



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Il rischio idraulico a Firenze

Firenze
4 novembre 1966

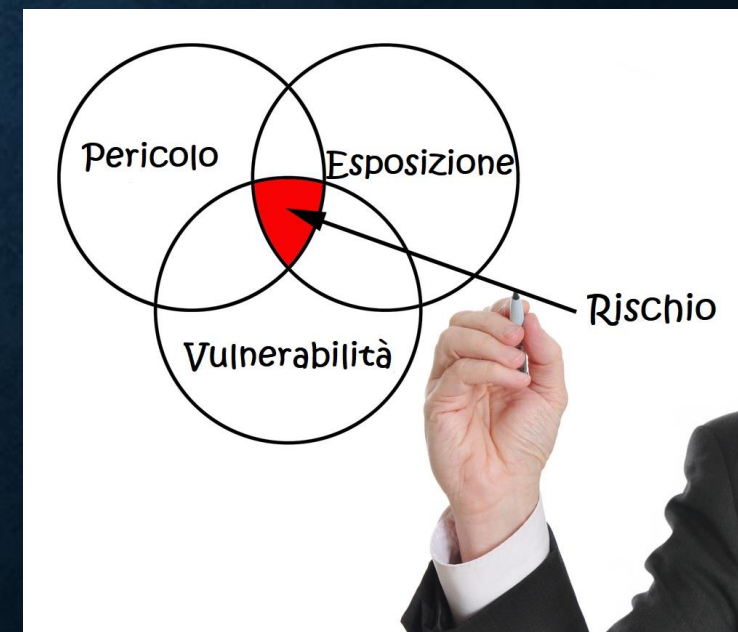
Fabio Castelli

Università di Firenze

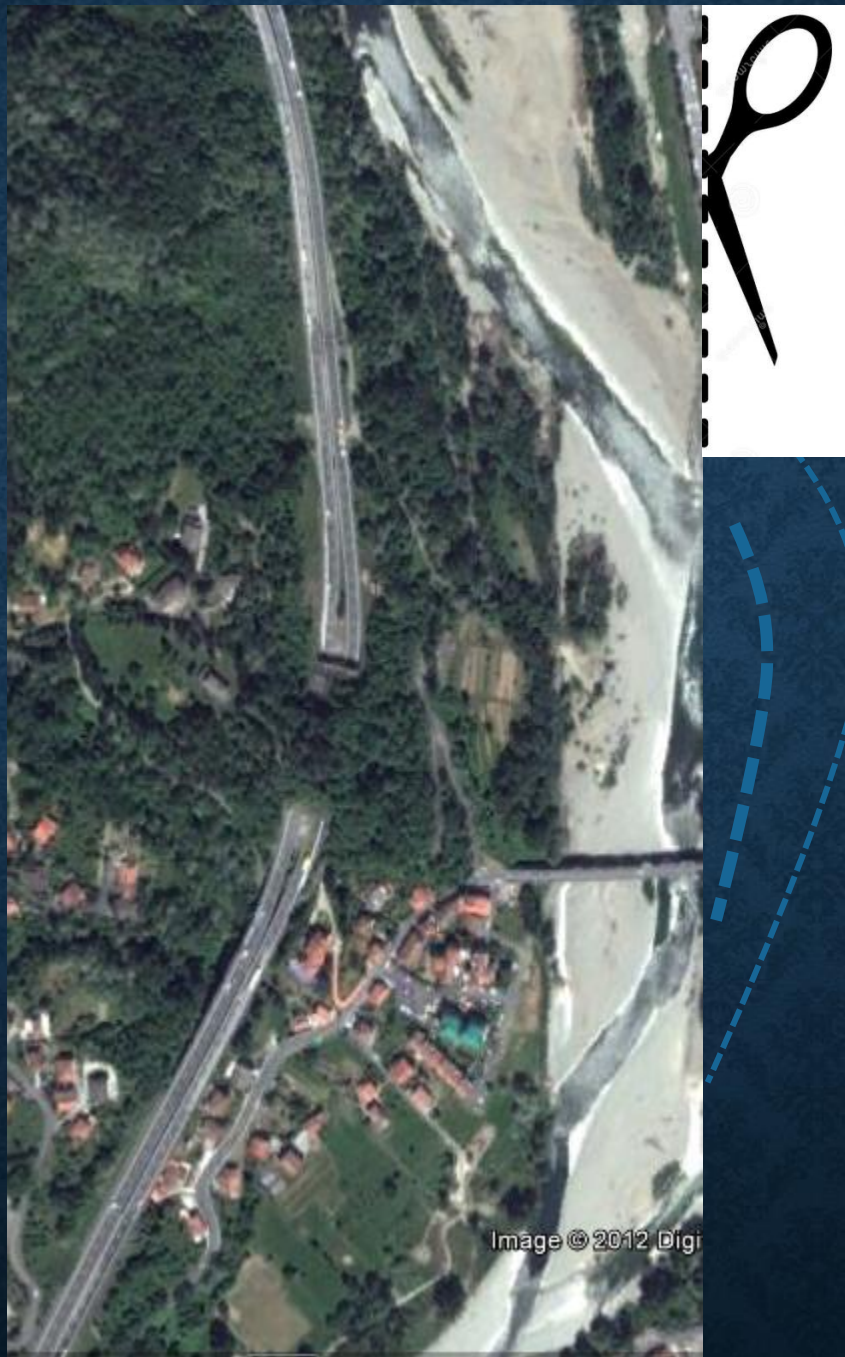
- *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale*
- *Cattedra UNESCO sulla gestione sostenibile del rischio geo-idrologico*
- *Centro per la Protezione Civile*



Firenze:
un caso esemplare
in cui l'assetto
urbano contribuisce
ad aumentare anche
il pericolo



Fiume Magra vicino ad Aulla (Lunigiana, nord della Toscana) *Alluvionata nel 2011*



*Come
disegneremmo
il fiume nella
parte mancante
dell'immagine?*

Image © 2012 Digi

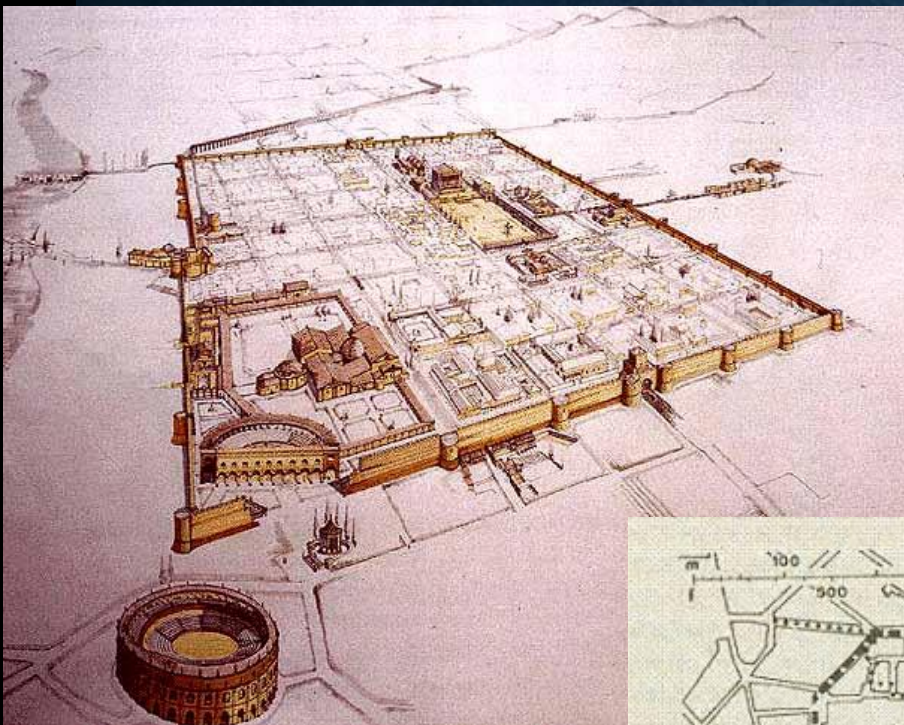
Fiume Magra vicino ad Aulla (Lunigiana, nord della Toscana) *Alluvionata nel 2011*



