

Corso “Metodi di Riqualificazione Fluviale”

PARTE II – FASE CONOSCITIVA

3. Geomorfologia Fluviale

Argomenti trattati nel corso Geologia Applicata II:

Forme fluviali e classificazioni, Variazioni morfologiche di alvei fluviali, Processi di erosione di sponde fluviali, ecc.

Stampati slides scaricabili da

www.dicea.unifi.it/massimo.rinaldi (Didattica: Geologia Applicata II, capitolo 2. Dinamica Fluviale)

Argomenti trattati in questo corso:

3.1 Incisione ed evoluzione di fiumi italiani

3.2 Detriti legnosi

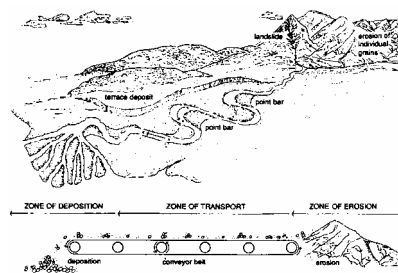
**3.3 Classificazioni morfologiche ai fini della
riqualificazione**

3.4 Identificazione ed analisi dei problemi geomorfologici

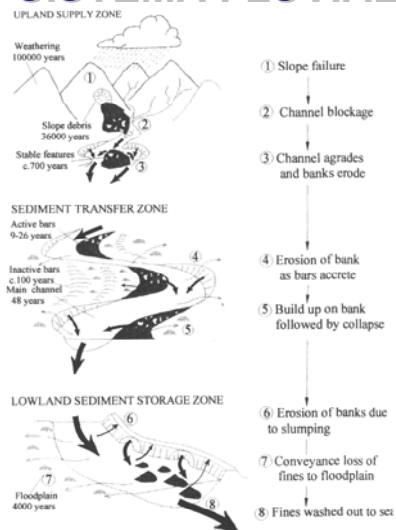
GEOMORFOLOGIA FLUVIALE

ha le sue radici nella Geologia, Ingegneria Idraulica e Fisica e può essere definita come: “studio dei **processi** di produzione, flusso ed immagazzinamento di sedimenti nel bacino idrografico e nell'alveo fluviale nella breve, media e più lunga **scala temporale**, e delle **forme** risultanti in alveo e nella piana inondabile” (Newson & Sear, 1993).

I PROCESSI ASSOCIATI CON IL FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA FLUVIALE

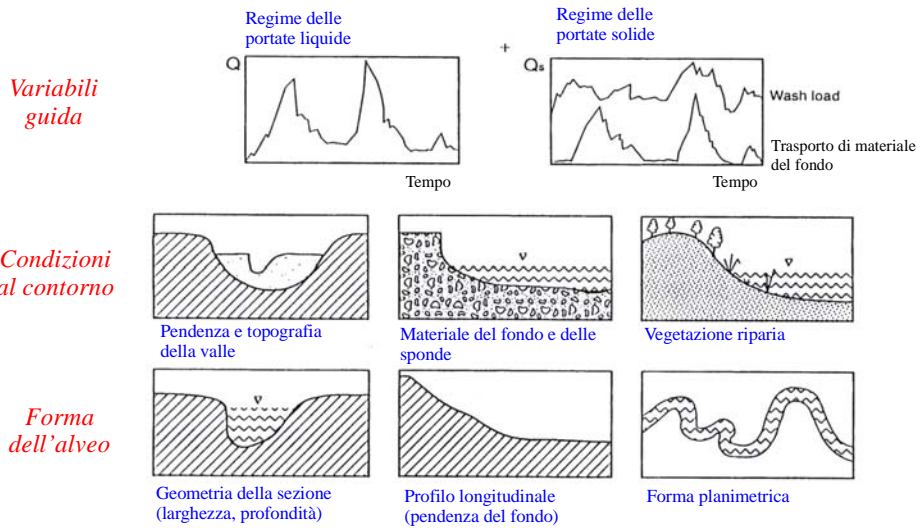


Le tre zone del sistema fluviale ed il fiume paragonabile ad un nastro trasportatore (da Kondolf, 1995)

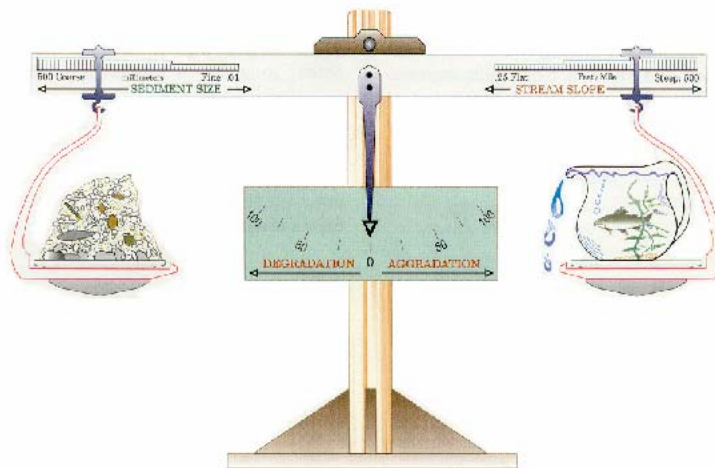


Connettività dei sedimenti nel sistema fluviale (da Newson & Sear, 1993)

FORMA DELL'ALVEO



AGGIUSTAMENTI DINAMICI ALVEI FLUVIALI



$$Q S \approx Q_s D_{50}$$

PORTATA LIQUIDA x PENDENZA \approx PORTATA SOLIDA x DIAMETRO SEDIMENTI
(da Lane, 1955)

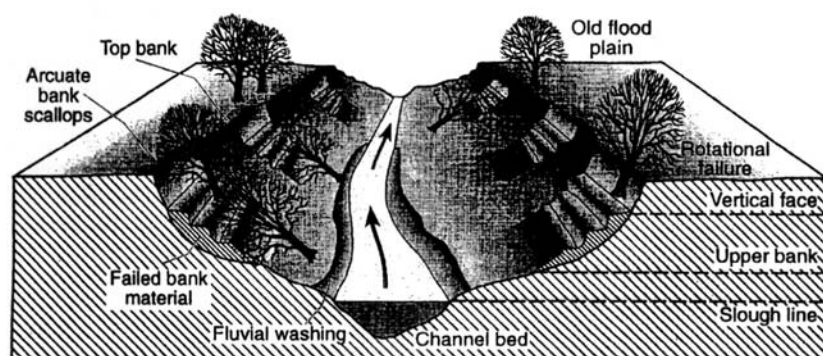
3.1 Fiumi incisi

IMPORTANZA GEOMORFOLOGICA: si tratta di fiumi diffusissimi, soprattutto nei paesi più sviluppati. In molti casi gli aggiustamenti sono ancora in atto e non sono ben note le possibili tendenze future

IMPORTANZA ECOLOGICO-AMBIENTALE: si tratta di ecosistemi disturbati

IMPORTANZA PER LA GESTIONE E RIQUALIFICAZIONE: pongono seri problemi per la loro gestione e riqualificazione

CARATTERISTICHE DI FIUMI INCISI



Schema delle tipiche caratteristiche morfologiche di un alveo inciso

PROBLEMI LEGATI ALL'INCISIONE



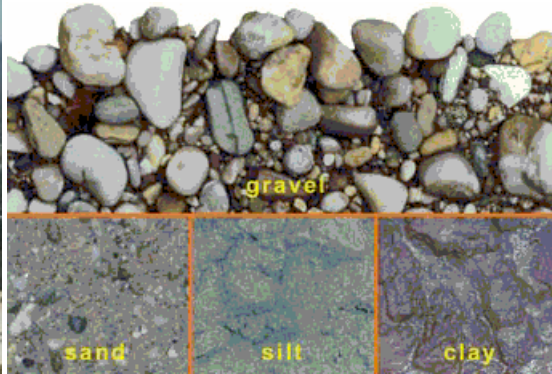
(Fiume Arno)

PROBLEMI LEGATI ALL'INCISIONE



Sottoescavazione ponti
(Fiume Reno, Germania)

PROBLEMI LEGATI ALL'INCISIONE

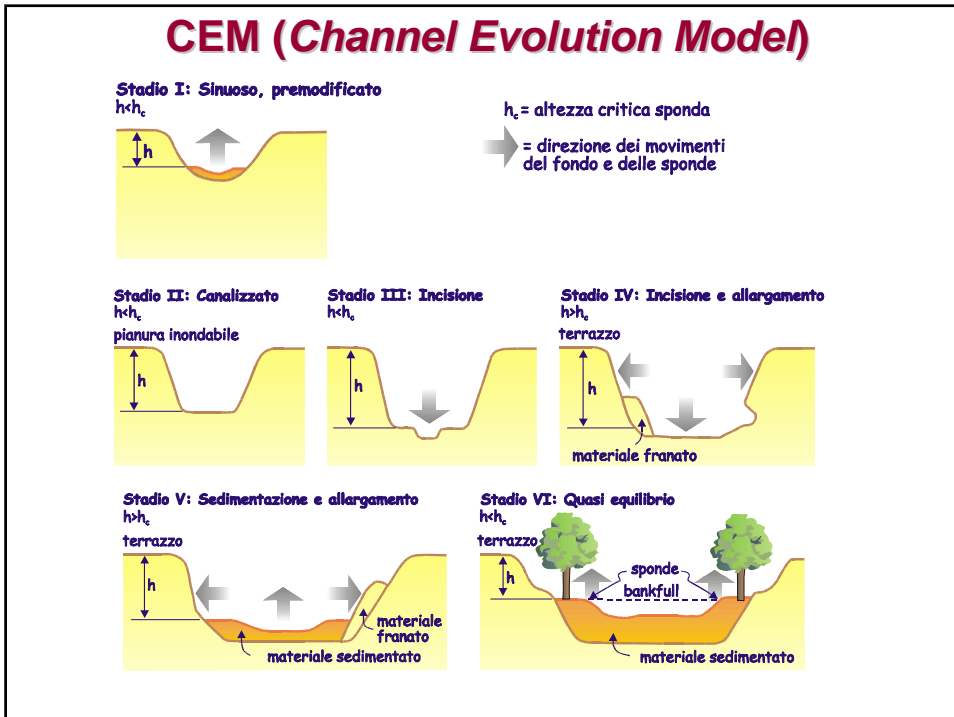


River bed “break through”
(Salach River)

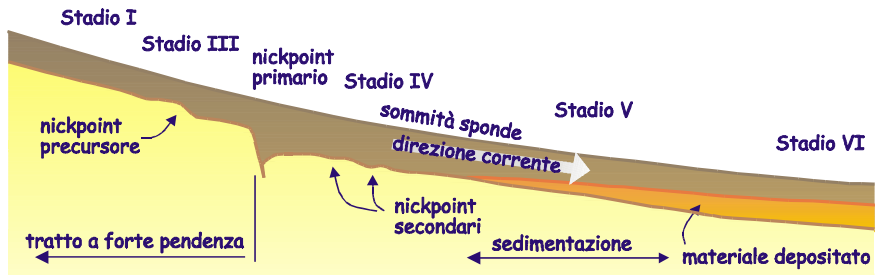
Hengl, 2004

EROSIONE DI SPONDE FLUVIALI

- Causa perdita di terreni
- Minaccia infrastrutture ed opere di difesa dalle piene
- Mobilizzazione sedimenti che causano torbidità, immissione di nutrienti e contaminanti
- Arretramento di sponda gioca un ruolo chiave per la creazione, mantenimento ed evoluzione di habitat fisici ed ecosistemi acquatici e ripariali



CEM (*Channel Evolution Model*)



STAGE I



STAGE II



STAGE III



STAGE IV



STAGE V



STAGE VI



FRANCIA SUD-ORIENTALE

1894



1996



Ubaye River e suo affluente, Riou Bourdoux (a valle di Barcelonnette, Alpi meridionali)

FRANCIA SUD-ORIENTALE

1896



1998



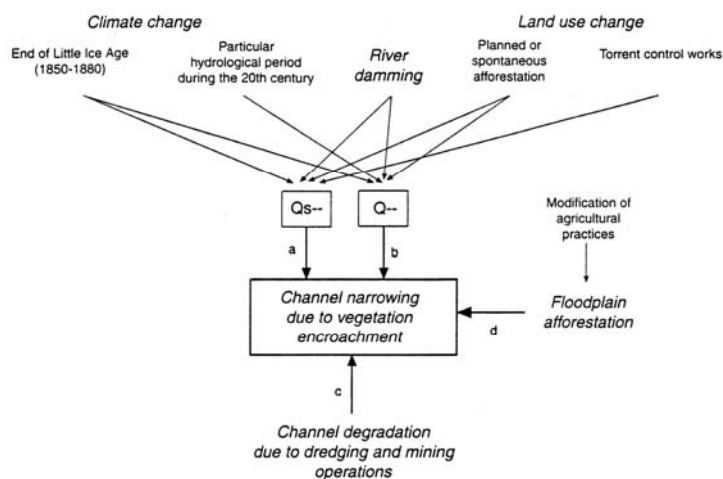
Drome River nella Vercheny Plain
(a valle di Die, pre-Alpi)

FRANCIA SUD-ORIENTALE



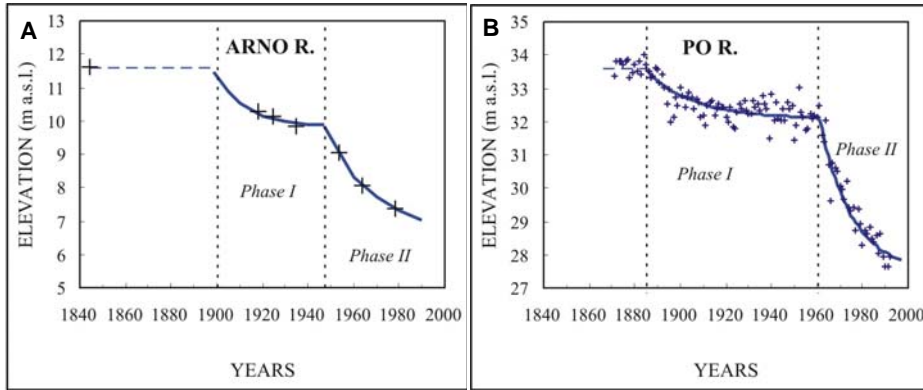
Esempi di sistemazioni idraulico-forestali realizzate alla fine del XIX secolo su versanti o lungo torrenti montani

FRANCIA SUD-ORIENTALE: CAUSE E AGGIUSTAMENTI



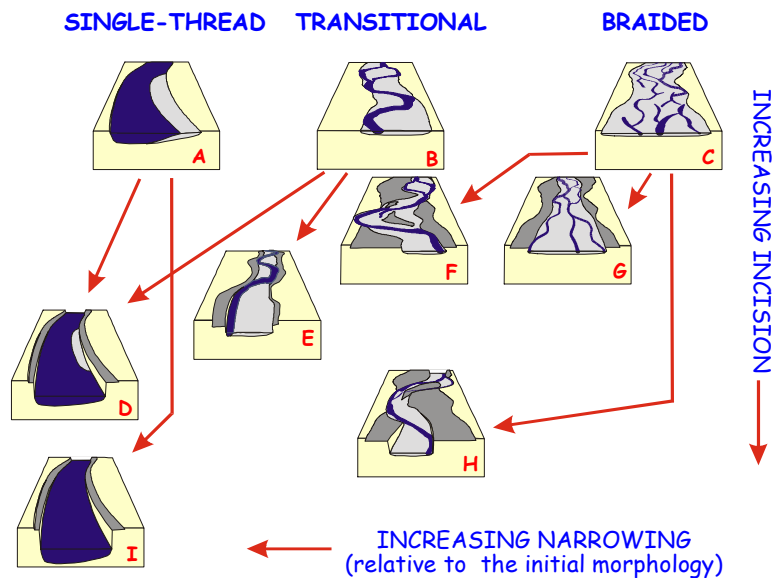
Modello concettuale dei fattori che hanno determinato il restringimento (Liebault & Piegay, 2002)

TREND DI VARIAZIONE DELLA QUOTA DEL FONDO



A) Fiume Arno (Valdarno Inferiore)
B) Fiume Po (Cremona)

SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE DELLE VARIAZIONI MORFOLOGICHE DI FIUMI ITALIANI



CAUSE

- **RIMBOSCHIMENTI** (fine 1800 – inizi 1900)
- **SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI** (fine 1800 – inizi 1900)

BACINO	NUMERO DI BRIGLIE
Casentino	1069
Valdarno superiore	155
Sieve	335
Bisenzio	47
Ombrone	260
Nievole	113
Era	750

CAUSE

- **OPERE IDRAULICHE:** pennelli, canalizzazioni, difese di sponda (XX secolo)
- **ESCAVAZIONE DI SEDIMENTI:** trascurabile fino alla prima metà del 1900



CAUSE

- **ESCAVAZIONE DI SEDIMENTI:**
intensa a partire dal dopoguerra



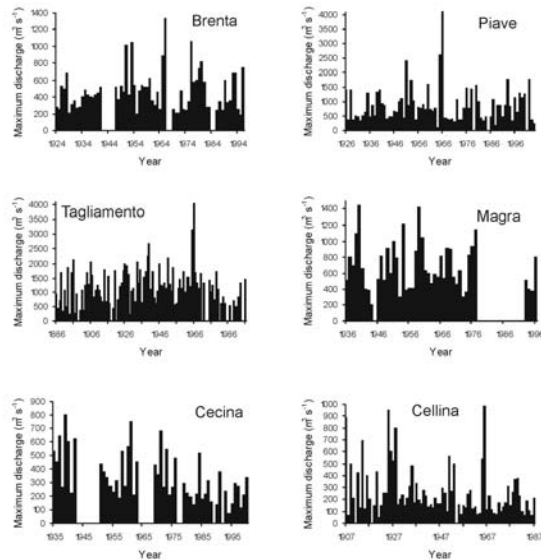
CAUSE

- **DIGHE (XX secolo)**

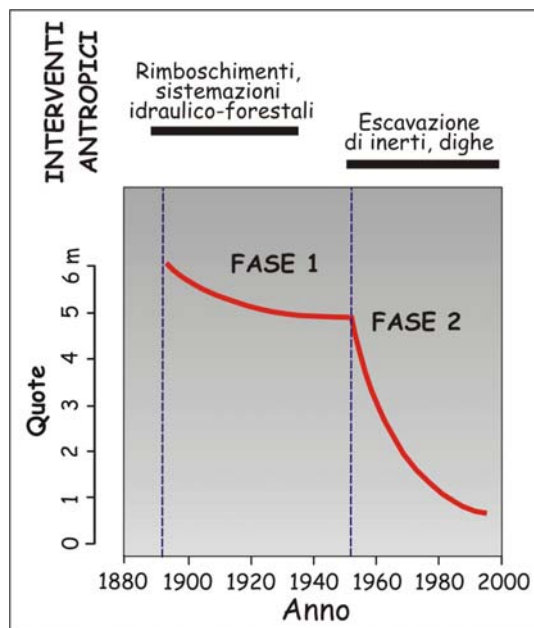


VARIAZIONI NEL REGIME DELLE PORTATE

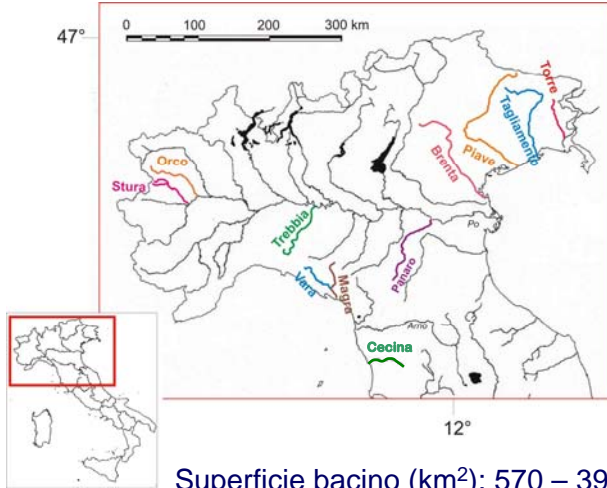
Variazioni significative basse portate (dighe, diversioni, irrigazione) ma poche variazioni nelle portate formative



