

# SEMINARIO: PROTEZIONE CIVILE IN LOMBARDIA IL RISCHIO IDRAULICO



**Docente: Ing. Riva Efrem**

***riva.efrem@gmail.com, 333.2196443***

***Seminario proposto dall'Ordine degli Architetti PCC Monza e Brianza  
col Patrocinio della Consulta Architetti Lombardi***

***Durata presentazione : 1 ora***



ordine degli architetti  
pianificatori, paesaggisti  
e conservatori della provincia  
di monza e della brianza

**fondazione**



ordine degli architetti  
pianificatori, paesaggisti  
e conservatori della provincia  
di monza e della brianza

***Sala conferenze ELLEPI – libere professioni  
Monza (MB), 20900  
Via Lario, 15***

# Corso Rischio Idrogeologico

- Assunti del Problema

## IL RISCHIO IDROGEOLOGICO IN ITALIA

Fonte: Rapporto Ance-Cresme 2012

### Aree ad elevata criticità idrogeologica

Valore assoluto e % sul totale nazionale

#### SUPERFICIE



29.500 kmq



#### COMUNI



6.631



#### POPOLAZIONE



5,8 milioni



#### EDIFICI



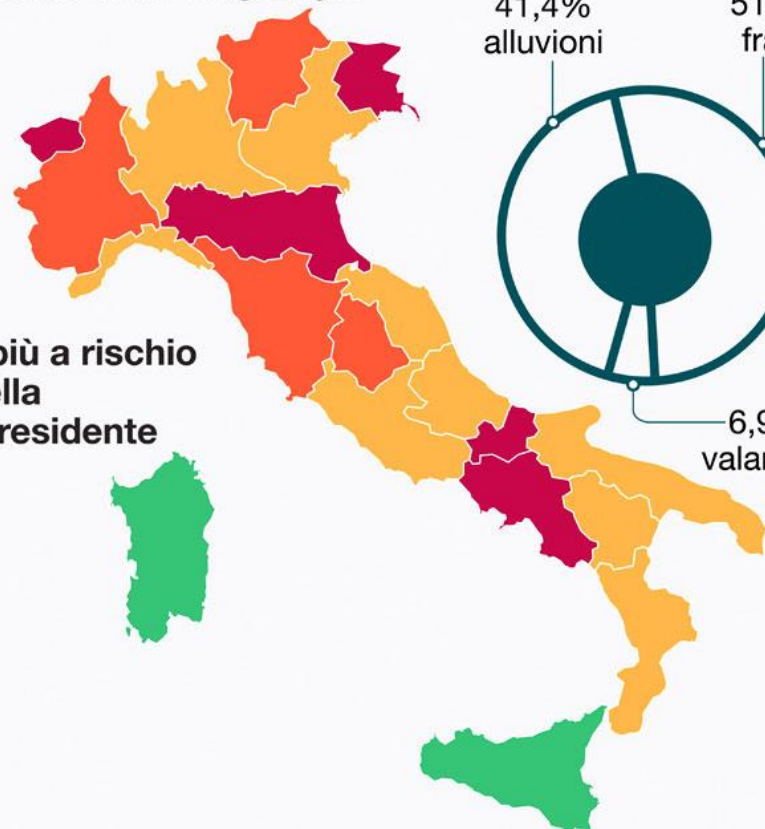
4,2 milioni

3,9 milioni abitazioni  
210mila altri edifici  
34mila capannoni

### A livello regionale

% superficie a elevato rischio idrogeologico

- fino al 5%
- 5-10%
- 10-15%
- 15-20%



### Le province più a rischio sulla base della popolazione residente

- 1 Napoli
- 2 Torino
- 3 Roma
- 4 Caserta
- 5 Venezia

### Le criticità

41,4%  
alluvioni

51,7%  
frane

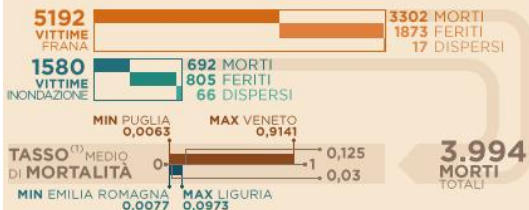


6,9%  
valanghe

# Corso Rischio Idrogeologico

## • Assunti del Problema

VITTIME (PERIODO TRA IL 1963 E IL 2012) | FONTE: IRPI-CNR |



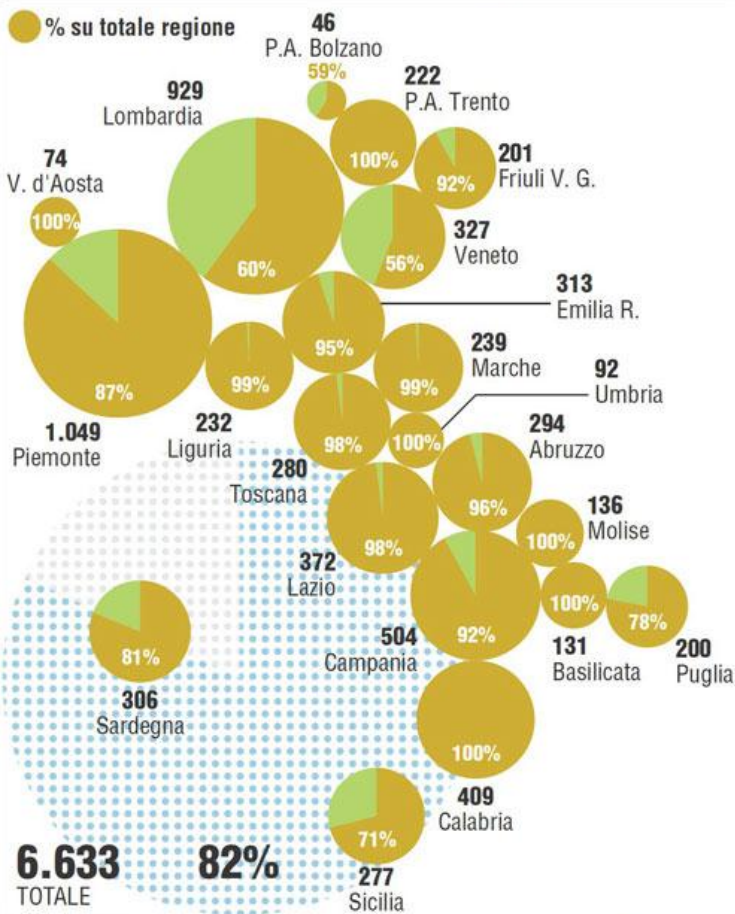
RISCHIO IDROGEOLOGICO (DATI 2011) | FONTE: CRESME |



CONSUMO DEL SUOLO NEL TEMPO (PERIODO TRA GLI ANNI '60 E IL 2010) | FONTE: ISPRA |



## I Comuni a rischio idrogeologico in Italia



ANSA centimetri

### IL COSTO DEL DISSESTO

**61,5** MLD € COSTO COMPLESSIVO DEI DANNI PER FRANE E INONDAZIONI DAL 1944 AL 2012

**40** MLD € FONDI NECESSARI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO

**180** MLN € QUOTA DESTINATA AL DISSESTO IDROGEOLOGICO NELL'ULTIMA LEGGE DI STABILITÀ PER IL TRIENNIO 2014-2016

**8 m<sup>2</sup>/SECONDO** SUPERFICIE CONSUMATA IN ITALIA (NEGLI ULTIMI 5 ANNI)

OGNI 5 MESI CEMENTIFICATA UNA SUPERFICIE PARI AL COMUNE DI NAPOLI

SUPERFICIE URBANIZZATA PRO-CAPITE

**170 m<sup>2</sup>** 1956 PER ABITANTE

**343 m<sup>2</sup>** 2010 PER ABITANTE

**+24%** INCREMENTO POPOLAZIONE

**48.788.140** → **60.626.442** POPOLAZIONE ITALIANA

**6.250** SCUOLE **550** OSPEDALI

NELLE ZONE AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO



## Due facce della stessa medaglia

- Buono e Cattivo utilizzo della Risorsa

Table 1. "Mean" number of victims per year (ICOLD, 2003).

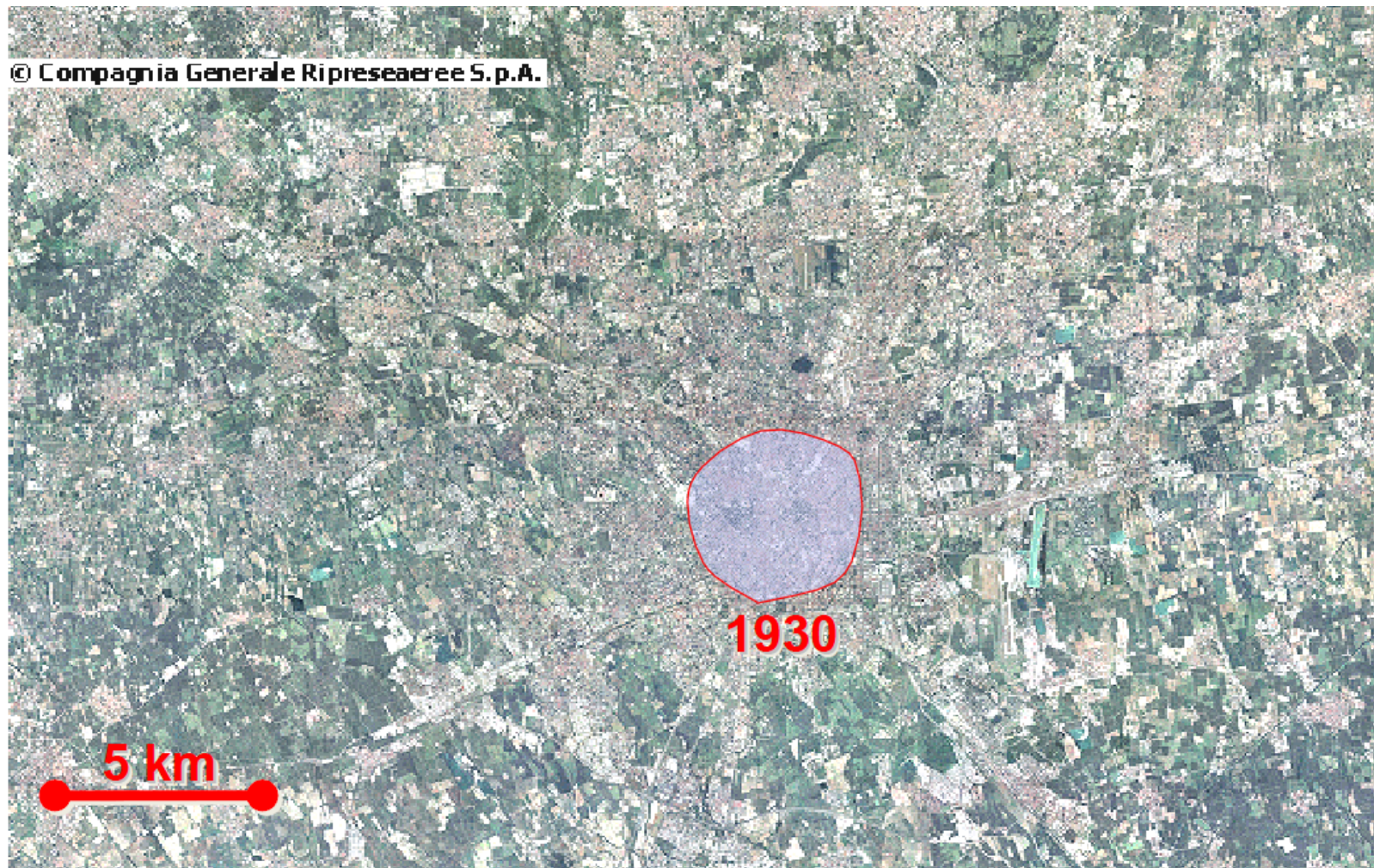
Victims	Countries
0 – 10	Argentina, Australia, Brazil, Canada, France, Ireland, Italy, Netherlands, Norway, South Africa, Sweden, Russia
10 – 20	Spain
50 – 100	Indonesia, USA
100 – 150	Japan
>150	Korea (250), Bangladesh (200), India (1500), China (2000-3000)





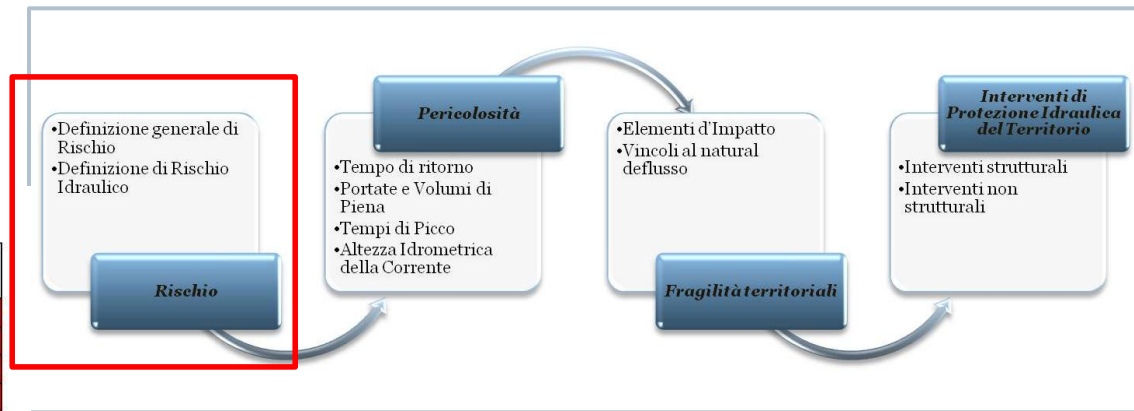
## Un dato di fatto

- Urbanizzazione: Milano



Matrice di Rischio

Frequenza > Consequenze	Molto improb.	Remoto	Occasion.	Probab.	Frequente
Catastrofiche	Yellow	Red	Red	Red	Red
Critiche	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Molto imp.	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Importanti	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Secondarie	Green	Green	Green	Yellow	Yellow



