



**EVENTI DI PIENA,
ALLUVIONI
E
RISCHIO ESONDAZIONE**

Che cosa è una alluvione?

Le alluvioni si verificano per lo più durante periodi di intensa piovosità e di scioglimento delle nevi, allorquando la quantità di acqua supera di gran lunga la capacità di assorbimento del suolo e la portata dei fiumi e quindi le acque si riversano nella campagna circostante o in un centro abitato.



Firenze, 1966

ALLUVIONI IN ITALIA

Il 22 ottobre 1951 un'alluvione colpisce la Calabria meridionale: 100 morti;

Il 14 novembre 1951 il Po rompe gli argini e allaga due terzi della provincia di Rovigo (Polesine) provocando 89 morti;

Il 9 ottobre 1963 il paese di Longarone viene cancellato dall'acqua uscita da un bacino artificiale invaso da una frana (diga del Vajont): muoiono 1800 persone.

Il 4 novembre 1966 poco dopo le 3.00 del mattino, le acque dell'Arno invadono la città di Firenze provocando 35 vittime;

Nel novembre 1968 un'alluvione colpisce il Biellese e l'Astigiano: 72 morti;

Nel 1970 – Liguria: 25 morti a Genova;

Il 19 luglio 1985 una diga cede in Val di Fiemme e oltre 300.000 metri cubici di acqua inghiottono i comuni di Stava e Prestavel con un bilancio di 360 morti;

Il 18 luglio 1987, dopo 3 giorni di pioggia, l'Adda travolge 60 comuni. Morignone e S. Antonio vengono cancellati dalla frana del monte Coppetto. Circa 1500 i senzatetto e 53 morti;

Il 6 novembre 1994 – Piemonte: 70 vittime e circa 40.000 miliardi di danni.

Il 5 maggio 1997 - Campania: coinvolti i paesi di Sarno e Quindici;

Versilia 1998;

Piemonte-Lombardia 2000 – coinvolti numerose strutture ed infrastrutture con danni incalcolabili;

Aspio 2006 – diverse decine di miliardi di €.

Vajont, 1963



Sarno, 1997



Fiume Potenza, 1998



Pianura Padana, 2000



Piemonte, 2002



Fiume Aspio, 2006

Foto: Milena Marchetti

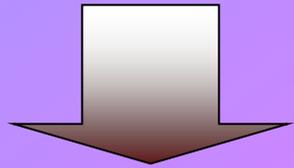


Foto da Alessandro

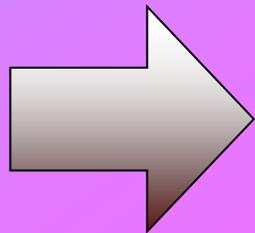


La normativa di riferimento

Legge 183/89



Bacino idrografico:
elemento fisico e
di gestione unitario



Legge 267/98

Legge 24 febbraio 1992 n° 225
Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile;

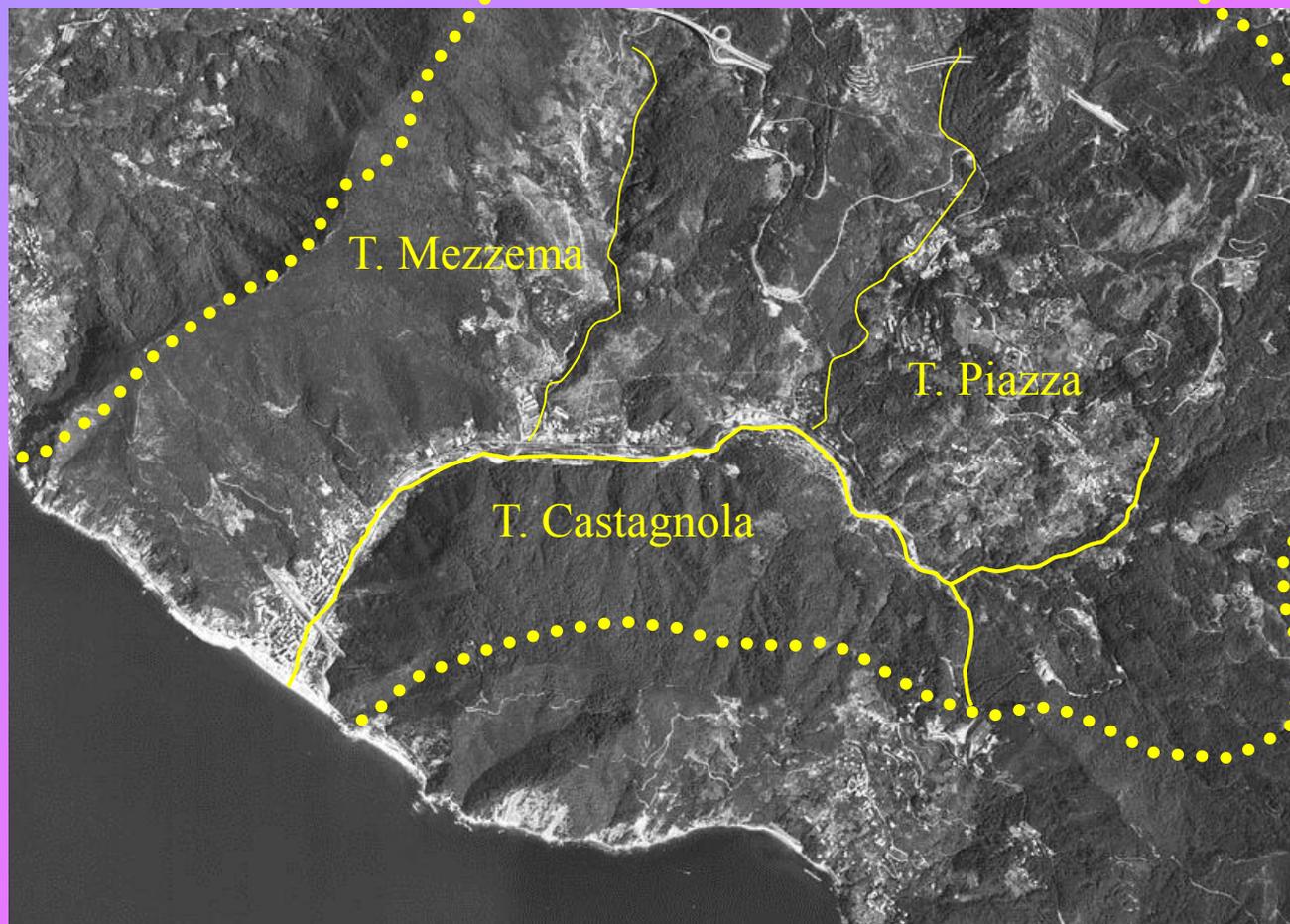
Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14.02.1997
Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle regioni,
delle aree a rischio idrogeologico";

Decreto Legge 11 gennaio 1998 n° 180, coordinato con la Legge di conversione 03.08.1998 n° 267
recante "Misure urgenti per la
prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone
colpite da disastri franosi nella regione Campania".

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 29/09/1998
Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui
all'art.1 comma 1 e 2 del decreto-legge 11 giugno 1998 n.180.

Legge regionale 24 maggio 1999 n.13
Disciplina regionale della difesa del suolo.

Il bacino idrografico è il territorio nel quale le acque piovane, defluendo in superficie si raccolgono in un corso d'acqua, direttamente o a mezzo affluenti.



La L. 183/89 classifica i bacini idrografici in:

- **nazionali** (ad esempio: Po, Arno, Tevere, etc.) nei quali sono istituite le **AUTORITA' DI BACINO DI RILIEVO NAZIONALE** con competenza di pianificazione e programmazione;
- **interregionali** (ad esempio: Magra, Sele, Sangro, Tronto, Conca-Marecchia etc.), nei quali sono istituite le **AUTORITA' DI BACINO INTERREGIONALE** con competenza di pianificazione e programmazione
- **regionali** (tutti gli altri), nei quali i compiti di pianificazione, programmazione e attuazione sono demandati alle Regioni.

Scopo fondamentale del Piano è l'individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio che saranno finanziati prioritariamente proprio perché inseriti nel Piano.

