



LEGAMBIENTE

CESVOT



ALLUVIONI, ALLAGAMENTI E
FRANE QUANDO CAMBIA IL CLIMA

Arezzo, Borsa Merci
Venerdì 10 maggio 2024

LEGAMBIENTETOSCANA.IT



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DEPARTMENT OF
AGRICULTURAL, FOOD AND
FORESTRY SYSTEMS

Buone pratiche con l'Ingegneria Naturalistica per la mitigazione del rischio e la riqualificazione del territorio

Federico Preti



ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA

INGEGNERIA NATURALISTICA

L'Ingegneria Naturalistica è una interdisciplinare e utilizza le piante vive autoctone come materiale da costruzione, in abbinamento ad altri materiali inerti tradizionali e non (AIPIN).



Il ruolo dell'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica



L'AIPIN è un' associazione tecnico-scientifica con finalità culturali e professionali senza fini di lucro

fondata nel 1989 con lo scopo di divulgare i metodi e le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

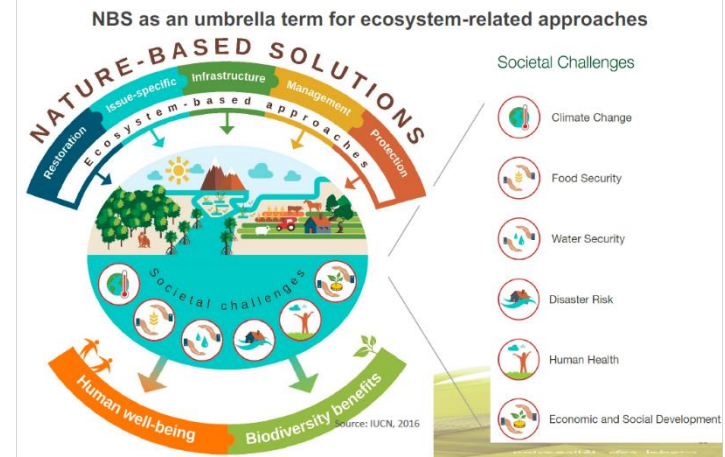
Negli ultimi 20 anni l'AIPIN ha promosso l'ingegneria naturalistica in maniera continua ed encomiabile, facendola conoscere a livello tecnico, politico e divulgativo.

Se oggi anche i non-tecnici conoscono questa locuzione e se ne trova traccia nella normativa nazionale e regionale lo si deve senza dubbio all'AIPIN

All'inizio degli anni '90 compare la denominazione **Ingegneria Naturalistica** (A.I.N., 1990, Dibattito: <<bioingegneria>> una definizione controversa, *Acer*, 6, 4)



L'Ingegneria Naturalistica sono Nature Based Solutions?



Si presenta un confronto tra la definizione di Soil-Water-Bioengineering, Nature-based Solutions e altre terminologie che rientrano nel concetto di NBS.

Le terminologie che rientrano nel concetto di NBS includevano:

Watershed Management (WM), Nature Based Solutions (NBS), Green Infrastructures (GI), Urban Forestry (UF), Ecological Engineering (EE), Eco-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR).

È stata creata una matrice di confronto sulla base di 3 aspetti principali, secondo lo **Statuto AIPIN** e le classificazioni EFIB:

- **FINALITÀ (SCOPI)**
- **altri obiettivi**
- **SETTORI (AMBITI DI INTERVENTO)**

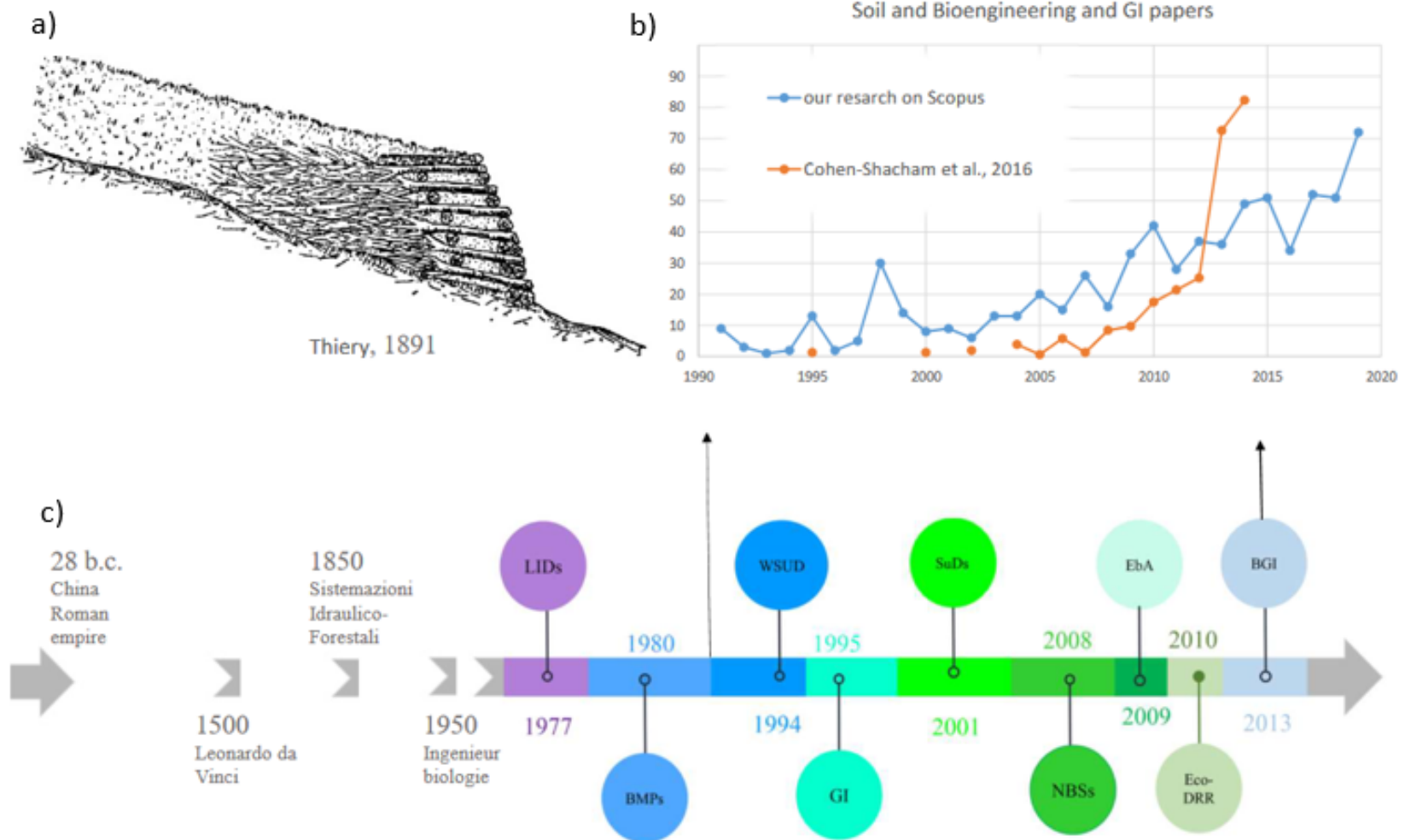


Fig. 3 a) Example of forest and watershed management application from the late 1800's (Thiery, 1891); b) comparison between trend of international publications (source Scopus) on "SOIL" and "BIOENGINEERING" (where the peak of 1998 is of US origin) and trend of publications on "green and natural infrastructures" by Cohen-Shacham et al. (2016); c) timeline of historical milestones for SWB (Thiery, 1891, Hofman, 1936; Evette et al., 2009; Bresci and Preti, 2010; Stokes et al., 2010, Preti, 2021) and year of origin of each NBS-related term (low-impact developments – LIDs, best management practices – BMPs, water-sensitive urban design – WSUD, green infrastructure – GI, sustainable urban drainage systems – SuDs, nature-based solutions – NBSs, ecosystem-based adaptation – EbA, ecosystem-based disaster risk reduction – Eco-DRR – and blue-green infrastructure – BGI) based on their appearance in publications (Ruangpan et al. 2020).

da Statuto AIPIN		le nuove terminologie**								
		WM	NBS	GI	UF	ES	EE	EC	OH	E DRR
FINALITÀ	Tecnico-funzionali (<u>antierosive</u> , stabilizzanti, di consolidamento)	XXX	X	X		X	XX	XXX	X	XX
	<u>Naturalistiche(o ecologiche*)</u> di ricostruzione di ecosistemi <u>paranaturali</u>		XX			X		X	X	
	Paesaggistiche di ricucitura al paesaggio naturale circostante		XX		X		X	X	X	
	Socioeconomiche per uno sviluppo ecocompatibile e per l'aumento dell'occupazione	XX	X			X		XXX	X	X
... si occupa anche di	<u>deframmentazione</u> di habitat faunistici mediante impiego di materiali, anche solo inerti e infrastrutture ed altri provvedimenti volti a fornire condizioni favorevoli alla vita di specie animali		XX			X	XX		X	
	<u>tecniche</u> di rinaturalizzazione finalizzate alla realizzazione di ambienti idonei a specie o comunità vegetali e/o animali		XX			X	XX		X	
SETTORI	<u>della tutela *</u> del suolo (<u>territorio*</u>) (<u>mitigazione del rischio idrogeologico*</u> , sistemazioni idraulico forestali, sistemazione idrogeologica dei bacini, sistemazione dei versanti in erosione e in frana superficiale, sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua naturali e dei canali di bonifica, rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, sistemazioni delle coste e dei fondali)	XXX	XX	XX		X	XX	X	X	XXX
	<u>della rivegetazione</u> e consolidamento di scarpate in ambito di infrastrutture, <u>riqualificazione ambientale*</u> (strade, ferrovie, metanodotti, elettrodotti, cave, discariche)		X	X		X	XX	X	X	X
	<u>delle coperture a verde pensile</u> , degli ecosistemi filtro e depurazioni naturali in genere, e dei settori precedenti anche in ambiti urbani ed industriali		XX	XXX			X	XX	X	X

Legenda

Watershed Management (WM = Sistemazioni Idraulico-Forestali),

Nature Based Solutions (NBS),

Green Infrastructures (GI),

Urban Forestry (UF),

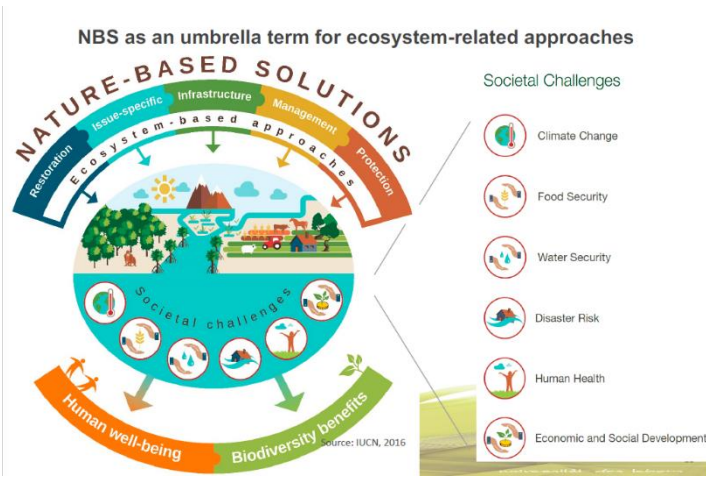
Ecosystem Services (ES),

Ecological Engineering (EE, Journal of)

Economia Circolare (EC)

One Health (OH)

Ecological Disaster Risk Reduction (EDRR)



Tutti i 3 principali aspetti di IN-SWB (scopi, altri obiettivi, settori o campi di applicazione) sono coperti dalle definizioni NBS.

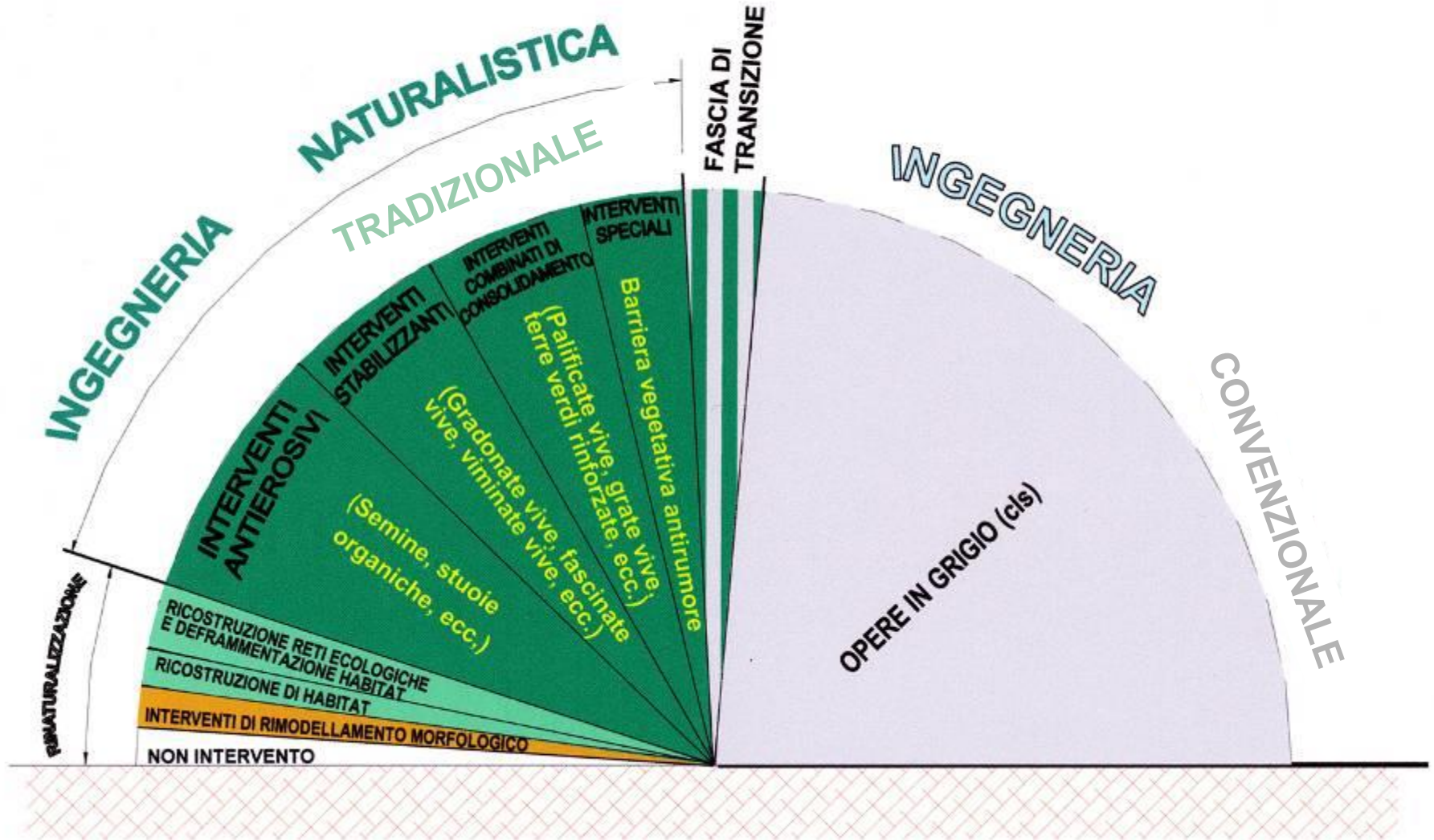
Gli approcci IN-SWB hanno "scopi" in comune con tutti i termini.

