



Convegno nazionale forestale



**Politiche forestali
e sviluppo rurale
per la programmazione
2014-2020**

FIRENZE, 15-16 GENNAIO 2014

Aula Magna del Rettorato
Piazza San Marco, 4

Sistemazioni idrauliche, boschi e dissesto idrogeologico

Federico Preti

SSD AGR08
Idraulica agraria
Sistemazioni
Idraulico-Forestali

GESAAF
Sezione Ingegneria
Agraria, Forestale e dei
Biosistemi



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

GESAAF
DIPARTIMENTO DI GESTIONE
DEI SISTEMI AGRARI,
ALIMENTARI E FORESTALI

CONTENUTI

✓ **Rischio e Sistemazioni**

✓ **Indagini: effetti della e sulla vegetazione**

✓ **Versilia 1996, Vinchiana 2000, Serchio e
Alta Toscana 2009, Candia 2010 e 2012,
Lunigiana 2011**

✓ **Evoluzione e Manutenzione del Territorio**

✓ **Ringraziamenti:**

**A. Dani, A. Errico, E. Guastini, Studenti forestali
ARSIA**

Provincia di Massa

Unione dei Comuni Alta Versilia

Unione dei Comuni Casentino, etc.



Il “rischio”



Prevention



International Institute for Disaster Risk Management (IDRM)

H <= Predisposizione del territorio italiano +
“bombe d’acqua”

V <= assenza di prevenzione e di
manutenzione del territorio

E <= pianificazione errata

$$R = H V E$$

H = Hazard (Pericolosità) $0 < H < 1$

V = Vulnerabilità $0 < V < 1$

E = Elementi a rischio (€)



Mitigation



International Institute for Disaster Risk Management (IDRM)

Le SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI:
dimensionamento, costruzione e modo di
impiego delle opere, **intensive ed estensive**, per
eliminare le cause o contrastare gli effetti di
dissesto del territorio (fenomeni alluvionali,
processi erosivi e franosi, colate detritiche e
fangose, distacco di massi e cadute di
valanghe), che avvengono nei bacini torrentizi
(collinari e montani), creando, le condizioni per
il **ritorno della vegetazione**, chiudendo il ciclo
ricostruttivo degli equilibri naturali distrutti o
alterati

(Puglisi, 2003).

Criteri

INTEGRALITÀ, GRADUALITÀ, CONTINUITÀ

Legge del 13 luglio 1911, n. 774, recante provvedimenti per la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani, per le altre opere idrauliche e per le bonificazioni (*Gazz. Uff.* del 3 agosto 1911, n. 181).

TITOLO I.

Sistemazione dei bacini montani.

R.D. 21 marzo 1912 n. 442

Testo Unico per la
sistemazione idraulico-
forestale dei bacini montani

DECRETO MINISTERIALE 20 agosto 1912, col quale sono approvate le norme per la preparazione dei progetti dei lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani (1).

I MINISTRI SEGRETARI DI STATO
PEI LAVORI PUBBLICI
E PER L'AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO.

Visto l'art. 21 del Testo di legge approvato con Regio decreto 21 marzo 1912, n. 442, in esecuzione della legge 13 luglio 1911, n. 774, per la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani;

Viste le norme per la preparazione dei progetti per sistemazioni idraulico-forestali nei bacini montani, approvate in applicazione del predetto articolo dalla Commissione tecnica centrale consultiva, nell'adunanza dei 14 maggio p. p.;

Visto il voto favorevole dato in merito a dette norme dal Consiglio superiore delle acque e foreste, in seduta 3 giugno p. p.;

Visto il voto pure favorevole del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, in data 15 luglio p. p. n. 1153;

DECRETANO:

Sono approvate le annesse norme per la preparazione dei progetti dei lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani.

Roma, addì 20 agosto 1912.

*Il Ministro
dei Lavori pubblici*
SACCHI.

*Il Ministro
dell'Agricoltura, Industria e Commercio*
NITTI.

D.M. 20 agosto 1912 (*Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani*)

Art. 1

Le opere montane si dividono in due ordini di lavori

Art. 2

*Opere idrauliche di carattere **intensivo** per ottenere la **stabile correzione dei torrenti** difendendone le sponde e modificandone il profilo*

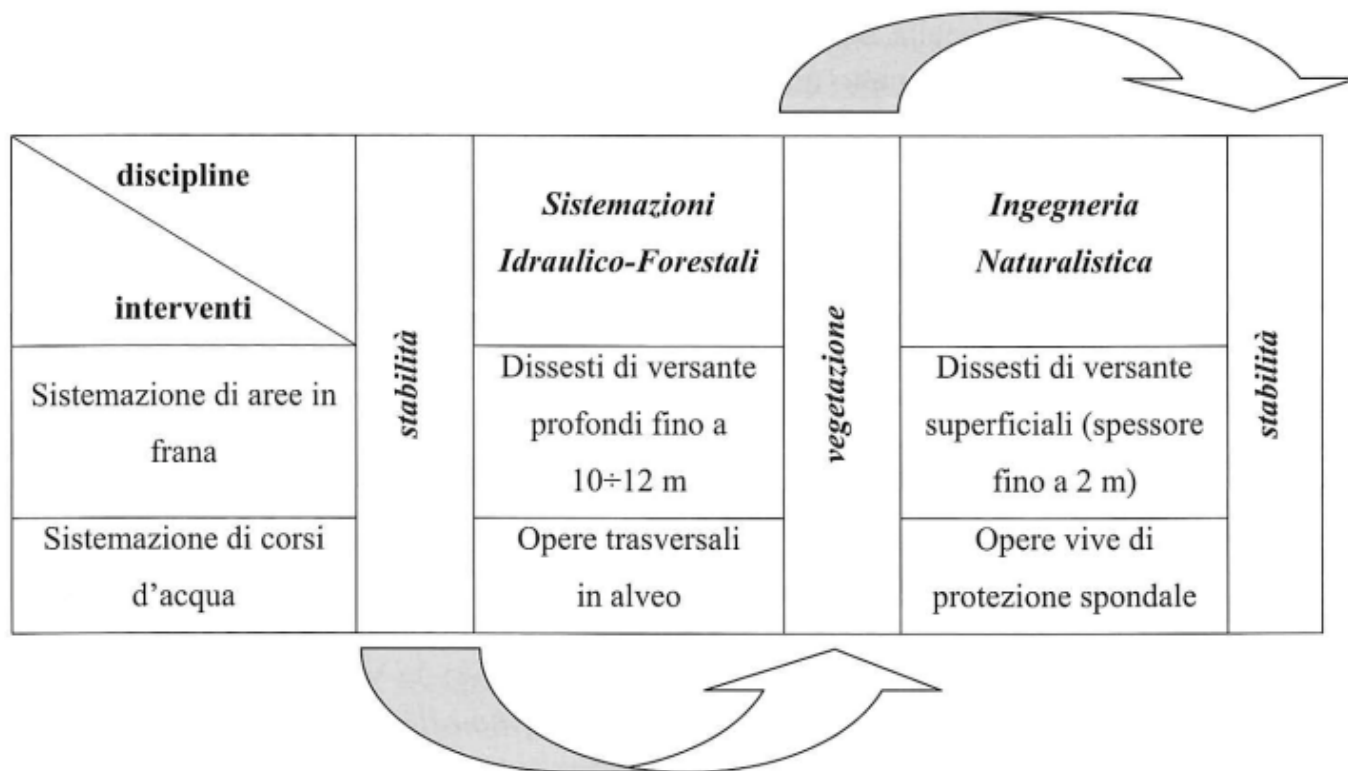
Art. 3

*Opere di carattere **estensivo**, cioè quelle **forestali**, i **rimboschimenti** veri e propri con tutti i mezzi preparatori per ottenerli, e che hanno lo scopo di consolidare e tutelare il terreno, prevenendo le frane*

SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI E INGEGNERIA NATURALISTICA

Interventi con opere realizzate utilizzando piante vive come materiale da costruzione e altri materiali reperibili in loco (Schiechtl, 1987 in Regione Toscana, 2000), in genere per la realizzazione di sistemazioni a difesa del territorio

**LA VEGETAZIONE INDUCE STABILITÀ E
LA STABILITÀ PRODUCE VEGETAZIONE.**



D.M. 20 agosto 1912 (Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani)

- *Intervenire con "...economia, modestia e semplicità e ... evitare dispendiosi lavori di muratura".*
- *"... impiegare i materiali rustici del sito, pietre, legnami, chiedendo alla forza di vegetazione i materiali viventi per il consolidamento dei terreni, ricorrendo anche a opere miste di legname e sasso.*
- *Nelle frane, sono da evitare le costruzioni murali, adottando invece piccole palizzate, graticciate o fascinate basse, inerbamenti e semine o piantagioni di alberi di pronto accrescimento".*

1922



1923



**Foto
CFS La Spezia**



2002

Versilia, 1996

Pomezzana

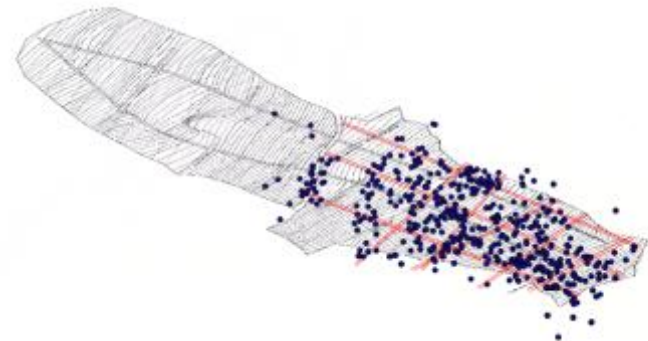
2000



2003



2013





Frana su ex coltivi abbandonati.

Assenza di
regimazione
idraulica

Effetto di
concentrazione di
deflusso

Insediamiento di
vegetazione
arborea.

Edificio a rischio.

Vinchiana, 2000

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

Tr ~ 300 anni



Lunigiana 2011: colate di detrito





Lunigiana 2011: colate di detrito

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

**Lunigiana 2011:
vegetazione su versanti**





Lunigiana 2011: erosione al piede



Lunigiana 2011:
concentrazione di deflusso

Quanta vegetazione arriva gli alvei? E da dove?