Tali interventi si dividono in:

- interventi sui corsi d'acqua, che riguardano verifiche idrauliche e messa in sicurezza delle aree esondabili;**
- interventi sui versanti, relativi a monitoraggio di movimenti franosi e successivi consolidamenti.**

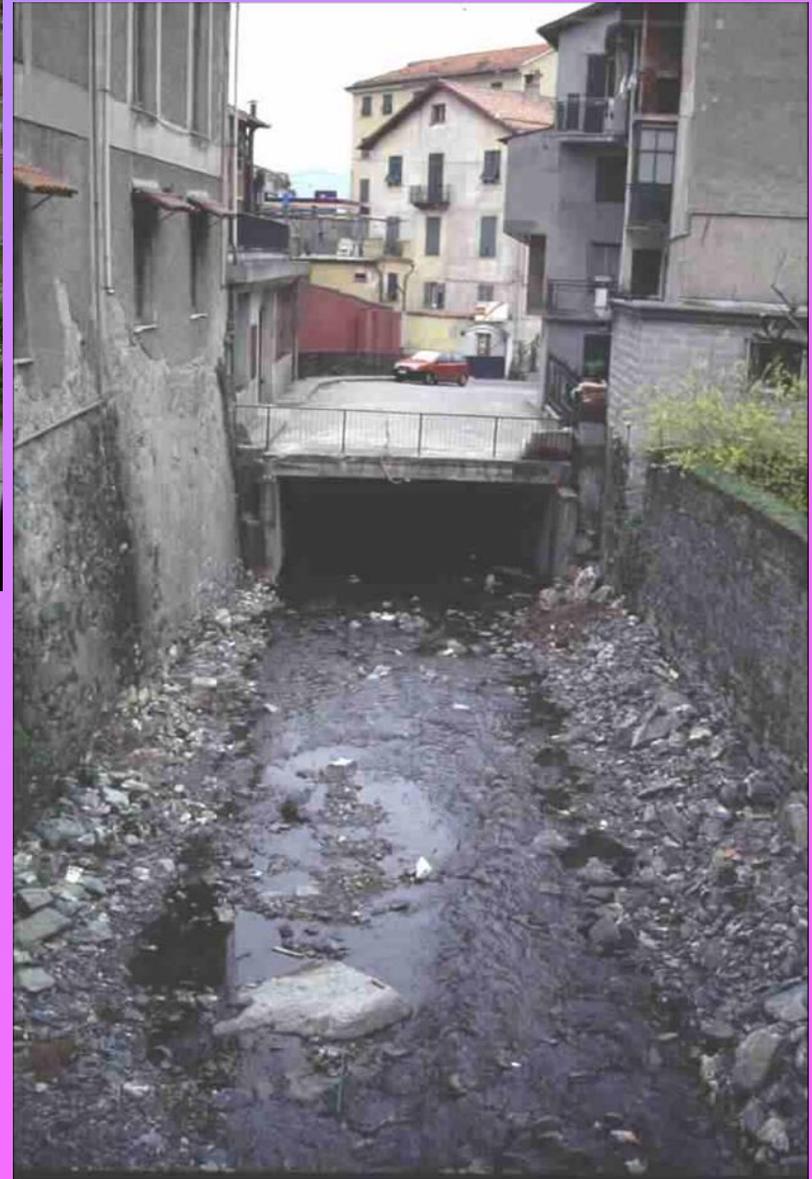
Le cause

Restringimento e rettificazione degli argini



Processi erosivi lungo le sponde





Antropizzazione degli spazi di
pertinenza fluviale

Assenza di manutenzione della rete secondaria



Attività estrattiva



Interventi strutturali non idonei



Interventi di I.N. non adeguatamente dimensionati



**Come si studia un fenomeno
di esondazione ?**

Gli afflussi

CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA

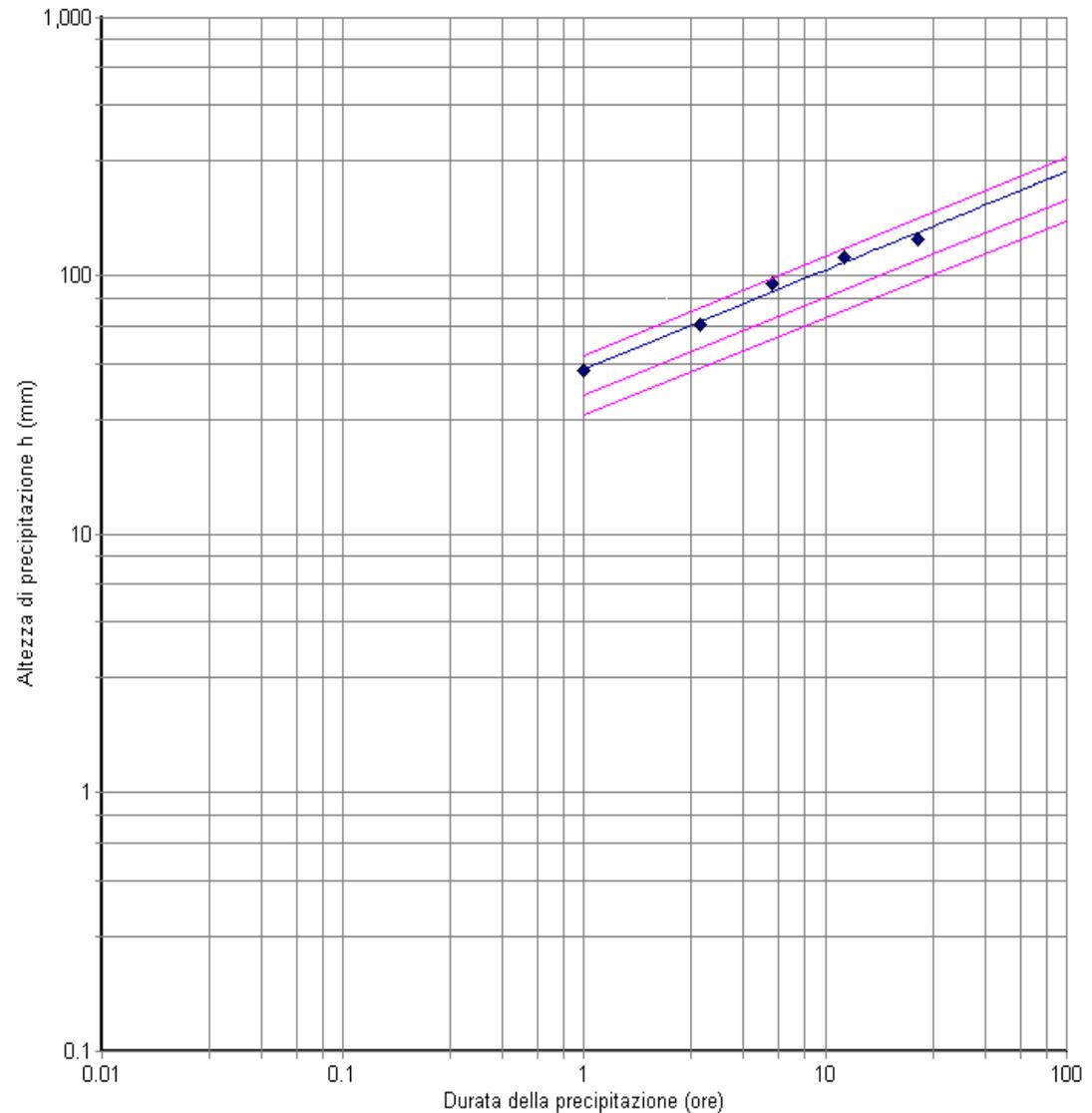
Curva per eventi di durata > 1 ora

Tempo di ritorno di riferimento (anni): 25

Equazione della curva: $h(mm) = a \cdot t^n$

Fattore a della curva: 43.97

Fattore n della curva: 0.38



Curva segnalatrice di possibilità climatica: la semiretta blu è relativa ad un T=25 anni, le altre, dal basso verso l'alto, ad u T rispettivamente di 5, 15 e 50 anni.

Esempi di pluviometri



COEFFICIENTE DI RAGGUAGLIO:

formula di Vicentini

$$R = \frac{(100 - 0.067 A)}{100}$$

dipende dall'estensione
dell'area oggetto dello
studio

ALTEZZA DI PIOGGIA RAGGUAGLIATA

$$h_r = h R$$

LA MISURA DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE

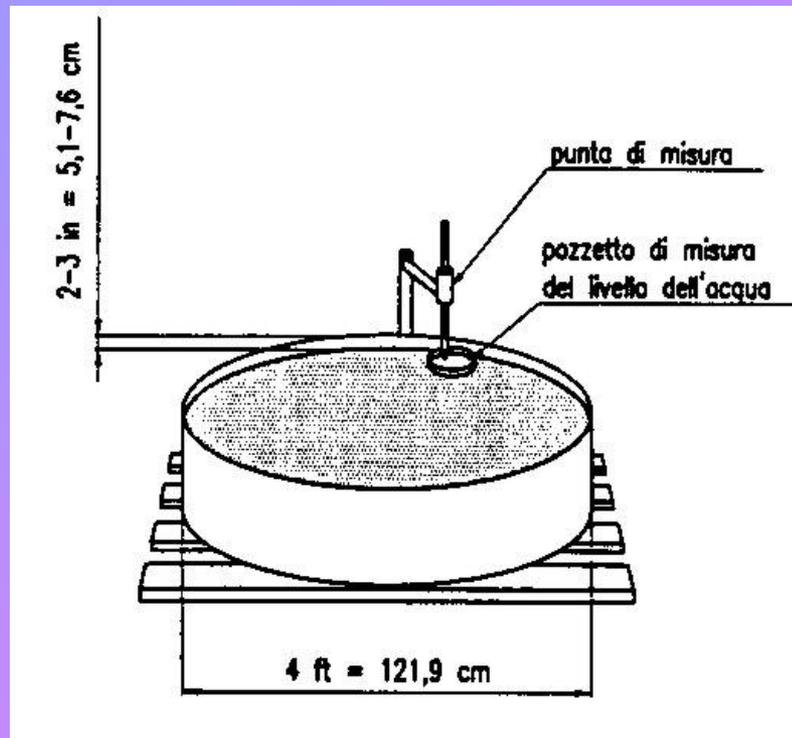
Formula di Ture

$$E_t = \frac{P}{\sqrt{\left(0,9 + \frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