Image © 2012 DigitalGlobe

Torniamo a Firenze





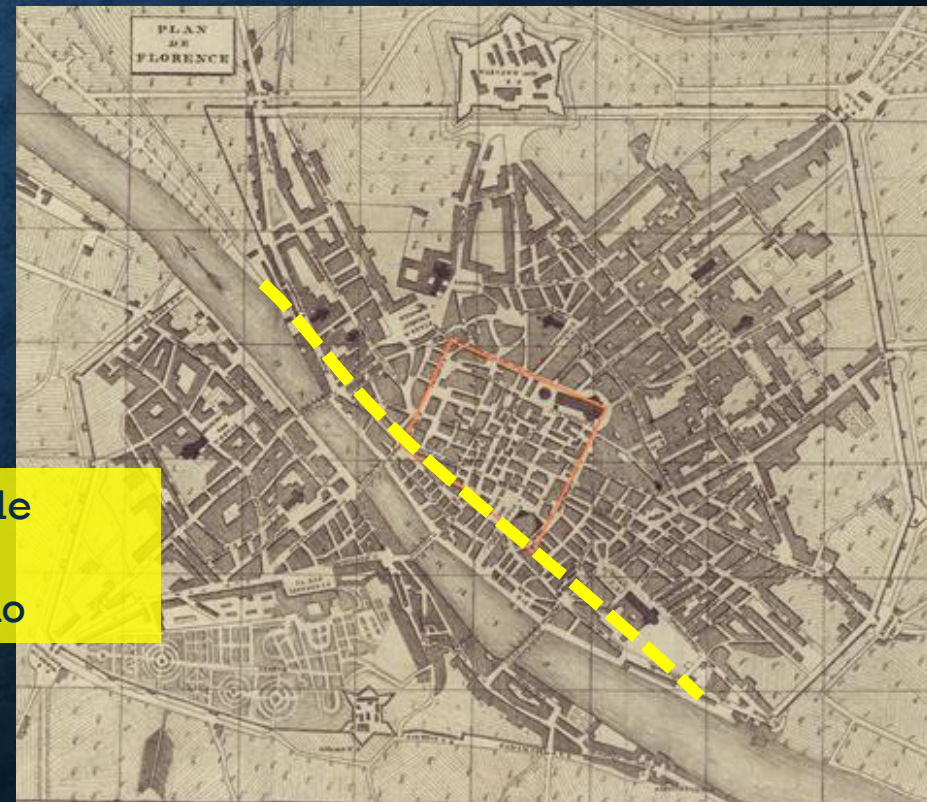
Firenze ai
tempi dei
Romani

*Quanto possono essere
antiche le cattive scelte
nello sviluppo della città?*

Firenze nel 1822

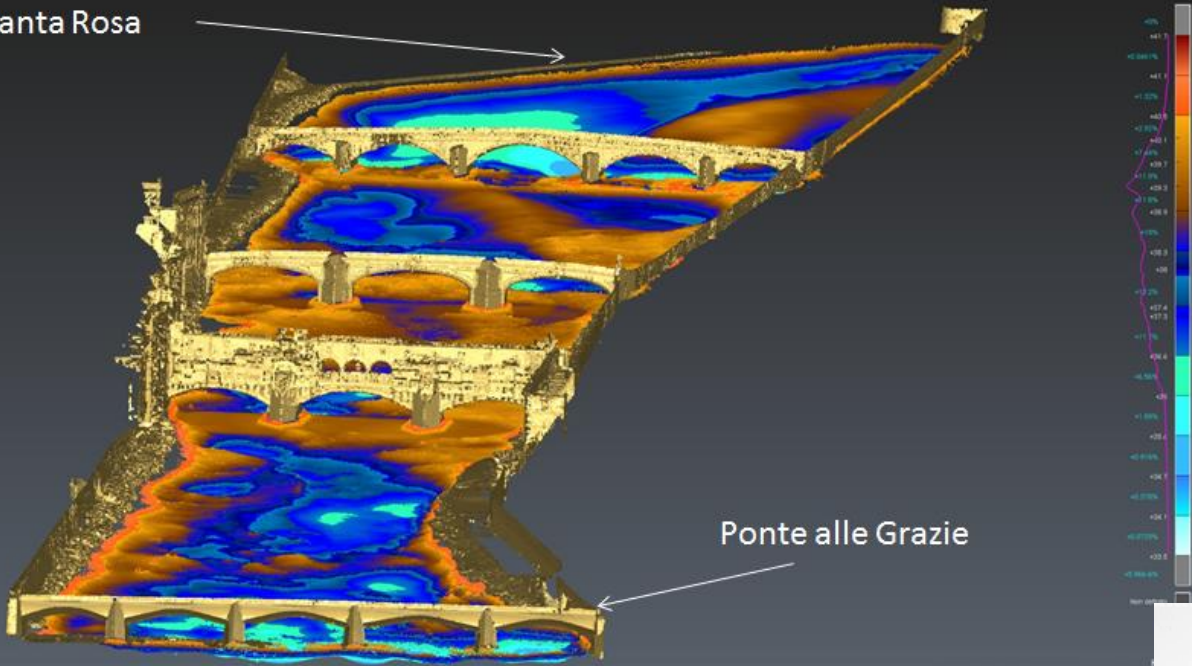


Probabile
sponda
dell'Arno

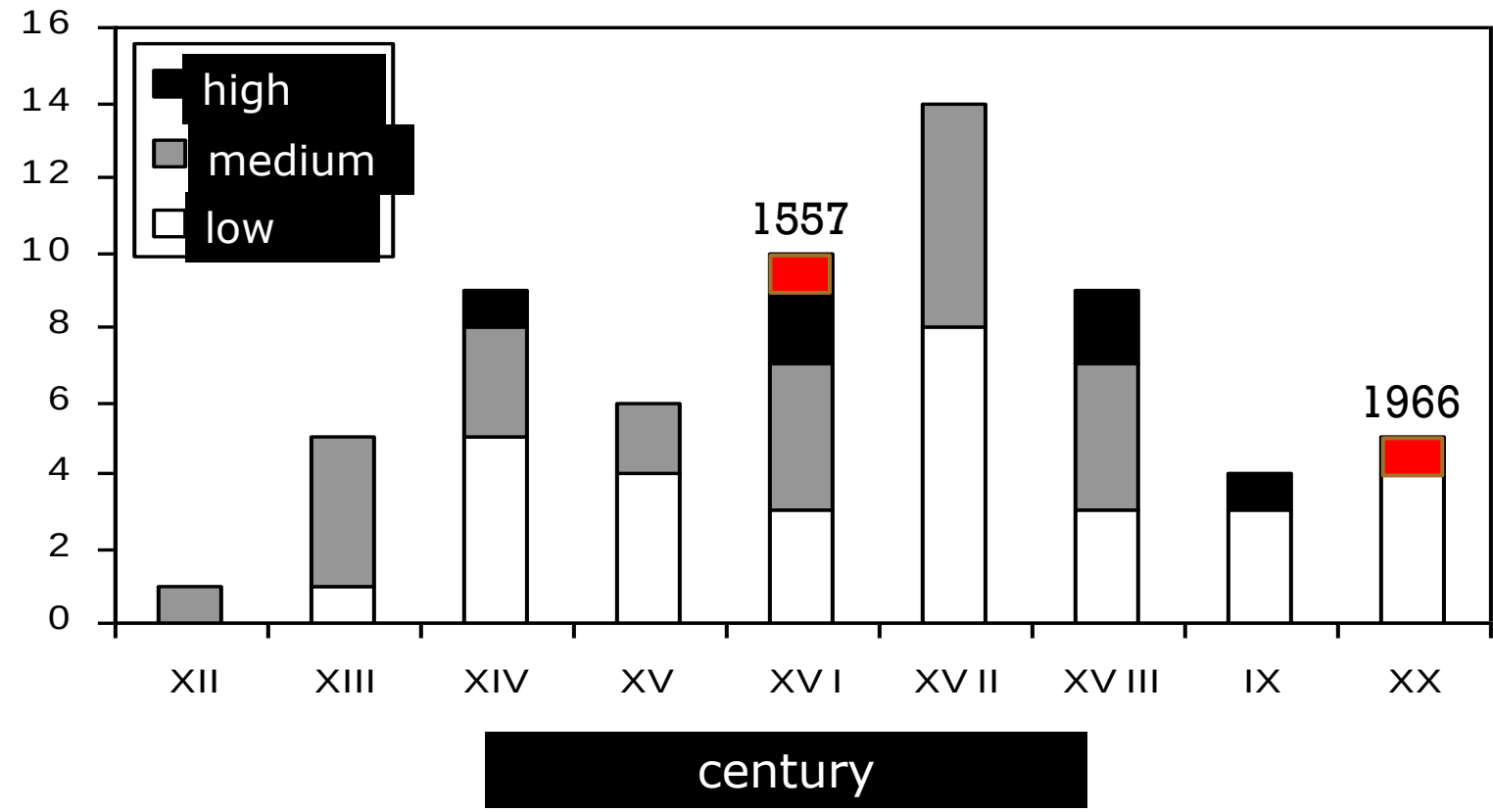


Le mura di
Matilde
(1078 ca.)

Pescaia di Santa Rosa

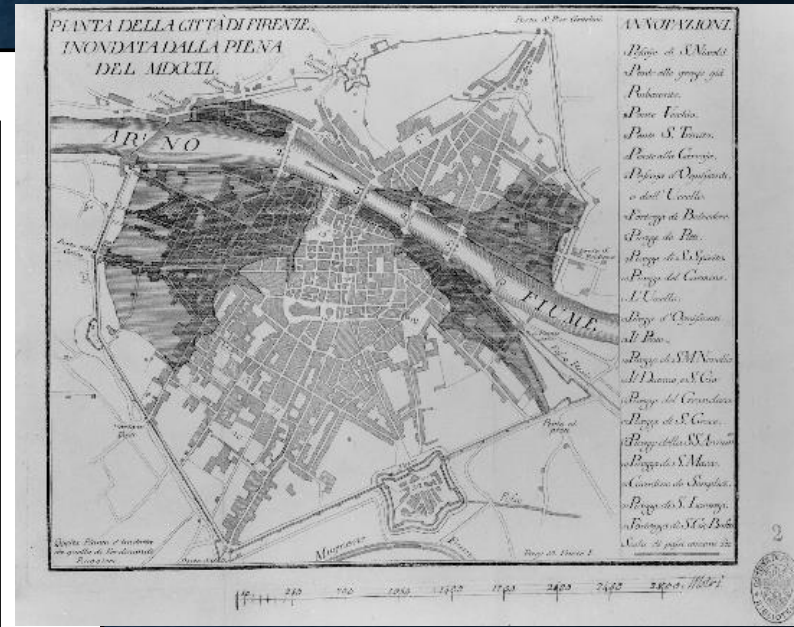


Number of flooding events



Solo a partire dal XII secolo si hanno testimonianze di inondazioni del centro di Firenze: 57 alluvioni, otto di queste sono classificati come eccezionali (le più recenti: 1740, 1758, 1844, 1966)