Lunigiana 2011





Lunigiana 2011



**Lunigiana, 2011:
diga sul Teglia**



Lunigiana 2011

Versilia 1996

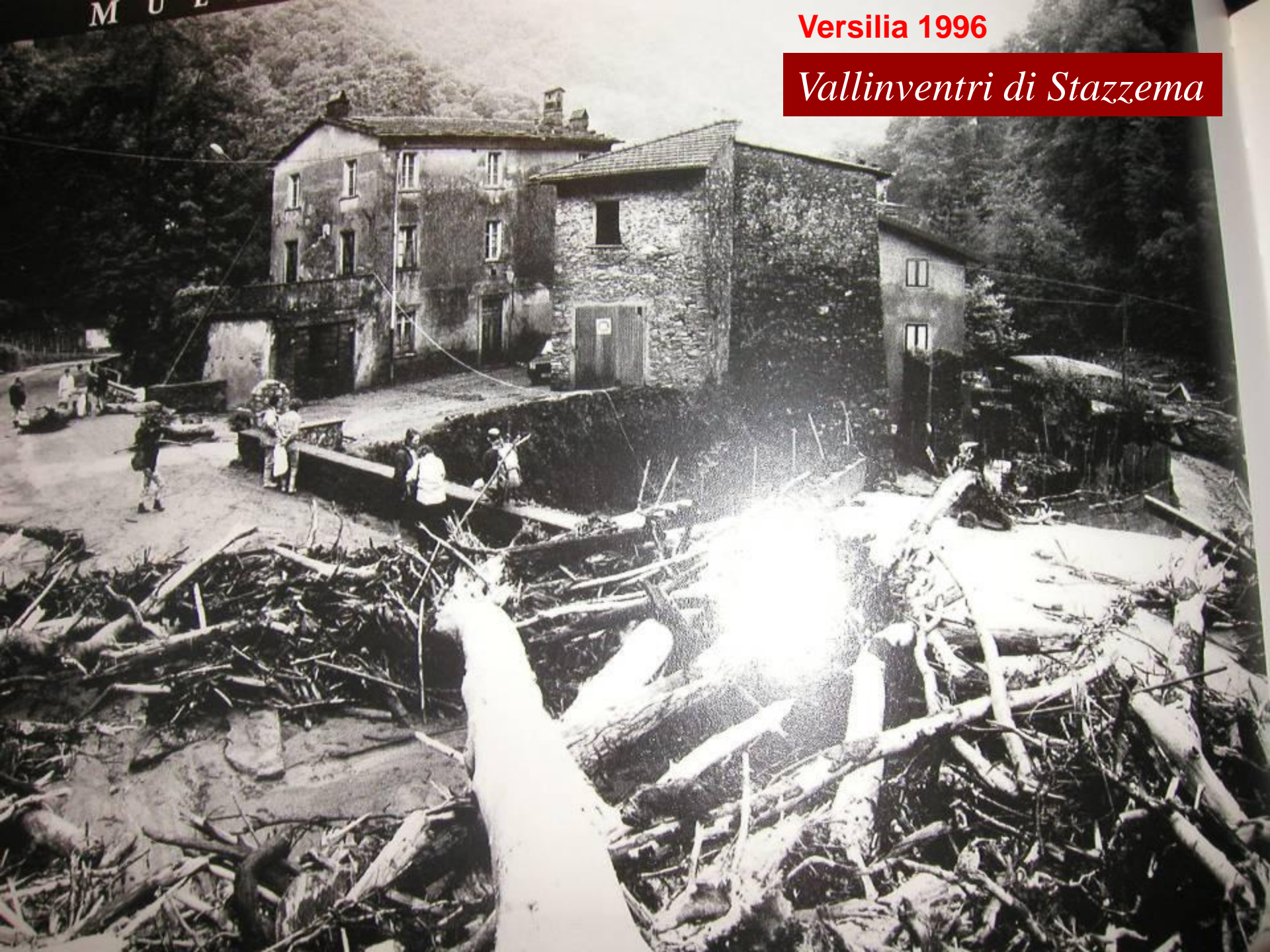
Seravezza - Il muro



M U E

Versilia 1996

Vallinventri di Stazzema



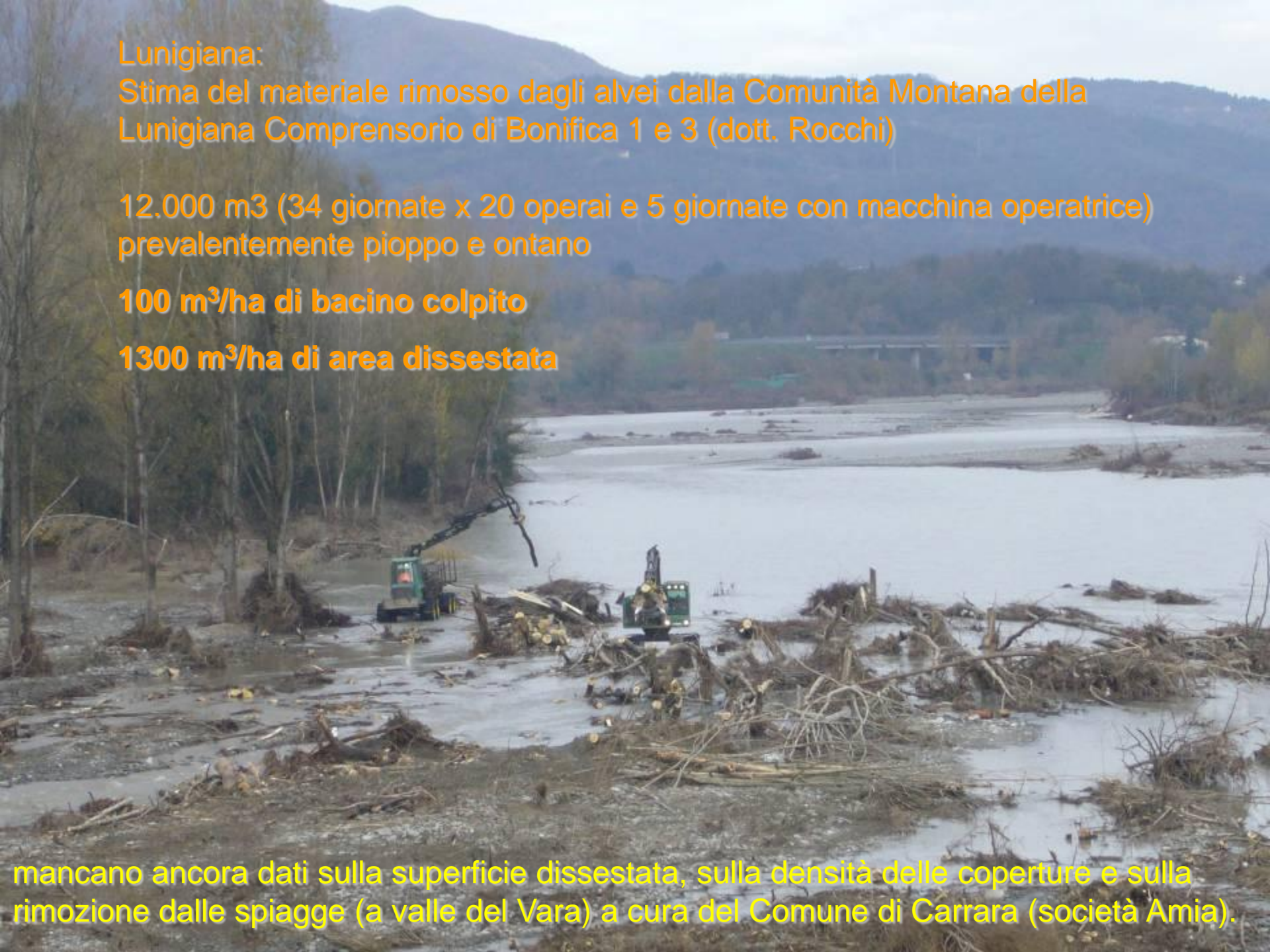
Lunigiana:

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

100 m³/ha di bacino colpito

1300 m³/ha di area dissestata



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).

Pontestazzemse



Versilia:

circa **100 m³/ha** di
legname mobilitato
dal bacino (pari a
circa **1250 m³/ha**
dissestato) di cui
circa metà arrivati in
alveo.

- 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

Tab. 4 – incidenza areale e percentuale dei dissesti per tipo di substrato e bosco

	substrati impermeabili				substrati permeabili		
	superf. totale	superf. dissestata	% dissesti		superf. totale	superf. dissestata	% dissesti
castagneti	398,30	32,73		8,2	62,26	0,83	1,3
ostrieti	80,24	3,20		4,0	361,60	1,27	0,3
<i>totali</i>	<i>478,54</i>	<i>35,93</i>		<i>7,5</i>	<i>423,86</i>	<i>2,10</i>	<i>0,5</i>

- Amorfini A., A. Bartelletti, F. Preti, (2002), Analisi dell'evento alluvionale del 19 giugno 1996 in Alta Versilia-Garfagnana e degli interventi di sistemazione dei versanti, Quaderni di Idronomia Montana 18, pp. 39÷64

Castagno “killer”?

Ma il sovraccarico corrisponde a pochi cm di suolo equivalente ...

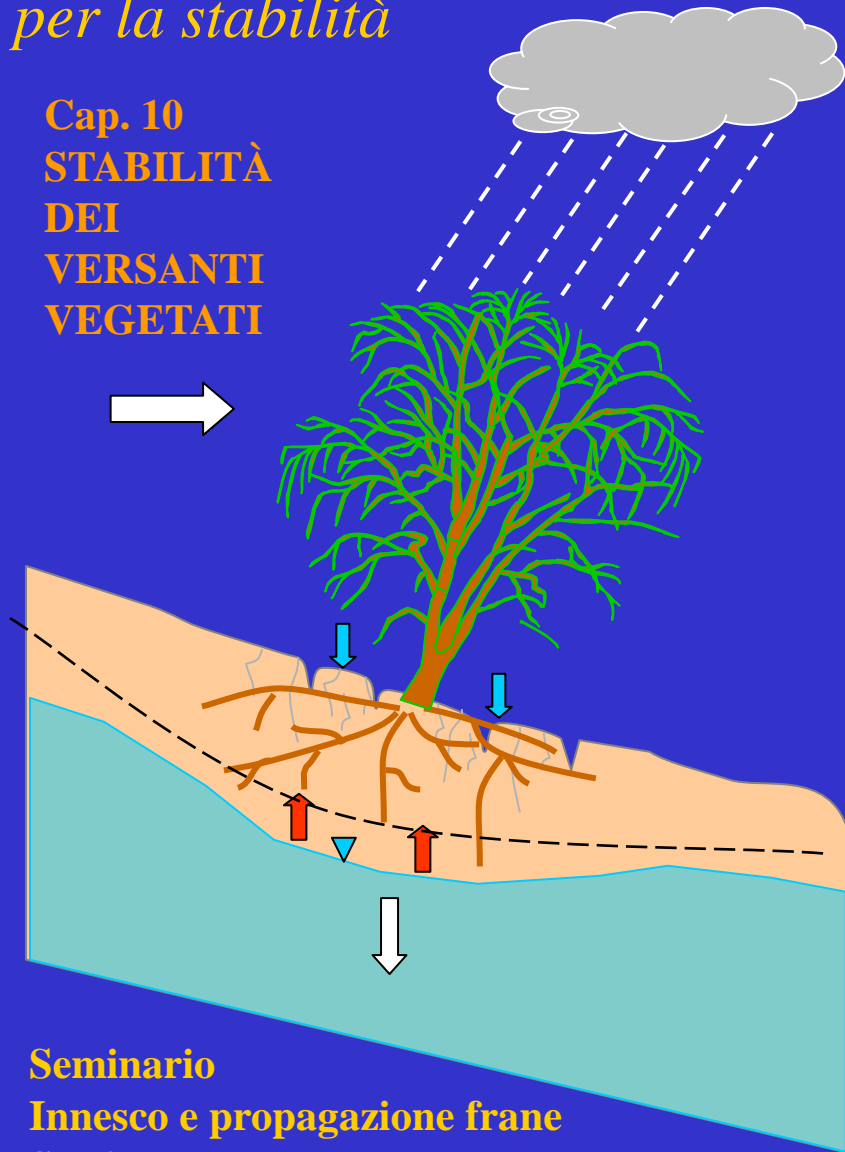
(Hofmann, 1955 sul nubrifagio di Salerno del 1954)

Carpino “buono”?

Le radici arrivano a profondità maggiore ...

Effetti della vegetazione sulla stabilità di un pendio: il simbolo + indica un effetto positivo, mentre il simbolo – un effetto negativo per la stabilità

**Cap. 10
STABILITÀ
DEI
VERSANTI
VEGETATI**



EFFETTI IDROLOGICI

- Intercettazione (+ +)
- Traspirazione - suzione (+ +)
- Aumento di permeabilità del suolo (-)

EFFETTI MECCANICI

- Rinforzo ad opera delle radici per coesione "radicale" (+ + +) e "chiodatura" (+ +)
- Sovraccarico dovuto al peso (-/+)
- Trasmissione delle forze dinamiche causate dal vento (--)



