



L'ecosistema fiume e le sue alterazioni dovute all'azione umana

Giulio Conte

Per i materiali didattici
forniti si ringraziano
Bruno Boz, Bruna
Gumiero, Laura Leone e
Giuseppe Sansoni del



Che fiume vogliamo?

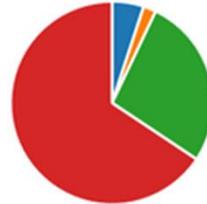


Che fiume vogliamo?

1. Qual è l'immagine che rappresenta il tuo fiume ideale?

[More Details](#)

● Fiume 1	5
● Fiume 2	2
● Fiume 3	27
● Fiume 4	65



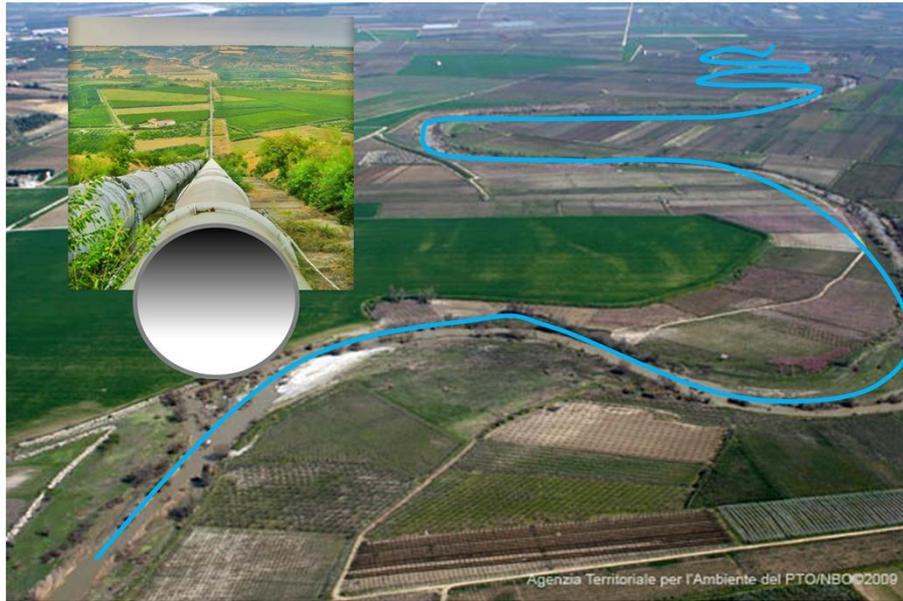
Fiume 4: 66%
Fiume 3: 27%
Fiume 1: 5%
Fiume 2: 2%



Parte I: il fiume come ecosistema

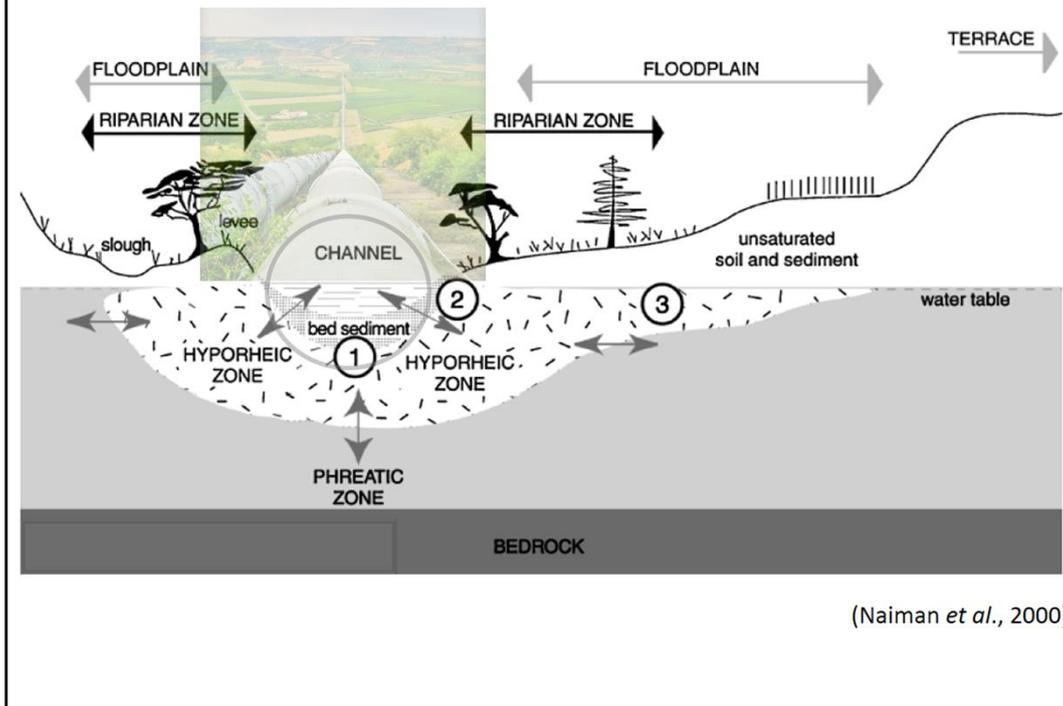
LA PRIMA FUNZIONE CHE SI RICONOSCE AD UN FIUME E' QUELLA DEL TRASPORTO DELL'ACQUA

IL FIUME: solo acqua che scorre?



La prima funzione che si riconosce ad un fiume è quella del trasporto dell'acqua, ma cosa distingue un fiume da un semplice tubo in cui scorre l'acqua da un punto A ad un punto B ?.

Il Fiume è un Ecosistema Complesso



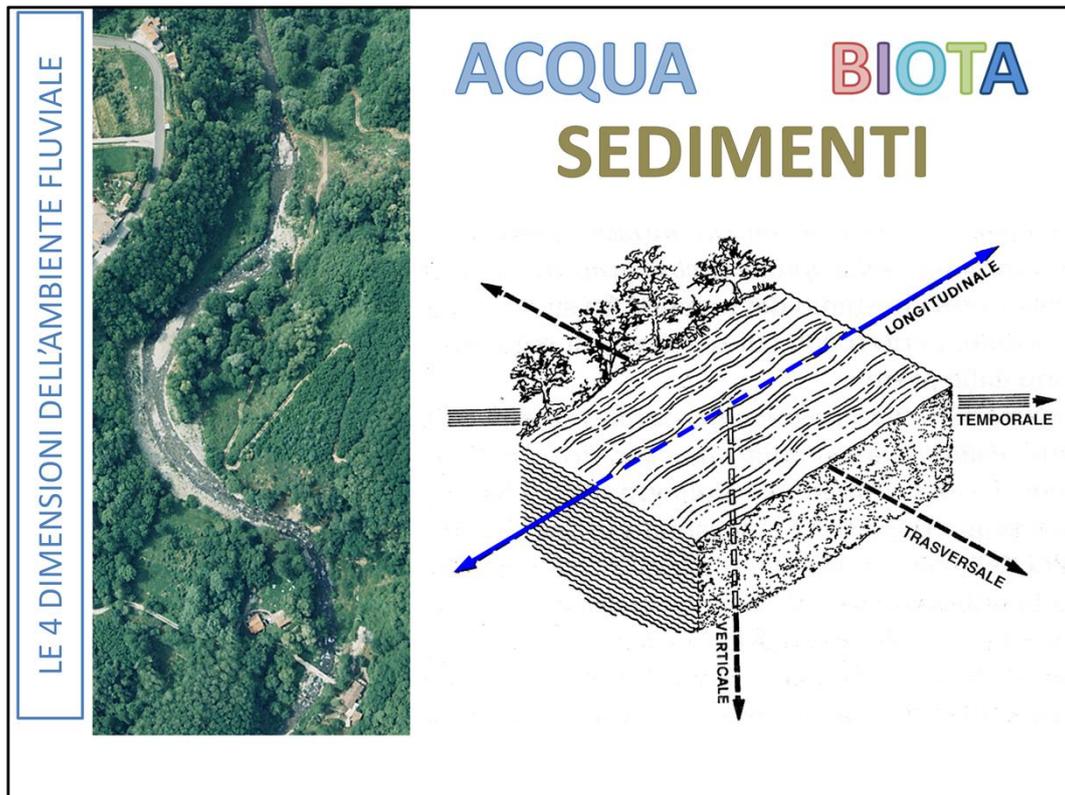
I fiumi in realtà sono ecosistemi **COMPLESSI** che interagiscono con l'ambiente esterno e che presentano varie componenti che vanno oltre il semplice canale di scorrimento (il classico alveo attivo) e soprattutto **non trasportano solo acqua ma anche sedimenti**

Il sistema fluviale può essere paragonato ad un nastro trasportatore di sedimenti, dalla zona di erosione (montana) a quella di deposito (valle, lago, mare).

Ciò vale sia per il corso d'acqua nel suo insieme, sia per i singoli affluenti provenienti dai sottobacini, le cui zone di erosione producono sedimenti [da frane (E1), da erosione incanalata (E2) o da erosione areale (E3)] e le cui zone di deposito sono rappresentate dalle conoidi di deiezione presso lo sbocco nella valle maggiore.

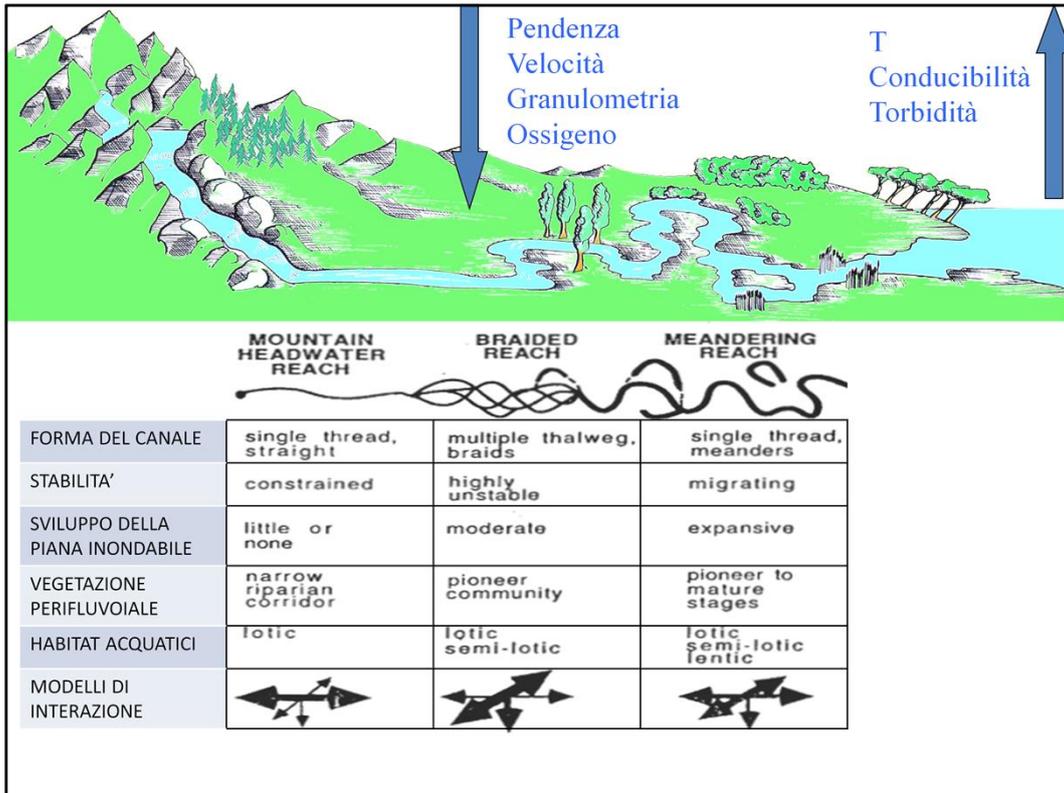
Figura da Kondolf, 1994 (modificata).

