

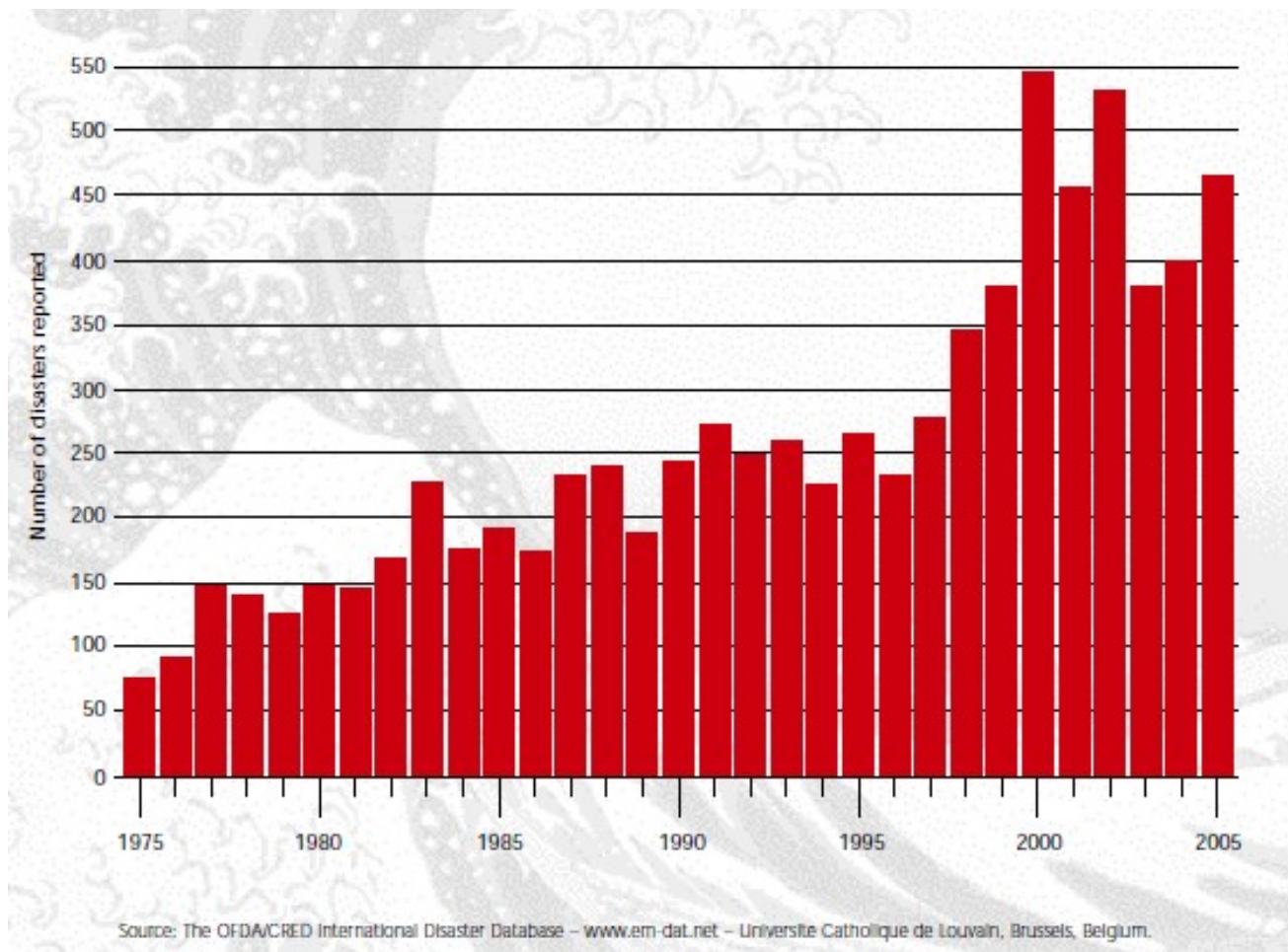
A photograph showing a flooded forest. The water is murky brown and turbulent, with many trees standing in it. Some trees are leaning, and some branches are broken. The scene illustrates a hydrogeological risk.

IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Prof. Mario Fugazza

Negli ultimi 40 anni la conoscenza scientifica relativa ai rischi naturali ed alle tecnologie per combatterli si è enormemente ampliata.

Ciononostante la vulnerabilità è ancora in crescita perché l'attuale sviluppo umano i cambiamenti climatici e gli eventi estremi hanno ampliato la sfera dei disastri naturali ed il relativo costo .

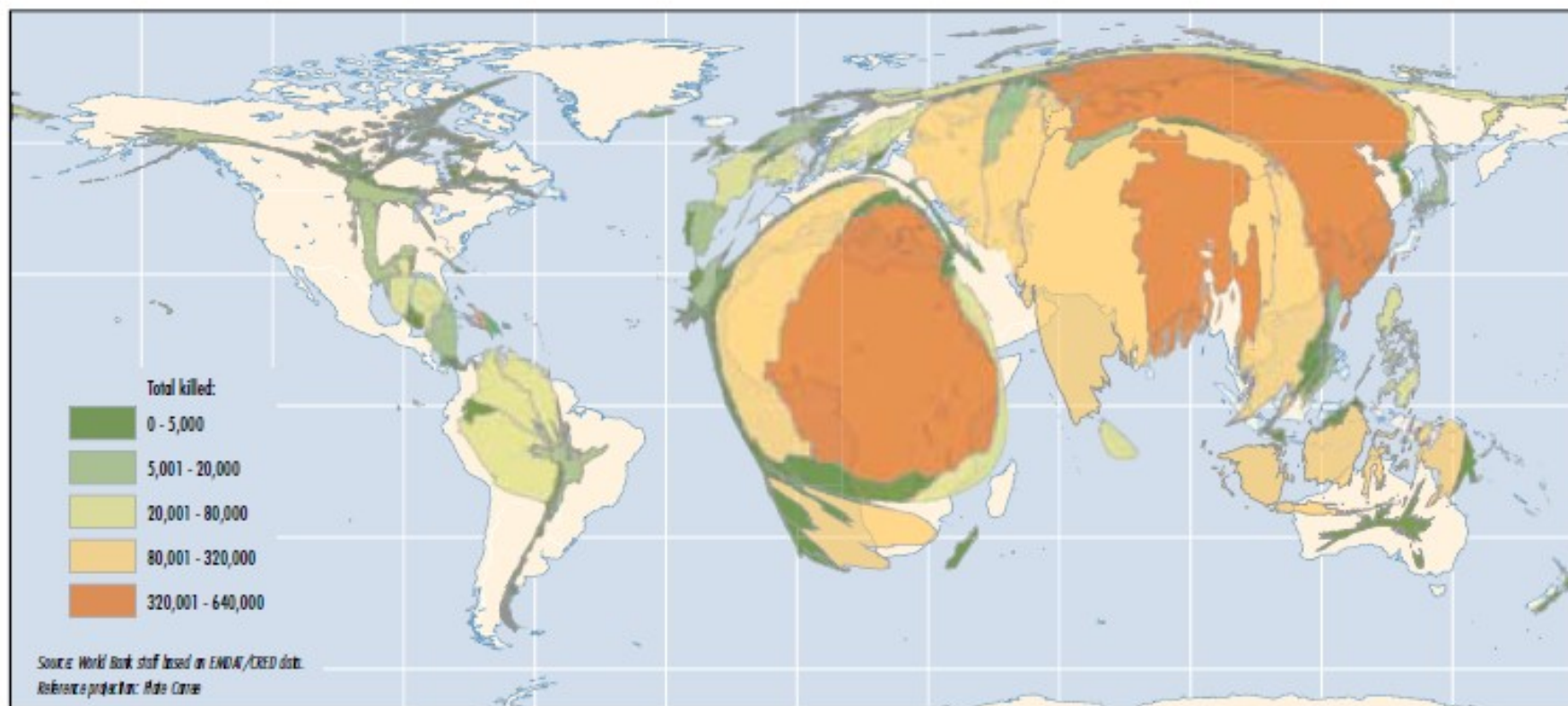


Moltissima parte della popolazione mondiale è ancora a rischio, soprattutto nei paesi in via di sviluppo





Map 1 Deaths shrink Asia and the Americas—but expand Africa



Note: Areas reflect cumulative deaths from disasters for 1970 to 2010 (February).