FASI DI AGGIUSTAMENTO E CAUSE

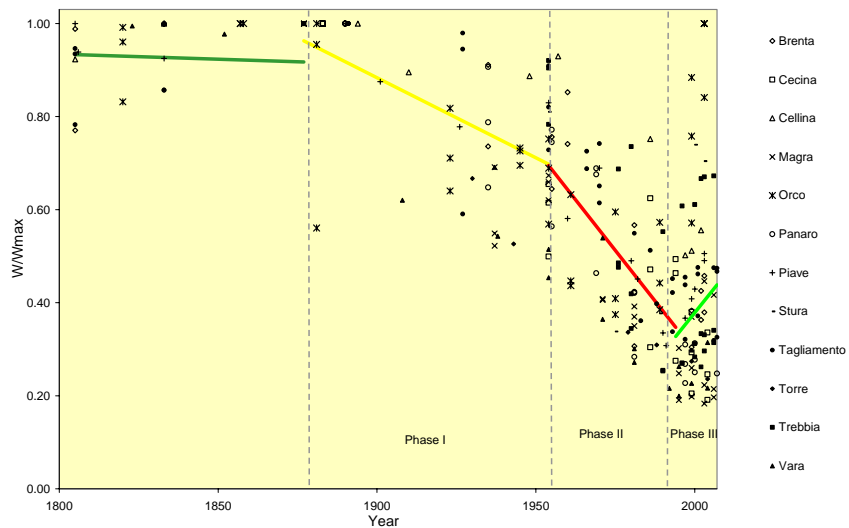


CASI STUDIO IN ITALIA CENTRO - SETTENTRIONALE

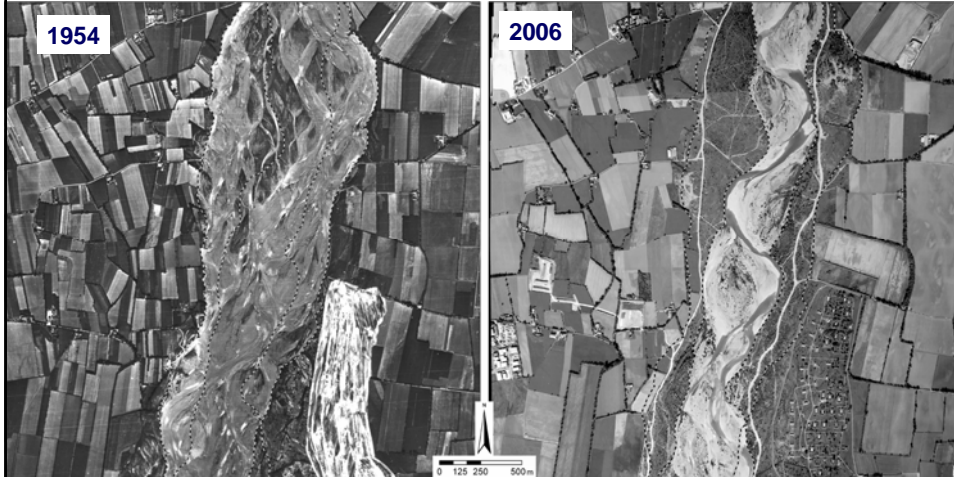


Superficie bacino (km²): 570 – 3900
 Lunghezza fiume (km): 65 - 220
 Lunghezza tratti studiati (km): 10 - 50
 Materiale del letto: ghiaia

VARIAZIONI LARGHEZZA ALVEO ATTIVO



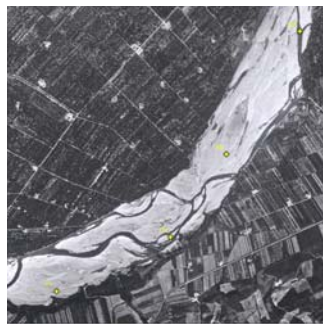
VARIAZIONI IN CONFIGURAZIONE ALVEO: DA BRAIDED A WANDERING (TREBBIA)



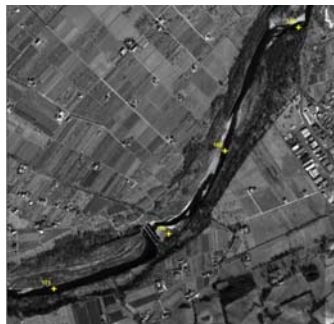
VARIAZIONI DI LARGHEZZA: FIUME PANARO



1877

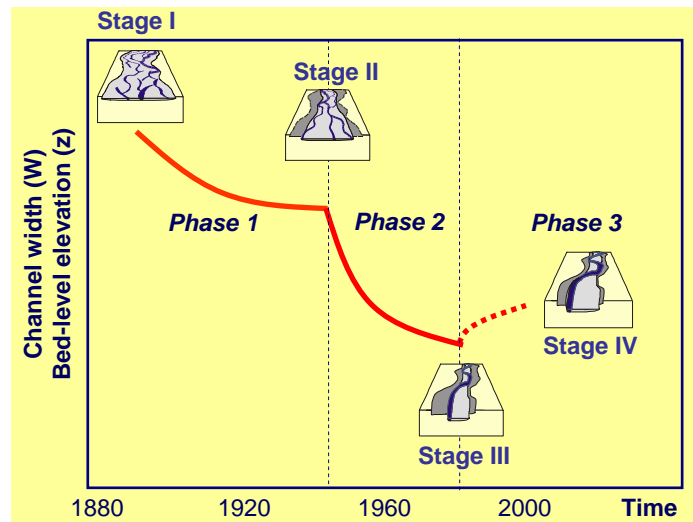


1954



2003

MODELLO CONCETTUALE DI EVOLUZIONE



3.2 Detriti Legnosi

- **Importanza** dei detriti legnosi
- **Definizioni**
- **Processi** (produzione, effetti idraulici, innesco movimento e trasporto, arresto e deposito)
- **Classificazioni** tipologie accumulo
- **Percezione** del legno nei corsi d'acqua

LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE

Sviluppo di boschi ripariali in Italia, come in altri paesi europei, relativamente nuovo nel paesaggio fluviale in conseguenza di vari fattori

1896



1998



Fiume Drome (Francia)

LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE

Danni ad infrastrutture (ponti) durante le piene e causa di esondazioni



Pont 113, Florida Creek, Skidmore, Missouri

LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE

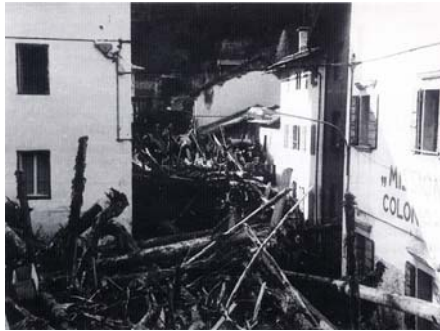


Rischio idraulico associato alla presenza di accumuli legnosi: importante aspetto

LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE



Fiume Ombrone (Toscana meridionale): piena del 1966. Gli accumuli legnosi furono in molti casi imputati come possibile causa di rottura arginale (A) e collasso di ponti (B)



Ammasso di legname a Caprile (Trentino) in seguito alla piena del 4 Novembre 1966



T. Tina (Bolzano): colata di detriti con legname di circa 500.000 m³ seppellisce parzialmente il villaggio di Chiusa (9/08/1921)

LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE



Legno nel Fiume Bruna: causa di danni al porto turistico alla foce

Legno sulla spiaggia presso la foce dell'Ombrone (area naturale protetta): parte integrante del trasporto solido



LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE



EFFETTI IDRAULICI

Soprattutto in torrenti montani:

- effetto complessivo di aumentare la complessità del flusso e la ritenzione di volumi d'acqua, con possibile parziale **attenuazione dei picchi di piena e ritardando la propagazione del picco verso valle**
- rallentano o impediscono il passaggio di altri tronchi provenienti da monte

EFFETTI IDRAULICI



EFFETTI GEOMORFOLOGICI

- Importante ruolo dei LWD nel **riequilibrio di fiumi incisi**: promuovono controllo del fondo e sedimentazione
- inducono una certa **mobilità planimetrica** (equilibrio dinamico)

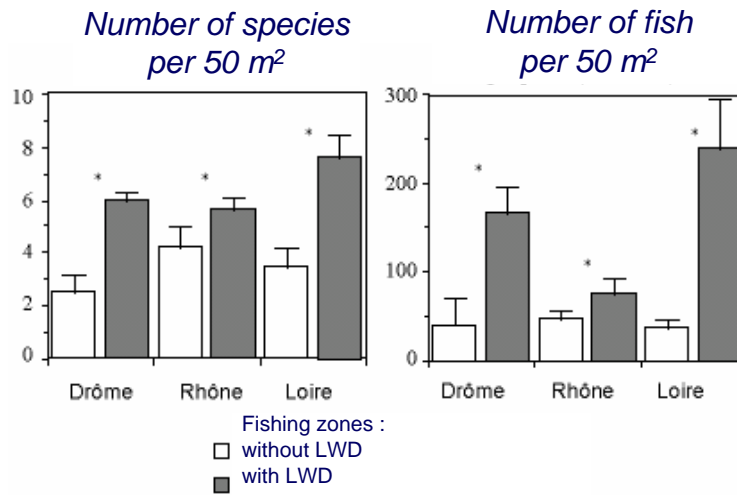
LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE

Effetti su abbondanza di pesci e diversità



LEGNO NEI FIUMI: PROBLEMI E GESTIONE

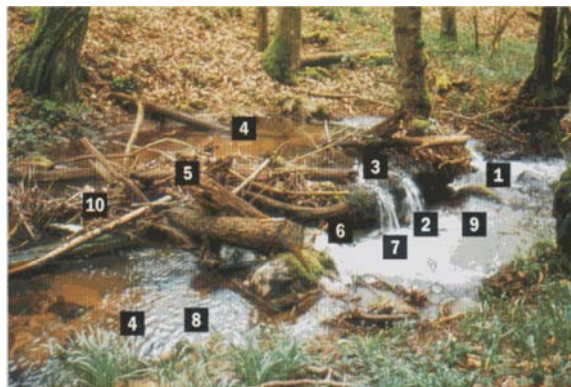
Effetti su abbondanza di pesci e diversità



(da Thévenet, 1998)

EFFETTI ECOLOGICI

fondamentale per le comunità di pesci per la creazione di numerosi **micro-habitat**



1: riffle with cobble substratum; 2: plunge pool; 3: riffle; 4: sandy, shallow and low velocity channel; 5: wood jam; 6: shelter; 7: area of water oxygenation; 8: juvenile habitat; 9: feeding area for adults; 10: accumulation of woody debris and leaves (feeding area for invertebrates)

EFFETTI ECOLOGICI

- **accrescono quantità di materia organica e nutrienti** importanti per pesci ed invertebrati acquatici
- favoriscono la complessità del flusso, quindi **la formazione e la diversificazione di microhabitats**

DETRITI LEGNOSI: DEFINIZIONI

Materiale organico vegetale: piante o frammenti vegetali che sono stati erosi o caduti direttamente nel reticolo idrografico. Questi possono includere materiale organico fine derivante dall'erosione superficiale del suolo, lettiera di foglie, frammenti di legno, fino ad interi alberi.

Dal punto di vista ecologico:

- frammenti più fini denominati **materia organica particolata fine** (**FPOM**: *fine particulate organic matter*)
- parti vegetali più grossolane costituiscono la **materia organica particolata grossolana** (**CPOM**: *coarse particulate organic matter*).

DETRITI LEGNOSI: DEFINIZIONI

Componenti fini: numerose funzioni ecologiche ma effetti morfologici non rilevanti

Detriti* legnosi grossolani: notevole controllo sulla morfologia e sui processi fluviali.

In letteratura anglosassone: *Woody Debris* (WD) o *Large Woody Debris* (LWD) o *Coarse Woody Debris* (CWD) (detrito legnoso grossolano).

Generalmente si considerano *LWD* o *CWD* elementi legnosi con **diametro superiore a 10 o 12 cm**

* Recentemente tuttavia tendenza ad evitare termine "debris" e chiamarli semplicemente "wood"

DETRITI LEGNOSI: PROCESSI

Analogia tra i processi che riguardano il legno e quelli che riguardano i sedimenti (Gurnell et al., 2002):

- **produzione** e **alimentazione** al sistema fluviale
- **innesco** e **trasporto**
- **arresto** e **deposito**

MECCANISMI DI PRODUZIONE DEL LEGNO

Principali meccanismi e cause possibili:

- a) per **movimenti di massa** che interessano un versante in connessione diretta con l'alveo fluviale;
- b) per **mortalità naturale** o **accidentale** (ad es. attraverso un fulmine);
- c) per **azione del vento** (che può indurre instabilità e ribaltamento del singolo albero);
- d) per **precipitazioni nevose** (rottura di rami o dell'intera pianta per il sovraccarico);
- e) a causa di **incendi**;

MECCANISMI DI PRODUZIONE DEL LEGNO

Principali meccanismi e cause possibili:

- f) per **mortalità indotta da organismi viventi** (ad es. per azione di castori);
- g) per **erosione delle sponde**;
- h) per **erosione** diretta da parte della corrente fluviale su superfici interne all'alveo (ad es. su barre o isole) o all'interno della piana inondabile (ad es. per avulsione del canale).

Il contributo dei singoli processi di alimentazione e la loro importanza relativa sono legati alle condizioni climatiche, idrologiche e geomorfologiche dell'area

CONDIZIONI DI INNESCO E TRASPORTO

Mobilità del legno nel sistema fluviale legata principalmente a tre fattori (Gurnell, 2003) :

- **dimensioni legno** (diametro)
- **densità legno** (varia in funzione della specie, dell'età e del grado di decomposizione)
- **grado in cui l'elemento legnoso è ancorato nella sua posizione** da fattori diversi dal suo peso

CONDIZIONI DI INNESCO E TRASPORTO

Trasporto di elementi legnosi

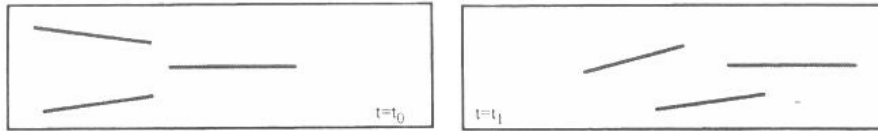
Si possono distinguere **tre regimi di trasporto di tronchi**, in funzione della loro densità nella sezione bagnata (Braudrick et al., 1997):

- (a) **trasporto non congestionato** (*uncongested transport*), quando si verificano raramente contatti tra elementi legnosi diversi durante il trasporto (i tronchi occupano meno del 10 % della superficie libera);
- (b) **trasporto semi-congestionato** (*semi-congested transport*), situazione intermedia (i tronchi occupano tra il 10 ed il 33 % della superficie libera);
- (c) **trasporto congestionato** (*congested transport*), quando i tronchi si muovono come una singola massa galleggiante, con contatti molto frequenti e pochi spazi tra di essi (i tronchi occupano più del 33 % della superficie libera)

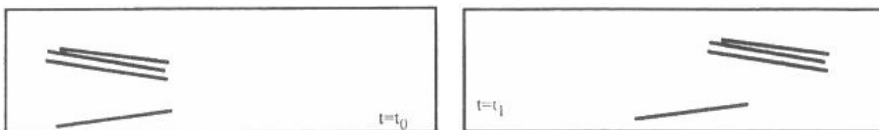
CONDIZIONI DI INNESCO E TRASPORTO

Trasporto di elementi legnosi

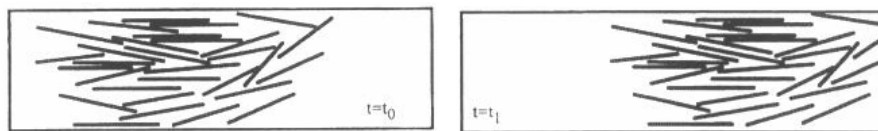
(a) trasporto non congestionato



(b) trasporto semi-congestionato



(c) trasporto congestionato



→ direzione corrente

CONDIZIONI DI INNESCO E TRASPORTO

Trasporto di elementi legnosi

Gli stessi autori hanno osservato due principali pattern di trasporto e deposizione:

- (1) **movimenti pulsatori**, quando un ammasso legnoso si muove insieme (tipico del trasporto congestionato),
- (2) **graduale accrezione** di un accumulo legnoso in corrispondenza di barre sommerse (tipico di trasporto non congestionato).

MECCANISMI DI ARRESTO E DEPOSITO

Principali meccanismi di arresto singolo tronco

- a) **intercettato** da vegetazione viva, da un accumulo legnoso preesistente, da clasti di grandi dimensioni che sporgono rispetto al fondo
- b) **intercettato con accerchiamento di ostacolo** (tipicamente nel caso di ponti o anche di alberi vivi)
- c) **depositato per sormonto di una superficie** (ad esempio per tracimazione nella pianura inondabile)
- d) **arenato durante la fase calante della piena**, o in zone dove si verificano brusche variazioni dell'energia della corrente (ad esempio per allargamento dell'alveo, oppure in bracci morti, o in corrispondenza di vortici, ecc.)

MECCANISMI DI ARRESTO E DEPOSITO

Fattori di controllo del deposito detriti legnosi

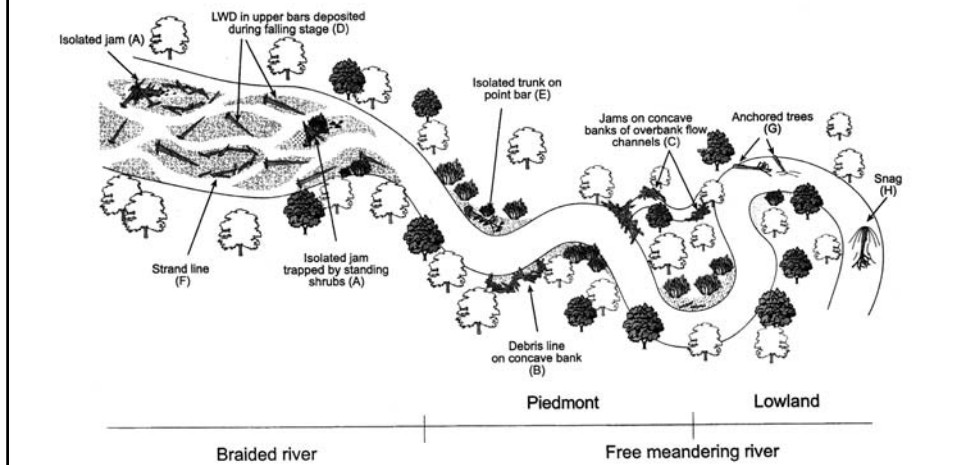
Dimensioni alveo: controllano dinamica del legno (Gurnell et al., 2002):

- **corsi d'acqua di piccole dimensioni**: elementi legnosi vicini al punto di alimentazione; accumuli esercitano forte controllo su idraulica e morfologia dell'alveo
- **corsi d'acqua di medie dimensioni**: la lunghezza e la forma degli elementi legnosi sono fattori critici per la stabilità dell'accumulo; accumuli legati alla presenza di elementi primari di una certa dimensione

MECCANISMI DI ARRESTO E DEPOSITO

Fattori di controllo del deposito detriti legnosi

- Corsi d'acqua di grandi dimensioni: depositi legnosi in posizioni relativamente prevedibili, che variano a seconda della configurazione planimetrica e morfologia dell'alveo



CLASSIFICAZIONI DELLE TIPOLOGIE DI ACCUMULI LEGNOSI

Wallerstein et al. (1997)

Fa riferimento ad osservazioni effettuate lungo alvei fluviali incisi del Mississippi.

Vengono distinte **quattro principali tipologie di accumulo** (ordinate per area del bacino e portata crescenti), rapportando la dimensione del detrito principale rispetto alla larghezza dell'alveo ed evidenziandone i principali impatti sulla morfologia dell'alveo:

1. Underflow jam
2. Dam jam
3. Deflector jam
4. Parallel/bar head jam

CLASSIFICAZIONI

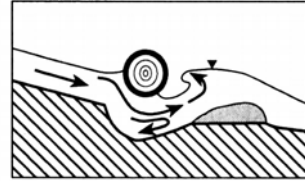
Wallerstein et al. (1997)

Area del bacino e portata crescenti
↓

1) Underflow jam (accumulo con flusso sottostante o sifonamento)

Impatti: limitata erosione fondo e sponde; sedimentazione

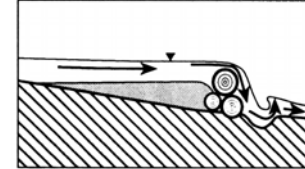
DEBRIS LENGTH > CHANNEL WIDTH



2) Dam jam (accumulo di sbarramento)

Impatti: formazione log-steps e pools; Formazione cuneo di sedimenti a monte e scavo a valle

DEBRIS LENGTH = CHANNEL WIDTH



CLASSIFICAZIONI

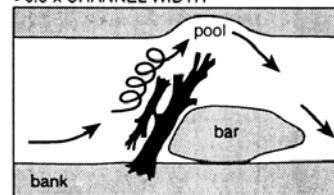
Wallerstein et al. (1997)

Area del bacino e portata crescenti
↓

3) Deflector jam (accumulo a deflettore)

Impatti: deviazione corrente, erosione fondo e erosione sponda; locale allargamento e sviluppo barra

DEBRIS LENGTH < CHANNEL WIDTH &
> 0.5 x CHANNEL WIDTH



4) Parallel/bar head jam (accumulo parallelo o di testa di barra)

Impatti: protezione piede sponda, specialmente in curva; crescita accelerata barre incipienti

DEBRIS LENGTH < 0.5 x CHANNEL WIDTH



CLASSIFICAZIONI

Abbe & Montgomery (2003)

Deriva da studio su LWD in torrenti montani di regioni boscate del NW degli USA

Tre tipi di elementi legnosi sulla base della loro funzione nell'accumulo:

- (a) **elementi chiave** o **primari** (*key members*): tronchi che, per dimensioni e conformazione, originano l'accumulo;
- (b) **elementi non primari** (o relitti) (*racked members*): elementi che si sono accumulati contro un ostacolo (ad es. un masso, un elemento chiave o un altro accumulo) ma che non hanno originato l'accumulo;
- (c) **elementi sciolti** (*loose members*): elementi vegetali (rami, foglie, ecc.) che tendono ad occupare gli interstizi dell'accumulo ma che aggiungono poca consistenza all'accumulo stesso

CLASSIFICAZIONI

Abbe & Montgomery (2003)

Tre categorie di accumuli:

- A. In sito o autoctoni** (*autochthonous*): Elementi chiave (key members) che non hanno subito trasporto
 1. Bank input, 2. Log steps
- B. Combinati** (*combination*): Elementi chiave in sito con altri detriti trasportati incastrati
 1. Valley jams, 2. Flow deflection jams
- C. Trasportati o alloctoni** (*allochthonous*): Elementi chiave che hanno subito un qualche trasporto verso valle
 1. Debris flow/flood, 2. Bench, 3. Bar apex, 4. Meander, 5. Raft, 6. Unstable

A. IN SITO o AUTOCTONI

1. Bank inputs: alberi direttamente caduti in alveo dal punto in cui sono cresciuti (per erosione di sponda, movimenti di massa, vento, ecc.)