Ma con il termine NBS nei testi ufficiali e nelle riviste bibliografiche non si tiene conto della storia recente e passata.

L'Ingegneria Naturalistica è ed è sempre stata Nature Based Solutions



SCENARIO STATO ATTUALE INTERVENTI DI RINATURAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUL TERRITORIO





ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA

SCENARIO FUTURO DEI POSSIBILI INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUL TERRITORIO



E European
F Federation
I Engineer
B Biologist





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

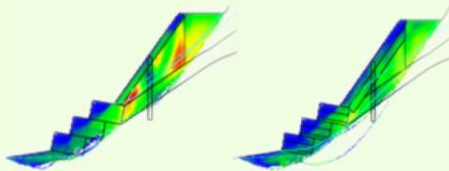


ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA



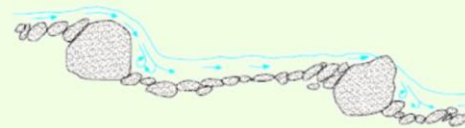
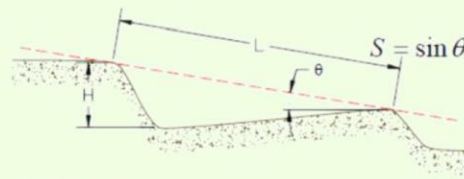
0 anni

25 anni



IN2.0

INNOVAZIONI IN INGEGNERIA NATURALISTICA



COLLANA FIUMI E TERRITORIO

**Formazione
continua,
cantieri
didattici**

Sistemazione alvei corsi d'acqua minori



Sistemazione versanti



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).

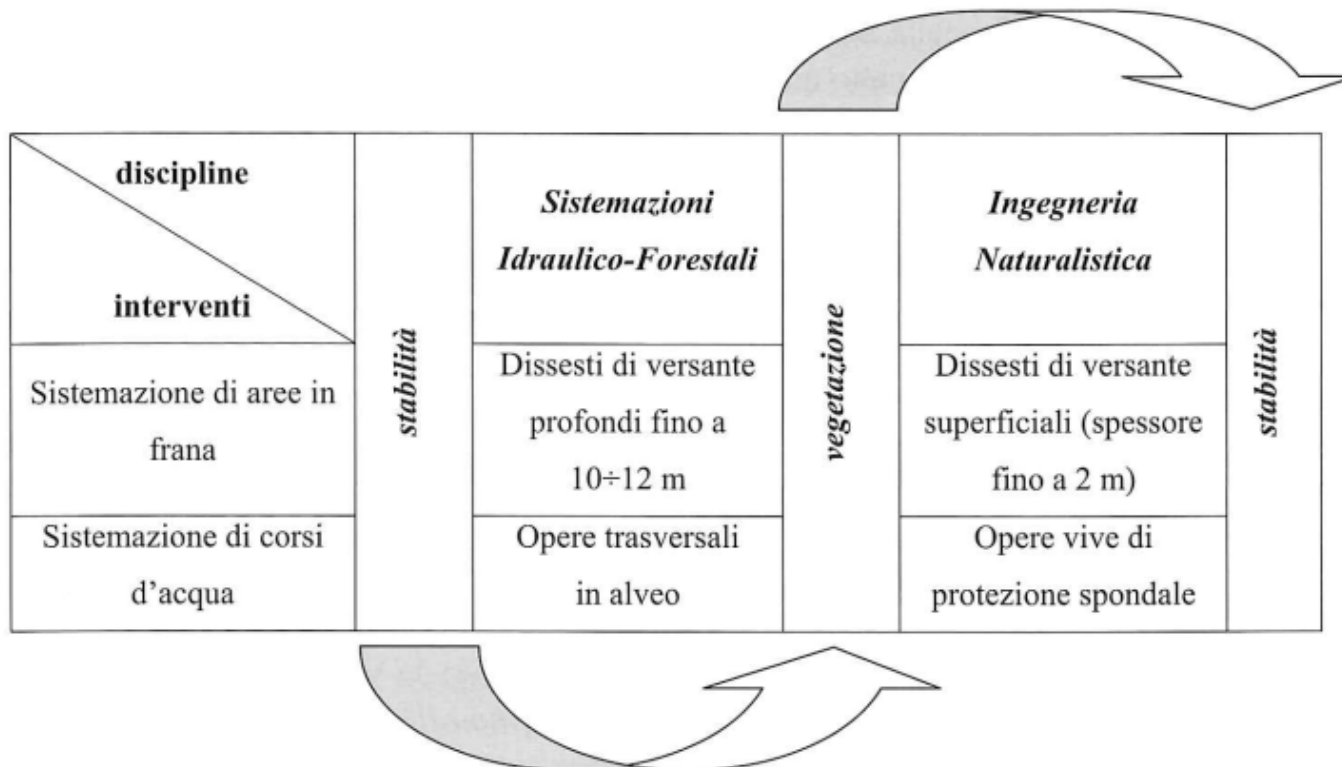
Criteri

INTEGRALITÀ, GRADUALITÀ, CONTINUITÀ

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.**



“Le radici dei salici non permettono alle scarpate di spaccarsi e i rami di salici che si trovino disposti lungo le scarpate, vengono di seguito potati in modo che diventino ogni anno più robusti. E così diventi una sponda vivente fatta di un unico pezzo/compatta.”

(Leonardo da Vinci 1452- 1519)

**Cap. Dalle Sistemazioni Idraulico-Forestali
all'Ingegneria Naturalistica,**

Manuale Regione Lazio

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.

D.M. 20 agosto 1912

(Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani)

=> definizione di Ingegneria Naturalistica

- *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".*

Deliberazione Consiglio regionale Toscana n. 155 del 20 maggio 1997

"Direttive sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica": Le tipologie utilizzate per la realizzazione di opere pubbliche in materia di difesa del suolo devono corrispondere a criteri tali a minimizzare l'impatto ambientale; **si raccomanda quindi, ogni qualvolta risulti possibile compatibilmente con le esigenze di sicurezza, l'utilizzo di tecniche di Ingegneria Naturalistica.**

La definizione presente nella normativa italiana

[l'Ingegneria Naturalistica] “riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di opere o lavori puntuali, e di opere o di lavori diffusi, necessari alla difesa del territorio ed al ripristino della compatibilità fra ‘sviluppo sostenibile’ ed ecosistema, comprese tutte le opere ed i lavori necessari per attività botaniche e zoologiche. Comprende in via esemplificativa i processi di recupero naturalistico, botanico, faunistico, la conservazione ed il recupero del suolo utilizzato per cave e torbiere e dei bacini idrografici, l’eliminazione del dissesto idrogeologico per mezzo di piantumazione, le opere necessarie per la stabilità dei pendii, la riforestazione. I lavori di sistemazione agraria e le opere per la rivegetazione di scarpate stradali, ferroviarie, cave e discariche.” (DPR 25.01.2000 n. 34 All. A “Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi art. 8 L. 11 febbraio 1994, n. 109, s.m.i”)



ART. 3 BURC speciale 19 agosto 2002 Regione Campania

Fin dal momento della progettazione preliminare di opere inserite negli ambiti descritti all'art. 4 deve essere esaminato, in una "Relazione specifica sulla

massima applicabilità della Ingegneria Naturalistica",

qualora il progetto non possa, per motivi tecnici, rispondere in tutto o in parte ai contenuti del presente Regolamento, **la Relazione specifica dovrà sostanziare dettagliatamente le motivazioni tecniche ostative.**

Le tipologie utilizzate per la realizzazione di opere pubbliche nelle materie citate devono corrispondere a criteri di basso impatto ambientale.

OGGI

Soil and Water Bioengineering (SWB) come Nature Based Solutions (NBS)

Esempi recenti



Foto 10 a – Palificata e grata vive con talee a fine lavori, prima dell'inserimento di piante radicate (stato antecedente in Foto n. 2 e 3)



Foto 14 b – scogliera di protezione durante una piena (stato antecedente in Foto n. 7 e 8)



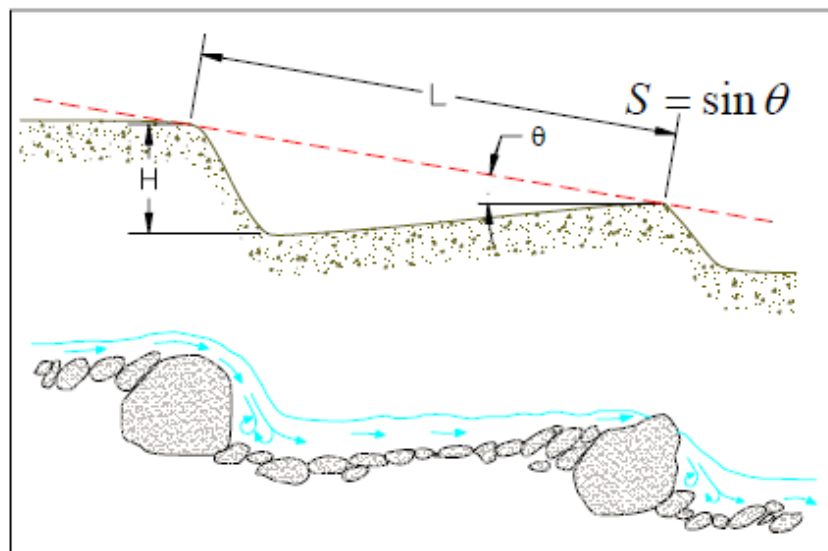
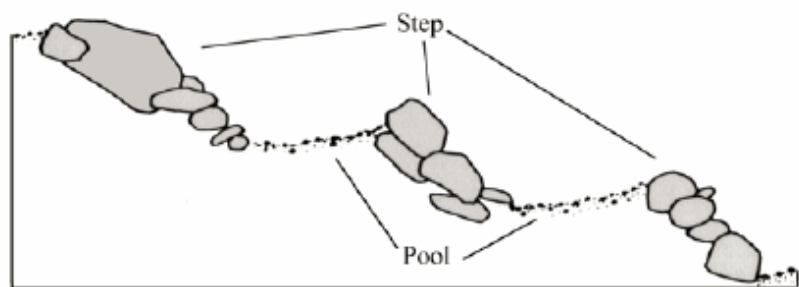
Foto 10 c –Palificate e grata viva durante una visita con Studenti dell'Università di Firenze

Dimensionamento altezza e interdistanza delle opere

Approccio geomorfologico



Geometria naturale delle strutture a gradinata (*step pool*)



Partendo da un'analisi granulometrica, si determina prima l'altezza degli step H , in base alla seguente relazione empirica:

$$\frac{H}{D_{90}} = 2$$

Successivamente, conoscendo la pendenza media S , si risolve l'equazione proposta da Abrahams et al. (1995):

$$1 \leq \frac{H/L}{S} \leq 2 \quad \longrightarrow \quad L = (1 \div 2) \frac{H}{S}$$

IN – SIF

Efficacia e inserimento paesaggistico

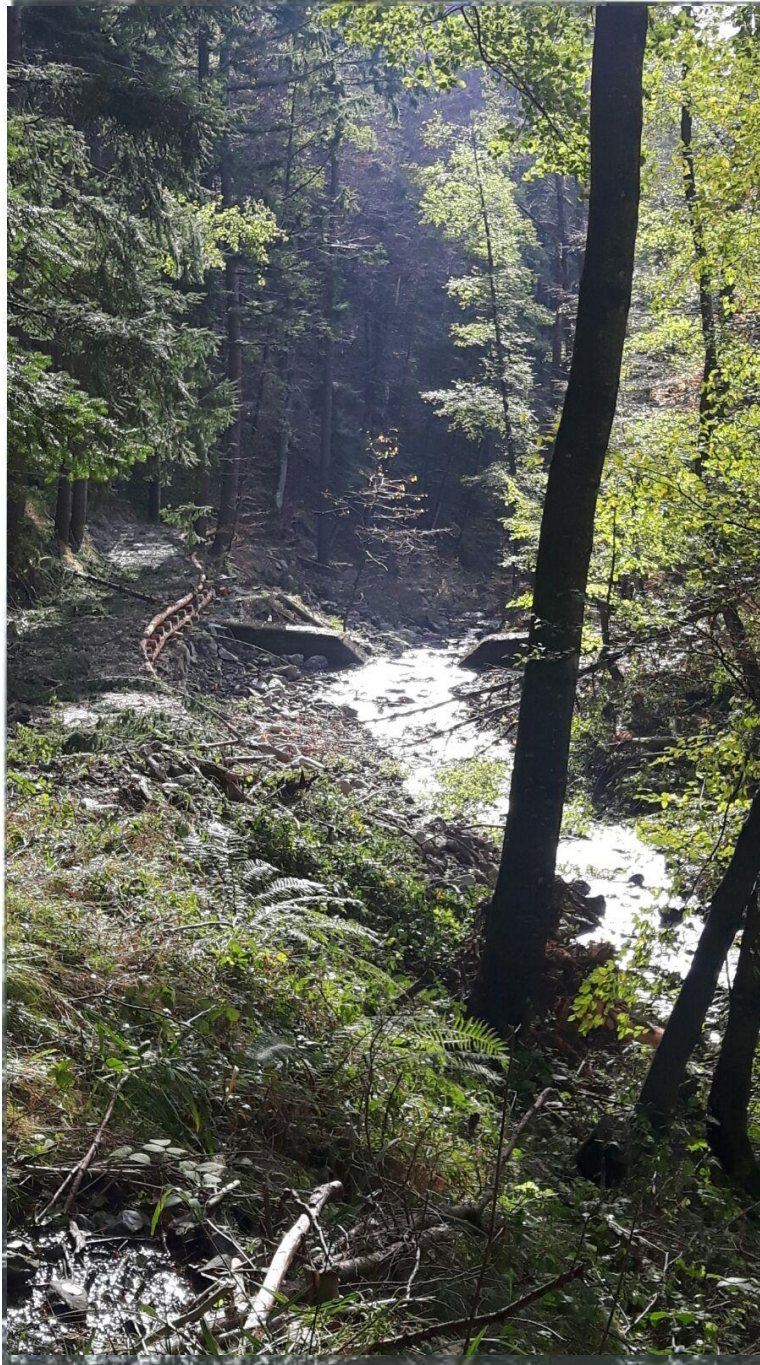


Foto 19 c – briglia di monte e palificata viva
(stato antecedente in Foto n. 6)

IN – SIF

Efficacia e inserimento paesaggistico



Foto 19 b – palificata per protezione al piede della strada: attecchimento delle talee (stato antecedente in Foto n. 6)



Foto 19 a – palificata per protezione al piede della strada: particolare del drenaggio sotto-strada in funzione

Frana di Pomezzana (4 ha) dopo l'evento alluvionale del 1996 in Alta Versilia : monitoraggio in 25 anni

NDVI – Average value in June (1996-2001)



Successione para-naturale

Castagno → → Salice → → Ontano → → Carpino?

