

DIFENDERSI DAI FIUMI O DIFENDERE I FIUMI?

23 maggio 2014

Siena - Accademia dei Fisiocritici
Piazzetta Silvio Gigli, 2 (Prato di Sant'Agostino)

L'ASSETTO E LA GESTIONE DELLA VEGETAZIONE FLUVIALE IN RAPPORTO CON LE CONDIZIONI IDRAULICHE E GEOMORFOLOGICHE

Federico Preti

**Sezione Ingegneria
Agraria, Forestale e dei Biosistemi**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

GESAAF

DIPARTIMENTO DI GESTIONE
DEI SISTEMI AGRARI,
ALIMENTARI E FORESTALI

INTRODUZIONE



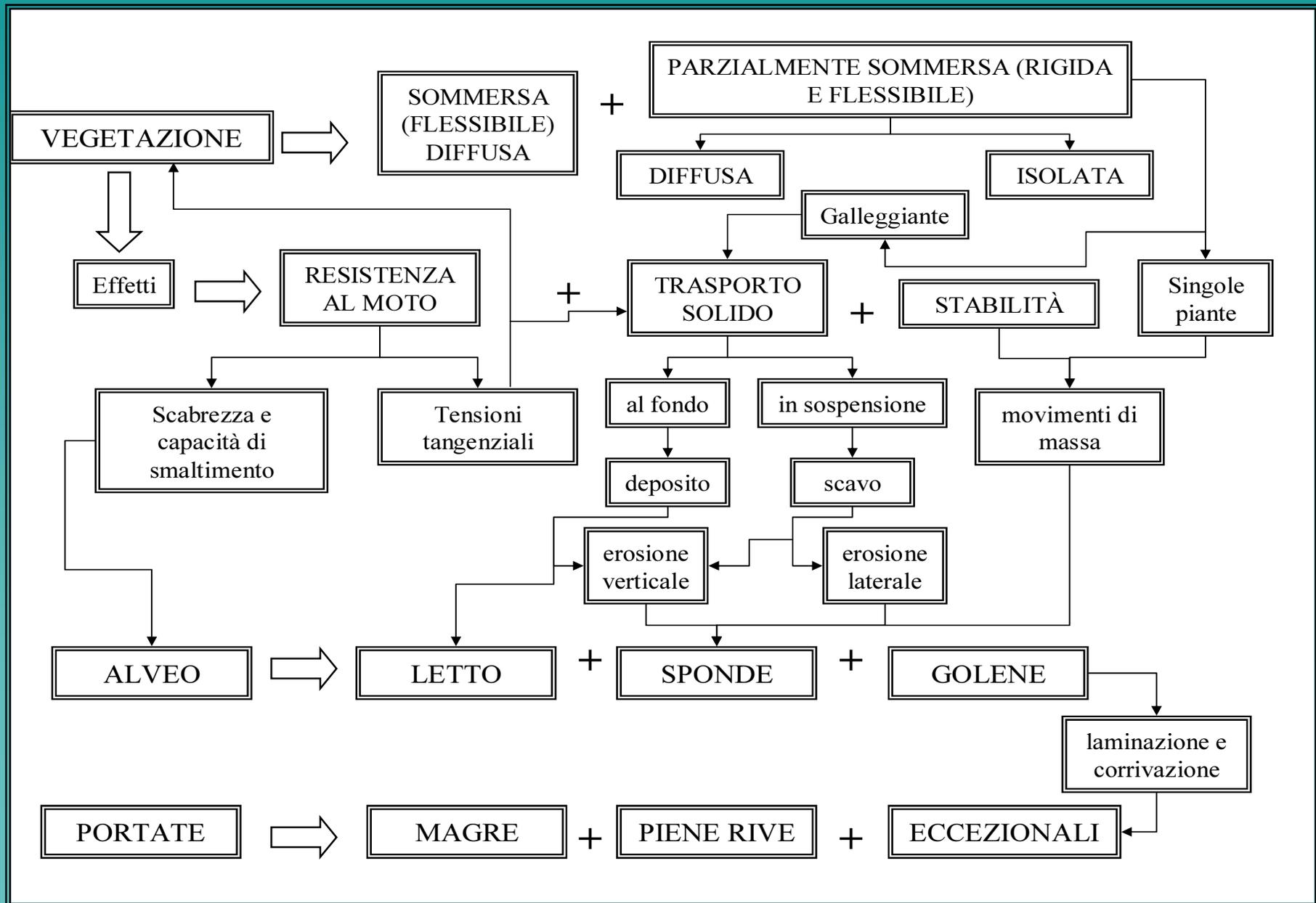
Tutela e gestione degli ambienti fluviali,
serie atti e studi n° 8, WWF Italia,
Roma, 1991



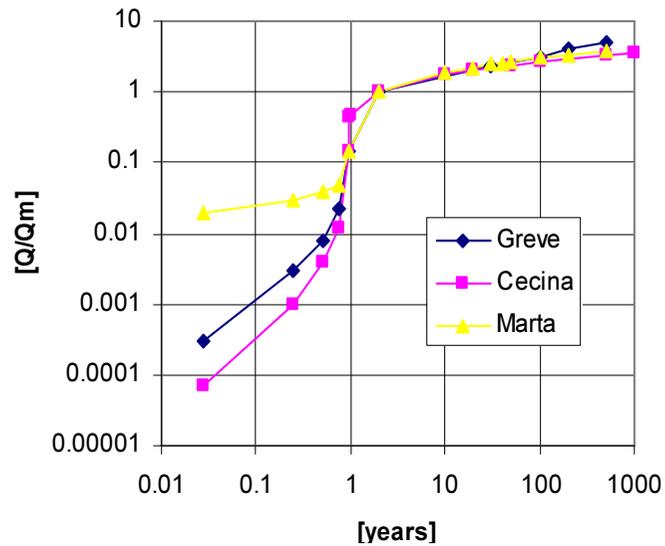
Conoscenza (parametrizzazione)
vegetazione in alveo => interesse per:

- **sicurezza idraulica**
- **stabilità plano-altimetrica (alveo e sponde)**
- **riqualificazione e manutenzione degli ecosistemi fluviali**
- **progettazione di opere vive e loro evoluzione temporale**
- **corretta gestione delle fasce ripariali**
- **riduzione dei costi degli interventi di taglio**
- **recupero di risorse dalla biomassa.**

interazioni alveo-vegetazione



Schema dei livelli idrici di riferimento per l'analisi degli effetti della vegetazione in alveo (curva di durata/crescita)



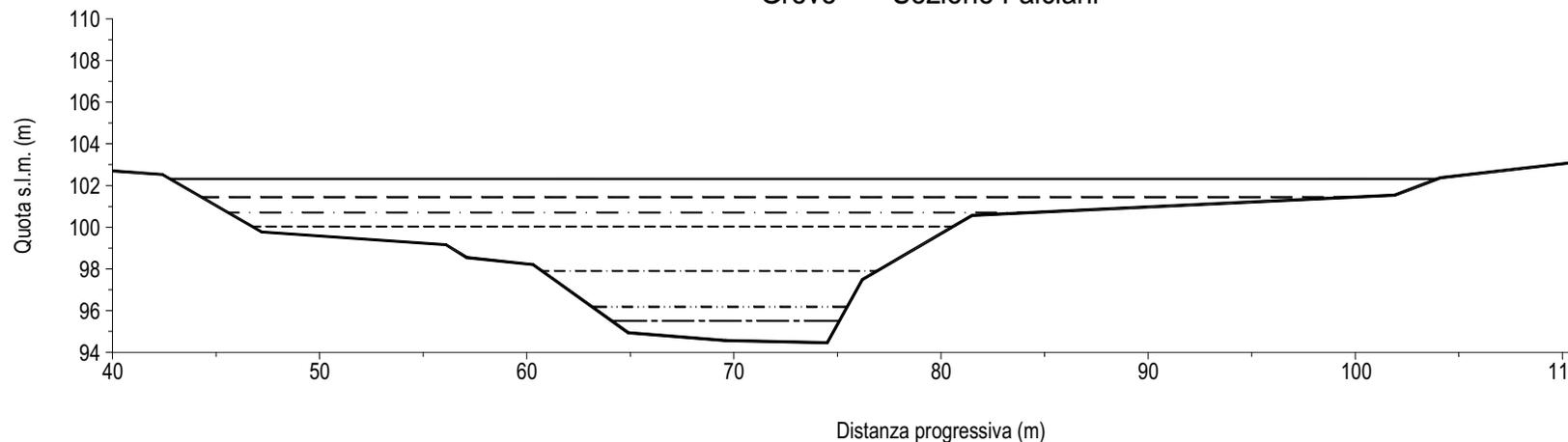
Portate centenarie (ischio idraulico o esondazione in aree golenali/di espansione)

Portate ordinarie o

Portate modellanti o formative alveo (stabilità plano-altimetrica alveo inciso)

Portate di magra (sommersione continua)

Greve Sezione Falciani



D.P.R. 14/04/1993: “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica”

*Al di sotto del **livello idrico trentennale (Qc30)**, sarebbero da rimuovere dalle sponde e dagli alvei attivi le alberature che sono causa di ostacolo al regolare deflusso ..., tenuto conto della loro influenza sul regolare deflusso delle acque, nonché quelle pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat riparii e le zone di deposito alluvionale adiacenti, prevedendo al tempo stesso la rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; il restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantagione di essenze autoctone”.*



Velocità media della corrente

$V = V$ (scabrezza, raggio idraulico – livello, pendenza)

Tensione tangenziale o sforzo di trascinamento

$\tau = \tau$ (pendenza, raggio idraulico – livello idrico) $\propto V^2$

Portata

$Q = V * \text{sezione idrica} = Q$ (i_c , Area del bacino)

i_c = pioggia critica netta (perdite di afflusso, tempo di corrivazione, tempo di ritorno)

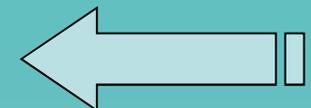
Casi di studio: Marta, Greve e Arno

EFFETTI DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE SULLA CORRENTE



“Altri” effetti vegetazione in alveo
“consolidamento” e/o
“stabilizzazione” (sostegno e coesione)
“rivestimento” (trascinamento e erosione)
Scabrezza sponde (densità e flessibilità)
Ingombro sezione / Piante isolate
Larghezza/livello > 10 : sovrалzo idrico < 5%
Corrivazione e propagazione

Per una data portata, raddoppiando la scabrezza (cfr. Tab. 4) si ha un incremento di livello idrico del 50% e una riduzione della velocità del 34%.



SCABREZZA (attrito/turbolenza)

RIGIDITÀ = f (Elasticità legno, Diametro e forma fusto)

INGOMBRO (riduzione sezione effettiva)

ERBA > scabrezza data dall'altezza degli steli vivi o no

ARBUSTI > turbolenza, sommersione

ALTO FUSTO > rigidità fusto, chioma sommersa?

CEPPAIE > flessibilità; densità (campionamento)?