Rilievi in 30 frane
Alta Toscana

Casone di Profecchia
(LU): parcelle
sperimentali

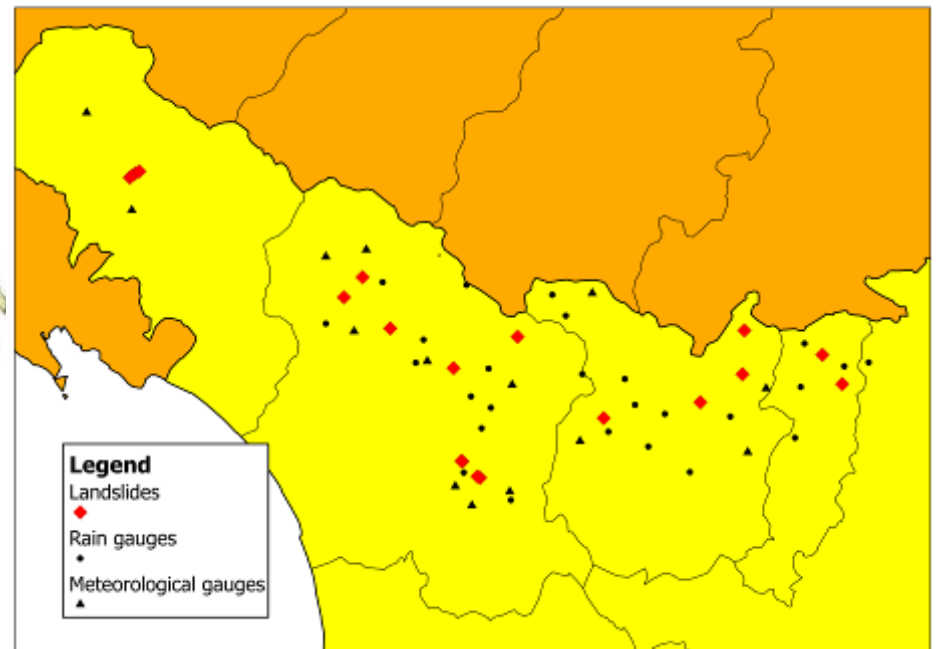
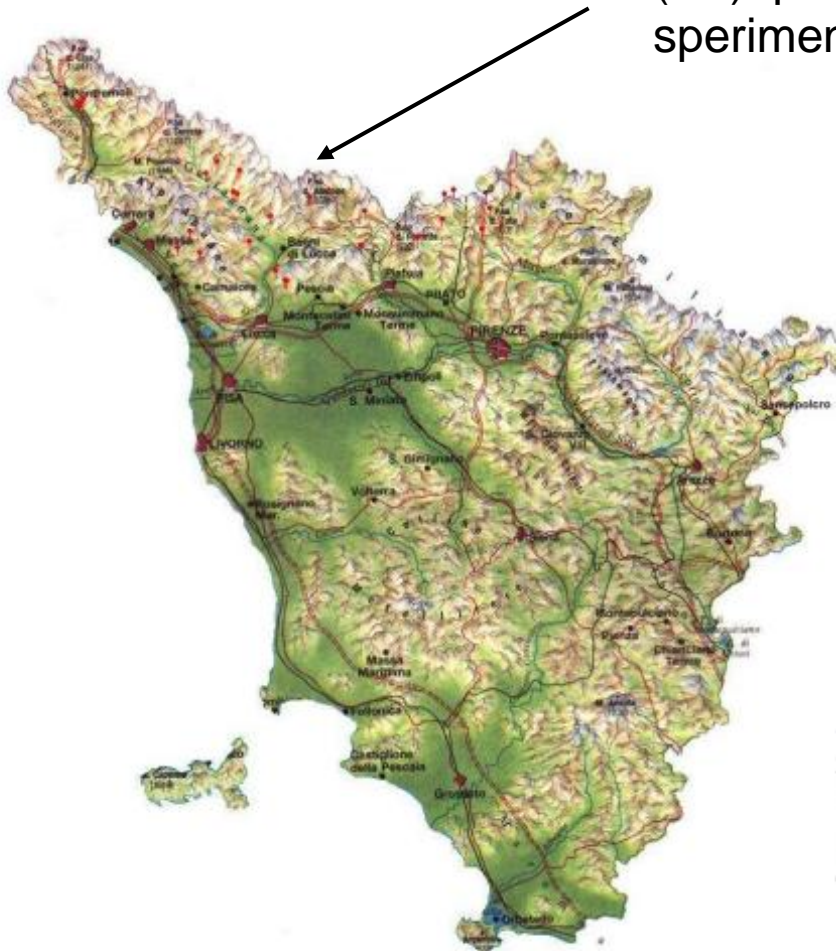


Fig.1 Landslides localization (red flags)



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Ecological Engineering

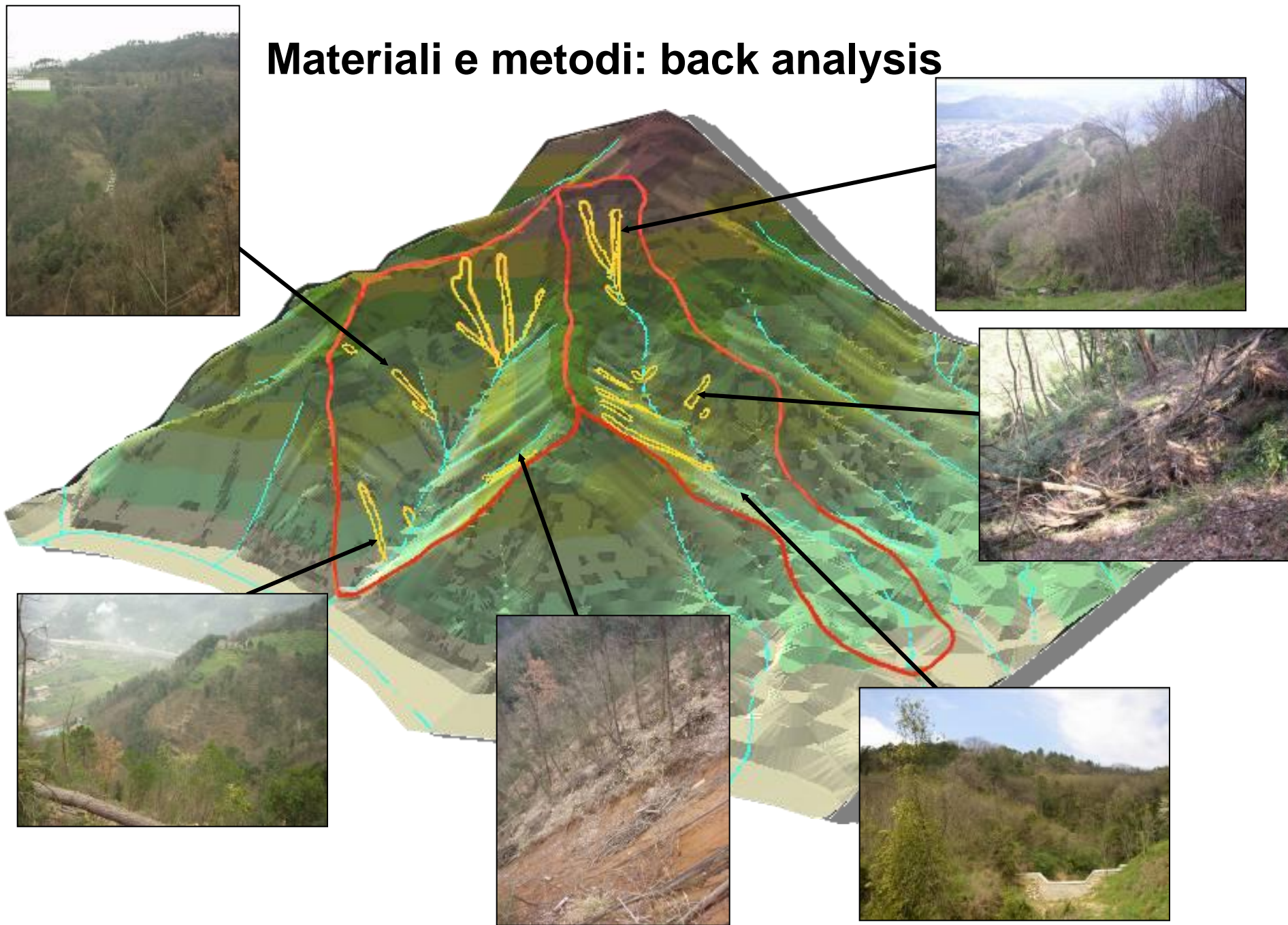
Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoleng



Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggering

Federico Preti*

Materiali e metodi: back analysis

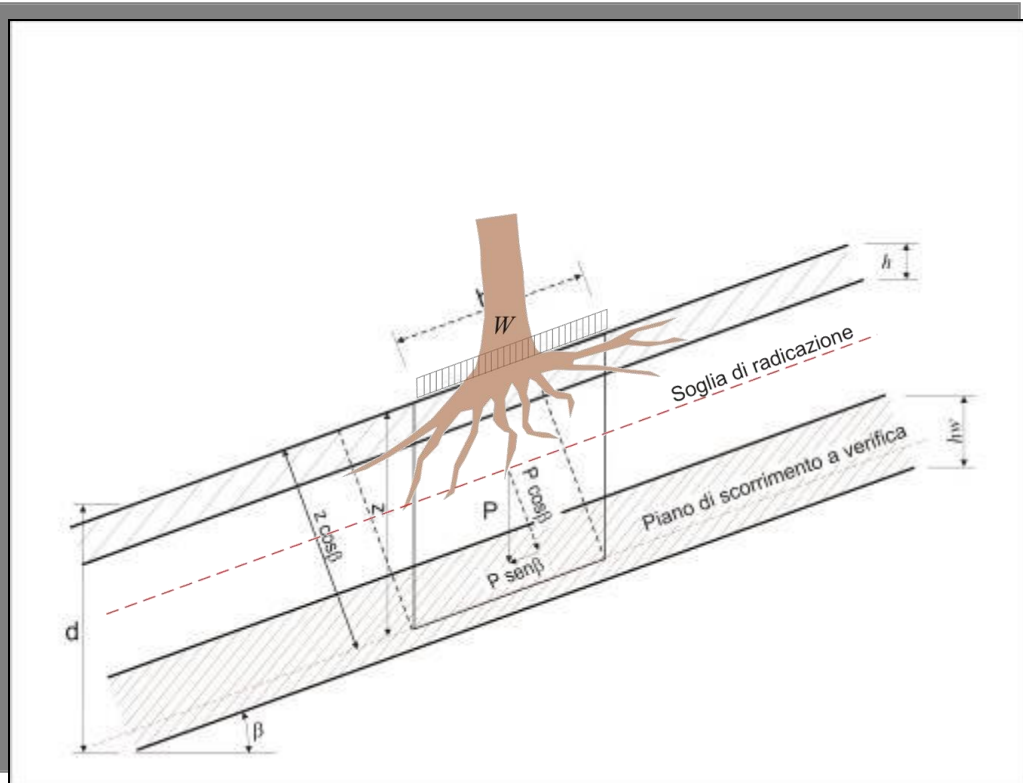




stime dirette ed indirette



Materiali e metodi: modellistica locale



Parametri considerati:

Coesione del terreno c' in kPa

Peso del volume di terreno γ_d in kN/m^3

Angolo di attrito interno del terreno ϕ' in $^\circ$

Angolo di inclinazione del pendio β in $^\circ$

Angolo di attrito terreno-substrato ϕ_{BR} in $^\circ$

Profond. del piano di scorrimento z

Sovraccarico W (peso della vegetazione valutato come carico nell'intorno di 1 m. dal fusto) in kPa

Coesione dell'apparato radicale c_v in kPa

Soglia di radicazione

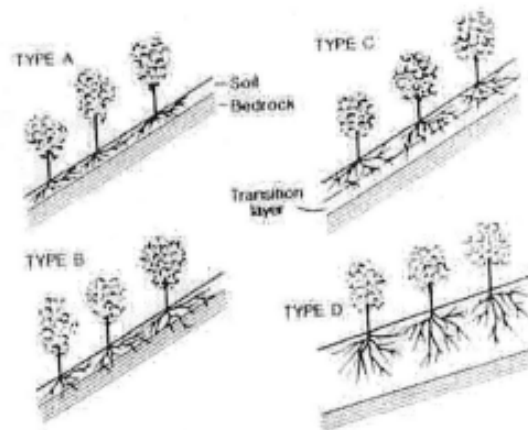
τ_f = resistenza al taglio media disponibile lungo la superficie di scorrimento

$$F_s = (\tau_f / \tau_m) \geq 1$$

τ_m = resistenza media mobilitata, cioè sforzo tangenziale medio che equilibra il peso del volume di terreno e degli eventuali carichi applicati lungo la superficie di scorrimento.

$$F_s = \frac{c' + c_v}{(z\gamma_d \cos \beta + W) \sin \beta} + \frac{\tan \phi'}{\tan \beta}$$

TIPO A Probabile piano di debolezza al contatto tra il terreno/copertura detritica e il substrato
Le radici non penetrano nel substrato roccioso



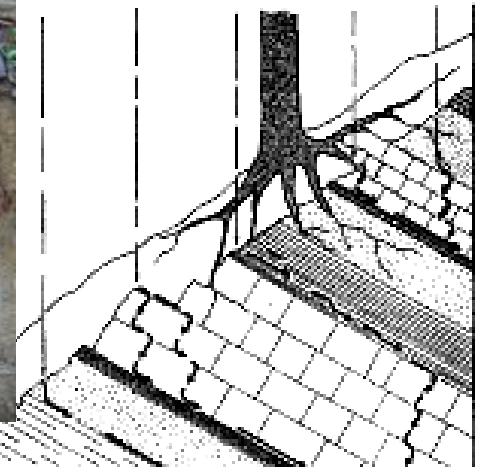
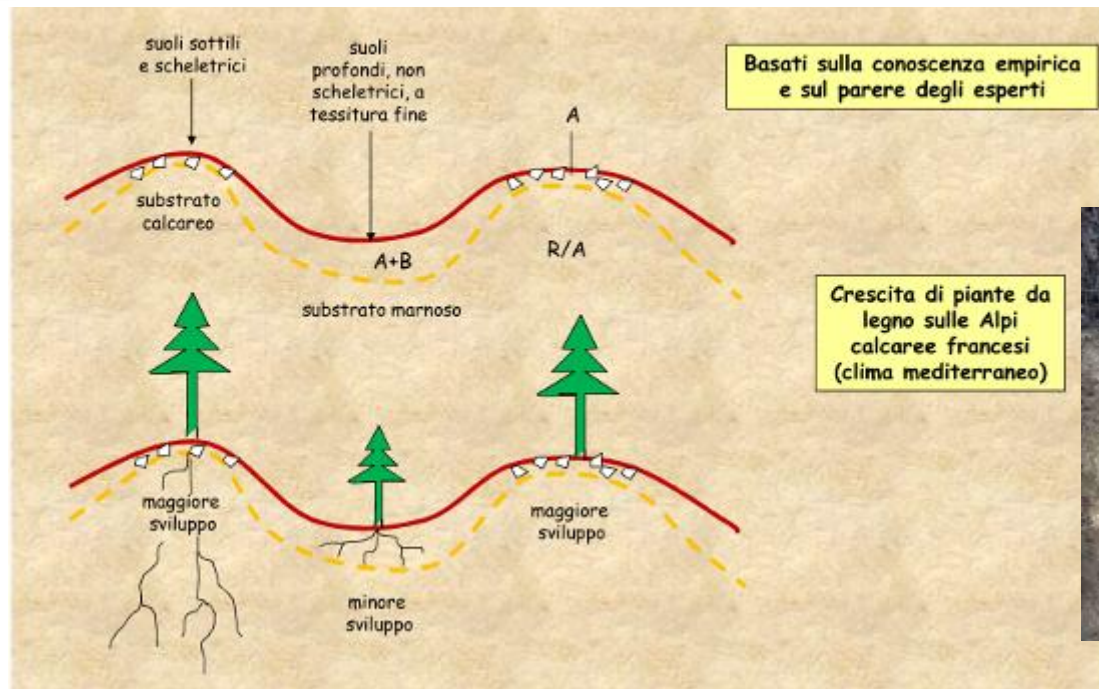
TIPO B Le radici degli alberi penetrano nel substrato e contribuiscono a stabilizzare il pendio

