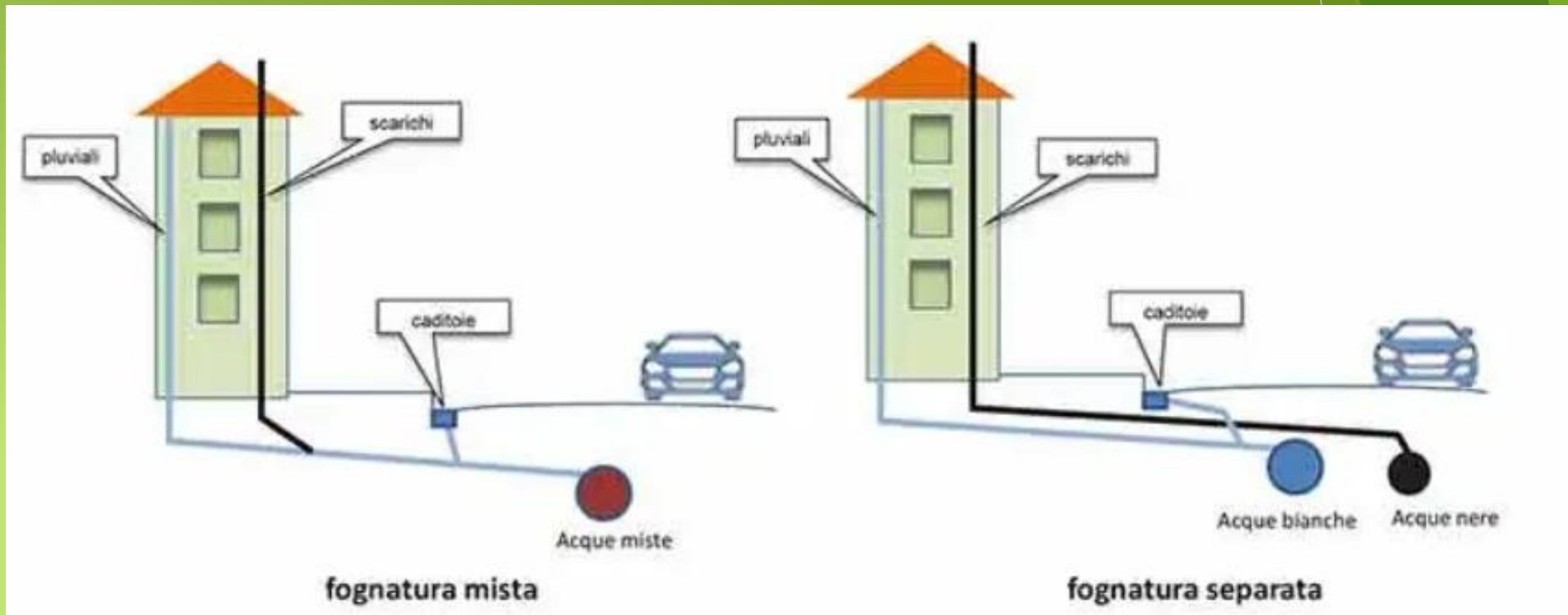
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature: depurazione



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature: unitarie o separate



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature: unitarie o separate

Le acque nere sono poche, relativamente costanti, cariche di nutrienti e di sedimenti, non stabili chimicamente (marciscenti), calde

Le acque bianche sono molto discontinue, possono essere molto impulsive, a concentrazione variabile di inquinanti, relativamente stabili chimicamente, fredde



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



PoliS
Lombardia

Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature unitarie (o miste)

Le fognature unitarie veicolano queste acque, molto diverse, nelle medesime condotte

Devono quindi contemperare esigenze diverse e garantire diversi standard di performance

Inventate dagli antichi romani, rappresentano ancora la maggioranza delle reti

Problematiche per grandi inurbazioni



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Fognature separate

Le reti nere veicolano le acque reflue e le bianche quelle piovane

Possono essere dimensionate sulle rispettive caratteristiche del fluido trasportato

Sono di adozione più recente, ma spesso devono interfacciarsi con le reti miste

Sarebbero più adatte alle grandi inurbazioni



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Vasche volano

Dette anche vasche di pioggia, sono bacini interrati o all'aperto, dove si «parcheggia» l'acqua quando è troppa