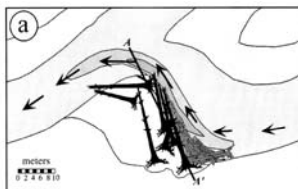


2. Log steps: elementi chiave che formano un gradino sul fondo dell'alveo



B. COMBINATI

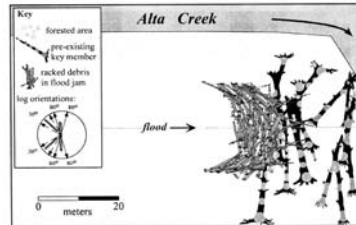
1. Valley jams: detriti (spesso alberi caduti) con larghezza maggiore di quella dell'alveo



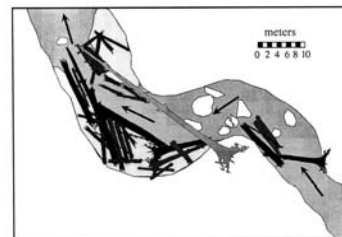
2. Flow deflection jams: elementi chiave e altri detriti che deviano la corrente verso sponda opposta

C. TRASPORTATI o ALLOCTONI

1. Debris flow/flood jams: detriti legnosi incorporati in colate detritiche innescate da frane

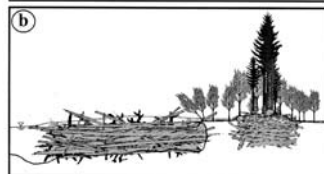
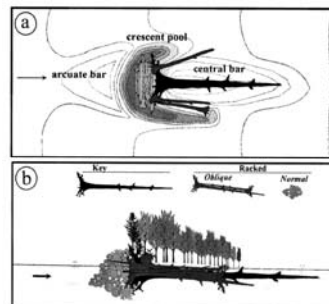
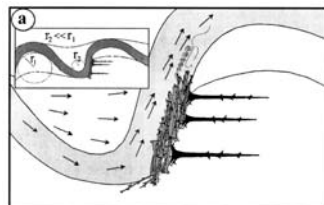


2. Bench jams: uno o più elementi chiave orientati parallelamente o obliquamente rispetto alla corrente che portano alla formazione di piccole superfici



C. TRASPORTATI o ALLOCTONI

3. Bar apex jams: si formano all'estremità verso monte di barre longitudinali



4. Meander jams: varietà di accumuli che tipicamente si formano lungo le sponde esterne di meandri

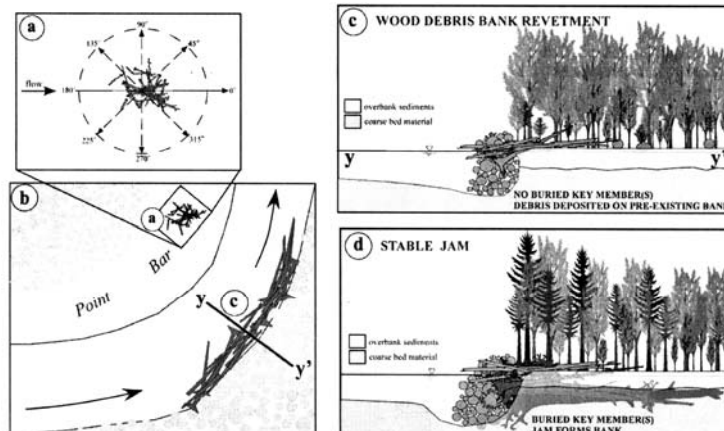
C. TRASPORTATI o ALLOCTONI

5. **Log rafts:** estesi accumuli galleggianti che talora bloccano completamente fiumi di pianura in regioni boschose



C. TRASPORTATI o ALLOCTONI

6. **Unstable debris: bar top, bank edge, bank-revetment jams:** grandi quantità di detriti mobili depositati lungo le sponde o su barre durante fase calante di piene o sulla pianura durante eventi di piena maggiori



PERCEZIONE DETRITI LEGNOSI

Possiamo introdurre legno nei fiumi per scopi di riqualificazione?

Fréquences observ. pour Country, Discipline
Exclusion de lignes : DonnéesTotFinales.svd

	1	2	3	4	Totaux
France	50	50	50	50	200
Germany	52	78	54	46	230
India	50	50	50	50	200
Italy	46	54	50	50	200
Poland	53	59	52	51	215
Russia	20	61	50	65	196
Spain	24	23	29	39	115
Sweden	48	45	56	55	204
Texas, USA	42	55	52	57	206
USA-NW	20	16	38	46	120
Totaux	405	491	481	509	1886

1: Civil/Hydraulic Engineering; 2: Geography/Environmental Planning;
3: Biology/Ecology; 4: other disciplines distinct from environment

Hervé Piégay*, Ken J. Gregory, Valery Bondarev, Anne Chin, Niklas, Dalhstrom, Arturo Elosegí, Stan V. Gregory, Veena Joshi, Michael Mutz, Massimo Rinaldi, Bartłomiej Wyzga & Joanna Zawiejska

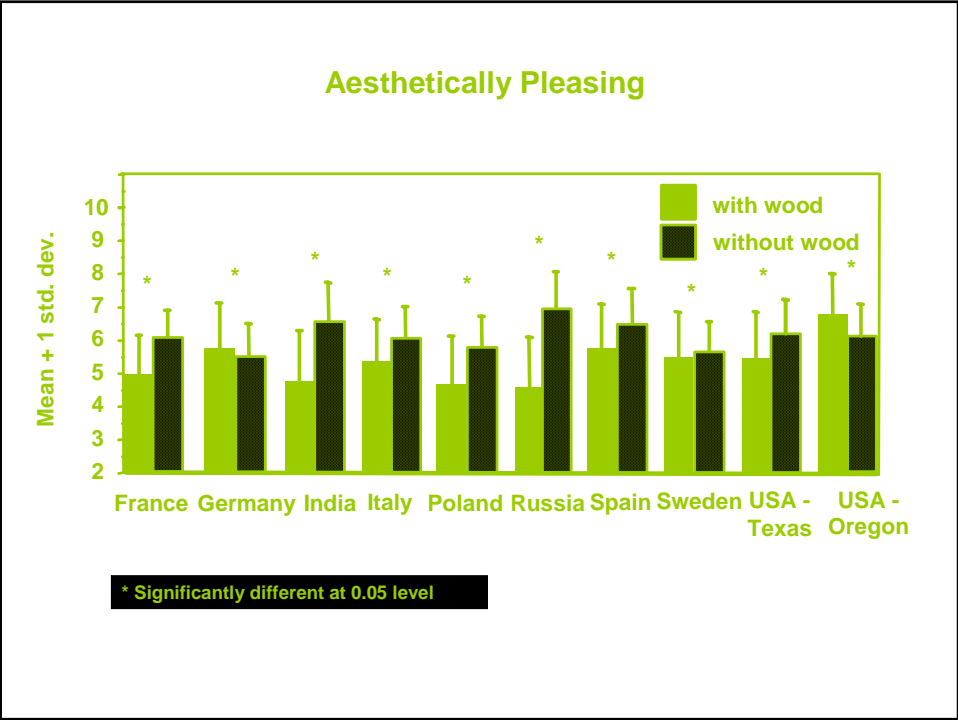
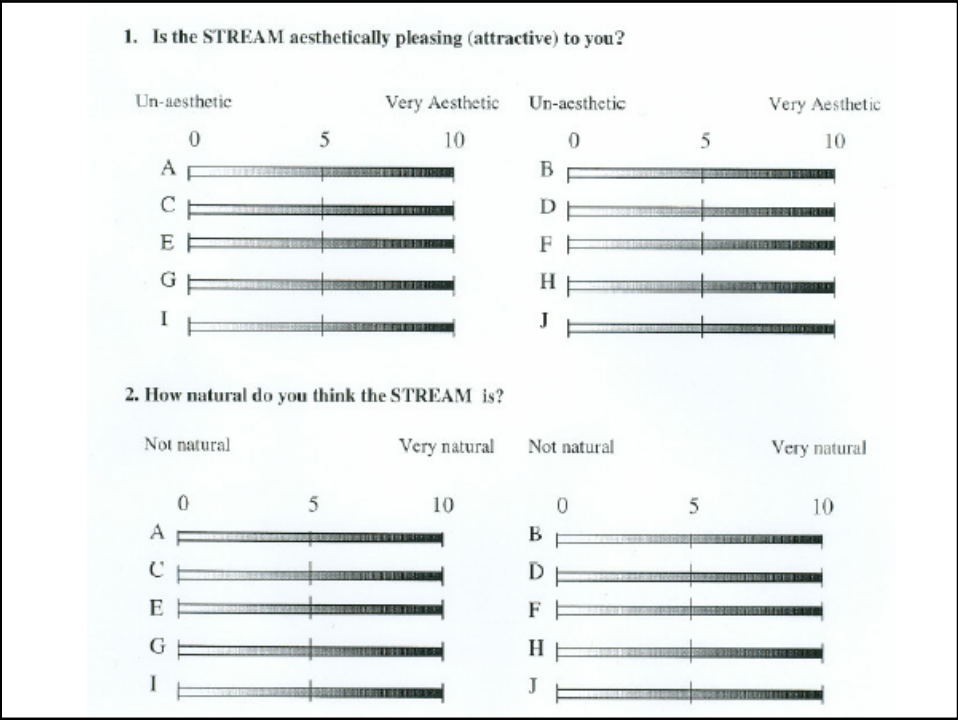
Characteristics Evaluated

Aesthetics

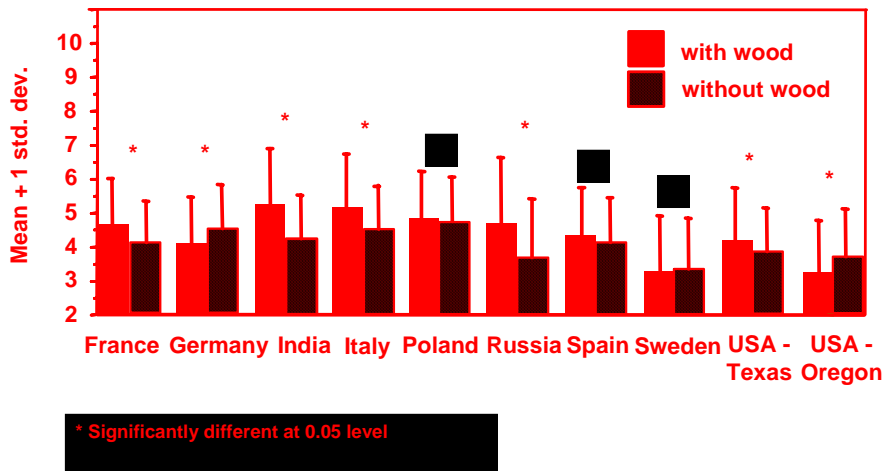
Naturalness

Danger

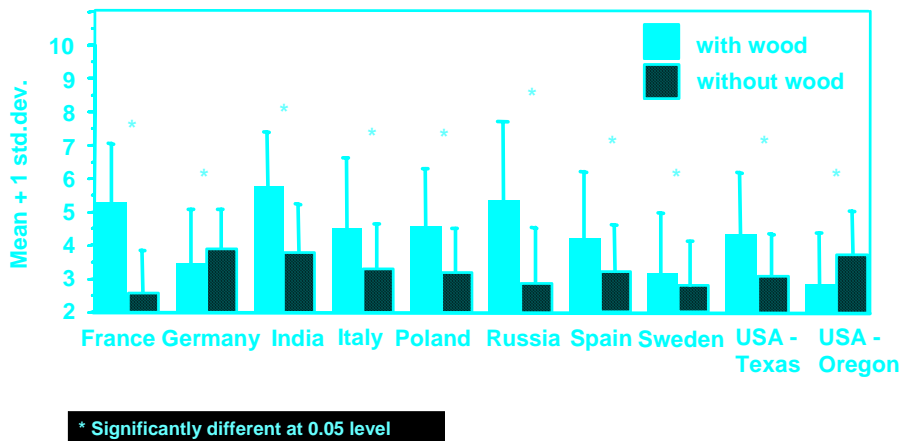
Need for improvement



Perception of Danger



Need for Improvement



METODI DI STUDIO

- **Analisi da foto aeree**: studio della fascia riparia e variazioni temporali, densità e pattern detriti legnosi (per foto aeree a bassa quota ed alta risoluzione)
- **Rilevamento di campo**: osservazioni, misure parametri
- **Analisi dati**: distribuzioni spaziali e di frequenza parametri misurati, ecc.
- **Monitoraggio**: targets, videocamera, ecc.
- **Modellazione**: quantificazione di alcuni processi

ANALISI DI FOTO AEREE

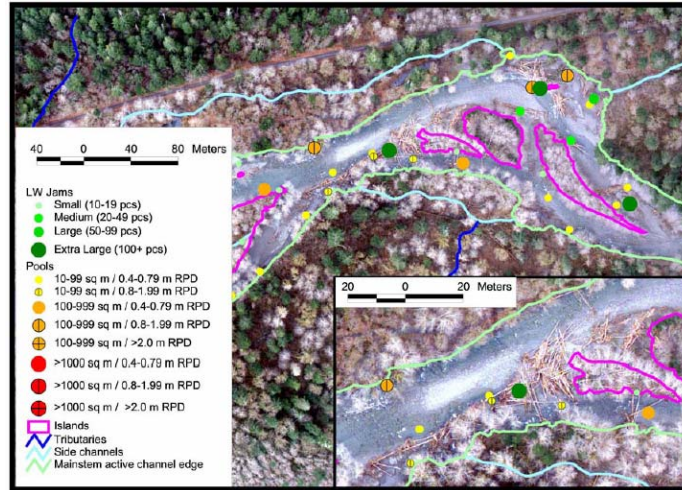
Da foto a bassa quota (da aereo, mongolfiera, elicottero) ed alta risoluzione

Legno: riconoscibile solo in zone dell'alveo con scarsa copertura vegetale



Foto da mongolfiera a bassa quota

ANALISI DI FOTO AEREE



Esempio di ortofoto digitale ad alta risoluzione usata per mappare detriti legnosi, accumuli, pools e canali secondari lungo un tratto del Dosewallips River (USA) (Labbe et al., 2005)

RILEVAMENTO DI CAMPO

Schede di rilevamento di detriti legnosi

1. Inquadratura del tratto

Quadro di unione delle schede successive
 Tratto di **lunghezza variabile** (da 1 a 20 volte circa la larghezza) in funzione della morfologia e dimensioni dell'alveo

2. Caratteristiche morfologiche del sottotratto

Sottotratto relativamente omogeneo all'interno del tratto (**channel unit**) di **lunghezza variabile** in funzione della morfologia e dimensioni dell'alveo

RILEVAMENTO DI CAMPO

Schede di rilevamento di detriti legnosi

3. Accumulo di detriti legnosi

Scheda relativa all'intero accumulo

4. Detrito legnoso

Una scheda per ogni detrito compreso nell'accumulo oppure per un detrito singolo (non incluso in un accumulo)

RILEVAMENTO DI CAMPO

Schede di rilevamento di detriti legnosi

5. Interazioni legno, condizioni idrodinamiche e sedimenti

Interazioni tra accumulo (o singolo detrito), condizioni idrodinamiche e sedimenti

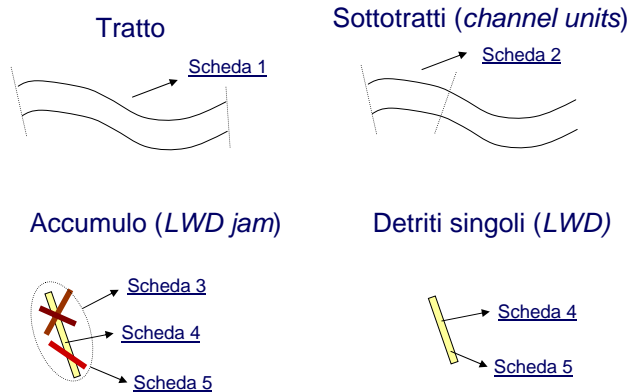


Fase di rilevamento di un detrito legnoso (misura delle dimensioni)

RILEVAMENTO DI CAMPO

Schede di rilevamento di detriti legnosi

Riepilogo

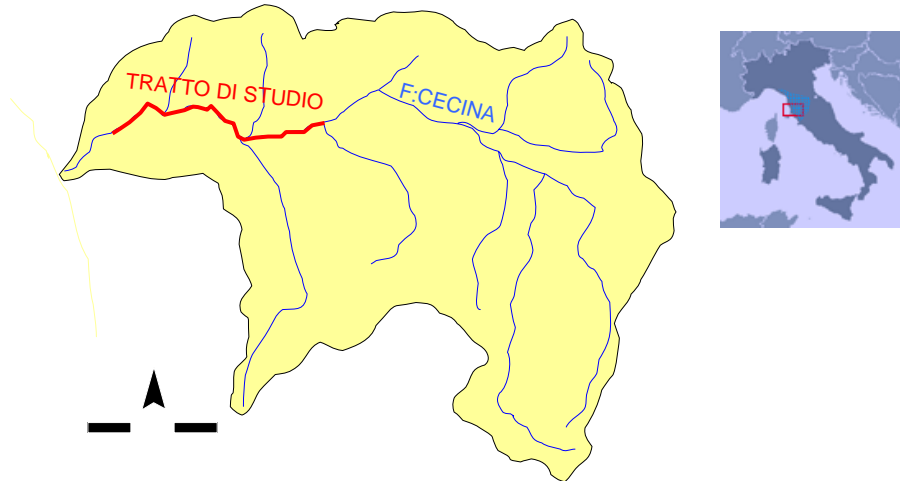


▶ [schede complete \(pdf\)](#)

RILEVAMENTO DI CAMPO

- Schede concepite come **base di riferimento** di tutti gli aspetti che si possono osservare e che possono essere rilevanti in uno studio sui detriti legnosi
- **Riempimento completo** di tutte le parti **molto dispendioso**
- Partendo da tale base, è possibile **selezionare i parametri ritenuti più importanti** in funzione degli obiettivi di un dato progetto

CASO DI STUDIO: FIUME CECINA



AREA BACINO: 900 km² TRATTO STUDIO: circa 20 km

Tringali A. (2006) – Interazione tra detriti legnosi e processi fluviali. Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio.