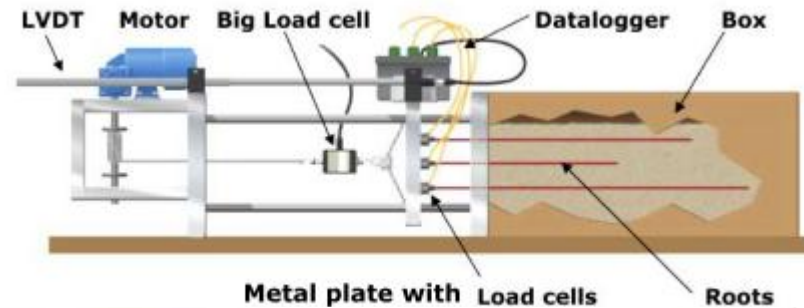
TIPO C Piano di debolezza all'interno dei terreni di copertura.
Le radici degli alberi contribuiscono a stabilizzare il pendio.

TIPO D Fenomeni di instabilità profonda; gli alberi "galleggiano" nella copertura detritica con nessun effetto positivo sulla stabilità del pendio

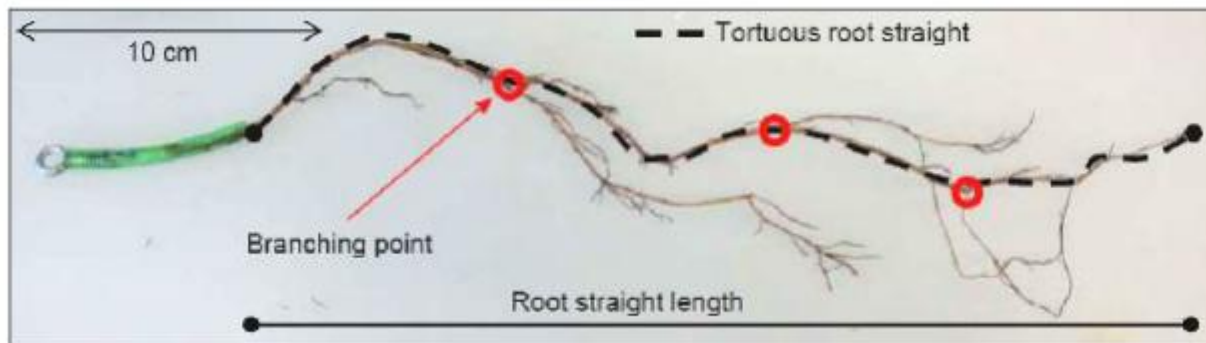


Figura A6.3 - Interazioni vegetazione-versante che influenzano la stabilità (da Greenway, 1987)

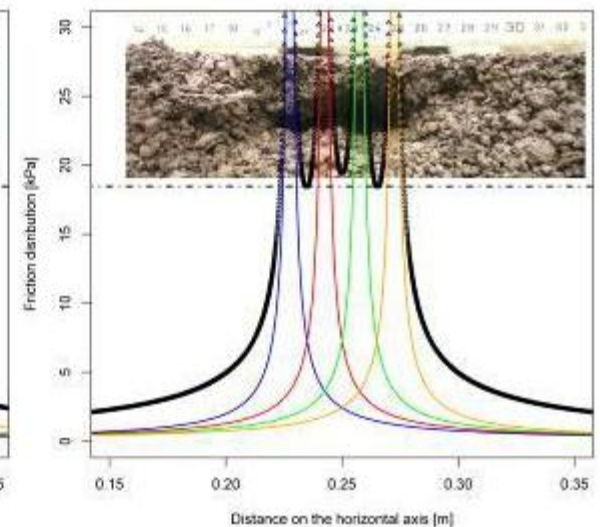
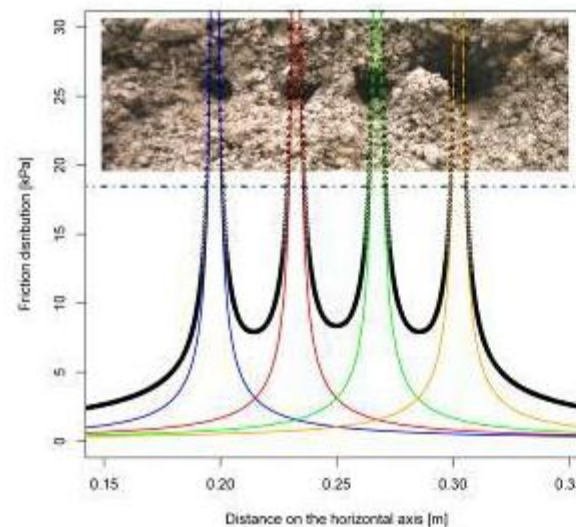




ETH,
Zurich



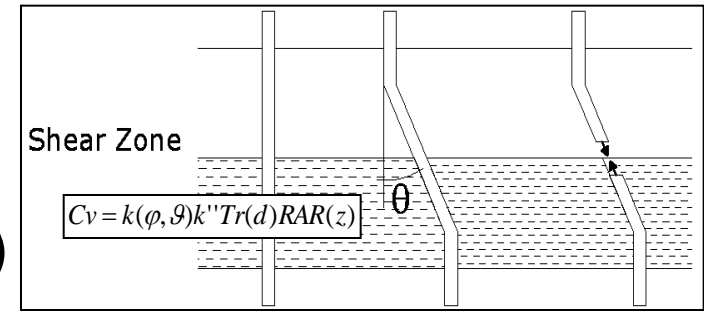
*Giadrossich, F.,
Schwarz M., Preti F.
and Or D.,
Soil-root mechanical
interactions within
bundles of roots,
Plant & Soil*



Risultati:

modello Fiber Bundle Model (FBM)

sovrastima WM



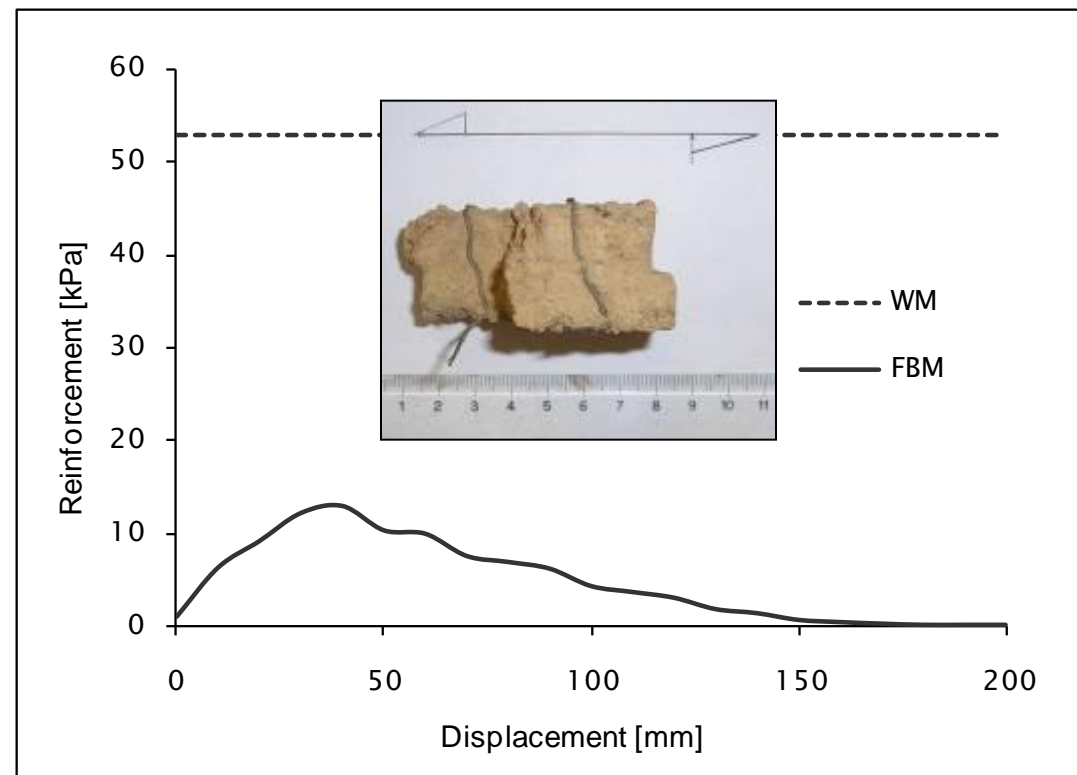
$$C_v(z) = K \sum_{j=1}^n Tr_j(R.A.R._j) = k' k'' \sum_{j=1}^n Tr_j \left(\frac{Ar(z)_j}{Ars(z)} \right)$$

Curva deformazione – sforzo
per un fascio di radici.

Differenza fra WM e FBM.

$k'' = C_{vWM} / \max(C_{vFBM})$

Schwarz, M., Preti F., Giadrossich F.,
Lehmann P., Or D., (2009),
*Quantifying the role of vegetation in
slope stability: A case study in Tuscany
(Italy). Ecol. Eng. (2009),
doi:10.1016/j.ecoleng.2009.06.014*

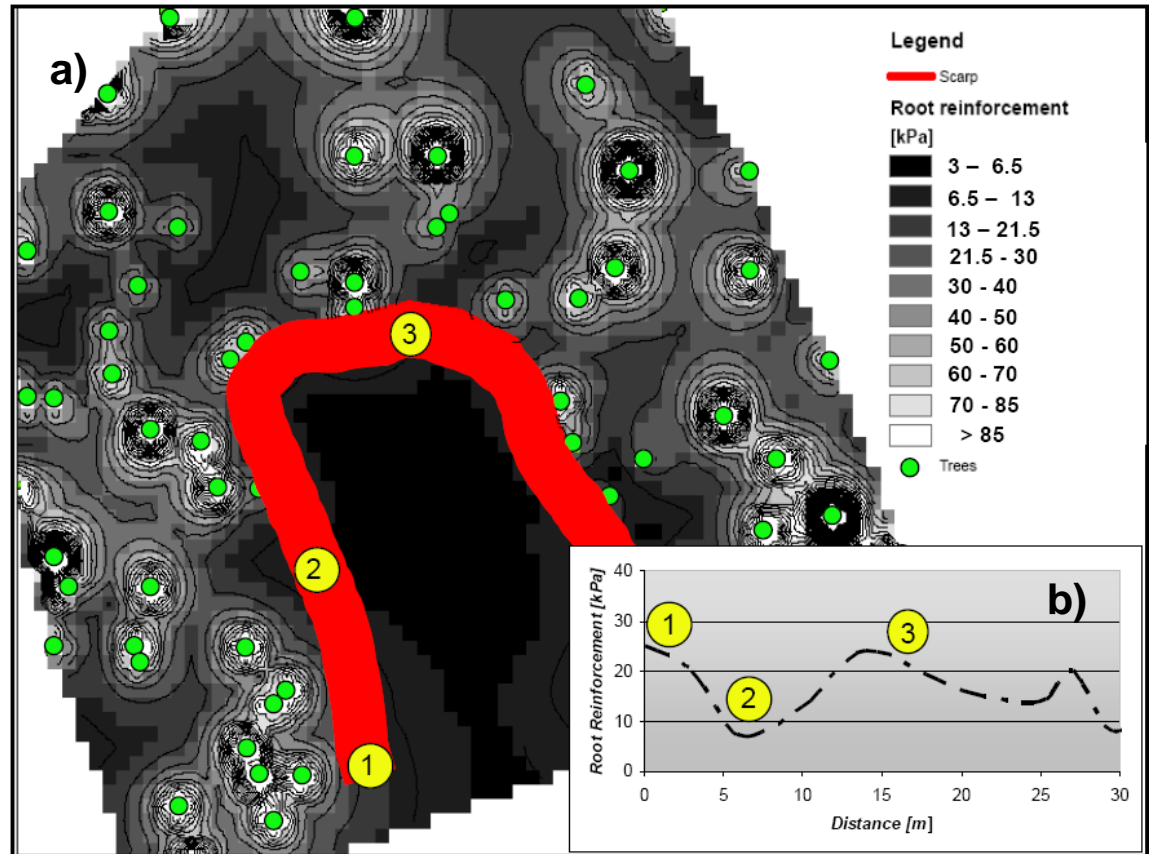


Risultati:

variabilità

rinforzo radicale

- a) Distribuzione spaziale delle piante e del rinforzo radicale.
- b) Variabilità lungo la nicchia di distacco del rinforzo calcolato con il Fiber Bundle Model (FBM) secondo Kun et al., 2007; Pollen e Simon, 2005.