P = precipitazioni medie annuali
espresse in mm

$$L = 300 + 25T_m + 0.05T_m^3$$

T_m = temperatura media annuale



Tempo di ritorno	Precipitazioni ragguagliate (mm)	Evapotraspirazione (mm)	Precipitazioni Efficaci (mm)
5	51.2	1.4	49.8
10	61.0	1.4	59.6
15	67.2	1.4	65.8
20	70.8	1.4	69.4
25	74.1	1.4	72.7
50	83.5	1.4	82.1
100	91.9	1.4	90.5

I deflussi



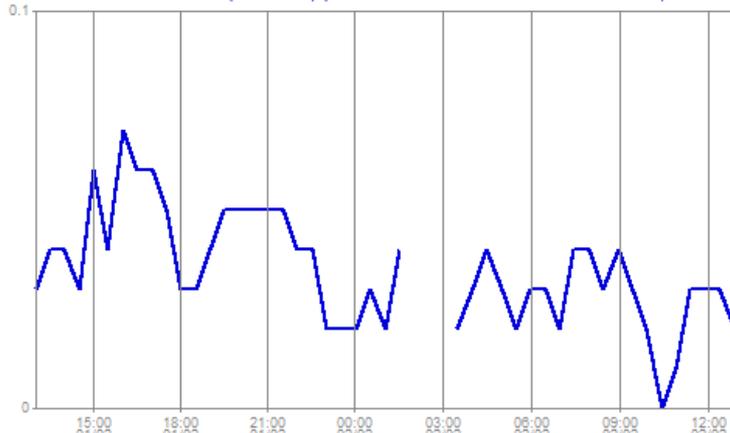
SELEZIONA LA STAZIONE
DA MAPPA O DA ELENCO

- PIACENZA
- CREMONA SIAP
 - CASALMAGGIORE
 - BORGOFORTE
 - CASTELMASSA
 - PONTELAGOSCURO
 - POSELLA
 - CAVANELLA
 - PILA
 - ARIANO
 - ALBA
 - BOBBIO
 - BOCCASERIO
 - BORGOSIESIA
 - BORGOTARO
 - BUSCA
 - CANONICA D'ADDA
 - CANOSSA - COMPIANO

doppio click per selezionare

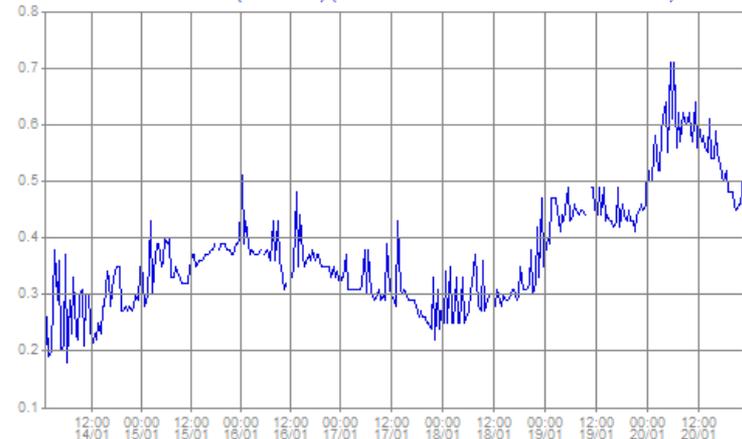
AGENZIA INTERREGIONALE PER IL PO
PIACENZA

Livello idrometrico m (istantaneo) (13:00 del 01/02/2004 + 13:00 del 02/02/2004)



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL PO
PIACENZA

Livello idrometrico m (istantaneo) (00:30 del 14/01/2004 + 00:30 del 21/01/2004)



Il tempo di corrivazione corrisponde all'intervallo di tempo necessario affinché le acque meteoriche raggiungano la sezione di chiusura del bacino. Graficamente può essere determinato calcolando l'intervallo tra il baricentro dell'evento meteorico ed il baricentro dell'evento di piena.

Formula di Giandotti

S = superficie del bacino
L_p = lunghezza asta principale
H_m = altezza media del bacino

$$T_c(h) = \frac{4\sqrt{S_b + 1.5L_p}}{0.8\sqrt{H_m}}$$

L'insieme delle misure può essere riportato su un grafico portate/intervalli temporali, al fine di ricavare il cosiddetto *periodo di ritorno delle piene*:

$$R = (N+1)/M$$

dove:

R = tempo di ritorno

N = numero d'anni di registrazione

M = numero di piene registrate nel periodo

LA PORTATA DI UN FIUME

La portata è, per definizione, la quantità d'acqua che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione trasversale del fiume. Il suo valore è espresso in m³/sec.

Ma è anche il prodotto tra la velocità media dell'acqua e la sezione:

$$\textit{portata} = \textit{sezione} \times \textit{velocita'}$$

Se la sezione aumenta, aumenta anche la portata (quindi la quantità di acqua che passa). La velocità è un fattore che a sua volta dipende dalla scabrezza, dalla forma della sezione (raggio idraulico) e dalla pendenza, (legge di Chézy)

Possiamo scrivere allora la formula:

$$\textit{velocita'} = \textit{scabrezza} \times \textit{pendenza} \times \textit{forma della sezione}$$

da cui:

$$\textit{portata} = \textit{sezione} \times (\textit{scabrezza} \times \textit{pendenza} \times \textit{forma sezione})$$

(La forma della sezione è espressa dal raggio idraulico che è il rapporto tra l'area della sezione e il perimetro bagnato)

FORMULE EMPIRICHE PER IL CALCOLO DELLE PORTATE MASSIME DEI FIUMI

De Marchi

$$q = (6 \times 500 / (A + 125)) + 5$$

Pagliaro

$$q = 3550 / (A + 110)$$

Turazza

$$q = (10 \times Cq \times P \times A) / Tc$$

dove:

A = area del bacino

Cq = coefficiente di deflusso

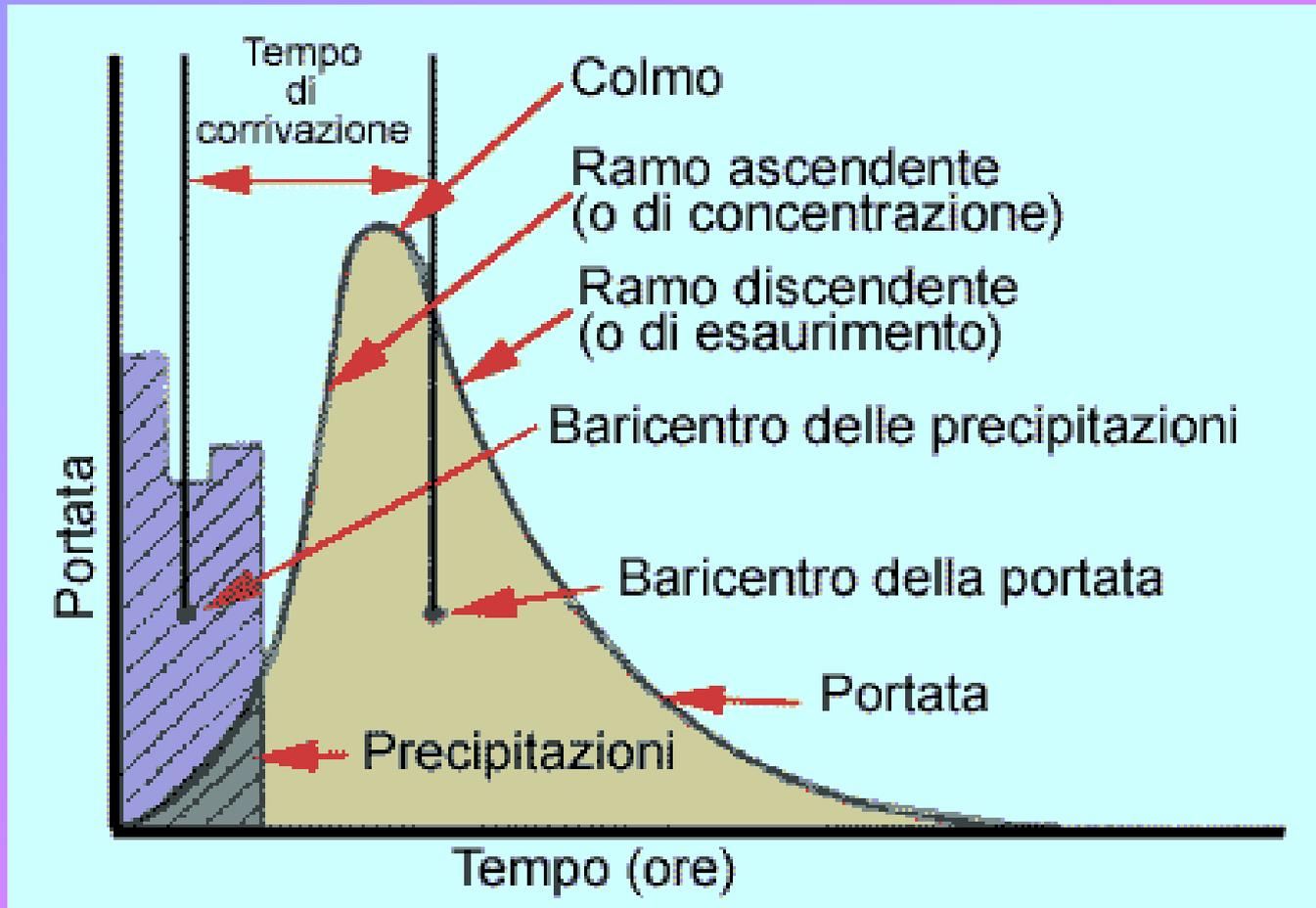
Tc = tempo di corrivazione

P = altezza della pioggia

CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

T(anni)	H_c (mm) Precipitazioni efficaci	Q(m ³ /sec) Turazza	Q(m ³ /sec) Giandotti
5	49.8	267.9	152.8
10	59.6	320.6	182.9
15	65.8	354.0	202.0
20	69.4	373.3	213.0
25	72.7	391.1	223.1
50	82.1	441.6	252.0
100	90.5	486.8	277.8

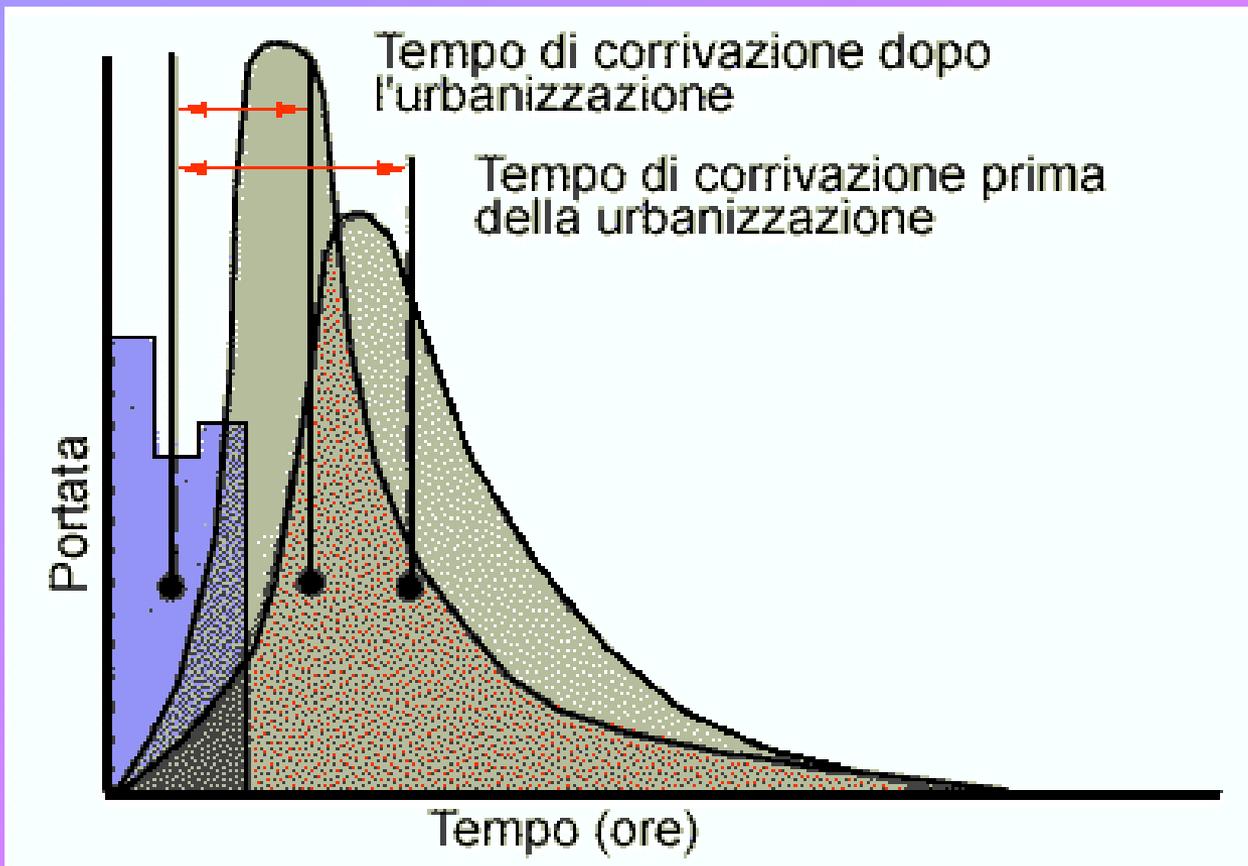
L'idrogramma di piena è la curva della Q in funzione del tempo in una determinata sezione fluviale. In funzione delle caratteristiche degli afflussi e del bacino idrografico sotteso si possono avere idrogrammi di diversa ampiezza ed altezza.



L'idrogramma si suddivide in più parti: a) curva di concentrazione: parte ascendente corrispondente alla crescita della piena; b) colmo di piena; c) curva di decremento: parte discendente corrispondente alla diminuzione della piena; d) curva di esaurimento a pendenza molto debole corrisponde al flusso di base.

Urbanizzazione e alluvioni

L'urbanizzazione rende impermeabili i terreni, l'incremento di tali superfici fa diminuire l'infiltrazione delle acque in profondità e determina di conseguenza un maggiore deflusso superficiale. Ciò provoca un incremento dei massimi di piena ed una diminuzione della ricarica delle falde.



I canali di drenaggio, inoltre, permettono di trasportare velocemente e direttamente l'acqua di ruscellamento negli alvei. Tali mutamenti portano, come conseguenza, ad una riduzione dei tempi di corrivazione e ad un numero sempre più frequente d'alluvioni.

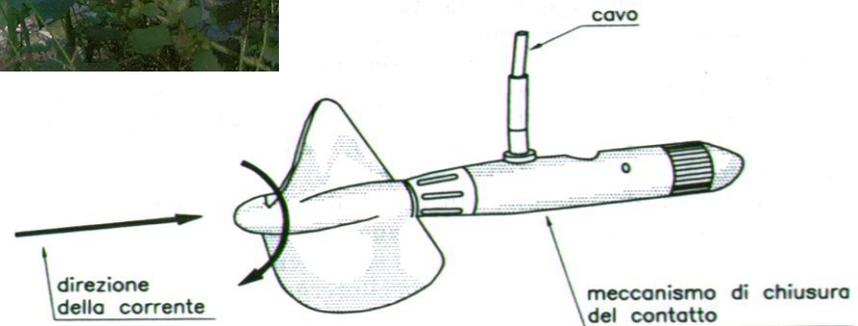
Modelli di verifica

Metodologia



Misure di dettaglio delle sezioni fluviali

Misure di trasporto solido e sul fondo



LE STAZIONI DI MISURA:

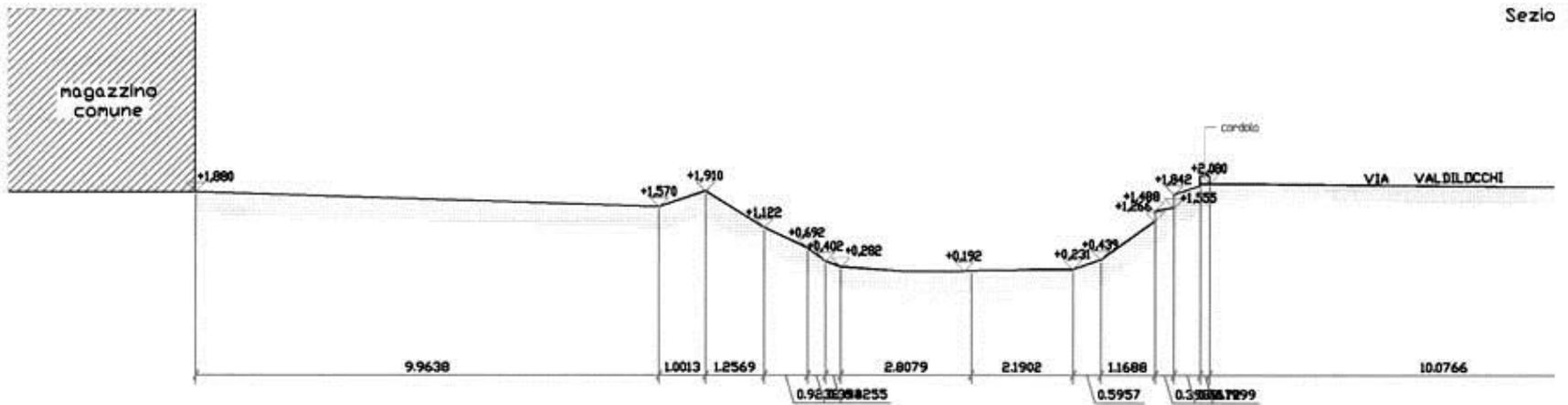
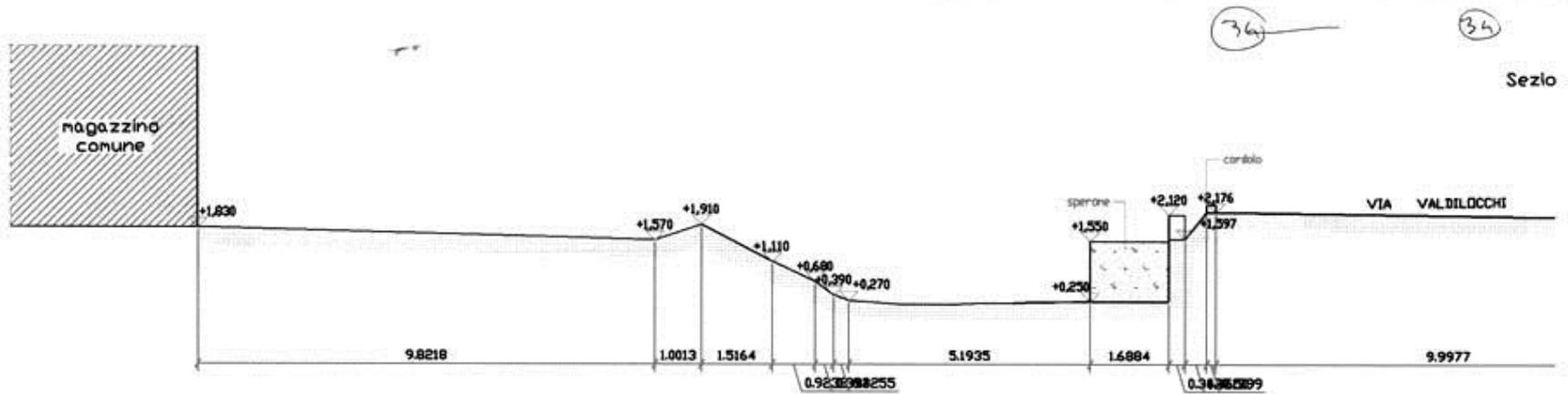
- Rappresentano la tipologia di tutto il tracciato fluviale
- Sono adiacenti ad importanti opere antropiche (ponti e vie di comunicazione)



Permettono la valutazione del rischio da esondazione per le opere antropiche

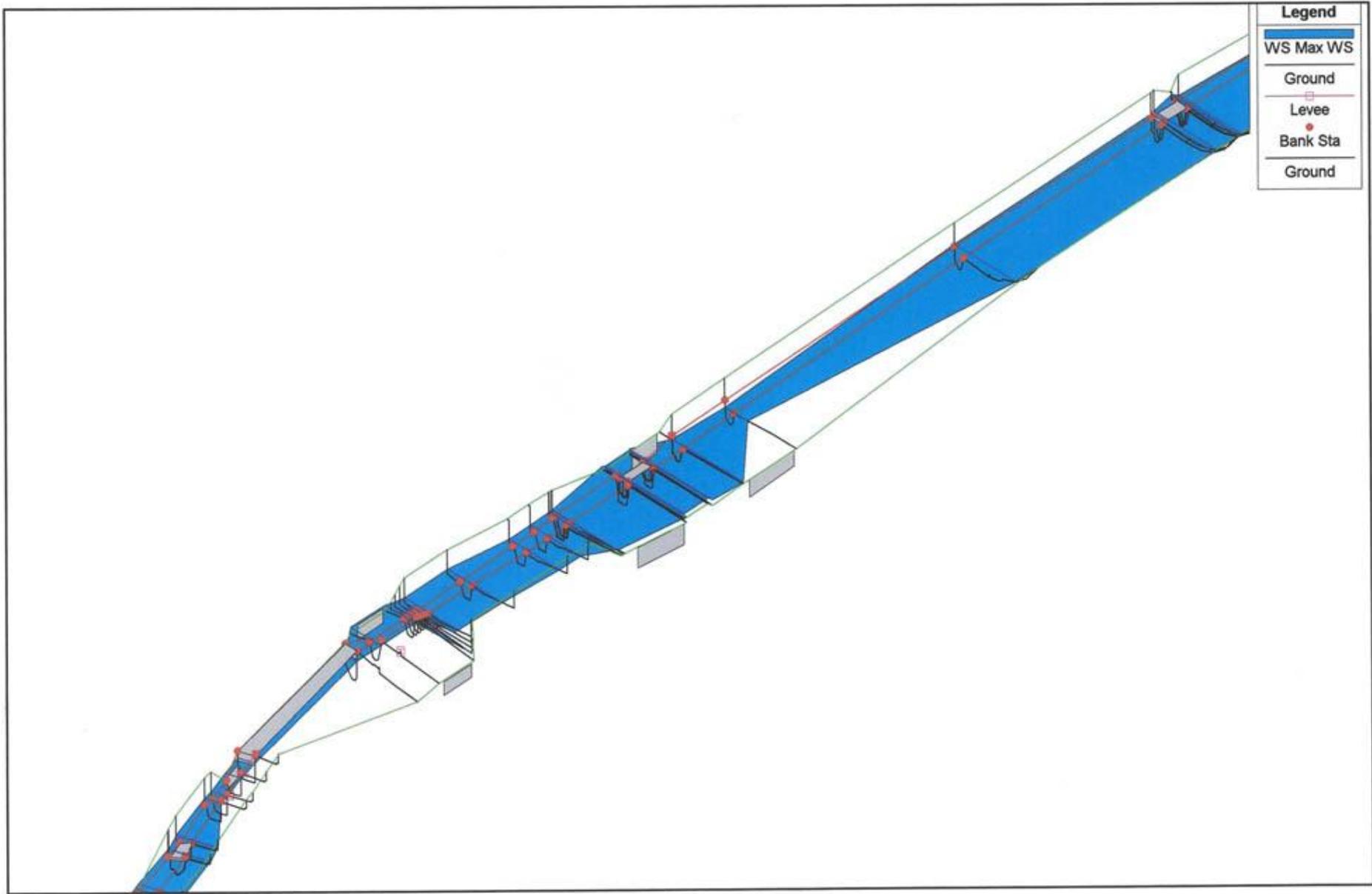


Forniscono una comoda base di misurazione in caso di piena quando l'avvicinamento risulta impossibile