PIANTE ISOLATE > rischio erosione localizzata

MEI = 319 h^{3,3} per erba verde e in crescita

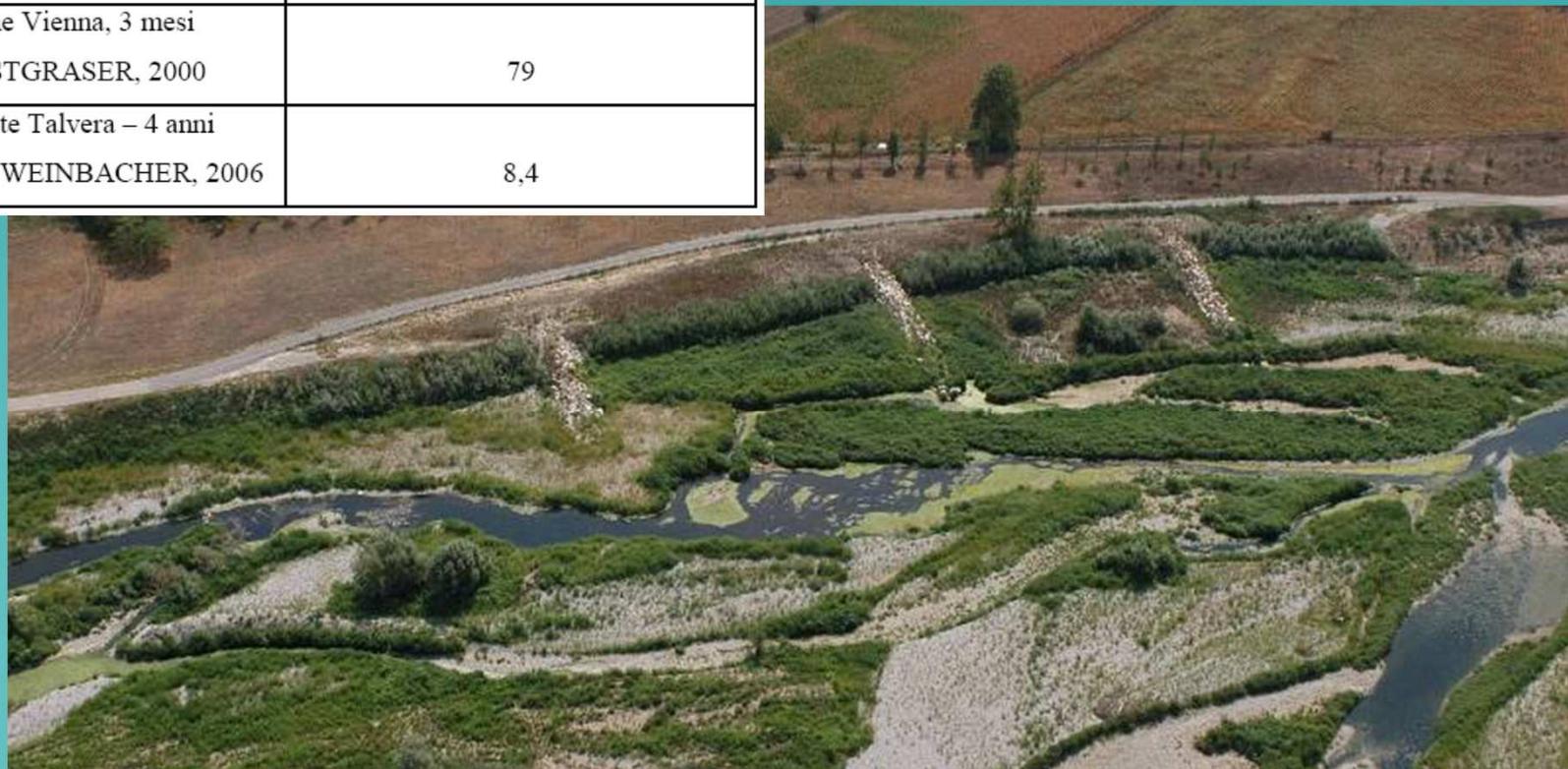
MEI = 25,4 h^{2,26} per erba piegata o morta

MEI = 360 h^{3,5} copertura diffusa salici.

Anno di misurazione	Densità [fusti/m ²]
2003	19,6
2004	10,4
2005	8,9
2006	
2007	6,2
Fiume Vienna, 3 mesi GERSTGRASER, 2000	79
Torrente Talvera – 4 anni STANGL, WEINBACHER, 2006	8,4

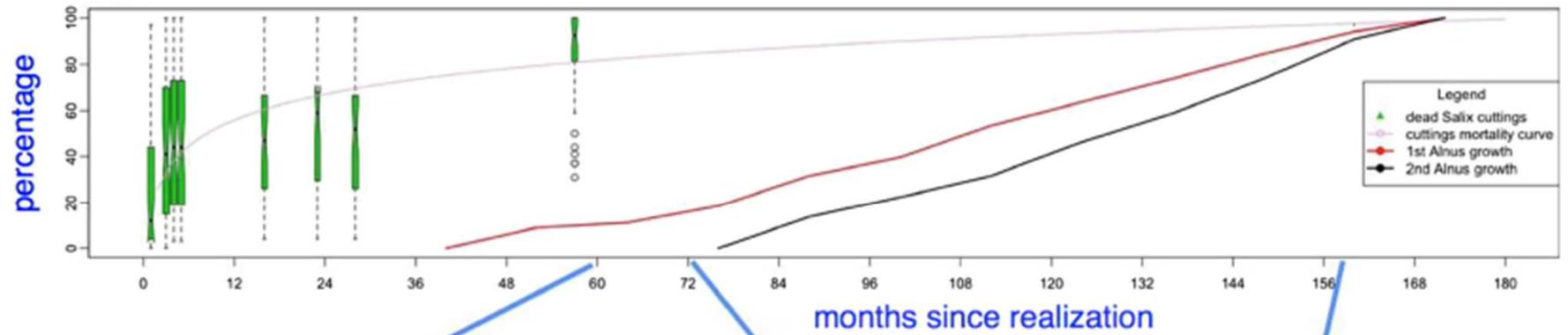
<= Copertura diffusa di salici

Alvei naturali => Densità < 1 pianta/m²



Molon,
2007

a Evolution of living parts in bank cribwalls (Casentino, Tuscany, Italy)