N.B.

L'effetto della coesione laterale è rilevante per frane di estensione fino a 1000 m².

Schwarz, M., Preti F., Giadrossich F., Lehmann P., Or D., Quantifying the role of vegetation in slope stability: A case study in Tuscany (Italy). *Ecol. Eng.* (2009), doi:10.1016/j.ecoleng.2009.06.014

Modello PrM: parametri

List of Symbols

dc= crown diameter [m]

dbh= diametro a petto d'uomo

diameter at breast height

ds=stem diameter (collar)

b= average rooting depth

Ar(z)=root area at z depth [m²]

Ar₀=root area at depth=0

Ab_c or **Ar_c**= collar basimetric area
or root collar area

G = “area basimetrica media”

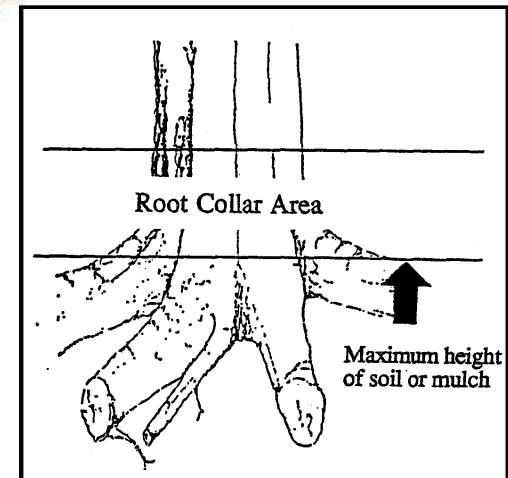
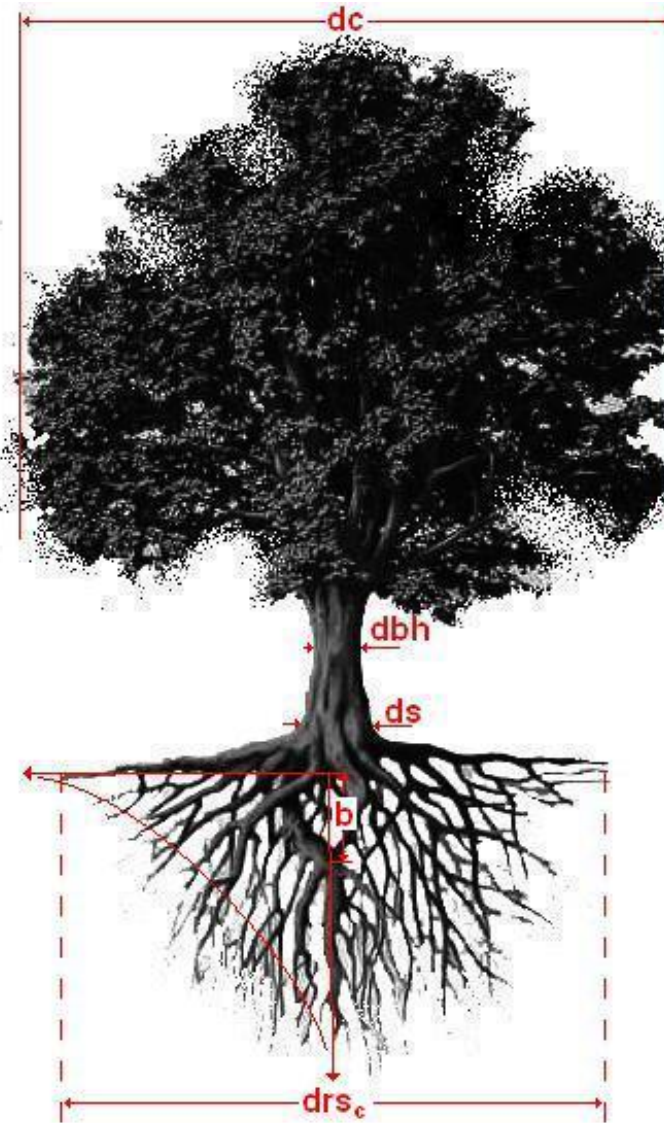
average basal area [m²/ha]

Ars(z)= rooted soil area at z depth

Ars_c= cylindrical rooted soil area
= $\pi/4 * drs_c^2$

Rr= root network radius

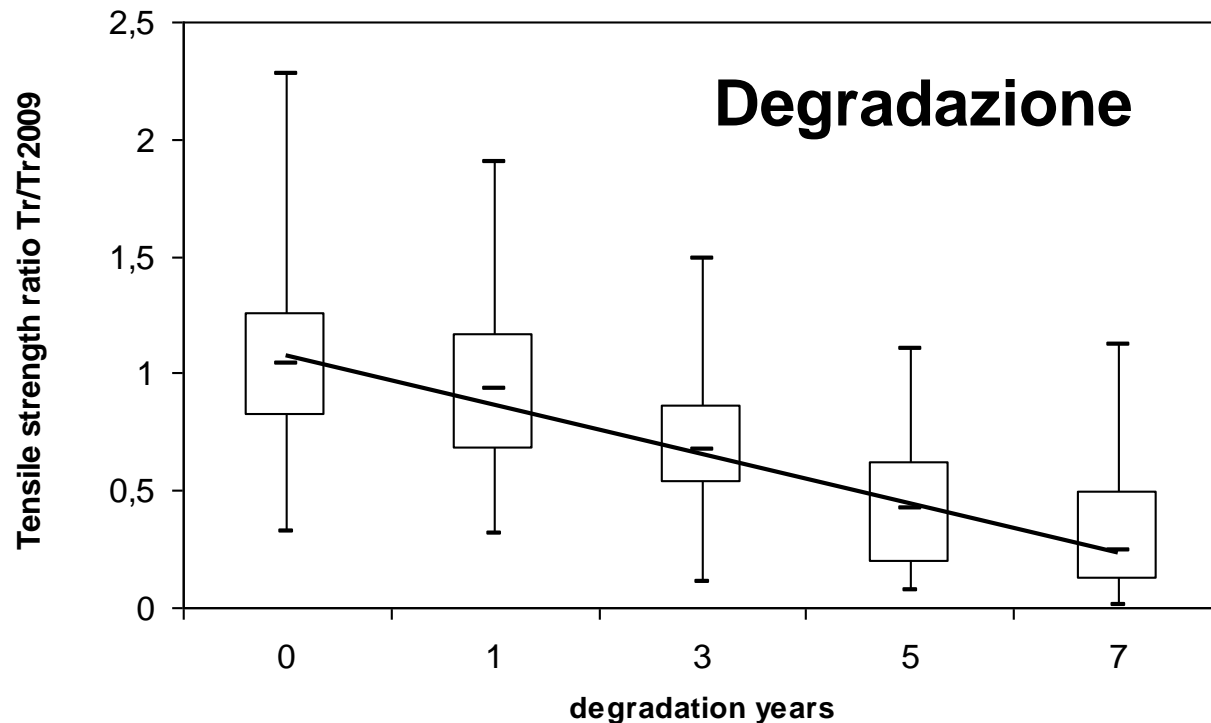
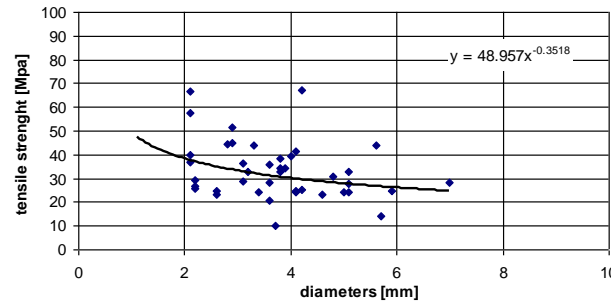
r(z)= root density



$$Ar(z) = Ar_0 e^{-\frac{1}{b}z}$$

Resistenza a trazione

$$Tr = Tr_1 d^{-\beta}$$

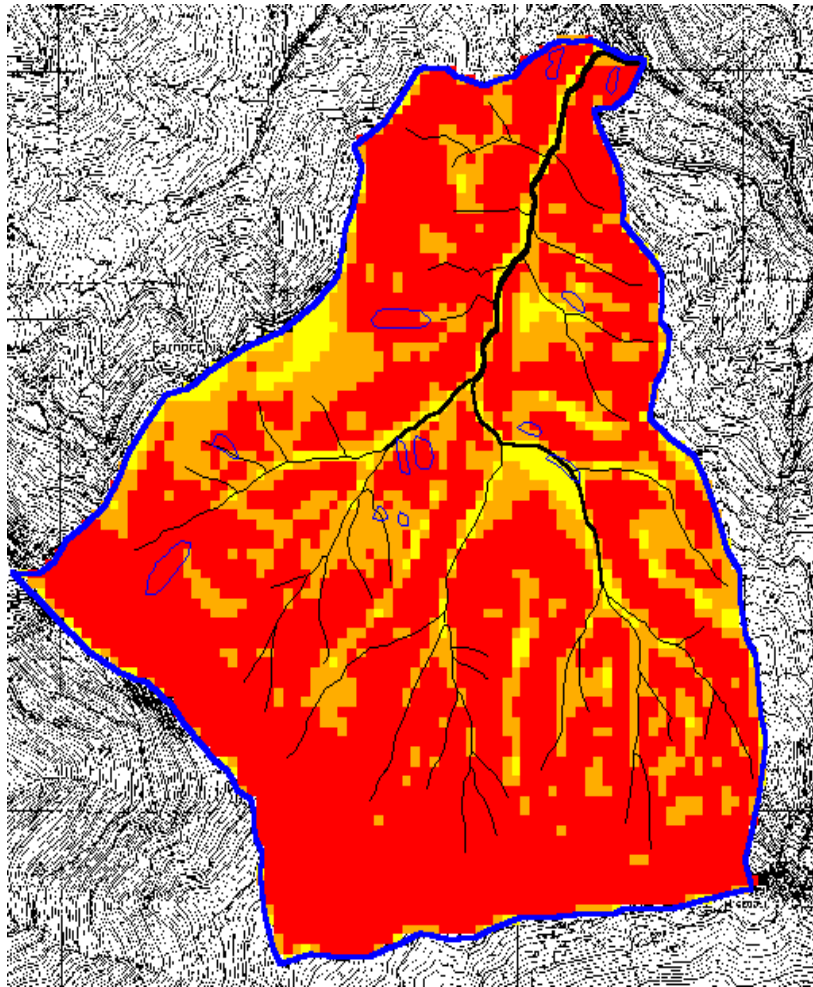


N = 276
campioni
di
apparati
radicali
d = 1,9-9,5
mm
L > 4 cm

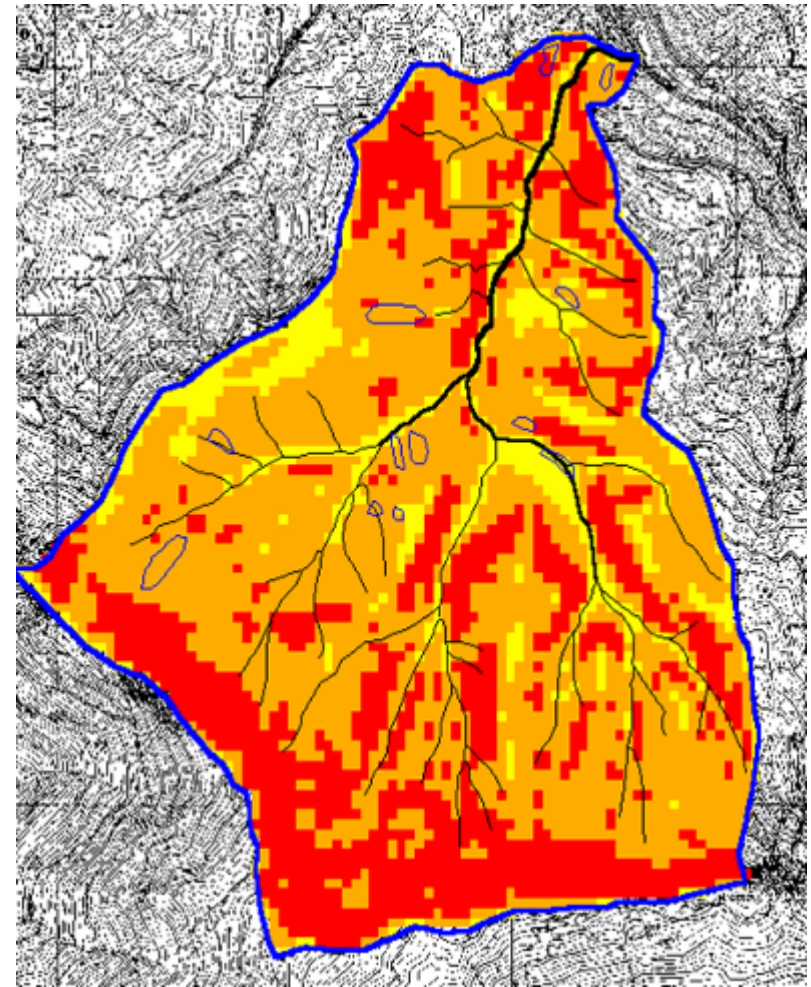
Fig. 3 Box-plot of tensile strength ratio [Y-axis, Tr values divided by $Tr(2009)$] over degradation time [X-axis: **0= 2009, 1=2008, 3=2006, 5=2004 and 7=2002**] for all samples. The plotted values are: minimum and maximum, first quartile, third quartile, median. Regression line $y = -0,1168x + 1,0322$ $R^2 = 0,9958$