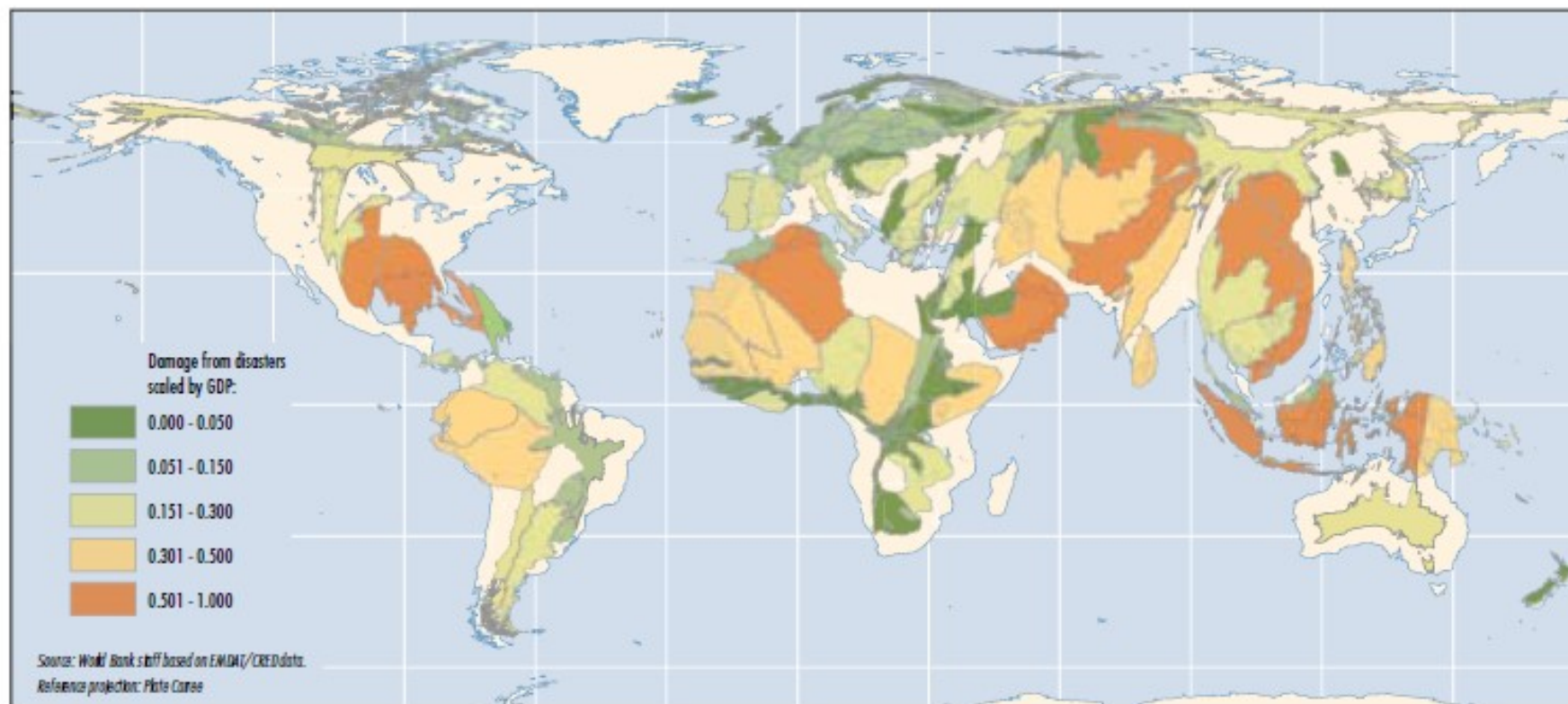
Source: World Bank staff based on EM-DAT/CRED.

Dal 1970 al 2010 si sono verificati 3,3 milioni di decessi per disastri naturali , circa 82.500 all'anno con un'ampia fluttuazione annuale e senza preciso trend.

La causa principale è stata la siccità (circa un milione di decessi nella sola Africa), seguono terremoti, alluvioni e tifoni.

**Il numero di decessi per disastri naturali è maggiore nei paesi
ove il reddito pro capite è più basso**

Map 2 Damages shrink Africa but expand middle-income countries



Note: Areas reflect cumulative damage from disasters scaled by GDP for 1970 to 2008.

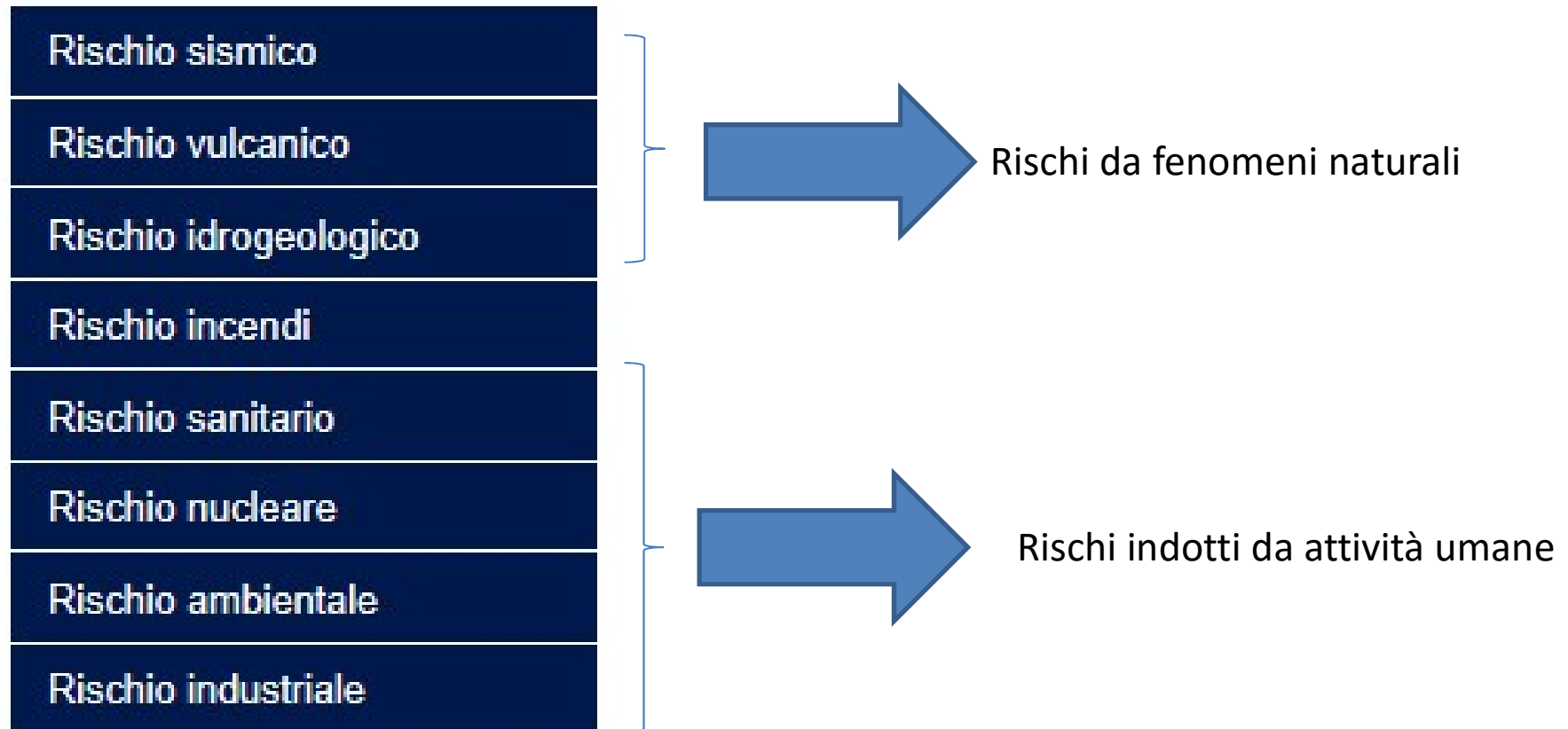
Source: World Bank staff based on EM-DAT/CRED.

I danni complessivi per disastri naturali dal 1970 and 2008 ammontano a 2.300 miliardi di dollari circa lo 0,23 % dell'intero prodotto mondiale.

Se si rappresentano in percentuale del prodotto interno lordo (GPD) si osserva che i valori massimi si hanno per quei paesi che sono nel mezzo dello sviluppo

Rischio definizione operativa

Ai fini di protezione civile, il rischio è rappresentato dalla possibilità che un **fenomeno naturale o indotto dalle attività dell'uomo** possa causare effetti dannosi sulla popolazione, gli insediamenti abitativi e produttivi e le infrastrutture, all'interno di una particolare area, in un determinato periodo di tempo.