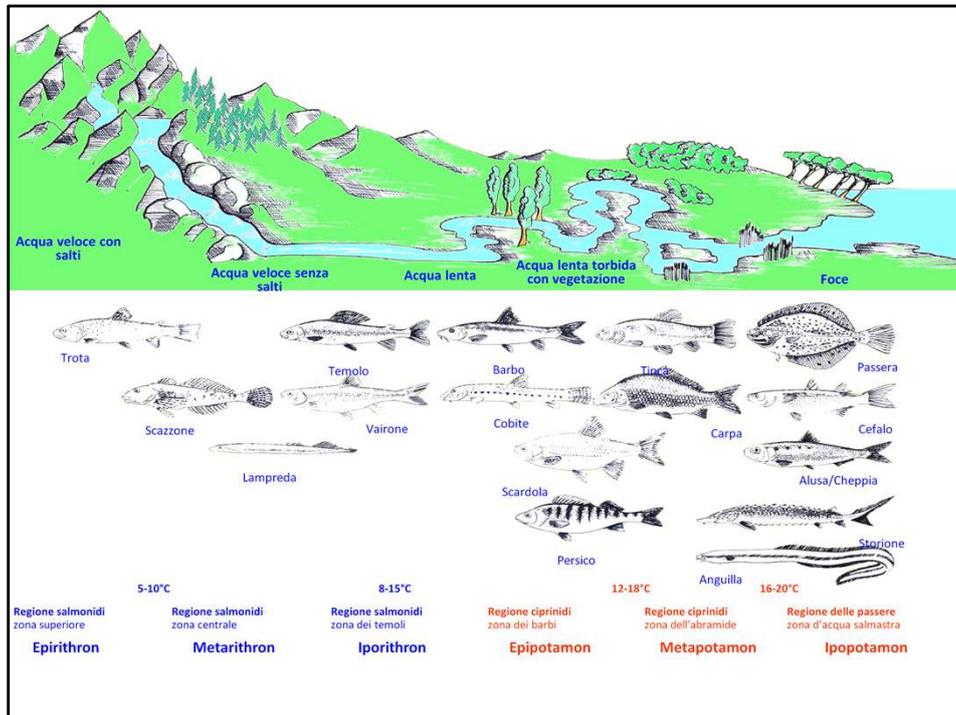
La suddivisione in zone caratterizzate da processi dominati porta alla definizione delle caratteristiche fisiche dei corsi d'acqua quali il confinamento e le dimensioni



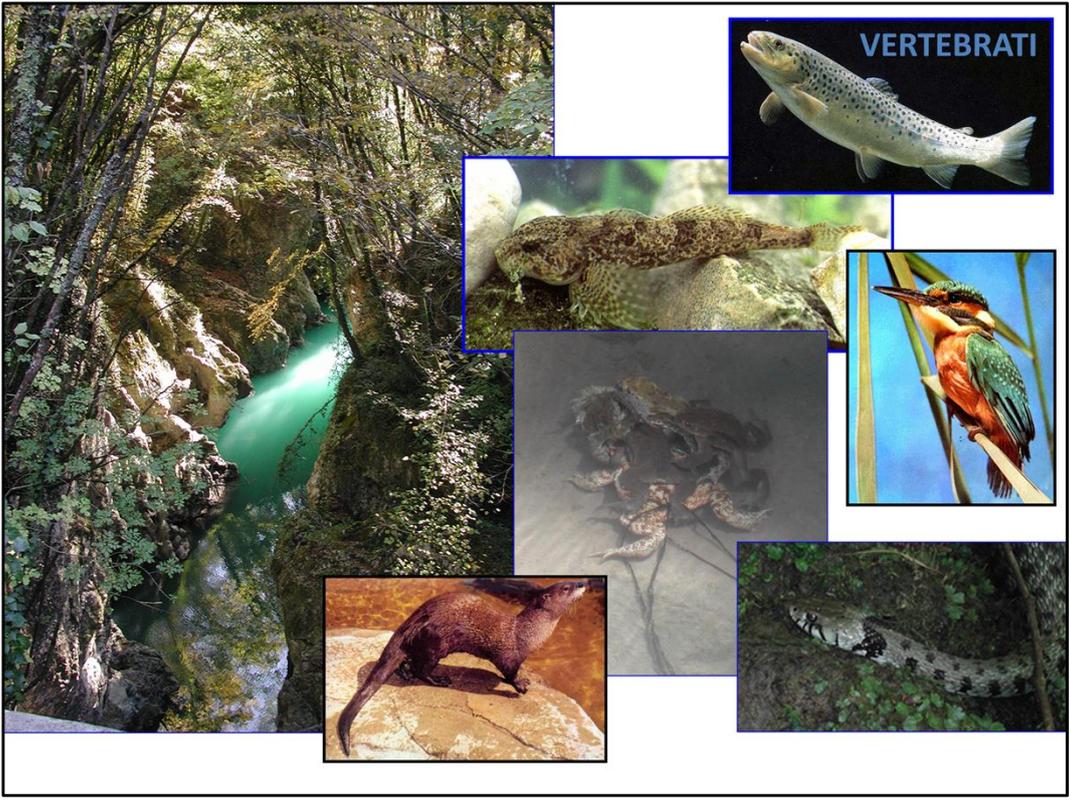
In questo contesto si inserisce il Sistema biotico (organismi viventi) che con il sistema fisico interagisce costituendo quello che si chiama un ECOSISTEMA. Entriamo dunque nel vivo e cerchiamo di capire cos'è e come funziona un fiume andando ad analizzare le sue leggi (proprio come in ingegneria ed in matematica) Il primo concetto dell'ecologia fluviale sono le sue QUATTRO DIMENSIONI.....

La dimensione longitudinale non solo nel senso dell'acqua che scorre ma anche in quello retrogrado, controcorrente di flusso di biota.

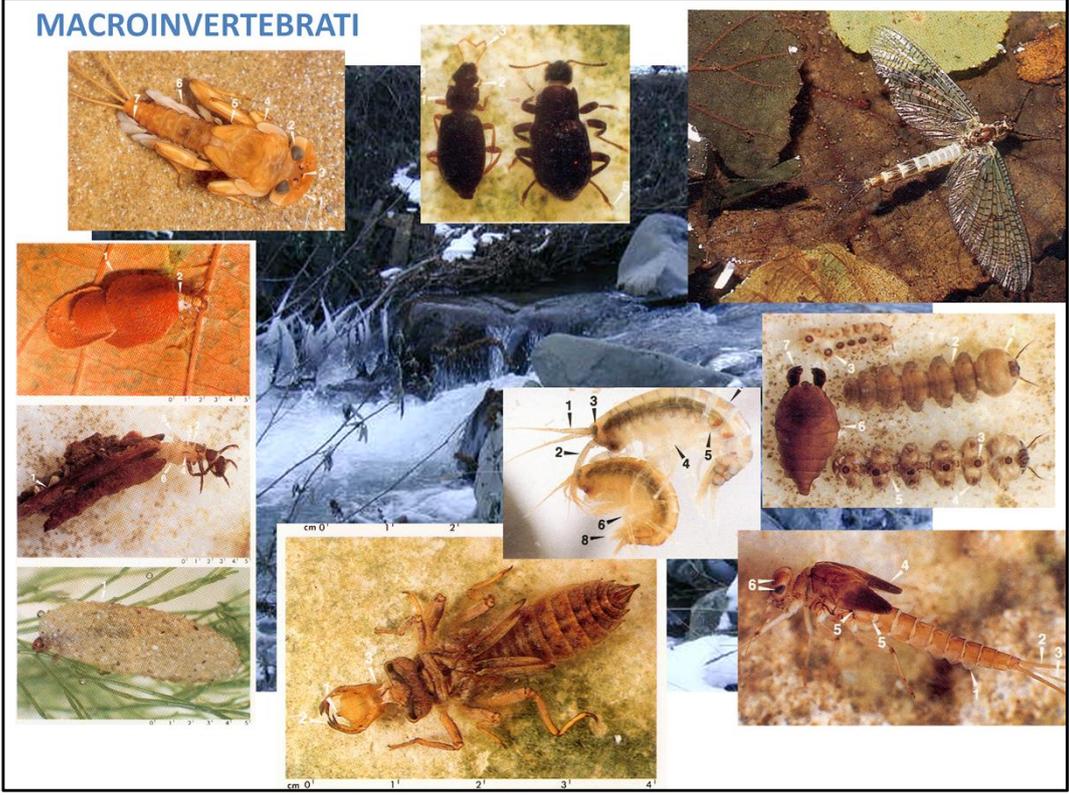


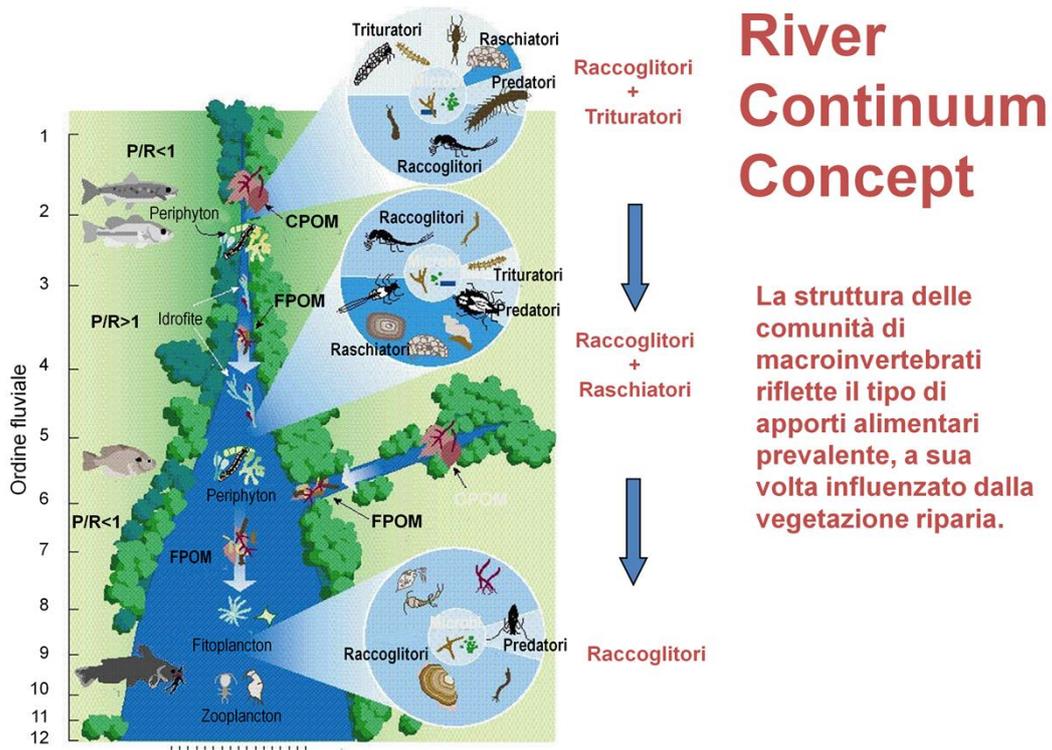


Concetto di evoluzione



MACROINVERTEBRATI





Vannote et al., 1980

Gli organismi, le risorse e i processi sono distribuiti a chiazze nei fiumi e sono influenzati da fattori sia di larga scala (es. climatici, idrologici, geomorfologici), sia locali (es. biotici). Il **River Continuum Concept** fornisce un modello interpretativo che spiega i cambiamenti biologici lungo il fiume come conseguenza dei suoi rapporti con l'ambiente terrestre.

Nei piccoli corsi d'acqua montani, a causa dell'ombreggiamento operato dalla vegetazione riparia, la produzione primaria è largamente sopravanzata dagli apporti fogliari (CPOM). Il metabolismo fluviale è eterotrofico, la respirazione supera la fotosintesi ($P/R < 1$), e le comunità di macroinvertebrati sono dominate da collettori e trituratori.

Più a valle il fiume s'allarga e l'influenza della vegetazione riparia (apporti di CPOM e ombreggiamento) si riduce; la disponibilità di luce e dei nutrienti provenienti da monte determina il passaggio ad un sistema autotrofico ($P/R > 1$) e questi cambiamenti di energia disponibile si riflettono in comunità dominate da collettori e raschiatori.

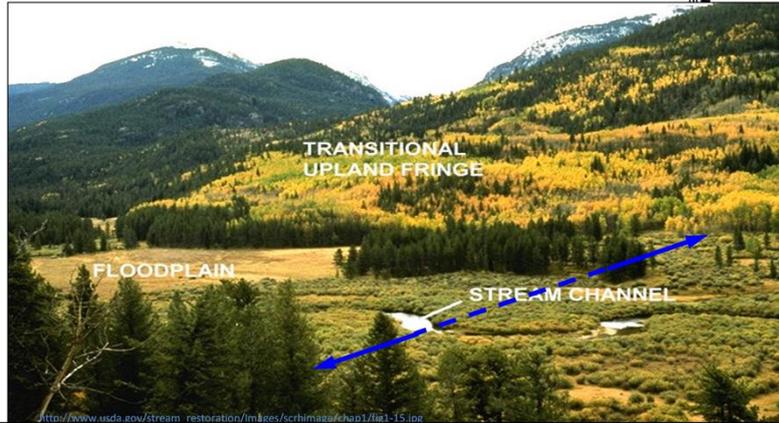
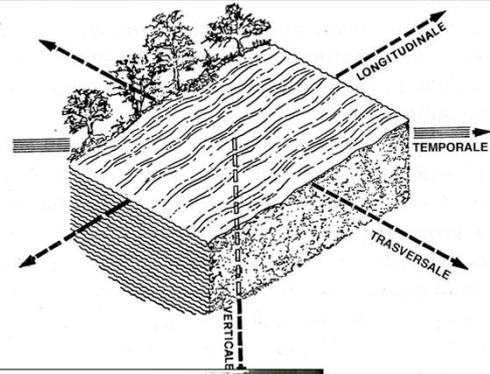
Nei grandi fiumi la torbidità, la profondità e l'instabilità del substrato limitano la fotosintesi; si torna ad un sistema eterotrofico ($P/R < 1$) sostenuto da FPOM proveniente da monte. La comunità è dominata da collettori filtratori e scavatori.