# IL RISCHIO

## Concetto di Rischio

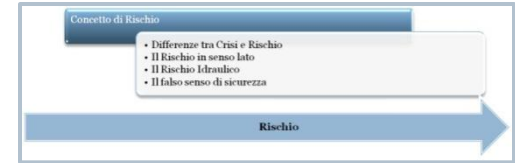
- Differenze tra Crisi e Rischio
- Il Rischio in senso lato
- Il Rischio Idraulico
- Il falso senso di sicurezza

Rischio



## Definizioni

- Crisi e Rischio



**CRISI** = Una crisi è un evento accaduto, o che si prevede possa accadere le cui conseguenze portano ad una situazione instabile e pericolosa . Tale situazione può colpire un individuo, un gruppo, una comunità, o la società intera. Le crisi sono considerate variazioni negative della sicurezza, dell'economia, degli affari politici, sociali o ambientali, soprattutto quando si verificano improvvisamente, con poco o nessun preavviso. Più genericamente, si tratta di un termine che significa un momento di prova o un evento di emergenza



*Wej-ji è l'ideogramma cinese del termine CRISI.*

I cinesi compongono questo ideogramma attraverso la combinazione di due parole: pericolo e opportunità. In nessuna altra lingua è così ben condensato il significato del termine.

**RISCHIO (Treccani)**= Eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili. Quello del rischio è un concetto connesso con le aspettative umane e la loro capacità di predizione/intervento in situazioni non note od incerte.

**RISCHIO (PMIBOK)**= Evento o condizione incerta che, se si dovesse verificare, avrebbe un effetto positivo o negativo sugli obiettivi di progetto.

**Una minaccia una volta che si materializza diventa un danno.**

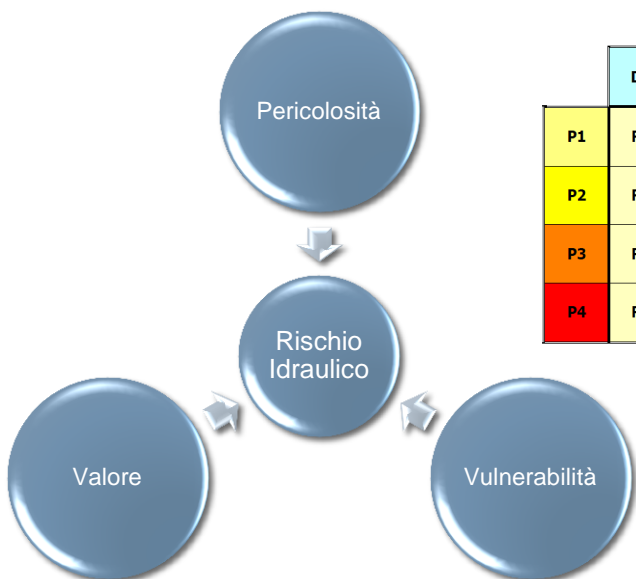
**Un'opportunità una volta che si materializza diventa un beneficio.**

# Definizioni

## • Rischio Idraulico



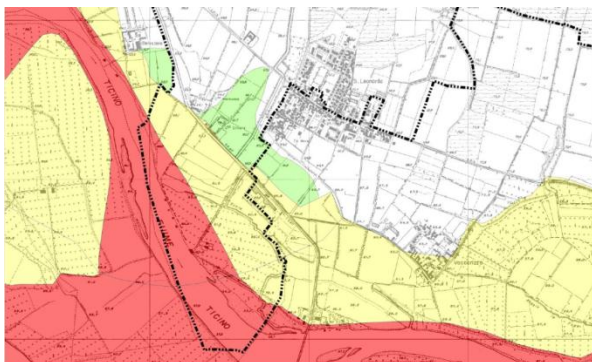
*Rischio Idraulico, corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici (possibili eventi alluvionali) lungo i corsi d'acqua principali. (<http://www.protezionecivile.gov.it>).*



	D1	D2	D3	D4
P1	R1	R1	R1	R1
P2	R1	R2	R2	R3
P3	R1	R2	R3	R4
P4	R1	R3	R4	R4



Classi di esposizione	Tipologia elementi a rischio
<b>E1</b>	Aree disabitate o improduttive; demanio pubblico non edificato e/o edificabile
<b>E2</b>	Aree con limitata presenza di persone; edifici isolati; infrastrutture viarie minori; zone agricole o a verde pubblico
<b>E3</b>	Nuclei urbani non densamente popolati; insediamenti industriali, artigianali e commerciali minori; infrastrutture viarie secondarie (strade statali, provinciali e comunali)
<b>E4</b>	Centri urbani; grandi insediamenti industriali e commerciali; beni architettonici, storici e artistici; principali infrastrutture viarie; servizi di rilevante interesse sociale; zona campeggi e villaggi turistici



Rischio		Descrizione
<b>R1</b>	<b>Nulla o basso</b>	Rischio trascurabile
<b>R2</b>	<b>Moderato</b>	Rischio socialmente tollerabile (non sono necessarie attività di prevenzione)
<b>R3</b>	<b>Alto</b>	Rischio non socialmente tollerabile (sono necessarie attività di prevenzione)
<b>R4</b>	<b>Molto alto</b>	Rischio di catastrofe (sono necessarie attività di prevenzione con assoluta priorità)



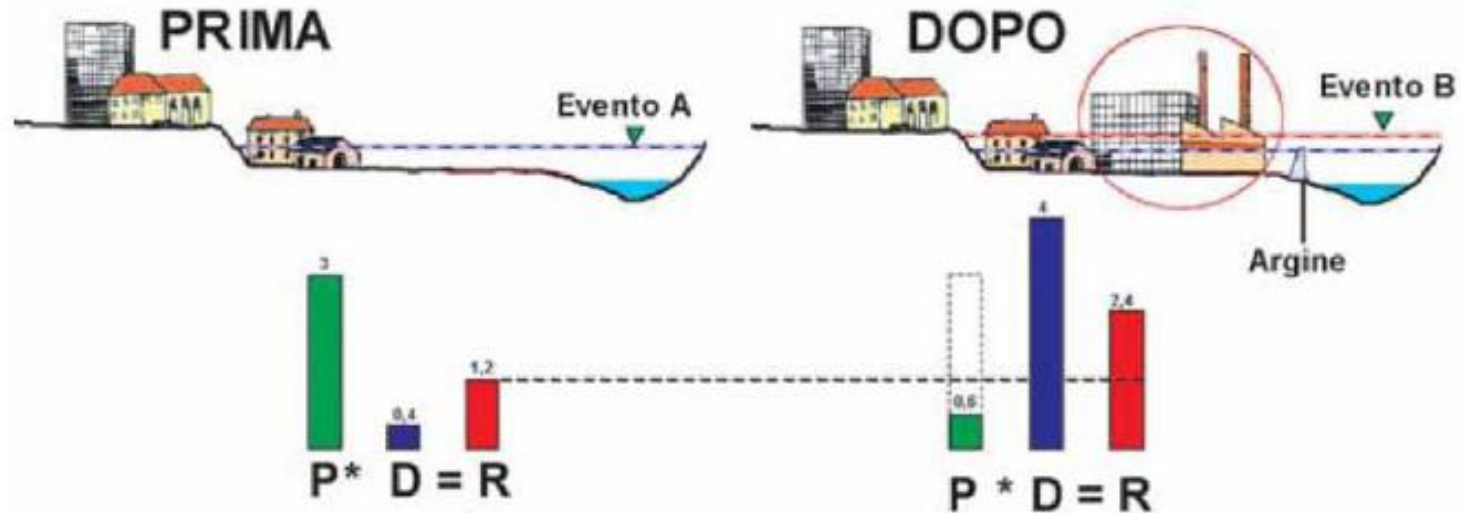
## Definizioni

- Rischio Idraulico – Falso senso di sicurezza

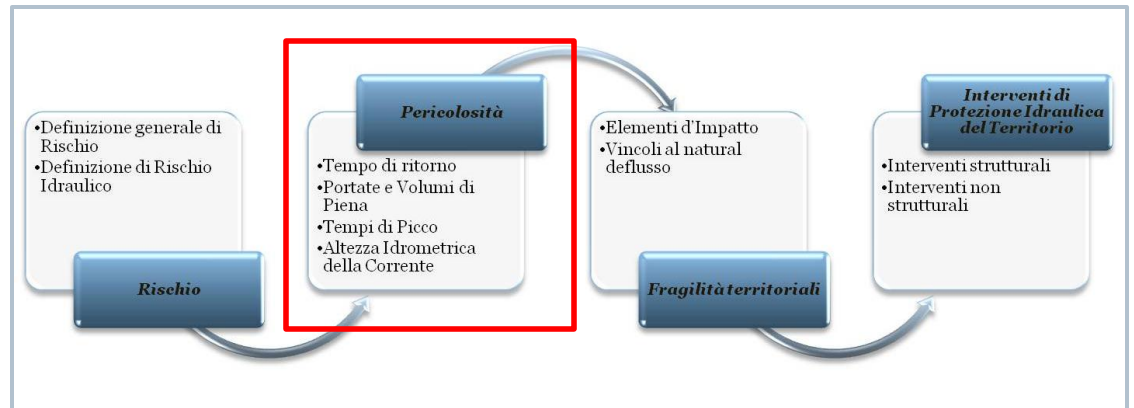
### Concetto di Rischio

- Differenze tra Crisi e Rischio
- Il Rischio in senso lato
- Il Rischio Idraulico
- Il falso senso di sicurezza

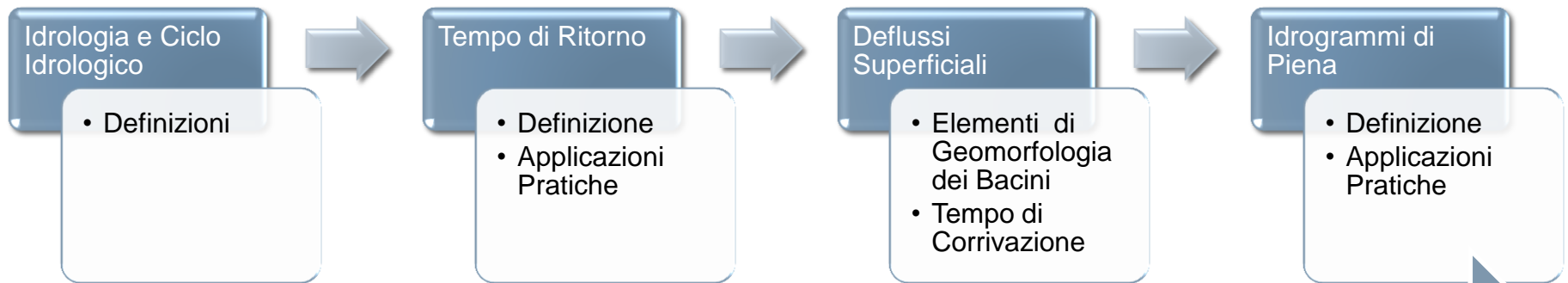
Rischio



**Maggior protezione può portare a ... maggior rischio!** Un dato Evento A che prima produceva danno (figura a sinistra), ora dopo la realizzazione della protezione arginale (figura di destra) è neutralizzato perché la portata è contenuta in alveo. Esiste però un evento superiore (Evento B), di minor probabilità, ma sempre possibile che supera la protezione. Poiché l'illusorio senso di sicurezza fornito dall'argine ha indotto l'urbanizzazione dell'area (cerchio a destra), sono aumentati sia il danno potenziale sia il rischio complessivo. La colonna rossa nella parte inferiore della figura a destra è più alta della analoga a sinistra. Se ad esempio la frequenza di inondazione dell'area si riduce di 5 volte (Tr da 30 a 150 anni) ma, in caso di inondazione il danno aumenta di 10 volte, allora si ha una raddoppio del rischio complessivo.  $P$  = probabilità degli eventi che superano una certa soglia di danno,  $D$  = danno corrispondente,  $R$  = rischio (Illustrazione: A. Nardini)



# PERICOLOSITÀ ED ANALISI IDROLOGICA



Pericolosità e Analisi Idrologica



## Definizioni

- Tempo di ritorno



Si definisce “tempo di ritorno”  $T(x)$  il numero di intervalli di tempo che, mediamente in senso statistico, intercorre tra due eventi in cui viene raggiunto o superato il prefissato valore di soglia  $x$  della variabile aleatoria considerata.

$$T(x) = \frac{1}{P'(x)} = \frac{1}{1 - P(x)}$$

con  $P'(x)$  probabilità di superamento di un determinato valore di soglia.