Si parla di rischio quando, in un'area fisicamente ben definita, sono presenti **contemporaneamente** due elementi:

La pericolosità di un evento

La vulnerabilità del sito

Il rischio

SCHEMA FORMALE DI DEFINIZIONE (UNESCO)

TERMINOLOGIA- DEFINIZIONI

Ci si riferisce a una precisa area con specifiche caratteristiche (fisiche, naturali e legate alla presenza dell'uomo).

-pericolosità' (hazard H):

È legata alla probabilità che un evento potenzialmente distruttivo (naturale o creato dall'uomo) si verifichi nell'area;

- elementi a rischio (E):

Tutto ciò che è presente nell'area e può subire danni: popolazione, proprietà, attività economiche, etc.;

- vulnerabilità V(E):

È definita dall'entità del danno che ogni elemento a rischio può subire al verificarsi dell'evento in oggetto; si può definire una vulnerabilità media $V = \sum V(E)/N$ ove N è il numero di elementi.

- rischio specifico $R_s(E)$

È dato dall'associazione della pericolosità dell'evento con la vulnerabilità del singolo elemento; viene stimato come prodotto: $R_s = H \times V(E)$

- rischio totale R

È l'insieme dei rischi specifici ed è un indice del danno totale atteso al verificarsi dell'evento: numero di perdite umane, feriti, danni alla proprietà etc.

Viene stimato come $R = \sum R_s$ o meglio ancora come $R = H \times V$

L'idrogeologia è quella disciplina delle scienze geologiche che studia le relazioni tra acque sotterranee e acque superficiali.

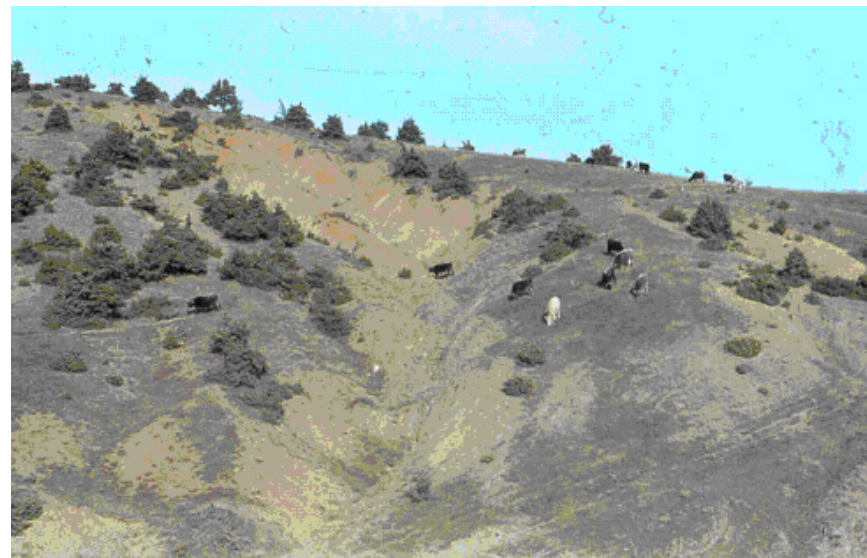
I termini **dissesto idrogeologico** e **rischio idrogeologico** vengono però usati per definire i fenomeni e i **danni reali o potenziali causati dalle acque in generale, siano esse superficiali, in forma liquida o solida, o sotterranee.**

Le manifestazioni più tipiche di fenomeni idrogeologici sono:

- **Erosione versanti** ➡ scorrimento e ruscellamento superficiale
- **Frane** ➡ eccesso di acqua in falda , disboscamenti, etc
- **Esondazioni, alluvioni** ➡ piene
- **Erosioni costiere** ➡ diminuzione apporto solido, mareggiate
- **Subsidenze** ➡ estrazioni dal sottosuolo (acqua, gas..)
- **Valanghe** ➡ diminuizione coesione neve



Frana



Erosione distribuita di versante



Esondazione a Ovada



Alluvione in Pakistan

Erosione costiera



subsidenza



valanga



debris flow



Un altro problema legato al ciclo idrologico è rappresentato dalle crisi idriche e dalla siccità



Crisi idrica in pianura padana:
perdita reddito

Siccità in Somalia: carestia morte



RISCHIO IDRAULICO

Pericolosità'

Definisce le caratteristiche del fenomeno fisico x (**esondazione del corso d'acqua**) che crea il danno sulla base del tempo di ritorno T , oppure del rischio intrinseco (probabilità che $x(T)$ venga superata una o più volte in N anni)

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

Cresce con la frequenza dell'evento (minore tempo di ritorno)

Vulnerabilità

Si riferisce alle caratteristiche di uso del suolo nell'are esposta a rischio e al danno conseguente all'evento che lo produce

Cresce con la presenza umana, con il valore (economico e sociale) dei manufatti presenti, con la redditività dell'uso del territorio (agricolo, artigianale, industriale, residenziale)

Pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica fa riferimento agli eventi di piena caratterizzati da un'onda con un andamento di questo tipo:



La portata liquida aumenta fino al valore massimo (colmo o picco di piena) e poi diminuisce fino a riportarsi al valore iniziale o poco diverso

La grandezza statistica che si considera è il valore del colmo

Pericolosità idraulica

Quanto maggiore è il valore del colmo tanto più piccola è la probabilità che si verifichi la piena con quella caratteristica e quindi tanto maggiore il tempo di ritorno.

D'altra parte, pur considerando il fatto che la piena con portate maggiori può fare più danni, nel valutare la pericolosità si considera la frequenza dell'evento:
nel periodo lungo il susseguirsi di piene meno gravose ma più frequenti produce danni maggiori di una singola piena più gravosa ma molto meno probabile

**Ecco perché la pericolosità diminuisce
all'aumentare del tempo di ritorno**

Pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica si differenzia in quattro classi così definite:

- **Classe P4**: pericolosità molto elevata, in corrispondenza delle aree allagate per piena con **$T = 50$ anni**;
- **Classe P3**: pericolosità elevata, in corrispondenza delle aree allagate per piena con **$T = 200$ anni**, con altezza d'acqua $\geq 0,9$ m per qualunque velocità della corrente, con altezza d'acqua $< 0,9$ m per velocità $\geq 2 \text{ ms}^{-1}$;
- **Classe P2**: a pericolosità media, in corrispondenza delle aree allagate per piena con **$T = 200$ anni**, altezza d'acqua $< 0,9$ m, se la velocità della corrente è $< 2 \text{ ms}^{-1}$;
- **Classe P1**: a pericolosità moderata, in corrispondenza delle aree allagate per piena con **$T = 500$ anni**.

Danno:

è associato al concetto di vulnerabilità e al numero di elementi a rischio

Il danno si differenzia in quattro classi così definite:

- **Classe D4:**
danno potenziale altissimo

- **Classe D3:**
danno potenziale alto

- **Classe D2:**
danno potenziale medio

- **Classe D1:**
danno potenziale basso

Classe D4:

danno potenziale altissimo: su tali aree fenomeni di esondazione possono provocare **ingenti danni ai beni e perdita di vite umane**



Classe D3:

danno potenziale alto: su tali aree fenomeni di esondazione possono provocare **danni per la funzionalità del sistema economico** e problemi **all'incolumità delle persone;**



Classe D2:

danno potenziale medio: su tali aree è limitata la presenza di persone e sono **limitati gli effetti** che possono derivare al tessuto socio-economico;



Classe D1:

danno potenziale basso: comprende le **aree libere** da insediamenti che consentono il libero deflusso delle piene.





Danno: **metodologie per la determinazione**

La determinazione del grado di danno è eseguita in funzione delle zone omogenee del PGT in rapporto alle categorie di uso del suolo:

Classe di elementi a rischio (DANNO)	CATEGORIE D'USO DEL SUOLO
D1	Zona boschiva
	Zona agricola non edificabile
	Demanio pubblico non edificato o non edificabile
D2	Infrastrutture pubbliche (strade comunali consortili non strategiche)
	Zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato
	Parchi, verde pubblico non edificato
D3	Ferrovie
	Lifelines: oleodotti, elettrodotti, acquedotti
	Zona agricola generica (con possibilità di edificazioni)
	Zona per impianti tecnologici, discariche Rsu e inerti, zone a cava
D4	Centri urbani
	Nuclei rurali minori di particolare pregio
	Zona di completamento
	Zona di espansione
	Zona artigianale, industriale, commerciale
	Servizi pubblici prevalentemente con fabbricati
	Infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali e strategiche)
	Zona di scarica di speciali o tossico-nocivi
	Zona alberghiera
	Zona per campeggi e villaggi turistici

Rischio idraulico: classificazione

•**R4: rischio molto elevato**, per il quale sono possibili la **perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone**, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali e la distruzione delle funzionalità delle attività socio-economiche.