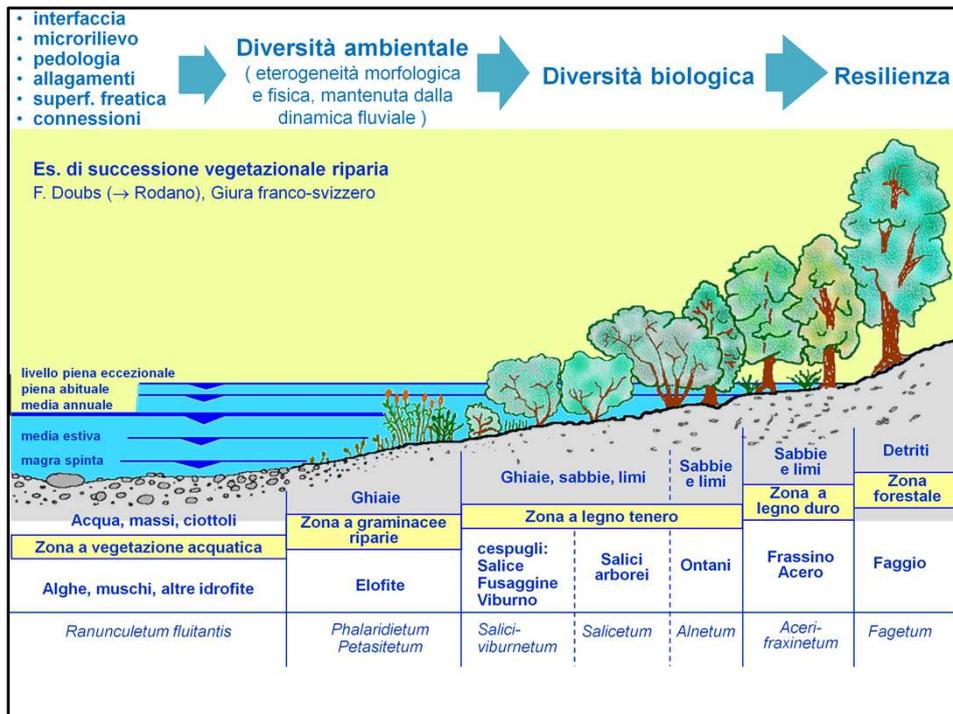
La concezione del continuum fluviale mette in evidenza come le comunità acquatiche e il metabolismo fluviale siano condizionate non solo dalle condizioni locali, ma anche dai processi che si verificano nei tratti a monte. Ciò che emerge con evidenza è il fatto che ciascuna comunità si è adattata a vivere con determinate caratteristiche di flusso, geomorfologiche e di contesto. Si tratta di comunità specialistiche di ciascun segmento e ciascun segmento è collegato al precedente ed al successivo.

La linearità del modello ideale è complicata dall'immissione di affluenti, cambiamenti della tipologia dell'alveo, collegamenti con zone umide, anomalie geologiche o climatiche, ecc.

[Figura da Vannote *et al.*, 1980, modificata]

Dimensione Trasversale



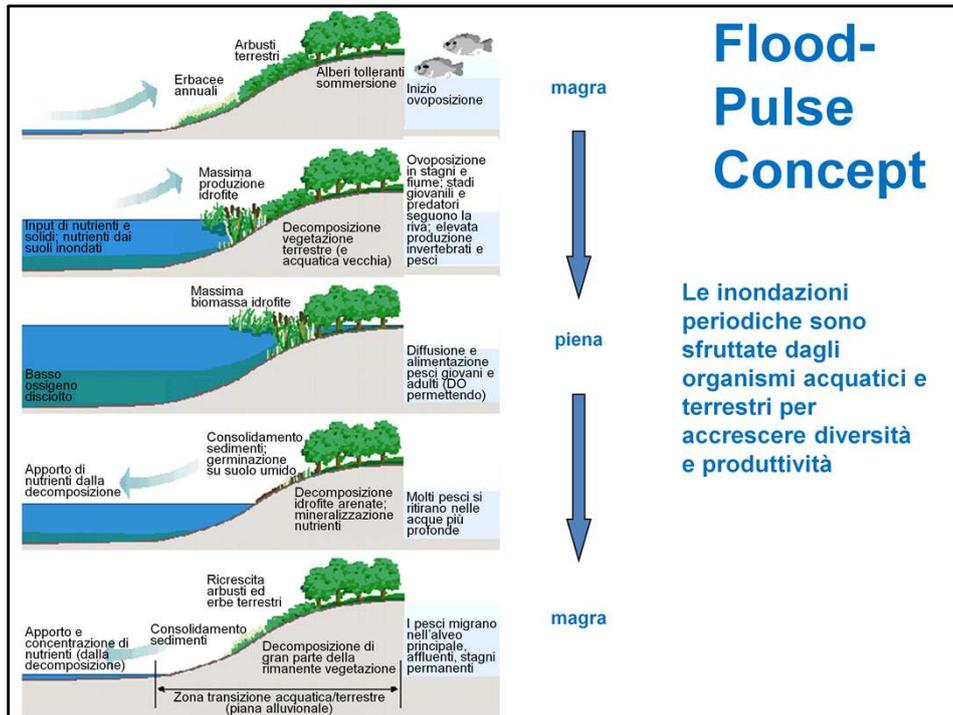


Le zone riparie, per la loro posizione all'**interfaccia** tra l'ambiente acquatico e terrestre, sono caratterizzate da un'**elevata eterogeneità** fisica (substrato, topografia) su brevi distanze. Questa eterogeneità (**microrilievo**, **pedologia** estremamente variabile anche su brevi distanze, diversa frequenza e durata degli **allagamenti**, diversa **distanza dalla superficie freatica**), associata alle particolari condizioni idriche determinate dal regime naturale delle **perturbazioni idrologiche**, genera una **grande diversità** e una **grande produttività**, paragonabile a quella di alcune foreste umide tropicali.

Questi corridoi vegetali giocano sia il ruolo di **santuari** per specie fortemente legate ai sistemi ripari, sia il ruolo di **vettore** per i propaguli di molte altre specie dei sistemi adiacenti. Questo corridoio inoltre crea una **continuità** e sviluppa **connessioni** con gli ambienti adiacenti, spesso frammentati (parcelle coltivate, pascoli, boschi), aumentando la **biodiversità** e favorendo la mescolanza dei popolamenti.

Queste formazioni, essendo composte da un **mosaico** complesso e diversificato di specie erbacee, arbustive ed arboree, spesso pluristratificato, sono meglio **adattate a cambiamenti ambientali** drastici. Costituiscono inoltre una **riserva genetica** di grande valore. Va sottolineato che **questa diversità è perenne solo grazie alla dinamica fluviale**: senza le piene e le magre si avrebbero successioni ecologiche che abbasserebbero la diversità e la produttività vegetale. In effetti, gli apporti di limi e nutrienti delle piene favoriscono una crescita rigogliosa e gli spazi vergini creati dalle piene permettono lo sviluppo delle specie

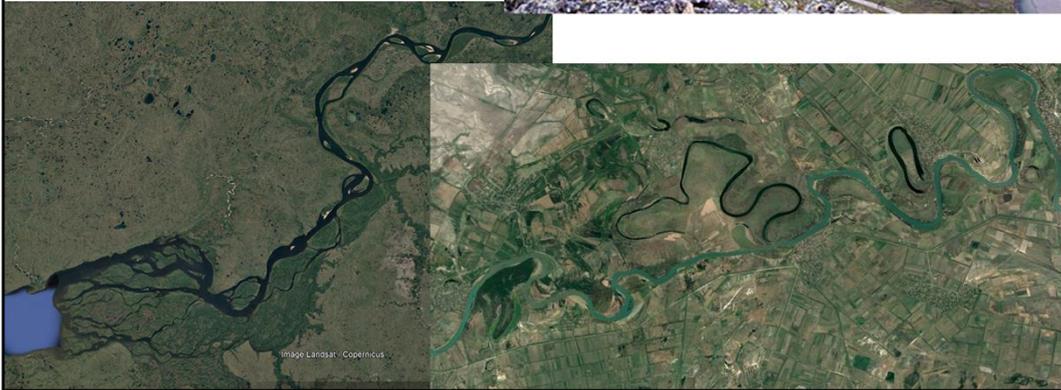
pioniere. Ne risulta così un mosaico in cui è rappresentato un gran numero di specie con diverse esigenze ecologiche. [Figura da Maridet, 1995, modificata]

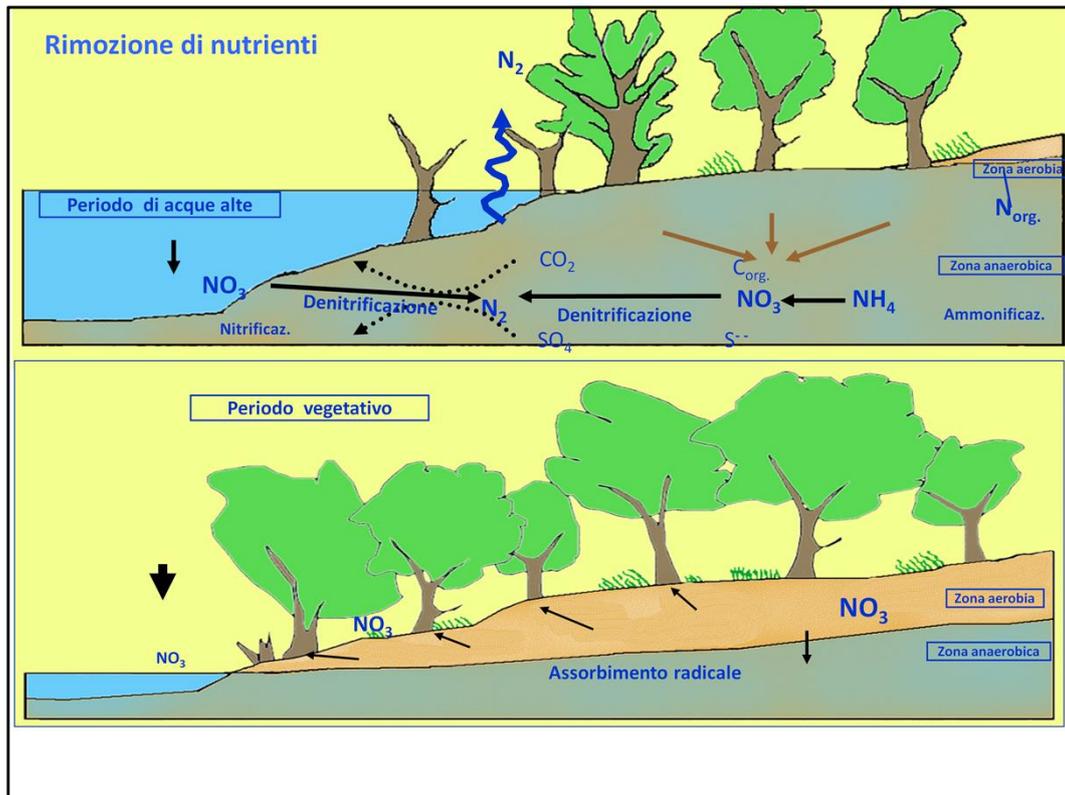


Il **modello delle pulsazioni di piena**, applicabile soprattutto ai grandi fiumi, suggerisce che i periodici cambiamenti del livello idrico sono cruciali per le comunità biologiche dei fiumi che corrono nelle pianure alluvionali e che la fonte primaria della produttività del basso corso dei fiumi sono i nutrienti e il materiale particolato derivante dagli scambi laterali tra piana alluvionale e alveo. Alcune piante riparie (es. salici e pioppi) dipendono dalle inondazioni per la rigenerazione. Le piene, con i loro sedimenti, fertilizzano le piane alluvionali e creano habitat favorevoli all'ovoposizione dei pesci e per le comunità di invertebrati, anfibi, rettili. Il periodico avanzamento e retrazione delle acque nella piana alluvionale accresce la produttività biologica e mantiene la biodiversità.

[Figura da Bayley, 1995, modificata]

Gli ecosistemi della "floodplain"





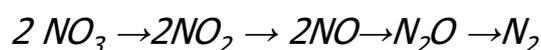
I meccanismi principali attraverso cui la vegetazione favorisce la rimozione dell'azoto disciolto sono 2:

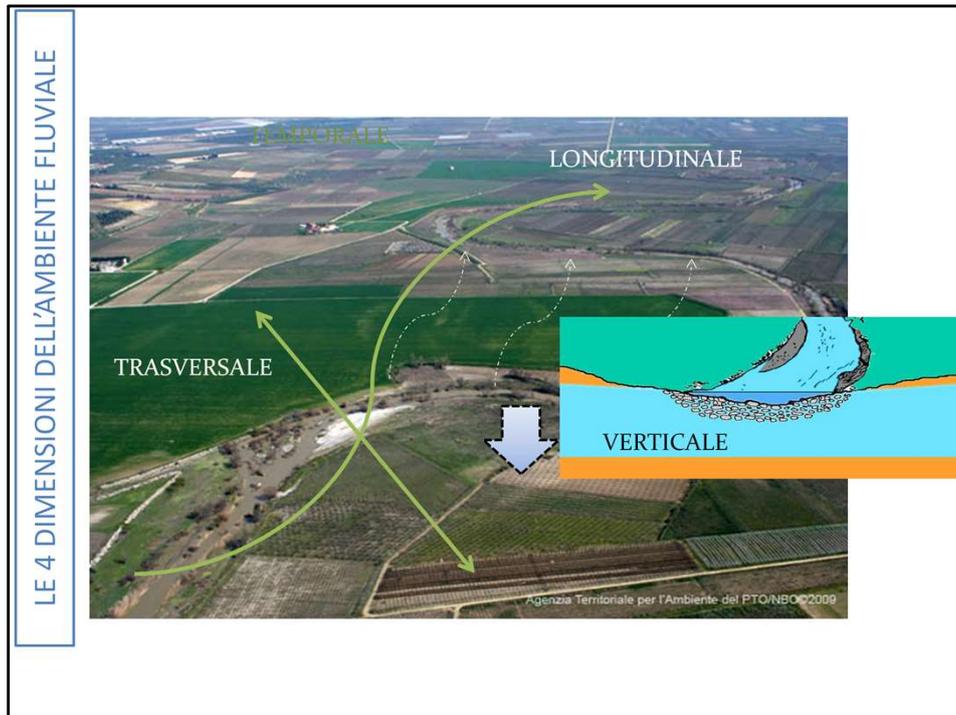
- **Assorbimento radicale:** azione diretta
- **Denitrificazione:** azione indiretta

L'assorbimento da parte della vegetazione e la denitrificazione sono i principali processi da cui dipende la rimozione dell'azoto dai suoli ripari. La vegetazione svolge una ritenzione temporanea, mentre le trasformazioni operate dai batteri denitrificanti provocano una perdita permanente di azoto dal terreno.