Confronto tra diversi uso del suolo in condizioni estreme

attuale in assenza di gestione successione vegetazionale

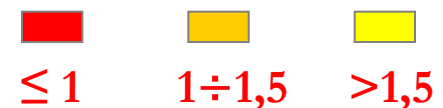


superficie instabile 68,6% ($F_s \leq 1$)

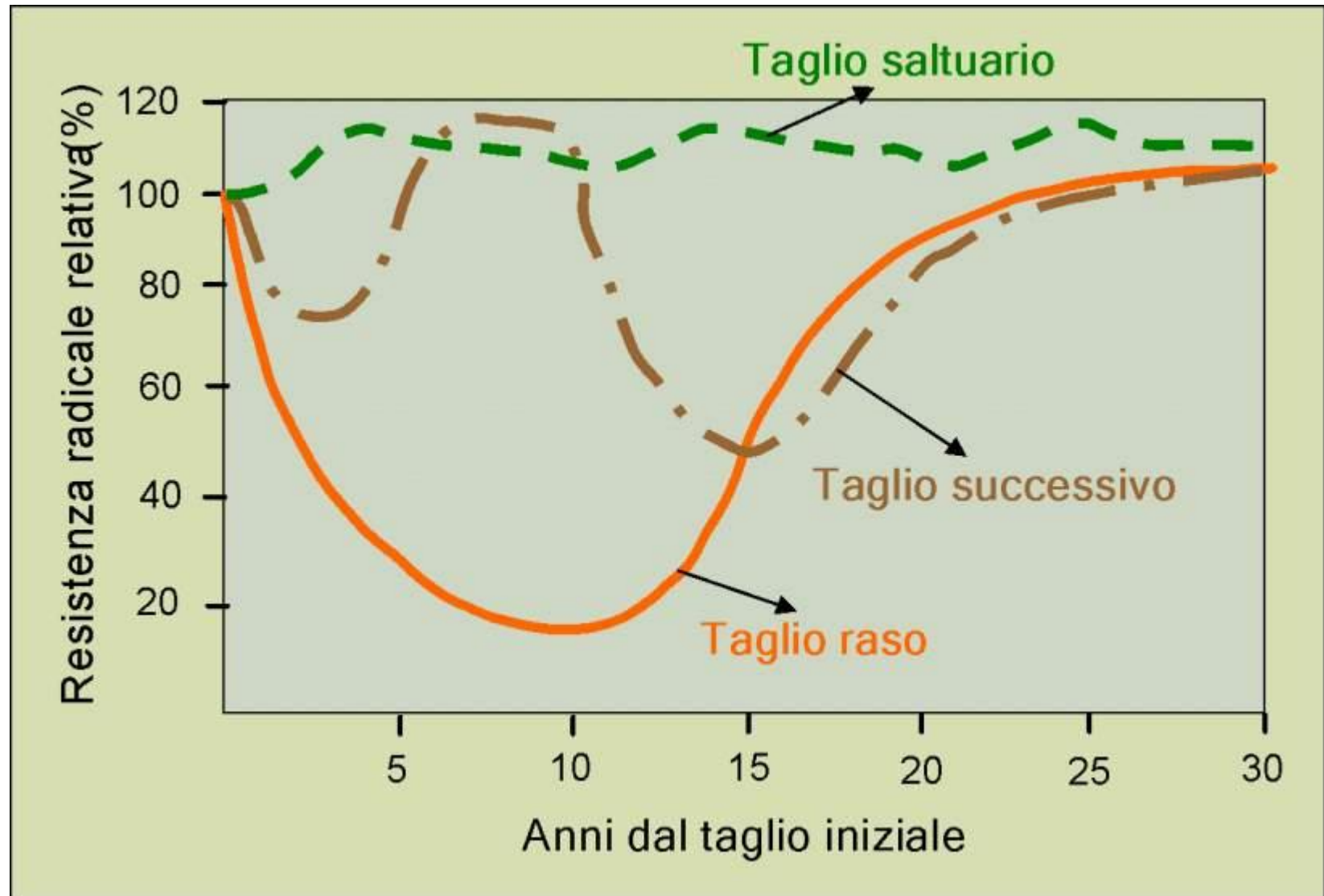


28,3% ($F_s \leq 1$)

N.B. calcolo di FS con saturazione completa e senza effetti di perdita di afflusso o concentrazione di deflusso



Effetti sull'apparato radicale dei diversi trattamenti selvicolturali (modificato a partire da dati di Ziemer et al., 1991, validi solo per **fustaie di conifere e riottenuti per cedui e per specie con capacità pollonifera** in Quaderni di Idronomia Montana, 2007).



RISULTATI: EFFETTI TOTALI DEL TAGLIO SUL FATTORE DI STABILITA'

Confronto tra
TAGLIO SALTUARIO e TAGLIO RASO

$$F_s = \frac{c' + c_v}{(z\gamma_{\text{sat}} \cos\beta + W) \sin\beta} + \frac{(z\gamma' \cos\beta + W) \tan\phi'}{(z\gamma_{\text{sat}} \cos\beta + W) \tan\beta}$$

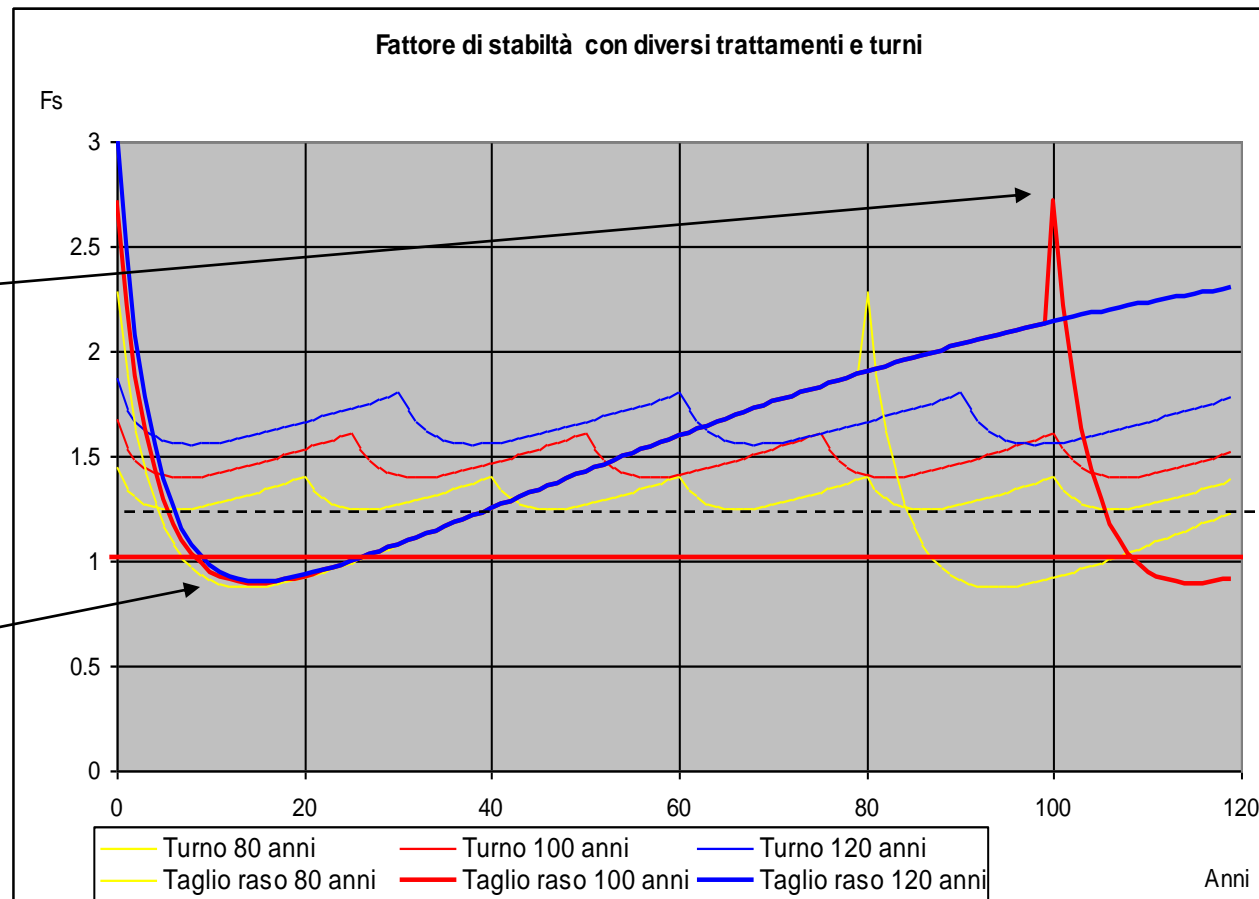
TAGLIO RASO

Valori più alti di
stabilità assoluti;