Tipiche delle fognature unitarie, in realtà sarebbero anche meglio applicabili in quelle separate

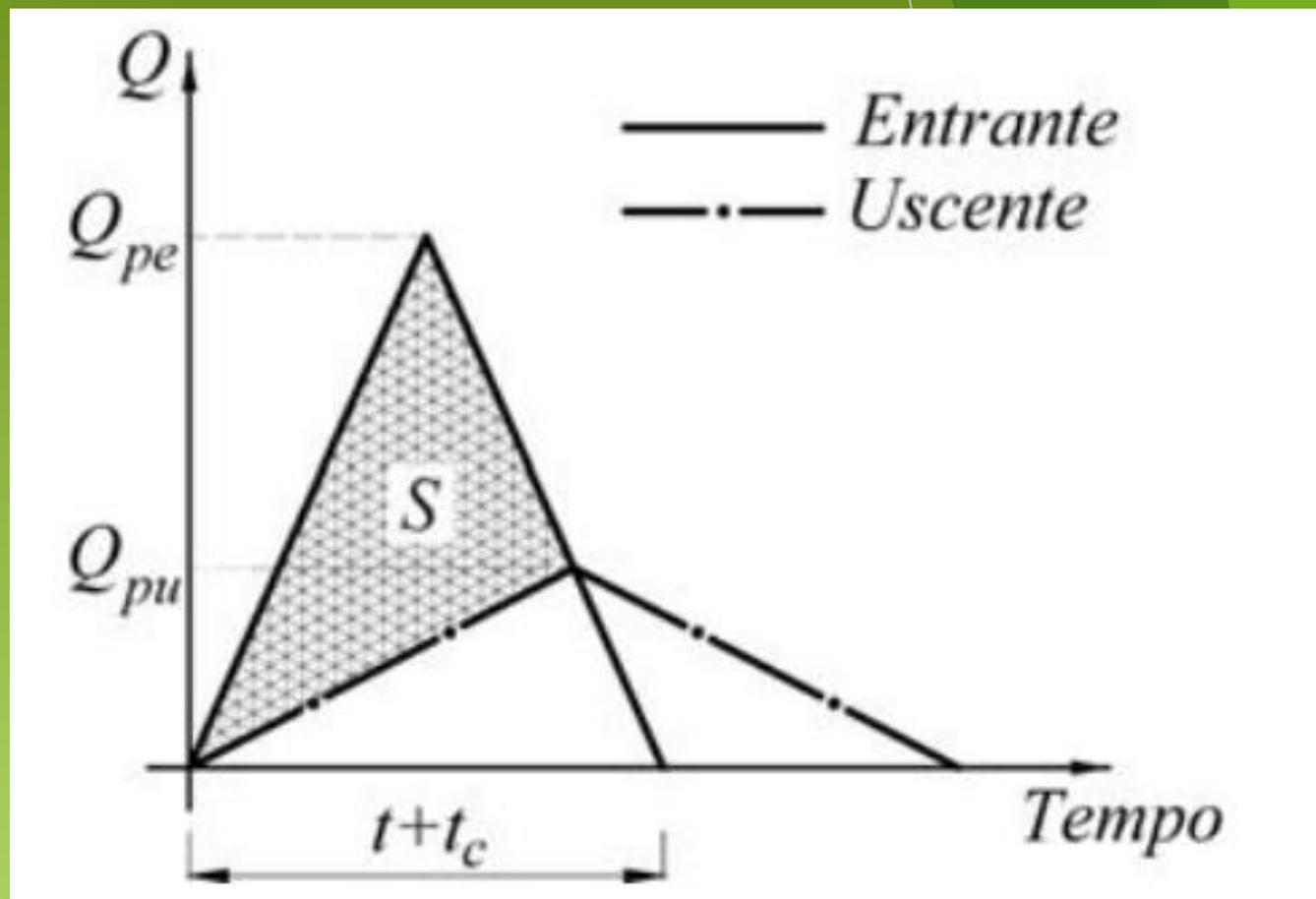
Sono spesso opere di una certa complessità