La presenza di vegetazione favorisce il processo di denitrificazione fornendo sostanza organica attraverso gli essudati radicali alla comunità di batteri denitrificanti. La denitrificazione è stata particolarmente studiata, poiché questo processo è il solo in grado di rimuovere definitivamente l'azoto mantenendo la sostenibilità della funzione tampone nel tempo (Groffman *et al.*, 1993).

Mediante la denitrificazione gli ossidi di azoto vengono rimossi dal terreno e dall'acqua, con rilascio di azoto gassoso nell'atmosfera. Il processo di denitrificazione è operato da batteri anaerobi facoltativi (*Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, and *Bacillus*) in grado di utilizzare i nitrati (NO_3^-) nei loro processi respiratori quando vengono a trovarsi in carenza o assenza di ossigeno (respirazione microbica anaerobica).





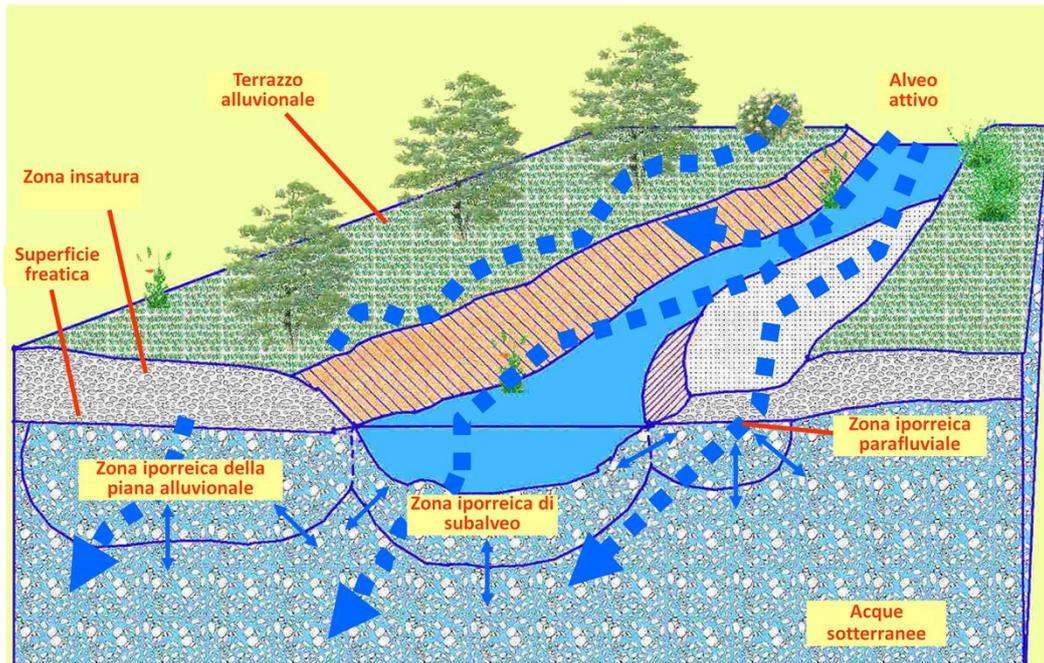
La **dimensione verticale** riguarda le interrelazioni tra acque superficiali e sotterranee, perciò le acque interstiziali, colonizzate da invertebrati e sede di un'intensa attività microbiologica troppo spesso sottovalutata.

Le caratteristiche e le interconnessioni degli habitat definiti da queste tre dimensioni spaziali variano nella **dimensione temporale**, sia a breve scala (variazioni del regime idrologico), sia su tempi lunghi (evoluzione morfodinamica) mantenendo quella continua variazione delle dinamiche fluviali che è il motore del funzionamento dell'ecosistema acquatico.

Concetto di corridoio iporreico.

La zona iporreica

1. Connessione
2. Ecotono (biodiversità)
3. Autodepurazione
4. Rifugio (piene, secche)
5. Trasformazioni nutrienti (produttività primaria)

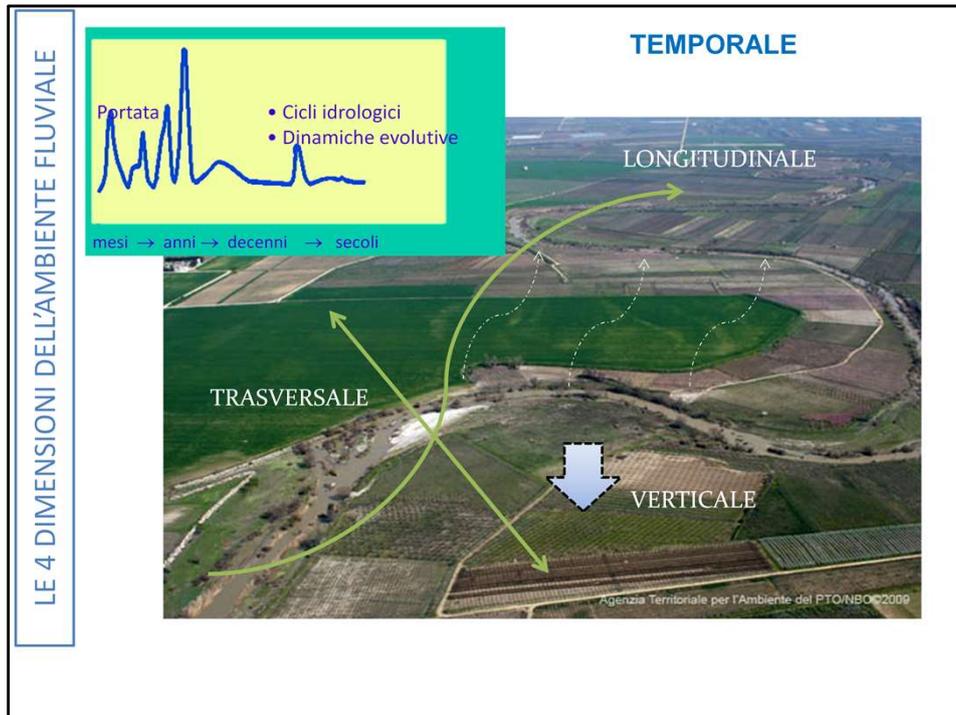


La **zona iporreica** è la zona di sedimenti saturi d'acqua (sottostanti l'alveo e laterali ad esso) nella quale c'è miscelazione tra acque superficiali e sotterranee. Essa presenta diversi motivi d'interesse: 1) è una attiva zona di **connessione** tra l'alveo e la vegetazione riparia; 2) è un'**ecotono** con intensi gradienti fisici e chimici, di notevole interesse anche per la **biodiversità**; 3) gli intensi processi che in essa si svolgono (es. **autodepurazione**) possono essere determinanti per la qualità delle acque fluviali, ancor più di quelli che avvengono nelle acque superficiali; 4) il loro **rilascio di nutrienti** influenza la produzione primaria delle comunità superficiali e accelera il recupero dopo disturbi ambientali (es. piene); è una **zona di rifugio** per la fauna acquatica negli episodi di stress ambientali. La delimitazione della zona iporreica, molto laboriosa, può richiedere l'uso di traccianti conservativi (sali, coloranti fluorescenti), lo studio faunistico, lo studio idrochimico, misure piezometriche e di conduttività idraulica, ecc.

Per l'eterogeneità della composizione granulometrica, comprendente anche frazioni fini, la zona iporreica ha una **grande superficie di contatto** con i clasti minerali, ben superiore (talora centinaia o migliaia di volte) a quella tra acqua fluente e fondo

dell'alveo. Questa superficie è rivestita da una pellicola polisaccaridica formata dagli essudati dei microrganismi (principalmente batteri) che la colonizzano. È quindi una **superficie attiva**, i cui processi biologici sono in grado di influenzare grandemente la qualità delle acque fluviali e le comunità che in esse vivono.

[Figura da R.T. Edwards, 1998]

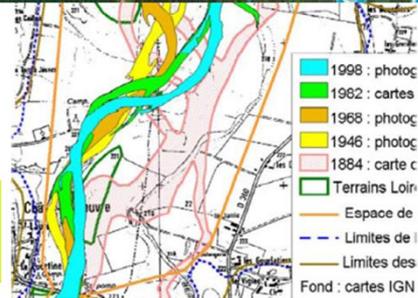


Le caratteristiche e le interconnessioni degli habitat definiti da queste tre dimensioni spaziali variano nella **dimensione temporale**, sia a breve scala (variazioni del regime idrologico), sia su tempi lunghi (evoluzione morfodinamica) mantenendo quella continua variazione delle dinamiche fluviali che è il motore del funzionamento dell'ecosistema acquatico.

La dimensione "tempo" implica cambiamenti annuali (di portata, di temperatura, dei cicli riproduttivi e fenologici)

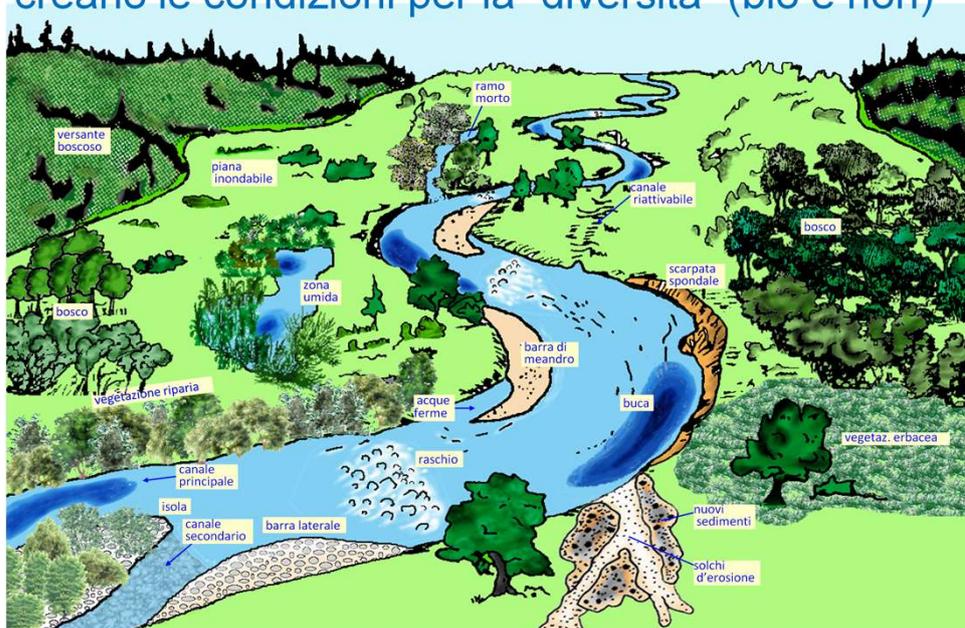
A NATURAL river (with the exception of naturally confined ones):

- Creates a floodplain (which periodically is...flooded!)
- Has lateral, longitudinal and vertical connectivity of WATER and SEDIMENTS
- Moves within its "erodible corridor"



Ecosystems are maintained thanks to this dynamics

La funzionalità delle 4 dimensioni del fiume creano le condizioni per la “diversità” (bio e non)



In questo contesto appare subito importante il valore della piana inondabile non solo a garantire l'equilibrio geomorfologico del sistema, ma anche a supportare la varietà biologica necessaria a garantire il funzionamento di un fiume come sistema autodepurante. Per capire l'impatto dell'artificializzazione ■ è essenziale tener presente che la diversità ambientale e il mosaico di habitat sono il frutto delle dinamiche fluviali e perciò possono mantenersi solo grazie al rinnovamento indotto dal periodico “disturbo” idraulico delle piene.

Da qui l'importanza di garantire la continuità laterale, mantenendo vitali –attraverso la frequente inondazione– i rapporti tra il fiume e la piana inondabile.



I fiumi sono ambienti dotati di un'elevata variabilità, la cui entità dipende dalla scala spaziale e temporale. I cambiamenti della struttura del reticolo idrografico richiedono centinaia di migliaia o milioni di anni; i cambiamenti di un tratto fluviale possono richiedere decine di anni, quelli delle buche e dei raschi qualche anno, quelli dei microhabitat meno di un anno. Nonostante la mutevolezza spaziale e temporale, tuttavia, il fiume riproduce continuamente alcune forme caratteristiche: sinuosità laterale e verticale, buche, raschi, barre, ostacoli, cascatelle, rapide e un mosaico di microambienti.

Questa diversità ambientale, riproposta a più scale, è il prerequisito più importante per la diversità biologica, il potere autodepurante, la funzionalità fluviale.

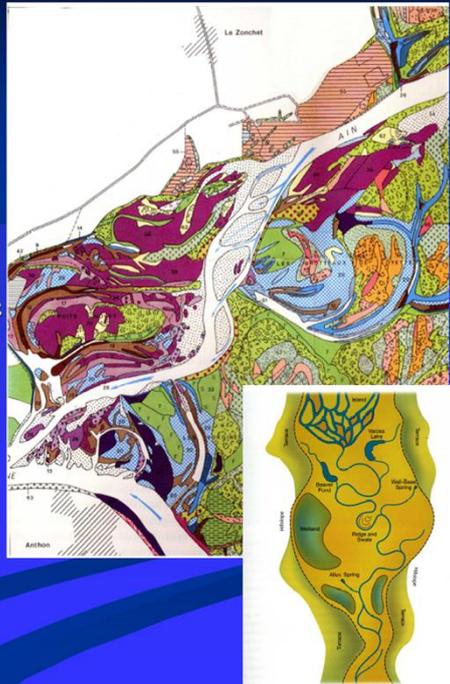
Questa consapevolezza dovrebbe diventare il principio ispiratore della progettazione di ogni intervento fluviale: che si debba costruire un ponte, una briglia, un argine, ecc., occorrerebbe porre la massima attenzione a rispettare la diversità ambientale esistente e a ricostruirla, ove danneggiata. È proprio l'esatto contrario dell'abituale progettazione ingegneristica che, mirando a realizzare una morfologia uniforme, geometrica, distrugge – spesso senza alcuna effettiva necessità – la diversità ambientale.