Valori più bassi di
stabilità assoluti

Possibilità di
verificarsi $F_s < 1$
per un lungo
periodo

Effetti sulla
stabilità visibili
dopo diversi anni

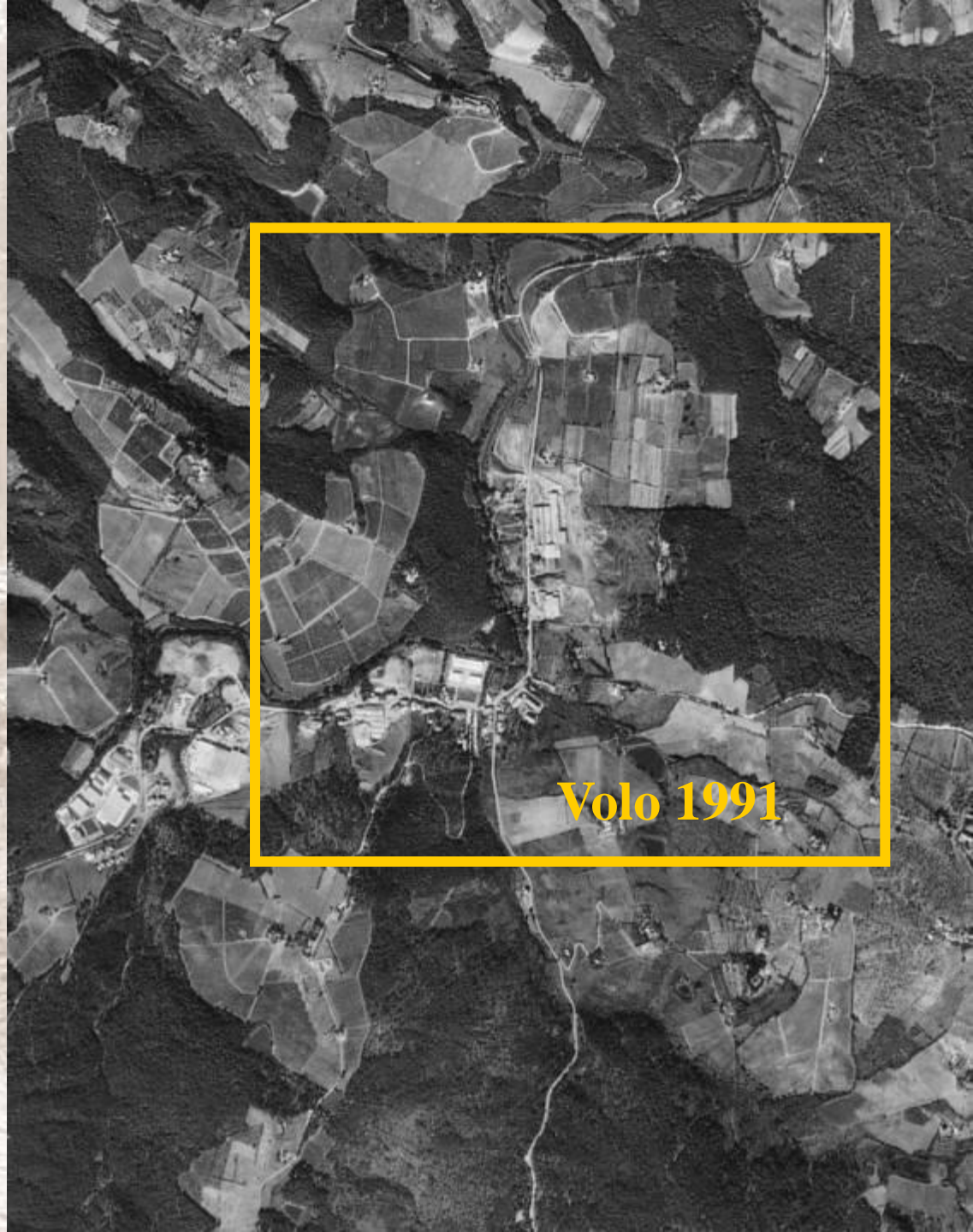
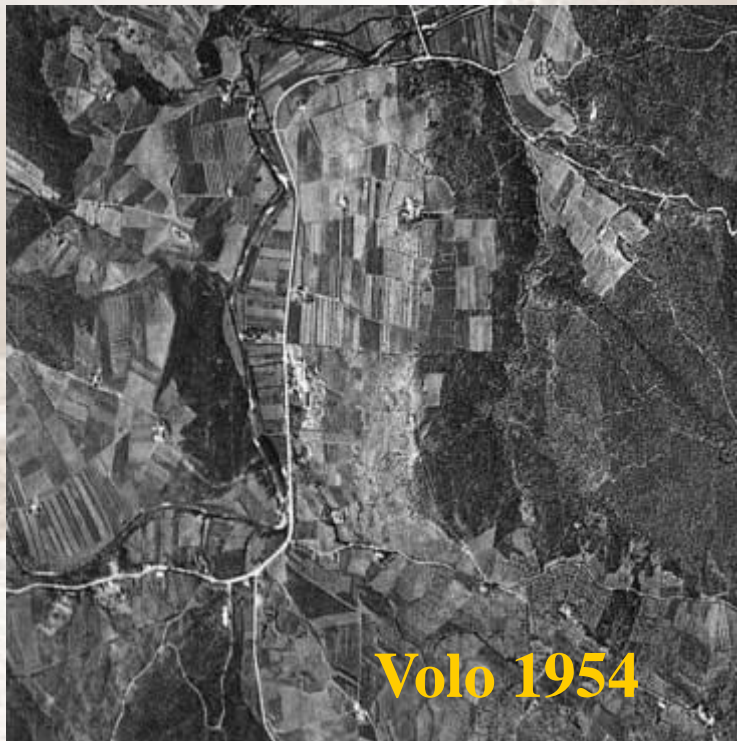


TAGLIO SALTUARIO

Mai valori
sotto la soglia
minima di
 $F_s=1$

EFFETTI dell'USO del SUOLO sulle PIENE

Greve 1954 – 1991



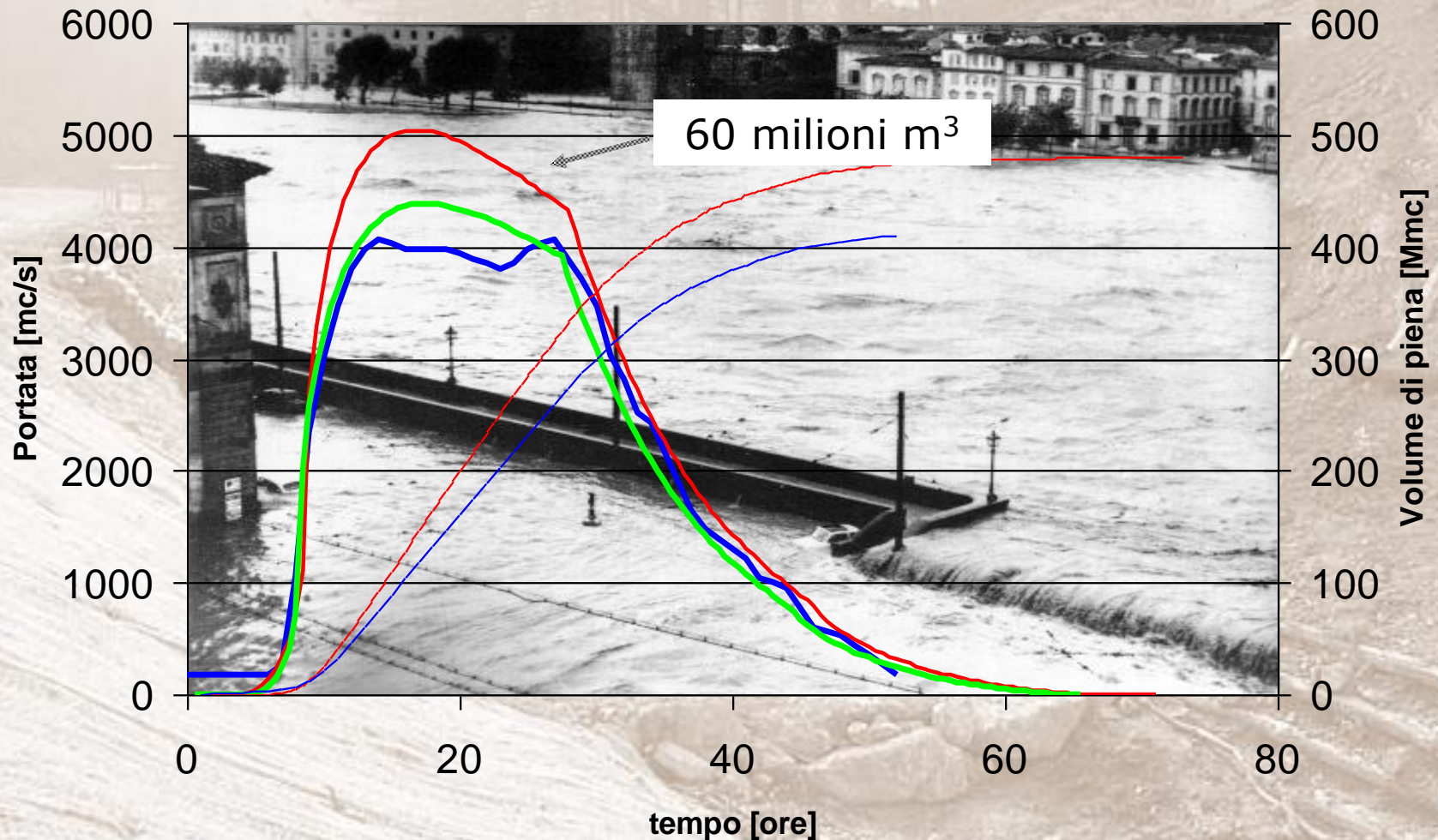
**Aumento di urbanizzazione
e boschi; Riduzione reticolo
idraulico-agrario e
terrazzamenti; Abbandono
manutenzione e
sistemazioni**



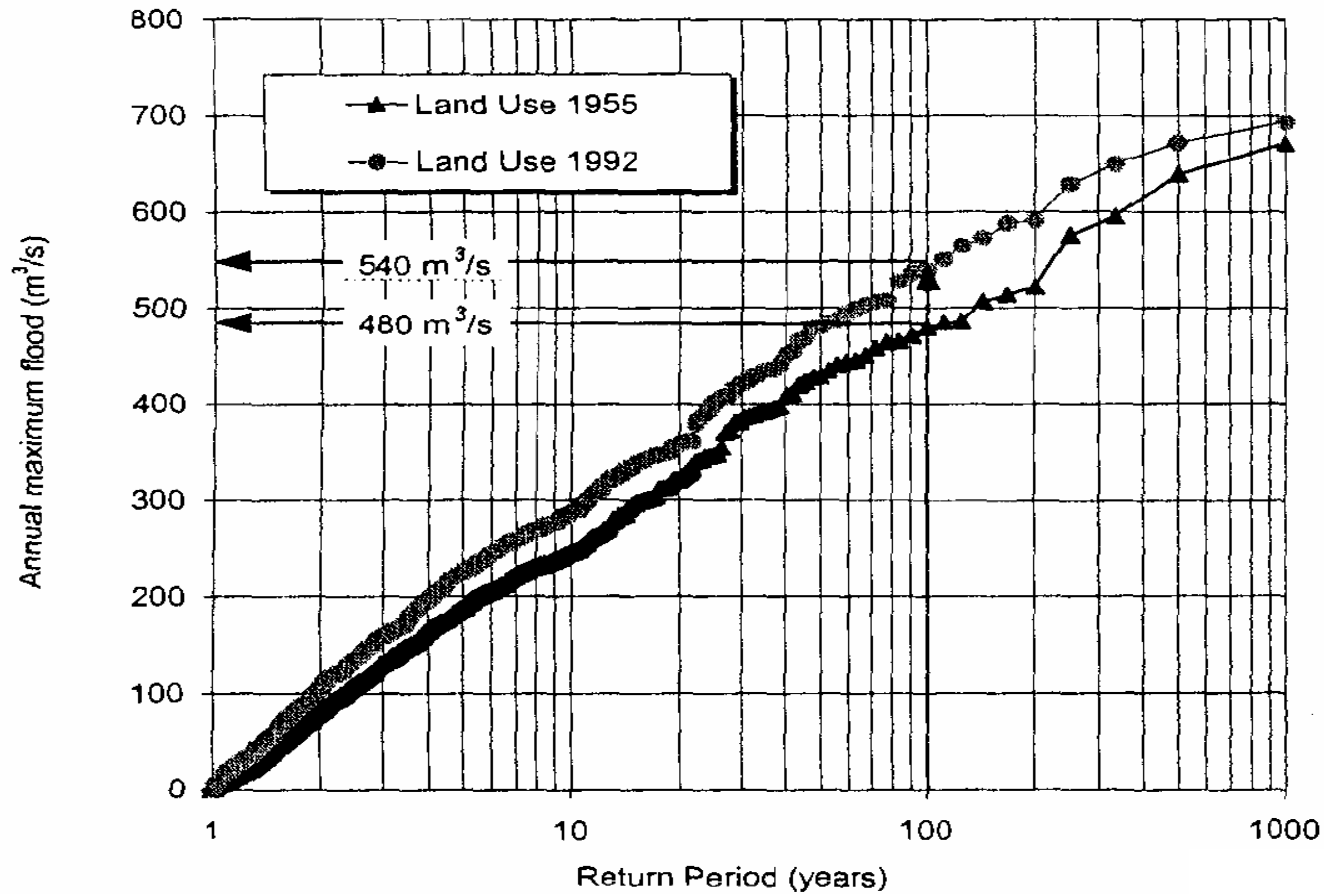
EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA: ARNO A FIRENZE

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 2002



EVOLUZIONE PORTATA AL COLMO Samoggia a Calcara



$$H_{na} = 1 - \left(1 - \frac{1}{r_T}\right)^{n_a}$$

Figure 15. Probability distributions of the annual maximum floods for the Samoggia at Calcara with the soil use scenarios of 1955 and 1992.