1740

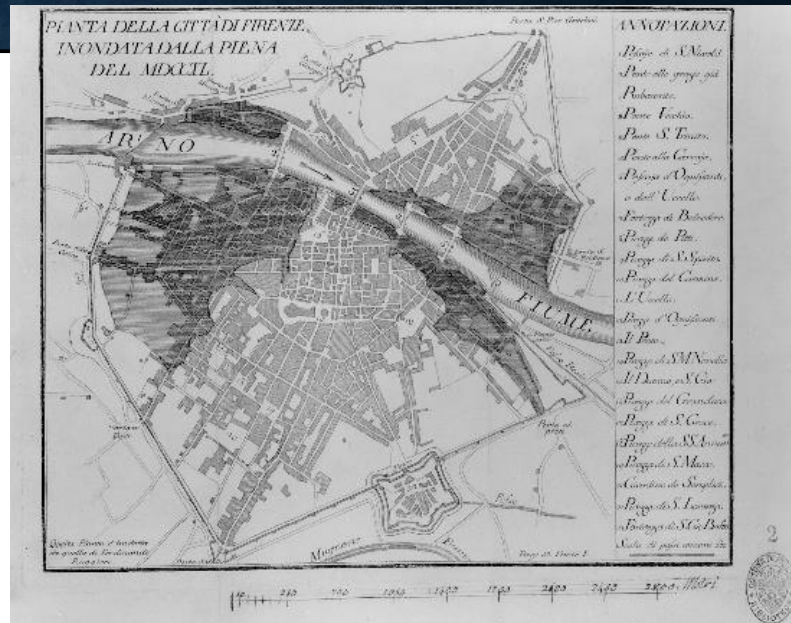
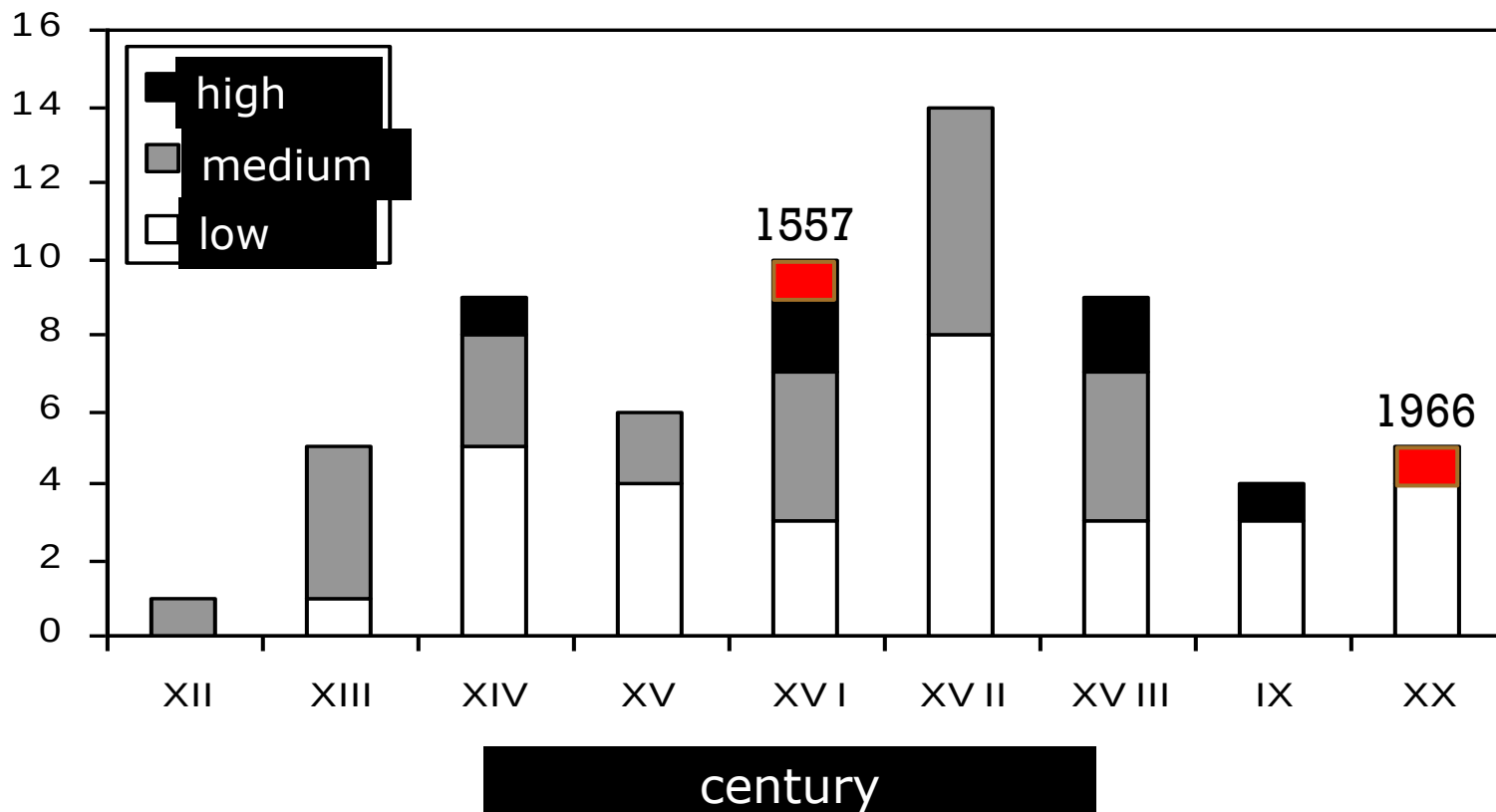


1844



FIGURE 2.14 Unknown artist, Florence Invaded by the Arno on November 3, 1844, oil on canvas, 35.5 x 45.5 cm, Florence, Museo Firenze com'era. IMAGE: FOTO SCALA.

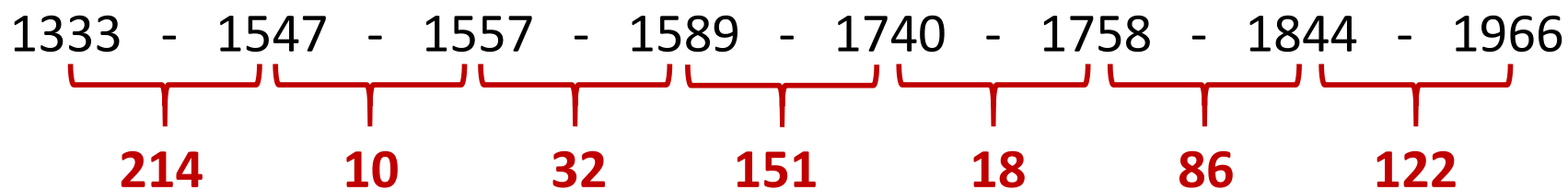
Number of flooding events



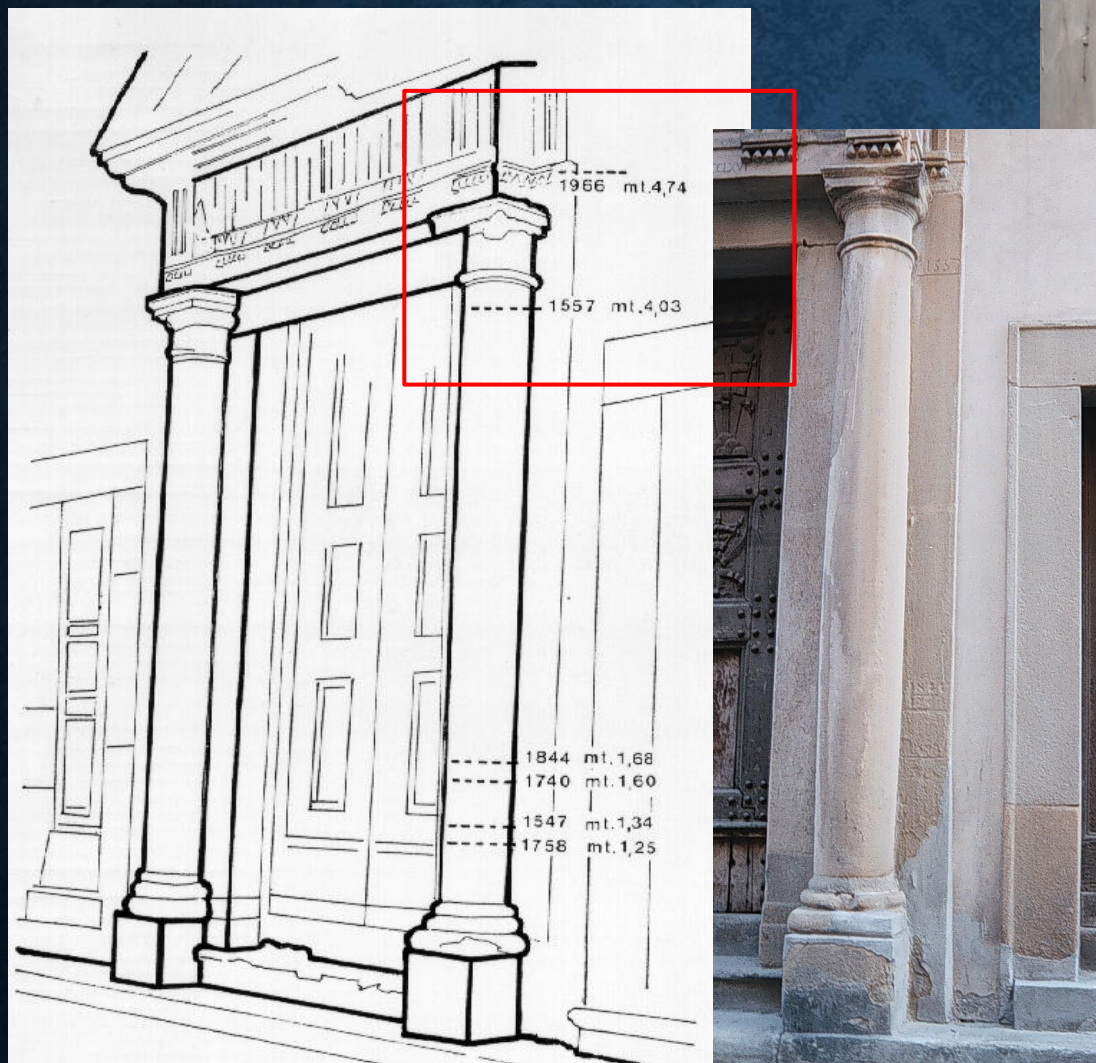
1844

Sulla base di tali
'dati', si potrebbe
stimare un Tempo
di Ritorno per le
alluvioni di Firenze
pari a circa 90
anni!

Esempio: Le più grandi alluvioni di Firenze sono avvenute nel:



Le più catastrofiche: 1557 and 1966



Chiesa di San Jacopo in Via Ghibellina



Le targhe storiche delle alluvioni nel centro di Firenze



La difesa dalle alluvioni in un contesto di salvaguardia del patrimonio culturale e ambientale



Firenze:
Ripristinare l'originaria larghezza
del fiume senza distruggere parte
dei monumenti?