b

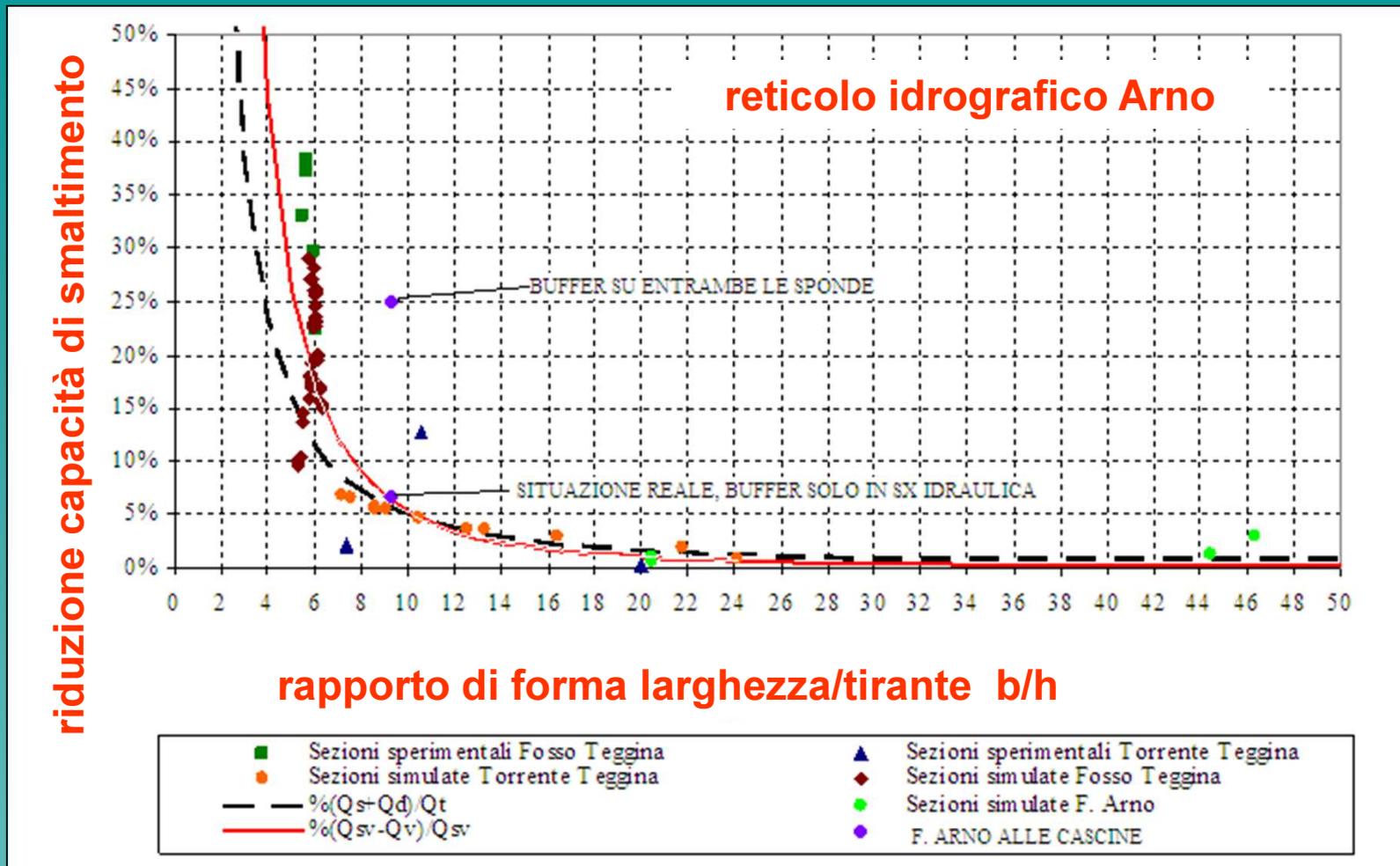


c

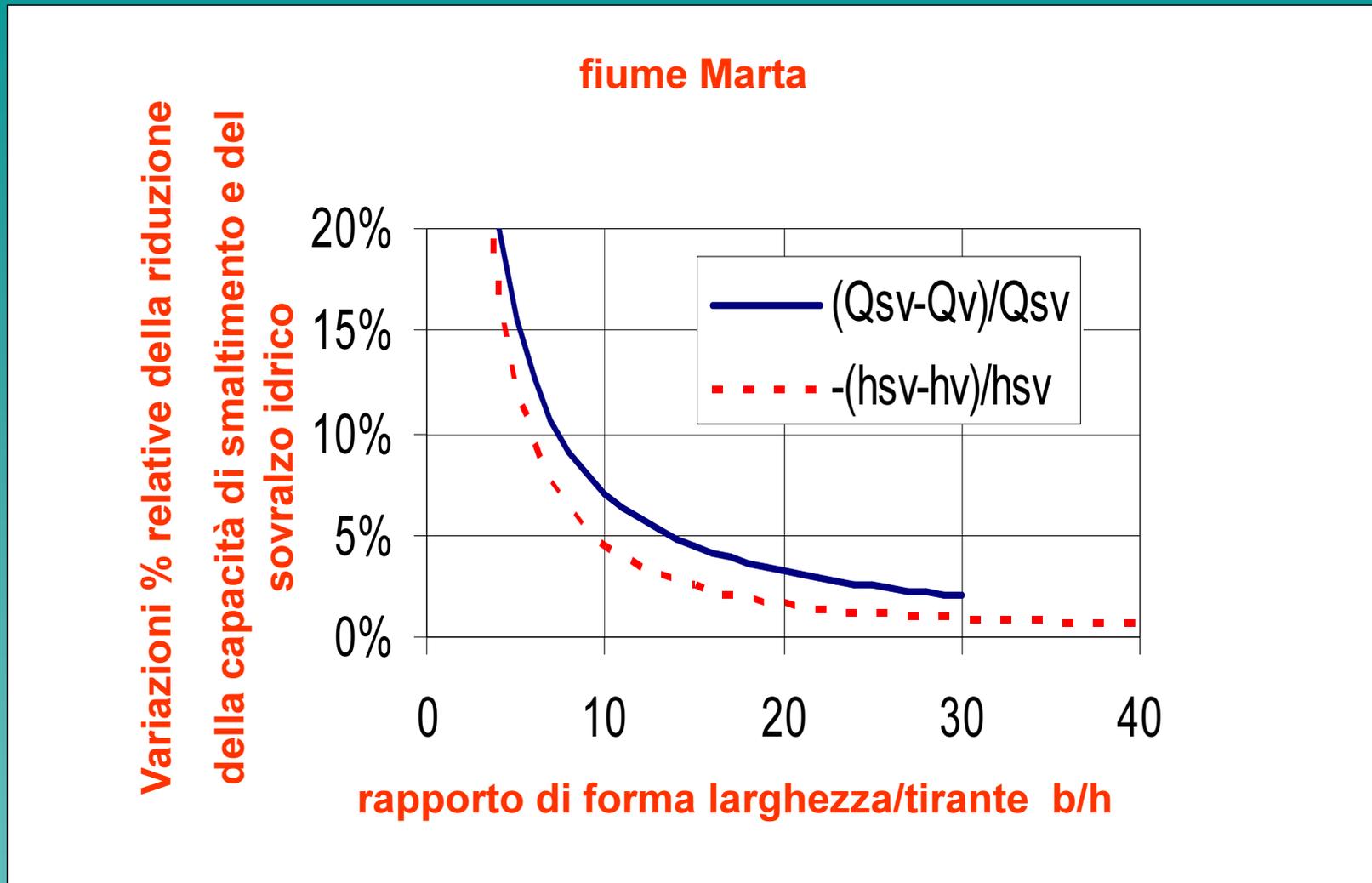


d



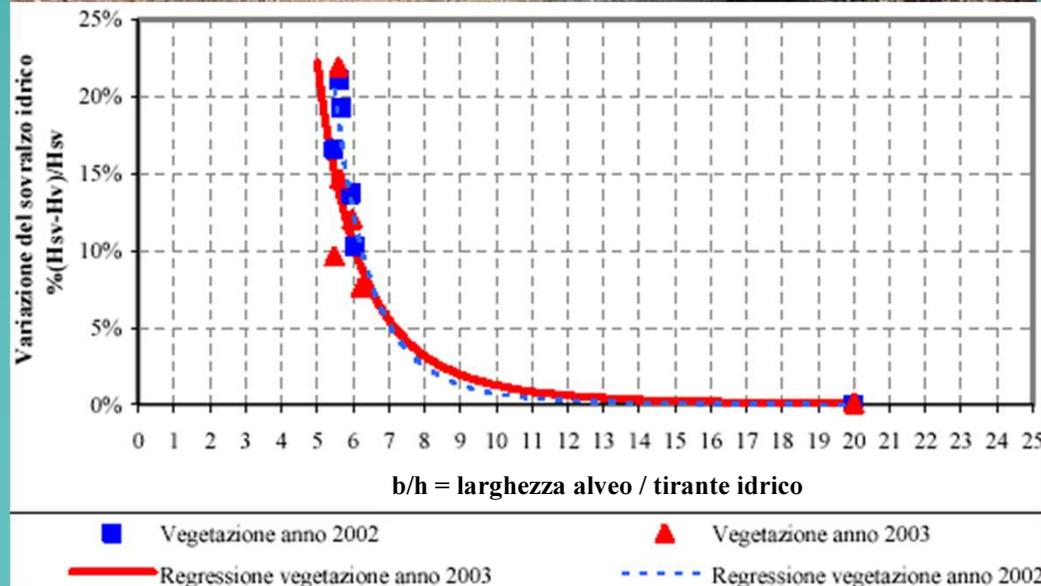


Relazione tra la **riduzione della capacità di smaltimento** in presenza e assenza della vegetazione ($\%(Q_{sv}-Q_v)/Q_{sv}$) in funzione del rapporto **larghezza pelo libero/tirante idrico** corrispondente per portate con tempi di ritorno di 200 anni, in corsi d'acqua montani, collinari (Fosso Teggina e Torrente Teggina) e di fondo valle (Fiume Arno) in confronto con diagramma di **Masterman & Thorne, 1992** ($\%(Q_s+Q_d)/Q_t$) (Guarnieri e Preti, 2007)



Variazione del rapporto tra portate laterali e portata totale (**riduzione della capacità di smaltimento**) e della variazione relativa di tirante (**sovranzo idrico**) in presenza ed assenza di vegetazione in funzione del rapporto **larghezza/profondità** per alvei con sponde vegetate (rielaborazione con il modello H-Model (Darby, 1995) al caso del fiume Marta (Guarnieri e Preti, 2007) del diagramma analogo di Mastermann & Thorne, 1992 valido per sezione trapezoidale).

RESISTENZA AL MOTO IN ALVEI VEGETATI



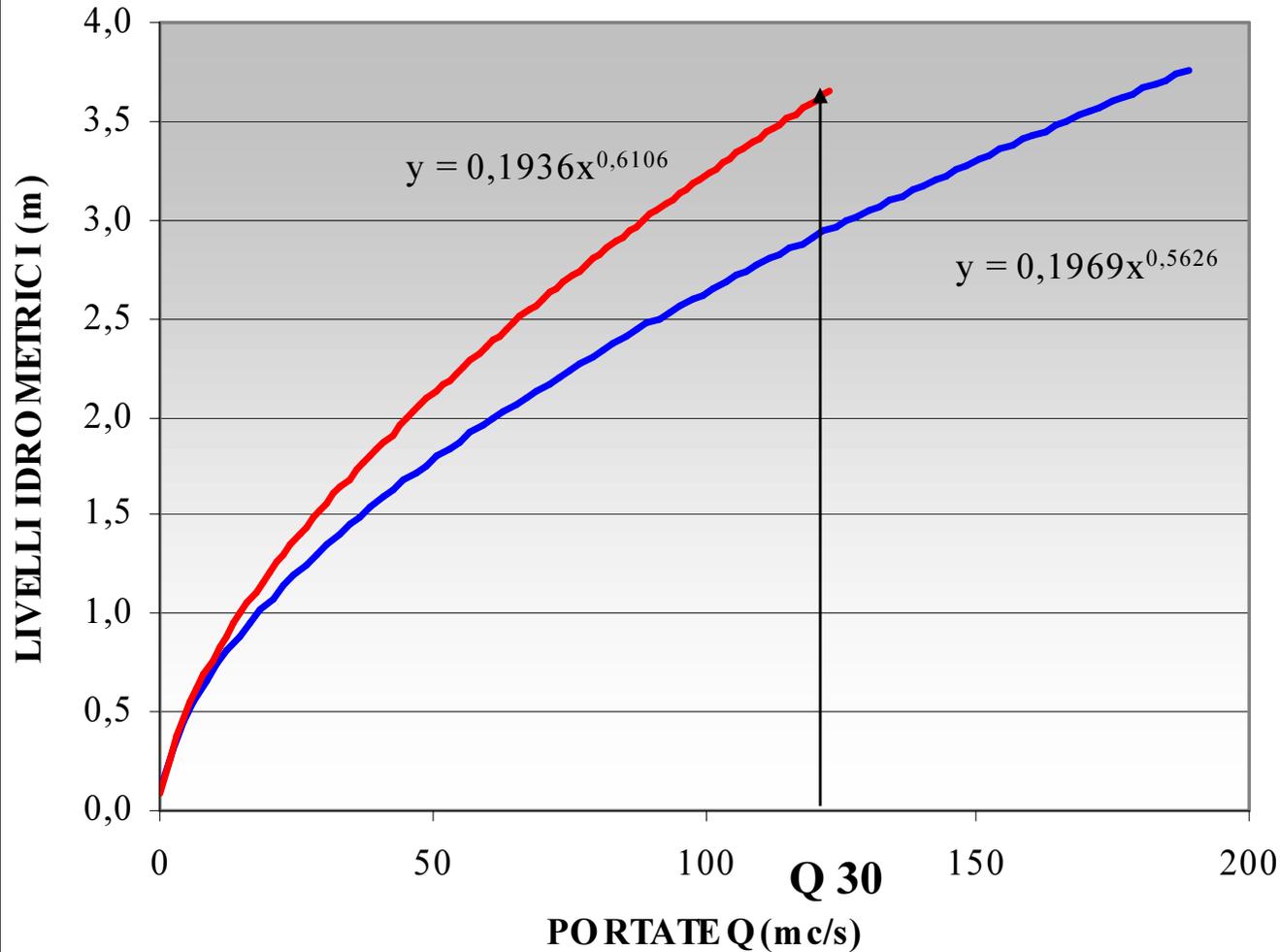
Simulazione interventi di manutenzione
(a raso, diradamenti o tagli selettivi)