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Vasche volano

A fronte di una certa onda di piena restituiscono un'onda attenuata



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Vasche volano

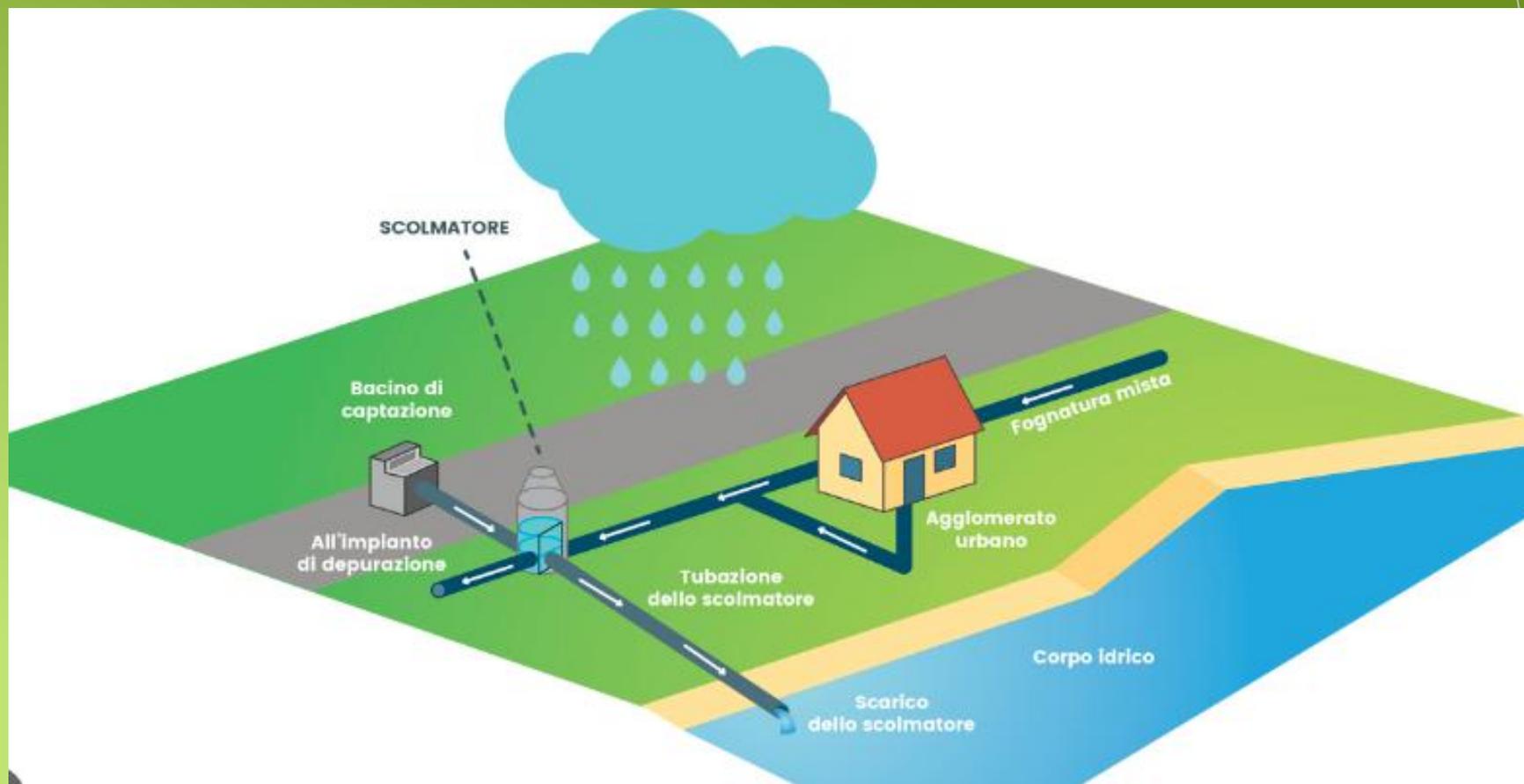


PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

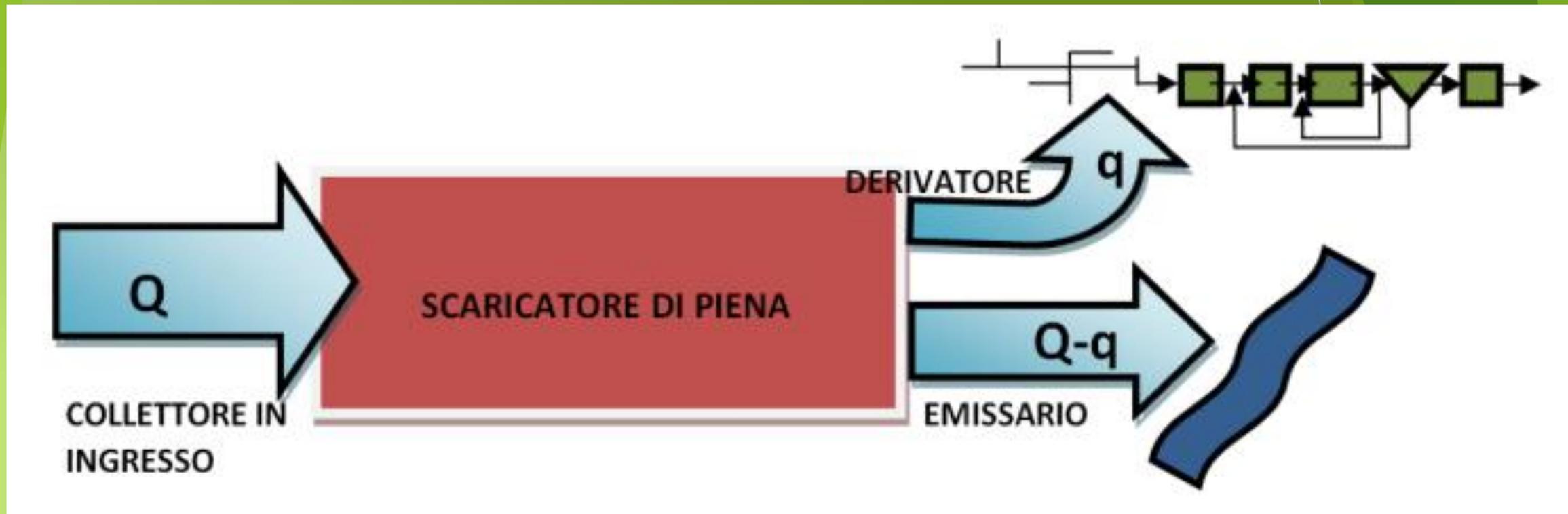
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Scolmatori e sfioratori



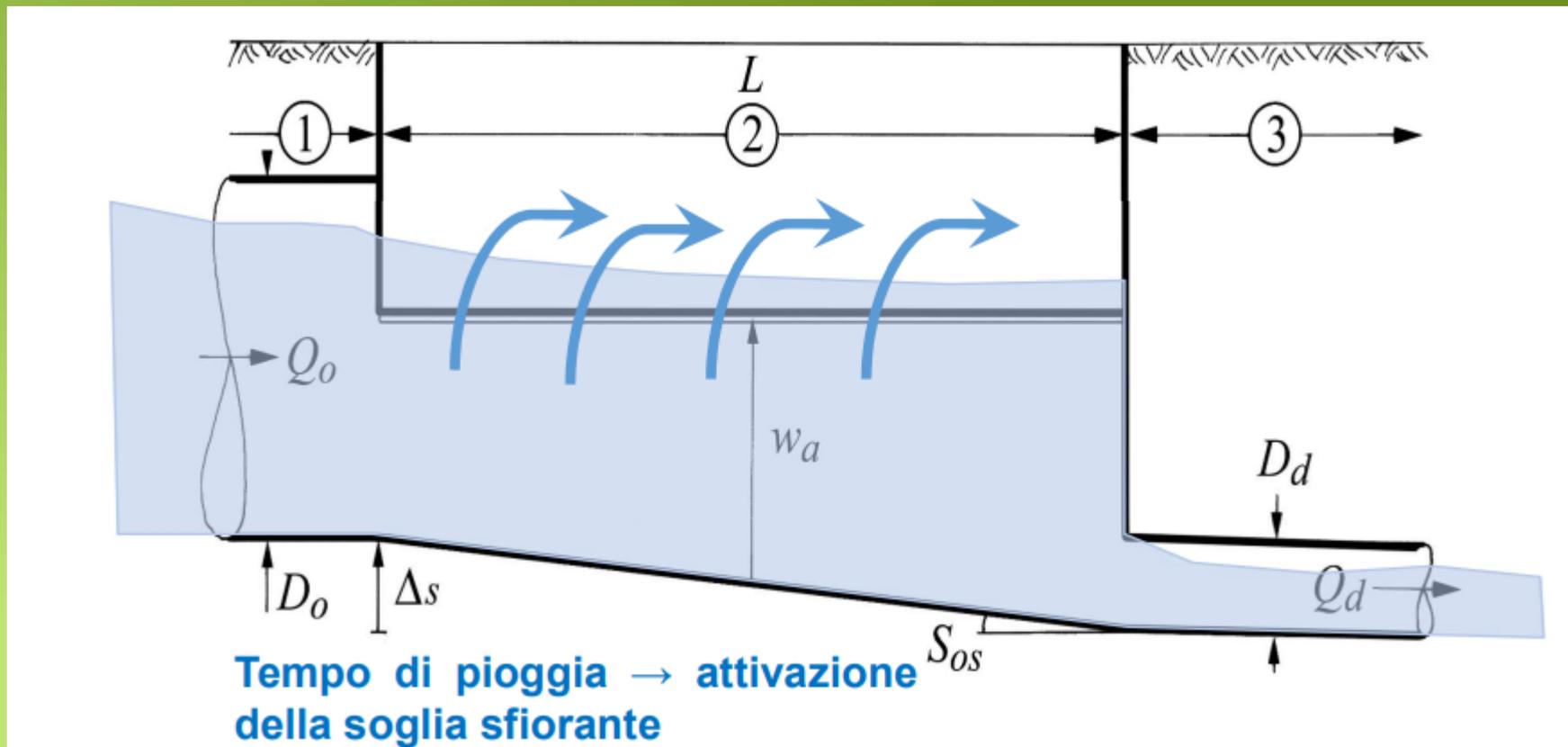
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Scolmatori e sfioratori