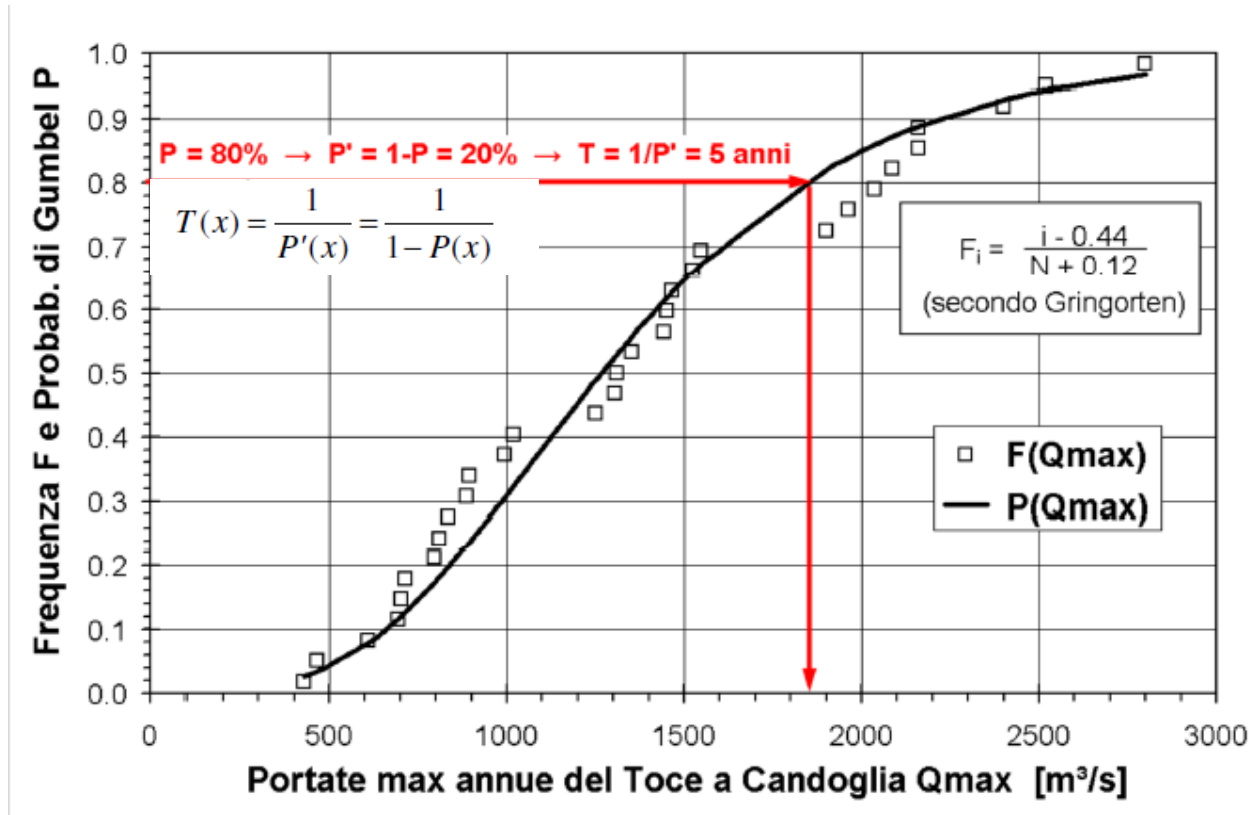
Se ad esempio la probabilità di superamento vale  $P'(x) = 20\%$  allora il corrispondente tempo di ritorno vale  $T(x) = 5$  anni.

NOTA: L'uso del tempo di ritorno può in qualche caso indurre in errore, a causa della non perfetta comprensione del fatto che esso esprime un intervallo di tempo medio statistico.

T [anni]	$P'(x)$
1.00	100.00%
10.00	10.00%
20.00	5.00%
50.00	2.00%
100.00	1.00%
200.00	0.50%
500.00	0.20%
1000.00	0.10%
10000.00	0.01%

## Definizioni

- Tempo di ritorno



Per esempio, dire che la portata di piena, con tempo di ritorno 5 anni, del Toce a Candoglia è pari a 1850 m<sup>3</sup>/s, significa che in tale sezione fluviale la portata di piena supera questo valore **MEDIAMENTE** sul lungo periodo una volta ogni 5 anni.

## Definizioni

- Rischio Idrologico

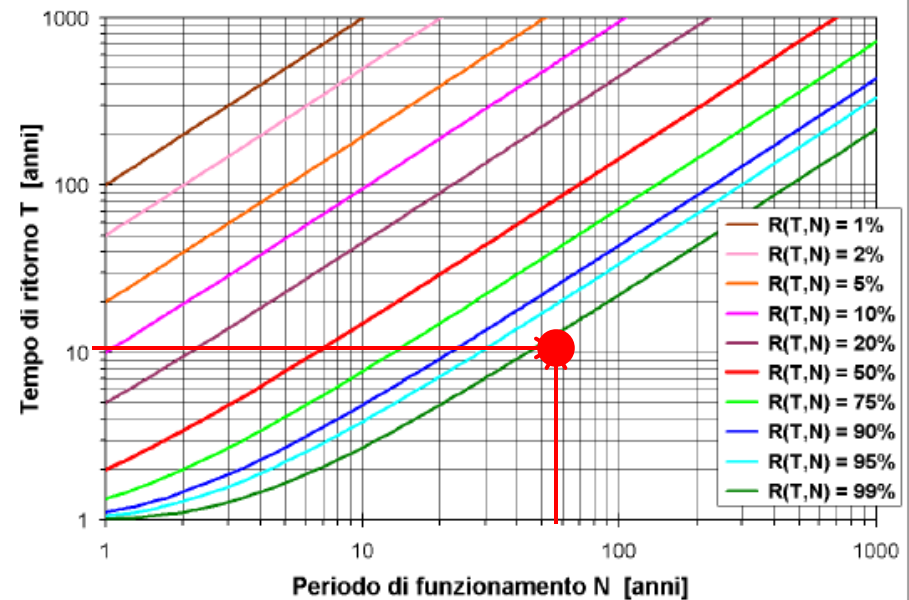


Si definisce **“rischio d’insufficienza in N anni”**  $R(N, T(x))$  la probabilità che in N anni venga uguagliato o superato il prefissato valore di soglia  $x$  della variabile aleatoria considerata, il quale ha tempo di ritorno  $T(x)$ .

$$R(N, T(x)) = 1 - \left[ 1 - \frac{1}{T(x)} \right]^N$$

T [anni]	Durata N [anni]				
	10	20	50	100	200
2	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00
5	89,26	98,85	100,00	100,00	100,00
10	65,13	87,84	99,48	100,00	100,00
20	40,13	64,15	92,30	99,41	100,00
50	18,29	33,24	63,58	86,74	98,24
100	9,56	18,21	39,42	63,40	86,60

Se l’opera è progettata per durare 50 anni e la piena di riferimento ha un tempo di ritorno di 10 anni, vi è la probabilità del 99.48% che l’opera andrà in crisi almeno una volta durante la sua vita attesa (50 anni).

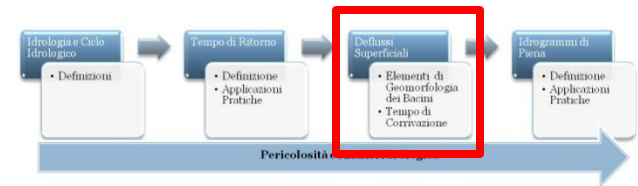


Se la vita attesa dell’opera è uguale al tempo di ritorno della piena di riferimento, la probabilità d’insufficienza è del 60-65%, dipende dai casi.



## Deflussi Superficiali

- Bacino Idrografico



***Il bacino idrografico è definito come quella porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una fissata sezione di un corso d'acqua, definita sezione di chiusura del bacino.***

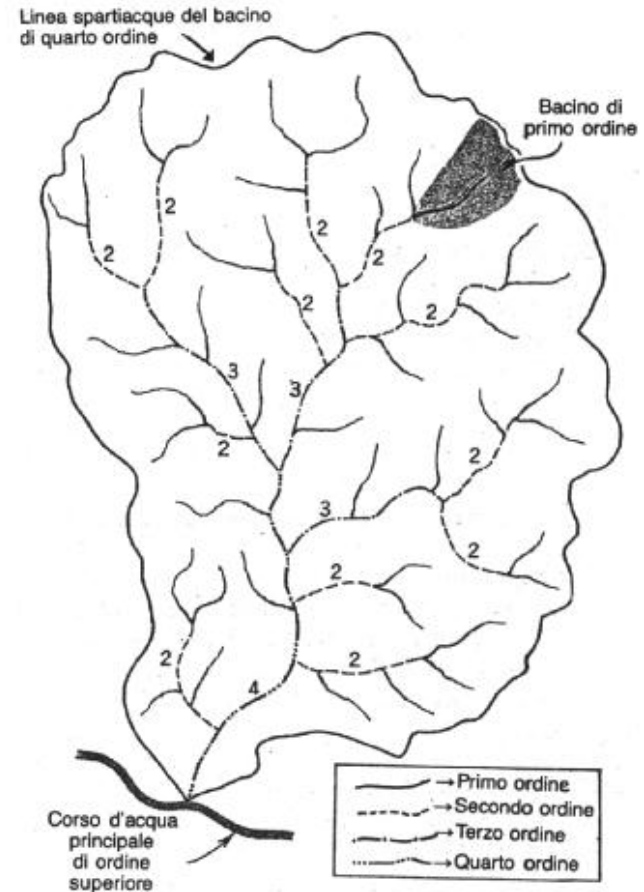


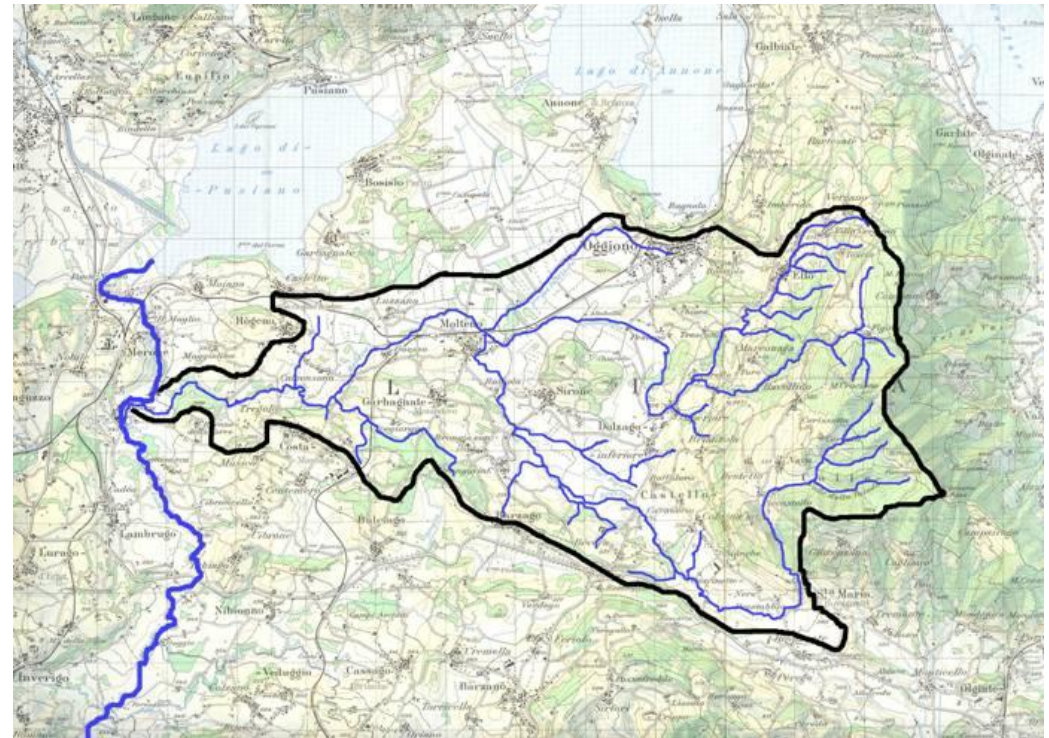
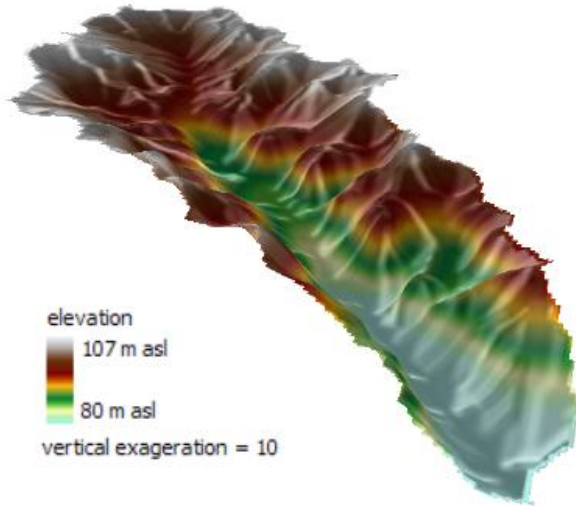
Fig. 1.7 - Schema della gerarchizzazione di un reticolo idrografico

# Deflussi Superficiali

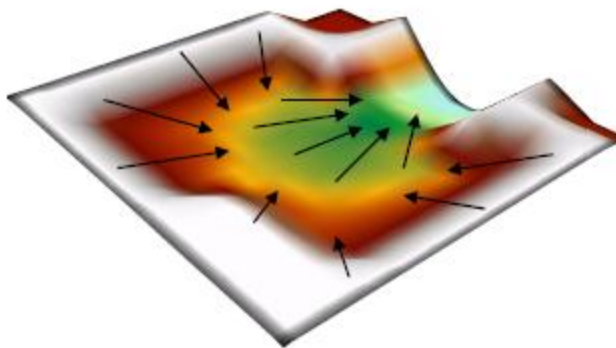
- Bacino Idrografico



Si definisce *destra o sinistra idrografica* di un corso d'acqua ponendosi nel punto di vista di un osservatore con spalle a monte, ovvero che osserva il corso d'acqua nella direzione della corrente.