Greve, Castaldi, 2000

Casentino, Guarnieri & Preti, 2005

IPOTESI DI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

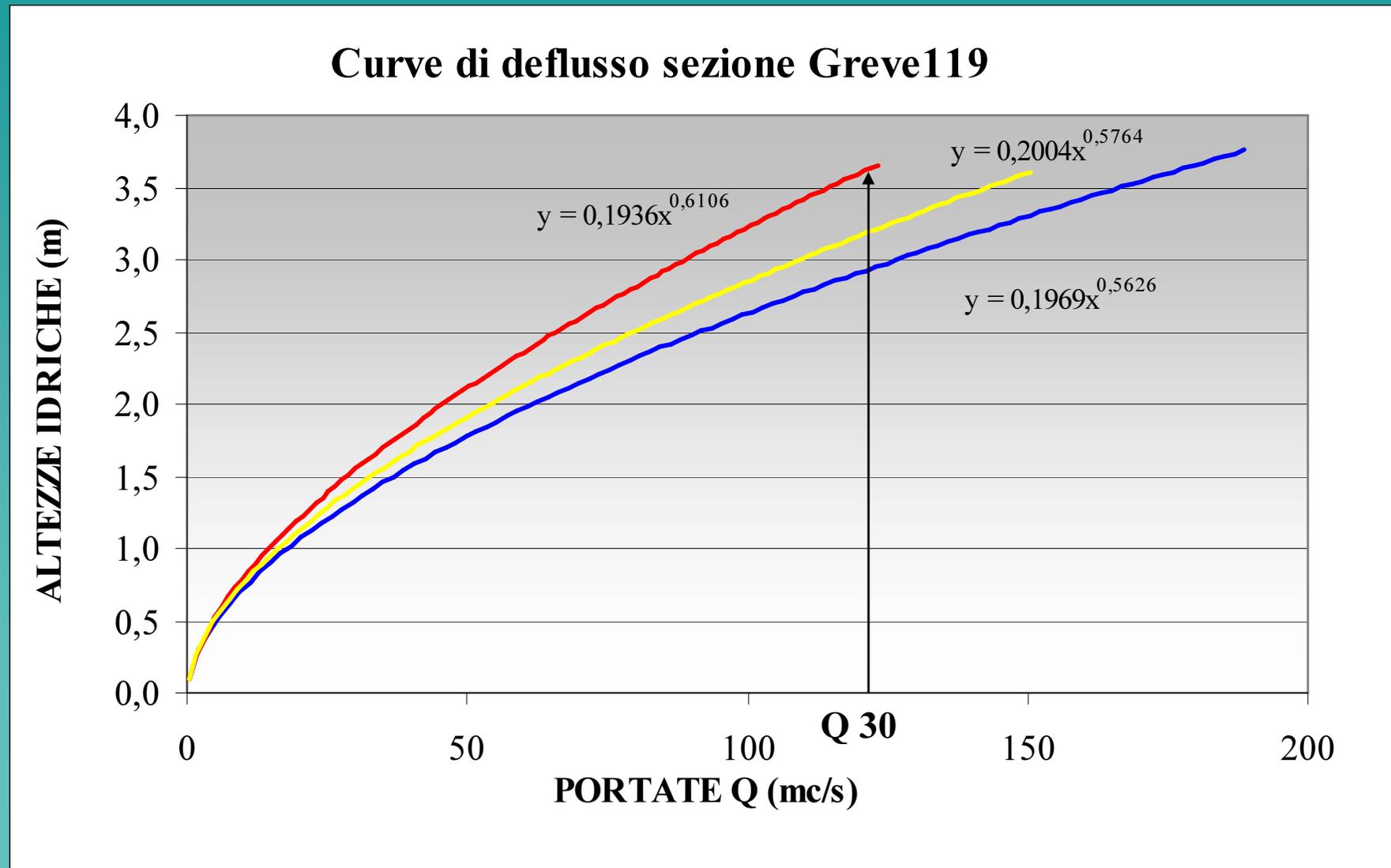
Curve di deflusso sezione 119



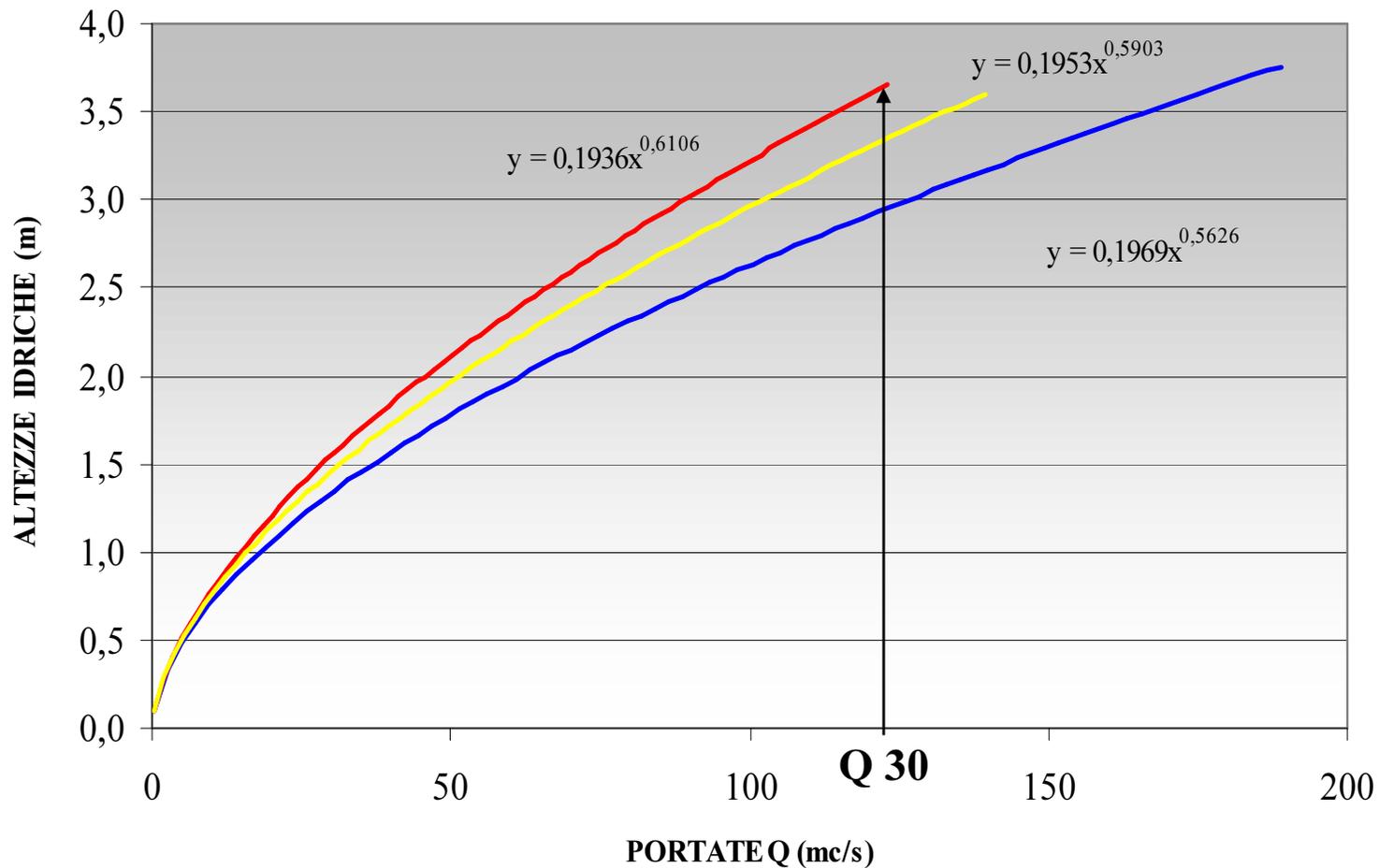
— Curva di deflusso in assenza di vegetazione

— Curva di deflusso in presenza di vegetazione spontanea [sponda sx: veg. arborea(3) d. medio 20cm; dist. media tra piante 7,5m; sponda dx: veg. arborea(3) d. medio 7cm; dist. media tra piante 3,5m+v. erb.(1)h=40cm]

Diametro medio 3 cm su entrambe le sponde



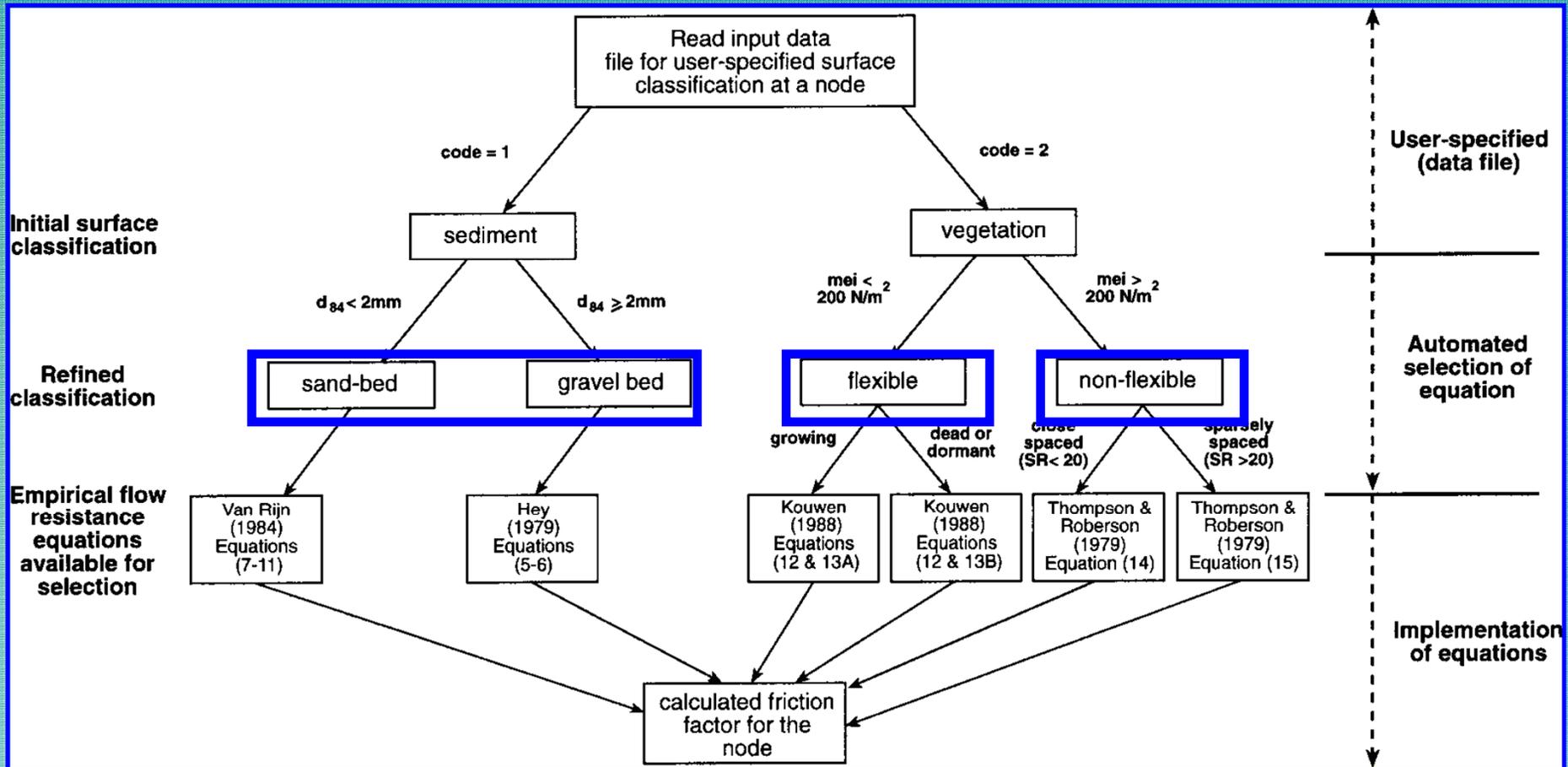
Curve di deflusso sezione Greve119



SPONDA SX: diametro medio da 20 a 12 cm

SPONDA DX: aumento spaziatura da 3,5 a 7 m

H-Model



Funzioni di calcolo:

1) FLA (flood level analysis)

2) HQC (upper case characters)