Venezia:
Separare la laguna dal mare
durante le maree senza modificare
il paesaggio e l'ecologia lagunare ?



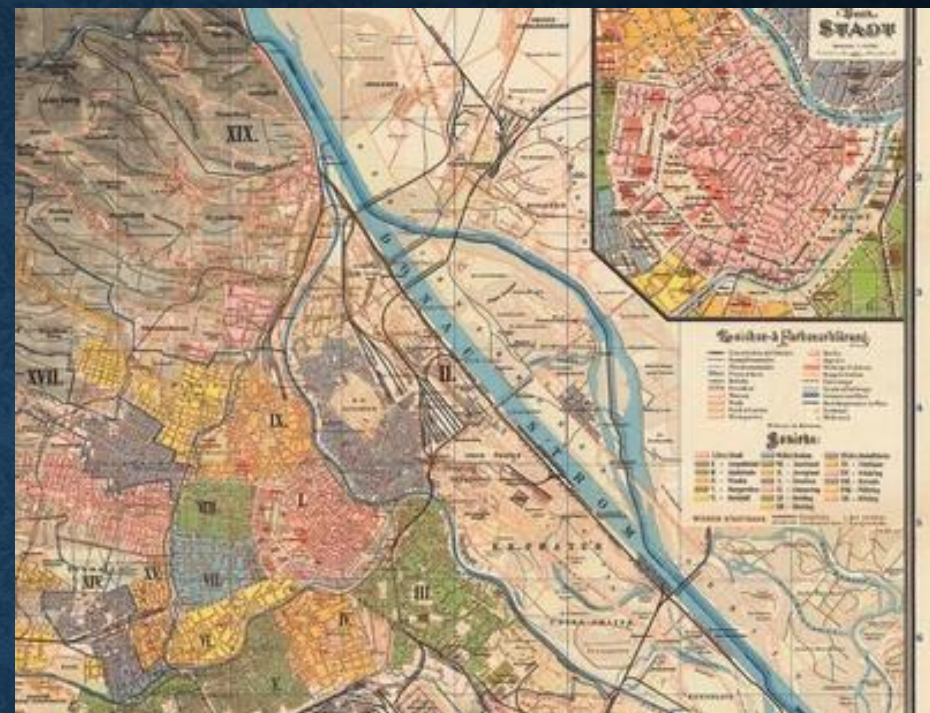
MONDO | Martedì 17 settembre 2024

Come mai Vienna non è finita sott'acqua

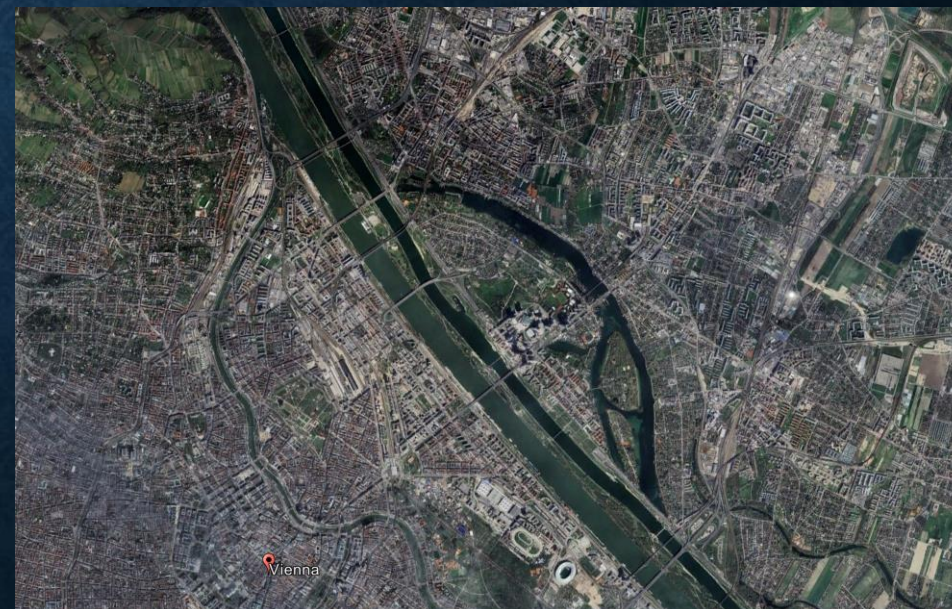
In gran parte è merito della Neue Donau, un canale, e della Donauinsel, una grande isola artificiale, costruiti negli anni Settanta e Ottanta e che hanno un ruolo fondamentale nel regolare il flusso del Danubio



Vienna
fine
'800



Vienna
oggi





Climate ADAPT

SHARING ADAPTATION
KNOWLEDGE FOR
A CLIMATE-RESILIENT
EUROPE



Room for the River Waal – protecting the city of Nijmegen (NL)



1 The present situation with the existing dike.



2 The dike is to be moved 350 metres inland.



3 An ancillary channel is to be dug in order to give the river more room. This will create an elongated island.



4 Bridges across the ancillary channel.

Torniamo a Firenze





Fu il primo che giovanetto discorresse sopra il fiume d'Arno per metterlo in canale da Pisa a Firenze (*Giorgio Vasari, Vite degli Artisti*)



I pochi interventi strutturali già realizzati o progettati



Abbassamento delle
platee dei ponti
(pochi anni dopo il '66)



Casse di espansione nel
bacino a monte, innalzamento
diga di Levane.
*(recenti, vincoli di salvaguardia
ambientale e paesaggistica)*

Mappa dell'alluvione del 1966



Il 'rischio residuo'

Mappa delle
inondazioni per un
simile evento dopo
aver completato i
lavori in corso



1966 flood damage
has been estimated as
about **4 Billion-Eur**,
including fine
art restoration



Vittorio Granchi mentre restaura il
Crocifisso di Cimabue 1966-1967.

Flooding volumes for a 1966-like event

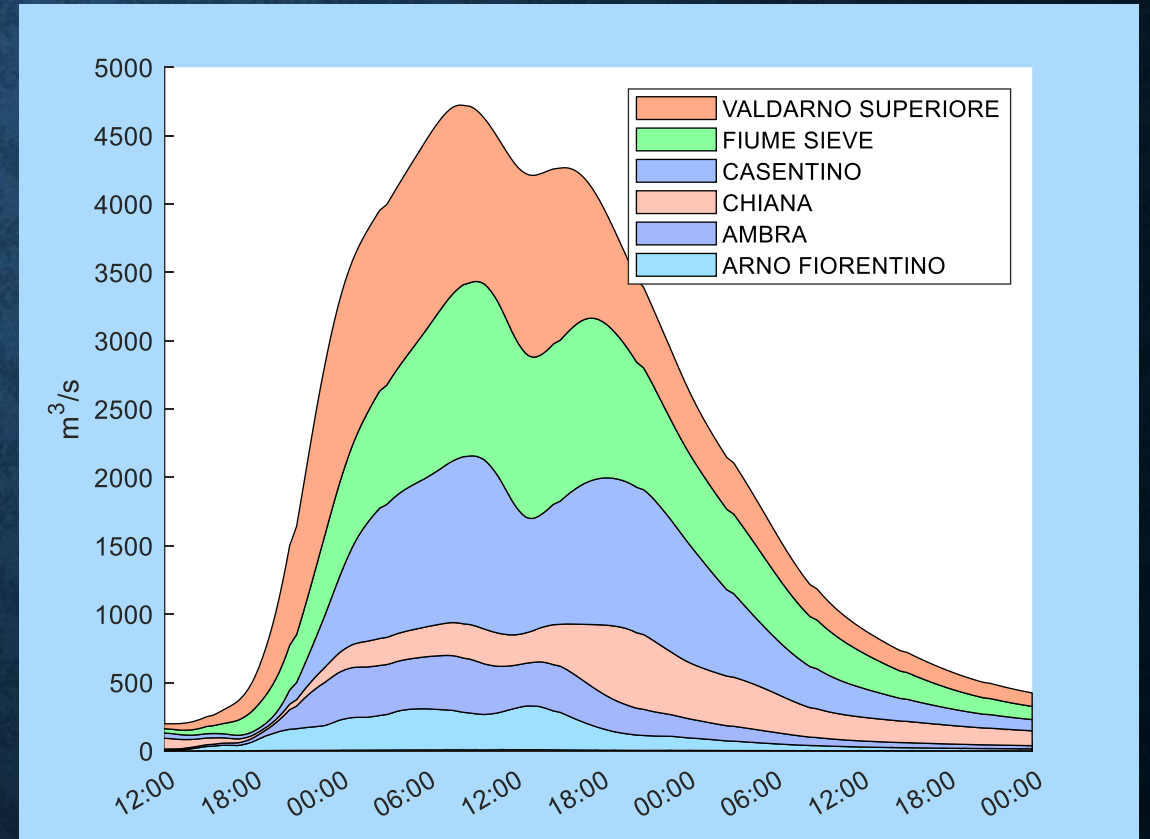


<i>Today Scenarios, assuming full safeguard of artistic heritage</i>	Total direct economic losses + 2 months business interruption Billion-€
1966-like	14.52
200-year design (without retention basins)	9.27
200-year design (with retention)	8.33

Today **marginal monetary loss** can be
estimated in about $14,520/165 \cong$
88 Eur per cubic meter of flooding water

*Can you guess a gross estimate of the cost
for retaining upstream 1 cubic meter of
water?*

Da dove arriverebbe l'acqua della piena a Firenze se piovesse come nel 1966?