$\Delta Q = + 10\%$

$\Delta \text{Tr} (Q) \downarrow$

$\Delta H_{na} = + 30\%$

Table 1: The spatial dimension of land-use effects

Impact	Basin size [km ²]						
	0.1	1	10	100	1,000	10,000	100,000
Average flow	x	x	x	x	—	—	—
Peak flow	x	x	x	x	—	—	—
Base flow	x	x	x	x	—	—	—
Groundwater recharge	x	x	x	x	—	—	—
Sediment load	x	x	x	x	—	—	—
Nutrients	x	x	x	x	x	—	—
Organic matter	x	x	x	x	—	—	—
Pathogens	x	x	x	—	—	—	—
Salinity	x	x	x	x	x	x	x
Pesticides	x	x	x	x	x	x	x
Heavy metals	x	x	x	x	x	x	x
Thermal regime	x	x	—	—	—	—	—

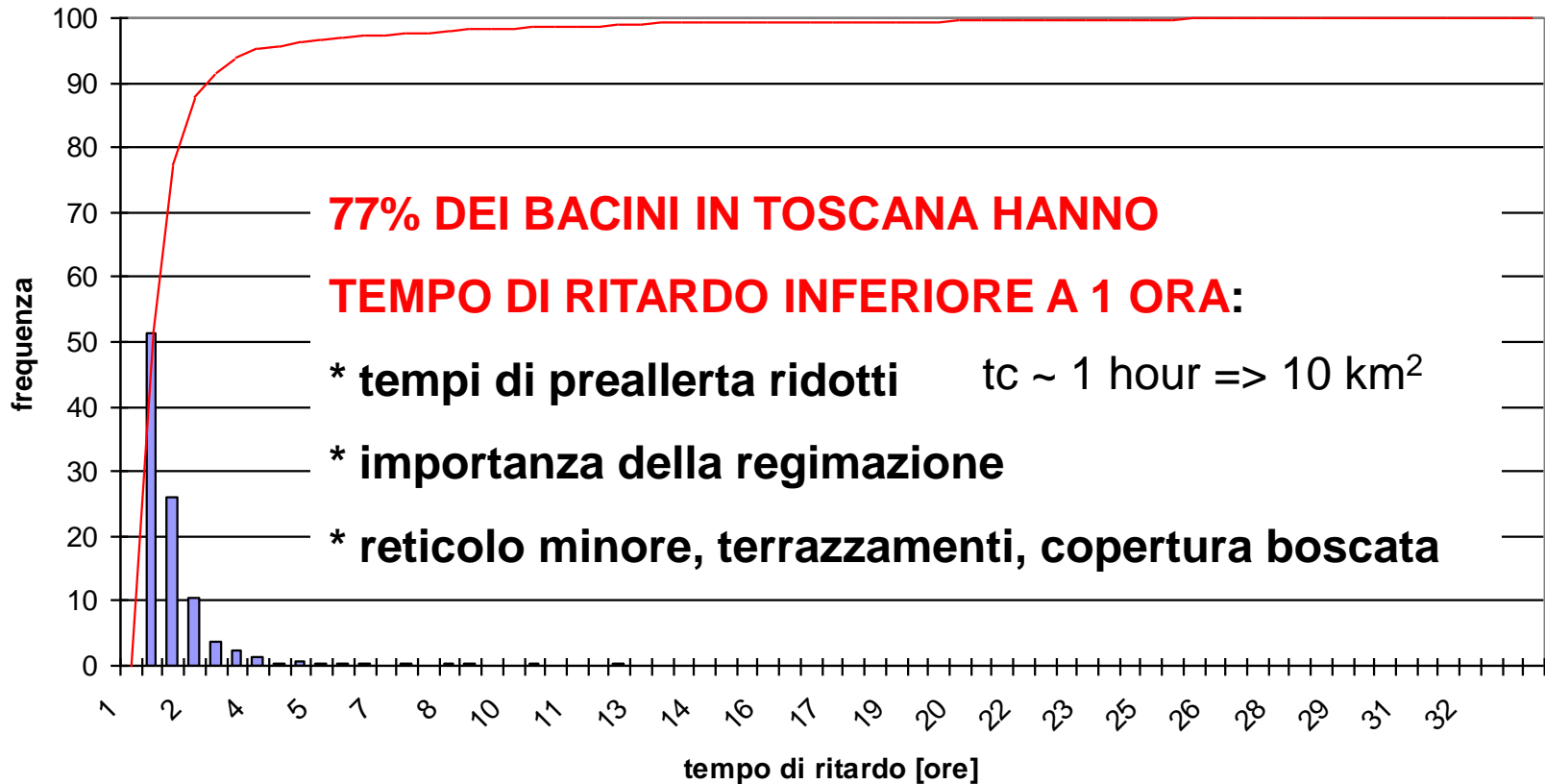
Legend: x = Observable impact; — = no observable impact

Adapted from Kiersch (2001).

10 km² => tc ~ 1 hour

FAO, 2005

3236 aste bacino dell'Arno ex D.C.R. 230/94 (difesa dai fenomeni alluvionali)



<i>Tipo di suolo</i>	<i>Copertura del bacino</i>		
	<i>Coltivi</i>	<i>Pascoli</i>	<i>Boschi</i>
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

<i>Vegetazione e pendenza</i> FAO, 1976				<i>Tipi di suolo</i>		
				<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
Boschi	Bacini "piccoli"	>10%	A<10 km ²	0,13	0,18	0,25
	Bacini "grandi"	<10%	A>10 km ²	0,16	0,21	0,36
Pascoli		>10%		0,16	0,36	0,56
		<10%		0,22	0,42	0,62
Colture agrarie		>10%		0,40	0,60	0,70
		<10%		0,52	0,72	0,82

Coefficienti di deflusso
(Benini, Sistemazioni Idraulico-Forestali)



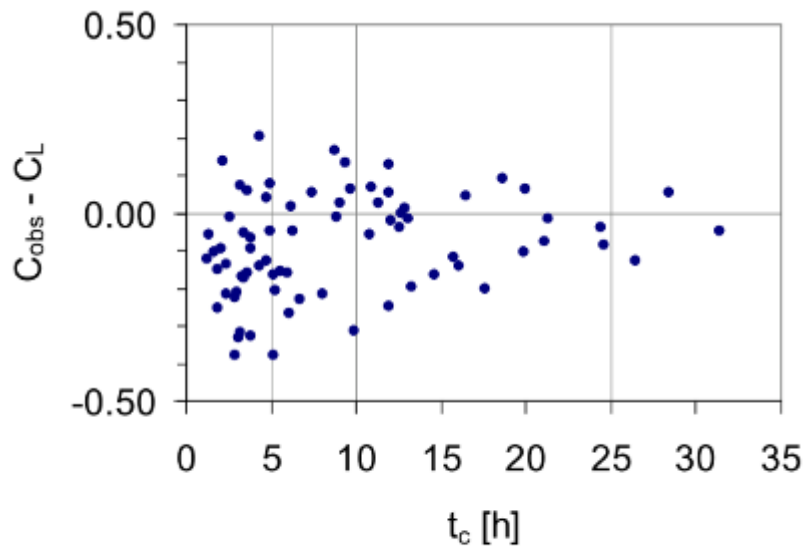
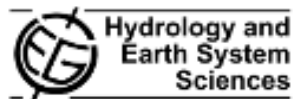


Fig. 6. Differences between C_{obs} and C_L versus the catchment concentration time.

$10 \text{ km}^2 \Rightarrow t_c \sim 1 \text{ hour}$

$\Delta Q = -30\%$

Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 3077–3090, 2011
www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3077/2011/
 doi:10.5194/hess-15-3077-2011
 © Author(s) 2011. CC Attribution 3.0 License.



Forest cover influence on regional flood frequency assessment in Mediterranean catchments

F. Preti¹, G. Forzieri², and G. B. Chirico³



Fig. 1. Italian regions where the outlets of the 75 study catchments are located; from South (dark grey) to North: Sicilia (12 catchments), Campania (12 catchments), Lazio (17 catchments), Toscana (34 catchments).

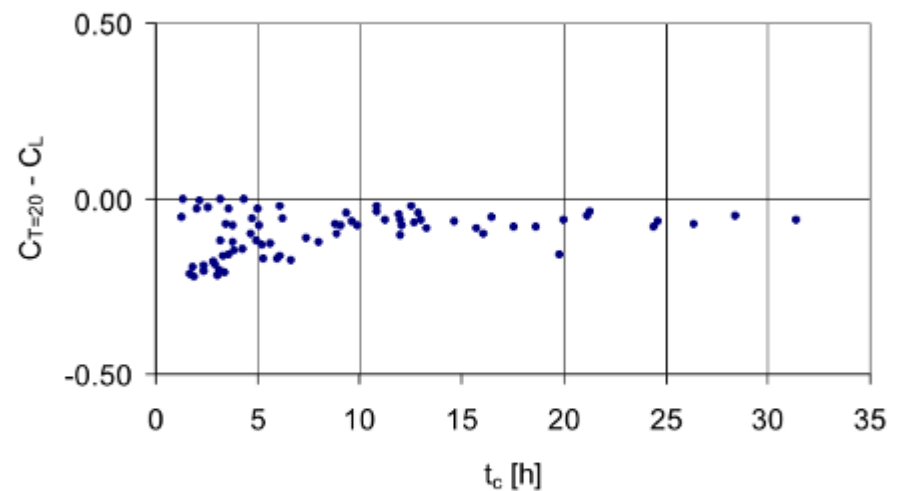


Fig. 9. Differences between $C_{T=20}$ and C_L versus the catchment concentration time.

RESISTENZA AL MOTO IN ALVEI EGETATI



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

sicurezza idraulica

stabilità plano-altimetrica (alveo e sponde)

riqualificazione e manutenzione degli ecosistemi fluviali

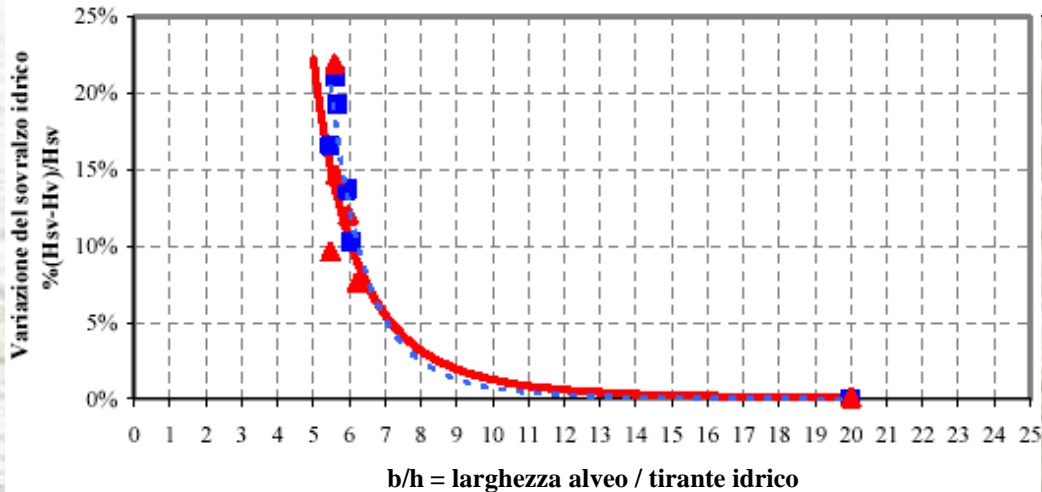
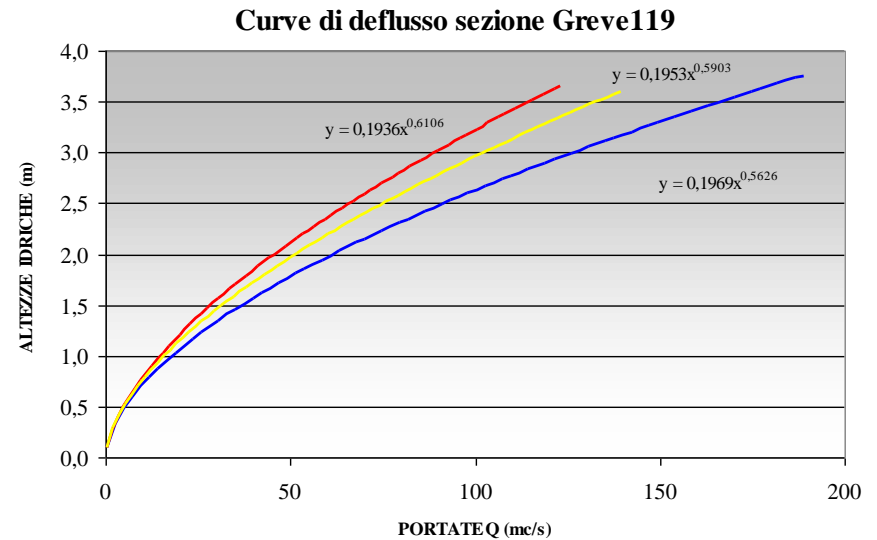
progettazione di opere vive e loro evoluzione temporale

corretta gestione delle fasce ripariali

riduzione dei costi degli interventi di taglio

recupero di risorse dalla biomassa.

RESISTENZA AL MOTO IN ALVEI VEGETATI



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

Greve, Castaldi, 2000

Casentino, Guarnieri & Preti, 2005

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

TELERILEVAMENTO (LiDAR)

Fiume Serchio e Sieve



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)

CONCLUSIONI

**Proposte operative per
la gestione forestale
finalizzata al controllo del rischio
idrogeologico**

**La MANUTENZIONE DEL TERRITORIO
ORDINARIA conviene
rispetto a quella
STRAORDINARIA
(ex post in emergenza)
in termini economici
e occupazionali
("la nostra opera pubblica più importante",
Presidente della Repubblica)**

GRAZIE
per l'attenzione