DIS (discharge analysis) e 3) Shear Stress Distribution

CASO DI STUDIO: ARNO A FIRENZE

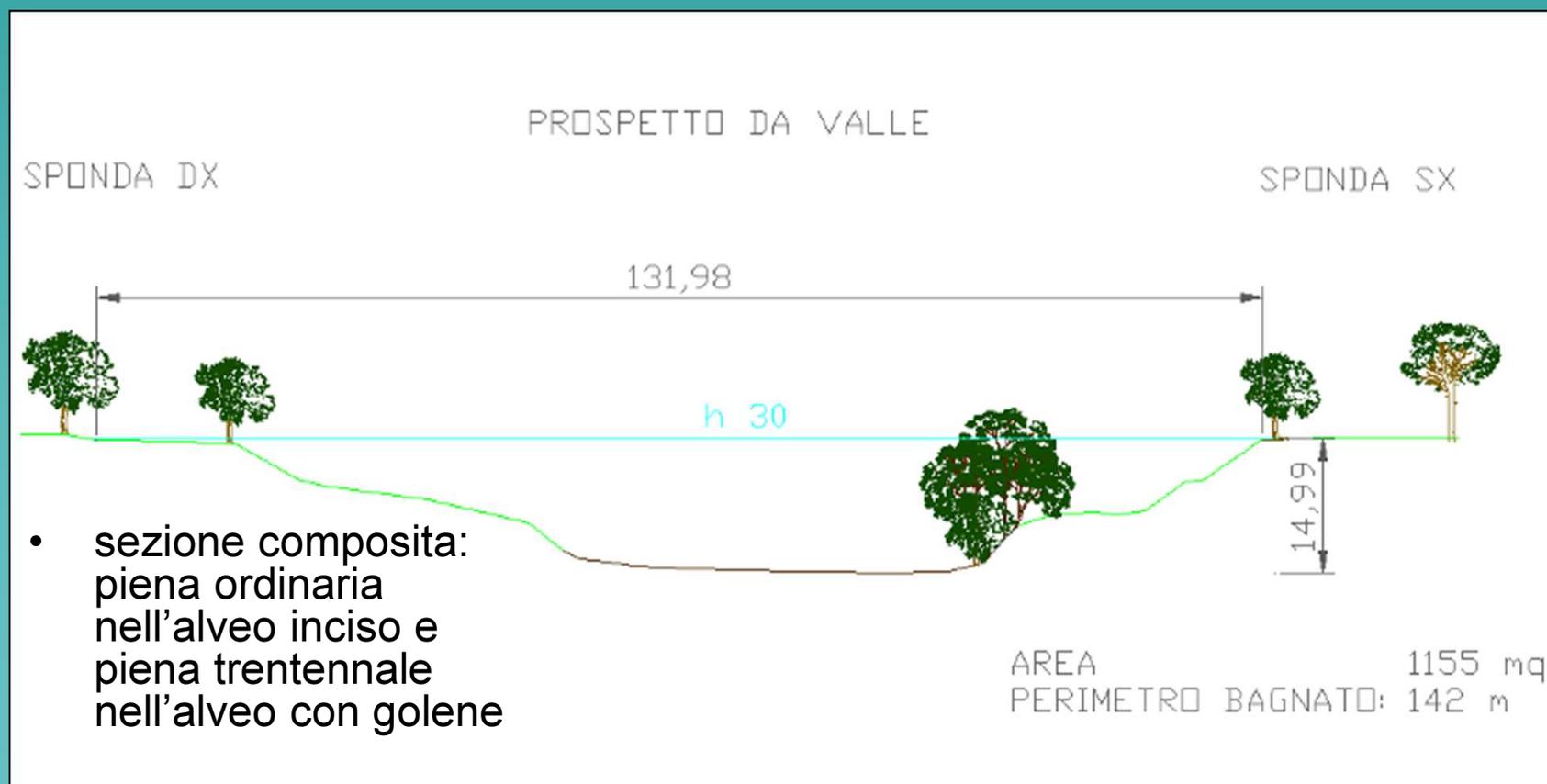
- **2 Enti diversi gestiscono le sponde del fiume Arno nel tratto del Parco delle Cascine a Firenze adottando criteri chiaramente diversi: l'ex Consorzio di Bonifica Area Fiorentina in destra e l'ex Consorzio di Bonifica Toscana Centrale in sinistra:**
- **in destra idraulica la vegetazione arborea è assente nell'alveo interessato da portata trentennale (circa 2500 m³/s con 15 m di tirante);**
- **in sinistra idraulica è mantenuto un buffer di vegetazione riparia al piede della sponda;**
- **Quantificazione degli effetti di criteri di gestione, più o meno intensivi, sulla capacità di smaltimento delle portate dell'alveo e sulla stabilità delle sponde.**

SPAZIATURA/DIAMETRO > 10



RILIEVI

- Raccolta dati ed elaborazione dei dati dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno;
- Calcolo di Sezione e Raggio idraulico (validazione modello);
- Determinazione del rapporto larghezza/altezza dell’alveo $b/h = 8.86$;
- Rilievi vegetazionali: vegetazione arborea e vegetazione erbacea.



RILIEVI

- La sezione studiata è quella interessata dalla portata con tempo ritorno trentennale, sulla base di disposizioni contenute nel **D.P.R. del 14 aprile 1993**, nel quale si classificano le manutenzioni a carico della vegetazione riparia tra le tipologie degli **interventi manutentori da effettuarsi nei corsi d'acqua regimati e non regimati**, e nel quale viene indicata come livello di riferimento per individuare l'area da gestire quello raggiunto appunto dalla **portata con tempo di ritorno orientativamente trentennale**.
- Lo studio vegetazionale è stato condotto in corrispondenza di una sezione rappresentativa di tutto il tratto a portata costante

La vegetazione erbacea

- Rilevamento dell'altezza;
- Manutenzione: metodi e frequenza.

PRIMA DELLO SFALCIO...



- Vegetazione erbacea su entrambe le sponde: 3 aree di saggio rettangolari di 72 m² (6x12 m), secondo il metodo di Braun Blanquet;
- L'altezza varia fra i 0,5 ed i 2 m; in sponda sx la vegetazione ha carattere prevalentemente erbaceo, con prevalenza di ortica e artemisia, mentre in dx presenza di ceppaie arboree in ricaccio, unite a nuclei sparsi di *Arundo donax* e *Achnatherum*.

... DOPO LO SFALCIO

- “Disciplinare Attuativo per interventi sulla vegetazione riparia in corsi d’acqua e canali”
pubblicato dalla **Provincia di Firenze** in collaborazione con C.M. della Montagna Fiorentina, C.M. del Mugello, C.M. del Pratomagno e Consorzio di Bonifica dell’Area Fiorentina:



Sponda sinistra (buffer arboreo)

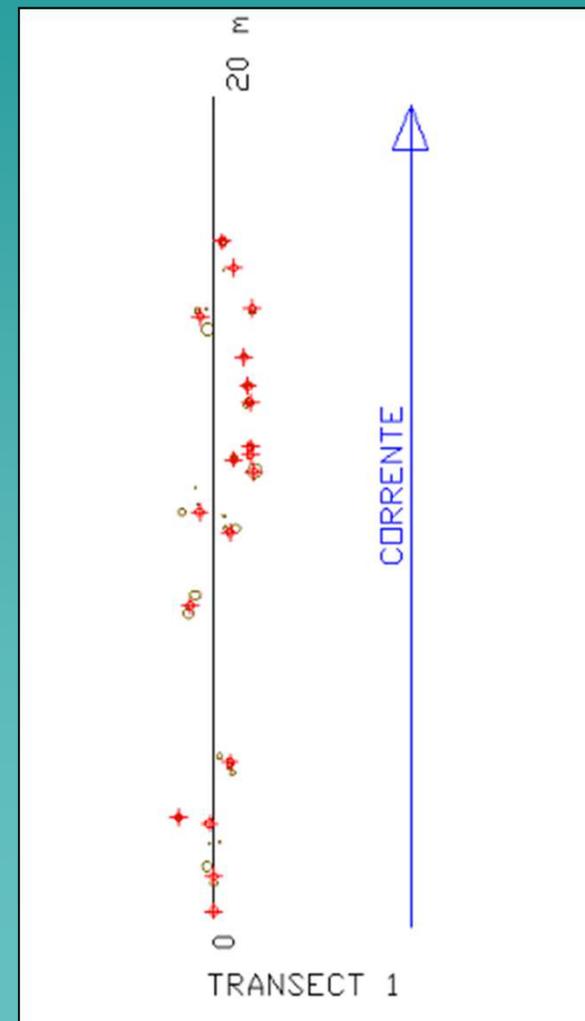


Sponda destra
(solo vegetazione erbacea)

“Il taglio deve avvenire ad un'altezza minima di 10 cm da terra così da consentire una via di fuga alla fauna minore incapace di rapidi spostamenti. È consentito il rilascio di una fascia vegetata al piede della sponda con finalità antierosive, ombreggianti ma anche di rifugio e nidificazione dell'avifauna”.

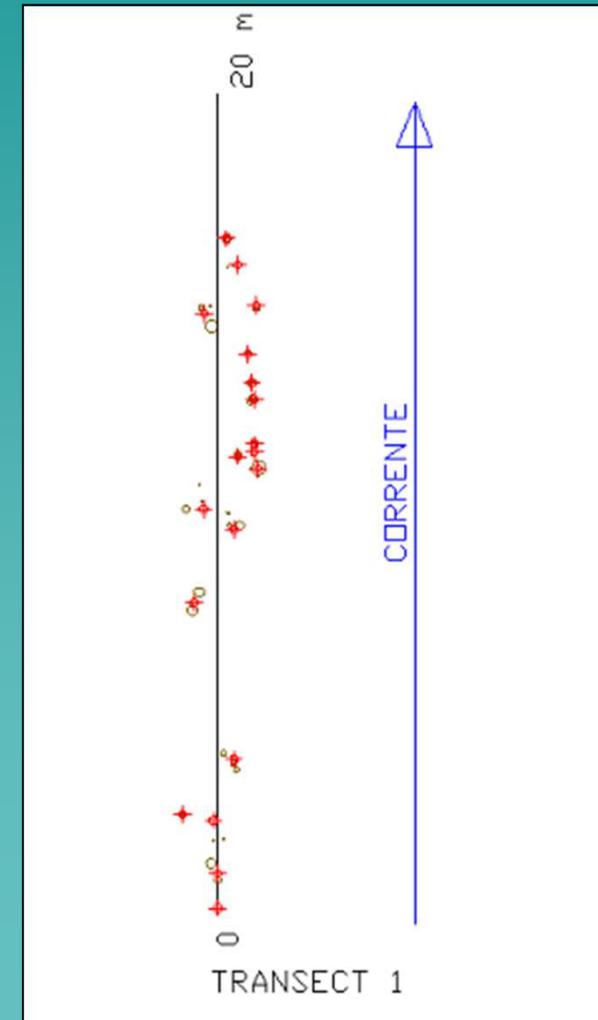
La vegetazione arborea

- Descrizione del popolamento
- Gestione
- Metodi di rilevamento

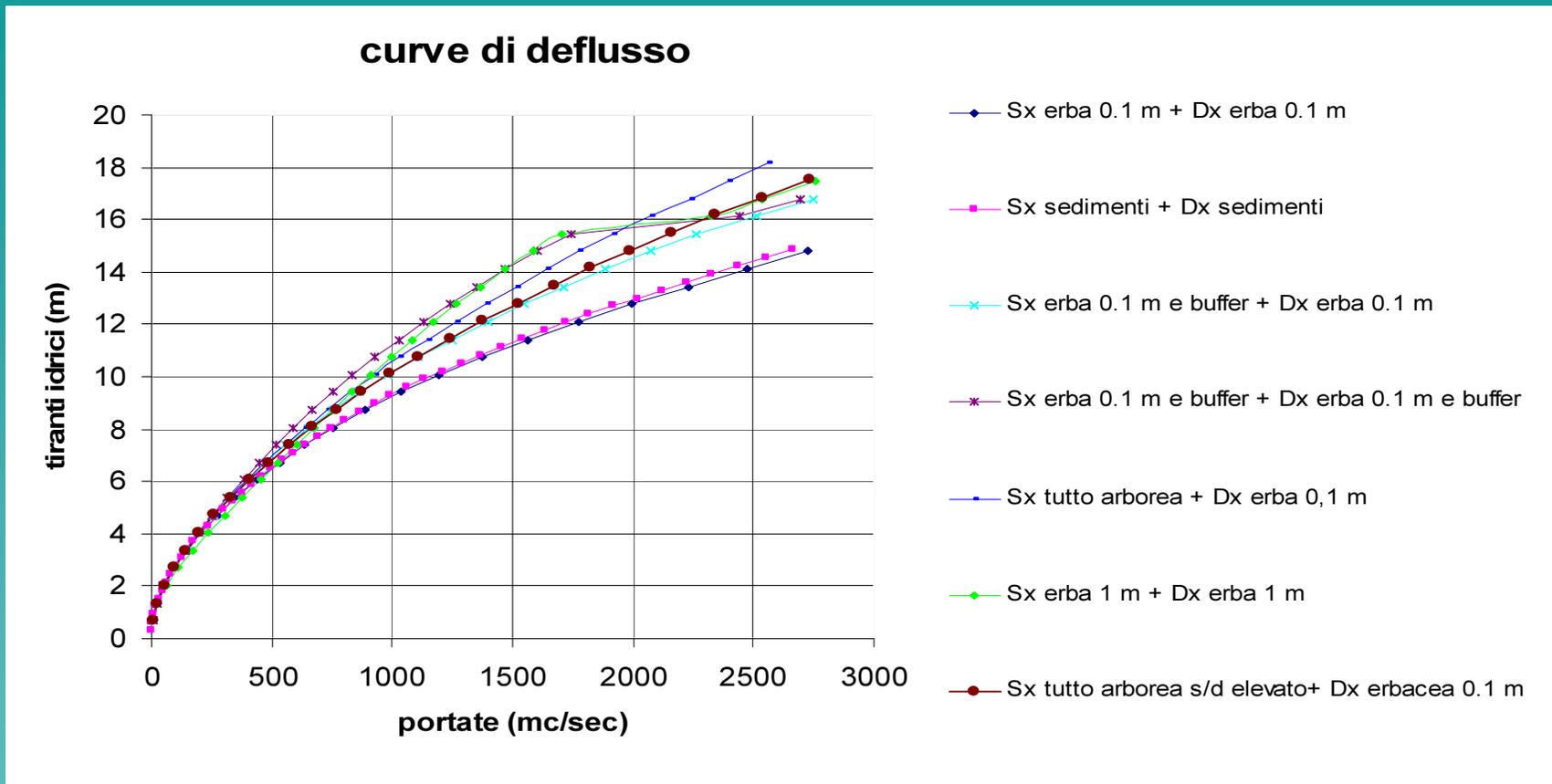


La vegetazione arborea (segue)

- Fascia alberata in sx: 3 *transects* di 20 m di lunghezza per 2 di larghezza;
- Spaziatura $s = 0.97$ m e diametro medio $d = 0.15$ m;
- Rilievo della posizione di ogni ceppaia e di ogni pollone e la larghezza media della fascia arborata in ogni punto.