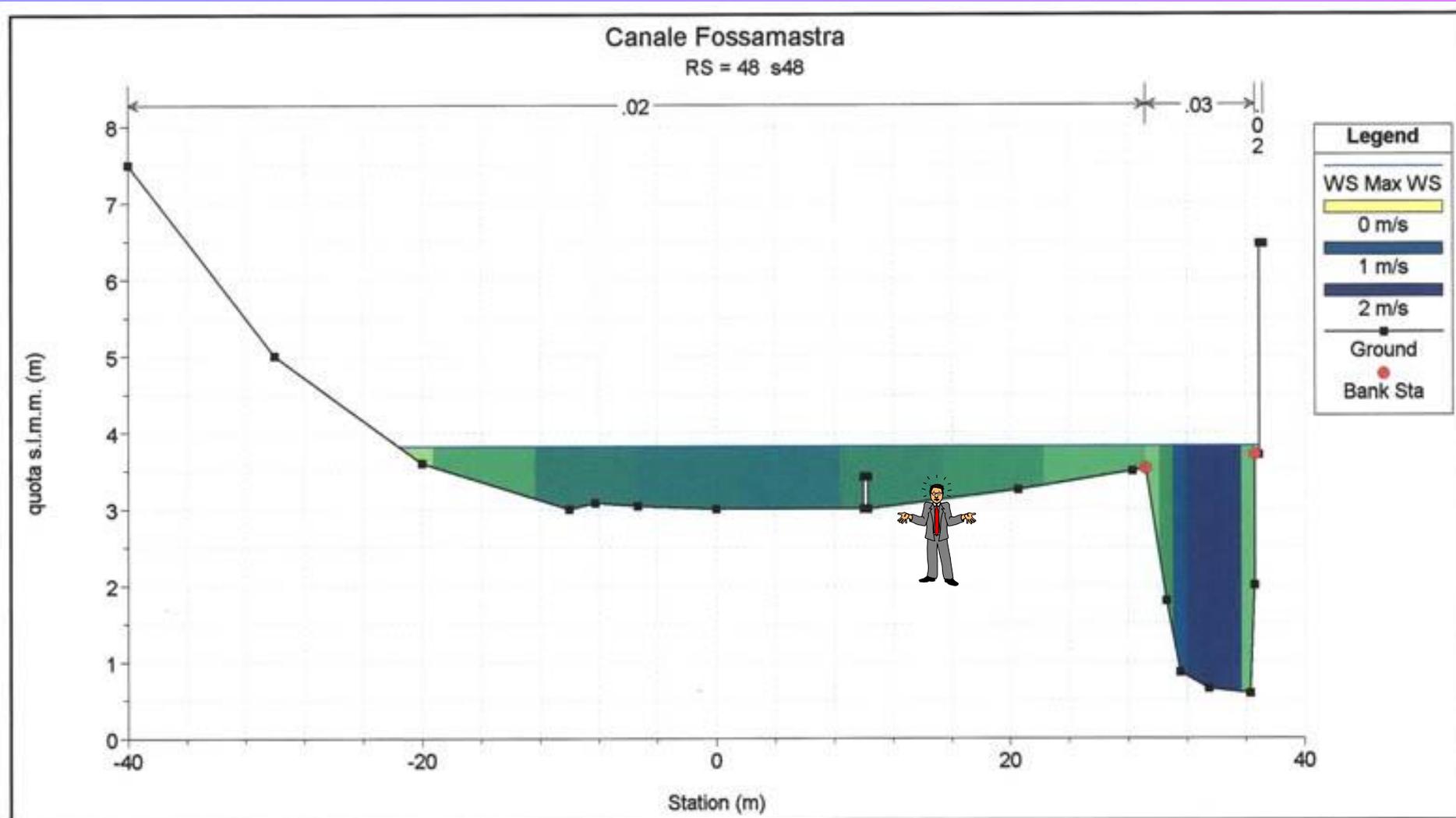


Sezione 'S36'

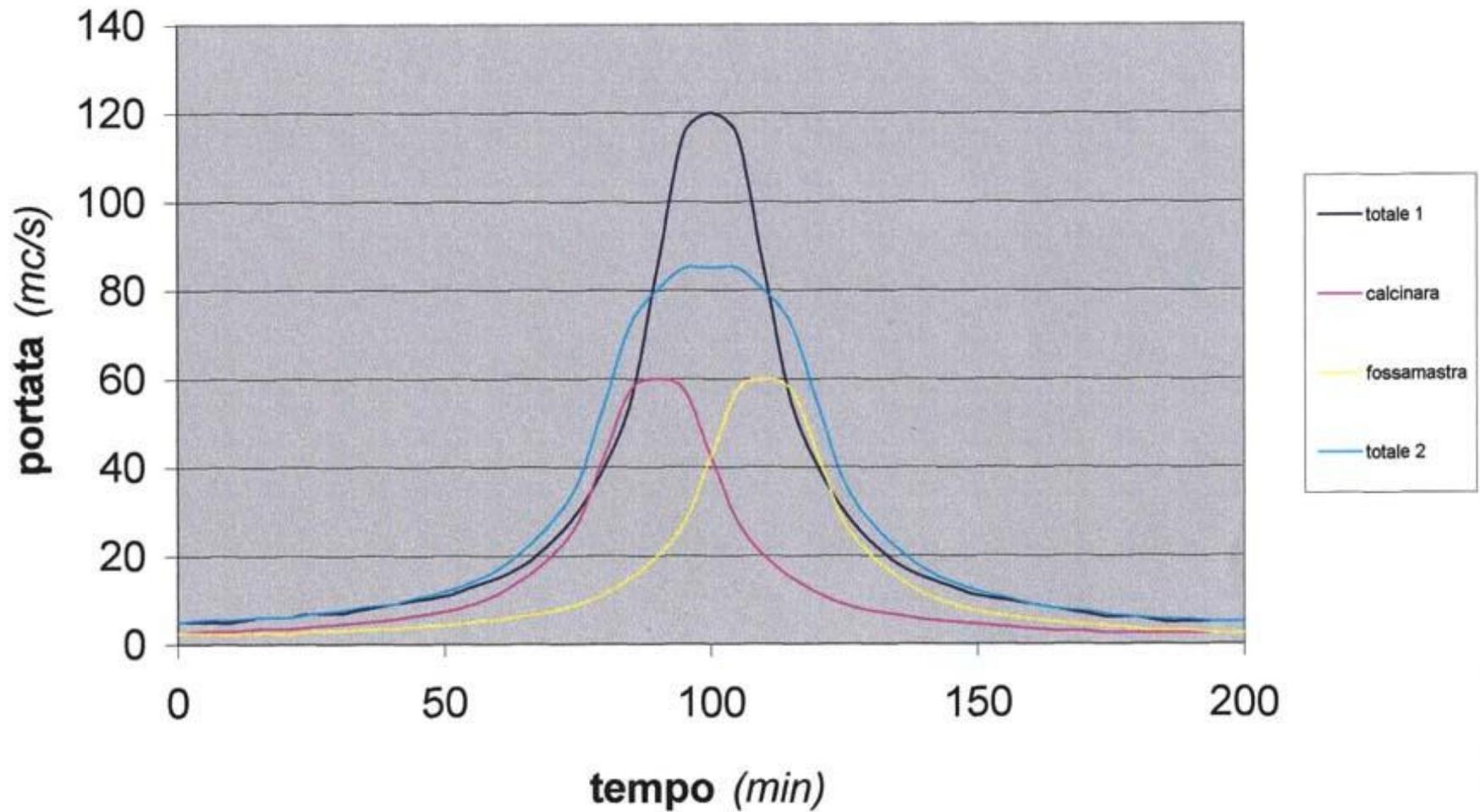
... con sezioni significativamente estese...



... per definire su base rigorosamente analitica e supporto topografico le effettive aree di esondazione...

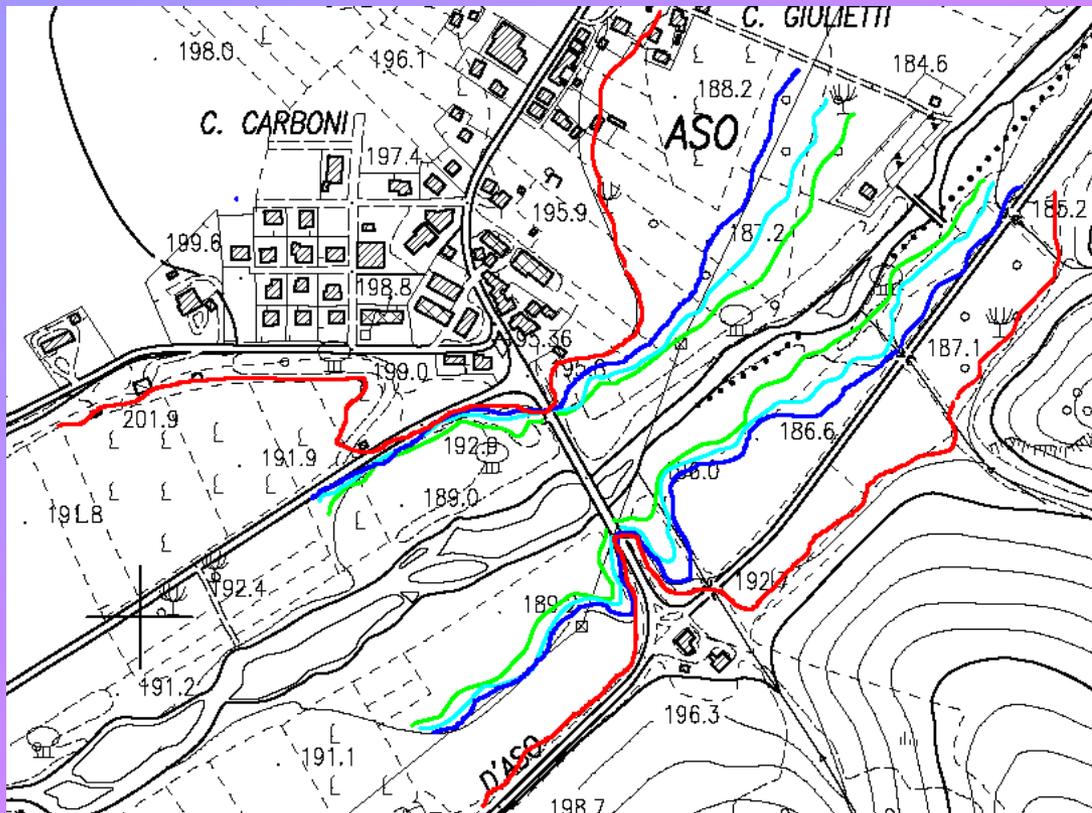


... nonché l'entità del battente atteso e la velocità di propagazione dell'esondazione...



...e gli idrogrammi di piena caratteristici.

Definizione delle possibili aree di esondazione.