MOBILITA' DEL LEGNO: METODOLOGIA

STEP 1 :

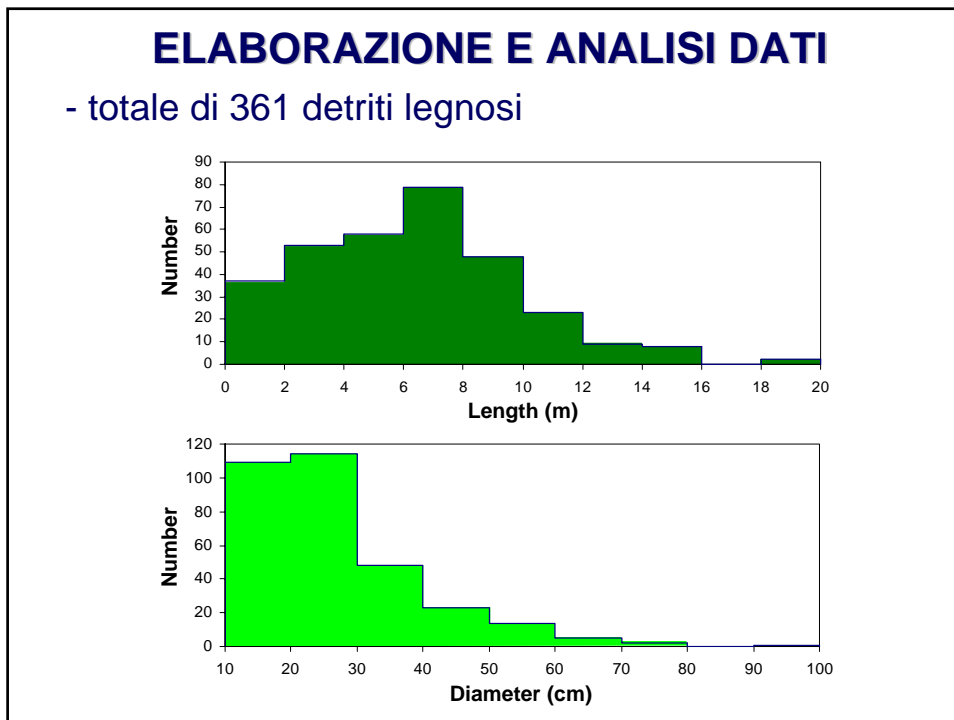
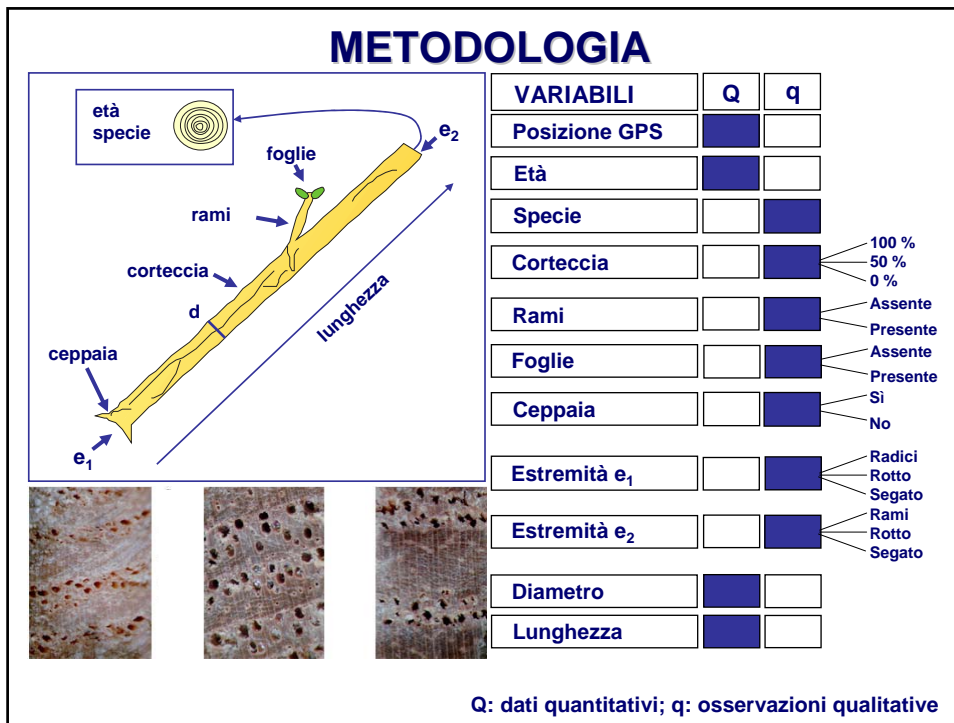
- registrata la posizione con GPS di tutti detriti isolati ($d > 0.125$ m e $l > 2.5$ m) o accumuli

STEP 2 :

- analisi delle caratteristiche del legno
- confronto delle specie con quelle presenti nella vegetazione ripariale

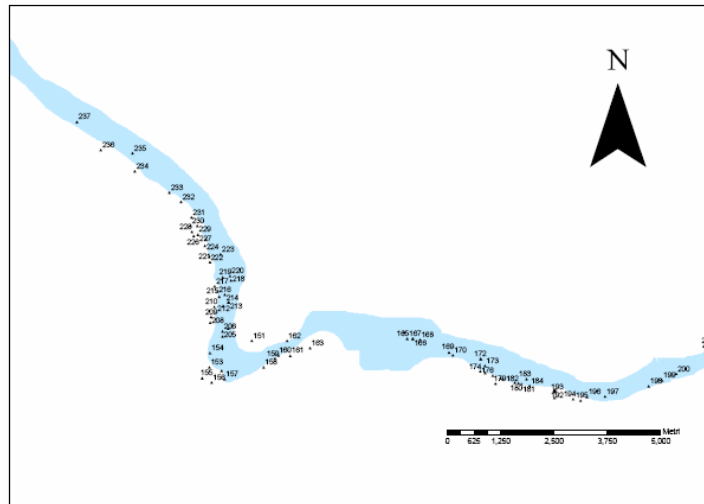
STEP 3 :

- analisi delle caratteristiche dell'alveo per spiegare la distribuzione spaziale del legno



ELABORAZIONE E ANALISI DATI

- Rappresentazione GIS per visualizzare la distribuzione spaziale e la frequenza lungo il fiume

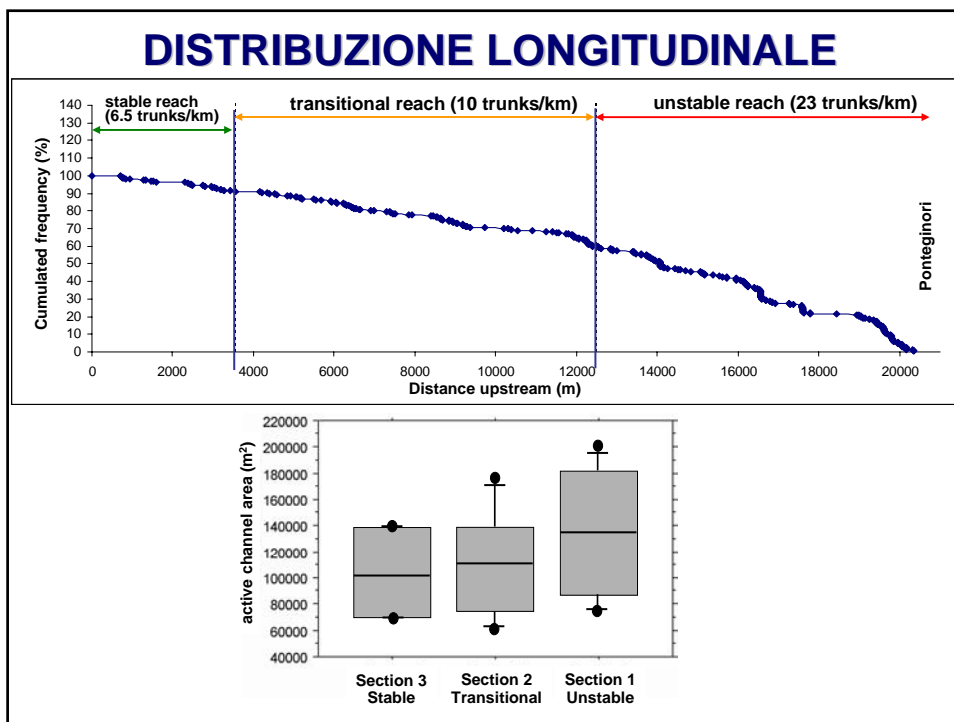
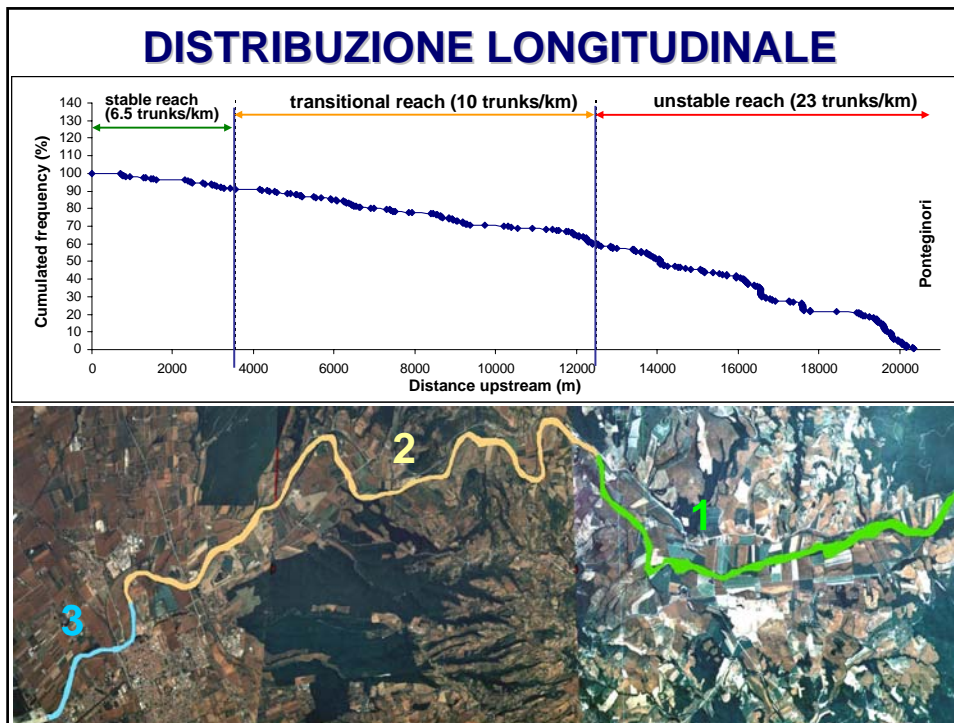


DISTRIBUZIONE LONGITUDINALE

Sono stati distinti tre tratti sulla base dell'attività laterale osservata (da monte verso valle):

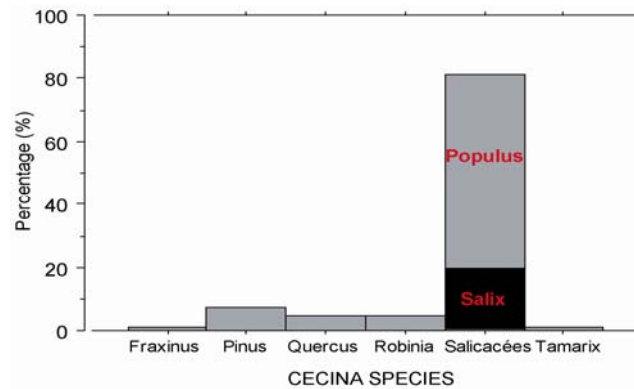
1. Tratto instabile
2. Tratto transizionale
3. Tratto stabile



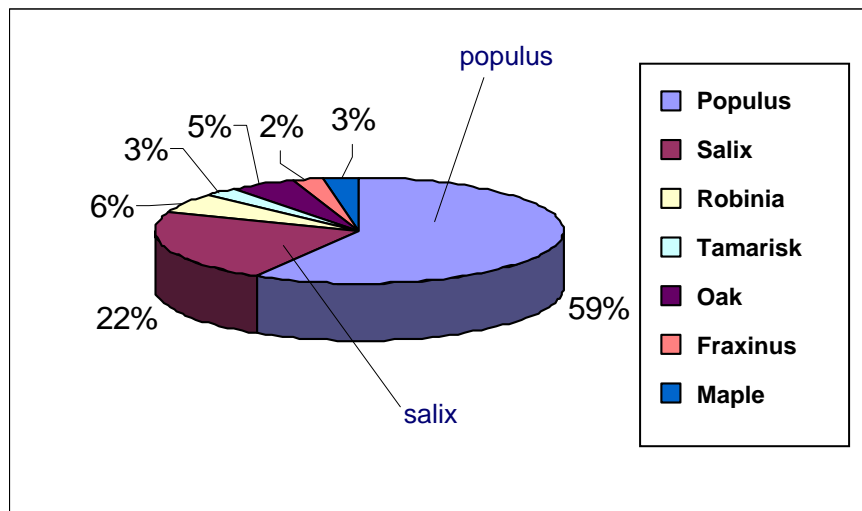


PROVENIENZA DEL LEGNO

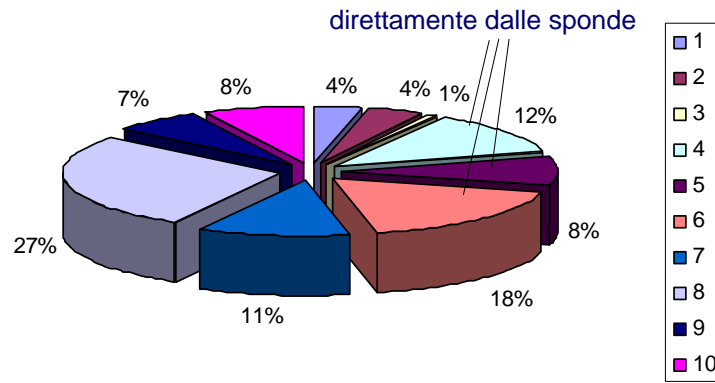
- Più dell'80% delle specie derivano da superfici ripariali pioniere regolarmente inondate o erose dal fiume



SPECIE ARBOREE NELLA FASCIA RIPARIALE



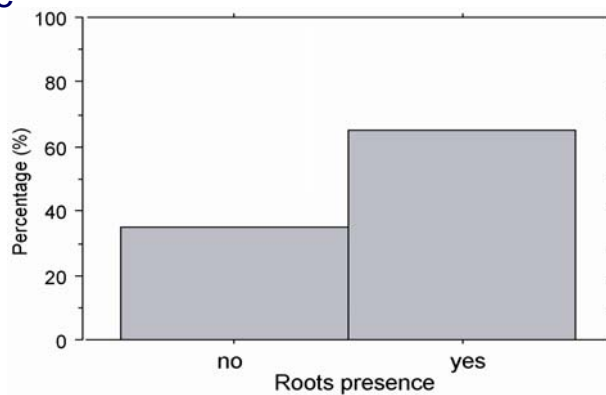
POSIZIONE DEL LEGNO NELL'ALVEO



1: pontone; 2: a monte di vegetazione viva; 3: sommità sponda (vento/mortalità); 4: ancorato alla sommità sponda (erosione); 5: ancorato al piede sponda; 6: piede sponda; 7: canale; 8: barra; 9: vegetazione pioniera (2-5 anni); 10: vegetazione post-pioniera (>5 anni)

PRESENZA DI RADICI

- 65 % dei detriti hanno radici. Anche questo risultato suggerisce che il principale fattore che controlla l'ingresso di legno è l'erosione delle sponde

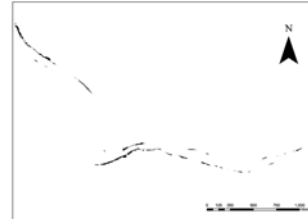


STIMA DELL'INPUT DI LEGNO IN BASE AI TASSI DI EROSIONE DI SPONDA

1. Mappatura GIS delle
zone ripariali



2. Mappatura GIS dell'alveo
attivo per differenti anni e
calcolo delle aree erose per
erosione di sponda



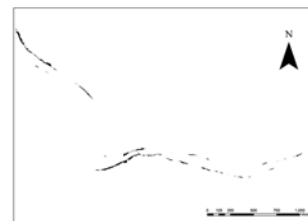
3. Sovrapposizione e
calcolo delle zone ripariali
erose



STIMA DELL'INPUT DI LEGNO IN BASE AI TASSI DI EROSIONE DI SPONDA

4. Stima della densità della
vegetazione riparia
attraverso misure di campo

5. Stima dei tassi annui di
input di legno da erosione
di sponda



STIMA DELL'INPUT DI LEGNO IN BASE AI TASSI DI EROSIONE DI SPONDA

- Stima della densità di vegetazione arborea
in zone ripariali attuali lungo il F.Cecina:
0.0492 alberi/m²

- Input di alberi in alveo per erosione di
sponda tra 1999 e 2004: 299 alberi/anno
(stesso ordine di grandezza del numero
totale di detriti rilevati)

MONITORAGGIO DEL MOVIMENTO DI TRONCHI



MONITORAGGIO DEL MOVIMENTO DI TRONCHI

- **Dighe:** quantità di legno in transito in seguito ad una piena o in un dato intervallo di tempo
- **Videocamera:** numero di tronchi in transito ed osservazioni
- **Targhette metalliche:** spostamenti singoli tronchi
- **Passive Integrated Transponders (PIT):** spostamenti singoli tronchi
- **Radiotrasmittitori:** spostamenti singoli tronchi

Targhette metalliche

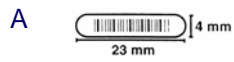
Rilievo periodico della posizione GPS del tronco identificato tramite targhetta e numero



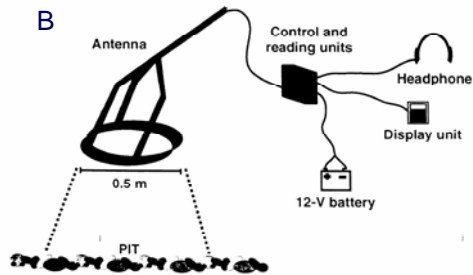
Esempi di targhette metalliche numerate infisse in detriti legnosi



Impiego di PITs (*Passive Integrated Transponders*)



Passive integrated transponder



(A) Passive integrated transponder; (B) componenti portatili per il ritrovamento di PIT tags; (C) fase di ricerca di PIT tags

Impiego di radiotrasmittitori

Radiotrasmittitore inserito nel tronco: attraverso apposita antenna ricevente è possibile seguirne gli spostamenti



Radiotrasmittitori
(transmitters)



Fasi di installazione del radiotrasmittitore nel tronco

Impiego di radiotrasmittitori



Fasi di ricerca del tronco con radiotrasmittitore



Svantaggi: costi più elevati, soprattutto in relazione alla durata della batteria (normalmente circa 2 anni) (il ricambio è costoso)

MODELLI SIMULAZIONE DINAMICA DEL LEGNO

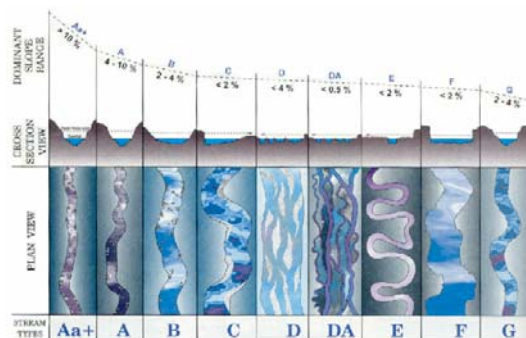
Autori	Tipo di modello	Descrizione	Scala temporale	Processi simulati	Regione
Rainville et al. (1986)	deterministico	Input di legno nel corso d'acqua in base a condizioni foresta ripariale	300 anni	Crescita foresta, crescita alberi, mortalità per caduta,	Idaho (USA)
Murphy & Kosky (1989)	deterministico	Ingresso, decomposizione ed uscita di legno da un corso d'acqua	Crescita pregressa	Mortalità per caduta, movimento in alveo, decomposizione	SE Alaska (USA)
McDade et al. (1990)	deterministico	Alimentazione di legno e distanza in corsi d'acqua e distanza dal punto di ingresso	n.d.	Mortalità per caduta	Pacific North West (USA)
Van Sickle & Gregory (1990)	deterministico	Alimentazione di legno in corsi d'acqua da foresta ripariale adiacente	Crescita pregressa	Mortalità per caduta, movimento in alveo	Pacific North West (USA)
Malanson & Kupfer (1993)	stocastico	Alimentazione di legno in fiumi di grandi dimensioni	500	Nascita nuovi alberi, crescita alberi, mortalità per caduta ed erosione di sponda, decomposizione	Fiume Iowa (USA)
Minor (1997)	deterministico	Alimentazione di legno da zona ripariale in un tratto di corso d'acqua	Crescita pregressa	Mortalità per caduta	Pacific North West (USA)
Beechie et al. (2000)	deterministico	Effetti di disboscamenti su alimentazione di legno dalla zona ripariale	150	Crescita e produzione foresta, nascita nuovi alberi, mortalità per caduta, movimento in alveo, decomposizione	Pacific North West (USA)
Bragg (2000)	stocastico	Ingresso, accumulo e decomposizione di legno in corsi d'acqua	300	Crescita e produzione foresta, nascita nuovi alberi, mortalità per caduta, mortalità catastrofica, frammentazione in alveo, movimento in alveo, decomposizione	Montagne Rocciose (USA)
Downs & Simon (2001)	deterministico	Alimentazione di legno in corsi d'acqua per erosione di sponda		Mortalità per erosione di sponda	Mississippi e Midwest (USA)
Benda & Sias (1998, 2003)	deterministico	Ingresso potenziale e trasporto di legno in corsi d'acqua che include frane su versanti	800-1.800	Alimentazione da movimenti di massa, erosione di sponda, vento, mortalità, movimento in alveo, decomposizione	Pacific North West (USA)
Meleason et al. (2003) (STREAMWOOD model)	stocastico	Dinamica del legno (ingresso, accumulo e trasporto) in corsi d'acqua	500	Nascita nuovi alberi, crescita foresta, frammentazione in alveo, movimento in alveo, decomposizione	Pacific North West (USA)
Welty et al. (2002)	deterministico	Produzione legno ed ombreggiamento in zone ripariali	240	Crescita e produzione foresta, nascita nuovi alberi, crescita alberi, mortalità per caduta, movimento in alveo,	Pacific North West (USA)

3.3 Classificazioni morfologiche finalizzate alla riqualificazione

Una **classificazione morfologica** può essere utile **ai fini della riqualificazione** in vari modi:

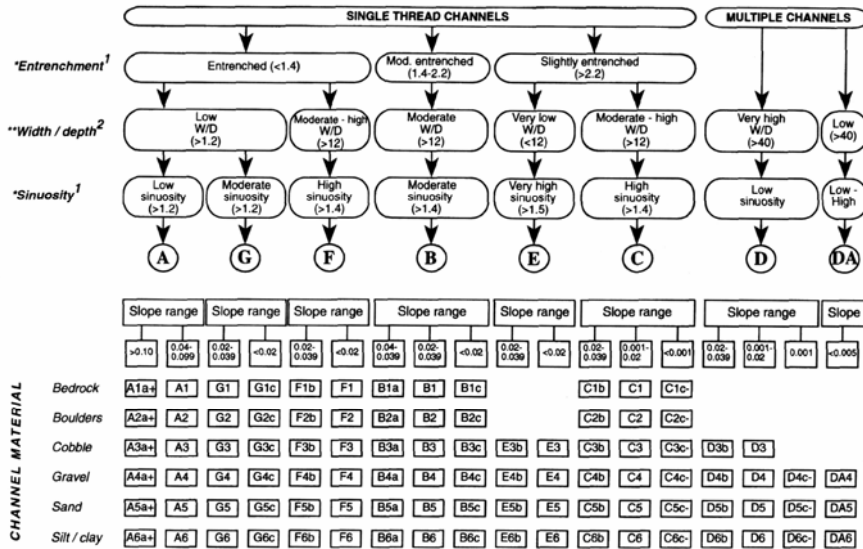
- caratterizzare le condizioni attuali dell'alveo e contribuire quindi alla programmazione delle priorità di riqualificazione;
- avere una prima indicazione di massima del **tipo di corso d'acqua** per cominciare ad individuare **possibili misure di riqualificazione** che possano avere successo o meno per tale tipologia

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN



- Aa+:** Torrenti montani a forte pendenza
- A:** Torrenti montani (con sequenze step-pool)
- B-C:** Sinuoso-meandriformi
- D:** Canali intrecciati
- DA:** Anastomizzati
- E:** Meandriformi
- F:** Sinuosi incassati
- G:** Gullies

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN



¹ Values can vary by ± 0.2 units as a function of the continuum of physical variables within stream reaches

² Values can vary by ± 0.2 units as a function of the continuum of physical variables within stream reaches

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN

Motivi del successo in USA

- 1) si fa interprete dell'esigenza crescente di **facilitare la comunicazione tra esperti di diversi settori** (usando codice alfanumerico)
- 2) l'**ampia offerta di corsi** ha indubbiamente contribuito alla larga popolarità del sistema di Rosgen tra esperti in discipline diverse dalla geomorfologia

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN

Limiti e problemi nell'uso del sistema di classificazione di Rosgen

- 1) L'**uso di etichette**, se da un lato può facilitare la comunicazione tra esperti di diverse discipline, dall'altro può portare all'effetto contrario, eliminando l'uso di termini comprensibili che forniscono una idea immediata del tipo di fiume (es. C3 e meandriforme)
- 2) Molti fiumi **non ricadono tra le categorie della sua classificazione** (es. *wandering* in Italia). Questo suggerisce che si tratta di un sistema che non è universale

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN

Limiti e problemi nell'uso del sistema di classificazione di Rosgen

- 3) L'uso di tale sistema spesso induce a pensare che il **fiume sia stato completamente conosciuto una volta che esso sia stato 'classificato'**, mentre la classificazione deve rappresentare solo l'inizio della conoscenza e dell'analisi del fiume
- 4) Intende infatti aiutare il progettista a "**prevedere il comportamento del fiume in base alla sua apparenza**" (Rosgen, 1994): attraverso l'attribuzione di un tratto di fiume ad una classe (A2, C4, B6, ecc.), si può valutare il suo comportamento

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE ROSGEN

Limiti e problemi nell'uso del sistema di classificazione di Rosgen

5) Suggerisce inoltre il **tipo di intervento** di riqualificazione (strutture di miglioramento di habitats, ecc.) a seconda del tipo di classe (indicato criticamente come “**cookbook approach**”)

6) La reale **riuscita** di progetti di riqualificazione intrapresi usando questo approccio è stata raramente valutata. Viceversa numerosi sono i casi documentati di **fallimento** (Lezione 7).

IL RIVER HABITAT SURVEY (RHS) IN UK

Sviluppato nel 1994 per definire una base unitaria per la classificazione e valutazione dei corsi d'acqua (Raven et al., 1998)

Comprende **4 componenti**:

- ✓ **metodo** standardizzato di **rilevamento di campo**
- ✓ ampio **database**
- ✓ **classificazione di fiumi non modificati**
- ✓ **classificazione della qualità degli habitat fluviali**

IL RIVER HABITAT SURVEY (RHS) IN UK

RHS DATA SET: comprende 17.000 siti in Inghilterra, Galles, Scozia e Irlanda del Nord, ogni sito lungo 500 m e si estende per 50 m da entrambi i lati del fiume

VARIABILI: riguardano soprattutto la **struttura fisica** del fiume

DATI: da carte, stazioni di misura idrometrica, rilievi di campo

Dopo raccolti, i dati sono integrati nel database al fine di stabilire una **casistica di riferimento di fiumi relativamente indisturbati**

TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

Il riconoscimento del **tipo di flusso** (*flow type*) risulta importante in quanto da esso si possono dedurre informazioni sull'habitat fisico.

L'identificazione dei tipi di flusso lungo un tratto di fiume fornisce quindi un approccio utile per valutare il **legame esistente tra il regime idrologico di un fiume e la distribuzione dei suoi habitat fisici**

TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

1. Cascata (*Free fall*)

L'acqua è nettamente separata dal substrato sottostante/retrostante.

Tipica delle **cascate**.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

2. Flusso aderente (*Chute flow*)

L'acqua scorre aderente al substrato, seguendo una dolce curvatura

Tipico delle aree a **gradoni**.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

3. Onde frangenti (*Broken standing waves*)

Onde frangenti (identificabili dall'acqua bianca), tipicamente si presentano su un substrato a massi o ciottoli oppure con affioramenti rocciosi e gradienti relativamente elevati.

Onde definite "rotte":
creste bianche e disordinate.

Viene spesso associato con le cosiddette **rapids**, ma anche i **riffles** possono presentare questo flusso, soprattutto per portate più elevate.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

4. Onde non frangenti (*Unbroken standing waves*)

La superficie libera è disturbata con onde rivolte leggermente verso monte ma non frangenti.

L'acqua è associata ad una superficie disturbata, con un tipico profilo a "schiena di drago". Il fronte dell'onda non è rotto, anche se a volte le creste presentano una schiuma bianca.

Sono tipiche dei **riffles** ma non esclusive, in quanto possono essere anche nelle **rapids**.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

5. Flusso caotico (*Chaotic flow*)

Sono presenti contemporaneamente tre o tutti i precedenti tipi di flusso e non esiste una chiara predominanza di uno di essi.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

6. Flusso increspato (*Rippled*)

Si tratta di ondulazioni simmetriche (non lasciano capire il senso della corrente), cioè non sono onde, e sono di altezza dell'ordine del centimetro, che si muovono verso valle.

In presenza di vento forte, è possibile che il flusso liscio appaia come increspato.

Sono associate ai cosiddetti **runs**, cioè tratti a relativamente elevata velocità talora intermedi tra *riffles* e *pools* (immediatamente a valle di *riffles*).



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

7. Flusso liscio (*Smooth*)

Si tratta di acqua che si muove senza una superficie disturbata (flusso laminare).

Talora si distingue dal flusso non percettibile solo inserendo un'asta e notando la formazione di ondine verso monte.

E' tipico delle *glides*.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

8. Acqua in risalita (*Upwelling*)

E' caratterizzato da flusso verso l'alto, cioè acqua che sembra in ebollizione, con bolle che arrivano in superficie da porzioni più profonde.

Tipico in prossimità della sponda esterna di una curva. Tale aspetto è dovuto spesso alla presenza di forti flussi che risalgono dal letto del fiume, disturbando la superficie dell'acqua.

E' spesso associato alle *pool*.



TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

9. Flusso non percettibile (*No perceptible flow*)

E' il caso in cui non si percepisce un movimento dell'acqua.

Si può confondere con il flusso liscio (se in dubbio, si può introdurre un bastoncino in acqua ed osservare i cambiamenti della superficie, che in questo caso devono essere assenti).

E' tipico delle ***pools*** in senso stretto (intese come pozze di acqua pressoché ferma), ma può essere presente anche in tratti di acqua stagnante (***ponded reaches***) ed in acque morte marginali.

TIPI DI FLUSSO (*FLOW TYPES*)

10. Alveo asciutto (*Dry*)

Assenza di acqua in alveo (fiumi effimeri o in determinate condizioni stagionali).



IL METODO CARAVAGGIO

Caravaggio (*Core Assessment of River hAbitat VAlue and hydro-morpholoGical cOndition*): si tratta di un metodo per il rilevamento delle caratteristiche idromorfologiche e degli habitat fluviali.

Il metodo deriva dal **River Habitat Survey** britannico, di cui conserva l'approccio generale, che è stato specificatamente implementato e modificato al fine di rappresentare la **realtà fluviale sud europea**.

Il metodo viene proposto ai fini della **Direttiva Quadro sulle Acque** (EC, 2000/60) per la caratterizzazione degli habitat



Schede CARAVAGGIO

IL METODO CARAVAGGIO

Vengono ricavati **due indici sintetici della qualità**:

1. **Habitat Modification Score (HMS)**, che consente una **quantificazione del grado di alterazione morfologica**.

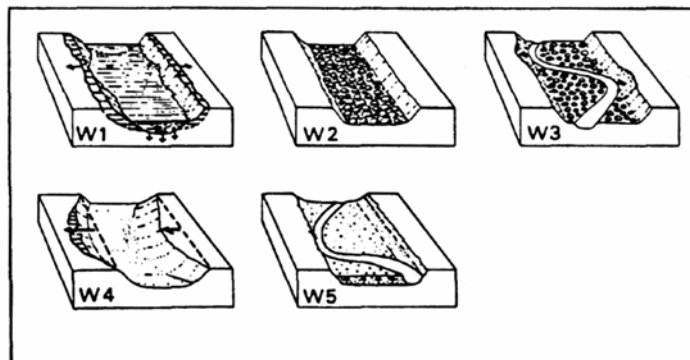
2. **Habitat Quality Assessment score (HQA)**, stima la **diversificazione e qualità degli habitat fluviali**, a loro volta legati alla qualità globale del sito. Valuta la ricchezza in habitat sulla base dell'estensione e diversificazione delle caratteristiche naturali registrate (e.g. numero di tipi diversi di flusso, di substrato e naturalità dell'uso del territorio).

CLASSIFICAZIONI BASATE SULLE VARIAZIONI MORFOLOGICHE

Un problema esistente con le classificazioni morfologiche è che esse sono per lo più **basate sulla morfologia dell'alveo** (quasi sempre quella planimetrica) e, seppure alcune di esse sono in parte basate sui processi, **non tengono conto degli aggiustamenti dinamici e delle tendenze evolutive** del sistema fluviale

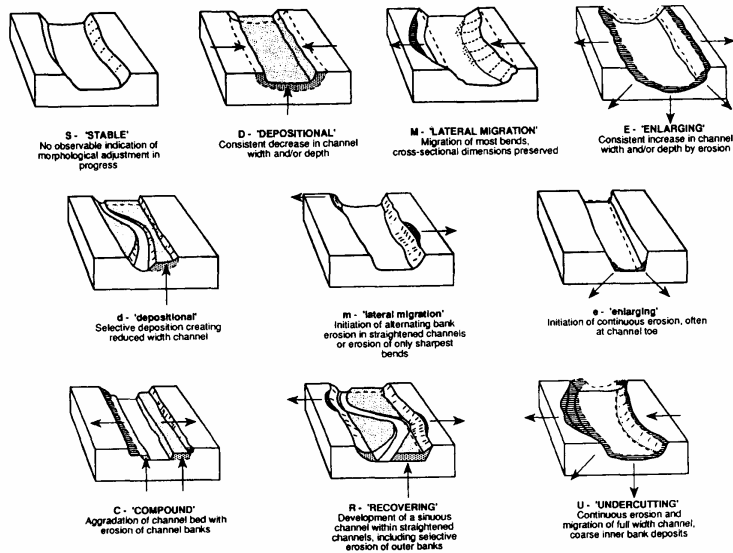
Dalla fine degli anni '80, si sono cominciati a proporre nuovi **scemi di classificazione basati sui processi di aggiustamento e sulle tendenze evolutive** piuttosto che semplicemente sulla morfologia esistente, seppure il loro uso come classificazione è tuttora limitato

CLASSIFICAZIONE DI BROOKES (1987)

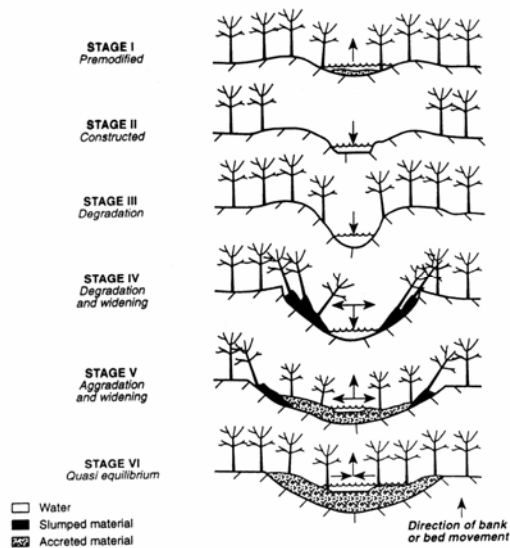


Meccanismi di aggiustamento dell'alveo in fiumi modificati della Danimarca. W1: Incisione e allargamento; W2: Corazzamento; W3: Aumento di sinuosità del canale; W4: Migrazione laterale dell'alveo; W5: sviluppo di un canale sinuoso per sedimentazione

CLASSIFICAZIONE DI DOWNS (1995)



CEM



Modello concettuale di evoluzione

3.4 Identificazione e analisi dei problemi geomorfologici

Obiettivi

- ricavare una **caratterizzazione delle condizioni attuali** del corso d'acqua;
- capire che tipo di **variazioni** ha subito **nel recente passato** (traiettoria) e le relative cause;
- comprendere le **attuali tendenze evolutive**, vale a dire se attualmente presenta problemi di eccessiva erosione o sedimentazione o se si trova in condizioni di equilibrio (dinamico).

Vision e stato di riferimento

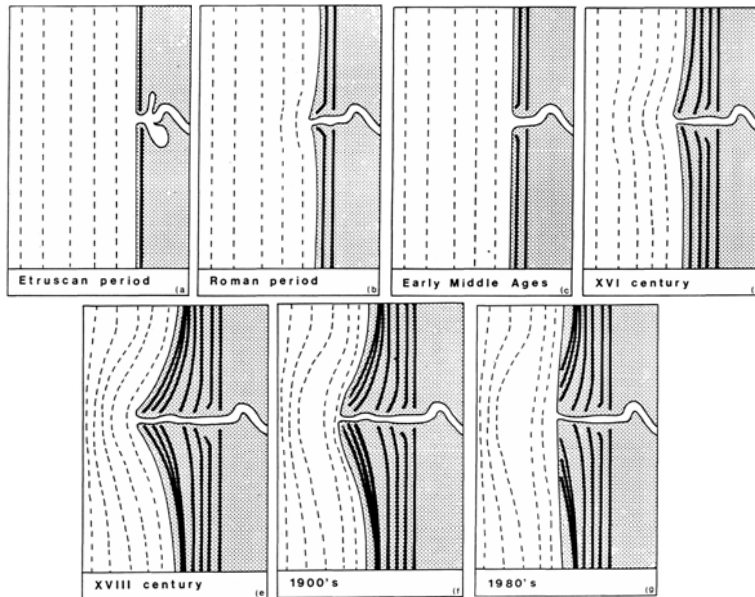
Concetti di 'vision' e di 'stato di riferimento': **difficili** da definire quando si trattano **processi geomorfologici**

Estremamente difficoltoso ritornare a condizioni primitive (**pristine**) (come definirle in Europa?)



Fiume Arno a Firenze (Mappa di Leonardo da Vinci, 1500)

Come definire condizioni pristin? Periodo Etrusco?



Evoluzione del delta dell'Arno in tempi storici

Drastiche variazioni nel paesaggio dal XIX secolo: densità di popolazione e uso del suolo ridotti nelle aree montuose



Fiume Drome (Francia), 1900: calanchi su versanti marnosi

Drastiche variazioni nel paesaggio dal XIX secolo:
densità di popolazione e uso del suolo ridotti nelle aree
montuose



Fiume Drome (Francia), 1996 (stessa vista precedente)

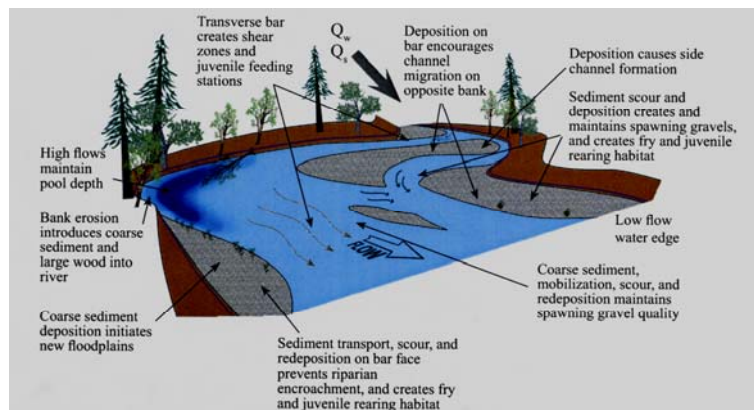
Vision e stato di riferimento

Come alternativa di 'stato di riferimento naturale', si può sviluppare una '**immagine guida**' basata su dati storici, modelli di riferimento e tratti attuali relativamente indisturbati (Palmer et al., 2005; Woolsey et al., 2007).

La definizione di una tale '**immagine guida**' è importante per definire chiari **obiettivi di riqualificazione** e selezionare **misure di riqualificazione appropriate**

Vision e stato di riferimento

‘Immagine guida’: **stato ecologicamente dinamico** (Palmer et al., 2005): corrispondente a **equilibrio dinamico** in geomorfologia



Importanti habitat dipendono da una migrazione attiva dell'alveo (da McBain and Trush)

Vision e stato di riferimento

In ogni caso, è fondamentale **conoscere le variazioni storiche** in modo da comprendere la **morfologia dell'alveo precedente, le risposte ad alterazioni antropiche, e i trend attuali di evoluzione**



1890



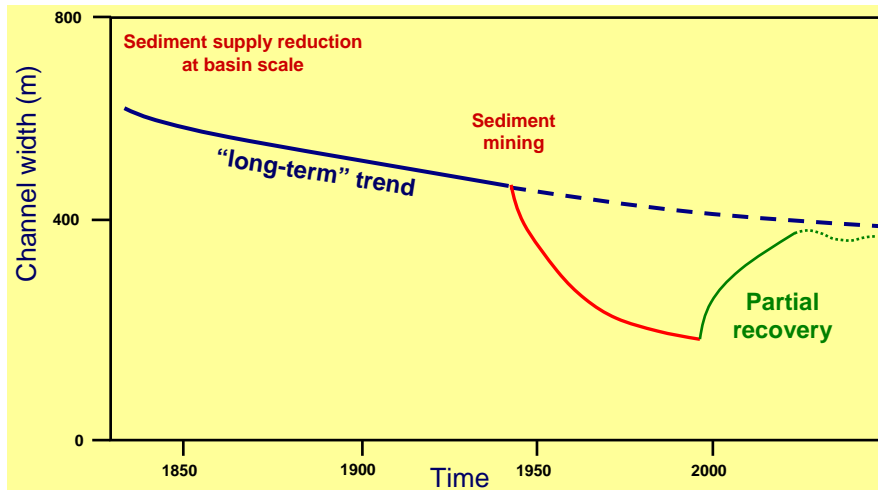
1954



1999

Fiume Panaro

Vision e stato di riferimento



Anni '50 come possibile condizione di riferimento per promuovere un recupero parziale (Fiume Magra)

Vision e stato di riferimento: riepilogo

1. **Abbandonare l'idea di uno stato di riferimento "naturale"**
2. **Equilibrio dinamico** come possibile 'immagine guida' (combinato con informazioni storiche / teoriche)
3. **Conoscenza delle variazioni passate e delle tendenze attuali essenziale in ogni caso** (anche se in equilibrio dinamico)

Analisi geomorfologica

La scelta ed il grado di dettaglio degli aspetti da trattare sono da definire in funzione delle finalità specifiche di ogni progetto

Componente dello studio	Aspetti trattati e metodi	Finalità e prodotti
Inquadramento del bacino e del sistema fluviale	Geologia, Topografia, Geomorfologia, Uso del Suolo	Identificazione dei condizionamenti fisici nei confronti dei processi di produzione di sedimenti e della configurazione del reticolo idrografico
	Evoluzione nel lungo termine del reticolo idrografico	Identificazione di fenomeni (catture, subsidenza ed altri fenomeni di neotettonica) che hanno determinato variazioni nel reticolo idrografico
	Individuazione delle aree e dei processi di maggiore produzione di sedimenti	Individuazione delle porzioni del bacino che possono contribuire ad una ricarica di sedimenti in tratti incisi del sistema fluviale
	Suddivisione iniziale e classificazione del sistema fluviale	Suddivisione del sistema fluviale in tratti geomorfologicamente distinti

Sintesi delle componenti di uno studio geomorfologico finalizzato alla gestione e riqualificazione fluviale

Analisi geomorfologica

Componente dello studio	Aspetti trattati e metodi	Finalità e prodotti
Variazioni morfologiche passate e recenti	Variazioni planimetriche (confronto carte e foto aeree)	Conoscenza della morfologia originaria dell'alveo e della sua evoluzione (Carta delle variazioni planimetriche, trend spazio-temporali di variazione)
	Variazioni di quota del fondo (confronto profili ed interpretazioni di campo)	Conoscenza dell'entità di eventuali variazioni di quota del fondo e dell'evoluzione temporale (trend spazio-temporali di variazione)
Caratterizzazione condizioni attuali dell'alveo	Studio forme e processi attuali (fotointerpretazione, interpretazioni di campo)	Identificazione delle forme, dei processi e delle tendenze attuali (Carta geomorfologica dell'alveo)
	Dimensioni dell'alveo (analisi foto aeree, rilievi di campo)	Definizione delle dimensioni e la geometria attuale dell'alveo
	Granulometrie sedimenti (misure di campo)	Definizione delle dimensioni granulometriche e la loro variabilità spaziale

Sintesi delle componenti di uno studio geomorfologico finalizzato alla gestione e riqualificazione fluviale

Analisi geomorfologica

Componente dello studio	Aspetti trattati e metodi	Finalità e prodotti
Quantificazione e modellazione processi attuali	Monitoraggio dei processi	Valutare entità e tasso dei processi attuali (erosione, trasporto, sedimentazione) per fare previsioni su possibile evoluzione
	Stima del trasporto solido e bilancio di sedimenti	Individuare tratti con predisposizione all'erosione o alla sedimentazione e delle quantità di sedimenti in eccesso o in deficit ai fini della loro gestione
	Portata dominante	Individuare la portata o il range di portate formative; definire le dimensioni e la geometria di un alveo stabile
	Modellazione dei processi di sponda	Comprendere le cause ed i meccanismi di arretramento e per fare previsioni su possibile evoluzione

Sintesi delle componenti di uno studio geomorfologico finalizzato alla gestione e riqualificazione fluviale

Suddivisione in tratti

Una prima fase, funzionale alle analisi successive, è quella di dividere il corso d'acqua in **tratti relativamente omogenei dal punto di vista geomorfologico** e distinti tra loro.