2. High-Q Curve



s=0,97 e d = 0,15 m

La presenza di vegetazione arborea crea sovralzso idrico;

Con spaziature elevate l'effetto delle piante arboree anche su tutto l'argine non è eccessivo.

Ipotizzando erba alta 1 m, la curva di deflusso si innalza notevolmente;

Le curve relative ad alveo privo di vegetazione o con erba tagliata sono le più basse.

1. Flood Level Analysis

- Si calcola il tirante idrico per una data portata, in questo caso 2552 m³/s, corrispondenti ad un Tr=30 anni;
- Si sono simulate diverse situazioni di copertura vegetale per valutare il sovrizzo idrico % rispetto al tirante indicato dall’Autorità di Bacino* (14.99 m) per tale portata e simile a quello con copertura erbacea alta.

copertura sponda SX	centro alveo	copertura sponda DX	h	sovrizzo
erba h = 0.1 m	sedimenti d = 0.035 m	erba h = 0.1 m	14.32	-4.47%
sedimenti d = 0.035 m	sedimenti d = 0.035 m	sedimenti d = 0.035 m	14.56	-2.87%*
erba h = 0.1 m con fascia arborea	sedimenti d = 0.035 m	erba h = 0.1 m	16.25	8.41%
erba h = 0.1 m con fascia arborea	sedimenti d = 0.035 m	erba h = 0.1 m con fascia arborea	16.41	9.47%
tutta veg arborea con S elevata	sedimenti d = 0.035 m	erba h = 0.1 m	16.95	13.08%
tutta veg. arborea con S reale	sedimenti d = 0.035 m	erba h = 0.1 m	18.1	20.75%

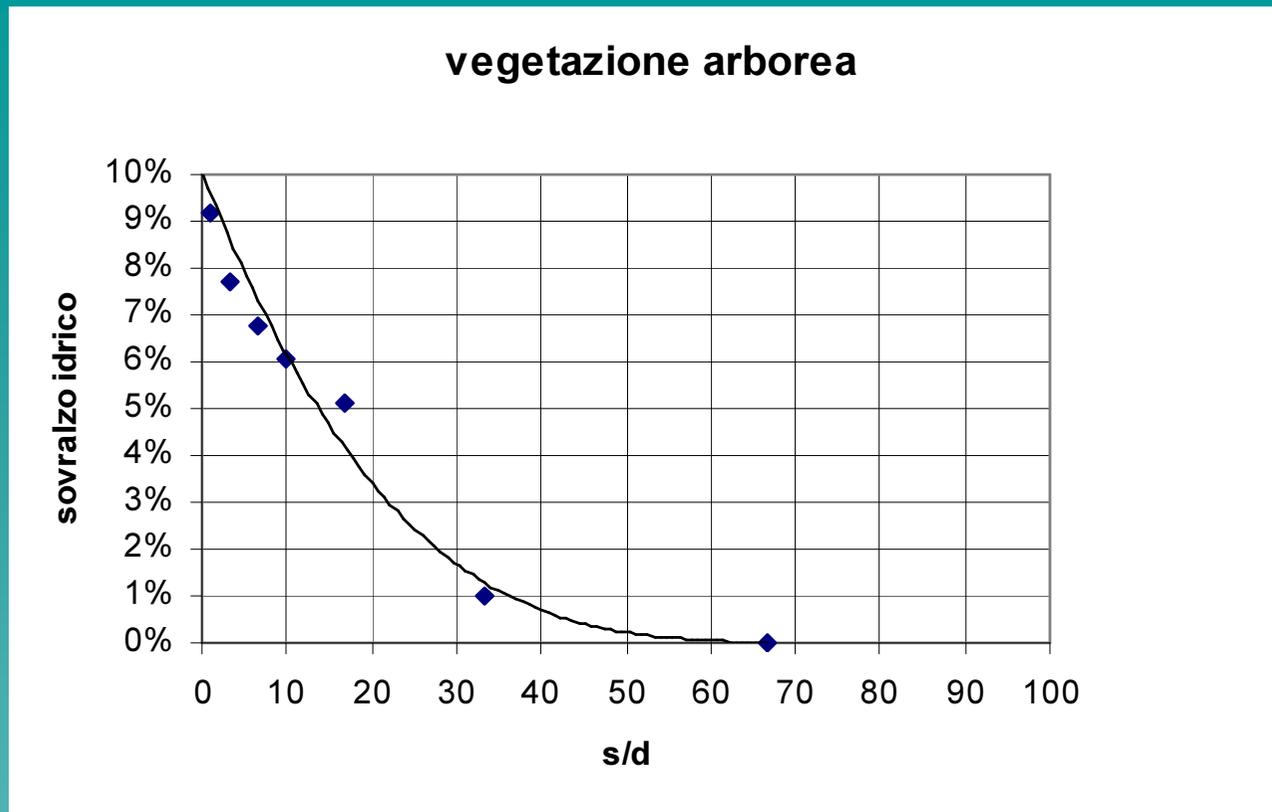
- **Se l’alveo fosse sgombro o con erba tagliata non ci sarebbero problemi di aumento del tirante (con erba alta 1 m, il tirante si innalza notevolmente);**
- **In presenza di vegetazione arborea il tirante aumenta notevolmente, ma l’ipotesi di un buffer su ambedue le sponde non comporta un sovrizzo eccessivamente elevato;**

Vegetazione arborea: rapporto s/d

- Le formule impiegate per determinare l'effetto della vegetazione sul deflusso si basano sul rapporto Spaziatura/Diametro;
- s/d è quindi il parametro che determina l'aumento di resistenza dovuto alla presenza di alberi in alveo e sulle sponde;
- Si valuta il sovralzco idrico % in relazione a variazioni di s/d;



- Confronto fra situazioni diverse.

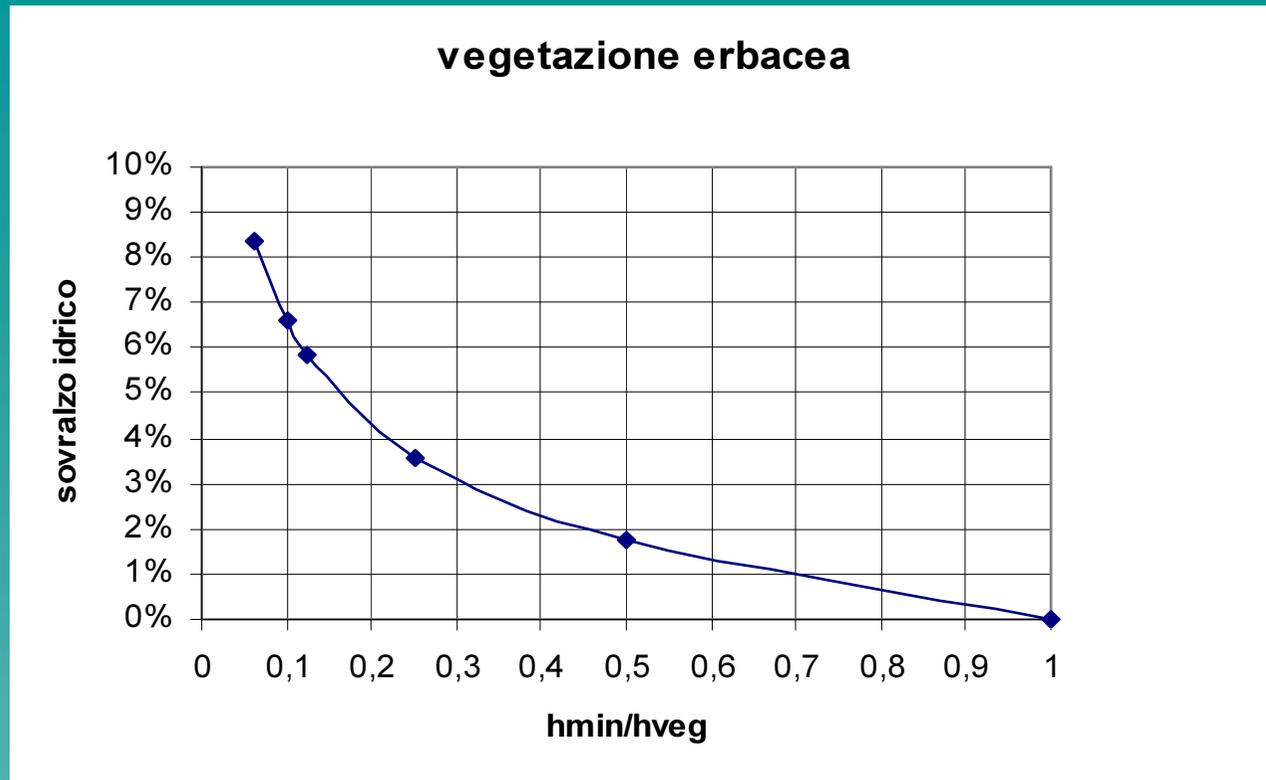


- Risultati ottenuti ipotizzando una situazione di vegetazione non flessibile (con diversi valori di s/d) in sponda sinistra, mantenendo in sponda destra una copertura erbacea di 10 cm di altezza.
- Solo per valori di $s/d > 10$ l'effetto sul sovrizzo idrico non sarebbe rilevante ($< 5\%$), a conferma di quanto dimostrato da altre esperienze (Guarnieri e Preti, 2007). Nel caso in esame l'attuale rapporto s/d , rilevato sul buffer vegetazionale rilasciato in sinistra, è risultato pari a **6.32**, quindi un valore ridotto (interventi di taglio limitati alla sola rimozione delle piante instabili o cadute), ma in un *buffer* poco esteso.
- Indici $b/h*d/s$ oppure $b/h-s/d$ non sono monotone: abachi o diagrammi tridimensionali UTILI PER SCOPO APPLICATIVO.