Effetti sulla Biodiversità dell'IN



AREE DI STUDIO PROPOSTE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Altre:

- Montisoni (FI)
Ripristino di area dissestata con tecniche IN, tradizionali e combinate (3 anni)
- Pomezana (LU)
Interventi IN in area dissestata (27 anni)
- Pomaia (PI)
Intervento IN di consolidamento e rivegetazione di aree degradate

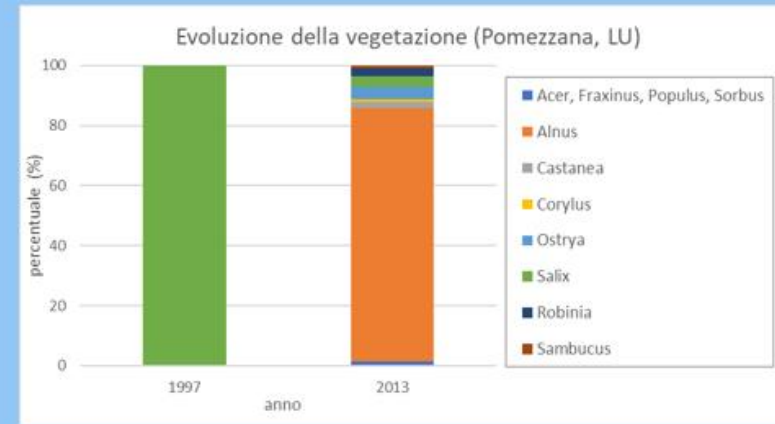


Fig 1. In Fig. 1a, b, c the vegetation development through the years 2000, 2003 and 2013 is appreciable. Nowadays the landslide slope is totally covered by a continuous spontaneous tree cover.

Effetti sulla Biodiversità dell'IN



NATIONAL
BIODIVERSITY
FUTURE CENTER

AREE DI STUDIO PROPOSTE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Casentino:

- Torrente Sova

Intervento IN lungo le sponde in ambito fluviale (25 anni)

- Torrente Gorgone

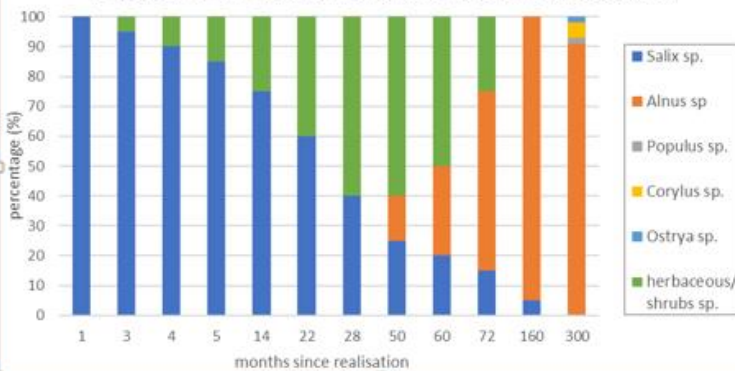
Intervento IN per ripristino sentieristica e viabilità (6 anni)

- Frana in loc. Camaldoli

Prevista la realizzazione di tecniche IN per consolidamento e regimazione acque



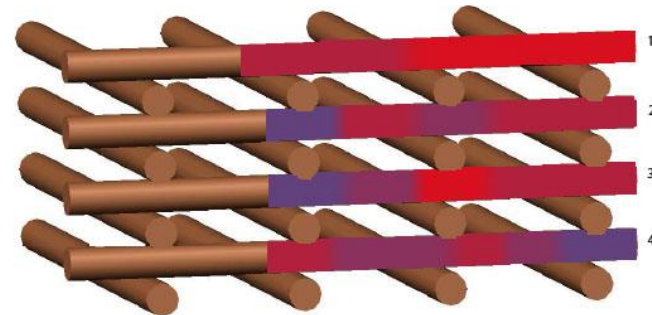
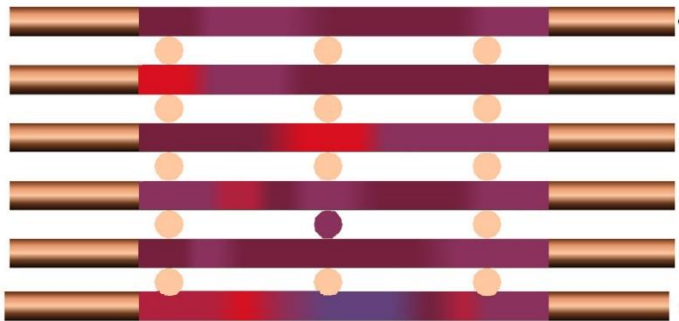
Evolution of living parts in cribwalls (Sova River, Poppi, AR)



Durabilità degli elementi lignei



opere Azzano2 (A2) e Terrinca 2 (T2)



CLASSI RM	SCALA CROMATICA	SOLLECITAZIONE CORRISPONDENTE (N/mm ²)
0-5	Red	12,5-25
5-10	Dark Red	25-37,5
10-15	Dark Purple	37,5-50
15-20	Medium Purple	50-62,5
20-25	Light Purple	62,5-75
25-30	Blue	75-87,5

RM (15 anni)

=

c.a 90 %

✓

F. Preti, M. Togni, A. Dani, F. Perugini, 2011, Il potere del tempo - La durabilità degli elementi lignei delle palificate, ACER, ISSN1828-4434, 6/2010, pp. 33-37

Opere prefabbricate e pieghevoli



Innovazioni in ingegneria naturalistica

di ENRICO GUASTINI, FRANCO BRUCALASSI, LEONARDO MAZZANTI, FEDERICO PRETI

Un recente brevetto si inserisce nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, proponendo strutture prefabbricate e pieghevoli che potrebbero agevolare le operazioni di trasporto e messa in opera, rendendo più accessibili le operazioni di stabilizzazione di versante.

L'Università degli Studi di Firenze ha iniziato una sperimentazione mirata a verificare l'applicabilità

costruite direttamente in loco e di conseguenza adeguate alle caratteristiche locali. Questa importante capacità di adattamento rende

INNOVAZIONE

Si tratta di intelaiature in cui la paleria è collegata da barre filettate verticali passanti



Foto 3 - Le strutture possono essere posizionate in maniera da assecondare la curvatura del versante sistemato.

Bibliografia

CORNELINI, P., PRETI, F., 2005 - **Elementi di geotecnica applicata all'I.N.: aspetti generali, criteri di dimensionamento e verifiche di stabilità.** In Manuale di I.N. della Regione Lazio, vol. 2, cap. 10.

MENEGAZZI G., PALMERI F., 2013 - **Dimensionamento delle opere di ingegneria naturalistica - aspetti innovativi e verifiche preliminari.** Assessorato per l'Ambiente Dipartimento Ambiente e Protezione Civile, Regione Lazio.

GUASTINI E., PRETI F., 2013 - **Monitoring of live and woody elements,** EGU General Assembly 2013. Wien, Geophysical Research Abstracts Vol. 15, EGU2013-12472.

Normativa di riferimento

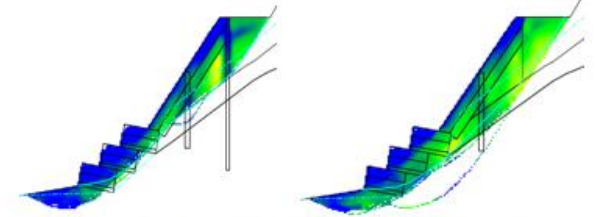
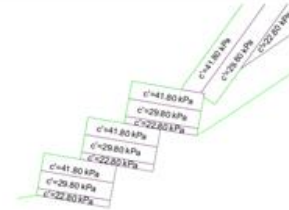
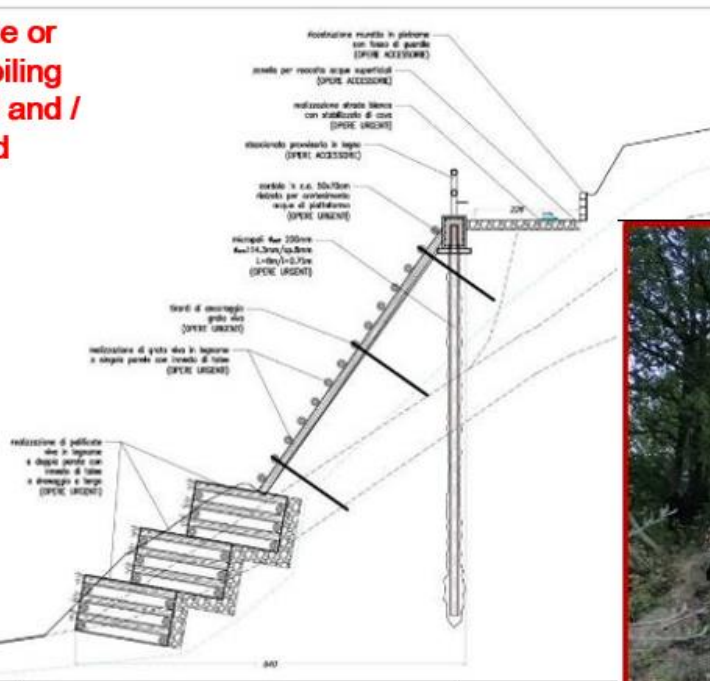
ISO 898, 2009 - **Classi di resistenza per elementi di collegamento.** International Organization for Standardization.

UNI 11035, 2010 - **Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica.** Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

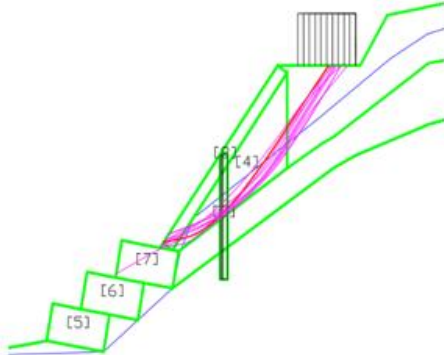
UNI EN 384, 2004 - **Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica.** Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Soluzioni combinate ibride

Palisade or Berlin piling of steel and / or wood



SI=12.5-12.5(kPa)



Il “rischio”



Prevention



International Institute for Disaster Risk Management (IDRM)

H <= “Bombe d’acqua”

V <= assenza di **manutenzione del territorio**

E <= **Campi (Capannoni) Bisenzio**

$$R = H \times V \times E$$

H = Hazard (Pericolosità) $0 < H < 1$

V = Vulnerabilità $0 < V < 1$

E = Elementi a rischio (€)



Mitigation



International Institute for Disaster Risk Management (IDRM)

Fattori e processi di aumento (+ -) del rischio idrogeologico e buone pratiche per la mitigazione e prevenzione:

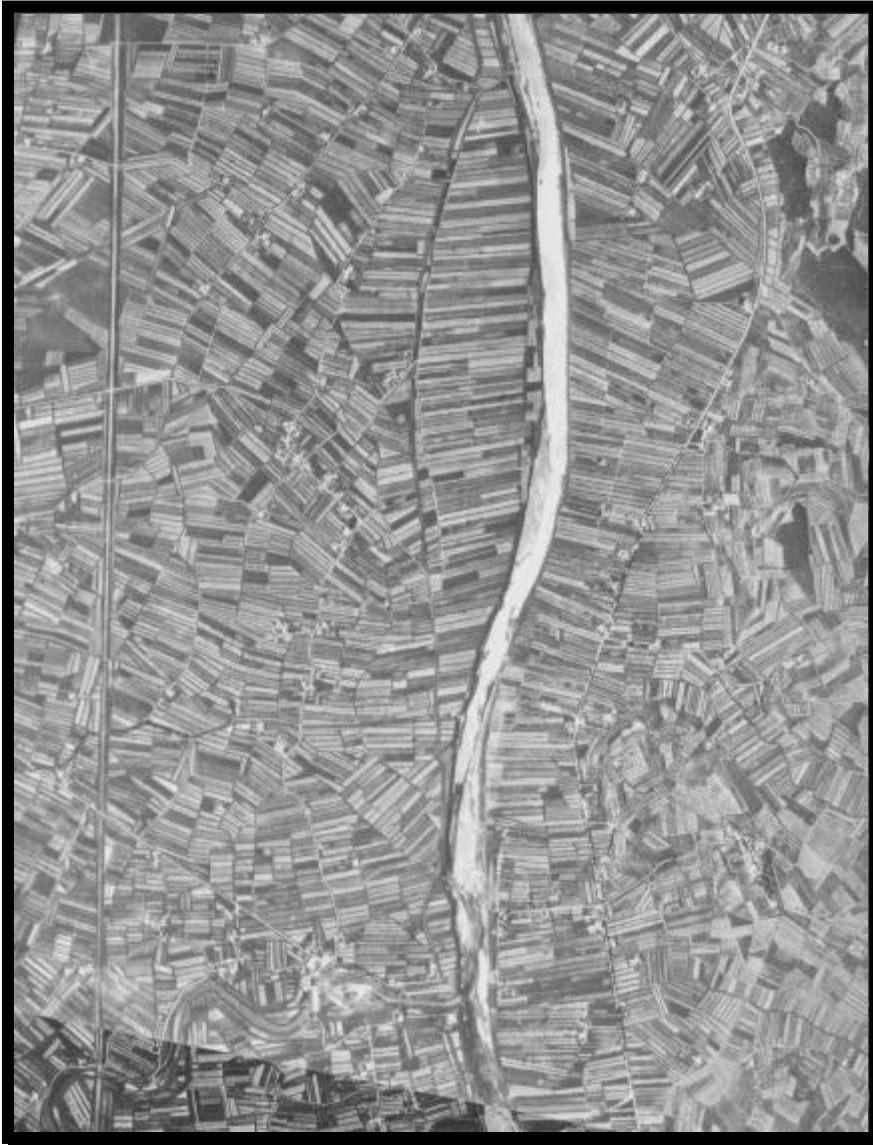
- **famigerate variazioni climatiche** (aumento frequenze +?),
- **aumento urbanizzazione, infrastrutture, attraversamenti (+),**
- **abbandono regimazione idrica e manutenzione** (reticolo idraulico-agrario e terrazzamenti, vegetazione su versante e sponde : +),
- **canalizzazioni e arginatura degli alvei (+),**
- **trattenuta, rallentamento e laminazione in aree di espansione (-) con IN-SIF = invaso, aumento dei tempi di corrivazione (minor pendenza e maggiori percorsi,**
- **gestione del bosco (-), con IN-SIF**
- **valori aggiunti: controllo erosione e frane, ravvenamento falde (sorgenti), micro-mesoclima, etc.**



IL BACINO DELL'ARNO: 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.