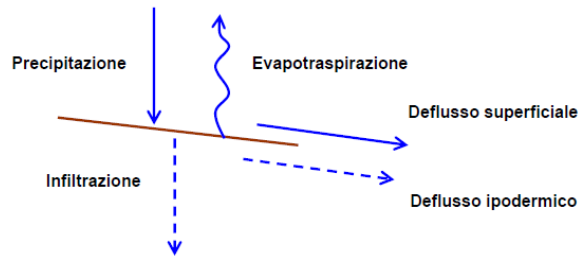


Es: Il **Torrente Bevera** è un affluente di sinistra del **Fiume Lambro** nel quale confluisce in prossimità di **Baggero** (frazione del comune di Merone) dopo un percorso di circa 22 km.



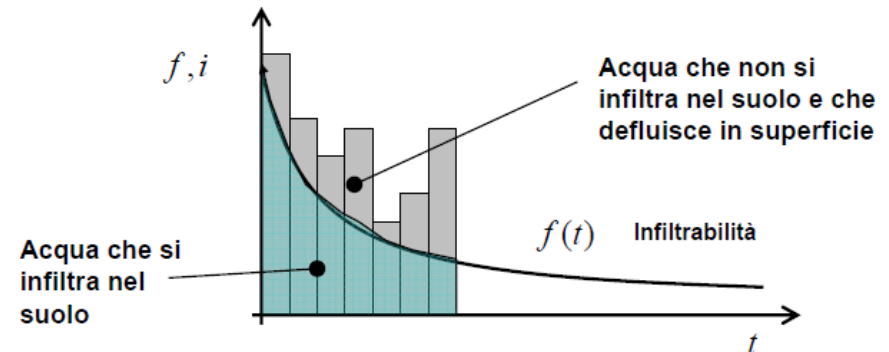
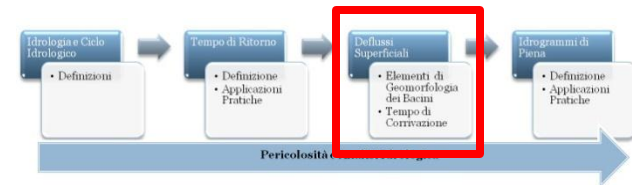
## Deflussi Superficiali

- Leggi di filtrazione



tipo di superficie	$\phi$
tetti impermeabili	0,70 ÷ 0,95
pavimentazioni d'asfalto ben tenute	0,85 ÷ 0,90
pavimentazioni di pietra, laterizi o legno con buone connesure di cemento	0,75 ÷ 0,85
pavimentazioni di pietra, laterizi o legno con giunti aperti o non cementati	0,50 ÷ 0,70
pavimentazioni a blocchi sconnessi con giunti aperti	0,40 ÷ 0,50
strade di macadam	0,25 ÷ 0,60
strade e viali di ghiaietto	0,15 ÷ 0,30
superfici non pavimentate, piazzali ferroviari, terreni non edificati	0,10 ÷ 0,30
parchi, giardini, prati, a seconda della pendenza e della natura del suolo	0,05 ÷ 0,25
aree boschive e foreste, a seconda della pendenza e della natura del suolo	0,01 ÷ 0,20

tipologia urbanistica	$\phi$
edifici densi	0,8
edifici spaziosi	0,6
costruzioni con grandi cortili e superfici a giardini	0,5
villini	0,3 ÷ 0,4
giardini, prati e zone non edificate	0,2
parchi e boschi	0,05 ÷ 0,1

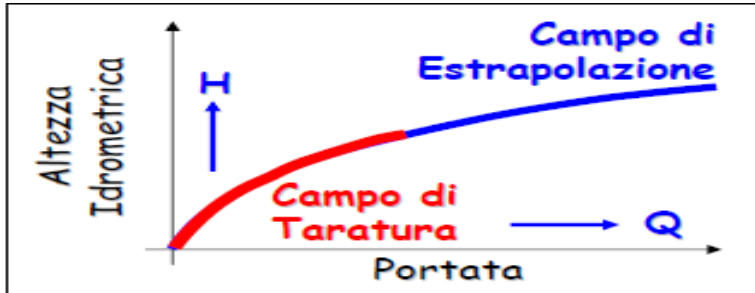
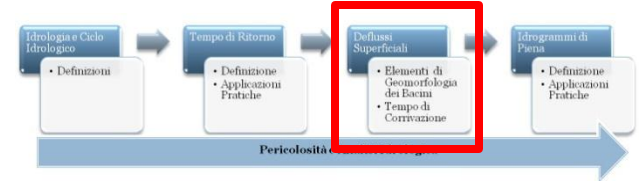


Superficie	J	Tempo di ritorno						
		2	5	10	25	50	100	500
<b>Aree urbanizzate</b>								
bitumate		0,75	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
calcestruzzo/tetti		0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Aree a verde in cattive condizioni (copertura erbacea inferiore al 50% dell'area)</b>								
	0+2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
	2+7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
	>7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<b>Aree a verde in discrete condizioni (copertura erbacea tra il 50% e il 75% dell'area)</b>								
	0+2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
	2+7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
	>7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<b>Aree a verde in buone condizioni (copertura erbacea superiore al 75% dell'area)</b>								
	0+2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
	2+7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
	>7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Aree rurali</b>								
terreno coltivato	0+2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
	2+7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
	>7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
pascoli	0+2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
	2+7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
	>7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
foreste	0+2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
	2+7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
	>7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

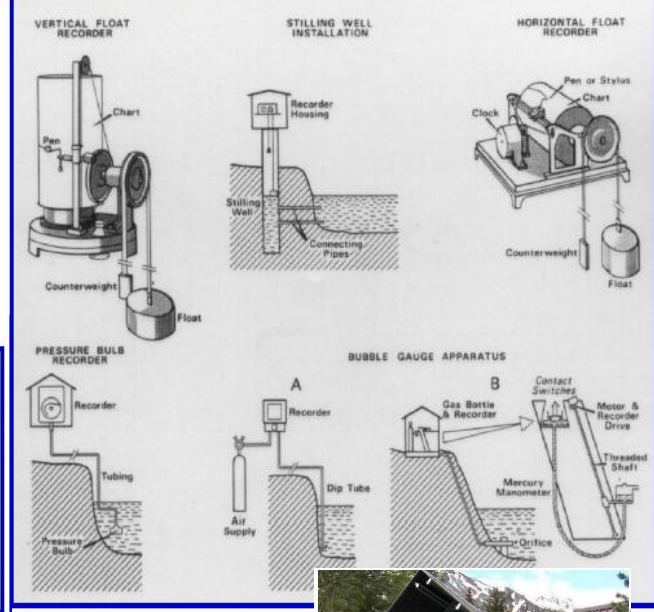


# Deflussi Superficiali

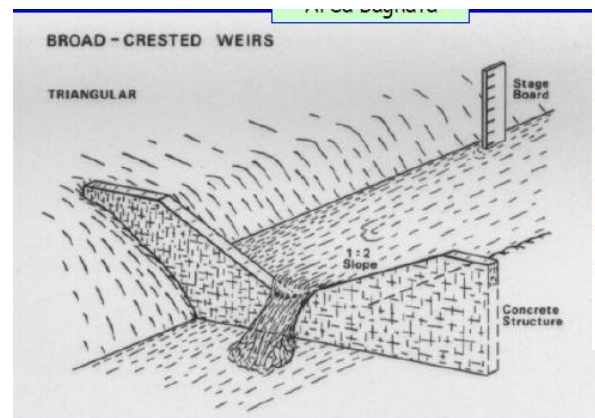
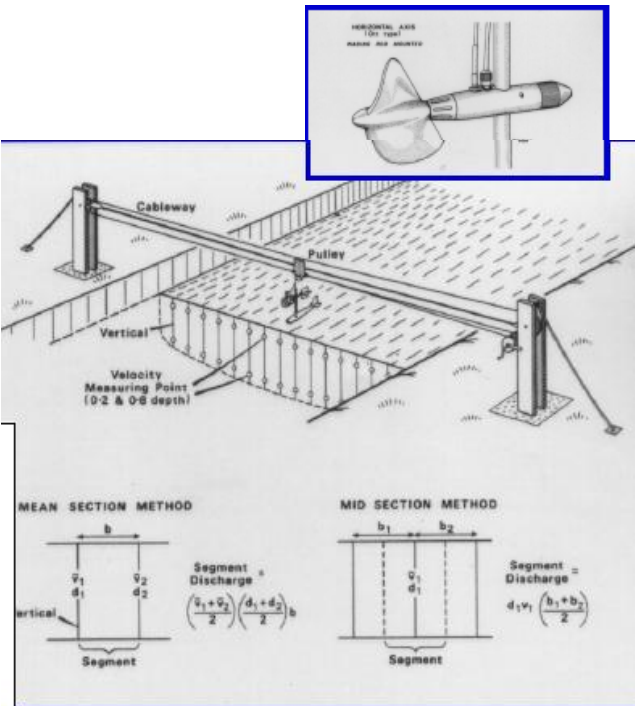
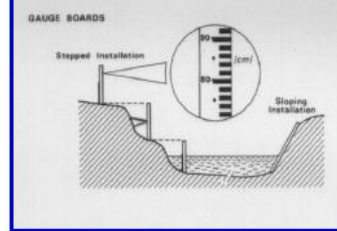
- Misurazione dei portata