Di solito si fa riferimento a vari aspetti quali: (a) **morfologia del fondovalle** (ampiezza, direzione della valle e grado di confinamento del fiume); (b) **morfologia planimetrica dell'alveo**; (c) **profilo longitudinale del fondo**.

Condizioni attuali dell'alveo

Dati ed informazioni necessarie

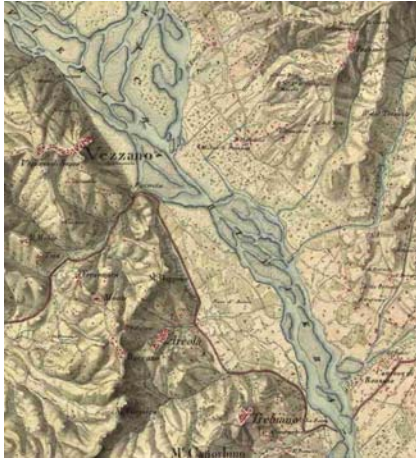
- **Forme attuali, superfici morfologiche** presenti e loro rapporti altimetrici, **processi** (erosione sponde, erosione fondo o sedimentazione)
- **Dimensioni** dell'alveo (larghezza, profondità)
- Parametri caratteristici della **forma planimetrica** (sinuosità, intrecciamento) e del profilo
- **Classificazione morfologica**
- **Sedimenti** (fondo e sponde)
- **Vegetazione** (viva e detriti legnosi, loro distribuzione e caratteristiche)

Variazioni morfologiche

Dati ed informazioni utilizzati

Cartografie storiche (prime levate tavolette IGM)
Foto aeree
Rilievi topografici (profili, sezioni)
Evidenze sul terreno

Confronto di cartografie e foto aeree



1828



1878

Confronto di cartografie e foto aeree



1938



1954

Confronto di cartografie e foto aeree



1971



1981

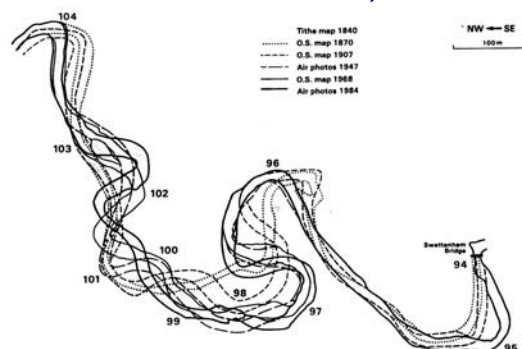


1992

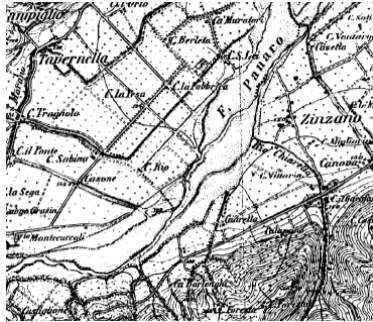
Confronto di cartografie e foto aeree

Analisi GIS:

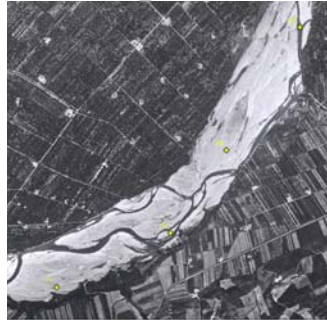
- Georeferenziazioni e ortorettificazioni
- Identificazione elementi di interesse (alveo attivo)
- Misure dei parametri di interesse (larghezza, sinuosità, intrecciamento, ecc.)



Variazioni di larghezza



1877



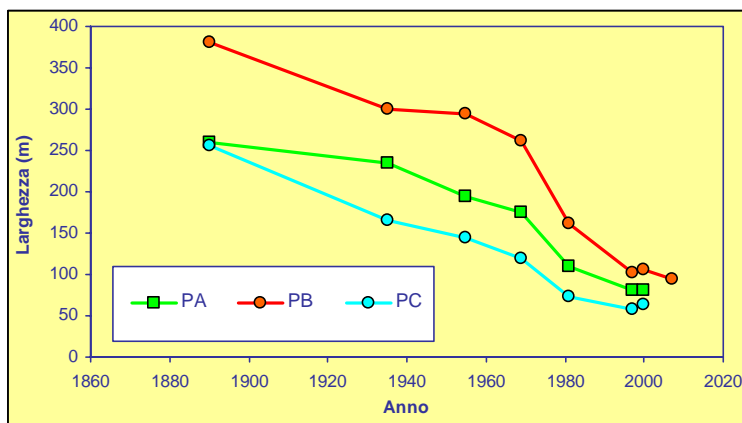
1954



2003

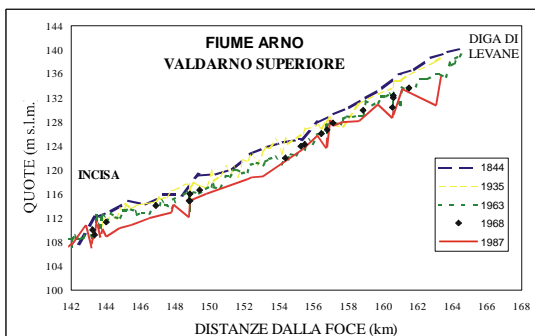
Variazioni di larghezza

Ricostruzione di trend evolutivi

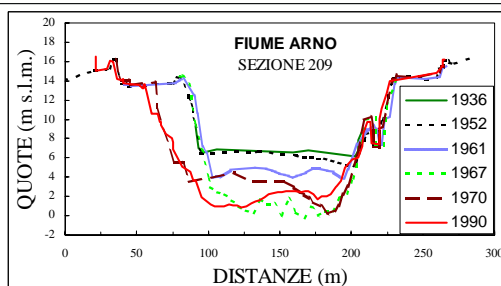


Confronto di rilievi topografici

- Profili del fondo

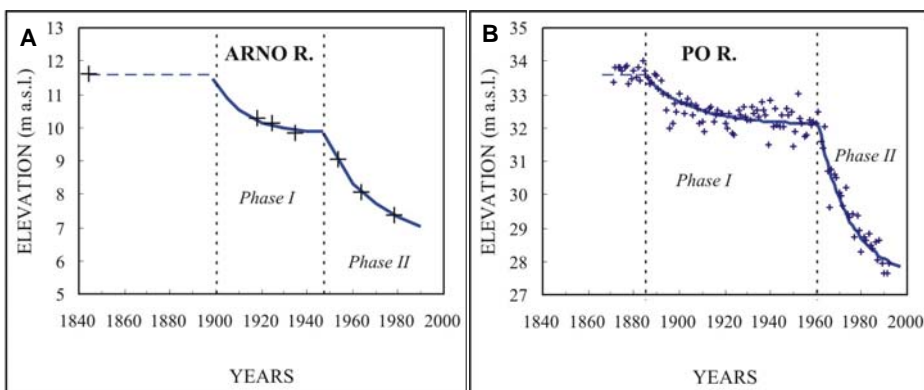


- Sezioni trasversali



Variazioni di quota del fondo

Ricostruzione di trend evolutivi

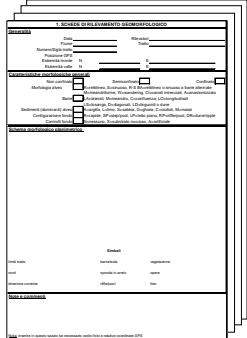
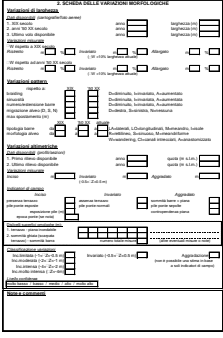
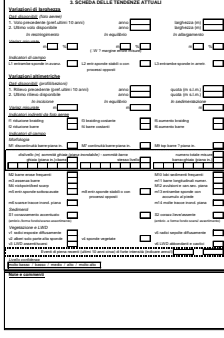


Rilievi geomorfologici sul terreno

Il **rilevamento geomorfologico sul terreno** di alvei fluviali (*stream reconnaissance field survey*) può essere definito come una procedura di raccolta di informazioni morfologiche, in genere attraverso l'uso di schede da riempire durante il sopralluogo sul terreno, che riportino in maniera sistematica ed organizzata le osservazioni e le misure quantitative da effettuare.

Non è da intendere come un sostituto o un'alternativa ad altri tipi di dati: **si può integrare ad altri tipi di metodi** (studio delle variazioni storiche e recenti dell'alveo) e/o può essere seguito da una **serie di passi successivi** (monitoraggio, modellazione e quantificazione dei processi, ecc.) che possano permettere una previsione delle possibili tendenze evolutive future.

Schede di rilevamento geomorfologico di alvei fluviali

	1. Caratteristiche morfologiche attuali	2. Variazioni morfologiche	3. Tendenze attuali
			
Numero	4	1	1
Scala temporale	attuale	ultimi 100-150 anni	ultimi 10-15 anni
integrazione con altri dati (foto aeree, ecc.)			

Bilanci di sedimenti

1. Bilancio di sedimenti attraverso metodi idraulici

Si quantifica il trasporto solido (attraverso equazioni idrauliche) per ogni sottotratto e si effettua un bilancio basato sull'equazione di continuità di sedimenti

2. Bilancio di sedimenti attraverso metodi geomorfologici

Si quantificano le variazioni di volume in un tratto in un determinato intervallo di tempo da cui si può stimare il volume solido transitato in quell'intervallo una volta nota (o ipotizzata) una condizione al contorno (volume in ingresso o in uscita)

Conclusioni studio geomorfologico

- Il corso d'acqua deriva da una intensa fase di **aggiustamenti morfologici**? Quali sono state le **cause**? Esistono ancora?
- Il corso d'acqua attualmente soffre di **problemi di eccesso o di deficit di sedimenti**? Quali **altri problemi** (portate liquide, opere che impediscono continuità longitudinale o laterale)? In quali **tratti**?
- Se ha subito variazioni passate (es. incisione, restringimento), è ora in una fase di **parziale recupero** o ancora continua il trend precedente?

Altre esperienze: approcci geomorfologici

Due principali approcci geomorfologici applicati al campo della riqualificazione:

1. Approccio basato sulle forme e sul sistema di classificazione di Rosgen

2. Approccio fisicamente basato sui processi

Necessario **interpretare e possibilmente quantificare i processi** e le strette relazioni con le forme ad essi associate

Altre esperienze: metodologia Rosgen

Metodologia *RIVERMorph*

Si tratta di una metodologia finalizzata ad applicazioni in campo professionale per la “***stream restoration and natural channel design***”, la quale permette di effettuare calcoli necessari per analizzare il corso d’acqua e sviluppare nuovi progetti di ricostruzione morfologica.



RIVERMorph Manual

RIVERMorph

Componenti di *RIVERMorph*

1. Survey Data

- Cross sections
- Longitudinal profiles
- Particle size distributions

2. Classification (Rosgen)

Vengono poi selezionati dei **tratti di riferimento** (*reference reach*) che, una volta classificati, vengono poi adoperati per la successiva Natural Channel Design.

RIVERMorph

Componenti di *RIVERMorph*

3. Dimensionless ratios

Si tratta di indici adimensionali che servono per confrontare diversi set di dati geomorfologici e sono poi utilizzati per la valutazione del corso d'acqua e per la *natural channel design*.

4. Pfankuch channel stability rating & Bank erosion hazard index (BEHI)

Si tratta di indici di tipo empirico utilizzati per classificare la stabilità dell'alveo e delle sponde

RIVERMorph

Componenti di RIVERMorph

5. Stream Visual Assessment Protocol

Si tratta di un protocollo per fornire una valutazione rapida della qualità biologica generale del tratto.

6. Natural Channel Design (NCD)

Consiste in una serie di moduli che assistono alla definizione della forma planimetrica, della sezione e del profilo del tratto relativo al progetto di riqualificazione. Si tratta di un insieme di equazioni di tipo empirico, curve regionali per definire le dimensioni dell'alveo, o alcune equazioni di tipo analitico (di regime)

Critiche a RIVERMorph

CRITICAL EVALUATION OF HOW THE ROSGEN CLASSIFICATION AND ASSOCIATED "NATURAL CHANNEL DESIGN" METHODS FAIL TO INTEGRATE AND QUANTIFY FLUVIAL PROCESSES AND CHANNEL RESPONSE¹

A. Simon, M. Doyle, M. Kondolf, F.D. Shields Jr., B. Rhoads, and M. McPhillips²

ABSTRACT: Over the past 10 years the Rosgen classification system and its associated methods of "natural channel design" have become synonymous to some with the term "stream restoration" and the science of fluvial geomorphology. Since the mid 1990s, this classification approach has become widely adopted by governmental agencies, particularly those funding restoration projects. The purposes of this article are to present a critical review, highlight inconsistencies and identify technical problems of Rosgen's "natural channel design" approach to stream restoration. This paper's primary thesis is that alluvial streams are open systems that adjust to altered inputs of energy and materials, and that a form-based system largely ignores this critical component. Problems with the use of the classification are encountered with identifying bankfull dimensions, particularly in incising channels and with the mixing of bed and bank sediment into a single population. Its use for engineering design and restoration may be flawed by ignoring some processes governed by force and resistance, and the imbalance between sediment supply and transporting power in unstable systems. An example of how C5 channels composed of different bank sediments adjust differently and to different equilibrium morphologies in response to an identical disturbance is shown. This contradicts the fundamental underpinning of "natural channel design" and the "reference-reach approach." The Rosgen classification is probably best applied as a communication tool to describe channel form but, in combination with "natural channel design" techniques, are not diagnostic of how to mitigate channel instability or predict equilibrium morphologies. For this, physically based, mechanistic approaches that rely on quantifying the driving and resisting forces that control active processes and ultimate channel morphology are better suited as the physics of erosion, transport, and deposition are the same regardless of the hydro-physiographic province or stream type because of the uniformity of physical laws.

Articolo completo:



Altre esperienze: River Styles Framework

Si tratta di una metodologia elaborata e proposta recentemente da Brierley & Fryirs (2005) in Australia.

Il **River Styles Framework** fornisce una struttura metodologica a scala di bacino per la gestione di corsi d'acqua, basata sulle seguenti considerazioni chiave:

- viene data enfasi ai **legami tra forme e processi** e sulla loro **capacità di adattarsi** in un determinato contesto;
- la procedura viene applicata alla **scala di bacino**;
- la valutazione delle **condizioni geomorfologiche** e del **potenziale di recupero** rappresentano due livelli separati di analisi sulla base dei quali si costruisce una **traiettoria di evoluzione** in ogni tratto del bacino;
- complessivamente, tali informazioni sono applicate per **prevedere possibili scenari futuri** e fornire **indicazioni per la gestione**

River Styles Framework

Stadio 1: Rilievo di base a scala di bacino dei caratteri e del comportamento del fiume



Stadio 2: Analisi a scala di bacino dell'evoluzione del fiume e delle sue condizioni morfologiche



Stadio 3: Valutazione della traiettoria di variazioni future e del potenziale di recupero



Stadio 4: Applicazioni ed implicazioni per la gestione del fiume: costruzione di una vision a scala di bacino, identificazione di condizioni di riferimento e definizione delle priorità delle azioni di gestione

River Styles Framework

STADIO 1

Step 1: Valutare i controlli a scala regionale e di bacino

Step 2: Definire e cartografare *River Styles*

Step 3: Interpretare i controlli sul carattere, comportamento e le variazioni di pattern verso valle *River Styles*

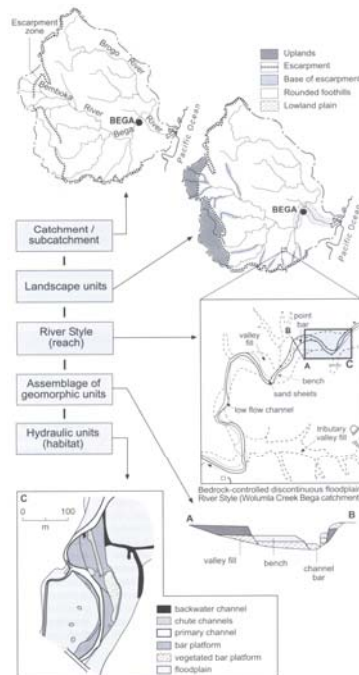
River Styles Framework

Si basa su una gerarchizzazione che comprende 5 scale.

1. Bacino: si studiano le condizioni al contorno

2. Unità di paesaggio: aree relativamente omogenee per topografia.

Esse determinano le variabili guida (portate liquide e solide) che determinano il carattere e comportamento dei corsi d'acqua.



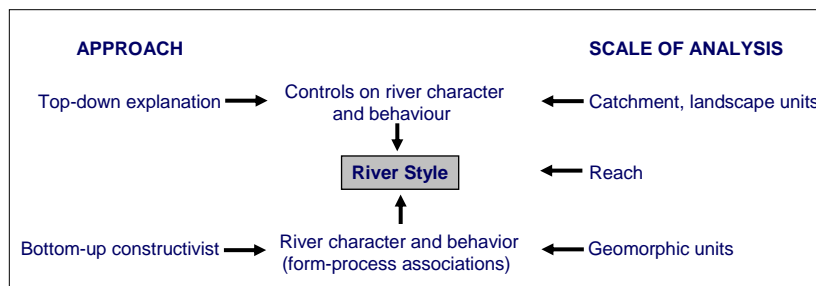
River Styles Framework

Le più piccole scale sono:

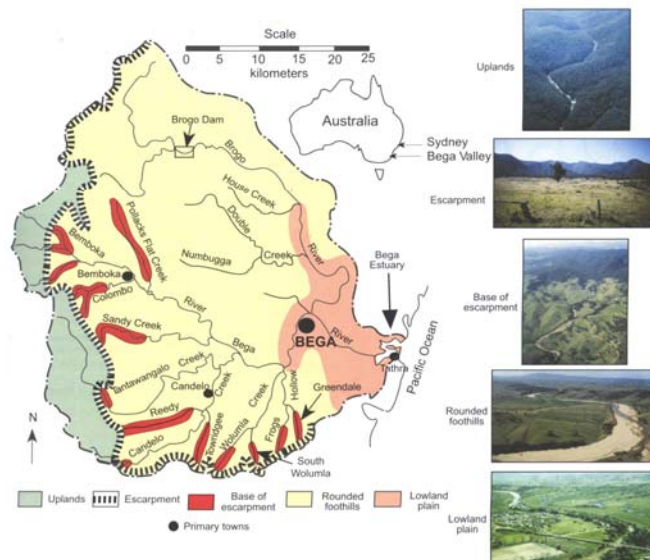
4. Assemblaggio di unità geomorfologiche: ogni fiume ha un distinto assemblaggio che è usato per interpretarne il comportamento;

5. Unità idrauliche: sono le basi per l'accertamento degli habitat.

Queste due scale opposte si incontrano alla scala di **tratto**, dove il **River Style** è identificato ed interpretato.