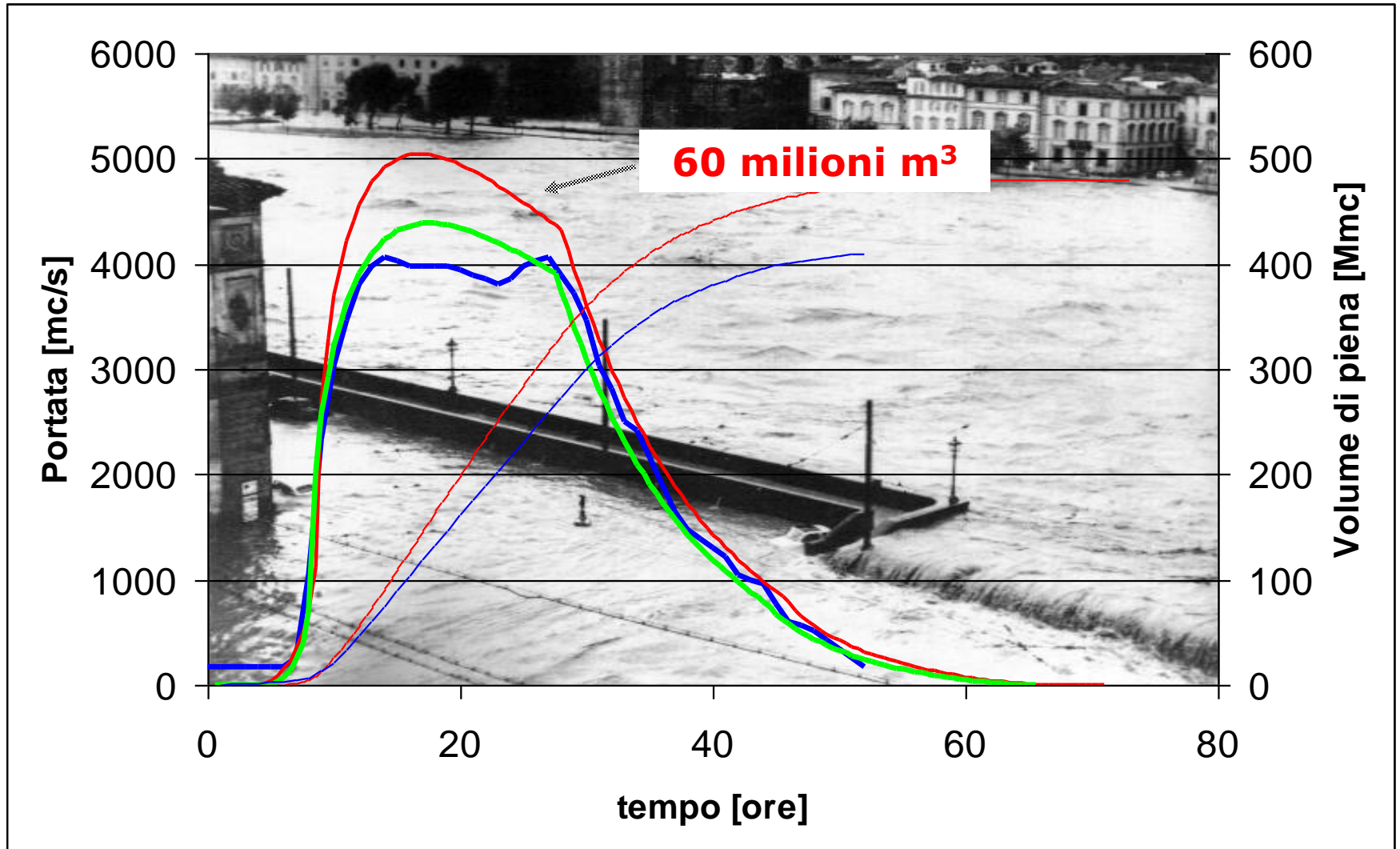
1953

1993

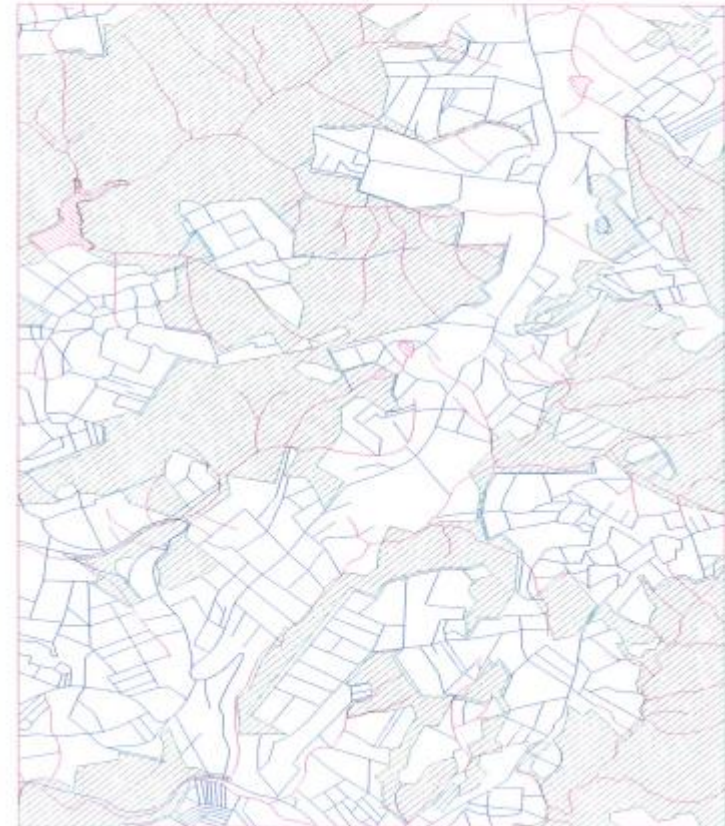
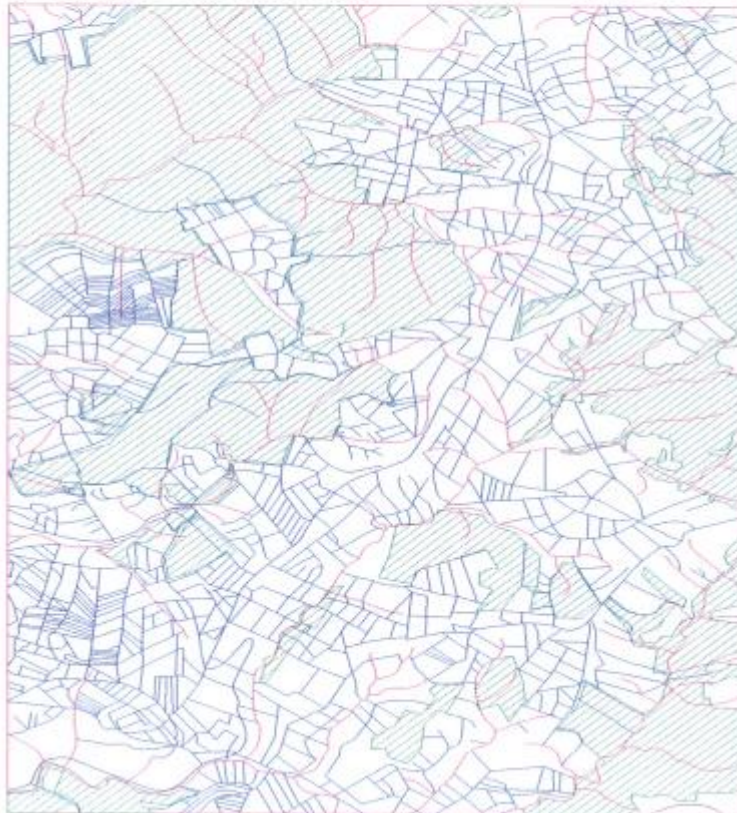




EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA: ARNO A FIRENZE
dalla Lettura di G. Menduni
su “La regimazione delle acque. Dalle sistemazioni dei terreni, ai
laghetti collinari ed alle casse di espansione”, adunanza pubblica
all’Accademia dei Georgofili del 2 maggio 2002.



EVOLUZIONE RETICOLO DRENAGGIO AGRARIO 1954-1991



Analisi, sulla base di digitalizzazione delle foto aeree e di sopralluoghi, della variazione di densità di drenaggio Dd [km/km^2] e volume di invaso corrispondente [m^3 o mm], di lunghezza di corrivazione [km]

COMMISSIONE INTERMINISTERIALE
PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE
IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO

VOLUME SECONDO
PARTE SECONDA

ATTI DELLA
COMMISSIONE

ROMA - ANNO 1974



Giulio Supino

COMMISSIONE INTERMINISTERIALE PER LO STUDIO DELLA
SISTEMAZIONE IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO

Il Sottocommissione - Sistemazione idraulica dei bacini idrografici

GIULIO SUPINO

Presidente e Relatore del Gruppo di Lavoro per l'Arno e il Sebino

LA SISTEMAZIONE DEL BACINO DELL'ARNO

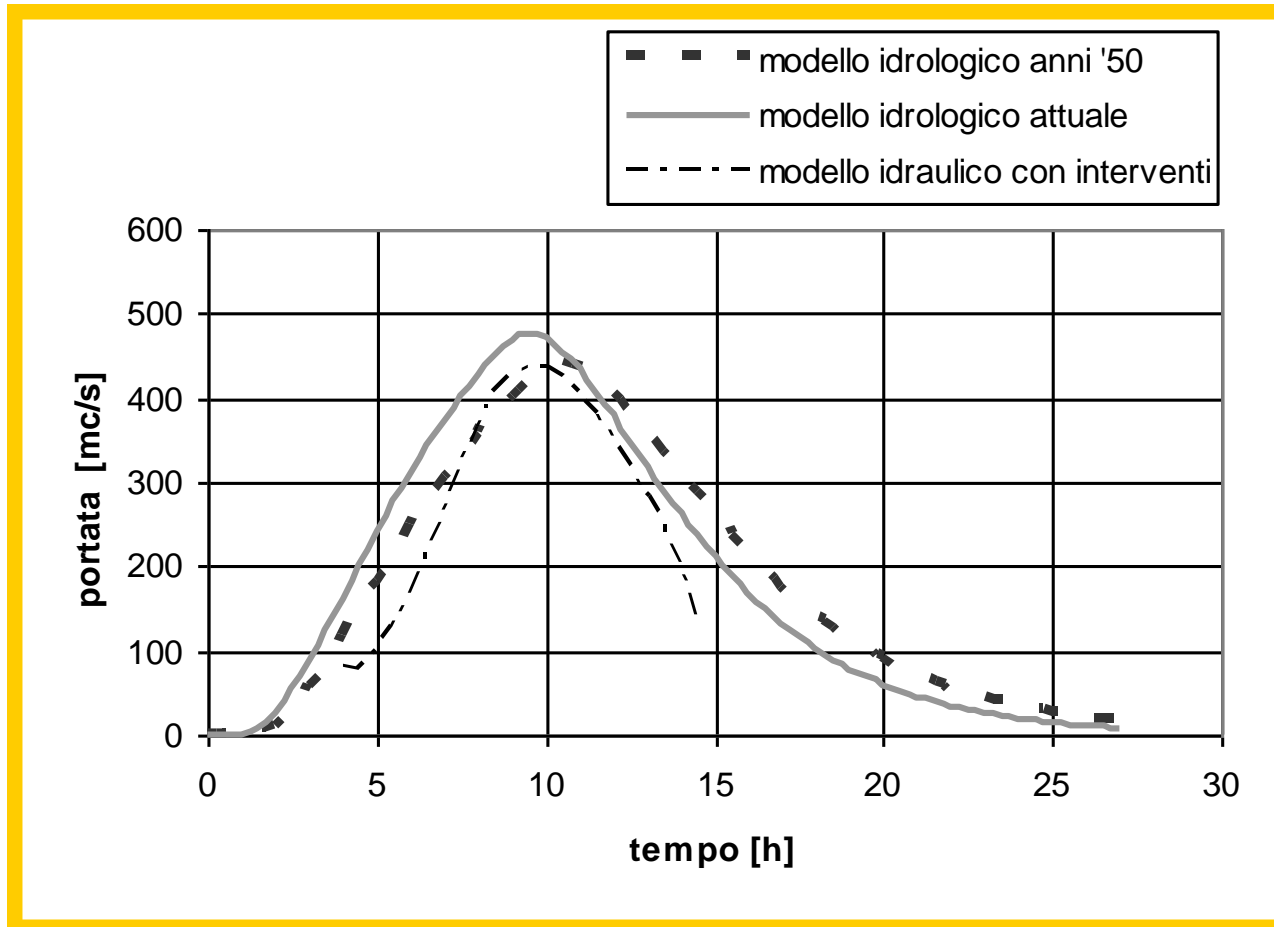
Estratto dagli *Atti della Commissione*

ROMA - ANNO 1971

“... sistemare i pendii costruendo ogni 20÷30 m di dislivello dei fossi orizzontali che interrompano il rittochino”

EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA

Greve confluenza in Arno



Un ipotetico ripristino delle condizioni “anni ‘50” con interventi estensivi a scala di bacino potrebbe avere un effetto (laminazione e ritardo) analogo a quello ottenibile con gli attuali interventi di riduzione del rischio idraulico (casce di espansione aventi un volume complessivo di riempimento paragonabile a quello dell’invaso agrario non più presente stimato in precedenza di circa **500.000 m³**).