## IDROMETROGRAFI



## ASTE IDROMETRICHE



# Deflussi Superficiali

- Annali Idrologici



Tabella V. — Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi

Anno 1947

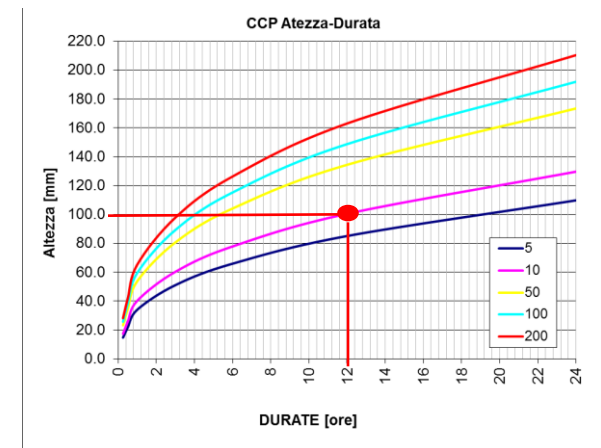
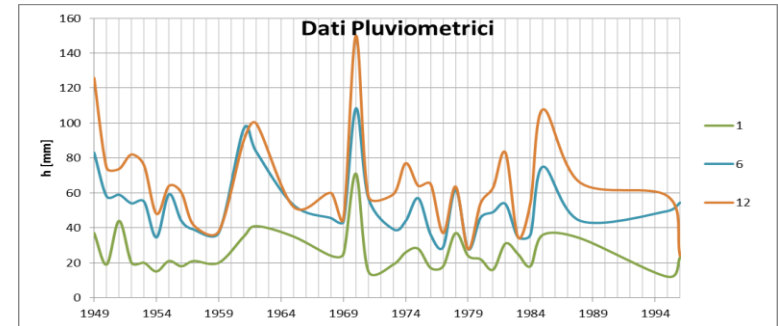
BACINO PRINCIPALE E SECONDARI	STAZIONE	Altezza sul mare m	INTERVALLO DI ORE																		
			0,30			1			3			6			12			24			
			INIZIO			INIZIO			INIZIO			INIZIO			INIZIO			INIZIO			
			mm	Giorno e mese	Ora	mm	Giorno e mese	Ora	mm	Giorno e mese	Ora	mm	Giorno e mese	Ora	mm	Giorno e mese	Ora	mm	Giorno e mese	Ora	
<b>BACINI MINORI E PIANURA FRA ADDA E LAMBRO</b> fra Adda e Lambro	Codogno	58	26.0	22 giu.	17.30	36.4	26 set.	7.00	48.4	26 set.	5.00	51.4	26 set.	2.00	98.6	25 set.	20.00	141.2	25 set.	8.00	
	<b>LAMBRO</b> Lambro	88	42.6	26 set.	0.80	46.8	25 set.	0.00	88.6	25 set.	0.00	119.6	25 set.	0.00	161.0	24 set.	21.00	208.6	24 set.	10.00	
	Olona	212	20.0	18 lug.	23.00	81.0	18 lug.	23.00	67.0	25 set.	23.00	114.0	25 set.	20.00	192.4	25 set.	14.00	212.4	25 set.	11.00	
<b>BACINI MINORI E PIANURA FRA LAMBRO E TICINO</b> fra Lambro e Ticino	Busto Arsizio	224	40.0	20 lug.	12.80	54.6	20 lug.	12.00	71.0	20 lug.	12.00	100.0	26 set.	4.00	154.0	25 set.	23.00	175.2	25 set.	12.00	
	Id. Marcallo	159	82.0	25 set.	23.30	89.0	25 set.	23.30	65.2	25 set.	22.00	68.2	25 set.	19.00	98.0	25 set.	18.00	120.0	25 set.	18.00	
<b>TICINO LAGO MAGGIORE</b> Lago Maggiore	Cannobio	220	30.4	5 giu.	14.00	27.4	5 giu.	14.00	39.6	5 giu.	14.00	43.4	26 set.	6.00	69.6	26 set.	24.00	108.2	26 set.	15.00	
	Lago di Lugano	298	22.0	4 ago.	21.80	42.0	4 ago.	21.00	58.0	4 ago.	20.00	58.0	4 ago.	20.00	60.0	24 set.	6.00	97.0	24 set.	6.00	
	Toce	657	19.4	8 lug.	5.80	20.4	8 lug.	5.30	32.8	5 ago.	12.00	55.0	26 set.	6.00	98.4	26 set.	0.00	164.0	25 set.	12.00	
	Id. Domodossola	277	15.0	28 giu.	0.80	25.4	28 giu.	0.00	35.0	26 set.	2.00	64.0	26 set.	23.00	75.0	26 set.	18.00	187.2	25 set.	12.00	
<b>AGOGNA</b> Agogna	Borgomanero	866	26.6	21 ago.	19.00	32.2	21 ago.	19.00	36.4	21 ago.	19.00	58.0	26 set.	2.00	84.0	25 set.	22.00	116.4	25 set.	14.00	
	Id.	213	20.0	20 lug.	0.00	26.0	20 lug.	0.00	38.0	26 set.	4.00	55.0	26 set.	1.00	93.0	26 set.	19.00	108.8	25 set.	12.00	
	Id. Novara	164	30.0	26 set.	6.30	39.0	26 set.	6.30	50.8	26 set.	5.00	59.0	26 set.	2.00	89.0	25 set.	21.00	108.0	25 set.	12.00	
<b>SEZIA</b> Sesia	Campertogno	850	20.0	25 set.	23.00	29.0	25 set.	23.00	62.0	25 set.	22.00	118.0	25 set.	20.00	178.0	25 set.	14.00	272.0	25 set.	11.00	
	Sermezza	906	18.6	25 ago.	23.30	23.0	26 set.	1.00	65.0	26 set.	0.00	102.0	25 set.	23.00	162.0	25 set.	20.00	253.0	25 set.	8.00	
	Mastallone	752	40.0	9 lug.	23.00	46.0	9 lug.	23.00	56.0	26 set.	2.00	101.0	26 set.	2.00	136.0	25 set.	23.00	250.0	25 set.	9.00	
	Sesia	453	24.0	7 lug.	22.30	27.6	7 lug.	22.30	68.6	5 ago.	14.00	76.0	29 mar.	12.00	115.6	29 mar.	6.00	180.0	25 set.	9.00	
	Id.	848	17.0	26 set.	7.00	25.6	26 set.	7.00	44.0	26 set.	5.00	73.0	26 set.	2.00	113.0	25 set.	5.10	140.0	25 set.	7.00	
	Cervo	1180	20.0	7 lug.	23.10	25.6	7 lug.	23.00	40.0	25 set.	9.00	72.0	25 set.	11.00	128.0	25 set.	8.80	209.0	24 set.	23.00	
	Id.	370	21.0	8 lug.	23.50	29.0	8 lug.	23.50	45.0	8 lug.	23.50	48.0	26 set.	17.00	52.6	26 set.	9.00	84.6	25 set.	22.10	
	Sesia	185	24.2	22 giu.	18.20	33.0	22 giu.	18.00	35.2	22 giu.	17.00	35.0	22 giu.	17.00	44.6	24 ott.	0.00	78.0	24 ott.	2.00	
	<b>DORA BALTEA</b> Grand' Eyvia	Liljaz	1600	16.2	2 lug.	18.30	21.0	26 set.	2.00	53.0	26 set.	1.00	98.0	26 set.	1.00	188.0	25 set.	19.00	217.6	25 set.	9.00
		Dora Baltea	588	15.4	8 lug.	0.10	15.8	7 lug.	23.40	26.6	26 set.	2.00	46.6	26 set.	0.00	85.0	25 set.	19.00	118.0	25 set.	14.00
Id. S. Marcel		680	12.0	26 set.	3.30	15.0	26 set.	3.00	33.0	26 set.	3.00	55.6	26 set.	1.00	77.0	25 set.	19.00	107.0	25 set.	12.00	

# Deflussi Superficiali

- Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP)



ANNI	Dati Stazione						
	15	30	1	3	6	12	24
1996			23	50.4	54.4	24	67.6
1995	6	11.6	12	17.2	49.6	58.2	70.8
1990	13.8		15				
1989	27.8						
1988		27	34	42.6	44	65.8	67.6
1985			36	50	75	107.8	138.8
1984			18	22.4	36	54.2	66.4
1983			25	25.4	34.6	34.6	61.6
1982			31	49	53.6	83	83.6
1981			16	39	49	63	72
1980	12		22	43	45.8	54	81
1979			24	27.8	27.8	27.8	28
1978	10.6		37	41	62	63.6	67
1977	10.6		18	21	29	37	53
1976		15.6	17	28.6	36	65	92
1975			28	49	57	64	68.4
1974			26	38.6	44	77	113
1973			19	27.6	39.2	59.2	77.4
1971	11.6		15	25	57	58	69.2
1970		12	71	106	108.4	150	150.2
1969		25	25	36	43.6	45.4	52.2
1968	14	21.4	24	42	45.6	60	94
1965			35	52	53	52	77
1963		13					
1962	11		41	67	83.6	99.7	110.7
1961	9	20	35	70	96.6	90	135
1960		22	20				
1959	9	17	20	22	37.2	38	55
1958		12	13				
1957	7	17.8	21	39	39	41.4	48.2
1956	6.6	13.6	18	24	44	60.2	80.6
1955	11	14.6	21	39	59.2	64	74.2
1954	6	11	15	28.5	34.5	48	63.2
1953	16.5		20	34.5	55	75.8	78
1952	14	19	20	40	54	82	100.5
1951		14	44	57.2	59	73.7	86.4
1950		10	19	45	58	74.3	75.3
1949		19	37	70.8	83	125.8	170.7



**La soglia 80 mm (Tr 5 anni) è raggiunta e superata 7 volte in 33 anni registrati .**



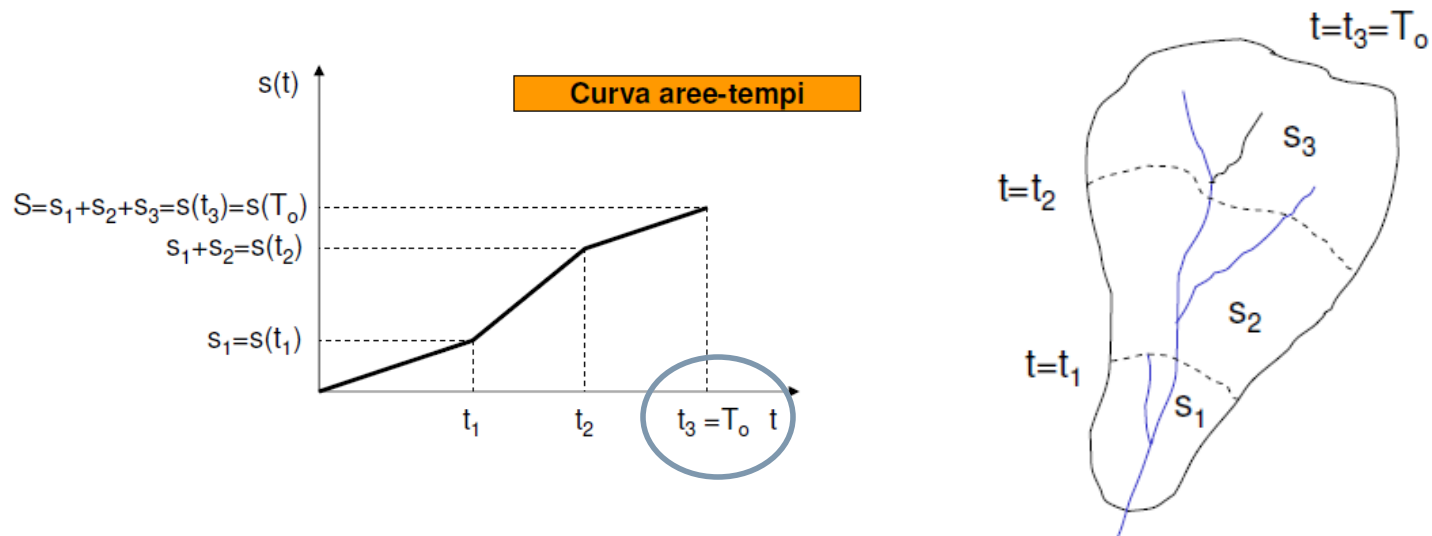
## Deflussi Superficiali

- Tempo di Corrivazione



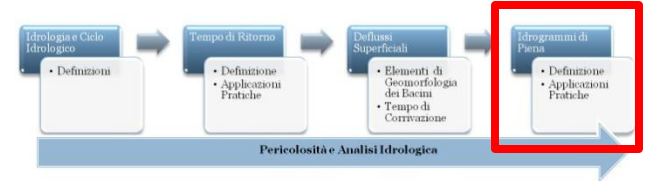
**Il tempo di corrivazione** valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio (naturale o artificiale) **è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta, nel punto idrologicamente più lontano, a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame.**

Il tempo di corrivazione varia in funzione delle caratteristiche topografiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso.