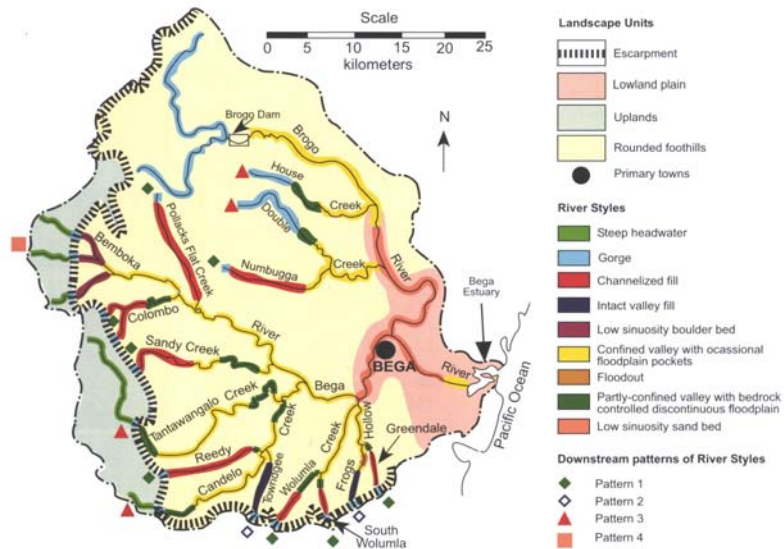


River Styles Framework



Esempio di caratterizzazione delle unità di paesaggio

River Styles Framework



Esempio di distribuzione dei pattern morfologici

River Styles Framework

STADIO 2

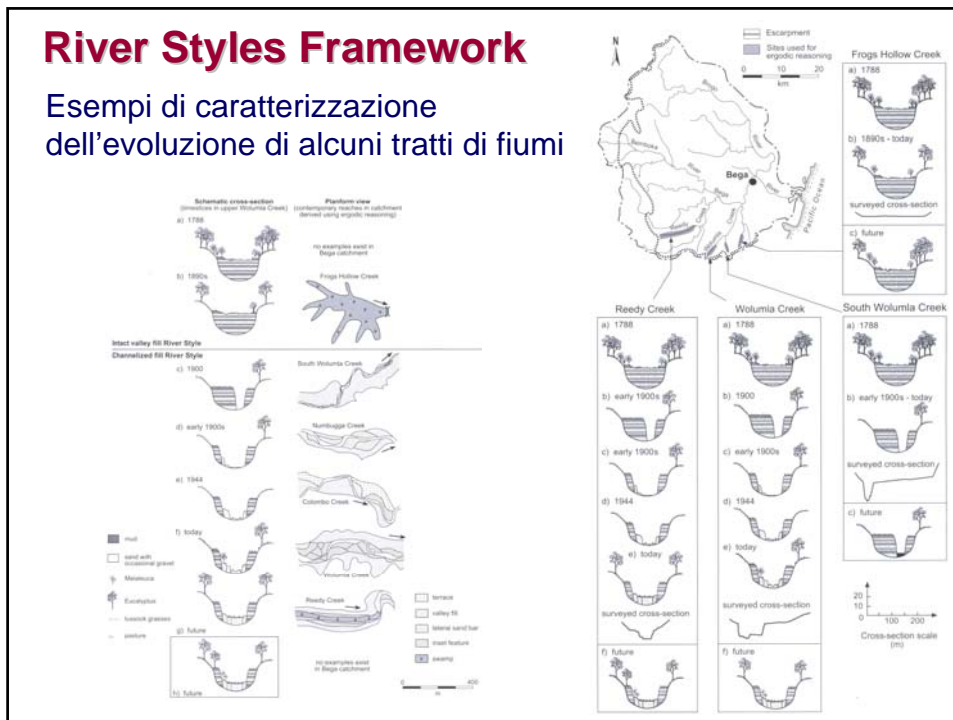
Step 1: Determinare capacità di aggiustamento *River Style*

Step 2: Valutare evoluzione del fiume come base per identificare variazioni geomorfologiche irreversibili ed una condizione di riferimento

Step 3: Determinare e spiegare la condizione geomorfologica del tratto

River Styles Framework

Esempi di caratterizzazione dell'evoluzione di alcuni tratti di fiumi



River Styles Framework

Step 3: Determinare e spiegare la condizione geomorfologica del tratto

A: Derivare criteri di desiderabilità per carattere e comportamento del fiume per ogni *River Style*

Vengono usati una serie di **attributi** considerati significativi per descrivere le condizioni attuali e definire **condizioni buone, moderate e cattive**.

Ciò viene schematizzato in termini di **gradi di libertà** che sono usati per valutare la **capacità del fiume di effettuare degli aggiustamenti morfologici** per ogni *River Style*.

Viene costruita una tabella (vedi prossima pagina) che include le **domande da porsi relativamente alla "desiderabilità"** di ogni geoindicatore significativo e per ogni *River Style*.

River Styles Framework

Degrees of freedom and relevant geoindicators	Questions to ask for each reach of the River Style	Questions that must be answered YES
Channel attributes		
• Size	• Is channel size appropriate given the catchment area, the prevailing sediment regime, and the vegetation character? (i.e., is the channel overwidened, overdeepened, or does it have an appropriate width : depth ratio?)	3 out of 4
• Shape	• Is channel shape appropriate along the reach? (i.e., does the channel have a compound shape, with inset surfaces within a symmetrical trench?)	
• Bank morphology	• Are banks eroding in the right places and at the right rate? (signs of deterioration include vertical or undercut banks along the reach)	
• Instream vegetation structure	• Is the instream vegetation structure appropriate? (i.e., is aquatic vegetation colonizing the bed of the incised channel?)	
Channel planform		
• Lateral channel stability	• Is the lateral stability of the channel appropriate given the texture and slope of the reach? (signs of deterioration include channel expansion and low flow channel reworking of bed materials)	2 out of 3
• Assemblage of geomorphic units	• Is the assemblage, pattern, and condition of instream and floodplain geomorphic units appropriate? Are key units present? (i.e., does the reach have a series of insets and a swampy channel bed with no signs of reworking such as dissection, stripping, or undercutting?)	
• Riparian vegetation	• Is the continuity and composition of riparian vegetation near-natural with few exotics?	
Bed character		
• Grain size and sorting	• Is the grain size, sorting, and organization of materials in different geomorphic units appropriate? (i.e., are sands stored in insets, and mud and organic matter stored on the channel bed?)	3 out of 4
• Bed stability	• Is bed stability appropriate? (signs of bed instability or disturbance will include incision into sands or to bedrock)	
• Hydraulic diversity	• Is the sediment storage/transport function of the reach appropriate? (i.e., is it acting as a sediment accumulation zone?)	
• Sediment regime	• Are roughness characteristics and the pattern of hydraulic diversity along the reach appropriate? (i.e., does the reach have a swampy channel bed with a series of inset bench features?)	

Esempio di tabella degli attributi usati per la valutazione delle condizioni geomorfologiche di un tratto

River Styles Framework

Degree of freedom	Good condition	Moderate condition	Poor condition
Channel attributes	Compound, stepped cross-sectional form within a wide, deep incised trench. Bank erosion minimal. Channel bed dominated by aquatic swamp vegetation and tussock grasses. Benches colonized by some hardy vegetation including <i>Melaleuca</i> s.	Compound, stepped cross-sectional form within a wide, deep, incised trench. Localized bank erosion and slumping occurs. Bench units colonized by some hardy vegetation. Occasional tussock grasses on sand bars and along the low flow channel.	Large, symmetrical, overwidened incised trench. Near vertical, exposed banks with significant erosion along the entire reach. Within-channel units are unvegetated.
Channel planform	No lateral adjustment of incised trench. Swamps and a poorly-defined or discontinuous channel characterizes the channel bed. Multiple benches line the channel margin. Increased within-channel sedimentation may promote reconnection of channel and floodplain processes. Scattered riparian strip. Valley fill surfaces are dominated by pasture.	Limited planform adjustment of incised trench. Bench features occur along channel banks. Well-defined low flow channels shift over trench floor reworking sand sheets and bars. Floodplain perched above low flow channel, disconnecting channel from floodplain processes. Little or no riparian strip. Valley fill surfaces are dominated by pasture.	Incised trench experiencing accelerated rates of lateral expansion and bed lowering (incision). Multiple low flow stringers atop sand sheet produce an array of midchannel and lateral bars. Floodplain disconnected from the channel given the incised nature of the fill. No riparian strip. Valley fill surfaces are dominated by pasture.
Bed character	Segregated sediment mix, with sands in benches, and mud and organic matter accumulation on the trench floor. Bed stable and aggrading in sediment accumulation reaches.	Moderately segregated sediment mix, with coarse sands in benches, and finer sand in the low flow channel. Low flow channel redistributes and reorganizes sediment locally within the incised trench, improving bed material organization. Moderate bed stability as trench infills. Sand accumulating on the channel bed. Acting as a sediment accumulation or transfer zone.	Bedload dominated with limited capacity to retain finer grained materials. Still releasing sediment from valley fill. Sediment on the channel bed is loose, poorly segregated, and poorly sorted. Poor bed stability. Bed may still be incising. High rates of material reworking and sediment transport. Acting as a sediment source zone.
Photograph	Reedy Creek 	Wolumla Creek 	Anderson Creek (Wolumla tributary) 

Descrizione delle condizioni buone, moderate e cattive

River Styles Framework

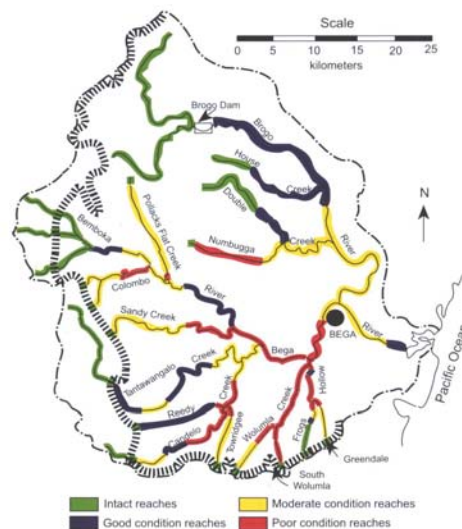
B: Identificazione e selezione di un tratto di riferimento per ogni *River Style*

Ogni valutazione delle condizioni di un fiume deve essere rapportata ad una condizione di riferimento. Nel contesto Australiano, sono possibili due approcci:

1. **Condizioni intatte primitive** (*pristine*). Il 1788 (inizio colonizzazione) rappresenta un termine di riferimento possibile.
2. **“Migliori” condizioni possibili** che si possono avere oggi da un fiume che è stato alterato da disturbi antropici, date le condizioni al contorno nel bacino prevalenti.

Sebbene la prima opzione può apparire preferibile (da un punto di vista della conservazione), la **seconda rappresenta una prospettiva più pratica e realistica**.

River Styles Framework



Esempio di caratterizzazione della condizione geomorfologica dei tratti

River Styles Framework

STADIO 3

Step 1: Determinare la traiettoria delle variazioni

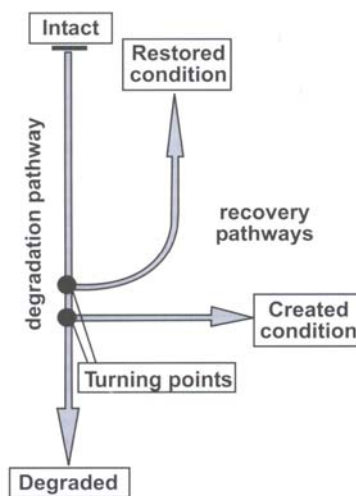


Step 2: Valutare il potenziale di recupero: collocare i tratti nel loro contesto di bacino ed accertare i fattori che ne limitano il recupero

Il **potenziale di recupero** è definito come la capacità di migliorare le condizioni geomorfologiche di un tratto nei prossimi 50 – 100 anni.

River Styles Framework

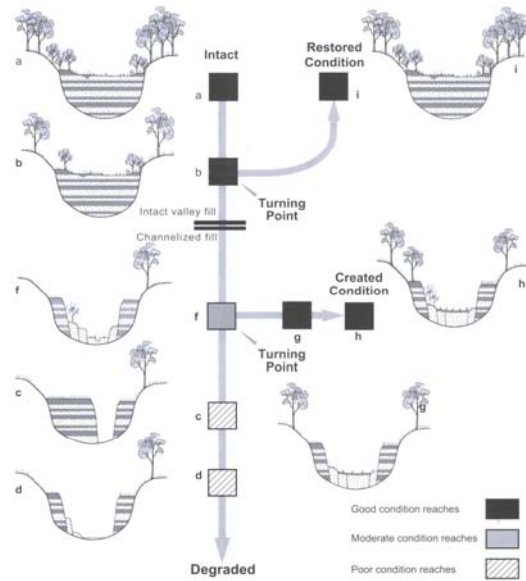
Step 1: Determinare la traiettoria delle variazioni



La linea verticale dall'alto verso il basso rappresenta un **percorso di degradazione**.

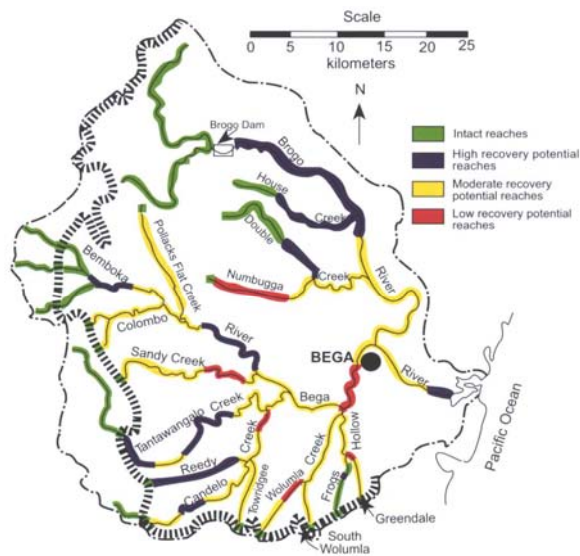
A destra sono rappresentati **due possibili percorsi di recupero**: (a) il primo, se non si sono raggiunte condizioni irreversibili, è un **recupero verso la condizione intatta** (*restoration*); (b) il secondo è un **percorso verso una nuova condizione** (*creation*)

River Styles Framework



Esempio di definizione delle traiettorie di variazione

River Styles Framework



Esempio di caratterizzazione del potenziale di recupero

River Styles Framework

STADIO 4

Step 1: Sviluppare una visione fisica che tenga conto del contesto a scala di bacino

Step 2: Identificare condizioni di riferimento per la riqualificazione e determinare il livello di intervento richiesto

Step 3: Definire priorità sulla base delle condizioni geomorfologiche e sul potenziale di recupero

Step 4: Monitorare e verificare miglioramenti nelle condizioni geomorfologiche del fiume

River Styles Framework

Moderate geomorphic condition



Good geomorphic condition



- * Maintain sediment transfer from point bar to point bar
- * Enhance pool reemergence and exposure of bedrock induced runs and riffles
- * Encourage sediment storage in within-channel islands and fine grained accumulation in pools
- * Encourage woody debris accumulation
- * Encourage continuous endemic riparian zone with an associated weed management program

Poor geomorphic condition



Moderate geomorphic condition



- * Reduce channel width by encouraging deposition on benches and point benches
- * Reduce rate of concave bank erosion and floodplain reworking
- * Encourage reemergence of pools and bedrock outcrops and increase hydraulic diversity
- * Plant native riparian vegetation, and encourage native regeneration on benches and point bars

Identificazione delle condizioni di riferimento e determinazione del livello di intervento richiesto (step 2)



3.5 Metodologia di indagine e classificazione idromorfologica dei corsi d'acqua italiani

Si tratta di una metodologia elaborata e proposta recentemente da ISPRA (2009) e Rinaldi et al. (2010) ai fini dell'implementazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE relativamente agli aspetti idromorfologici

ISPRA (2009) – Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Proposta metodologica per l'analisi e la valutazione degli aspetti idromorfologici. 2°. Condizioni Morfologiche – Valutazione.

<http://www.sintai.sinanet.apat.it/view/index.faces>.

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussettini M. (2009) – L'indice di qualità morfologica (IQM) per la valutazione e la classificazione idromorfologica dei corsi d'acqua. Italian Journal of Engineering Geology.

Motivazioni

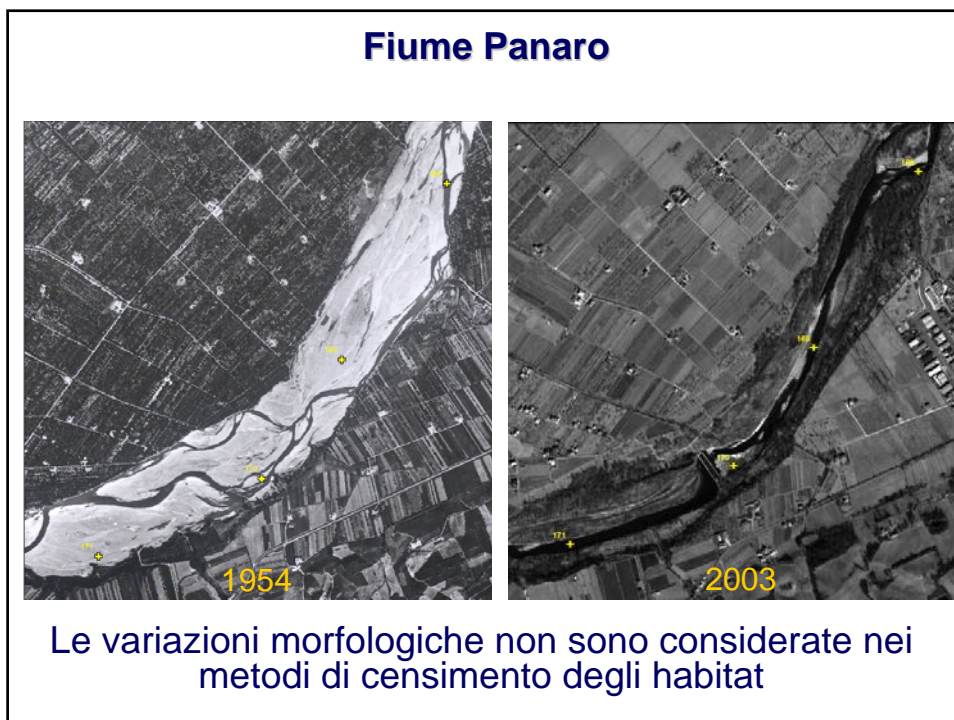
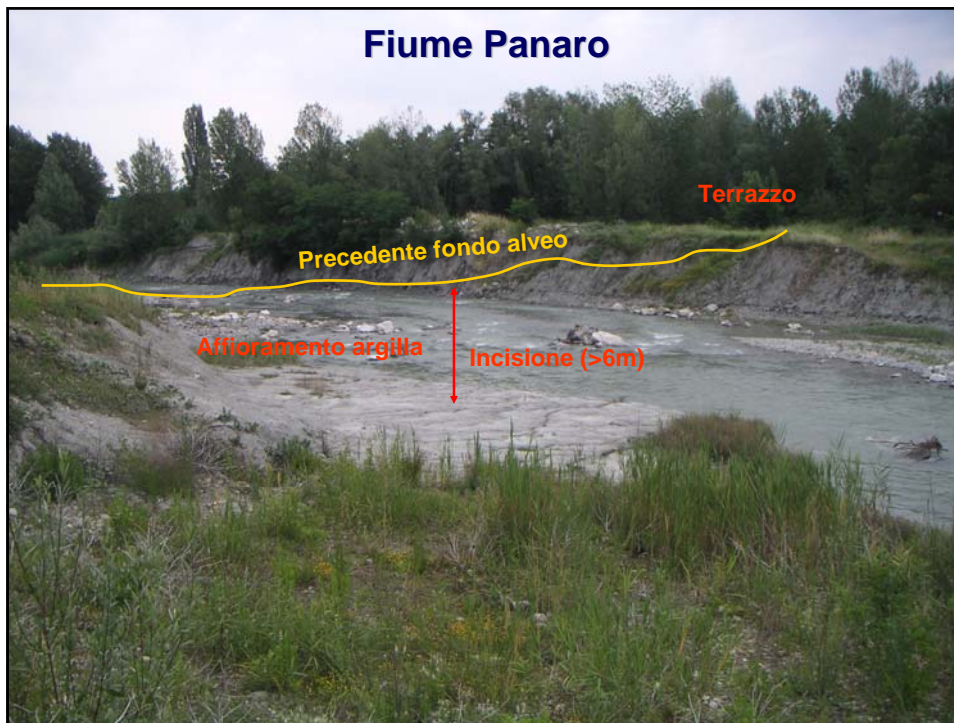
Importanza crescente riconosciuta agli **aspetti idromorfologici per la gestione e riqualificazione di alvei fluviali**, testimoniata anche da crescente numero di metodologie e procedure finalizzate a valutare le condizioni idromorfologiche ed il grado di alterazione delle forme e dei processi (es. Francia, Spagna, Australia, ecc.)