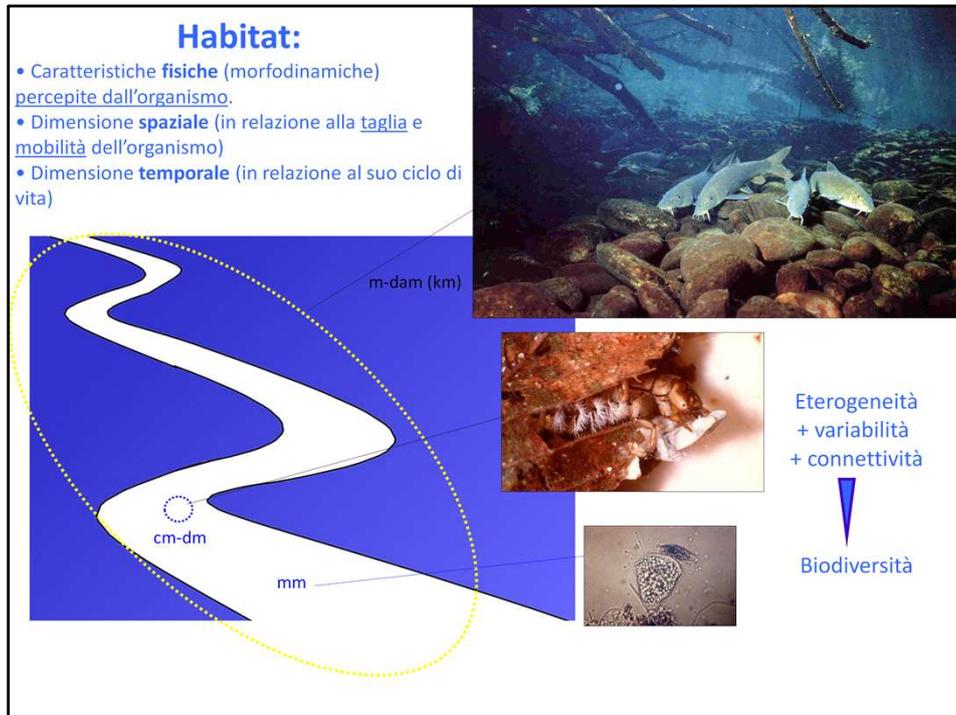
Il modello ecologico del mosaico dinamico

Gli habitat presenti in ambito fluviale costituiscono un mosaico dinamico determinato dal dinamismo dell'ecosistema fiume che comprende la porzione acquatica e quella riparia in un unicum.

La complessità del mosaico andando da monte verso valle aumenta in funzione della diversificazione delle forme fluviali ma soprattutto dell'ampliamento dell'area di influenza dell'acqua

La resilienza del sistema complesso è legata alla complessità del sistema: contemporanea presenza di diversi habitat/fitocenosi

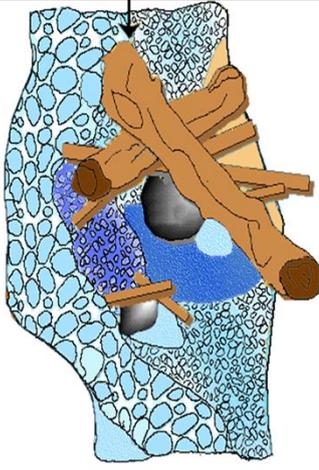




Ma l'habitat è l'insieme dei fattori-chiave *percepiti* dagli esseri viventi e varia perciò da specie a specie: ■ ha una dimensione *spaziale* (dipendente dalla taglia e dalla mobilità degli organismi) ed una *temporale*, in funzione della durata della loro vita (cioè può variare con l'età).

Una particolarità degli habitat di acqua corrente è l'associazione tra una grande **eterogeneità spaziale** e una forte **variabilità temporale** (si parla di *mosaici dinamici*). Questa organizzazione dello spazio permette la coesistenza di specie dotate di preferenze d'habitat, di cicli di vita e di strategie molto diverse. La **biodiversità** è dunque il risultato di tre fattori: **eterogeneità, variabilità, connettività**.

Foto pesci di Gianfranco Giudice. In: Provincia Milano, 2001. *Un mondo da scoprire*. 3 vol. (1. L'ambiente acquatico; 2. Piante e invertebrati; 3. Fiumi e rogge).



The diagram illustrates a cross-section of a riverbed. It shows various sediment layers: a top layer of pebbles (Ciottoli) in a deep, fast-flowing section; a layer of coarse sand (Sabbia) in a deep, turbulent section; a layer of silt (Limo) in a shallow, slow section; and another layer of coarse sand (Sabbia) in a shallow, slow section. Large logs and branches are shown trapped in the shallow, slow section, indicating a point of debris accumulation.

- Ciottoli / profonda / rapida
- Ghiaia / profonda / turbolenta
- Limo / poco profonda / lenta
- Sabbia / profonda / lenta
- Ghiaia / poco profonda / lenta
- Sabbia / poco profonda / lenta

*Grossi detriti
legnosi
in alveo*



The photograph shows a river with several large logs and branches floating in the water. The riverbed is visible, showing a mix of pebbles and sand. The water is clear, and the surrounding vegetation is lush.

La "rappresentazione" delle condizioni dell'ecosistema: gli "indici"



IDRAIM
Sistema di valutazione
idromorfologica,
analisi e monitoraggio
dei corsi d'acqua

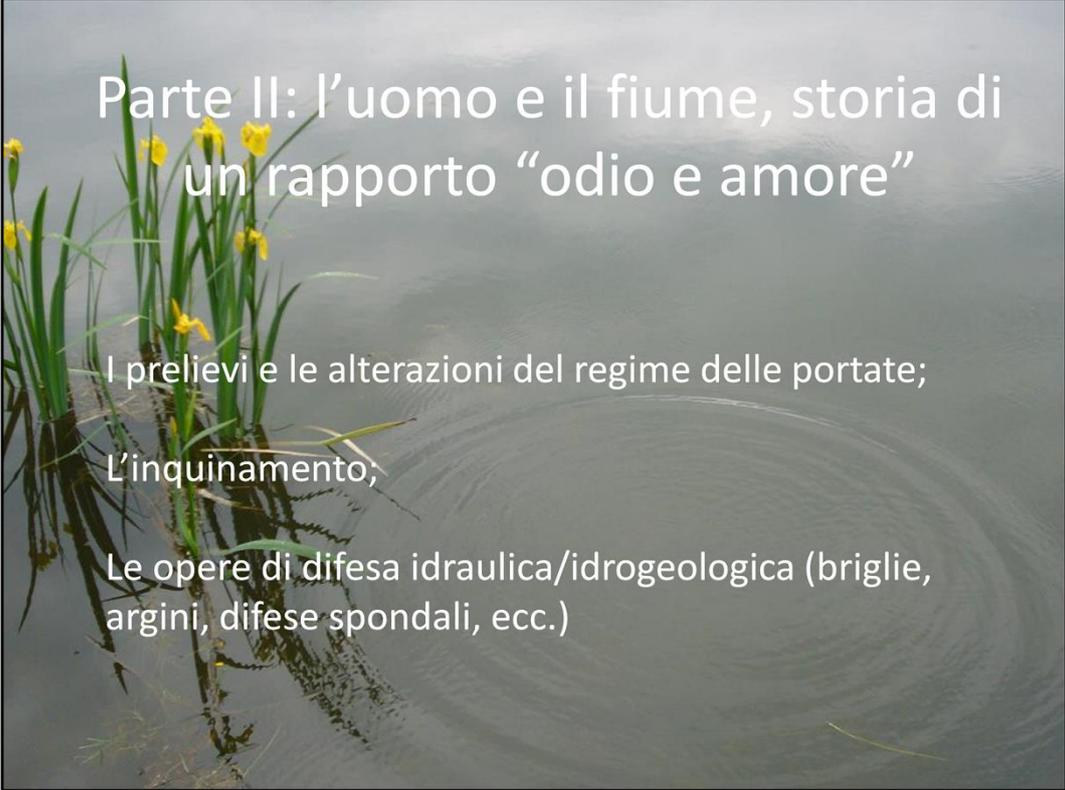


113 / 2014

MANUALE LINEE GUIDA

I.F.F. 2007
Indice di funzionalità
fluviale



A photograph of a riverbank with yellow flowers and ripples in the water. The text is overlaid on the image.

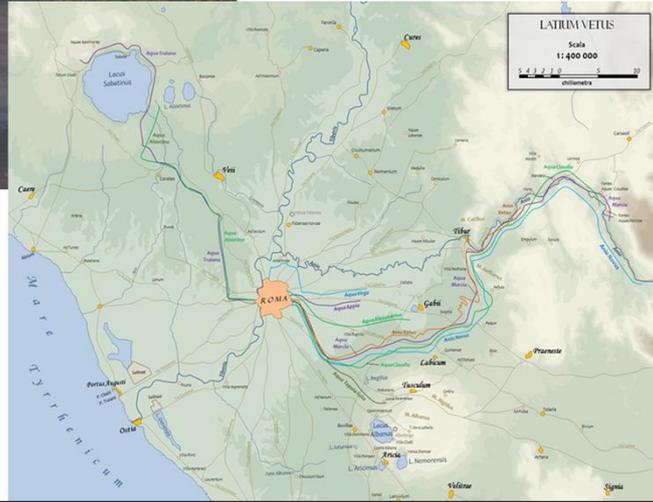
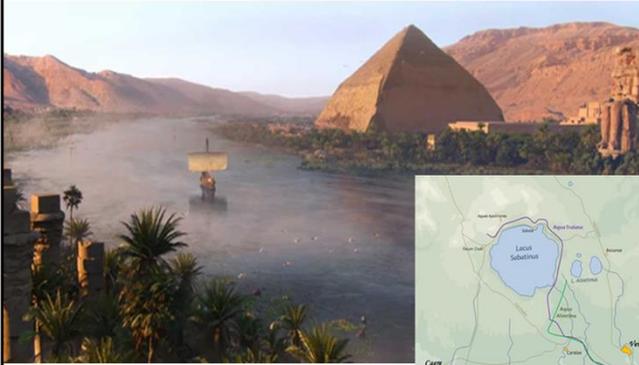
Parte II: l'uomo e il fiume, storia di un rapporto "odio e amore"

I prelievi e le alterazioni del regime delle portate;

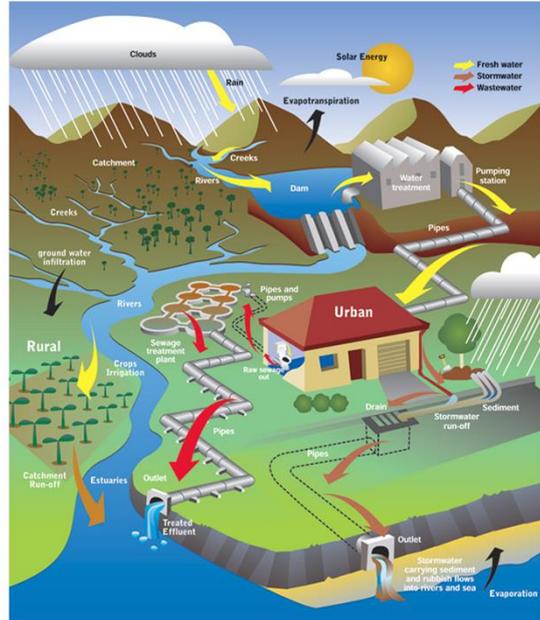
L'inquinamento;

Le opere di difesa idraulica/idrogeologica (briglie, argini, difese spondali, ecc.)

Fiumi e civiltà



Il bacino idrografico naturale e antropizzato



Derivazioni ed emungimenti



Derivazioni ed emungimenti



Gli effetti della alterazione del regime
naturale delle portate

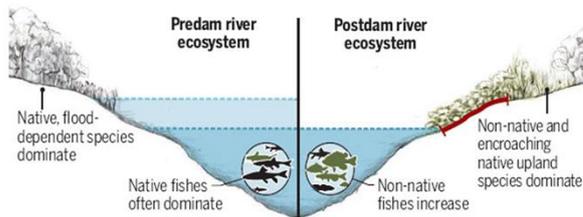
Gli effetti della
alterazione del
regime naturale
delle portate

How dams affect river ecosystems

Dams alter flow, sediment, and thermal regimes of rivers. Seasonal flow distortions (top) cause shifts in species compositions. Dammed rivers with hydropeaking (bottom) cause daily distortions that can eliminate key species from food webs. Small changes to flow releases can counteract these distortions and provide ecological benefit (see text).