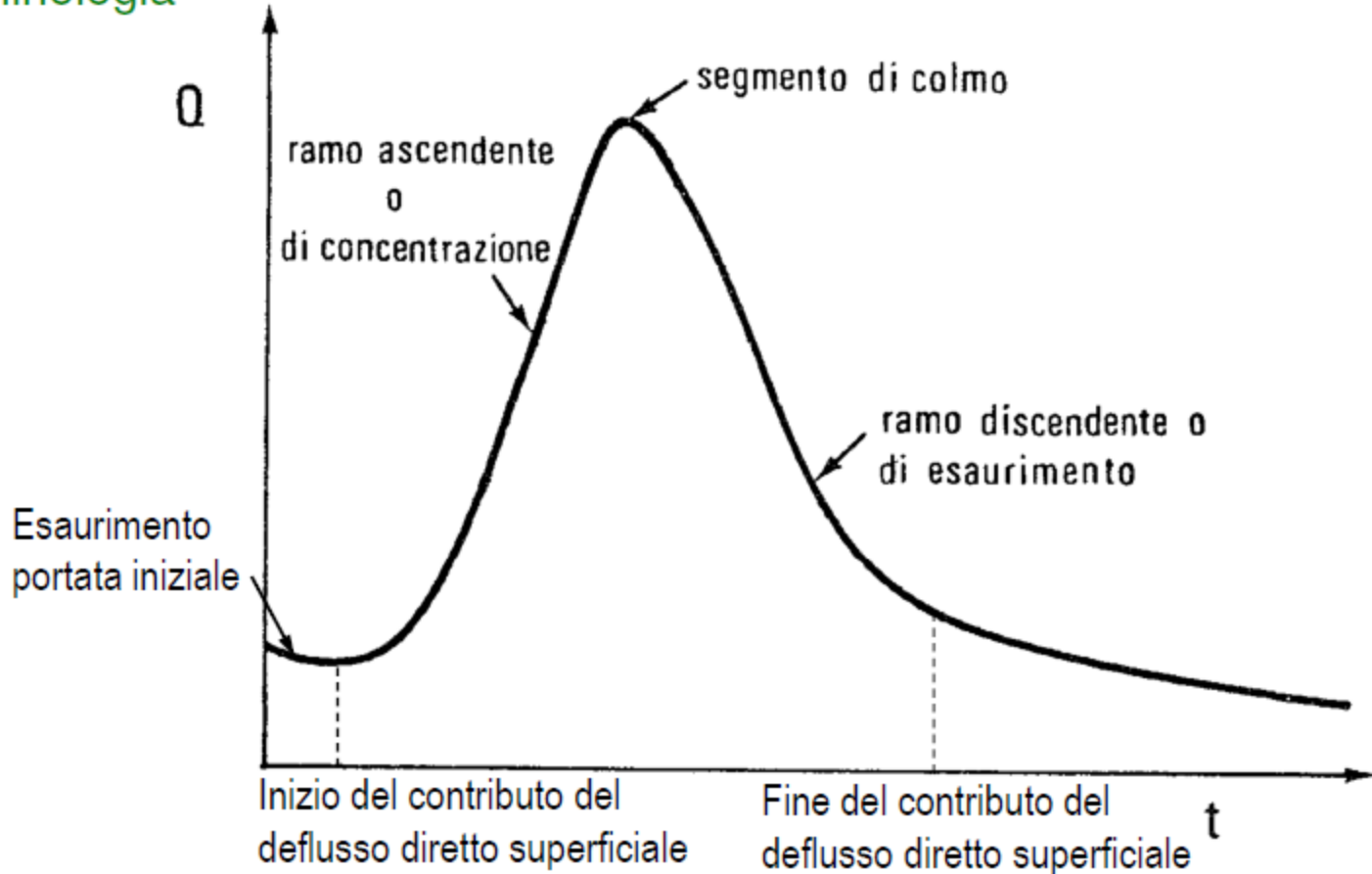


# Deflussi Superficiali

- Idrogrammi di Piena

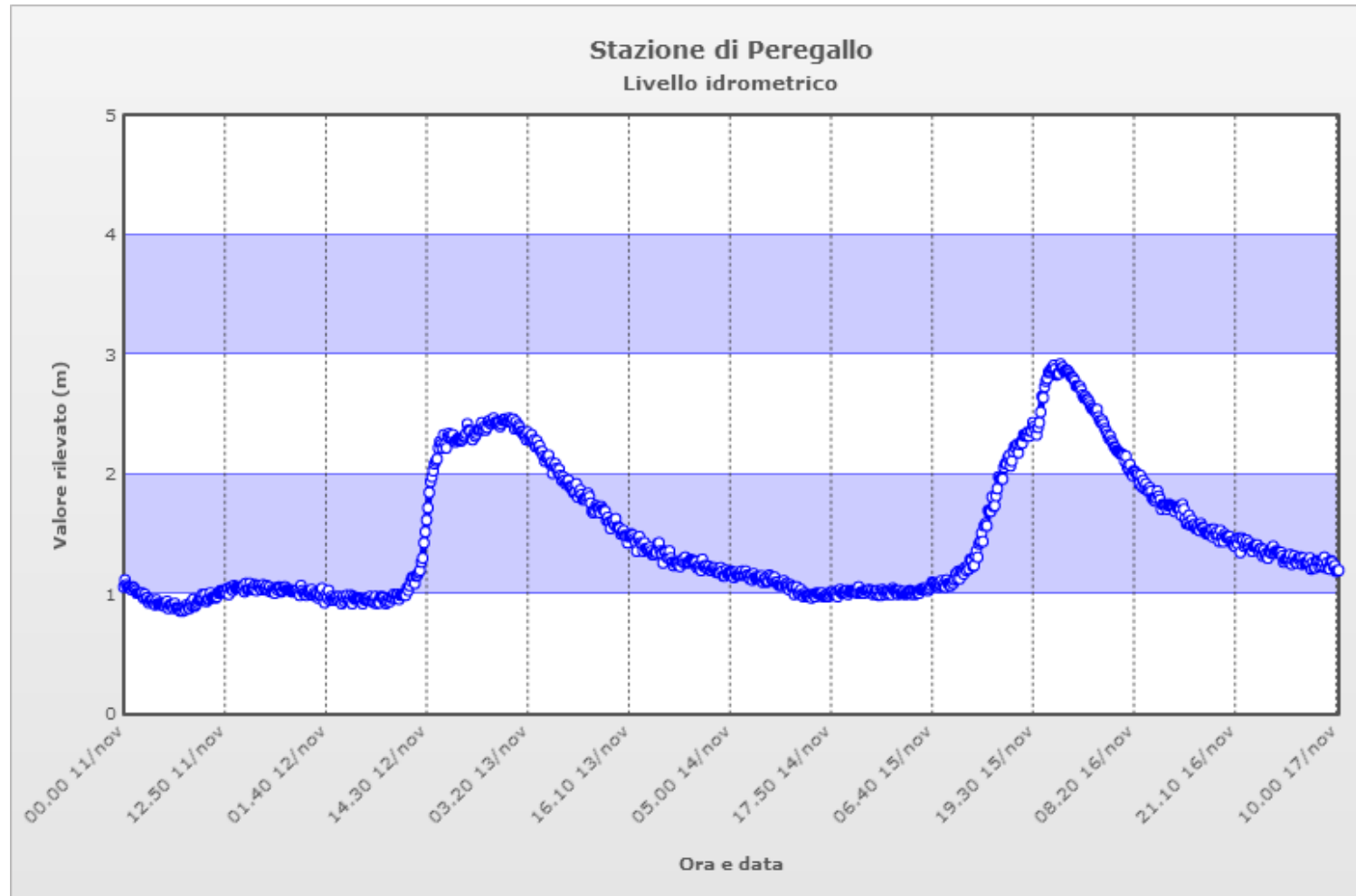
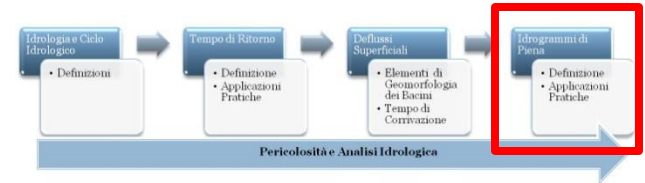


## Terminologia

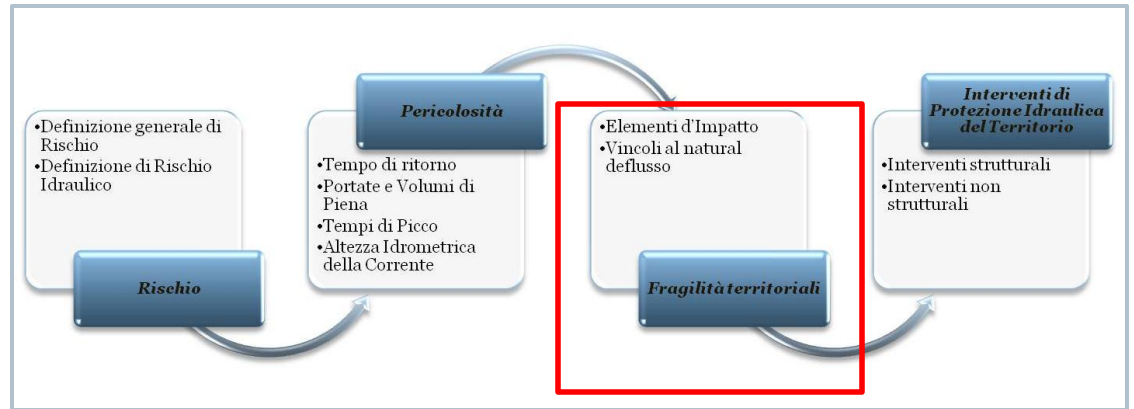


# Deflussi Superficiali

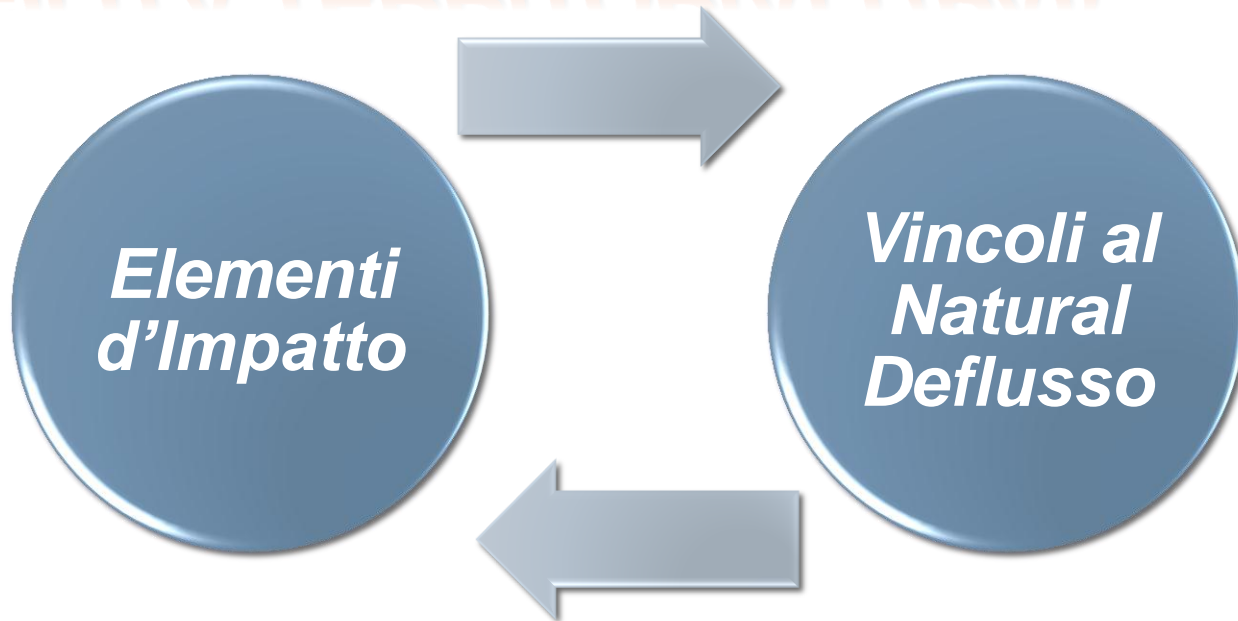
- Idrogrammi di Piena – Esempio Lambro







# FRAGILITÀ TERRITORIALI (PAI)



## Fragilità territoriali

- Esempio di Fragilità territoriale – PAI



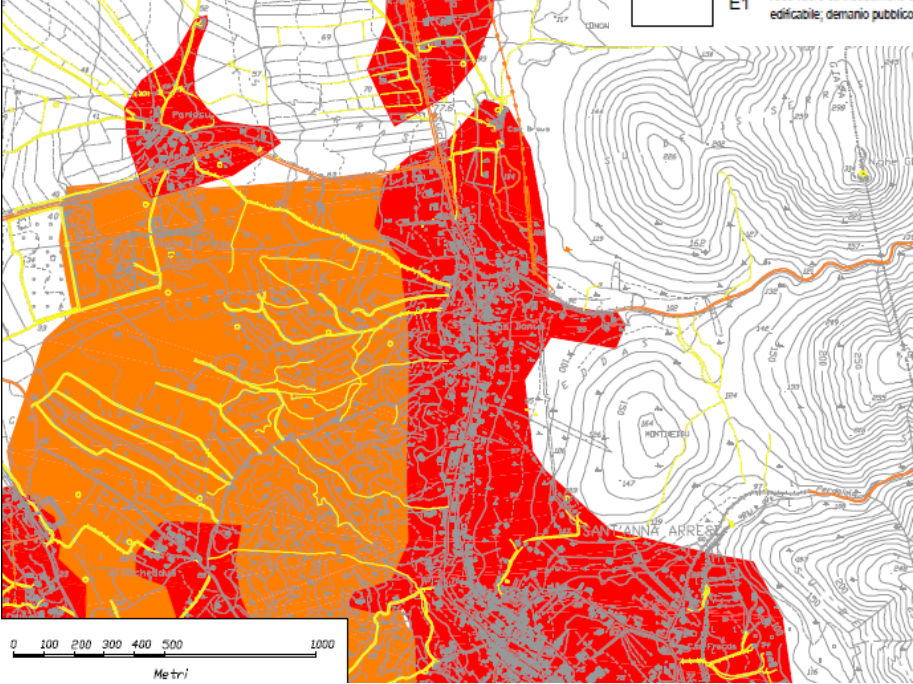
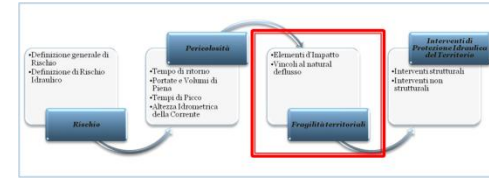
Tabella 6. Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso.