•**R3: rischio elevato**, per il quale sono possibili **problemi per l'incolumità delle persone**, danni funzionali agli edifici, con conseguente inagibilità degli stessi, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali, con **l'interruzione delle funzionalità socio-economiche**;

•**R2: rischio medio**, per il quale sono possibili **danni minori** agli edifici, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali che **non pregiudicano** l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività socio-economiche;

•**R1: rischio moderato**, per il quale sono possibili **danni sociali ed economici** ai beni ambientali e culturali **marginali**;

Rischio idraulico

Procedura di formazione della carta del rischio idraulico

Si ottiene sovrapponendo la **carta della pericolosità** alla **carta della vulnerabilità**

Come influisce il livello di rischio sul P.G.T ?:

I livelli di rischio R1 o R2 possono ritenersi compatibili con il P.A.I (Piano per l'assetto idrogeologico).,

Le aree con livello di rischio R3 o R4 non sono compatibili,

In tali aree dovranno essere escluse nuove edificazioni e individuate e attuate misure di mitigazione del rischio.

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

Attenzione: a una elevata pericolosità può corrispondere un rischio basso ma non deve in questo caso **mai** aumentare la vulnerabilità

Come si protegge il territorio dagli eventi di piena ?

Attività di prevenzione: tracciamento delle fasce di pertinenza fluviale

Attività di verifica: zonazione del rischio idraulico

Attività di protezione: riduzione del rischio idraulico

LE FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE

La fascia di pertinenza fluviale rappresenta un importante strumento per l'attuazione dei piani di bacino tramite :

- **azioni di intervento di natura idraulica**
- **regolamentazione dell'uso del suolo**

Per un assetto del sistema 'corso d'acqua' compatibile con la sicurezza idraulica e con la salvaguardia delle componenti ambientali.

SI TRATTA DI UN'ATTIVITA' DI TIPO PREVENTIVO E PIANIFICATORIO

Interviene a livello di P.G.T.

LE FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE

Definizione: (Progetto PO, 1993) “...è la porzione di territorio costituita dalle aree, all’interno della regione fluviale intesa in senso lato, la cui struttura e connotazione sono determinate dai fenomeni morfologici, idrodinamici e naturalistico-ambientali connessi al regime idrologico del corso d’acqua, con riferimento al particolare assetto (scenario ambientale di riferimento) assunto come obiettivo.

Si individua sulla base dei seguenti elementi:

- **l’insieme delle divagazioni dell’alveo inciso del corso d’acqua storicamente accertate, quale indicatore della storia e della tendenza evolutiva dell’alveo;**
- **l’estensione dell’alveo di piena per eventi di gravosità medio-alta;**
- **le aree a caratteristiche naturali strettamente connesse all’ambiente fluviale.**

Vengono individuate tre fasce di pertinenza fluviale

Fascia A: fascia di deflusso della piena:

Deve essere mantenuta il più possibile libera

Fascia B: fascia di esondazione:

Sono consentite solo alcune attività che non compromettono il deflusso

Fascia C: fascia di inondazione per piena catastrofica:

Può essere utilizzata dalle amministrazioni purchè si pianifichi l'attività di prevenzione e soccorso (piano di emergenza)

METODOLOGIA DI INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE

Fascia A:

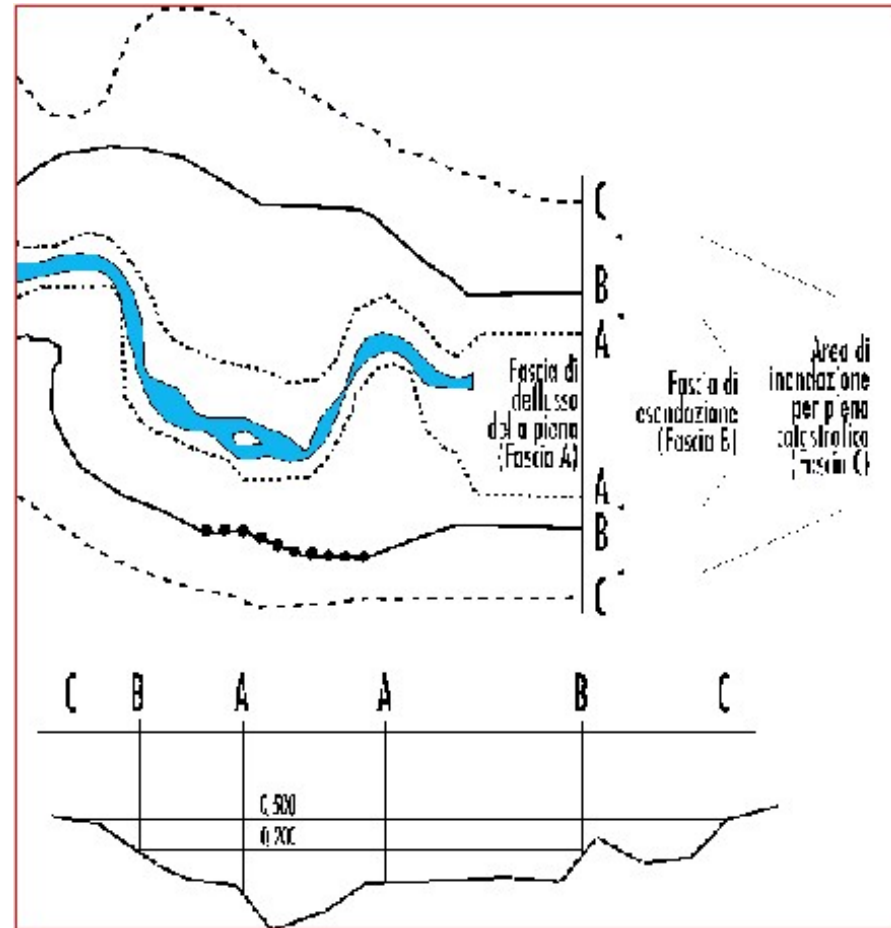
porzione dove fluisce 80% della portata marcata da **200 anni** di tempo di ritorno (Q200)

Fascia B:

il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla portata **Q200**

Fascia C:

massima piena registrata, se corrisponde ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni, o, in assenza di essa, la piena marcata da **500 anni** di tempo di ritorno.



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

Pianificazione territoriale all'interno delle fasce di pertinenza fluviale

Fascia A:

- vietate le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, l'installazione di impianti di smaltimento dei rifiuti