L'effetto della vegetazione erbacea

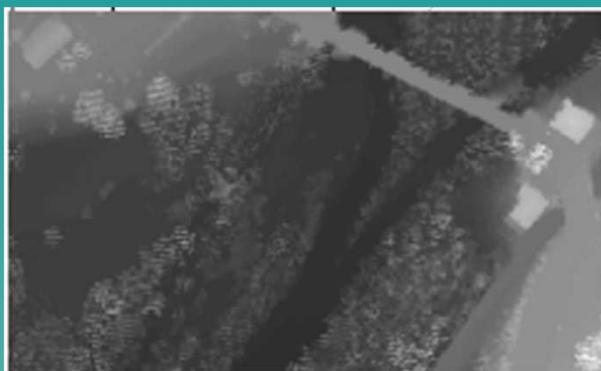
- H-Model si basa su due variabili: erba secca/erba verde e altezza dell'erba;
- Al momento dei rilievi (metà settembre) la vegetazione superava talvolta i 150 cm di altezza ed era in pieno sviluppo;
- Simulazione in H-Model: assenza di alberi, variazione di h dell'erba;





- Relazione esistente fra il sovrizzo idrico ed il parametro adimensionale h_{min}/veg , ottenuto dal rapporto fra l'altezza minima della vegetazione erbacea h_{min} e l'altezza della vegetazione in crescita h_{veg} . L'altezza minima h_{min} è stabilita per normativa in 10 cm, per motivi ecologici e non idraulici, al fine di tutelare la fauna minore durante gli interventi di sfalcio (Guarnieri e Preti, 2007).
- Si nota che **l'effetto della vegetazione erbacea diventa trascurabile (< 5%) per valori di $h_{min}/h_{veg} > 0.1-0.2$, ovvero quando l'altezza dell'erba è inferiore ai 50 cm;**
- Per gran parte dell'anno l'erba non supera questa altezza, pertanto da un punto di vista idraulico la gestione risulta appropriata.

TELERILEVAMENTO LiDAR



a)



b)



c)



d)

Figura a), b), c) d) ed e). Area di studio Serchio a ponte Campia: a) rappresentazione del DSM dal grid LiDAR dell'area in esame; b) DTM dal grid LiDAR dell'area in esame; c) le tre aree di rilievo a vegetazione arborea (ads1), erbacea (ads2), arbustiva (ads3); d) differenza DSM-DTM (CHM) dai rispettivi grid LiDAR

Vegetazione arborea (ads1), arbustiva (ads2), erbacea (ads3)

3. Distribuzione dello sforzo tangenziale

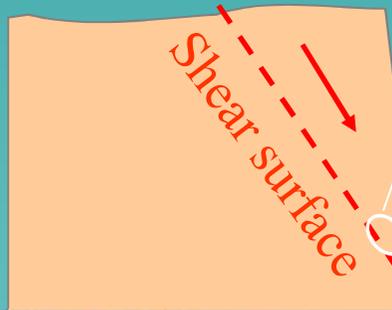
- Calcolo dello sforzo tangenziale medio $\tau = 16 \text{ N/m}^2$
- Limite di resistenza al taglio del cotico erboso $\tau = 20 \text{ N/m}^2$ (e.g. Chow, 1959),
- Calcolo dello sforzo di trascinamento con H-Model:



Stabilità delle sponde fluviali

Cohesion :
electro-chemical
bonds between
particles

+ root
reinforcement



Matric suction –
apparent cohesion

Normal load – weight of
bank increases friction

Friction –
inter-particle roughness

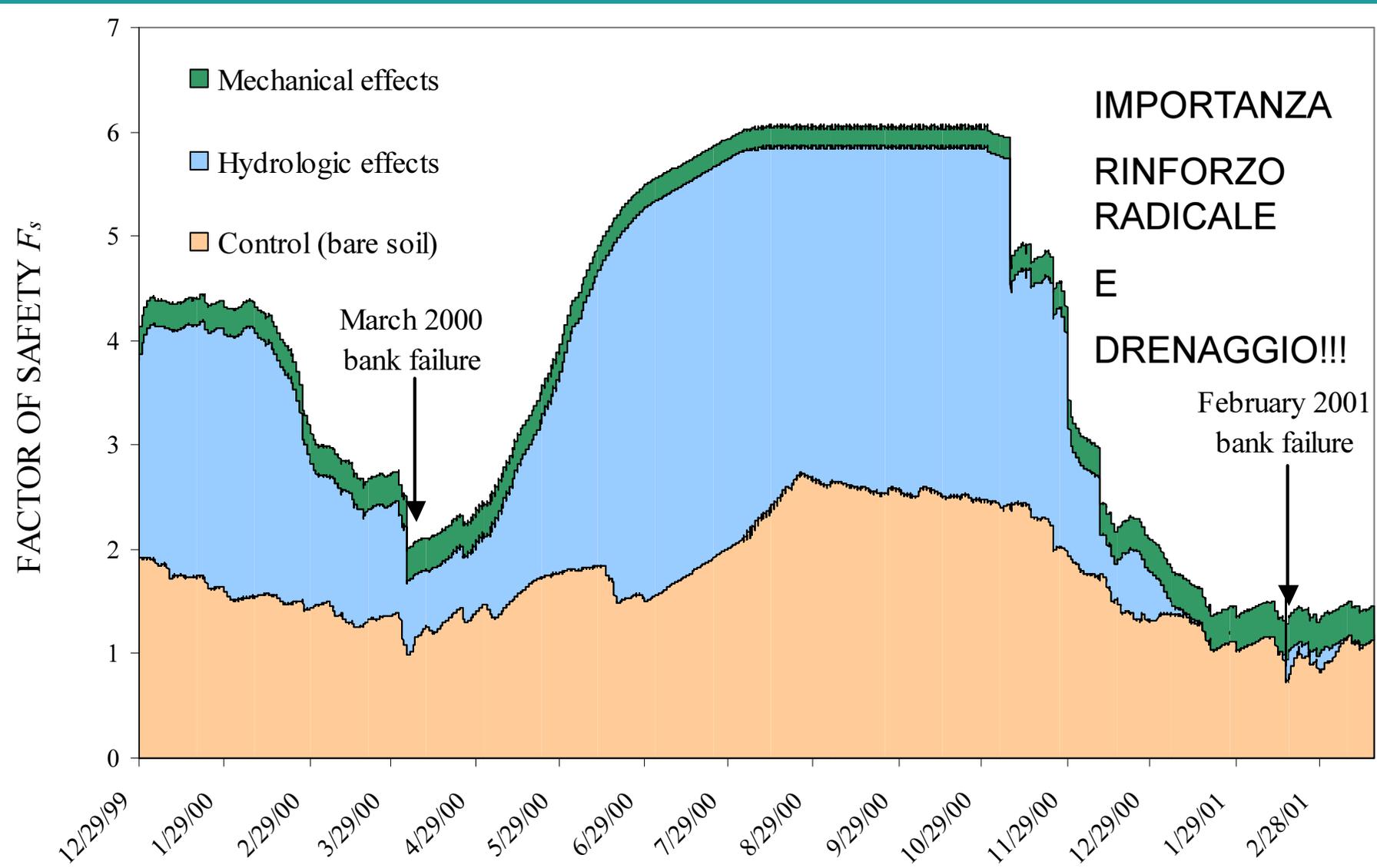
Pore-water pressure –
reduces effective
friction



Simon, 2012

Coesione apparente > rinforzo
radicale > coesione terreno

Hydrologic and Mechanical Effects



**Effetti a scala di bacino idrografico
“diffusi” (impluvi minori e versanti)**

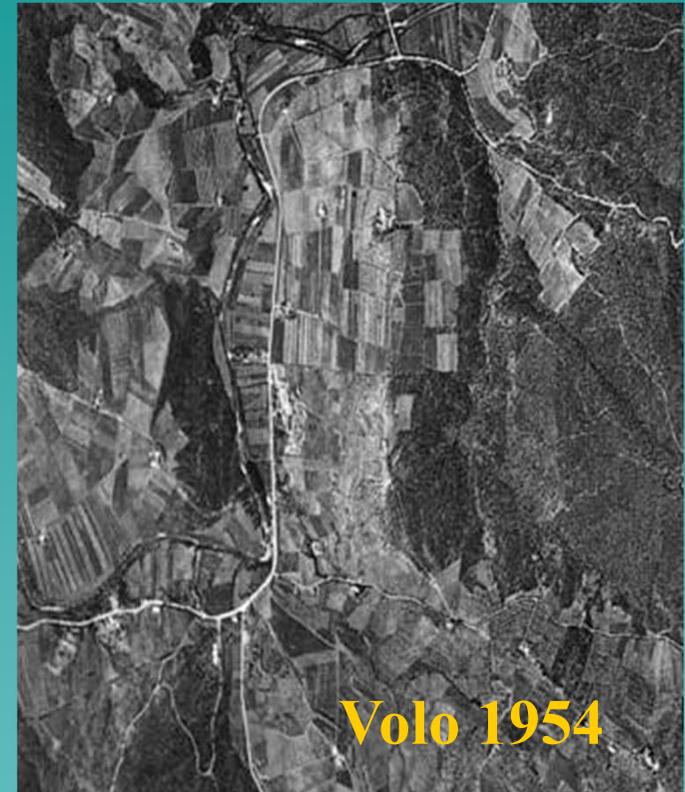


EVOLUZIONE TERRITORIALE



Volo 1991

Foto aeree di zona collinare del bacino del F. Greve: la fitta rete sistematoria agraria del 1954 è notevolmente ridotta nel 1991 (volumi di invaso e tempi di corrivazione minori)