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0.25
E2	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie	0.50
E3	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.	0.75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici	1.00

In generale maggiore è il danno atteso ( € ) maggiore è la fragilità territoriale

# Fragilità territoriali

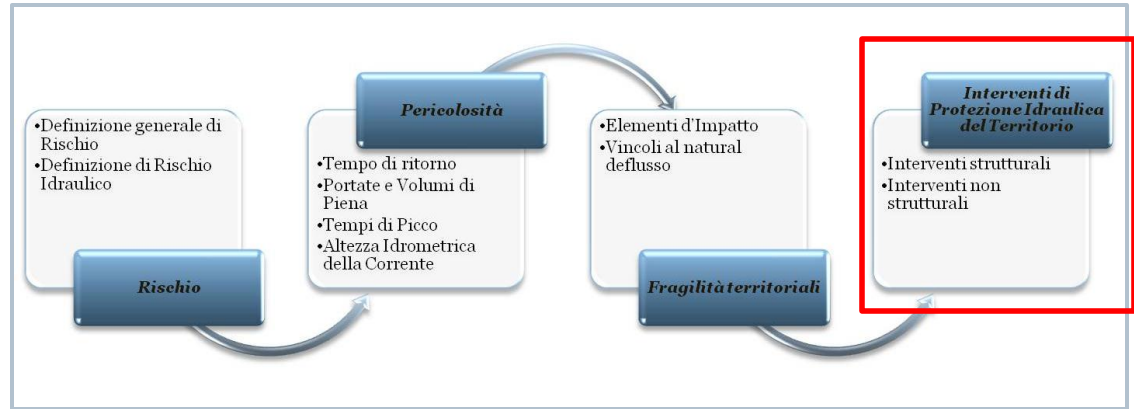
- Esempio di Fragilità territoriale – PAI



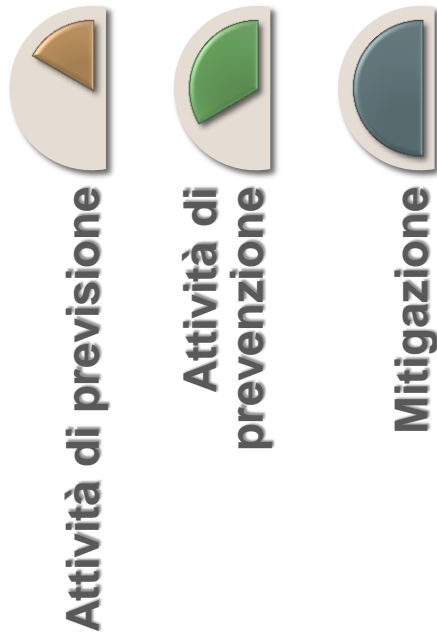
- ### Legenda
- E4** Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20 % della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); discariche speciali o tossico-nocive; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici.
  - E3** Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava
  - E2** Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi. Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato, Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie
  - E1** Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato eto edificabile







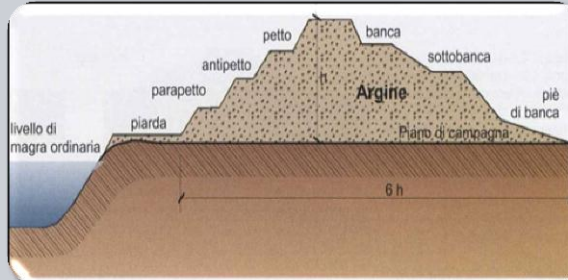
# INTERVENTI DI PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO





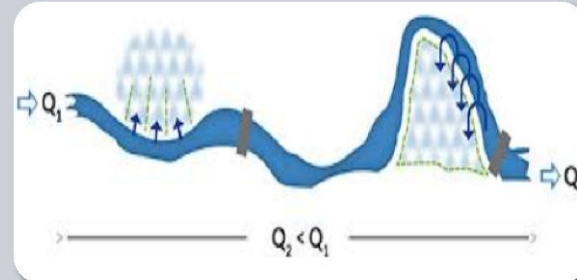
## Protezione Idraulica del Territorio

- Attività di mitigazione



### Aumento capacità idraulica

- Arginature
- Ricalibrazione
- Rettifiche Fluviali (Drizzagni)



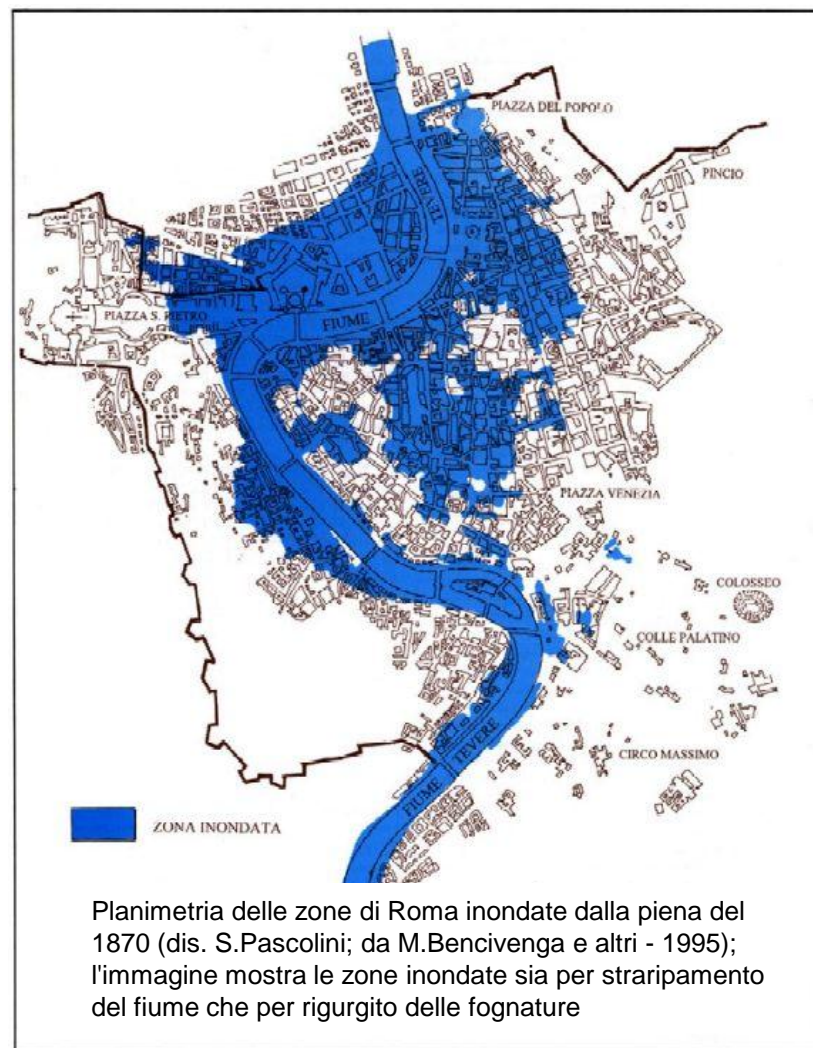
### Riduzione della portate massime

- Diversivi
- Scolmatori
- Serbatoi di laminazione
- Casse d'espansione

## Protezione Idraulica del Territorio

- I Muraglioni del Tevere (1 di 3)

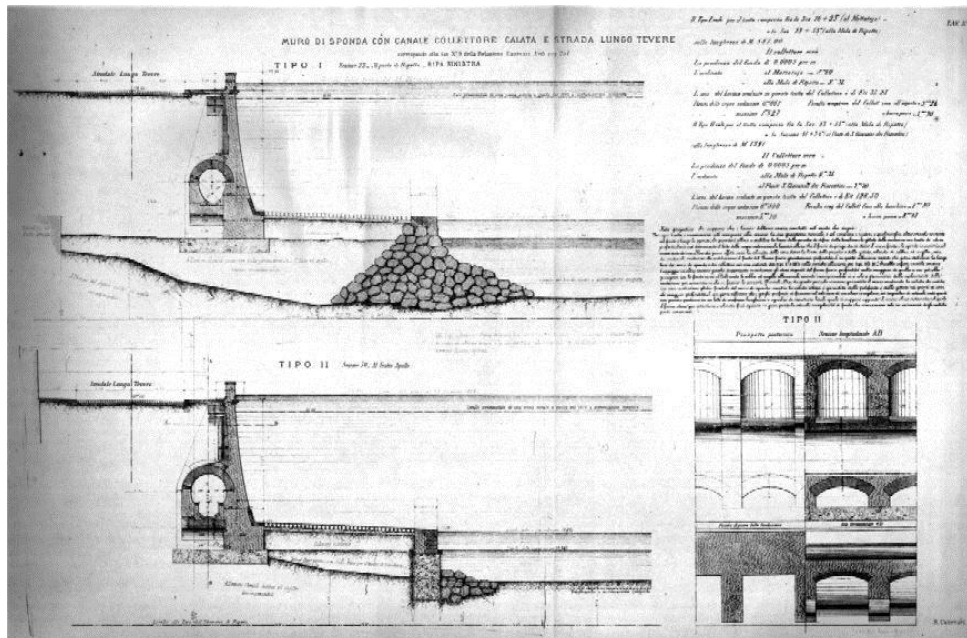
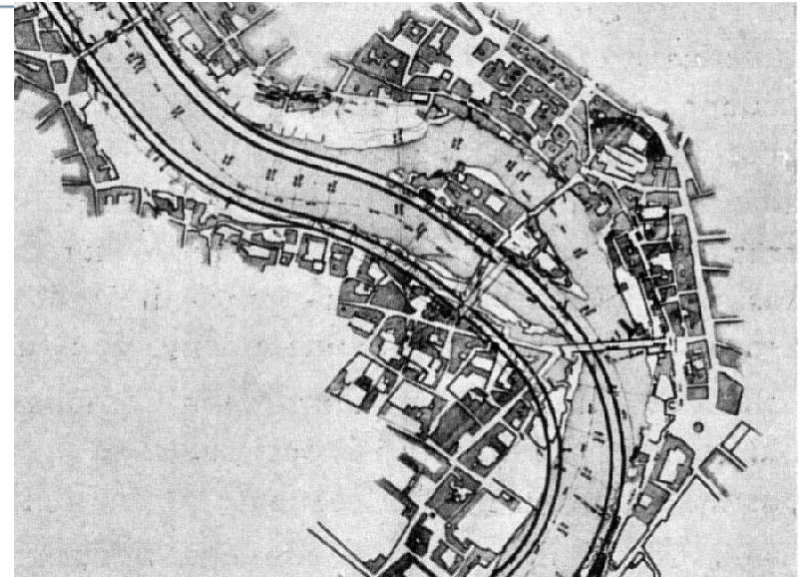
L'inondazione eccezionale del dicembre 1870 avvenne pochi mesi dopo l'annessione di Roma al Regno d'Italia; ciò non era evidentemente tollerabile per la città che doveva divenire la capitale del Regno. Fu quindi immediatamente nominata da parte del Ministero per i Lavori Pubblici una Commissione con il compito di affrontare e risolvere il problema. ***"... esaminare sul luogo le condizioni del fiume Tevere e dei suoi principali affluenti; di studiare quali cause accidentali e permanenti determinano i disallineamenti del fiume a Roma; e finalmente di proporre come si possono risolvere, indicando i provvedimenti e quelle opere d'arte che valgano a migliorare il sistema del fiume per lo scopo suaccennato".***



## Protezione Idraulica del Territorio

- I Muraglioni del Tevere (2 di 3)

Pianta del progetto originario dell'ing. Canevari (23 settembre 1875); allo scopo di regolarizzare il tracciato del fiume era ancora prevista l'eliminazione dell'isola Tiberina



Particolari di alcune sezioni tipiche dei muri di sponda dal progetto dell'ing. Canevari. Sono visibili le sezioni dell'alveo di magra e di piena, i collettori fognari laterali e la nuova strada Lungo Tevere



## Protezione Idraulica del Territorio

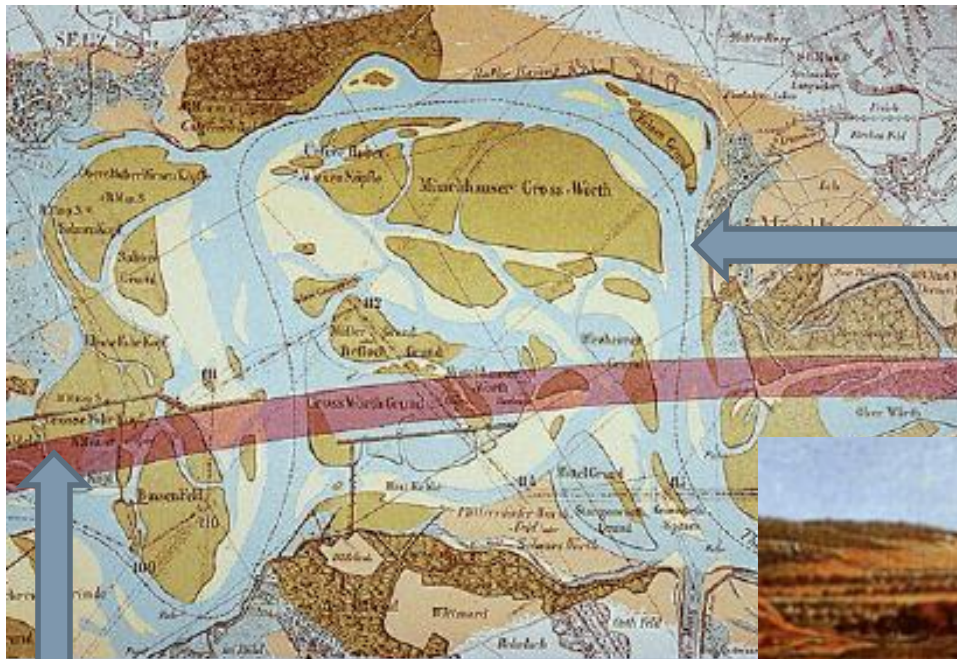
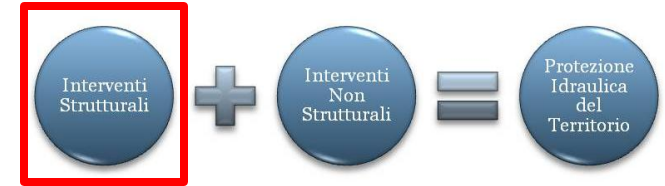
- I Muraglioni del Tevere (3di 3)





## Protezione Idraulica del Territorio

- Rettifiche Fluviali –Esempio Fiume Remo



Situazione pre 1840



1840-1868 Intervento idraulico del Colonnello J. Tulla (Fascia Rossa)

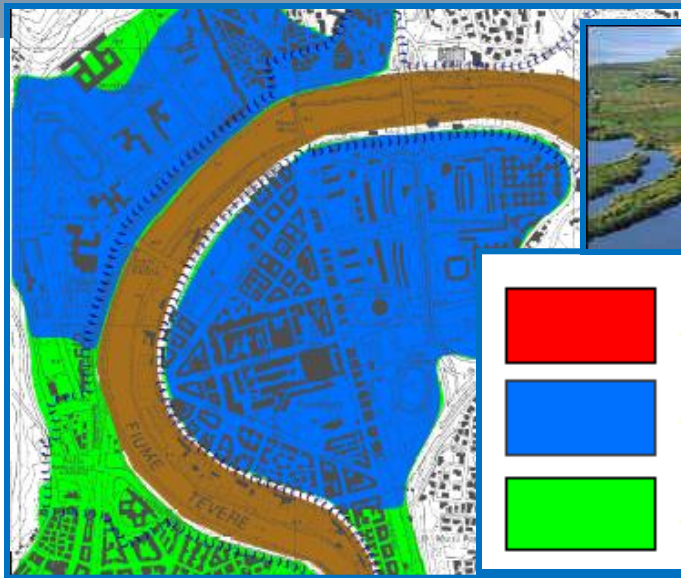
## Protezione Idraulica del Territorio

- Protezioni Spondali (bizzarre)

Si chiama “ ***Detroit Riprap***” ed è l’esperimento con cui negli anni 50 l’US Army Corps of Engineers pensava di poter controllare i fenomeni di erosione fluviale utilizzando auto a fine vita in giacenza nelle discariche. I vecchi veicoli, infatti, venivano privati di liquidi, motore e batterie e trascinati dalla discarica direttamente lungo i fiumi maggiormente colpiti da fenomeni erosivi; una volta in acqua, le carcasse sono nel tempo diventate parte integrante delle sponde del fiume salvaguardando di fatto il paesaggio naturale (forse....).