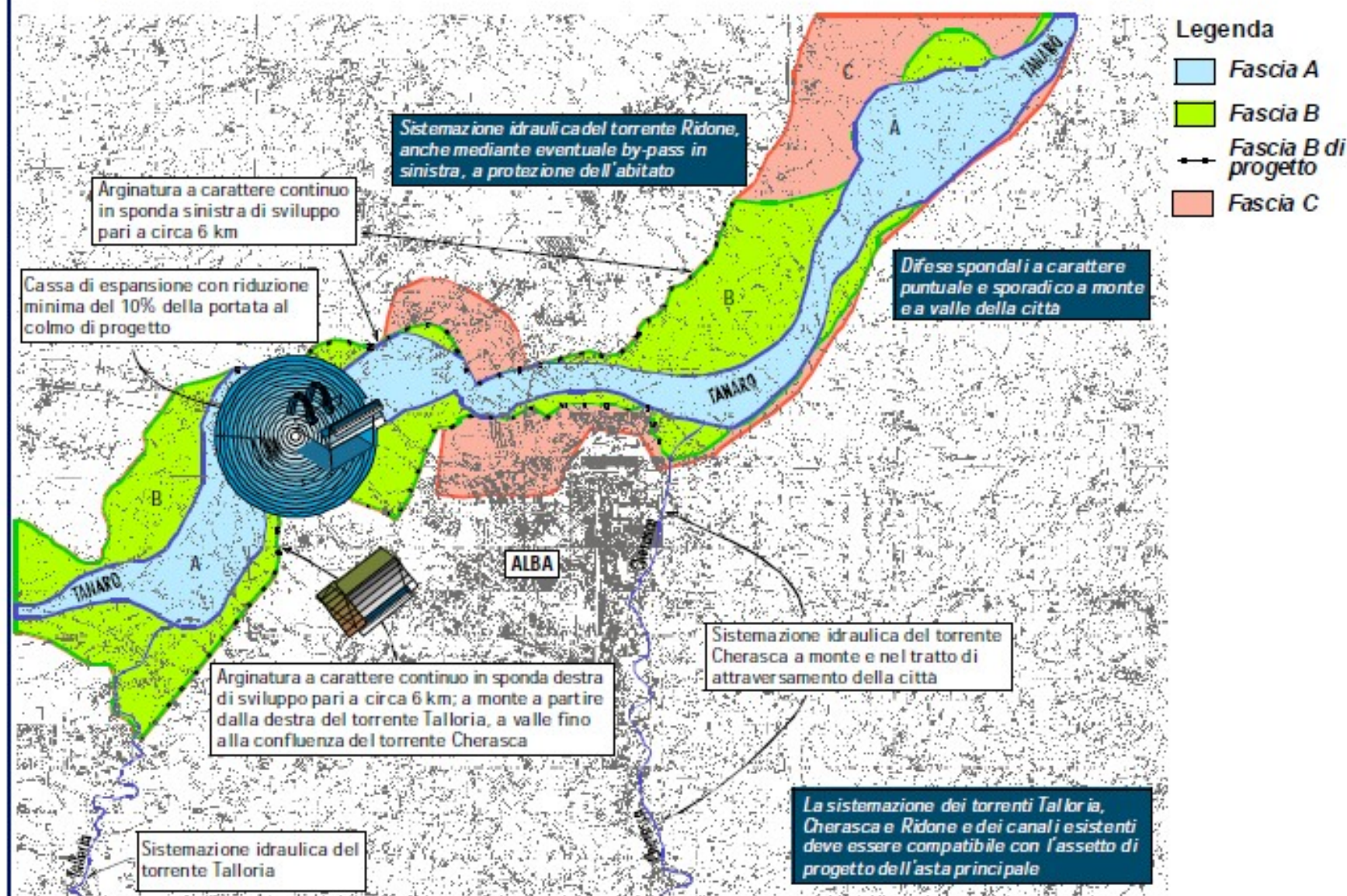
Fascia B:

- vietati gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, l'installazione di impianti di smaltimento dei rifiuti.

Fascia C:

- si richiede la predisposizione dei piani di protezione civile ai sensi della legge n. 225/92. Le Regioni e gli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, devono regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti nella Fascia C.

Fig. 5.5. Fasce fluviali e linee di intervento su un nodo idraulico : esempio di Alba



ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Tracciamento della carta di pericolosità

Tracciamento della carta di vulnerabilità

Sovrapposizione: carta del rischio

Valutazione della sostenibilità del rischio

Interventi di mitigazione

REALIZZAZIONE DELLE CARTE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (DI ESONDAZIONE E DI INONDAZIONE)

La redazione delle carte di pericolosità di esondazione e di inondazione è fondamentale per consentire un'opportuna pianificazione territoriale.

Valutazione in 2 fasi

- 1. Determinazione dei tratti di alveo esondabili :** piovosità, bacino natura e stato dell'alveo
- 2. Determinazione delle aree inondabili:** volume esondato e durata del fenomeno, topografia e uso del territorio

Operativamente:

Analisi idrologica: viene valutata la portata di progetto per il tratto di corso d'acqua;

Analisi idraulica: viene valutata la capacità dell'alveo determinando i tratti esondabili.

Si determina l'estensione degli allagamenti nelle aree rivierasche, i livelli di invaso, le velocità e i tempi di permanenza delle acque sul territorio circostante.

REALIZZAZIONE DELLE CARTE DI VULNERABILITA ‘

Valutazione in 2 fasi

- 1. Analisi della situazione esistente e di ciò che è in programma (PGT);**
- 2. Assegnazione del valore al singolo elemento, e quindi della vulnerabilità;**
- 3. Zonazione per livelli in base alla normativa**

Operativamente:

Sopralluoghi sul territorio

Analisi dei piani di gestione .

Determinazione delle aree a rischio idrogeologico

Perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio

D.P.C.M. 29 settembre 1998

La sovrapposizione della

carta delle aree inondabili

con la

carta degli insediamenti, delle attività antropiche e del patrimonio ambientale

delinea le zone con differenti livelli di rischio, al fine di stabilire le misure più urgenti di prevenzione mediante interventi e/o misure di salvaguardia

Carta delle fasce

Legenda

Rosso = fascia A

Giallo = fascia B

Verde = Fascia C



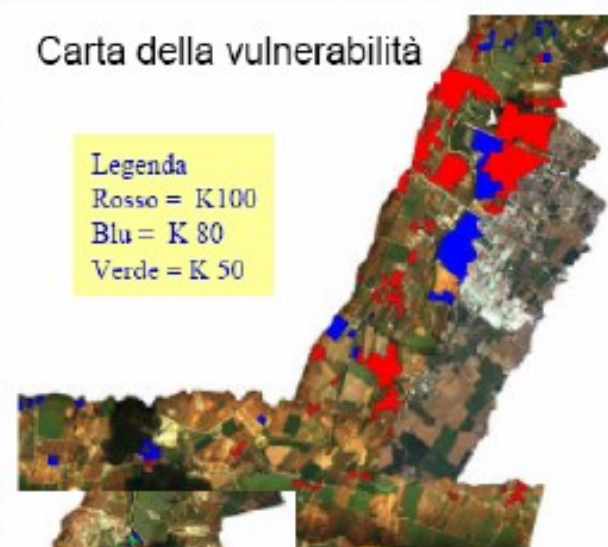
Carta della vulnerabilità

Legenda

Rosso = K100

Blu = K 80

Verde = K 50



Carta del rischio

Legenda

Rosso = R4

Blu = R3

Verde = R2



***Tevere tratto
Orte –
Castel
Giubileo***

RISCHIO IDRAULICO

Una situazione di rischio inaccettabile risulta da:

- un certo livello di vulnerabilità;
- **da un livello di pericolosità inaccettabile.**

La mitigazione del rischio quando raggiunge i livelli R3 o R4 si attua operando su questi due termini:

- ☐ **mitigando la pericolosità (è la situazione più frequente)**
- ☐ **mitigando la vulnerabilità**

**MITIGAZIONE DEL RISCHIO ASSOCIATO
AL VERIFICARSI DEI FENOMENI DI PIENA**

Mitigazione del rischio di piena

Consiste nella messa in opera di un insieme di provvedimenti

di tipo strutturale

(che richiedono la progettazione e realizzazione di manufatti)

e non strutturale

**(che richiedono la realizzazione di sistemi di allerta
e l'organizzazione dei soccorsi)**

**atti a ridurre la frequenza e l'impatto degli eventi alluvionali
a limiti compatibili con le
caratteristiche socio-economiche dei territori da difendere.**

Mitigazione del rischio di piena

provvedimenti strutturali

(provvedimenti che riducono la pericolosità dell'evento)