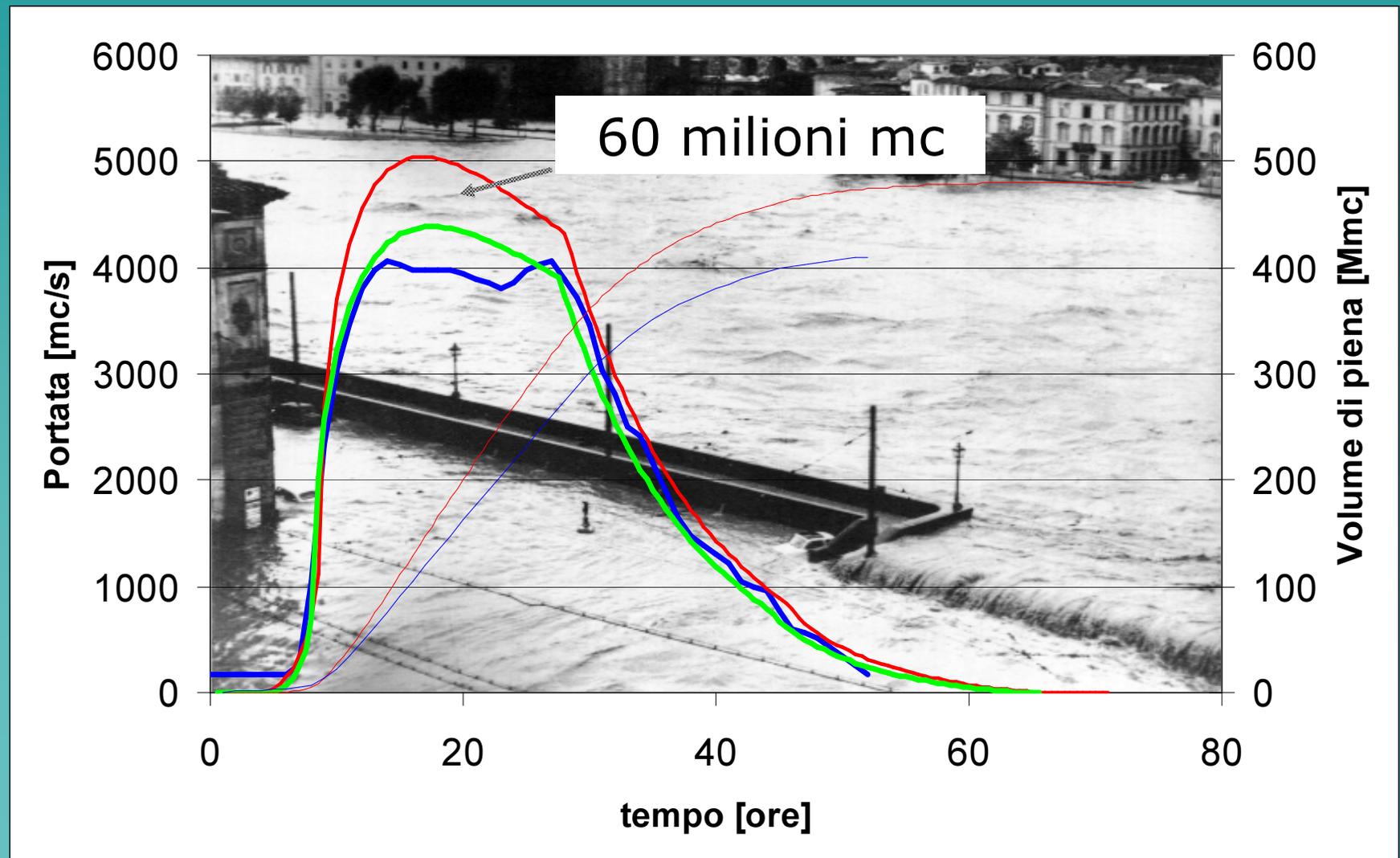
Volo 1954

**CHIANTI
BACINO ARNO**



EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA: ARNO A FIRENZE dalla Lettura di G. Menduni

su “La regimazione delle acque. Dalle sistemazioni dei terreni, ai laghetti collinari ed alle casse di espansione”, adunanza pubblica all’Accademia dei Georgofili del 2 maggio 2002.



Quanta vegetazione arriva agli alvei? E da dove?

Lunigiana 2011



02/11/2011

Lunigiana 2011



Versilia 1996

Seravezza - Il muro



Versilia 1996

Vallinventri di Stazzema





Lunigiana 2011



Lunigiana 2011

Lunigiana 2011: riattivazione di aste del primo ordine del reticolo idrografico

Tr ~ 300 anni





Lunigiana 2011: colate di detrito

**Lunigiana 2011:
vegetazione su
versanti**



Le piante “pesano” o “tengono”? Quante frane ci sarebbero senza vegetazione?

Lunigiana:

Stima del materiale rimosso dagli alvei dalla Comunità Montana della Lunigiana Comprensorio di Bonifica 1 e 3 (dott. Rocchi)

12.000 m³ (34 giornate x 20 operai e 5 giornate con macchina operatrice) prevalentemente pioppo e ontano

Analogamente al caso della Versilia del 1996, ma con prevalenze di piante dai versanti in quel caso.

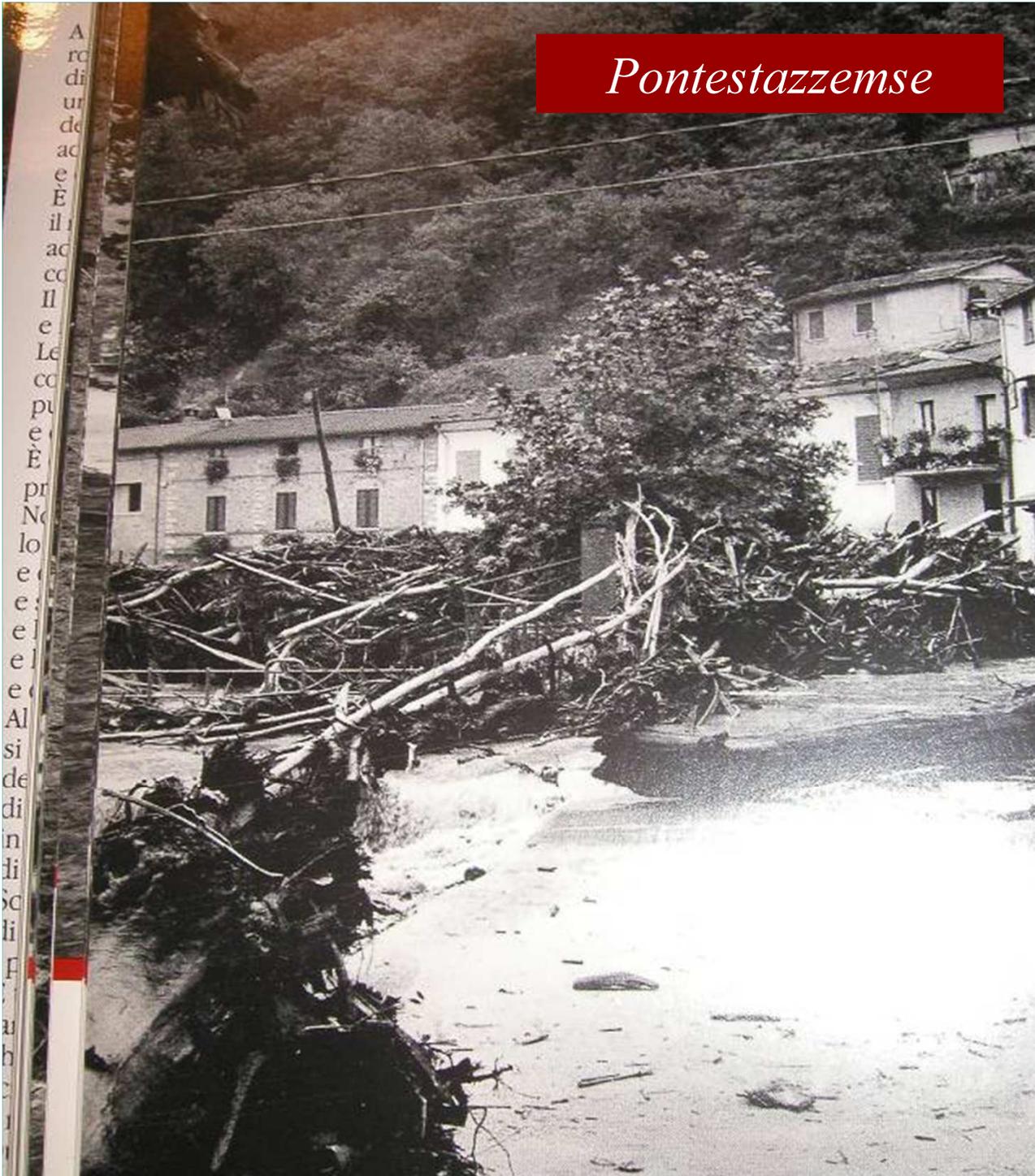
mancano ancora dati sulla superficie dissestata, sulla densità delle coperture e sulla rimozione dalle spiagge (a valle del Vara) a cura del Comune di Carrara (società Amia).

LW recruitment (calculated as eroded area multiplied by wood stand volumes, and then expressed per kilometre of channel length) were very high i.e., 774 m³km⁻¹ on average in the Gravegnola (404-1273 m³km⁻¹) and 341 m³km⁻¹ in the Pogliaschina (15-626 m³km⁻¹). The total LW recruited was 9400 m³ in the Gravegnola and 4540 m³ in the Pogliaschina. Most of the recruited LW stemmed from flood-plain erosion (80% in Gravegnola and 71% in Pogliaschina) and the rest from col-luvial processes, predominantly landslides. Out of the LW recruited, the 96% and 82% remain deposited in the channels of the Gravegnola and Pogliaschina, respec-

Large wood recruitment and transport during a severe flash flood in North-western Italy

Lucía Ana¹, Comiti Francesco¹, Borga Marco², Cavalli Marco³ and Marchi Lorenzo³

Pontestazzemse



Versilia:

circa **100 m³/ha** di legname mobilitato dal bacino di cui circa metà arrivati in alveo e metà trattenuti (circa il 25%) per un'area dissestata pari a circa il 10% del bacino.

- Castagno: 450-600 m³/ha, **100 piante/ha**, diametro medio 75 cm, età 60 anni e altezze oltre i 20 m
- Carpino nero: 200 m³/ha, **2.000-2.500** ceppaie/ha, diametro medio polloni 9 cm, età 35 anni

• Sponde = Versanti

CONCLUSIONI

Importanza dell' utilizzo di modelli idrologici-idraulici per la valutazione degli effetti della vegetazione a scala di sezione fluviale, asta, bacino idrografico (esempio: ALTO/H-Model)

Analisi di effetti idrologico-idraulici (rischio) e di stabilità d'alveo (plano-altimetrica e delle sponde)

Individuazione di tratti fluviali critici

Importanza della manutenzione (confronto tra diversi scenari per la programmazione)



REGIONE TOSCANA

Settore Tutela e
Valorizzazione Delle
Risorse Ambientali

VEGETAZIONE RIPARIALE

Volume 1

conoscenze e tecniche per corsi d'acqua naturali e canali di bonifica

<http://www.regione.toscana.it/-/vegetazione-ripariale-conoscenze-e-tecniche-per-corsi-d-acqua-e-canali-di-bonifica>



VERSIONE: BOZZA
REVISIONE: 3

COLLANA FIUMI E TERRITORIO

Publicazione ON LINE sito Regione Toscana



Università degli Studi di Firenze

**CORSO DI AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE**

INGEGNERIA NATURALISTICA E MANUTENZIONE DEL TERRITORIO

A.A. 2010/2011

ISTITUZIONE ED OBIETTIVI FORMATIVI:

È istituito presso l'Università degli Studi di Firenze, per l'anno accademico 2010/2011, il Corso di aggiornamento professionale in "Ingegneria naturalistica e manutenzione del territorio" con Decreto n. 47070 (660) e Decreto n. 53120 (844) 2010.

Il Corso è diretto dal Prof. ing. Federico Preti.

Il Corso intende fornire agli studenti gli elementi conoscitivi e gli approfondimenti necessari per l'applicazione delle Sistemazioni Idraulico-Forestali anche con tecniche di Ingegneria Naturalistica e/o nell'ambito della riqualificazione del territorio.

STUDI CONDOTTI

- Guarnieri, L., Preti F., 2007, Modellazione idraulica degli effetti dovuti alla manutenzione della vegetazione riparia, **Quaderni di Idronomia Montana**, Vol. 27, Nuova Editoriale Bios
- Baronti F., Bianchi L., Calamini G., Guarnieri L., Maltoni A., Paci M., Preti F., Salbitano F., Tani A., 2007, Biomassa e gestione della vegetazione di sponda: il caso del Torrente Ripopolo (LI), **Italia Forestale e Montana**, n. 5 anno 2007
- Forzieri, G., Guarnieri L., Vivoni E.R., Castelli F., Preti F., 2010, Multiple Attribute Decision-Making for Individual Tree Detection using High-resolution Laser Scanning, **Forest Ecology and Management**
- Forzieri, G., Guarnieri L., Vivoni E.R., Castelli F., Preti F., 2010, Spectral-ALS data fusion for different roughness parameterizations of forested floodplains, **River Research and Applications**
- Forzieri G., Degetto M., Righetti M., Castelli F., Preti F., 2011, Satellite Multispectral Data for Improved Floodplain Roughness Modelling, **Journal of Hydrology**
- Forzieri G., Vivoni E.R., Castelli F., Preti F., 2011, Advances in Hydraulic Roughness Remote Sensing, in press **International Journal of Remote Sensing (IJRS)**

GRAZIE per l'ATTENZIONE