Un strategia integrata per recuperare un 'buon' rapporto con il fiume guarda anche al bacino a monte





Regione Toscana

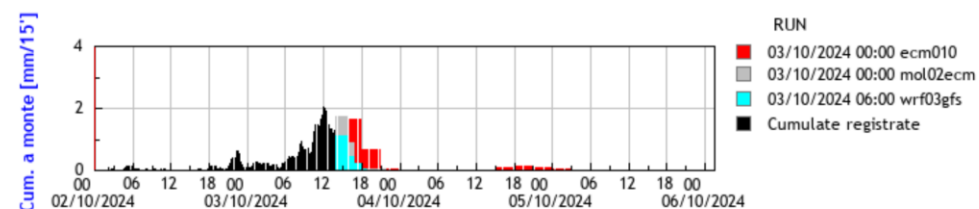
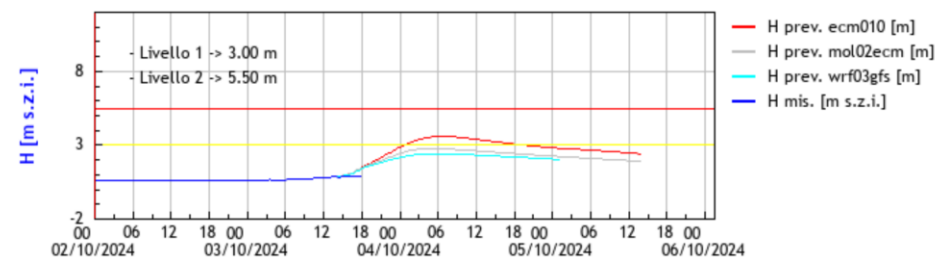
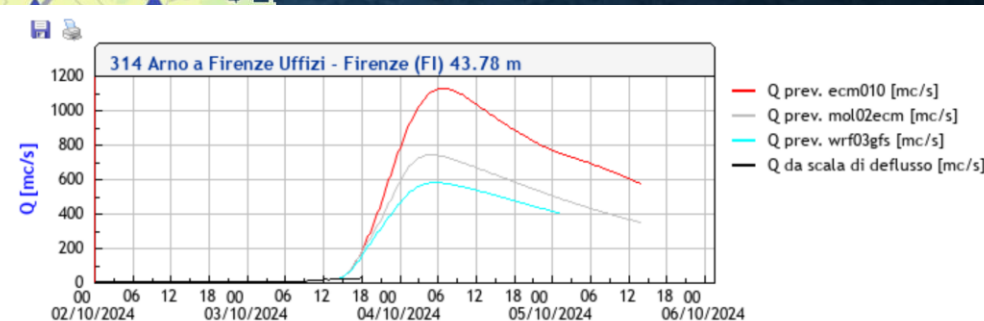
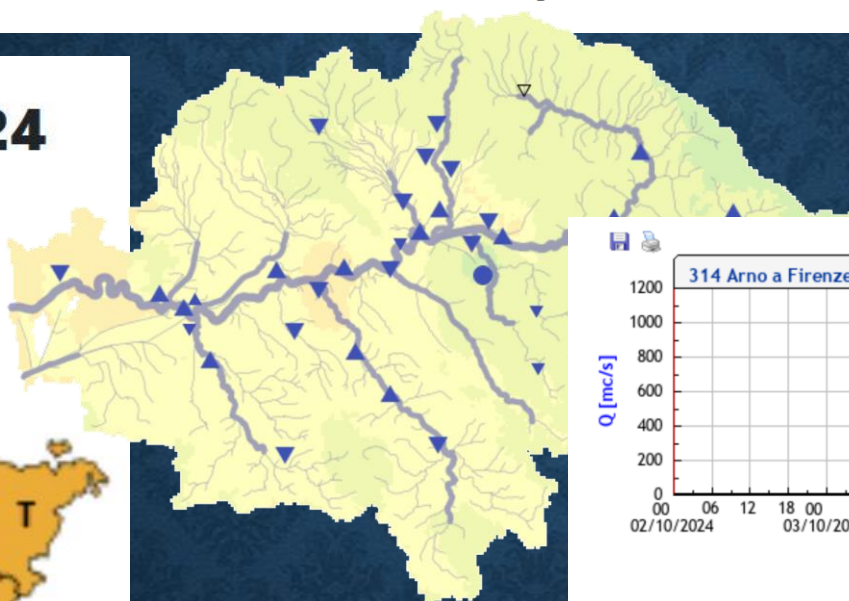
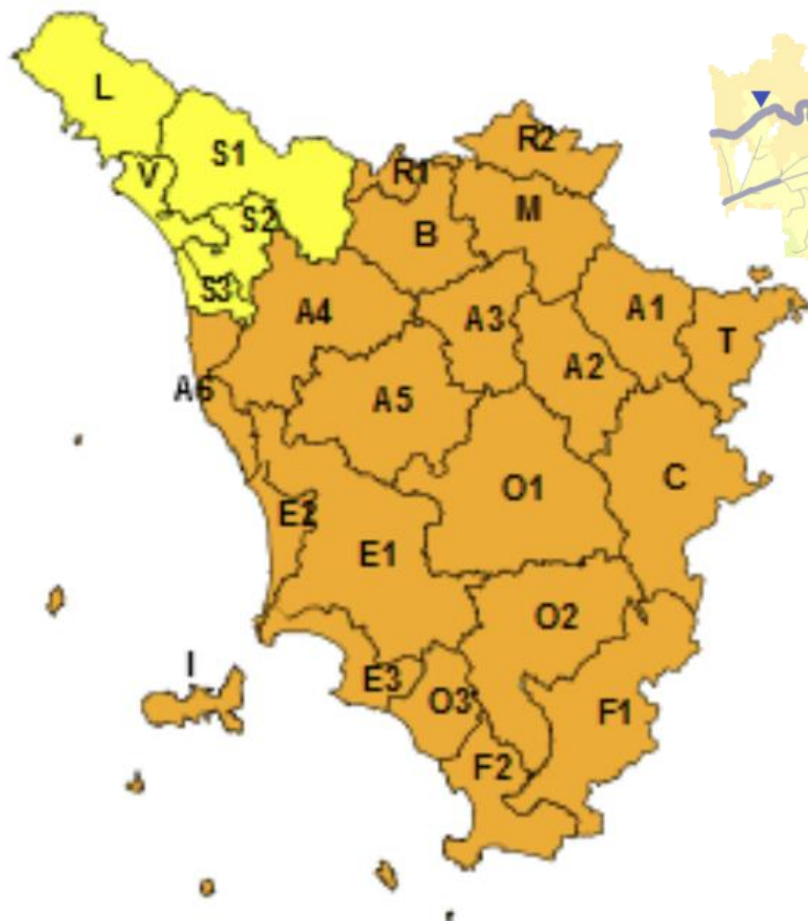
CFR ▼

Centro Funzionale Regionale

BOLLETTINO DI VALUTAZIONE DELLE CRITICITÀ

Emissione di **Giovedì, 03 Ottobre 2024**, ore **12.46**

Giovedì, 03 Ottobre 2024



IN EVIDENZA

Manovra 2025 tra bonus bebè, casa, pensioni, contributo banche e accise: ecco tutte le novità



Firenze, al via i lavori per le paratie mobili (a montaggio rapido): l'Arno più sicuro con un progetto da 15 milioni di euro

di Mauro Bonciani

Al via i cantieri per mettere in sicurezza 5 chilometri di alveo dell'Arno a Firenze, da Rovezzano a ponte Santa Trinita



Relocating art-works (higher floors) during a flood emergency



Festa della protezione civile: prove virtuali d'alluvione al museo Bardini

sabato 05 ottobre 2019 ore 19:24 | Cronaca

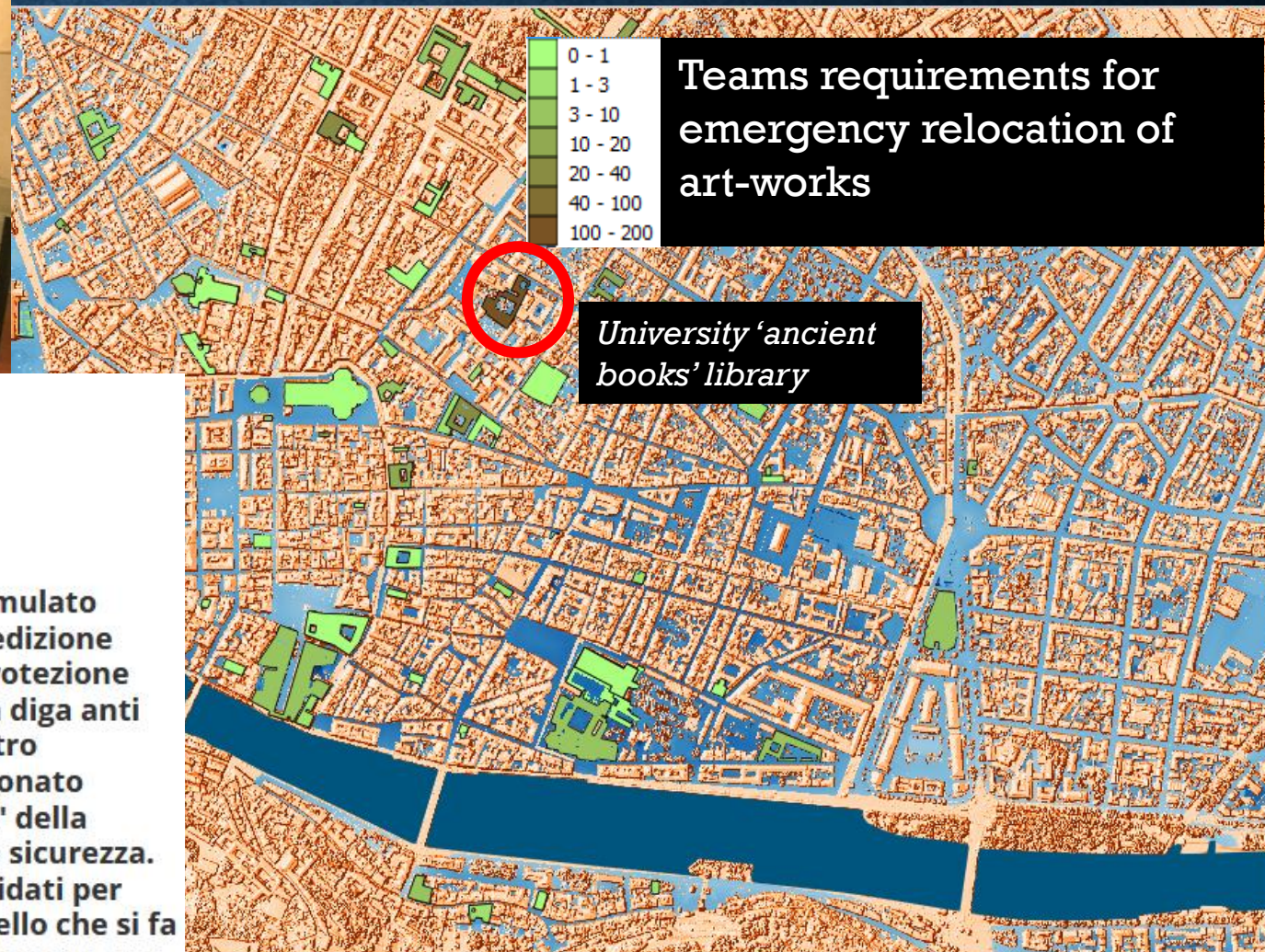
Mi piace 1

Condividi

Tweet



Stamani allarme simulato nell'ambito della I edizione della 'Festa della protezione civile'. Test con una diga anti inondazioni. Al centro commerciale San Donato allestito il 'villaggio' della prevenzione e della sicurezza. Stand e percorsi guidati per conoscere tutto quello che si fa per fronteggiare le emergenze