 Zona a rischio R4

 Zona a rischio R3

 Zona a rischio R2



# FASCE PAI

## Zone di Rischio



## Protezione Idraulica del Territorio

- Fasce PAI



Consiste nella individuazione delle aree a rischio di esondazione e di inondazione, realizzando mappe che permettano di identificare il livello di pericolosità delle diverse parti del territorio. In questa ottica le Autorità di Bacino, seguendo le indicazioni della legge 183/89, hanno individuato delle **fasce fluviali attorno ai corsi d'acqua, caratterizzate da diversi livelli di rischio e da assoggettare a vincoli e prescrizioni specifiche.**

**- fascia di deflusso della piena (fascia A):** è costituita dalla porzione di alveo che consente l'intero deflusso della corrente (alveo in piena straordinaria). E' delimitata convenzionalmente individuando la porzione di alveo dove defluisce almeno l'80% della portata con tempo di ritorno di 200 anni;

**- fascia di esondazione (fascia B):** esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione in relazione alla piena di riferimento, cioè della piena di 200 anni di tempo di ritorno;

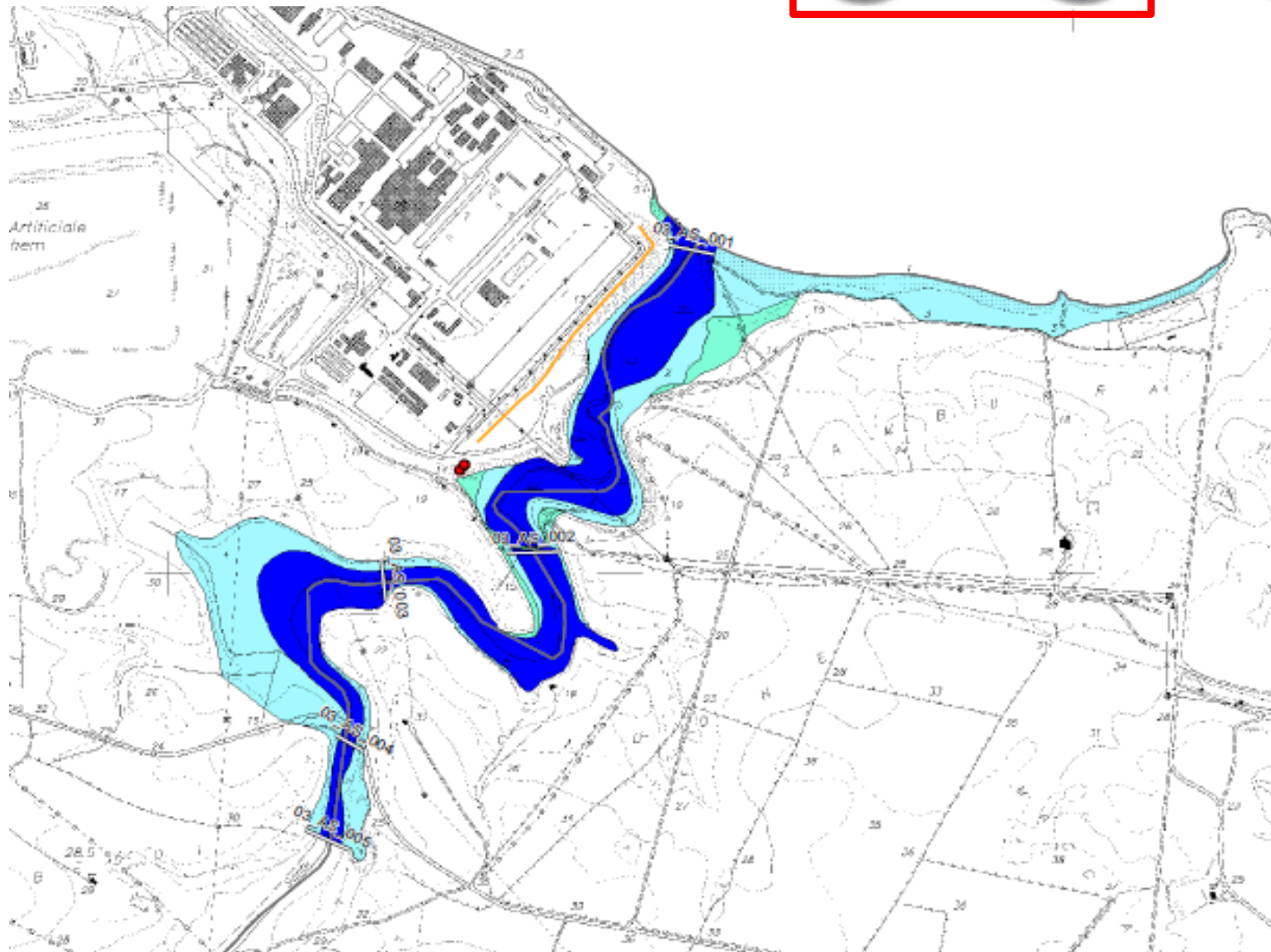
**- fascia di inondazione per piena catastrofica (fascia C):** costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione in relazione ad una piena superiore a quella di riferimento per la fascia B. Per la sua individuazione si considera convenzionalmente la maggiore tra la massima piena storica e la piena con 500 anni di tempo di ritorno.





# Protezione Idraulica del Territorio

- Fasce PAI



# Protezione Idraulica del Territorio

- Fasce PAI – Modellazione con HEC-RAS



## US Army Corps of Engineers

The screenshot displays the HEC-RAS 4.1.0 software interface with several windows open:

- Cross Section:** Shows a cross-section of a river channel with a 'High 1 Bridge' structure. The y-axis is 'Elevation (ft)' ranging from -50 to 250. The x-axis is 'Reach: Danto/Ocean' with 'River Sta: 12419.268R U'.
- Profile Plot:** Shows a longitudinal profile of the river channel. The y-axis is 'Elevation (ft)' ranging from -200 to 1000. The x-axis is 'Reach: Danto/Ocean'.
- Steady Flow Analysis:** A dialog box for setting up a steady flow analysis. It includes fields for 'Plan: Drop Modeled with Cross Sections', 'Geometry File: Flume Type 10 geometry', and 'Steady Flow File: q=250 cfs/ft TW=106.73'. The 'Flow Regime' is set to 'Mixed'. A 'COMPUTE' button is visible.
- RAS Mapper:** A window showing a topographic map with various features overlaid. The 'Legend' includes 'Sonoma County Cross Se', 'Russian River Copete Da', 'Transition Lines', 'Interpolation Surface', 'Transition Line1', 'River', 'XS', 'Leaves', 'SA', 'PMF Dambreak Run - Frt', 'Max WS Floodplain', and 'Max WS Floodplain'.
- Profile Output Table - Standard Table 1:** A table showing the results of the profile analysis. The table has columns for 'Reach', 'River Sta', 'Profile', 'Q Total (cfs)', 'Min Ch El (ft)', 'W.S. Elev (ft)', 'Cut W.S (ft)', 'E.G. Elev (ft)', 'E.G. Slope (ft/ft)', 'Vel Chnl (ft/s)', 'Flow Area (sq ft)', 'Top Width (ft)', and 'Froude # Chl'. The table lists 11 flume profiles with a total flow of 25000.00 cfs.
- Profile Plot (Detailed):** A detailed profile plot showing 'Elevation (ft)' on the y-axis (85 to 120) and 'Main Channel Distance (ft)' on the x-axis (0 to 350). It shows a sharp drop in elevation at a dam location, with water surface elevation (WS) and ground elevation (GWS) plotted.



# Protezione Idraulica del Territorio

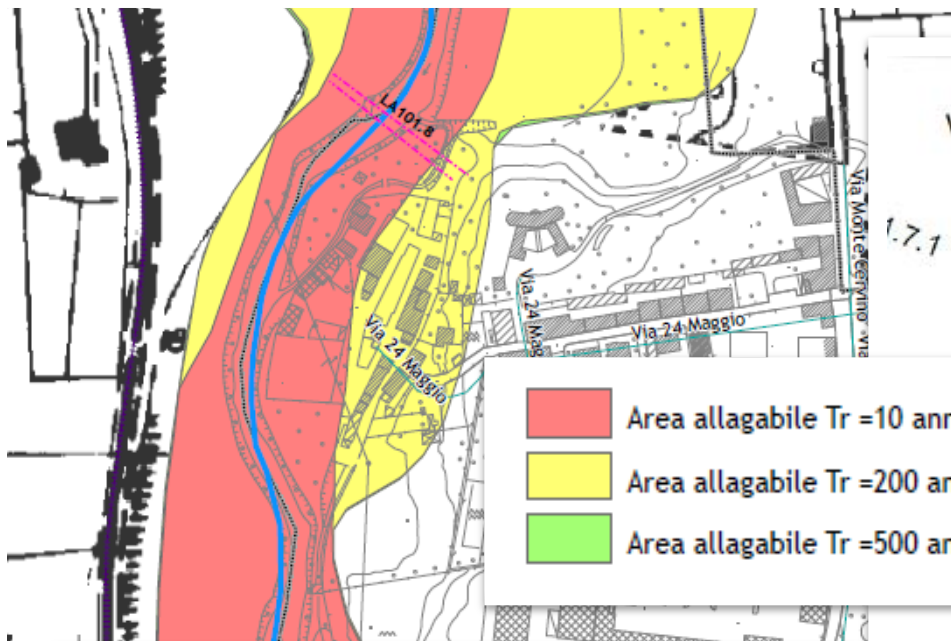
- Rischio Idraulico

## Rischi connessi:

Sormonto Arginale

Presenza di Zone Edificate nelle Fasce PAI

Scarichi Rigurgitati



**R1 - moderato**, per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali

**R2 - medio**, per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche

**R2\* - medio/elevato**, sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone

**R3 - elevato**, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale

**R4 - molto elevato**, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche





## Protezione Idraulica del Territorio

- Alcuni riferimenti

### Materiale di studio

- <http://www.censu.it/relazione-de-marchi/>
- <http://www.diiar.polimi.it/diiar/index.asp>
- <http://www.diiar.polimi.it/amb/didattica.asp>
- <http://www.csdu.it/>
- [http://www.gndci.cnr.it/it/vapi/welcome\\_it.htm](http://www.gndci.cnr.it/it/vapi/welcome_it.htm)
- <http://www.idrologia.polito.it/gndci/Vapi.htm>
- <http://www.sii-ihs.it/>
- <http://www.idrotecnicaitaliana.it/>
- <http://www.gii-idraulica.net/>
- [http://it.wikipedia.org/wiki/Lista\\_di\\_alluvioni\\_e\\_inondazioni\\_in\\_Italia](http://it.wikipedia.org/wiki/Lista_di_alluvioni_e_inondazioni_in_Italia)

### Annali idrologici

- <http://www.acq.isprambiente.it/annalipdf/>
- <http://meteoniardo.altervista.org/portale-dei-dati-idrologici-italiani.htm>

### Articoli

- <http://www.lastampa.it/2014/11/16/italia/cronache/lesperto-la-soluzione-abbattere-interi-quartieri-della-citt-GFmH2AJ9WXyJhth64bRF3K/pagina.html>
- <http://www.idrotecnicaitaliana.it/index.php/859>

# *Grazie per l'attenzione\**



- “Dobbiamo utilizzare il tempo come uno strumento, non come un divano.”

J. F. Kennedy

\* Ricordate che un consiglio è gratis, un parere a pagamento.