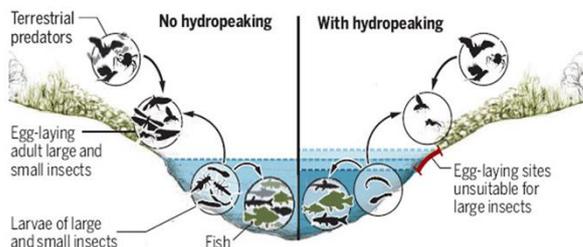
Free-flowing vs. dam-regulated river

■ Average predam flood ■ Average postdam flood I Lack of seasonal inundation and fish access to floodplain



Dammed hydropower river

■ Maximum daily flow ■ Average daily flow ■ Minimum daily flow I Fluctuating daily "intertidal zone"





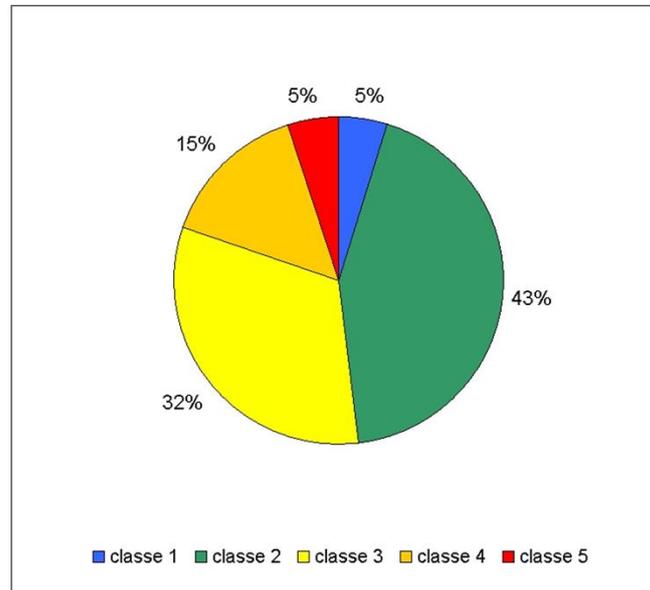
L'inquinamento

I depuratori hanno permesso un notevole miglioramento della qualità delle acque nel periodo 1970/1990, da allora però, sebbene il "parco depuratori" sia cresciuto notevolmente (circa il 30% dal 1987 al 1993) la qualità delle acque non migliora.

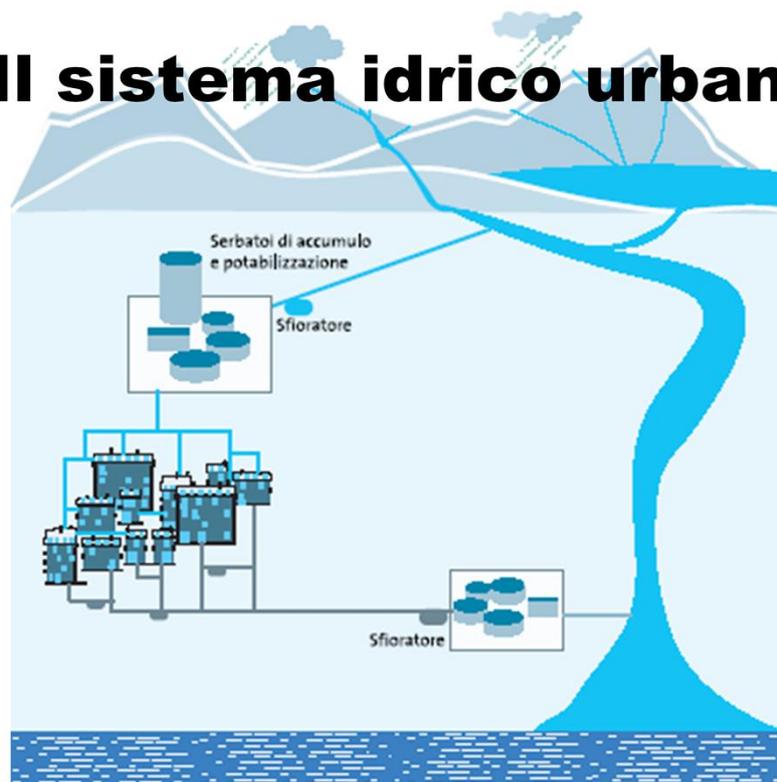
Oggi si stima che circa l'80% del carico puntiforme sia allacciato ai depuratori



Ma ancora il problema non è risolto



Il sistema idrico urbano



Scarichi urbani troppo diluiti



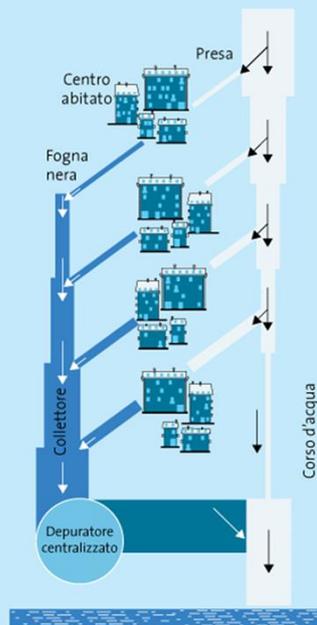


Malfunzionamenti dei depuratori

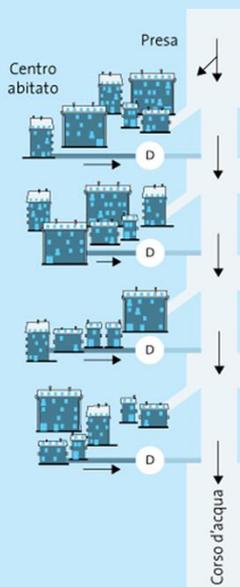


Strategie di depurazione sbagliate

A1: Depurazione centralizzata



A2: Depurazione Decentrata



Opere di “difesa idraulica”



L'approccio classico

- 1. Smaltire l'acqua più rapidamente possibile**
rettifiche, maggior sezione (scavo in verticale), canalizzazioni, taglio vegetazione
- 2. Contenere l'acqua nell'alveo**
arginature
- 3. Ridurre la forza erosiva, stabilizzare l'alveo**
briglie, soglie, difese spondali
- 4. Laminare i volumi di piena**
dighe e invasi (serbatoi)

Veniamo al “come” affrontare il rischio idraulico.

Non possiamo certo comandare alle piogge, ma possiamo modificare la dinamica di formazione delle piene (in particolare nei centri abitati), possiamo ridurre la vulnerabilità degli edifici situati in aree inondabili e, naturalmente, dobbiamo evitare di esporre nuovi beni al rischio.

Vediamo l'approccio classico, quello affermatosi negli ultimi secoli e, purtroppo, ancora ben vivo.

■ Esso è basato su: smaltire l'acqua il più rapidamente possibile, ■ contenerla entro l'alveo, ■ contrastare la forza erosiva e ■ laminare le piene in serbatoi.

Esaminiamo dunque finalità ed effetti di questi interventi classici.

L'approccio classico

1. Smaltire l'acqua più rapidamente possibile

rettifiche, maggior sezione (scavo in verticale), canalizzazioni



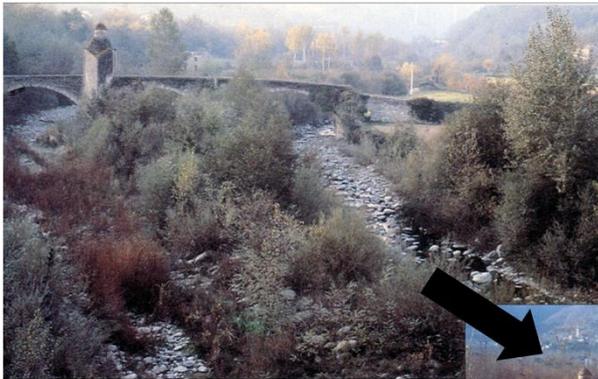
Rettifiche e canalizzazioni sono finalizzate ad accelerare l'allontanamento delle portate di piena.

L'aumento di sezione è finalizzato ad aumentare la capacità dell'alveo. Salvo lodevoli eccezioni, la sezione non viene aumentata ampliando l'alveo lateralmente (sarebbe un disdicevole spreco di terreno!), bensì in verticale, cioè elevando argini e/o approfondendo il letto mediante scavi; molto spesso ciò richiede il consolidamento delle sponde con muri in cemento.

Foto a destra (Rio Bintinoi, Sardegna) di Maurizio Siligardi. In: CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e coll., Mazzanti editore, Mestre.

L'approccio classico

1. Smaltire l'acqua più rapidamente possibile



Taglio vegetazione



Il taglio della vegetazione (le famigerate “pulizie fluviali”) è finalizzato

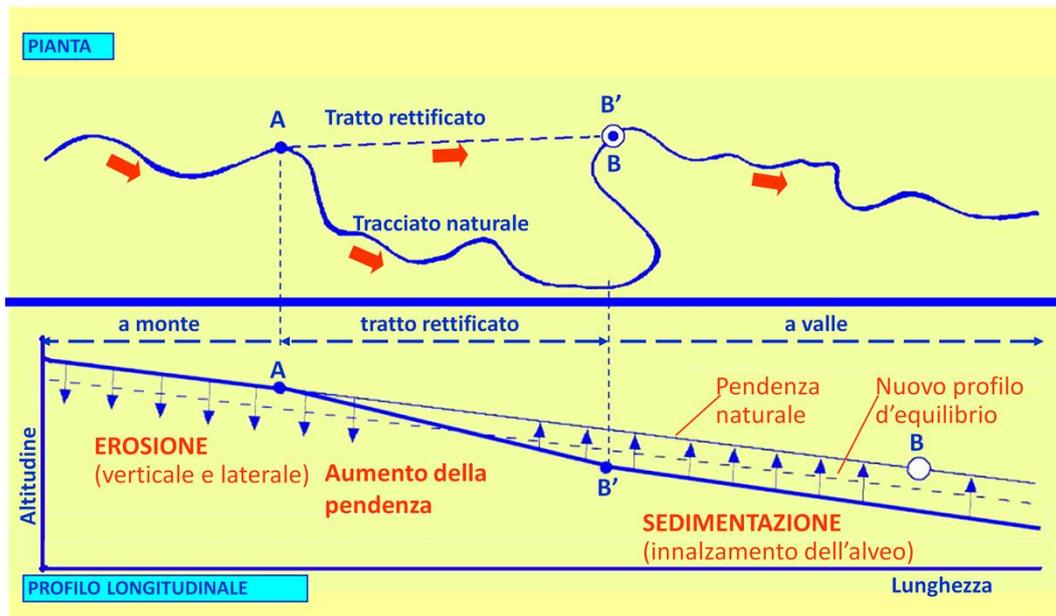
a ridurre la scabrezza, accelerando così i deflussi.

Effetti (rettifiche)

Erosione → instabilità sponde e versanti

Sedimentazione → accumuli, esondazioni

Accelerazione → accentuazione piene e magre



Se indossiamo i paraocchi e guardiamo ai soli effetti locali e immediati, gli interventi finalizzati a smaltire rapidamente le acque sono obiettivamente efficaci. Ma se ci togliamo i paraocchi le cose cambiano.

Le **rettifiche** del tracciato comportano un **accorciamento del percorso** e quindi (restando invariate le quote dei due estremi del tratto rettificato), determinano un **aumento di pendenza**. Ne conseguono una **maggiore velocità** della corrente e una **maggiore forza erosiva** ■ : l'abbassamento dell'alveo si estende progressivamente dal tratto rettificato verso monte (**erosione retrograda**). A valle, invece, la brusca riduzione di pendenza, induce il deposito e l'**accumulo dei sedimenti** così mobilizzati, accrescendo il **rischio d'esondazione** (per riduzione della sezione od ostruzione della luce di ponti).

L'erosione del fondo nel tratto rettificato e a monte di esso, affluenti compresi, può causare anche **instabilità delle sponde** ed innescare pesanti aggiustamenti morfologici con conseguenze economiche di rilievo, quali frane dei versanti e scalzamento e crollo di ponti, strade, manufatti.

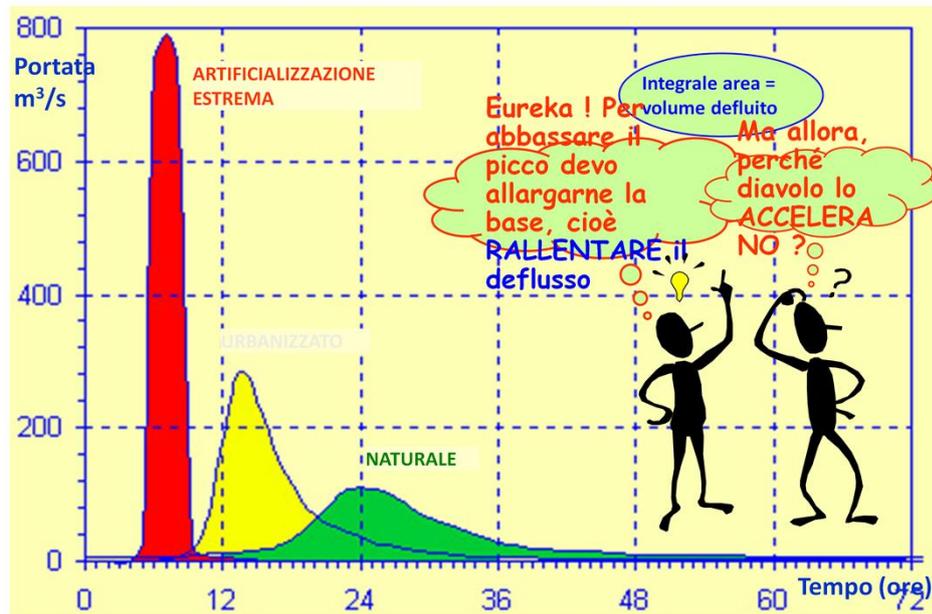
L'aumento di velocità della corrente accorcia i tempi di corrvazione e induce **piene più frequenti e violente**. Le acque meteoriche, scaricate rapidamente al mare, non rimpinguano adeguatamente le falde che, così impoverite, non alimentano a sufficienza i fiumi nei periodi secchi: ne risultano **magre più spinte e prolungate** –esasperando la torrenzialità

naturale del regime idrologico.

[Figura da Lachat, 1991, in Reg. Emilia-Romagna e Veneto, 1993, modificata]

Accelerare o rallentare i deflussi?