Flood risk assessment in art cities: the exemplary case of Florence (Italy)

C. Arrighi¹, M. Brugioni², F. Castelli¹, S. Franceschini² and B. Mazzanti²

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, University of Florence, Florence, Italy

² Autorità di Bacino del Fiume Arno, Florence, Italy

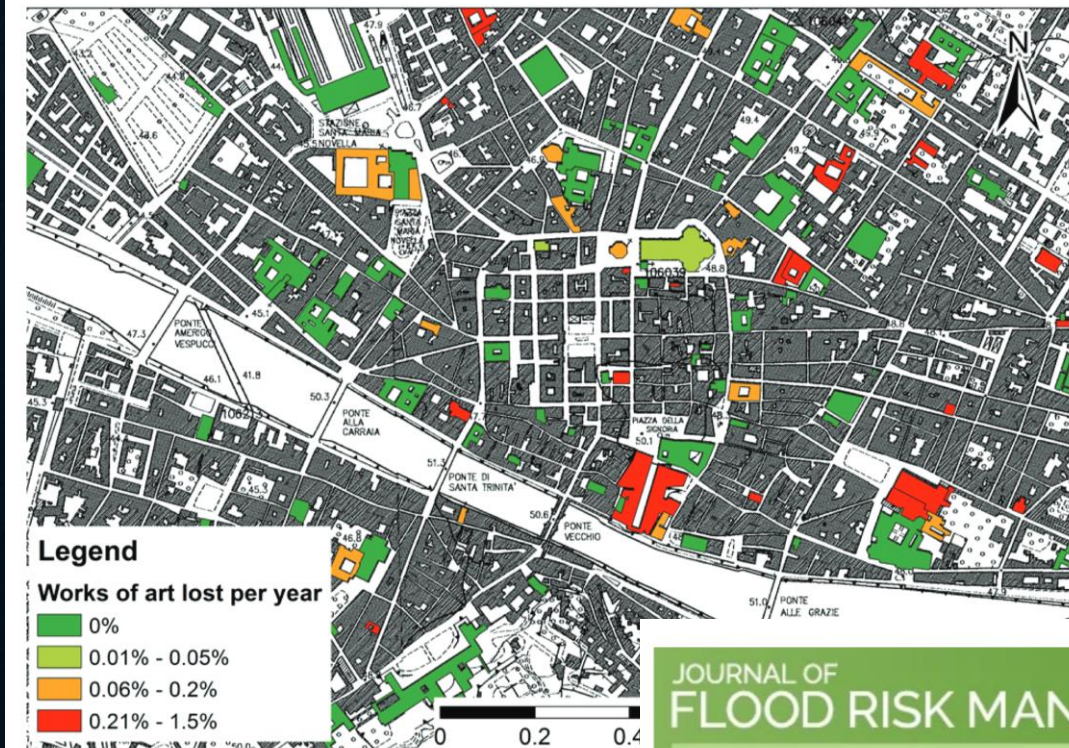


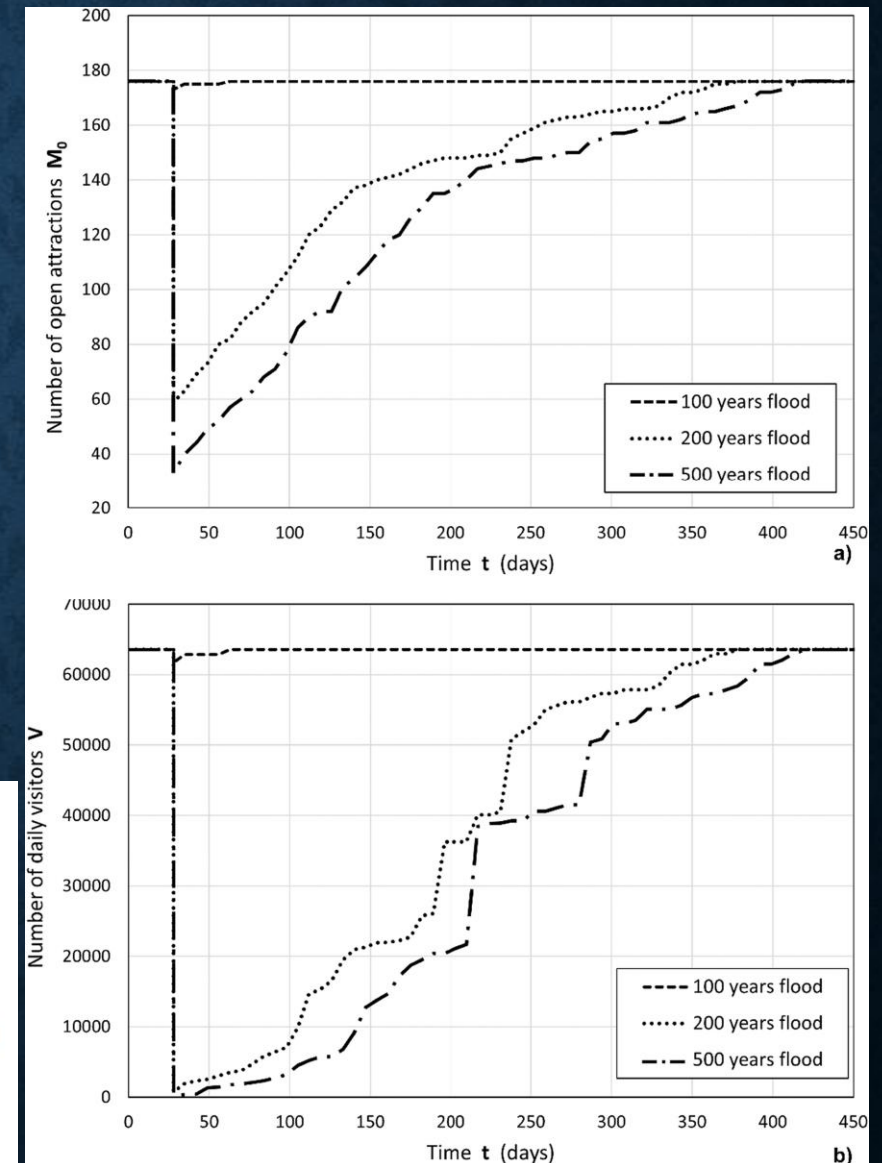
Figure 10 Flood risk to artworks.

Dalla
mappatura
del rischio
alla stima
quantitativa
della
resilienza

ORIGINAL ARTICLE | [Open Access](#) | [CC](#) [BY](#) [NC](#) [ND](#)

Resilience of art cities to flood risk: A quantitative model based on depth-idleness correlation

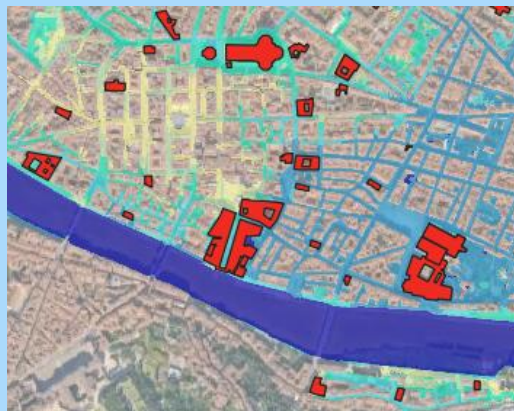
Chiara Arrighi✉, Andrea Carraresi, Fabio Castelli



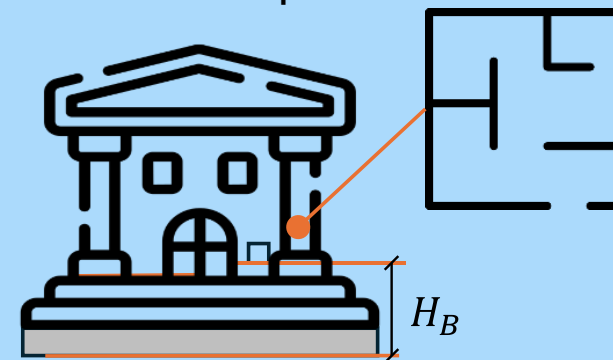


Dalla scala urbana alla scala di edificio

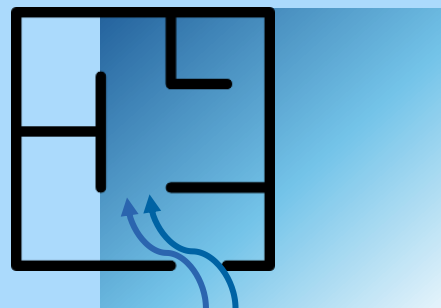
Modello Idraulico 2D
A scala urbana



Rilievo Edificio
Altimetria, Planimetria,
Impianti.