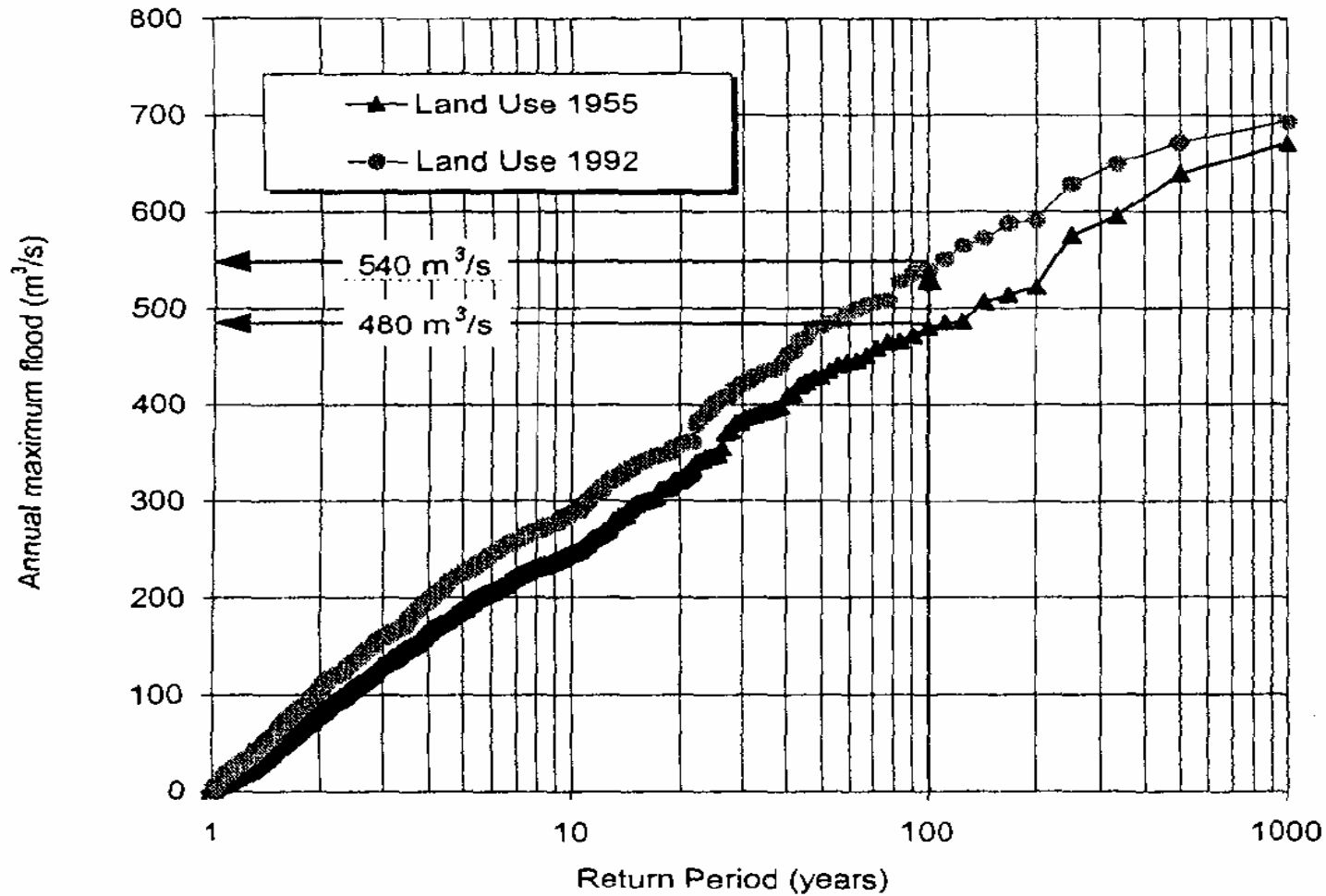


Figure 15. Probability distributions of the annual maximum floods for the Samoggia at Calcara with the soil use scenarios of 1955 and 1992.

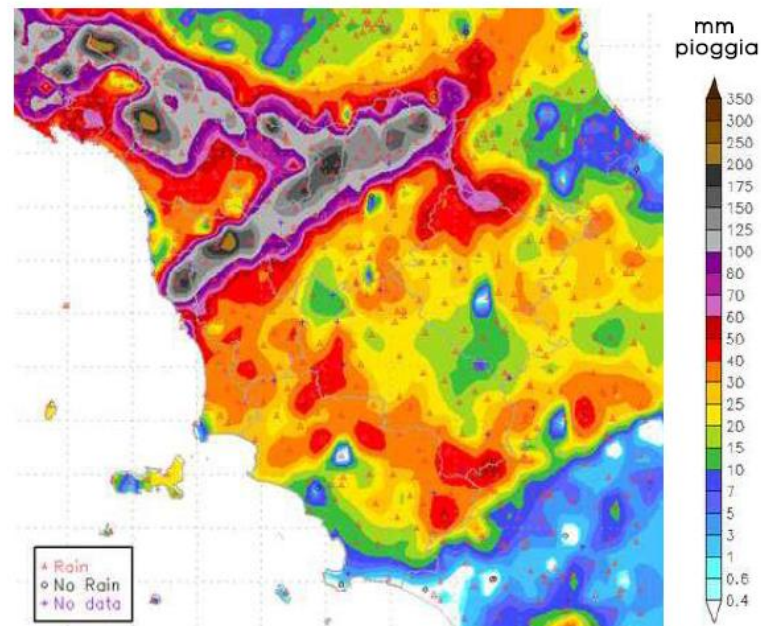
il clima in Toscana nel 2023

NOVEMBRE: alluvione in Toscana

AUTUNNO
report 2023
meteo-climatico
sulla Toscana

Superati localmente 200 mm sull'Appennino della provincia di Massa-Carrara, tra Apuane e Garfagnana e raggiunti 150-200 mm sulle zone alluvionate del pratese e del pistoiese.

Le intensità orarie hanno raggiunto 80-100 mm tra le province di Livorno e Pisa e 40-55 mm tra le province di Pistoia e Prato. Tempi di ritorno delle precipitazioni localmente superiori a 250 anni.