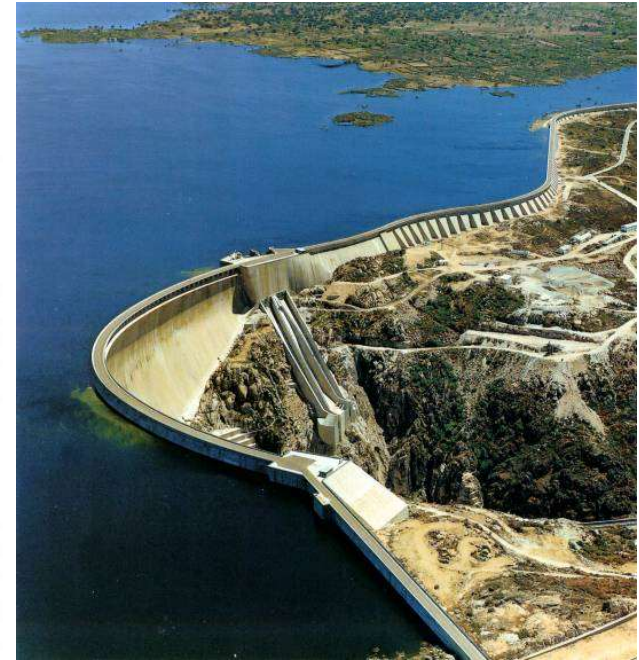
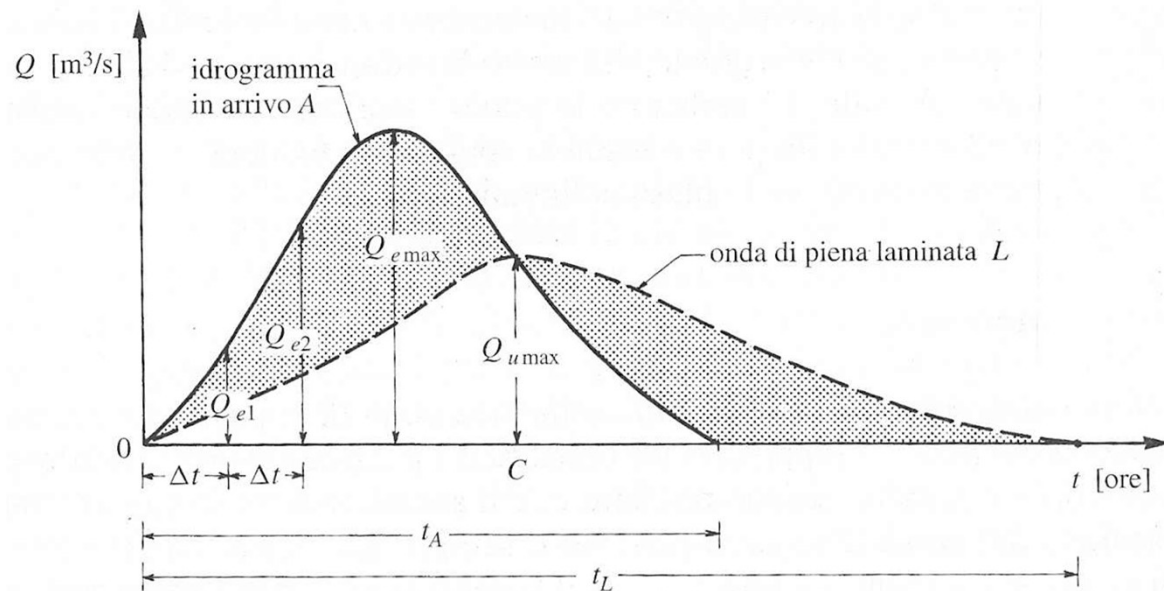
➤ **progettazione di opere intese a ridurre le portate provenienti dal bacino a monte**

- costruzione di dighe, casse di espansione, vasche di accumulo;
- costruzione di diversivi e scolmatori;

➤ **progettazione di opere intese ad aumentare la capacità di convogliamento degli alvei**

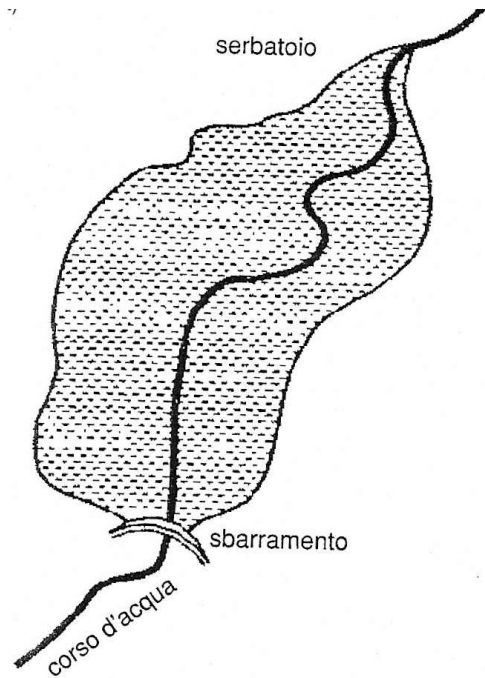
- sistemazione d'alveo;
- miglioramento del letto fluviale;
- rettifiche;
- arginature.

Serbatoi di laminazione



Casse di espansione

Zone delimitate da un'arginatura soggette ad allagamenti preordinati.



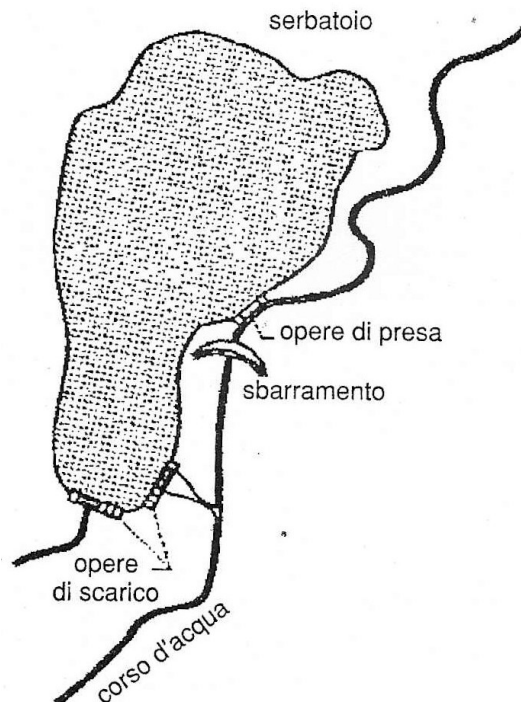
In linea



Cassa di espansione sul fiume Panaro

Casse di espansione

Zone delimitate da un'arginatura soggette ad allagamenti preordinati.



In derivazione



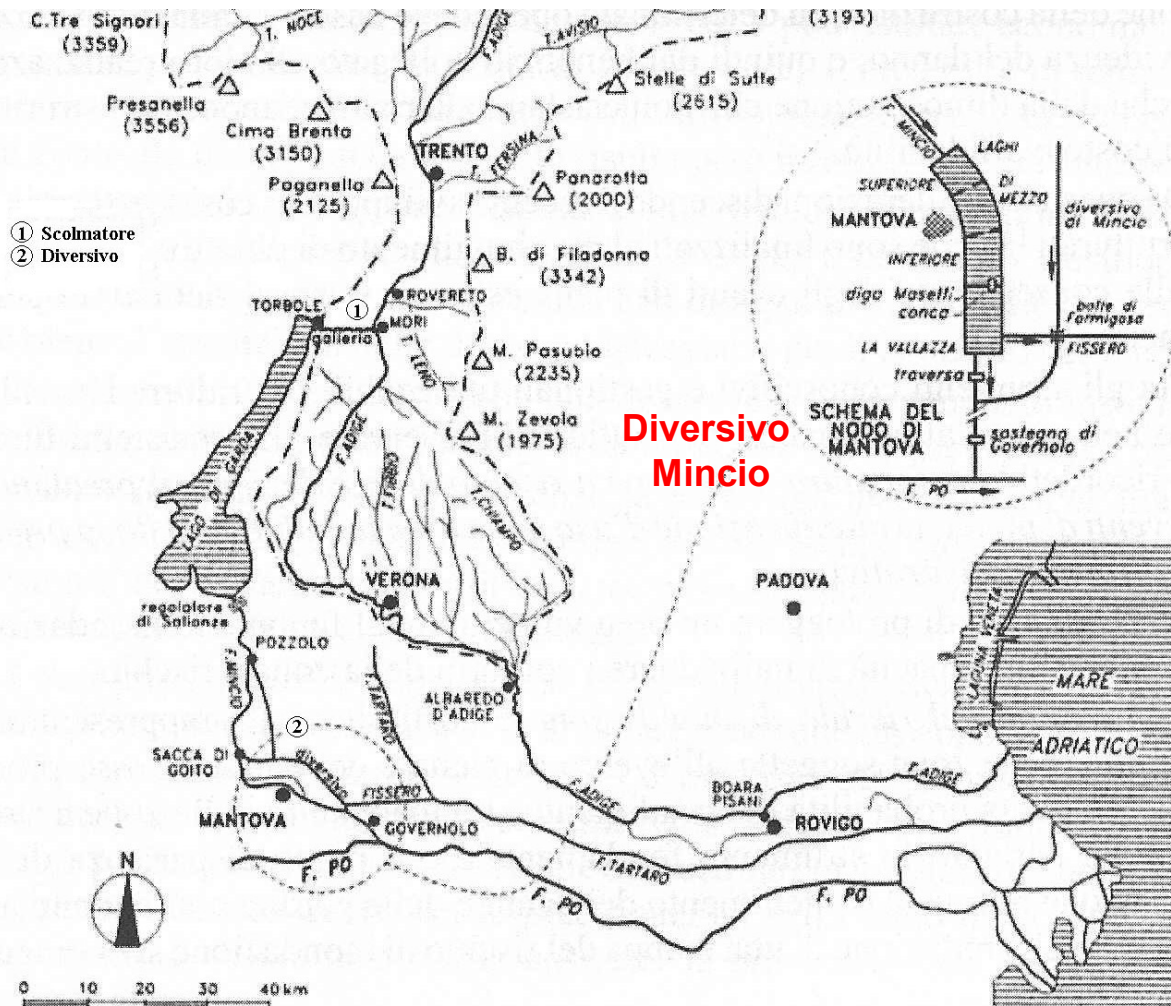
LEGENDA:

1. Traversa principale
2. Traversa secondaria
3. Sfioratore laterale
4. Scaricatore

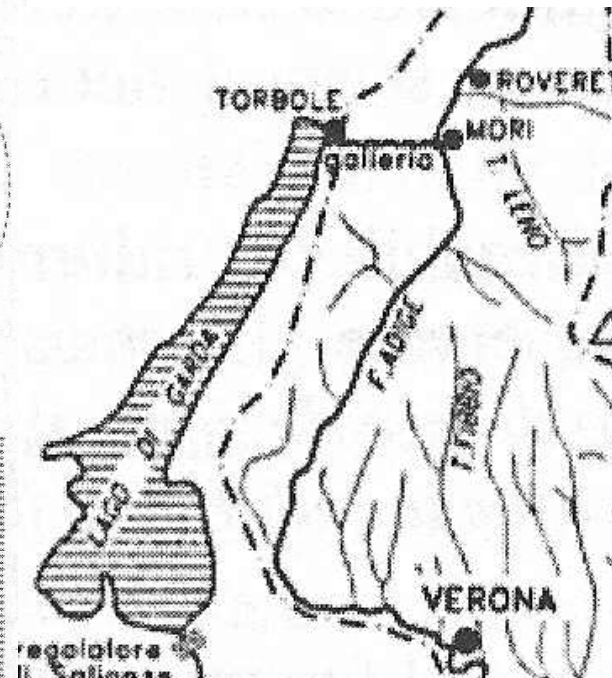
Cassa di espansione sul fiume Secchia

Diversivo: canale artificiale che deriva permanentemente acqua dal fiume e la convoglia in un altro recapito finale (lago, mare, corso d'acqua);

Scolmatore: canale artificiale alimentato da uno sfioratore che entra in funzione solo durante eventi di piena rilevanti.



**Scolmatore Adige
Lago di Garda**



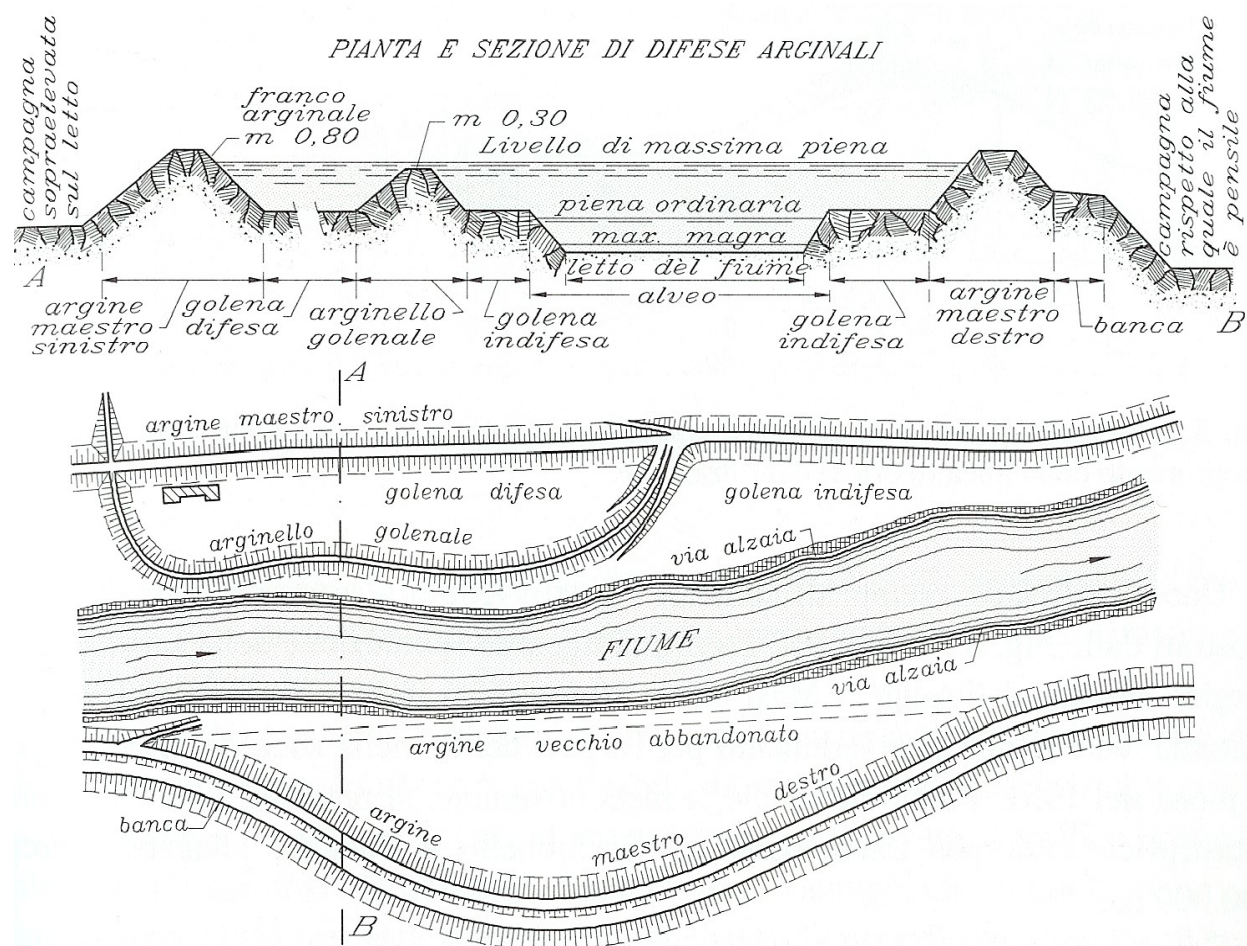


Canale diversivo del Mincio

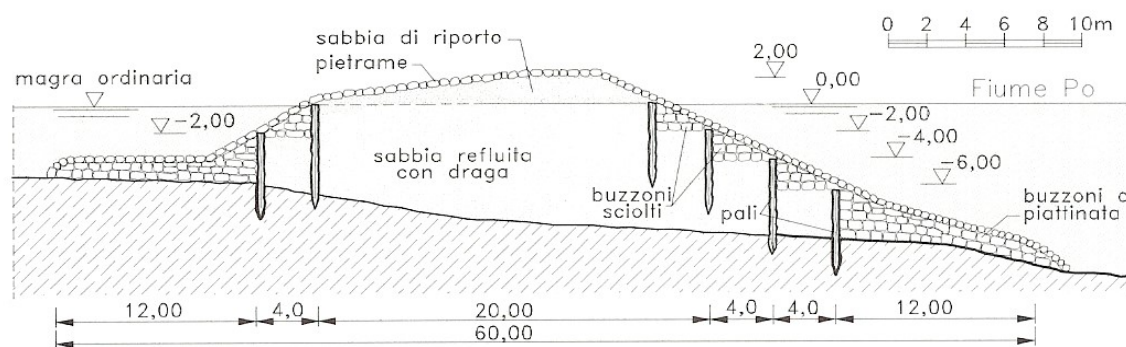
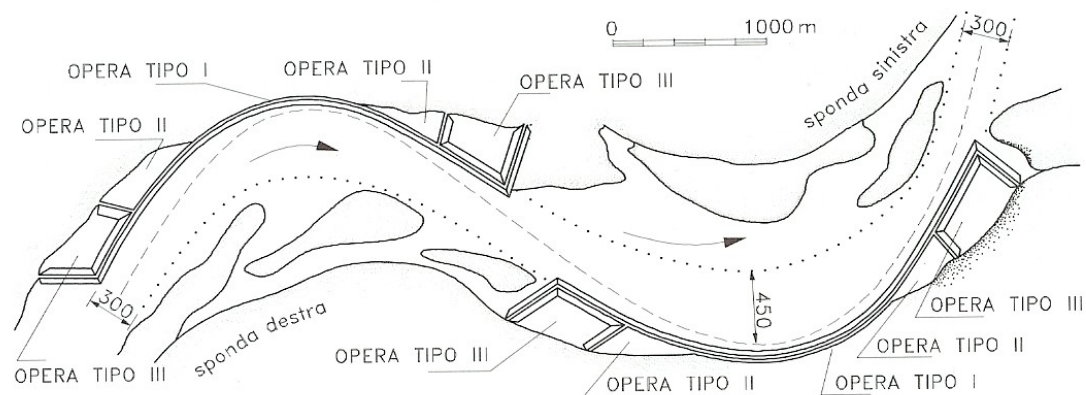


Le arginature

L'arginatura consiste nella costruzione lungo le sponde del corso d'acqua in esame di strutture di contenimento di altezza tale da contenere le portate inferiori a un valore limite stabilito in progetto



Le arginature



Le arginature del Po



Lo sviluppo totale di tali arginature è di 2290 km: ai 796 km in sinistra e ai 1341 km in destra si aggiungono 153 km di argini nei rami secondari del delta. Le opere sono disposte per 863 km lungo il fiume e per ben 1274 km lungo i tronchi di rigurgito degli affluenti.