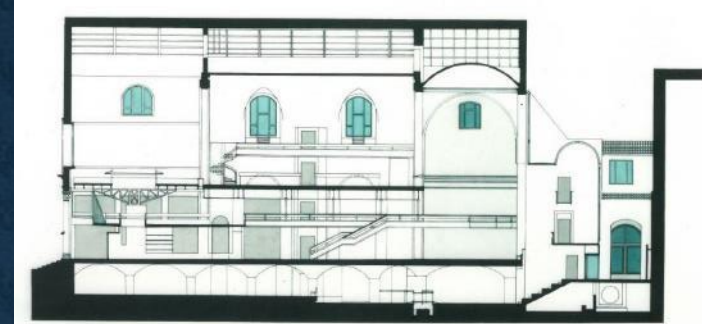
Modello idraulico
Edificio



Applicazione – rilievo e acquisizione informazioni

Museo Marino Marini – centro storico di Firenze

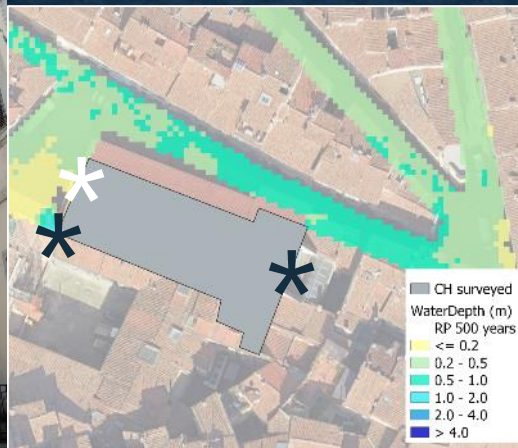
- Identificazione punti di ingresso (condizioni al contorno)
- Caratteristiche edificio
- Presenza di strategie di mitigazione degli allagamenti
- Informazioni storiche su evento del 1966



Ispezione perimetrale



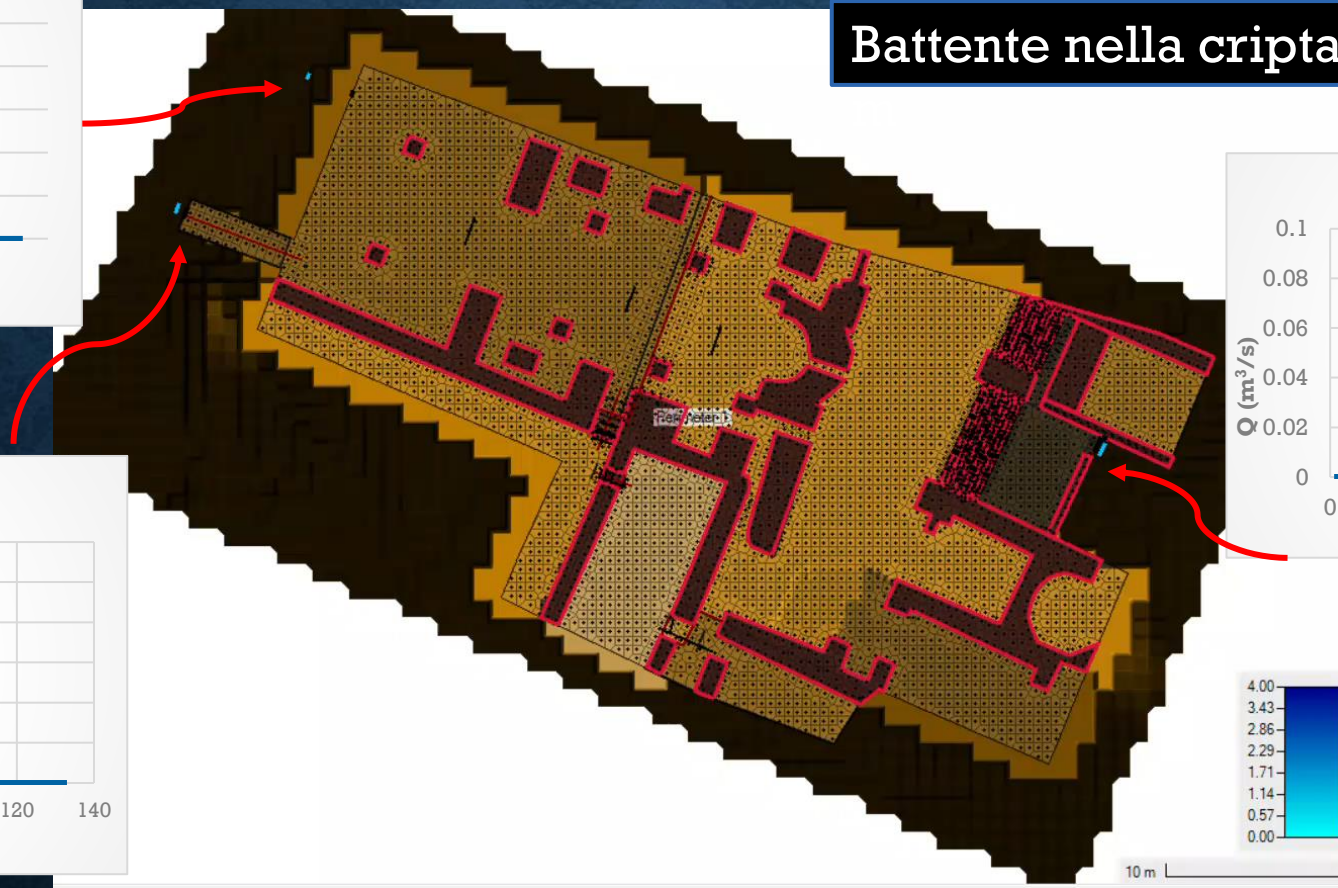
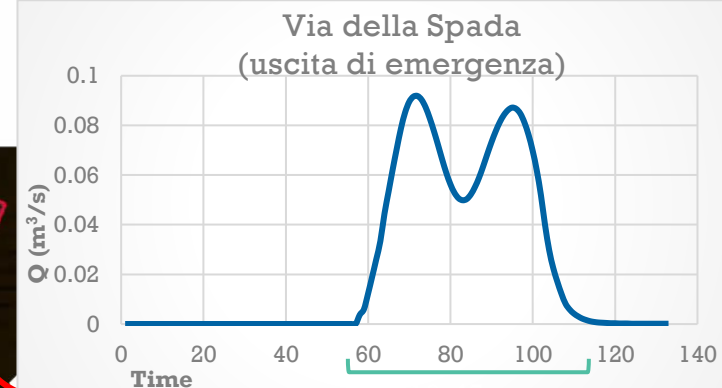
Posizione aperture



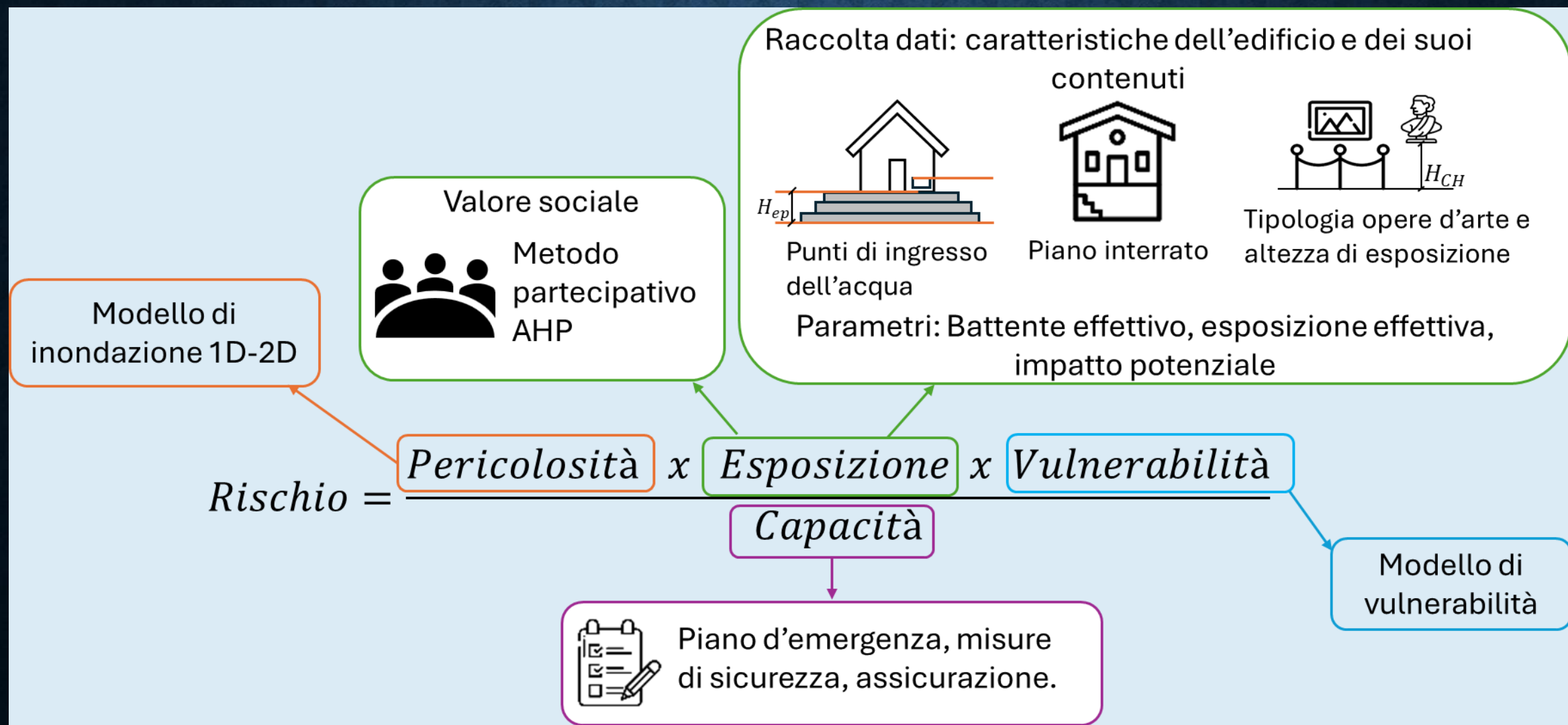


Evento tipo 1966

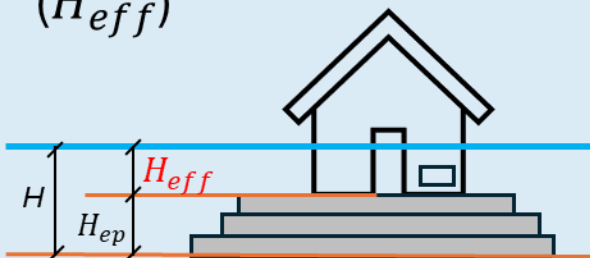
Battente nella cripta = 3.8



... e dalla scala di edificio alla scala urbana



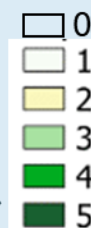
Battente effettivo (H_{eff})



Esposizione effettiva (E)

- Piani seminterrati o interrati?
- Opere d'arte ai piani seminterrati/interrati?
- Opere d'arte al piano terra?
- Opere d'arte al di sotto di H_{eff} ?
- Elementi di pregio al di sotto di H_{eff} ?