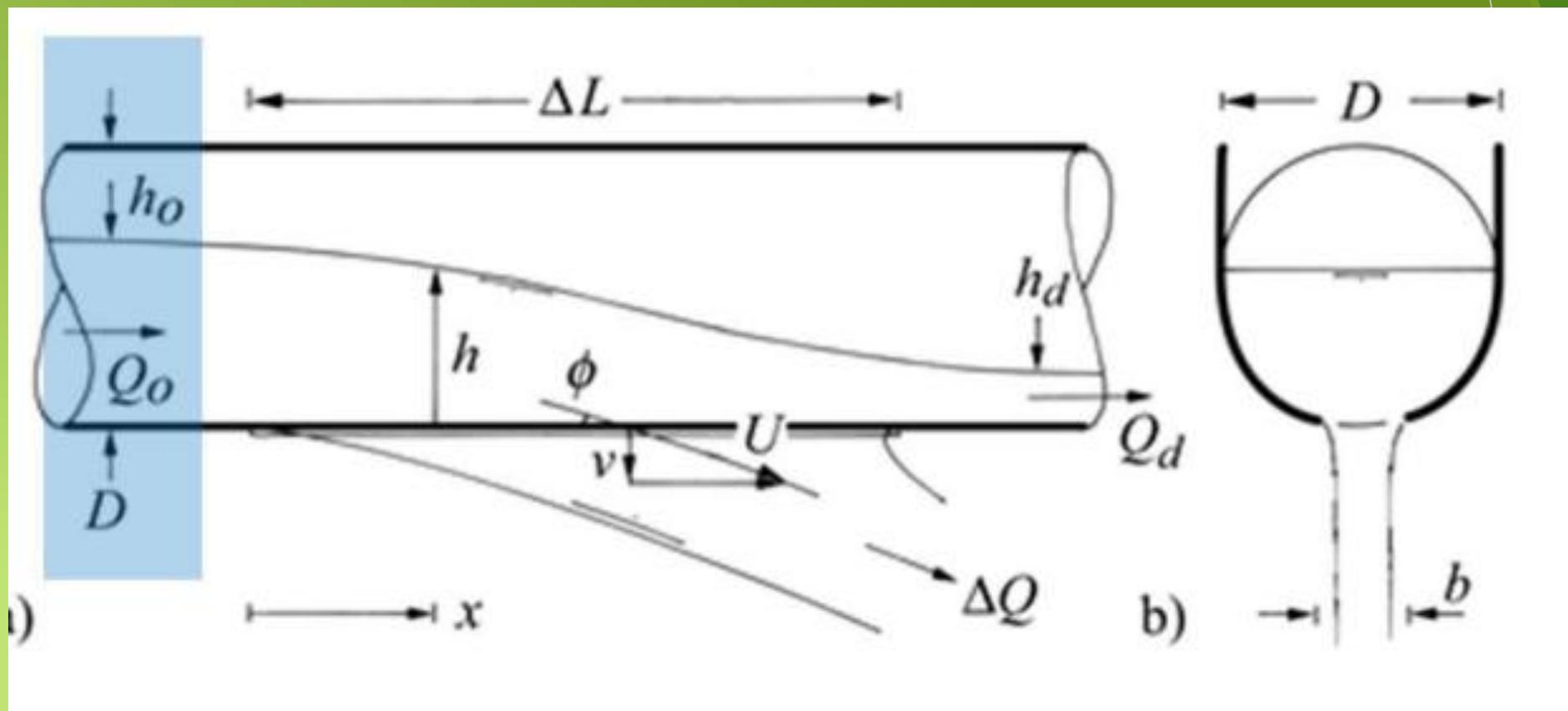
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sfioratore laterale