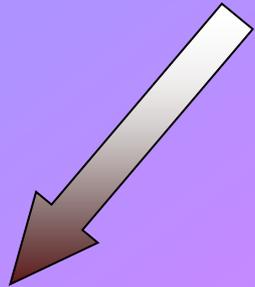
Limite dell'area di esondazione generato da una portata di **108** m³/sec

Limite dell'area di esondazione generato da una portata di **300** m³/sec

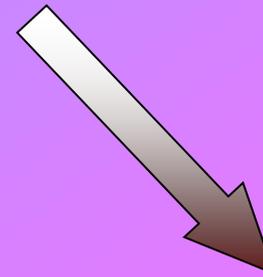
Limite dell'area di esondazione generato da una portata di **408** m³/sec

Limite dell'area di esondazione generato dalla rottura della diga

VERIFICA



DATI ASSAM

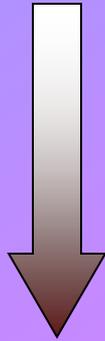


**MISURAZIONE
DI UNA PIENA
NEL DICEMBRE 2002**

PIENA DEL 7 DICEMBRE 2002



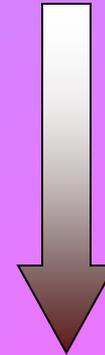
**PORTATA
MISURATA**



66 m³/sec

≈

**PORTATA
CALCOLATA**



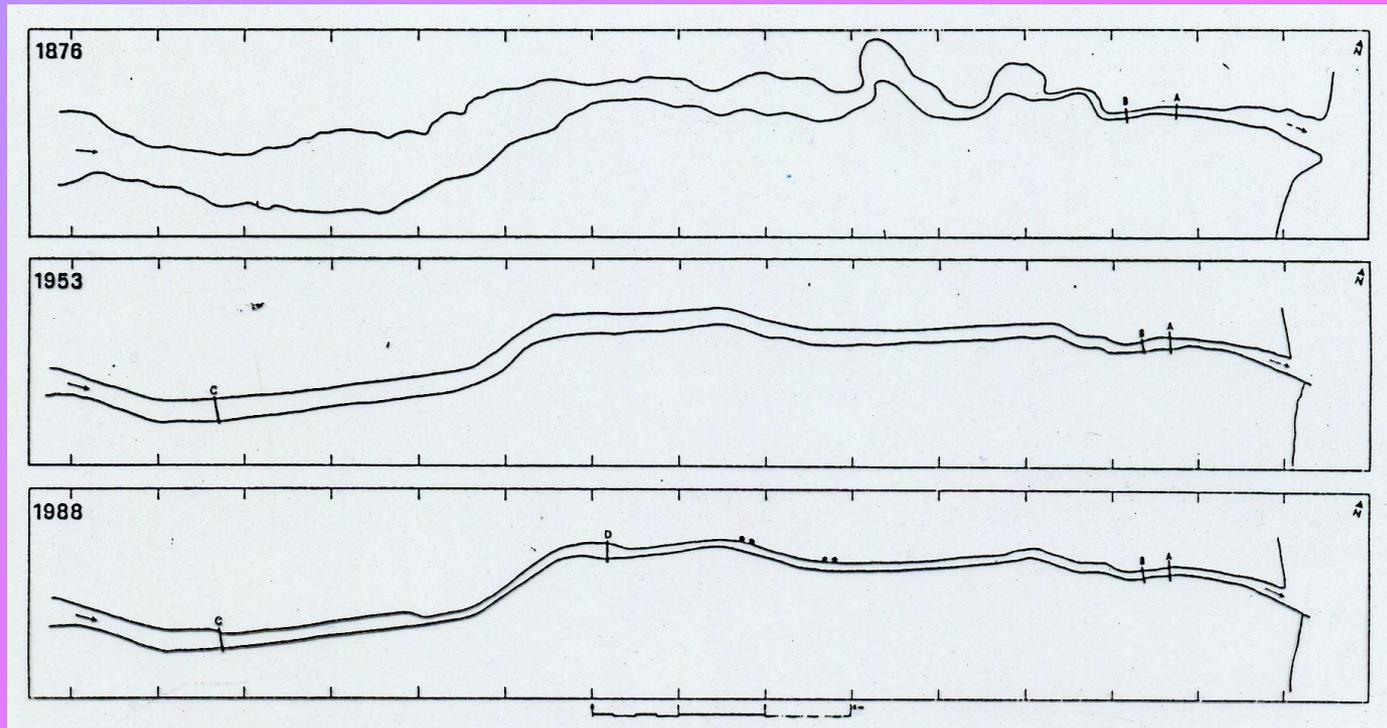
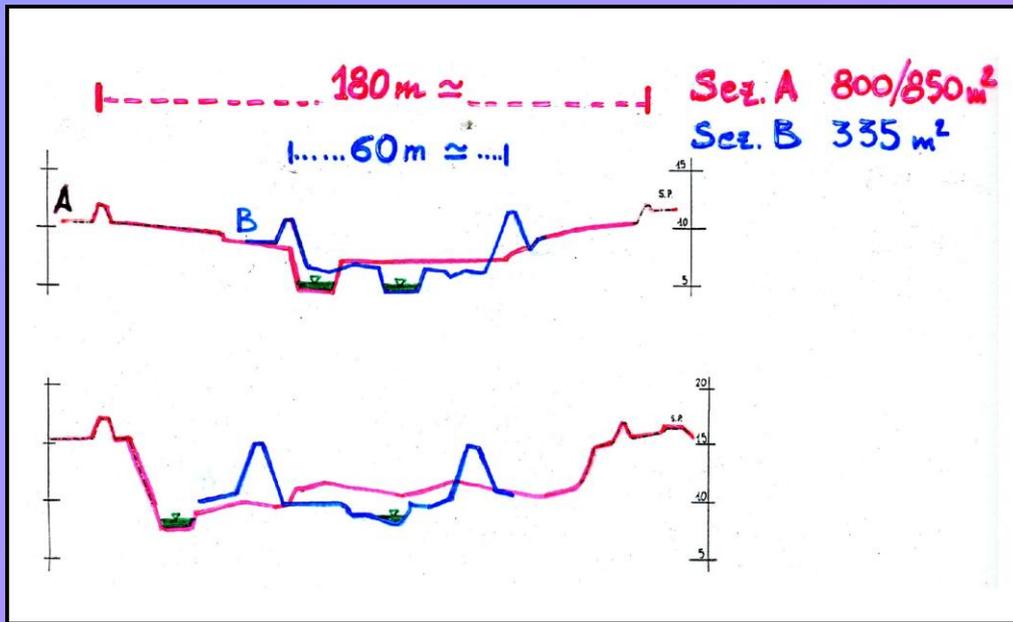
84,2 m³/sec

ESEMPIO: Alluvione del Tronto 1992



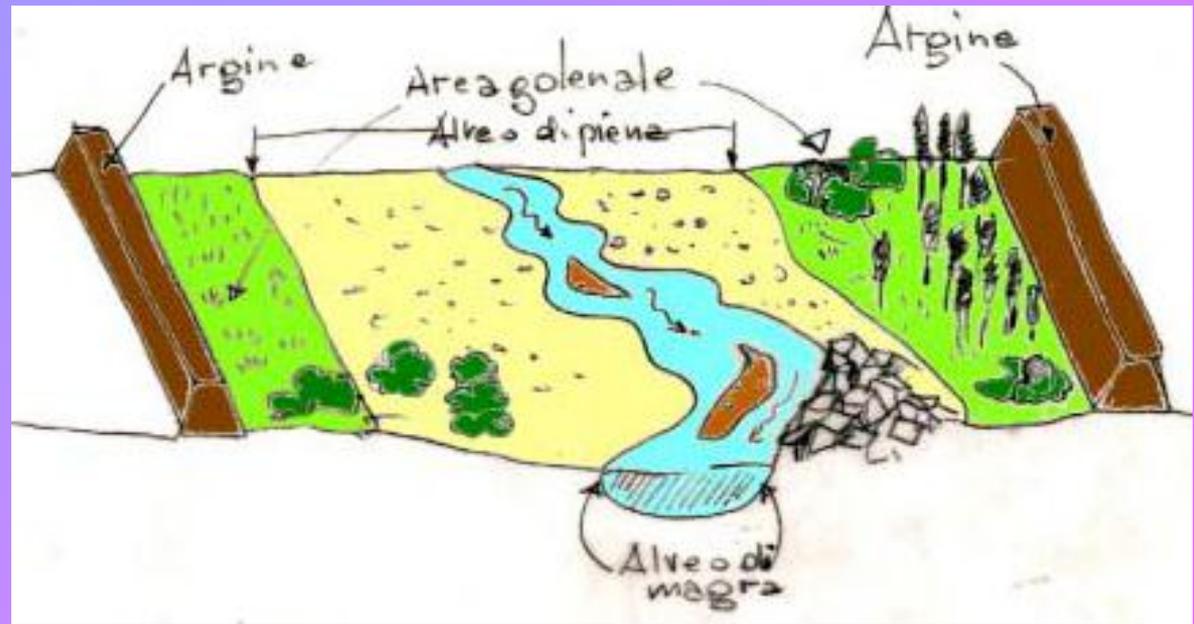


Restringimento e rettificazione dell'alveo





Prevenzione e mitigazione



La prevenzione include la costruzione di strutture quali argini e opere murarie, con funzioni di barriera fisica contro le piene.