Al sistema di argini maestri è combinato un insieme di altre opere di difesa costituito dagli argini di golena con la funzione di mantenere libere dalle piene minori vaste aree di terreno adibite a coltura all'interno degli argini maggiori.

Mitigazione del rischio di piena

provvedimenti non strutturali

(provvedimenti che riducono la vulnerabilità o il valore degli elementi esposti al rischio)

Interventi atti a prevenire o ridurre i danni conseguenti all'evento di piena, **senza** costruzione di opere

- **Provvedimenti di tipo amministrativo:** disciplinare l'uso del suolo tramite l'introduzione di **vincoli e restrizioni** correlati alla situazione territoriale e al modello di sviluppo previsto
- **Provvedimenti intesi a modificare l'impatto delle inondazioni sugli individui:** campagne di informazione che abituino la **popolazione a convivere con il rischio**
- **Provvedimenti intesi a realizzare sistemi di preavviso di piena e organizzazione e gestione dell'emergenza**

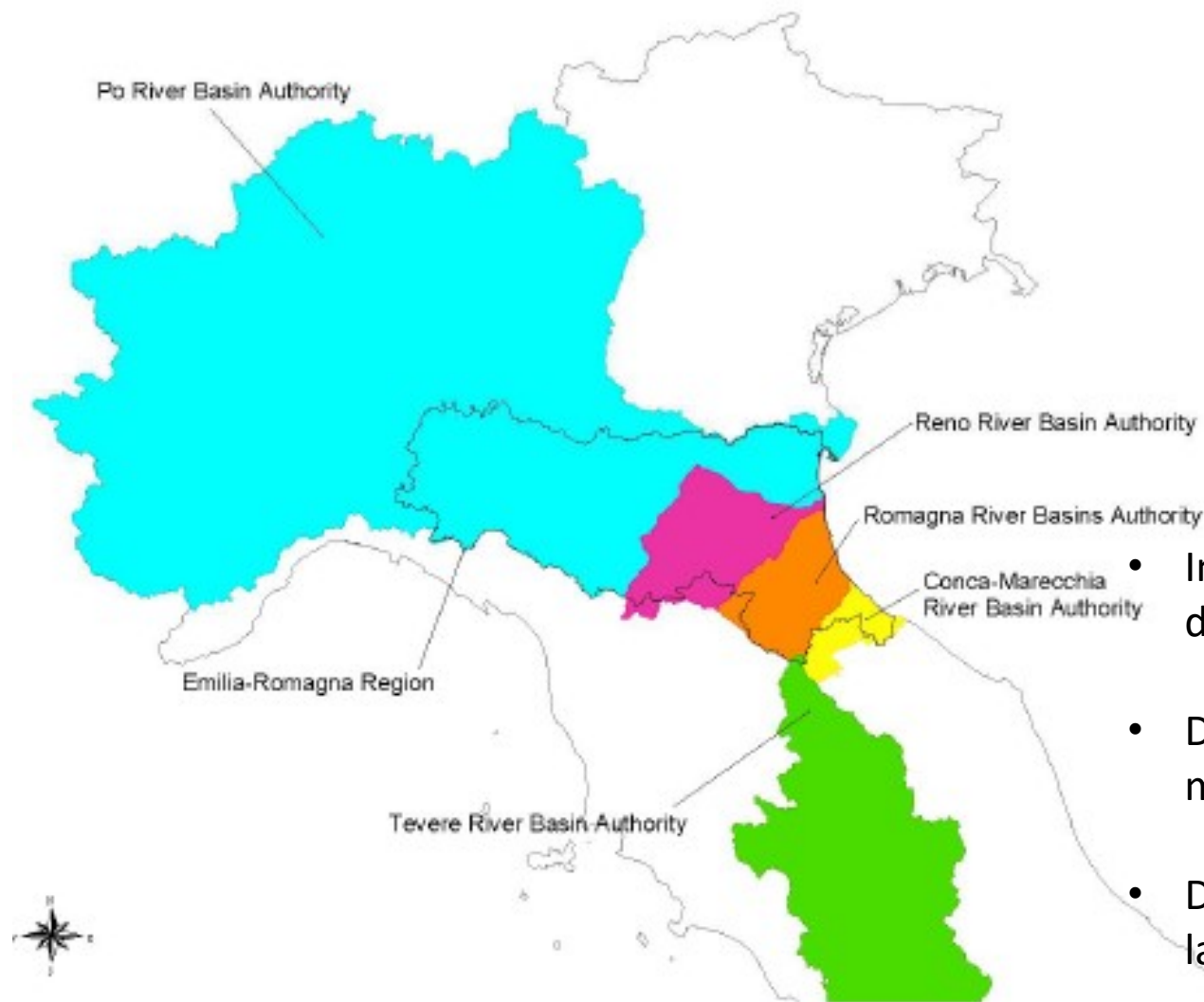
Tali provvedimenti sono subordinati all'individuazione delle aree vulnerabili

Chi si occupa a livello di bacino:

- della scelta degli indirizzi per la gestione, protezione e conservazione del territorio;
- della identificazione delle criticità e problematiche;
- della programmazione degli interventi;
- della progettazione delle opere;
- della direzione lavori;
- degli interventi manutentivi;
- del controllo (polizia idraulica).

Vediamo il caso del bacino del PO

Autorità di Bacino: Piano per l'assetto Idrogeologico (PAI)



Compiti:

- Individuazione delle criticità e delle aree ad alto rischio
- Definizione degli indirizzi e delle misure di intervento
- Definizione dei programmi di lavori specifici

Agenzia interregionale per il PO (AIPO)

Compiti:

Progettazione e direzione lavori per

- Il Fiume Po
- Gli affluenti principali per il tratto terminale (rigurgitato)

Servizio territoriale di bacino (STB) in ogni Regione

Sezione territoriale Regionale (STER) in ogni provincia

Compiti:

Progettazione e direzione lavori nella rete naturale che non è sotto la giurisdizione AIPO (reticolo idrografico principale)

Amministrazioni comunali

Compiti:

Progettazione e direzione lavori per il reticolo idrografico minore

Consorzi di Bonifica

Attività

Progettazione e manutenzione della rete di bonifica e/o irrigazione con tutti i relativi manufatti (canali, sollevamenti, derivazioni, traverse, vasche, etc,)







Consorzi di bonifica in Lombardia

- 01 - Area Lomellina: Associazione Irrigazione Est Sesia
- 01b - Area Lomellina: Consorzio di Bonifica Valle del Ticino
- 04 - Est Ticino Villoresi
- 05 - Oltrepò Pavese (Consorzio non operativo. Commissariato)
- 06 - Media Pianura Bergamasca
- 07 - Adda - Serio
- 08 - Muzza - Bassa Lodigiana
- 09 - Sinistra Oglio
- 10 - Mella e Fontanili
- 11 - Naviglio Vacchelli
- 12 - Dugali
- 13 - Medio Chiese
- 14 - Fra Mella e Chiese
- 15 - Alta e Media Pianura Mantovana
- 16 - Navarolo - Agro Cremonese - Mantovano
- 17 - Colli Morenici del Garda
- 18 - Sud Ovest Mantova
- 19 - Fossa di Pozzolo
- 20-21 - Terre dei Gonzaga in Destra Po (ex Agro Mantovano Reggiano e Revere)
- 22 - Burana - Leo - Scoltenna - Panaro



Riduzione del rischio di esondazioni locali

La rete di bonifica è presente sul territorio e si integra con la rete naturale



La manutenzione e gestione è affidata ai Consorzi di Bonifica

Interventi manutentivi sulla rete artificiale e sui corsi naturali



**Inadeguatezza delle dimensioni:
allargamento del letto**

Pulizia dell'alveo



Consorzi montani, Comunità montane, Enti Forestali, Comuni

Attività

Protezione del territorio montano: manutenzione rete minore, forestazione, drenaggi, etc