piogge osservate in 24 ore il 2/11/2023

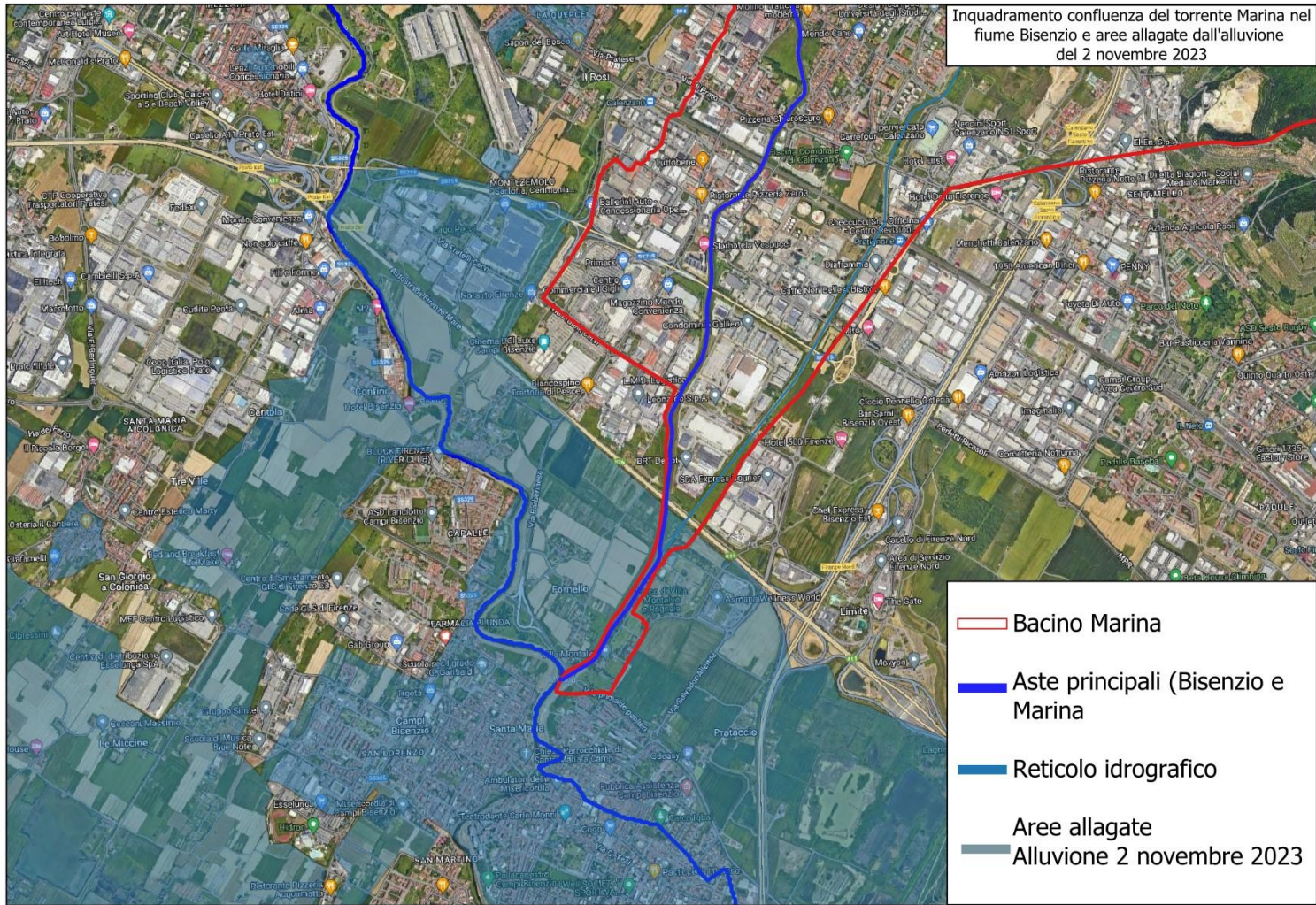


Dati: SIR Regione Toscana, AM, LaMMA



Consiglio Nazionale delle Ricerche



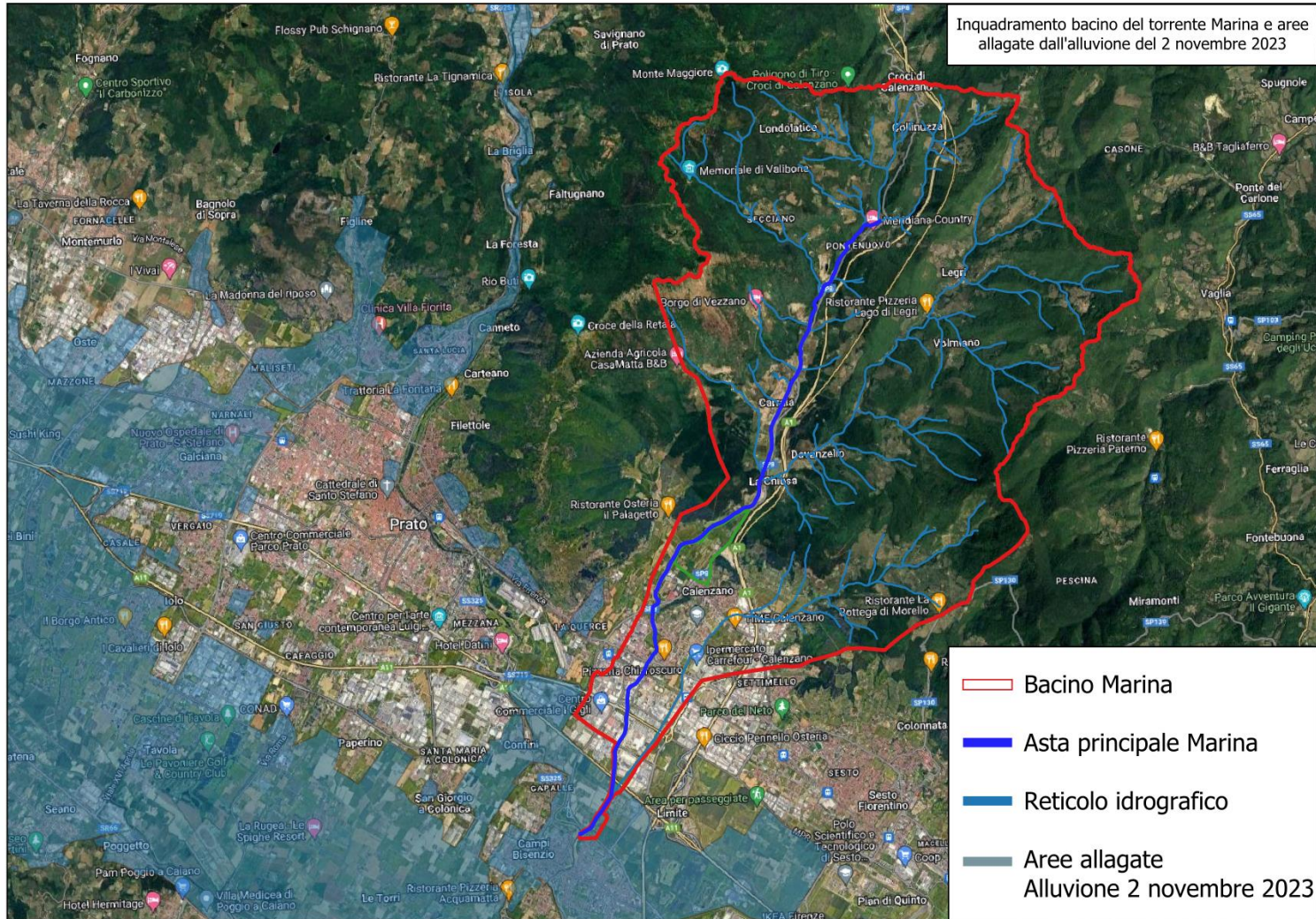


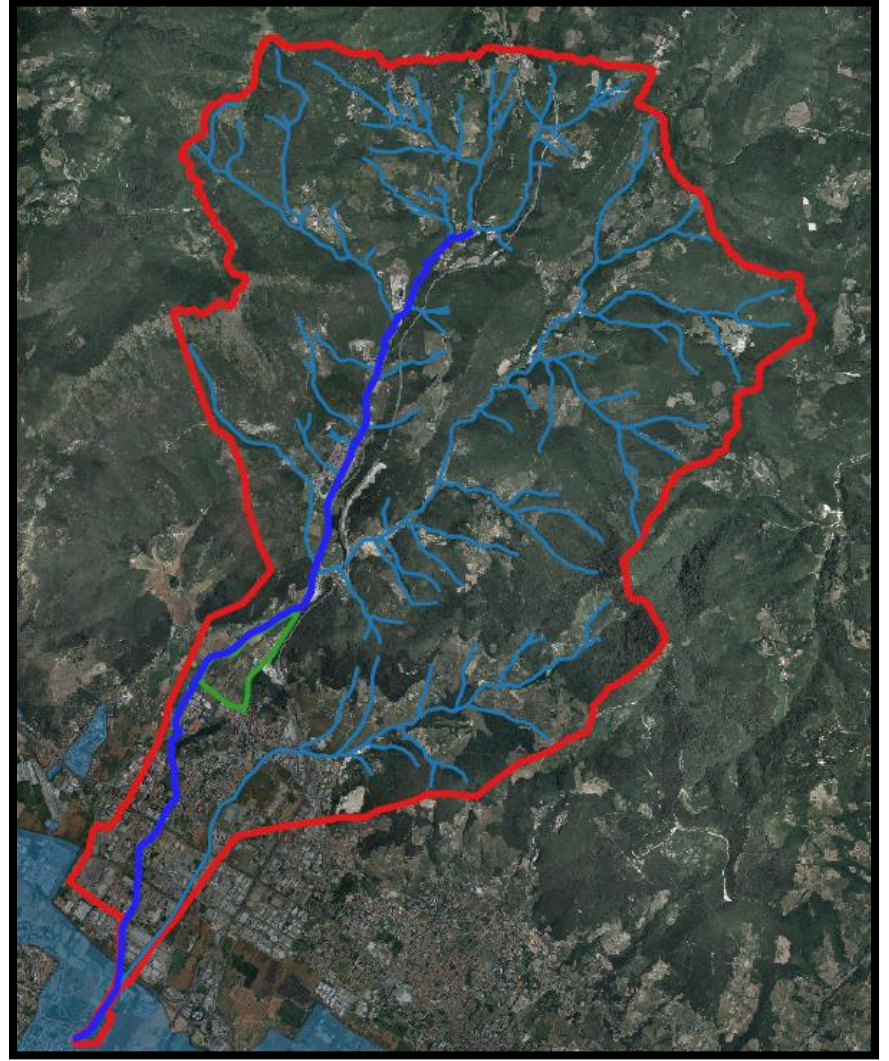
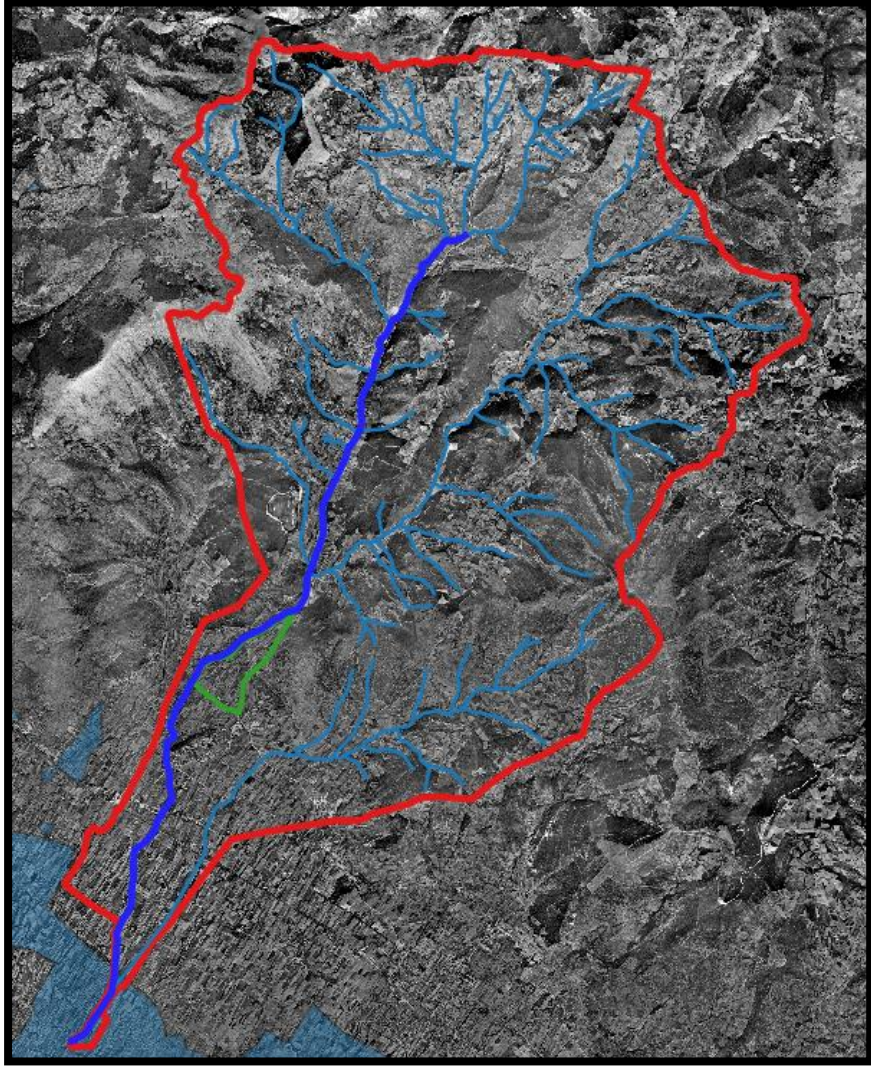
*Rottura del muro di contenimento della Marina a Villa Montalvo
che ha generato i danni più gravi*

[La Nazione](#) "Emergenza alluvione I fondi per la Marina. Sfondò l'argine, arrivano 12 milioni"

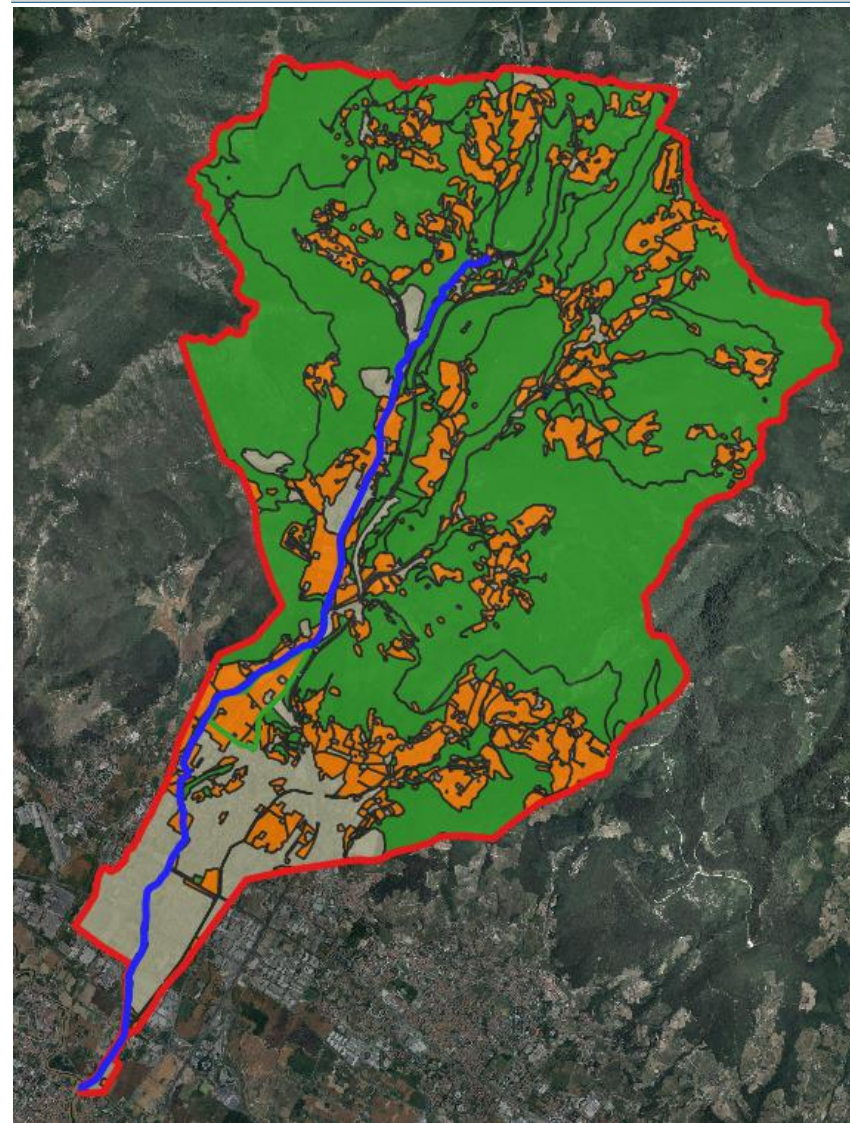
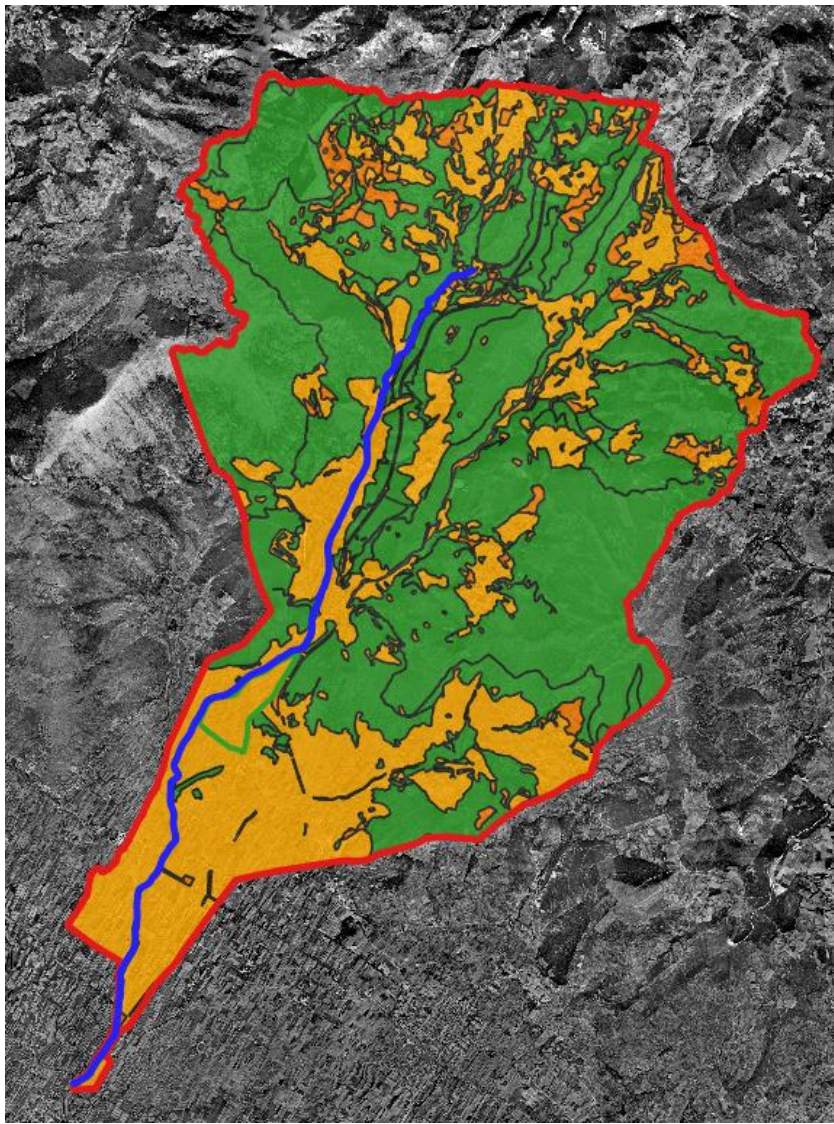


Inquadramento bacino del torrente Marina e aree allagate dall'alluvione del 2 novembre 2023