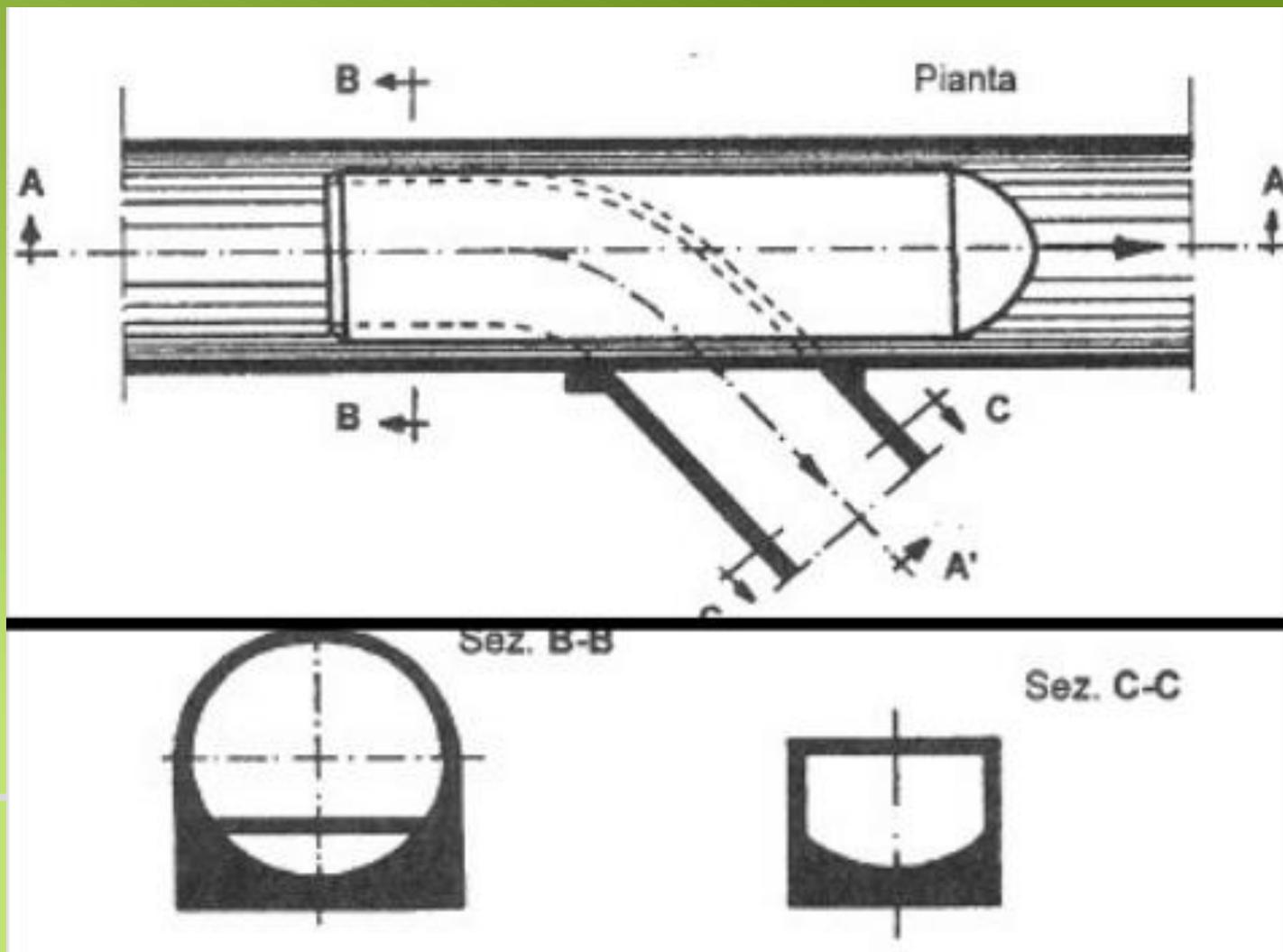
Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sfioratore di fondo