Assenza di una metodologia geomorfologica a scala nazionale basata su interpretazione processi e dinamiche evolutive che tenga conto dello stato delle conoscenze di fiumi italiani

Metodi esistenti

Metodi esistenti di rilevamento degli habitat (AusRivAS, US EPA, RHS, Caravaggio, ecc.) adatti per caratterizzare la presenza e diversità di habitat fisici, ma non per gli obiettivi della Direttiva Quadro. Principali limiti:

- 1) Essi usano un **approccio basato sulle forme**, ovvero sulla presenza o meno di determinate caratteristiche morfologiche, e non includono considerazioni sui processi e sui trend di evoluzione;
- 2) Si basano su “**condizioni di riferimento**” in termini di **forme** (presenza e numero) di tratti nelle condizioni attuali (sebbene non del tutto inalterati);
- 3) Non adatti per **analisi delle pressioni e degli impatti** e per la programmazione di azioni di riqualificazione



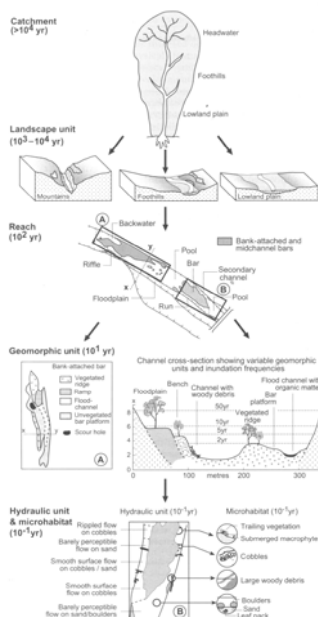
Obiettivo

Sviluppare un sistema orientato sui processi di indagine, valutazione e classificazione idromorfologica con una serie di requisiti fondamentali (scale spaziali adeguate per comprensione processi fisici, considerazione tendenze evolutive, ecc.)

Approcci e metodi

- (1) Analisi GIS da immagini telerilevate
- (2) Analisi e misure sul terreno

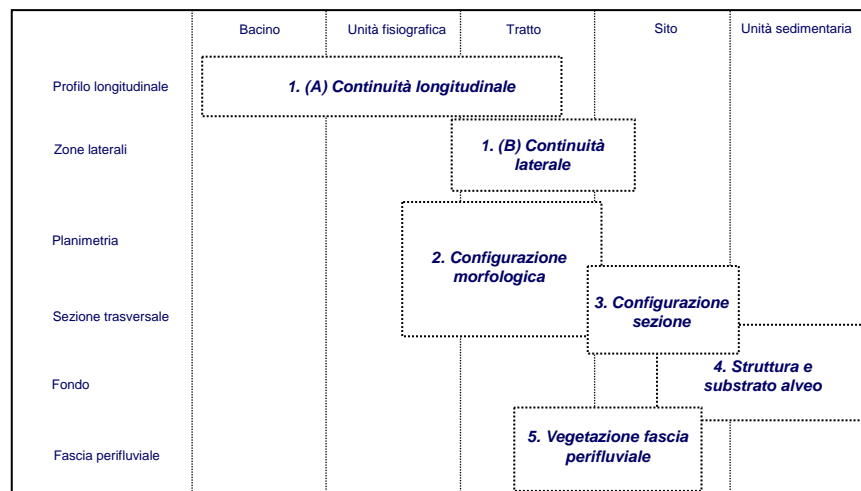
Scale spaziali



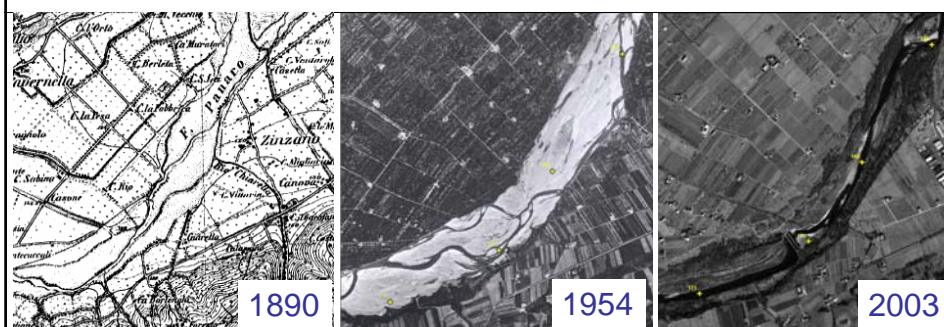
Approccio gerarchico (*hierarchical nested approach*)

- (1) **Bacino**
- (2) **Unità fisiografica / segmento**
- (3) **Tratto:** unità morfologica elementare per analisi telerilevamento
- (4) **Sito:** sottotratto campione, unità elementare analisi terreno
- (5) **Unità sedimentaria:** punto campionamento sedimenti

Scale spaziali



Scale temporali



Confronto della situazione attuale con **1954-55** (IGM GAI): tale anno non è scelto come “stato di riferimento” bensì come una **misura delle alterazioni morfologiche recenti** (solo per alvei con larghezza > 30 m)

Struttura generale

FASE 1: **Classificazione iniziale**



FASE 2: **Valutazione attuale**



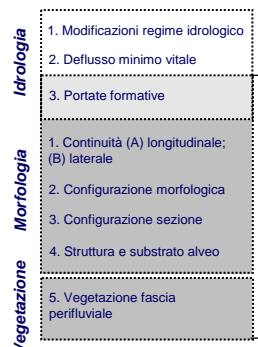
FASE 3: **Monitoraggio**

Struttura generale

Fase 1: Classificazione iniziale

1. Ambiti fisiografici
2. Confinamento
3. Morfologia
4. Altre discontinuità

Fase 2: Valutazione attuale



Funzionalità geomorfologica / artificialità

Variazioni morfologiche

Fase 3: Monitoraggio

Tendenze attuali / Recupero morfologico

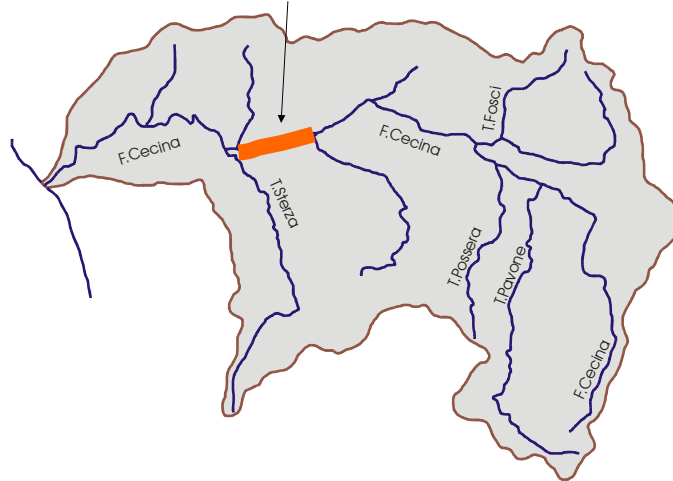
2A: Valutazione delle condizioni idromorfologiche dei singoli tratti

2B: Valutazione e analisi a scala di sistema (cause)

3: Valutazione (post monitoraggio) delle tendenze evolutive

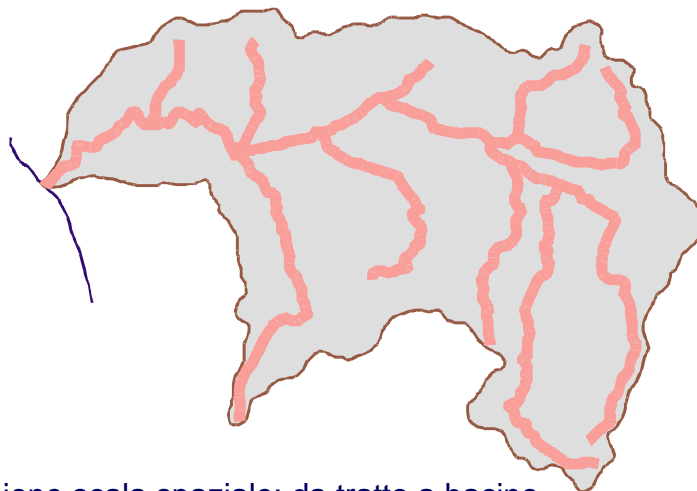
Struttura generale

2A: Valutazione delle
condizioni idromorfologiche
del tratto



Struttura generale

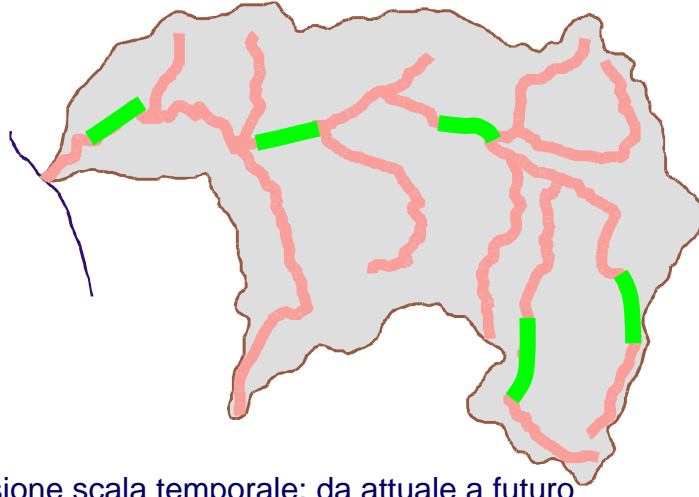
2B: Valutazione e analisi a
scala di sistema (cause)



Estensione scala spaziale: da tratto a bacino

Struttura generale

3: Monitoraggio e valutazione post monitoraggio (tendenze evolutive e recupero o ulteriore scostamento)



Estensione scala temporale: da attuale a futuro

Fase 1: Classificazione iniziale

STEP 1: Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche



STEP 2: Definizione del grado di confinamento

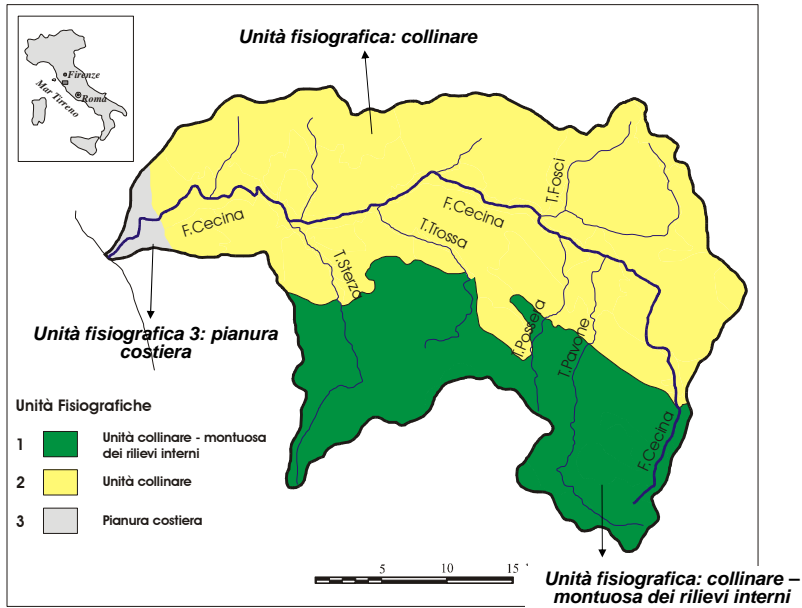


STEP 3: Definizione della morfologia dell'alveo

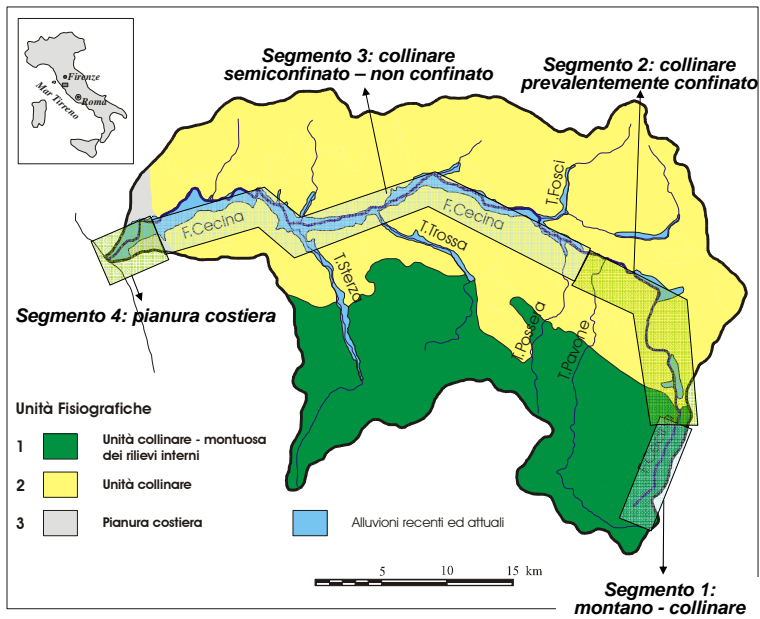


STEP 4: Suddivisione in tratti

Step 1: Unità fisiografiche e segmenti



Step 1: Unità fisiografiche e segmenti

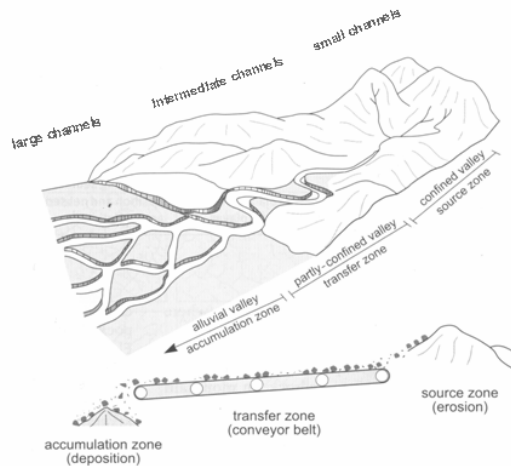


Step 2: Confinamento

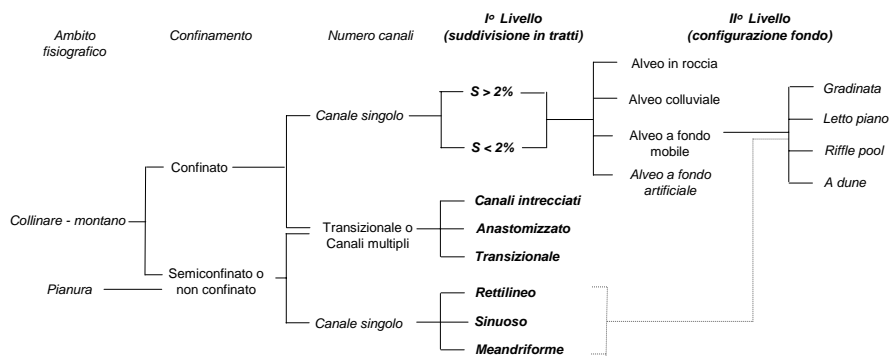
Alveo confinato: oltre 90% sponde a contatto con versanti o terrazzi antichi

Alveo semiconfinato: tra 10 e 90% sponde a contatto con versanti o terrazzi antichi

Alveo non confinato: meno del 10% sponde a contatto con versanti o terrazzi antichi

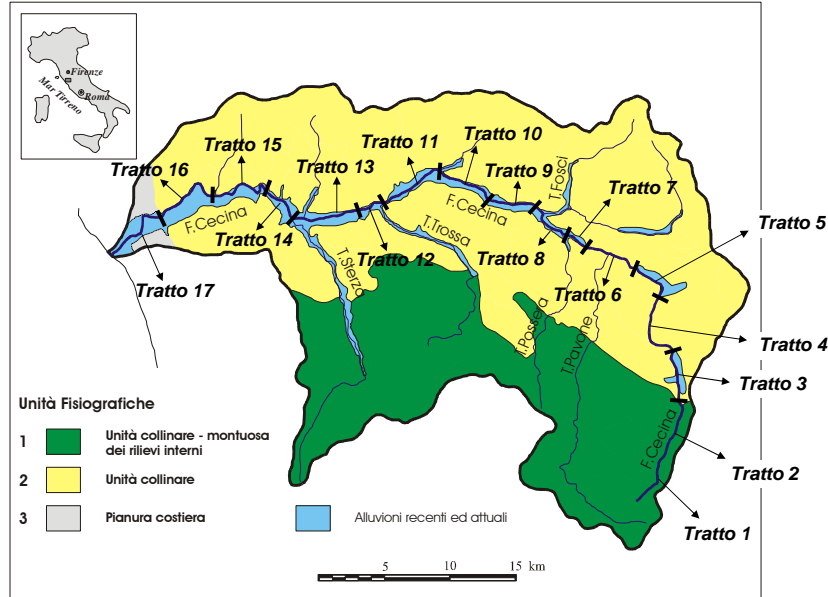


Step 3: Morfologia



Criteria di classificazione morfologica basata sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo

Step 4: Suddivisione in tratti



Fase 2: Valutazione attuale

Avviene sulla base di **tre componenti**:

- (1) **Funzionalità geomorfologica**
- (2) **Elementi artificiali** ("artificialità")
- (3) **Variazioni morfologiche**

Condizione di riferimento (massimo punteggio):

- **Funzionalità dei processi** (corso d'acqua in 'equilibrio dinamico')
- **Assenza di artificialità**
- **Assenza di variazioni significative** di forma, dimensioni e quota del fondo negli ultimi decenni (50 anni circa)

Due protocolli di valutazione:

1. **Alvei confinati**
2. **Alvei semiconfinati e non confinati**

Funzionalità geomorfologica

CODICE	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
Funzionalità		
Continuità		
F1	Continuità longitudinale flusso di sedimenti	Tutti
F2	Presenza di piana inondabile	Solo NC
F3	Connessione versanti – corso d'acqua	Solo C
F4	Processi di arretramento di sponde	Solo NC
F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	Solo NC
Morfologia		
Configurazione alveo		
F6	Configurazione fondo – pendenza valle	Solo C
F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	NC : tutti; C : solo BR/W
F8	Presenza di tipiche forme fluviali nella piana alluvionale	Solo fiumi pianura NC
Configurazione sezione		
F9	Variabilità della sezione	Tutti
Substrato		
F10	Struttura del fondo	Tutti
F11	Presenza di materiale legnoso	Tutti
Vegetazione		
F12	Ampiezza di formazioni funzionali	Tutti
F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali	Tutti

CONFINAMENTO
C: confinato
NC: semi- non confinato

MORFOLOGIA
CS: canale singolo
BR/W: braided / wandering

DIMENSIONI
P: piccolo / medio (<30 m)
G: grande (>30 m)

Artificialità

CODICE	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
Artificialità		
Alterazione della continuità longitudinale a monte		
A1	Alterazione delle portate formative	Tutti
A2	Intercettazione del trasporto solido	Tutti
Alterazione della continuità longitudinale nel tratto		
A3	Alterazione delle portate formative nel tratto	Tutti
A4	Intercettazione del trasporto solido nel tratto	Tutti
A5	Strutture di attraversamento	Tutti
Alterazione della continuità laterale		
A6	Protezioni di sponda	Tutti
A7	Argini artificiali	Solo NC
Alterazione della morfologia e/o del substrato		
A8	Variazioni artificiali del tracciato	Tutti
A9	Altre strutture di alterazione del profilo e/o del substrato	Tutti
Interventi di rimozione		
A10	Rimozione di sedimenti	Tutti
A11	Rimozione di materiale legnoso	Tutti
A12	Taglio di vegetazione	Tutti

CONFINAMENTO
C: confinato
NC: semi- non confinato

MORFOLOGIA
CS: canale singolo
BR/W: braided / wandering

DIMENSIONI
P: piccolo / medio (<30 m)
G: grande (>30 m)

Variazioni morfologiche

CODICE	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
Variazioni morfologiche		
V1	Variazioni di configurazione alveo	Solo G
V2	Variazioni di larghezza	Solo G
V3	Variazioni di quota del fondo	Solo G

CONFINAMENTO
C: confinato
NC: semi- non confinato

MORFOLOGIA
CS: canale singolo
BR/W: braided / wandering

DIMENSIONI
P: piccolo / medio (<30 m)
G: grande (>30 m)



Schede di valutazione
per **alvei confinati**



Schede di valutazione per
alvei semi- non confinati

Punteggi e sistema di classificazione

A1	Indicatore	
A	Nessuna alterazione	0
B	Media alterazione	2
C	Alta alterazione	5

Scostamento totale: $Stot = F1 + \dots + F14 + A1 + \dots + A14 + V1 + \dots + V3$

Indice di Alterazione Morfologica: $IAM = Stot / Smax$

Indice di Qualità Morfologica: $IQM = 1 - IAM$

Classi	IQM
Elevato	0.85 – 1.0
Buono	0.7 – 0.85
Moderato	0.4 – 0.7
Scadente	0.2 – 0.4
Pessimo	0.0 – 0.2