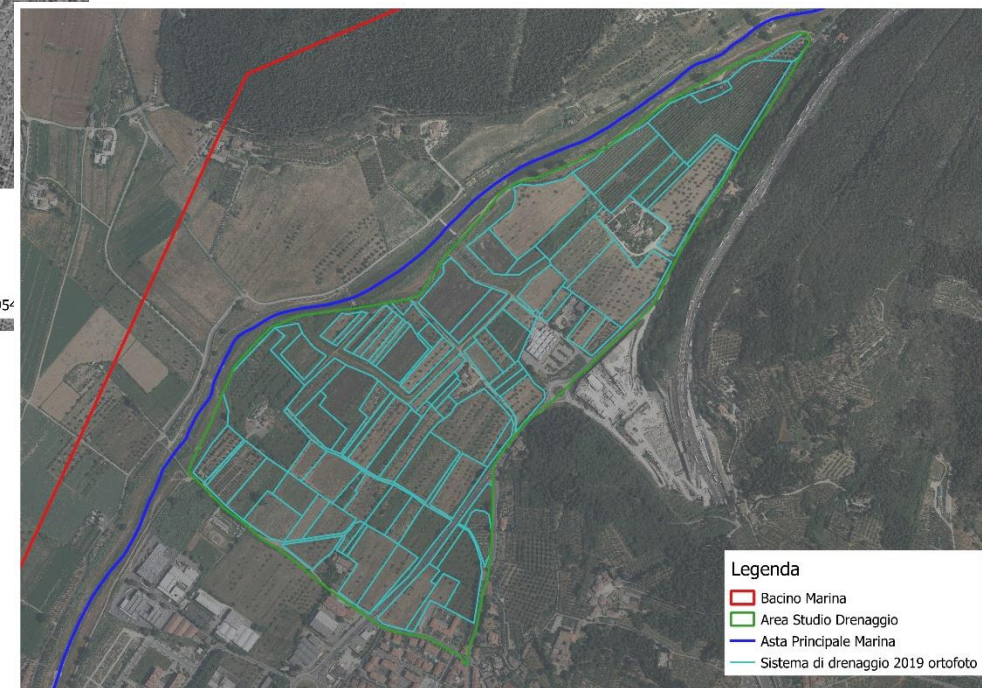
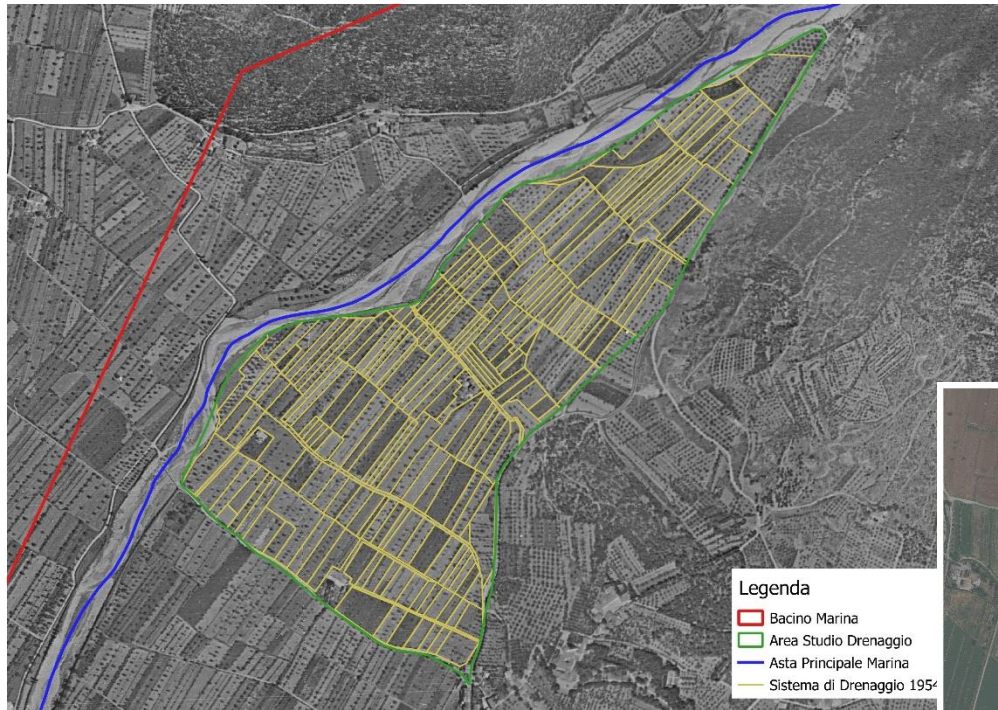


Variazione uso del suolo tra il 1954 e il 2019



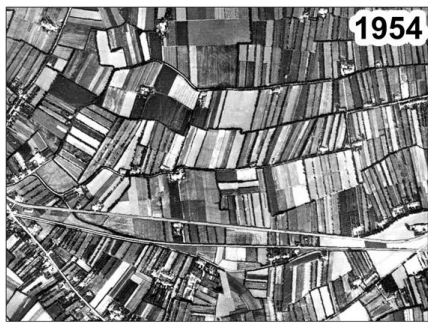
UCS	OFC 1954	OFC 2019	Variazione relativa	Variazione percentuale
	ha	ha		%
Bosco e aree boscate	3964.38	4272.52	0.08	8%
Agricolo e presunto	2526.06	1326.05	-0.48	-48%
Urbanizzato	43.95	913.5	19.78	1978%

Variazione del reticolo drenante tra il 1954 e il 2019

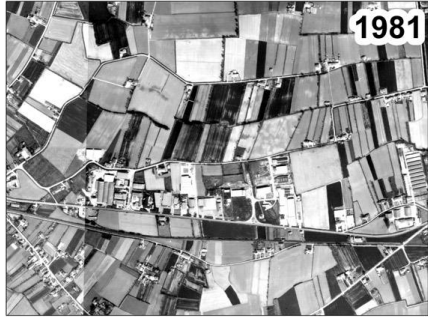
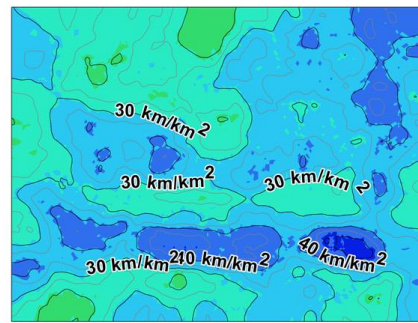


	Area di studio	kmq	0.59
	Reticolo drenante		
Base cartografica	km	km/kmq	diff %
OFC 2019 R.T.	19.61	33.24	-42%
LIDAR R.T.	15.99	27.10	-53%
OFC 1954 R.T.	33.97	57.58	

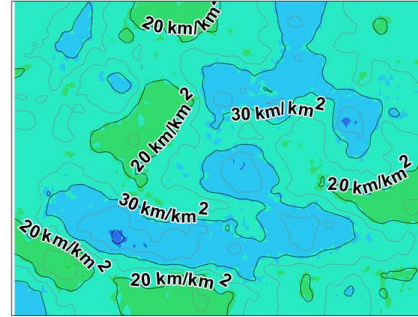
**Perdita e quindi necessità di
accumulo di circa 25 mc/ha**



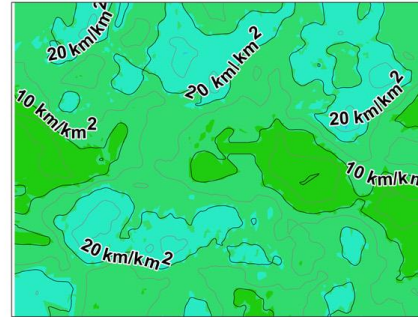
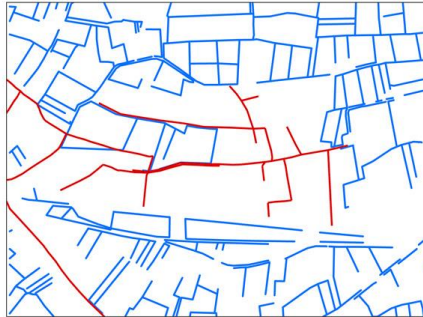
1954



1981

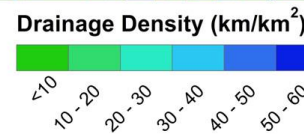


2006



0 1000 m

— Drainage network
— Urban drainage system (culverts)



Agricultural Water Management 236 (2023) 108398



Contents lists available at ScienceDirect
Agricultural Water Management
journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat



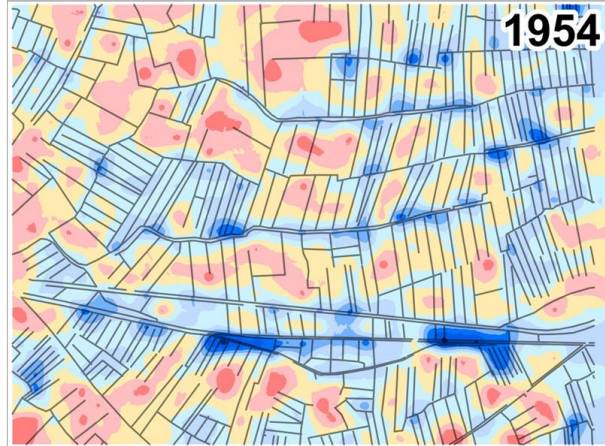
Steep-slope viticulture: The effectiveness of micro-water storage in improving the resilience to weather extremes

Wendi Wang, Eugenio Straffelini, Paolo Tarolli

Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padova, Agripoli, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, PD, Italy

Sofia et al., 2014,
Anthropocene

**Perdita e quindi necessità di
accumulo di circa 25 mc/ha**



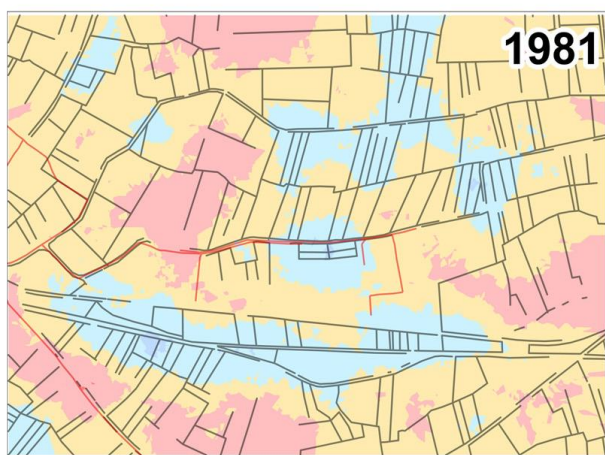
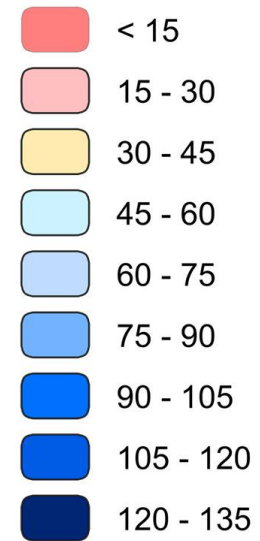
1954



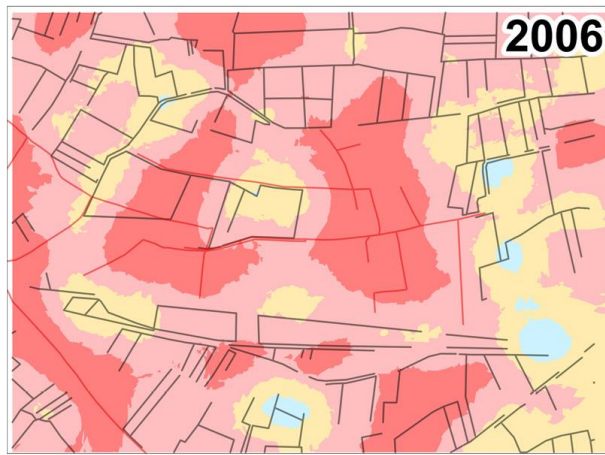
Sofia et al., 2014,
Anthropocene

— Drainage network
— Urban drainage system (culverts)

Storage Capacity (m³/ha)



1981



2006

$$1 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,0001 \text{ m} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\Delta Q = + 10\%$$

$$\Delta Tr (Q) \downarrow$$

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

Nostri risultati precedenti

a) ANNI '50

Elaborando le foto aeree si calcola una **Dd = 20 km/km²** e un valore di **Vu = 6 mm = 60 m³/ha**.

b) ANNI '90

Si hanno valori circa dimezzati di **Dd = 10 km/km²** e di **Vu = 3 mm = 30 m³/ha** e una riduzione della **lunghezza di corrivazione del 10% circa**.

c) ATTUALE CON IPOTESI SUPINO

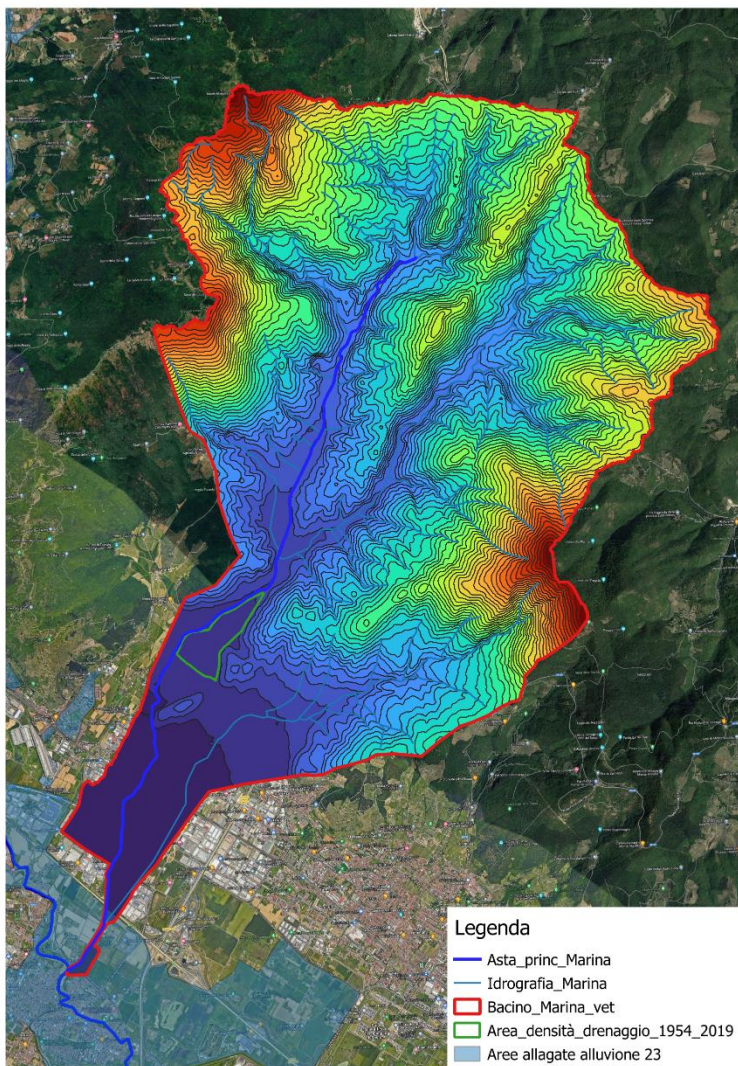
Per una pendenza media dei versanti del **20÷30%**, si avrebbe un **aumento di la di circa 2÷3 mm**

Si ottiene che questo scenario porta ad effetti analoghi a quelli che si potevano avere negli anni '50, quindi più rilevanti in bacini "piccoli" (maggiore sensibilità ad la). Inoltre, la riduzione dello sviluppo del reticolo di drenaggio agrario si traduce in una **riduzione della lunghezza dei percorsi incanalati e quindi del tempo di corrivazione del bacino** oppure la tendenza al riaumento della **pendenza dei versanti** dovuto alla sostituzione o al degrado dei terrazzamenti possono provocare un'analogia riduzione del tempo di corrivazione del bacino.