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sfioratore frontale

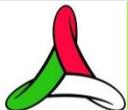


Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sistemi di drenaggio urbano sostenibile

Cercano di ovviare alle problematiche prima esposte e di andare verso l'invarianza idrologico-idraulica

Invarianza significa fare in modo che l'urbanizzazione impatti il meno possibile sul ciclo naturale delle piogge

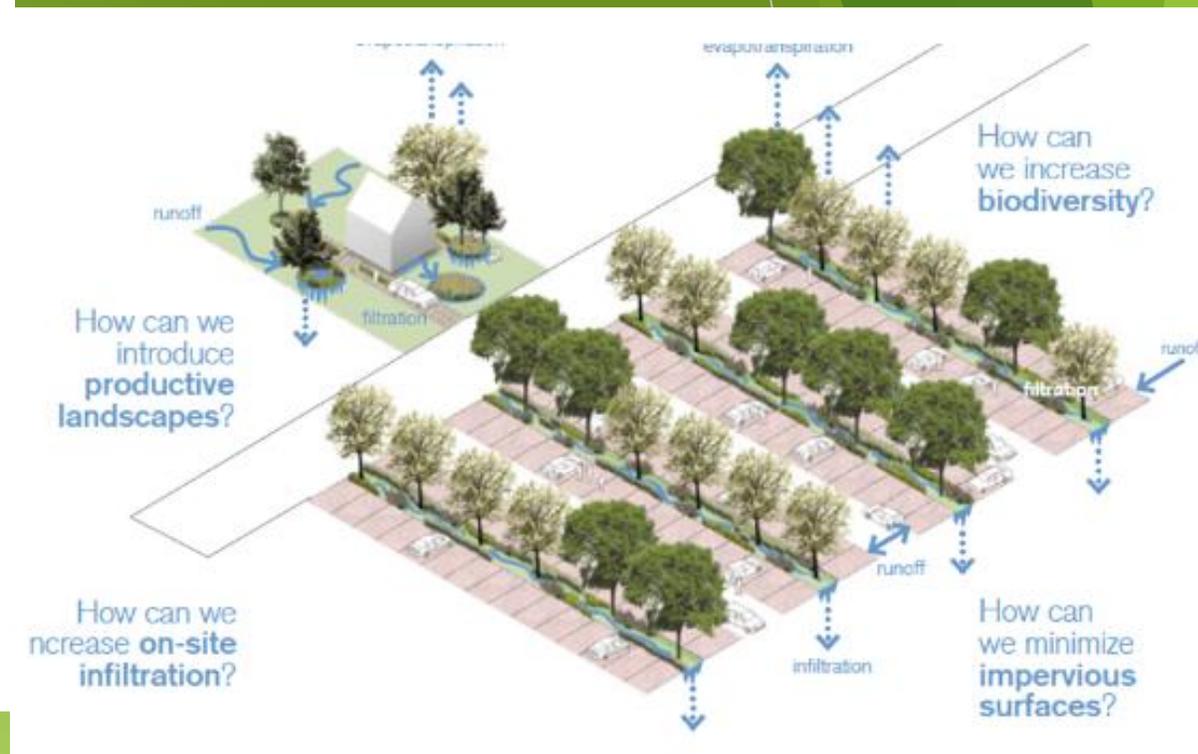
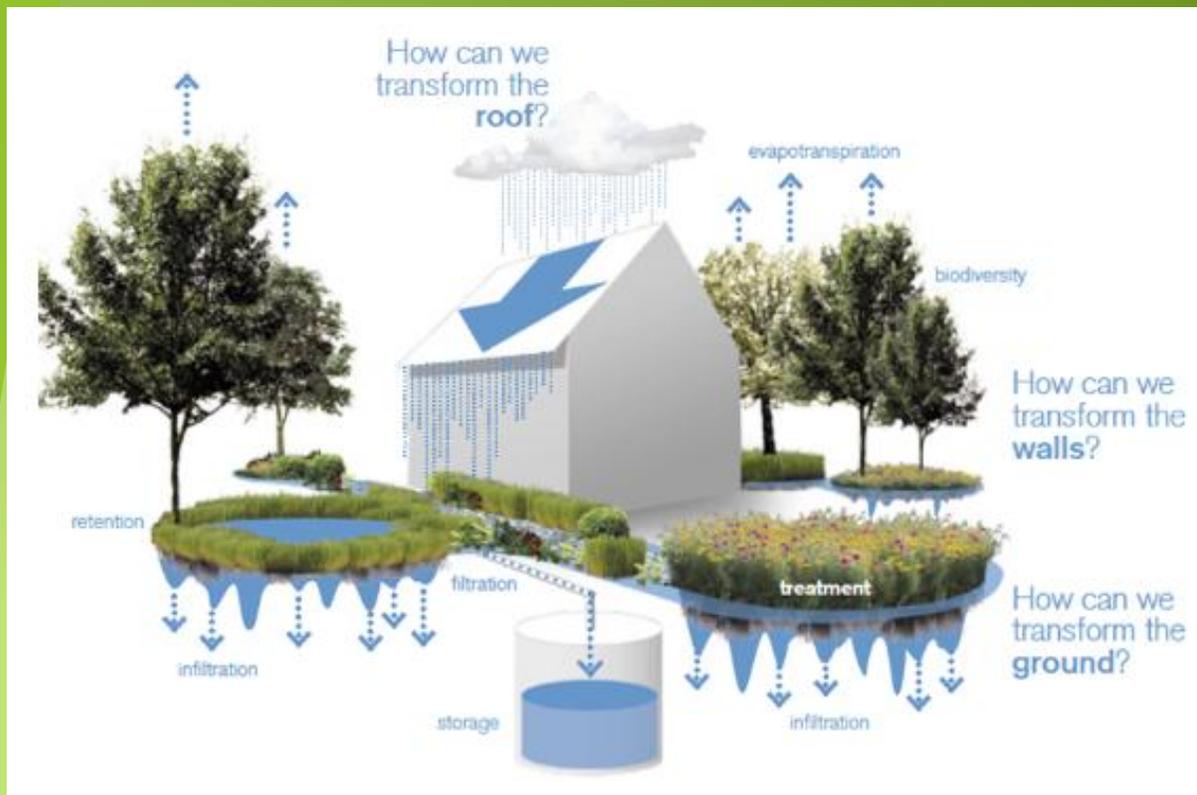


PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sistemi di drenaggio urbano sostenibile



Strutture di controllo delle acque in ambito urbano

Sistemi di drenaggio urbano sostenibile



Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Sono misure strutturali intensive:

- Briglie o soglie**
- Difese longitudinali (spondali, argini)**
- Diversivi e scolmatori**
- Bacini o casse di laminazione**
- Opere di regolazione e sostegno**
- Ingegneria naturalistica**



Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Briglie o soglie



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia



Polis
Lombardia

Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Difese lineari



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Laminazione



Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Regolazione



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

 **Polis**
Lombardia

Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Sistemazioni idraulico forestali



PROTEZIONE CIVILE
Regione Lombardia

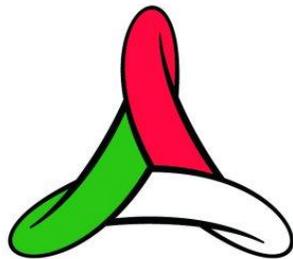
 **Polis**
Lombardia

Strutture di controllo delle acque in ambito extraurbano

Sono misure strutturali estensive:

- Riforestazione dei versanti**
- Miglioramento dell'uso agricolo del suolo**
- Rinaturazione e recupero di suoli abbandonati o dismessi**
- Opere di idraulica forestale sul reticolo idrografico minore**





PROTEZIONE CIVILE

Regione Lombardia



Polis
Lombardia

Grazie dell'attenzione

Stefano Minà

stefanomina81@gmail.com

Erba, 16 novembre 2024