Le casse di colmata hanno il compito di immagazzinare acque nei periodi di piena e rilasciarle in tempi successivi.

Vi sono sistemi che servono per rallentare il deflusso delle acque derivanti da precipitazioni intense.

Le canalizzazioni, infine, consentono di ampliare la sezione dei corsi d'acqua, e di trasportare quindi la massa idrica più velocemente.

La regolazione include misure di programmazione territoriale degli interventi e degli insediamenti umani, e misure d'assicurazione dalle alluvioni.

Da un punto di vista ambientale, il migliore approccio alla mitigazione dei danni derivanti da alluvioni nelle piane alluvionali è una seria programmazione territoriale.

Delimitazione delle fasce di pertinenza fluviale

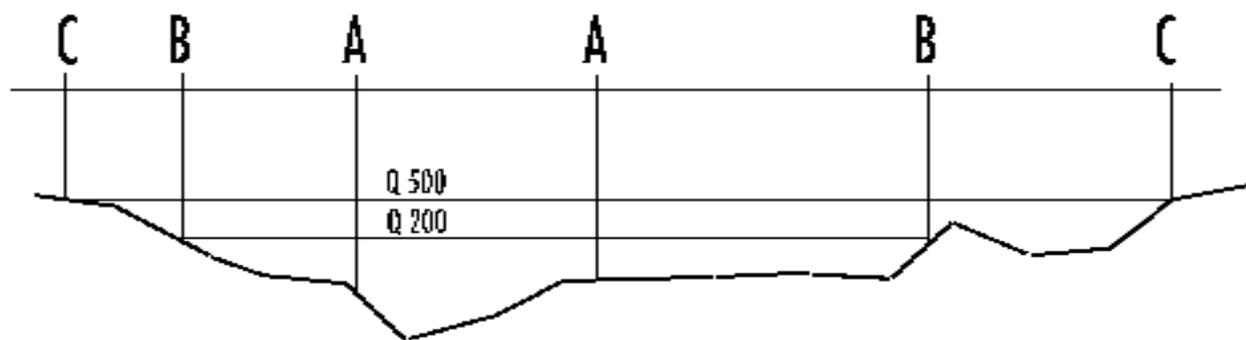
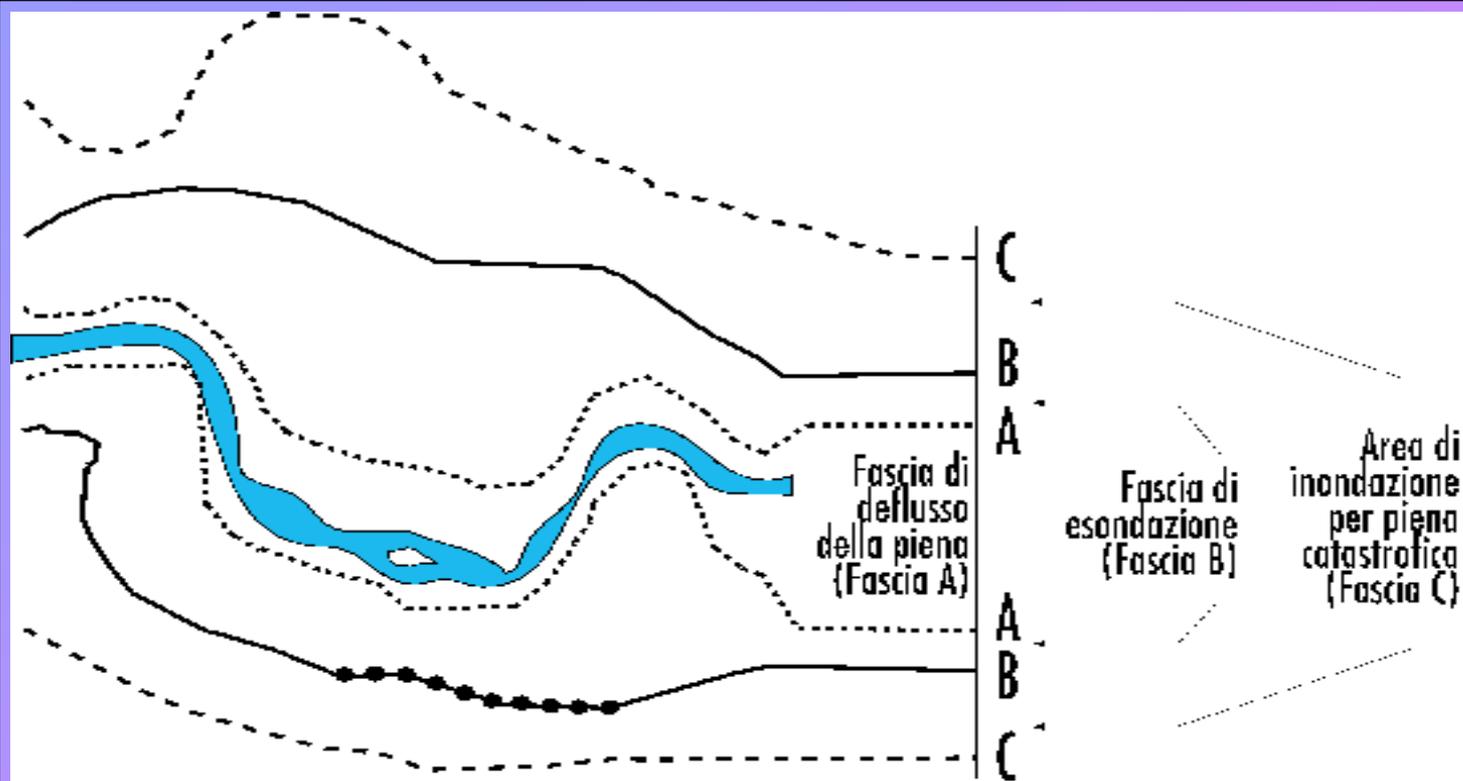
La *delimitazione delle fasce fluviali* viene effettuata in funzione dei principali elementi morfologici e idraulici dell'alveo: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali, ambientali e vincoli ambientali, nonché dell'assetto idraulico di progetto di ciascuno dei corsi d'acqua.

Si definiscono solitamente *tre fasce fluviali*:

la " Fascia A" o *Fascia di deflusso della piena*; è costituita dalla **porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento**, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;

la "Fascia B" o *Fascia di esondazione*; esterna alla precedente, è costituita dalla **porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata**;

la "Fascia C" o *Area di inondazione per piena catastrofica*; è costituita dalla **porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.**



LEGENDA

- limite tra la fascia A e la fascia B
- limite tra la fascia B e la fascia C
- limite di progetto tra la fascia B e C
- limite esterno di fascia C

la scala 1:10.000 viene adottata per tutti i corsi d'acqua per i quali le modeste dimensioni dell'ambito fluviale (tratti fortemente urbanizzati, fondovalli montani) hanno richiesto un maggiore dettaglio di analisi e di delimitazione.

Studi finalizzati alla valutazione del rischio idraulico

- 1- **assetto lito-stratigrafico-strutturale**
- 2- **parametri morfometrici principali nel bacino di appartenenza del corso d'acqua in esame (ordine gerarchico, rapporto di allungamento, rapporto di biforcazione, rapporto di circolarità, densità di drenaggio; frequenza di drenaggio, rapporto F/D, curva ipsometrica e curva clinometrica; ecc.)**
- d 3- **regime idraulico del corso d'acqua**
- 4- **pendenza del corso d'acqua**
- 5- **indice di sinuosità del corso d'acqua**
- 6- **erosione in alveo e/o di sponda, su substrato o su depositi**
- 7- **presenza di gradini, cascate o forre**
- 8- **presenza di meandri abbandonati o di antiche direzioni di scorrimento**
- 9- **caratteristiche sedimentologiche dei depositi alluvionali**
- 10- **presenza di corpi sedimentari in alveo e indicazioni sul trasporto solido** (sia in sospensione che sul fondo)
- 11- **stato di manutenzione del corso d'acqua;**
- 12- **uso del suolo**
- 13- **tecniche colturali (rittochino; giropoggio; a spina di pesce; terrazzi, ciglionamenti; ecc.)**
- 14- **acclività e simmetria dei versanti**
- 15- **regime idraulico dei versanti afferenti all'alveo in esame** (fenomeni di erosione diffusa o concentrata)
- 16- **analisi dei movimenti franosi, in atto, quiescenti ed inattivi**
- 17- **tipologia dei manufatti interessanti l'alveo**
- 18- **stato di funzionalità delle opere idrauliche presenti.**

ALLA SCALA DI TRATTA