Contromisure: **RALLENTARE** i deflussi (non accelerarli!)



Nel loro insieme, rettifiche, canalizzazioni e tagli della vegetazione, accelerando i deflussi, inducono l'accentuazione dei picchi di piena. Il rischio d'esondazione locale viene ridotto, ma scaricando a valle un rischio accresciuto. L'aspetto paradossale è che più si spende in questi interventi di "messa in sicurezza", più si accresce il rischio complessivo!

Per abbassare i picchi di piena, invece, bisognerebbe allargarne la base, cioè "diluire" la piena nel tempo: in altre parole bisognerebbe rallentare i deflussi (restituendo spazio ai fiumi).

■ In effetti, se chiedessimo ad un bambino cosa fare per affrontare i picchi di piena più elevati, risponderebbe che, per contenere le maggiori portate, bisogna restituire spazi al fiume ampliando l'alveo e le golene. Ma i nostri ingegneri tradizionali sono di opinione diversa: a che sarebbero serviti tutti i loro studi se anche un bambino fosse in grado di individuare la soluzione giusta? E così, per non cedere terreno al fiume, fanno tutto il contrario, con i risultati che abbiamo visto. Se poi il rischio idraulico viene solo trasferito a valle (e accentuato) non è un problema loro.

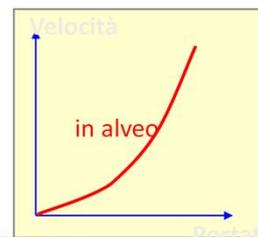
L'approccio classico

2. Contenere l'acqua nell'alveo: arginature

senza argini: attenuazione dei livelli e della velocità
(moderazione impatto piene)

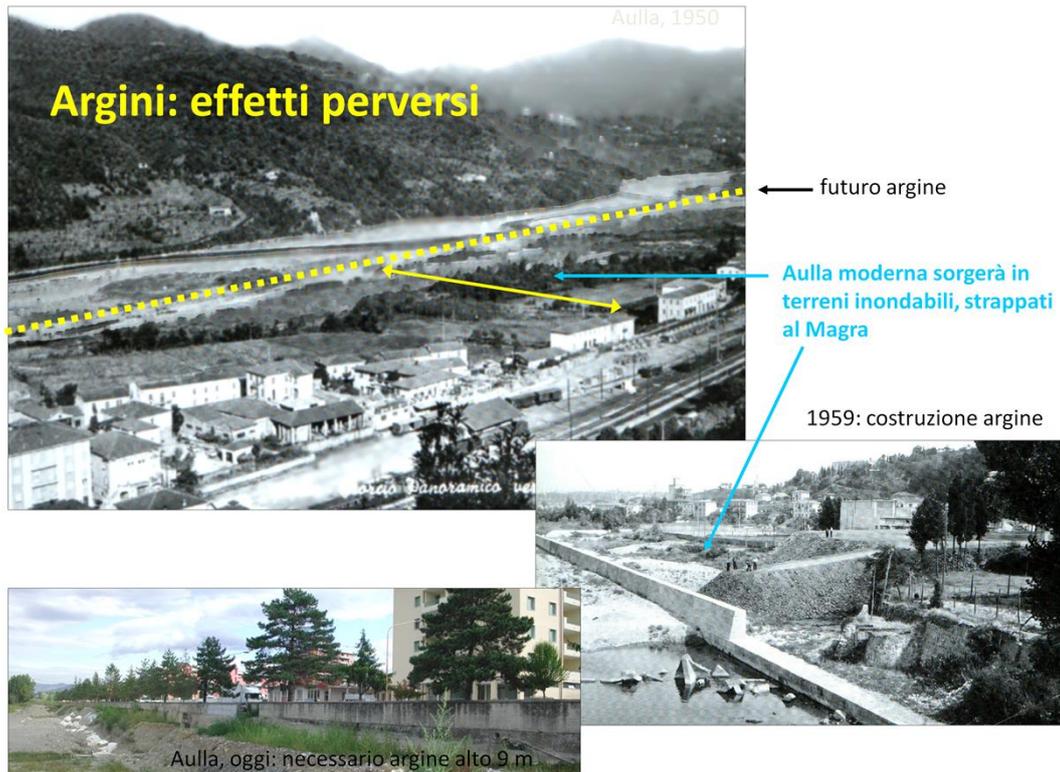


con argini: aumento dei livelli e della velocità
accentuazione impatto piene



Le arginature separano l'alveo dal territorio circostante, proteggendolo dall'inondazione. In assenza di argini, durante le piene, ■ all'incremento della portata e del livello idrico corrisponde un aumento esponenziale della velocità della corrente. ■ Quando però le acque iniziano ad esondare, il notevole incremento della sezione comporta una forte attenuazione dell'incremento di velocità, pur al crescere delle portate.

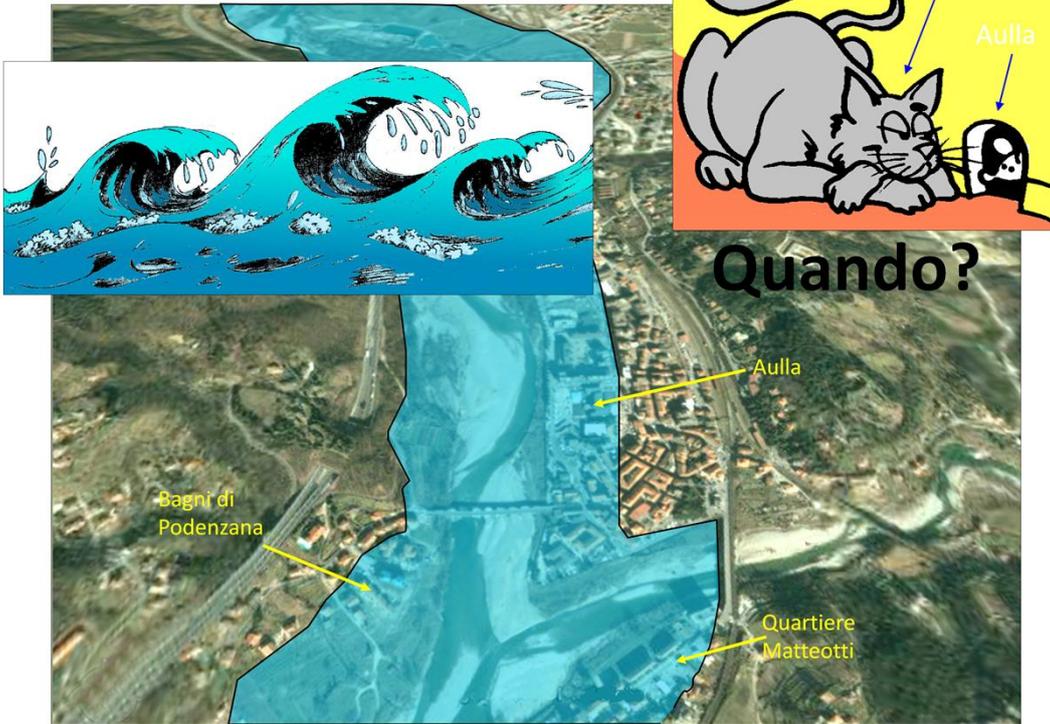
■ In presenza di argini, invece, l'intera portata di piena resta confinata in alveo e determina maggiori livelli idrici e velocità molto più elevate. Ma in questo modo viene ridotto lo spazio proprio del fiume, riducendone la capacità di laminazione: i maggiori livelli di piena e la maggior velocità accrescono il rischio a valle.



Ma l'effetto più subdolo delle arginature è legato al fatto che, riducendo il rischio d'inondazione, forniscono un illusorio senso di sicurezza, scatenando l'edificazione del territorio adiacente (nelle foto, l'esempio di Aulla, MS). Ma prima o poi il fiume si riprende i suoi spazi: i sormonti e le rotture arginali non sono infatti rari e in

tali occasioni diventano devastanti.

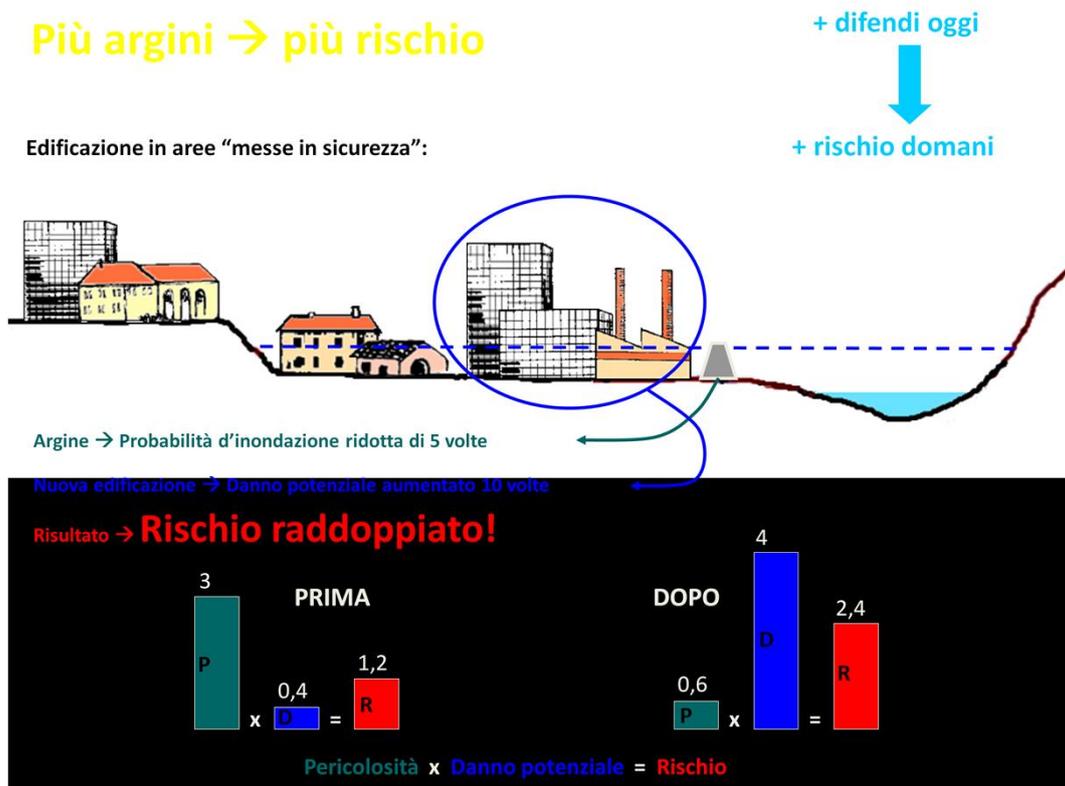
Fu vero sviluppo?



E così spesso il soddisfacimento di appetiti urbanistici ■ prepara le condizioni per l'alluvione di domani: l'incertezza ■ non è "se" si

verificherà, ma solo “quando”.

Più argini → più rischio



L'effetto più paradossale della cosiddetta "messa in sicurezza" mediante argini è dunque quello di favorire gli appetiti edificatori e, con ciò, di accrescere il rischio, non solo a valle, ma anche localmente.

Ricordiamo che il rischio è uguale al prodotto tra pericolosità (cioè frequenza d'inondazione), e danno potenziale (cioè beni esposti al rischio).

Ad es. se un'area inondabile con due case a rischio ■ viene messa in sicurezza con un argine riducendo di 5 volte la pericolosità (probabilità di inondazione), ■ ma poi viene edificata, aumentando di 10 volte il valore dei beni esposti, il risultato finale di tutti i nostri sforzi ■ –pianificatori ed economici– sarebbe un raddoppio del rischio idraulico!

Non si tratta di un esempio ipotetico, ma purtroppo di una realtà generalizzata.

Figura di A. Nardini, in:

CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e coll., Mazzanti editore, Mestre.

L'approccio classico

3. Ridurre la forza erosiva, stabilizzare l'alveo

briglie, soglie, difese spondali



Molte opere idrauliche, come s'è visto, accentuano la forza erosiva delle piene e, con ciò, inducono l'instabilità del fondo e delle sponde. Ecco allora che, per stabilizzare gli alvei, si interviene con ulteriori artificializzazioni: briglie, soglie, difese spondali.

Ma anche queste, più che opere di difesa, sono opere di trasferimento del danno. Le briglie, infatti, contrastano l'incisione locale accumulando sedimenti, ma a valle, venendo a mancare gli apporti, si verifica un'incisione accelerata.

Anche le difese spondali, durante la loro vita (spesso breve) ostacolano l'erosione della sponda, ma trasferiscono l'erosione sulla sponda opposta o a valle, innescando un altro circolo vizioso dissipatore di risorse.

Foto briglie da: Il Pescatore Trentino.

Briglie e difese spondali

- Compromettono la continuità longitudinale o trasversale;
- Alterano il trasporto solido
- Richiedono manutenzione continua

Gli effetti dell'alterazione del trasporto solido



Il deficit solido conseguente alle escavazioni (ma anche alle dighe, briglie, sistemazioni idraulico-forestali e altri interventi), redistribuendosi su lunghi tratti, ■ ha provocato l'incisione degli alvei, con conseguente scalzamento e crollo dei ponti ed altri manufatti, costringendoci per decenni a farci carico dei costi di

ricostruzione e manutenzione.

(l'artificializzazione costa!)



Ma quello tra natura e sviluppo è un conflitto senza vincitori: se la natura è perdente, lo è altrettanto lo sviluppo.