0 1000 m

UCS	OFC 1954	OFC 2019	Variazione relativa	Variazione percentuale	Perdita di volume invasabile (1954 – 2019)
	ha	ha		%	mc
Bosco e aree boscate	3964.38	4272.52	0.08	8%	
Agricolo e presunto	2526.06	1326.05	-0.48	-48%	101 806 - 30 850 = 70 955
Urbanizzato	43.95	913.5	19.78	1978%	

**Perdita e quindi necessità di
accumulo di circa 25 mc/ha**



Classe Altitudine	Estension e ha	Lunghezza km
0-40	12.86	0.64
40-60	392.07	4.18
60-80	305.21	8.27
80-100	174.38	12.88
100-120	196.41	18.90
120-140	195.50	24.59
140-160	188.59	28.62
160-180	195.36	33.07
180-200	226.10	37.55
200-220	222.62	40.80
220-240	248.78	44.20
240-260	273.56	45.84
260-280	285.68	46.85
280-300	292.73	46.44
300-320	283.54	45.39
320-340	258.18	43.84
340-360	237.30	44.70
360-380	253.02	42.27
380-400	229.77	39.06
400-420	217.83	37.08
420-440	206.97	35.43
440-460	184.52	32.61
460-480	161.47	29.08
480-500	147.19	27.27
500-520	137.69	23.33
520-540	118.28	21.11
540-560	105.57	19.66
560-580	100.56	18.61
580-600	93.32	16.95
600-620	75.84	14.59
620-640	72.61	13.71
640-660	63.98	11.84
660-680	49.62	10.41
680-700	46.88	9.60
700-720	40.86	8.68
720-740	40.09	8.22
740-760	40.10	7.74
760-780	41.09	6.34
780-800	29.59	4.54
800-820	20.69	3.91
820-840	21.27	3.26
840-860	13.81	2.71
860-880	14.91	2.14
880-900	10.59	1.29
900-920	6.86	0.27

Area del bacino

Marina:

65.34 km²

Quota minima e massima:

38 – 916 m slm

Dislivello tra curve
di livello: **20 m**

Quota sistemata:
**25% di 45 curve di
livello**

30% area boscata
Lunghezza totale:
978 km

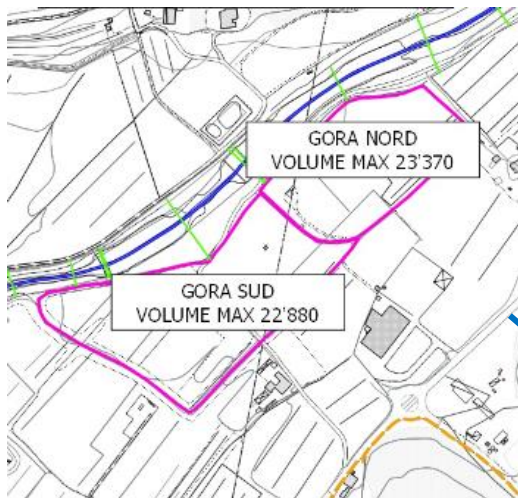
Sezione presunta
scoline:
0.50 m²

Volume invasabile
totale:
125 000 m³

Equivalente di
precipitazione sul
bacino:
~ 2.00 mm

La Gora e Torri

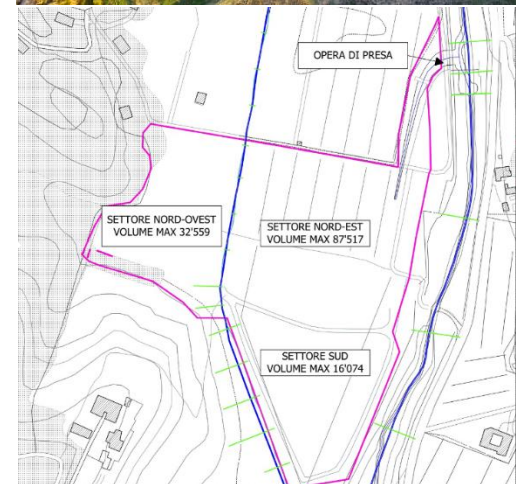
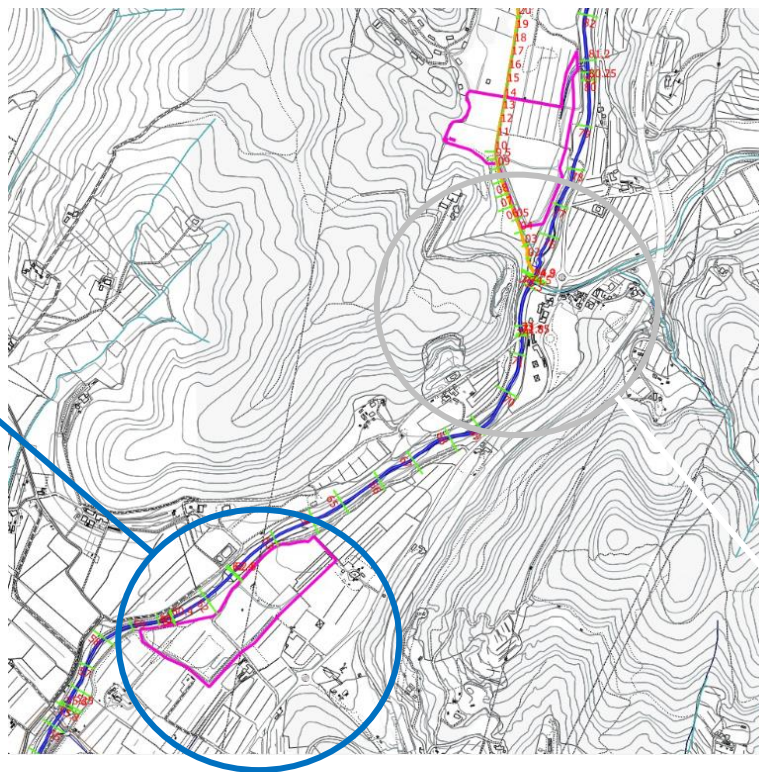
Casse di espansione



La Gora
46.250 mc



**PIANO
OPERATIVO
COMUNALE
2024**



Torri
136.150 mc

Casse di espansione : laminazione 182.000 mc

Cassa di espansione equivalente diffusa : laminazione 196.000 mc

	bacino Toscana centrale area 7,7 km ²		riduzione capacità invaso	riduzione tempo corrivazione	cambio territoriale	solo cambio climatico	cambio climatico e territoriale
	anni '50 Fb-10%		tl-10%	entrambi	h+10%	tutti e 3	
Q [mc/s] portata	58,8	61	61	65	68	74	
incremento Q	0%	4%	4%	11%	16%	26%	
Tr tempo di ritorno	139	123	123	100	86	65	
Hn Pericolosità	0,51	0,56	0,56	0,64	0,69	0,79	
incremento Hn	0%	8%	8%	23%	34%	53%	
BISENZIO							
	CPP_A	CPP_N	CPP_M	160 mm in 3 ore			
	22,06	0,39	0,19				
Tr	d [ore]	h [mm]					
	100	3	82,4				

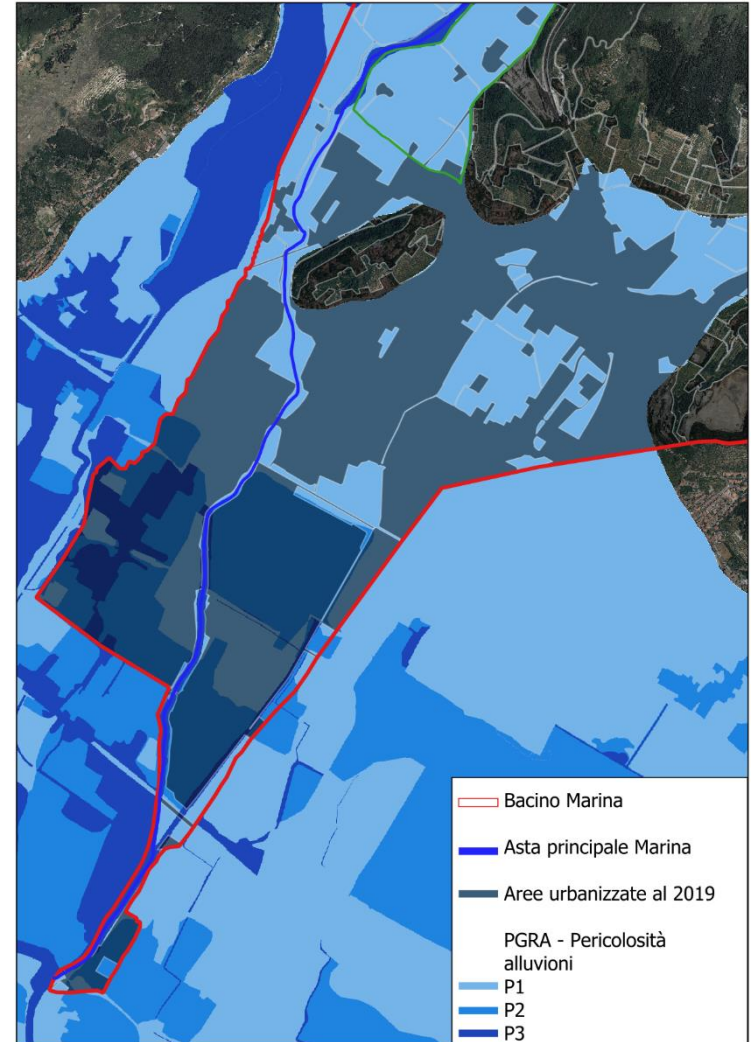
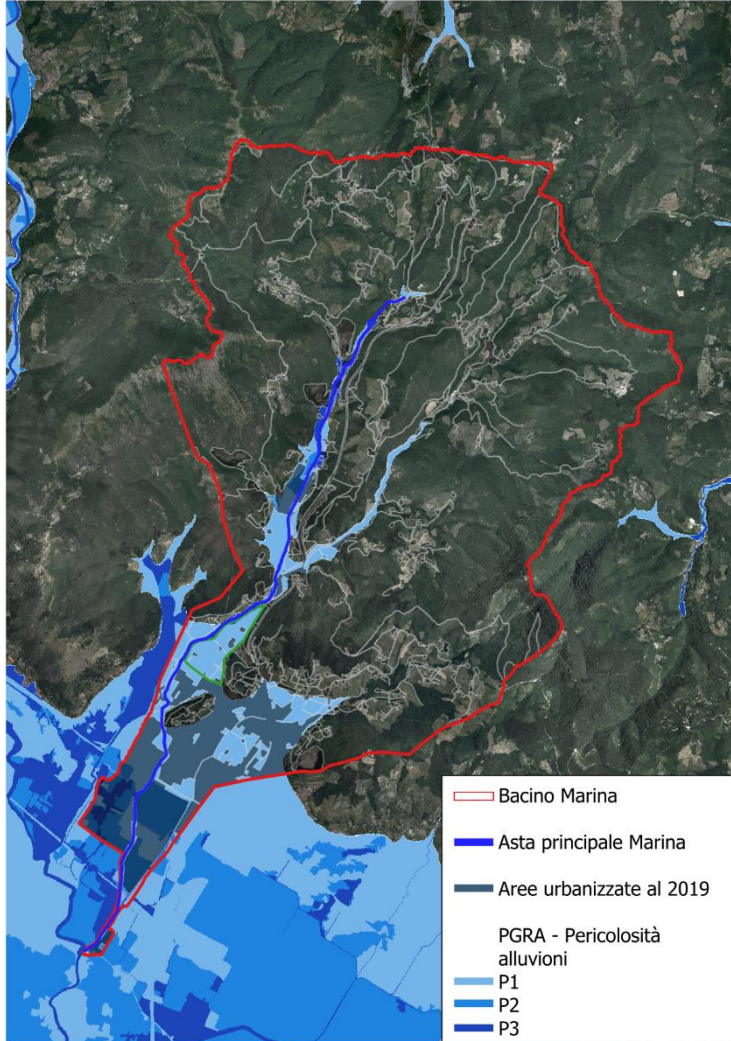
**PERICOLOSITÀ
AUMENTATA DI
OLTRE IL 50%**

CONFRONTO TRA I RISULTATI SULLA RISPOSTA IDROLOGICA DEI CAMBIAMENTO DI USO DEL SUOLO

Fattori	Bacino	Autori Anno	Periodo	Modello	Area [km ²]	ΔQ [%]			Rischio Pericolosità [%]	
						Tr				
URBANIZZAZIONE	Sarca di Campiglio	Cazorzi Dalla Fontana 1996	1954	SCS-CN WODITEM	23	Tr			$H_n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$	
						50	100	200		
						+10.9	+9.4	+8.0		
RIMBOSCHIMENTI	Battelli Bresci 1996	1989	71	+2.0	+1.3	+0.9				
				-0.8	-1.1	-0.0				
				-1.9	-2.0	-2.0				
URBANIZZAZIONE	Bisagno	Rosso Rulli 2000	1878 1930 1980	SCS-CN	92	Tr			Rischio estrinseco	
						100-200			'30	+5÷10
						+12			'80	+30÷40
RETICOLO IDRAULICO-AGRARIO	Greve	Preti 2000	1950 1990	ALTO	35	Tr				
						50-100-200				
						+10				
TERRAZZAMENTI	Greve	Garzonio 2000	1950	SCS-CN	≈1	Tr				
						2÷5				
						+10÷15				
TERRAZZAMENTI	Rave	Preti Bresci Ravenna 2001	1826 2001 2100	ALTO	1.4	Tr			Pericolosità	
						200			+24.3	+38.9
						+1.4*	+9.4**	+15.8***	**	***

* 2001: situazione attuale ** 2050: mancanza di manutenzione *** 2100 assenza di interventi di stabilizzazione

RISCHIO = PERICOLOSITÀ H x VULNERABILITÀ X VALORE ESPOSTO



VALORE ESPOSTO

Seminativo 2019 = 20 462 euro/ha

<https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/schede/fabbricatiterreni/omi/banche-dati/valori-agricoli-medi/valori-agricoli-medi-toscana>

Abitazioni civili 2019 max villini considerando tasso edificabilità = 310 000 euro/ha

<https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/risultato.php>

RISCHIO AUMENTATO DI OLTRE 20 VOLTE

La PREVENZIONE e PROTEZIONE con tecniche di INGEGNERIA NATURALISTICA, la MANUTENZIONE e il PRESIDIO DEL TERRITORIO convengono rispetto gli interventi STRAORDINARI (ex post in emergenza) in termini economici (costi ridotti di 8-10 volte) e occupazionali



GRAZIE PER L'ATTENZIONE