La guerra di conquista per sottrarre spazio ai fiumi non è mai vinta definitivamente; è una guerra di frontiera che comporta continue perdite. Di fronte alla perseveranza dei fiumi, infatti, le opere gigantesche in cemento rivelano tutta la loro fragilità. ■ Insomma, **l'artificializzazione costa!**

Se, con saggezza, nel bilancio costi/benefici di un'opera non considerassimo solo i costi di costruzione, ma anche quelli di manutenzione-ricostruzione nel tempo e dei danni indotti (in loco e altrove, oggi e domani), le nostre pretese di conquista diverrebbero certamente molto più contenute e ci terremmo prudentialmente a ragguardevole distanza dagli alvei, se non per rispetto della natura, almeno per un semplice calcolo di convenienza economica.

Foto T. Rosmarino (Sicilia): D. Colomela.

Foto T. Chisone: Tropeano e Turconi 2001 (in: CIRF, 2006. La Riqualificazione fluviale in Italia. Ed. Mazzanti, Venezia)

L'approccio classico

4. Laminare i volumi di piena

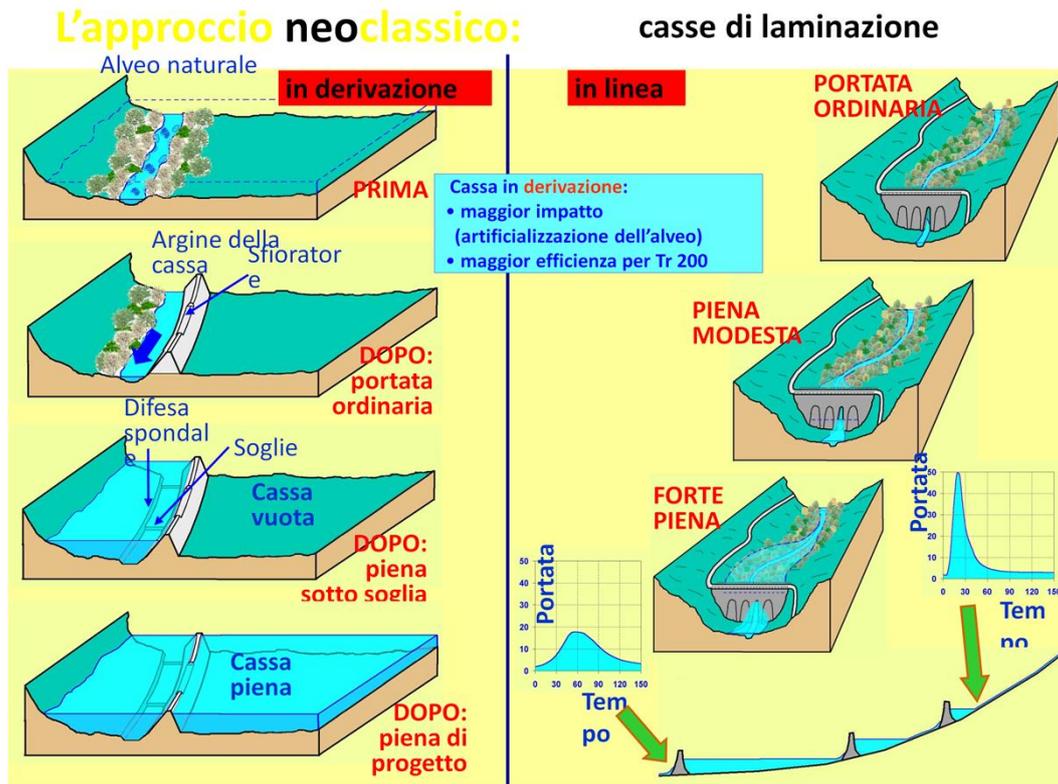
dighe, invasi (serbatoi)



Le dighe, creando un volume (invaso) capace di accogliere la piena, laminandola, possono essere molto efficaci nell'abbassare e/o ritardare l'idrogramma di piena. In realtà, però, tutto dipende da come vengono gestite. Solitamente sono progettate "a fini plurimi" (idroelettrico, irriguo, sicurezza), ma questi usi sono conflittuali: a fini di sicurezza, infatti, l'invaso dovrebbe essere tenuto il più possibile vuoto, in modo da essere pronto ad accogliere e laminare le piene, mentre a fini idroelettrici conviene trattenere nell'invaso più acqua possibile (riducendone l'efficacia laminante). Di fatto, il reddito derivante dall'utilizzo idroelettrico è talmente appetibile che l'efficacia ai fini della sicurezza idraulica diviene del tutto marginale. Altri inconvenienti sono l'innescò dell'erosione a valle (per l'intercettazione del trasporto solido) e numerosi effetti biologici (svasi, alterazioni della temperatura e della qualità dell'acqua, ecc.), senza contare i rari, ma drammatici episodi dalle conseguenze incancellabili (es. Vajont).

Foto 1 (diga del Careser): Bruno Maiolini. In: CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e coll.,

Mazzanti editore, Mestre.



Una alternativa agli argini sono le casse di laminazione, fino a ieri molto rare, ma oggi divenute di moda in molti PAI. Tuttavia occorre ben ponderare pro e contro: sia riguardo alla loro effettiva efficacia idraulica, sia al loro impatto ambientale.

Le casse in derivazione hanno un impatto ben più elevato di quelle in linea; devono, infatti, essere circondate da un argine perimetrale robusto (per sostenere l'urto della piena) e geometrico (per garantire il buon funzionamento dello sfioratore). Ma il restringimento della sezione determina l'aumento della forza erosiva, che è costretta ad esercitarsi sul fondo e sulla sponda opposta, alterando la corretta taratura dello sfioratore; da qui la necessità di fissare stabilmente anche il fondo (con una serie di soglie) e la sponda opposta. Ne risultano: un alveo piatto, con distruzione della diversità ambientale, deterioramento delle condizioni vitali per macroinvertebrati e pesci; l'eliminazione totale della vegetazione riparia da entrambi i lati; la riduzione della capacità depurante.

Le briglie a bocca tarata, invece, a parte l'impatto estetico dello sbarramento, **rispettano maggiormente i processi ecologici.** Infatti esse: **1) non richiedono l'artificializzazione del fondo.** Essendo dotate di una apertura di

fondo, lasciano passare l'intera portata ordinaria e, pertanto, non alterano le condizioni ecologiche dell'alveo bagnato. **2) non richiedono l'artificializzazione delle sponde** né la rimozione delle fasce di vegetazione riparia. **3) non interrompono gli scambi tra ambiente acquatico e terrestre**, legati alla periodica inondazione della piana. Ciò garantisce migliori condizioni ecologiche.

Casse di laminazione: scelta delicata

Casse in derivazione	Casse in linea
😊 Maggior efficacia per la piena di progetto (a parità di superficie disponibile)	😞 Minor efficacia per la piena di progetto (all'arrivo del picco, la cassa è già in parte piena)
😞 Per piene inferiori a quella di progetto, aggravamento del rischio a valle (sottraggono un'area di laminazione).	😊 Riduzione del rischio a valle anche per le piene inferiori a quella di progetto (laminazione superiore a quella naturale).
😞 Funzionamento più critico (difficoltà di taratura, forma dell'onda di piena...) → rischio che non entri in funzione quando dovrebbe	😊 Funzionamento più "a prova d'errori": gli errori (es. taratura) possono ridurre l'efficacia, ma forniscono sempre un contributo alla laminazione
😞 Funzionamento molto raro (30-200 anni), ma necessità di continua e intensa manutenzione (se si stara non funziona!)	😊 Funzionamento molto frequente, ma minor necessità di manutenzione (meno sensibile ai cambiamenti);
😞 Necessità di intensa artificializzazione dell'alveo	😊 Non richiede artificializzazione dell'alveo

Cassa in derivazione: riduce il rischio ogni 200 anni e lo aumenta negli altri 199?

Il recente boom delle casse di laminazione (previste da molti PAI delle AdB), unito ad una esperienza molto limitata, impone una attenta riflessione sia sulla loro effettiva utilità, sia sulla scelta del tipo (in derivazione o in linea?).

Nella scelta tra due tipi di casse, infatti, ciò che più importa è la riduzione complessiva del rischio e del danno in un lungo arco di tempo (non solo in occasione della piena di progetto, ma anche di tutte le altre).

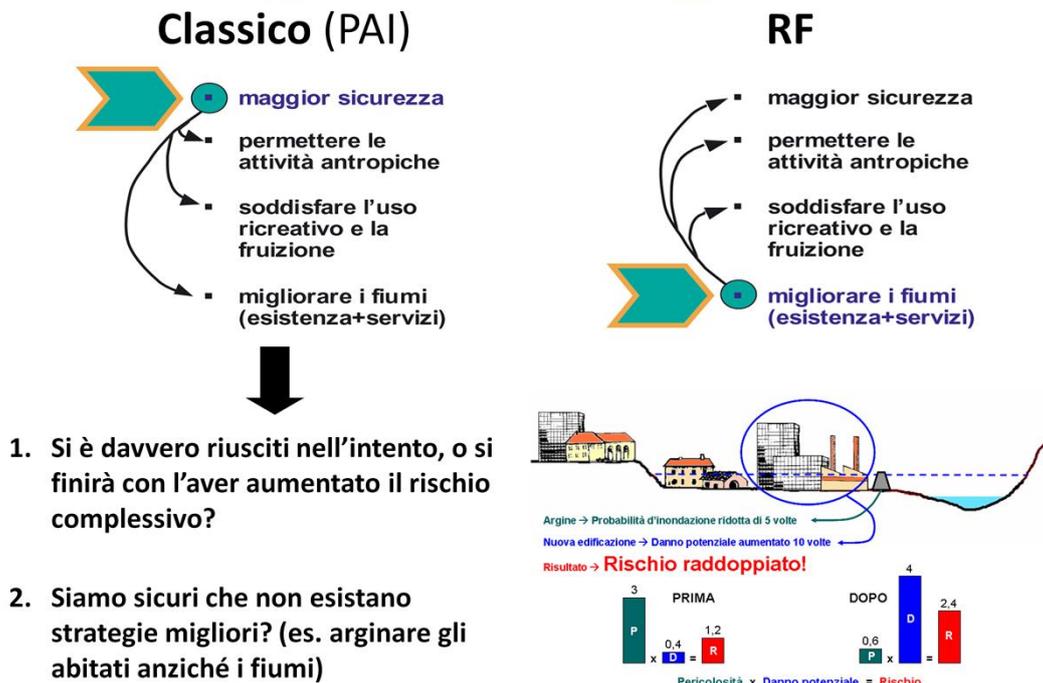
Le casse in derivazione, in effetti, hanno il brutto difetto di aggravare il rischio idraulico a valle per tutti gli eventi inferiori alla piena di progetto poiché sottraggono un'area di laminazione. **Semplificando (ed estremizzando), una cassa in derivazione progettata per laminare la piena duecentennale ridurrebbe il rischio in media ogni 200 anni e lo aggraverebbe negli altri 199 anni.**

Rispetto all'evento di progetto, le casse in linea (a parità di volume d'invaso disponibile) sono meno efficaci di quelle in derivazione poiché il bacino a monte di esse si riempie gradualmente ed è perciò già parzialmente pieno all'arrivo del picco di piena. In compenso, a differenza delle casse in derivazione, esercitano un'influenza laminante e ritardante su tutte le piene, comprese quelle inferiori a quella di progetto. La riduzione dei danni cumulativi dovuti alle piene decennali, trentennali, cinquantennali, ecc. potrebbe risultare superiore a quello di una cassa di laminazione in derivazione progettata per la piena duecentennale. **È quindi possibile che anche dal solo punto di vista idraulico le briglie a bocca tarata siano più efficaci delle casse di laminazione in derivazione.**

Altri aspetti sottovalutati sono la **criticità di funzionamento** (molto più elevata per le casse in derivazione, poiché hanno un funzionamento del tipo "tutto o nulla": se l'alveo si abbassa, se cambia l'uso del suolo, ecc. la cassa può non entrare in funzione), dalla quale discende anche la **necessità di una continua manutenzione**, cosa peraltro, non facile a garantire per un'opera che potrebbe servire

solo tra 100 o 200 anni.

Sicurezza: approccio classico e approccio RF



L'istituzione delle Autorità di bacino ha rappresentato una tappa fondamentale, un prerequisito per il superamento degli aspetti più deteriori dell'approccio classico finora visti. In particolare, il compito di pianificare sicurezza e ambiente in tutto il bacino, impone di per sé il superamento dell'ottica miope degli interventi locali e sconsiderati (il guardare al «qui e oggi» senza preoccuparsi dell'«altrove» e del «domani»).

■ Per quanto vada riconosciuto che anche il peggior piano di bacino è migliore dell'approccio classico, va osservato che quest'ultimo è ancora duro a morire: i Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) sono ancora troppo centrati su “interventi ed opere” e poco audaci, cioè ancora restii all'adozione di interventi di modifica in grande dell'uso del suolo, di delocalizzazione degli insediamenti a rischio, di strategie di “convivere col rischio”. In particolare, i PAI si pongono l'obiettivo primario della sicurezza, subordinando ad esso ogni altro obiettivo e, di fatto, la prima ad essere sacrificata è la natura.

■ Ma dobbiamo chiederci se davvero raggiungeranno l'obiettivo o se – nonostante le migliori intenzioni– finiranno con l'aumentare il rischio complessivo (ci sia di monito la figura “più argini, più rischio”).

■ E inoltre, siamo sicuri che non esistano strategie migliori?

■ Anche la RF si pone lo stesso insieme di obiettivi e presta particolare attenzione alla sicurezza, ma punta a raggiungerla (assieme agli altri obiettivi) attraverso il miglioramento dei fiumi.

Figure di A. Nardini, da: CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e coll., Mazzanti editore, Venezia.

Grazie per la pazienza...