N° di criticità = classe di esposizione
effettiva



Capacità (C)

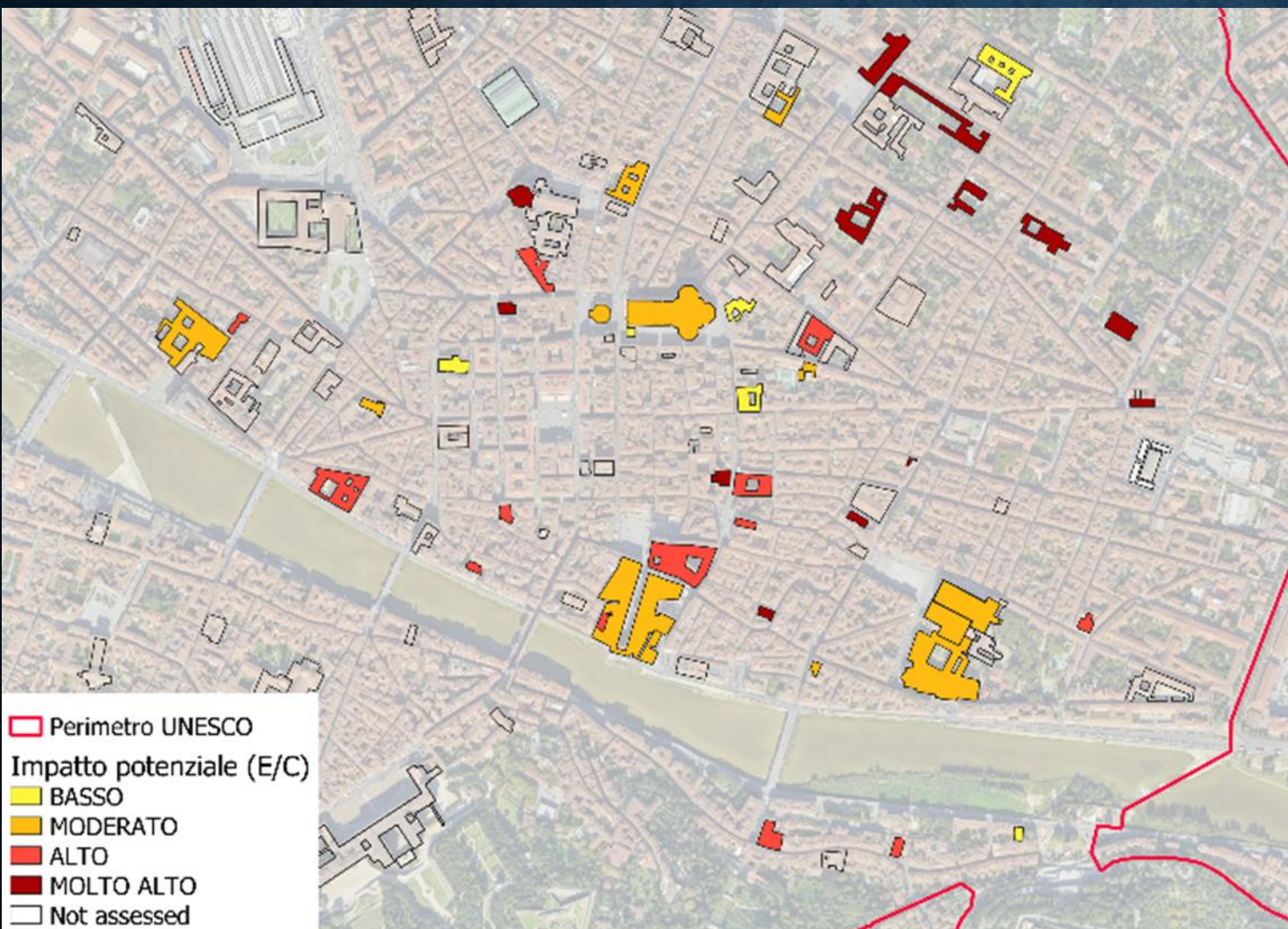
Algoritmo che individua 7
classi di capacità in funzione
di:

- Misure di mitigazione
- Piano d'emergenza e sua attuabilità
- Misure di sicurezza locale
- Assicurazione.

Impatto potenziale (E/C)

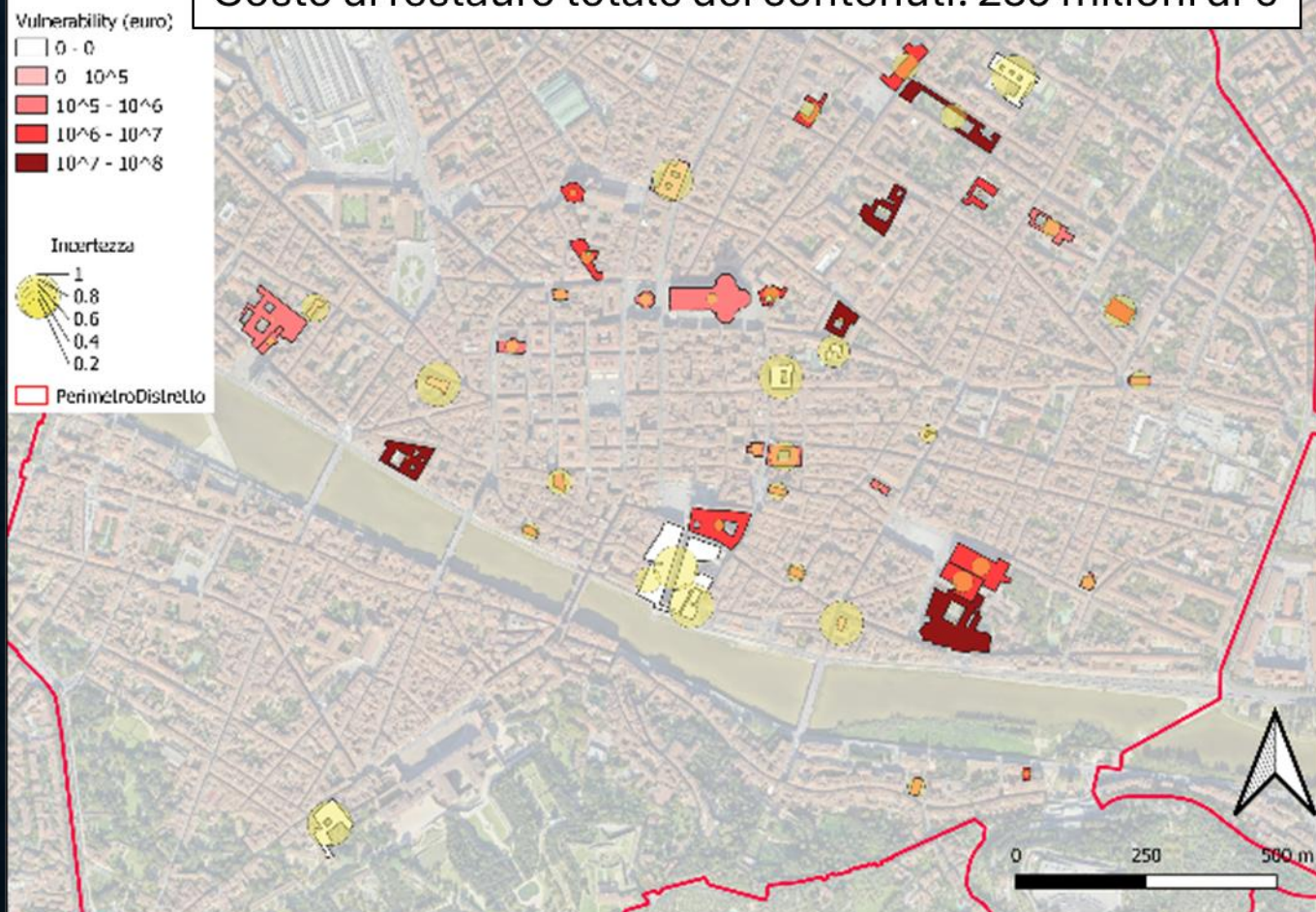
		Classification: Capacity						
		1	2	3	4	5	6	7
Classification: actual exposure	1	1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14
	2	2.00	1.00	0.67	0.50	0.40	0.33	0.29
	3	3.00	1.50	1.00	0.75	0.60	0.50	0.43
	4	4.00	2.00	1.33	1.00	0.80	0.67	0.57
	5	5.00	2.50	1.67	1.25	1.00	0.83	0.71

Range	E/C classes
$E/C < 1$	BASSO
$1 \leq E/C < 1.5$	MODERATO
$1.5 \leq E/C < 2.4$	ALTO
$E/C \geq 2.4$	MOLTO ALTO



- 34% ospita beni culturali nel piano interrato
- 60% dei beni presenta elementi decorativi di pregio sotto il battente effettivo e il 67% anche beni mobili.
- 21% dei beni culturali ha un piano di emergenza attuabile
- 54% ha un'assicurazione contro le calamità.
- Danno potenziale alto nel 29% dei casi, molto alto nel 27% dei casi.

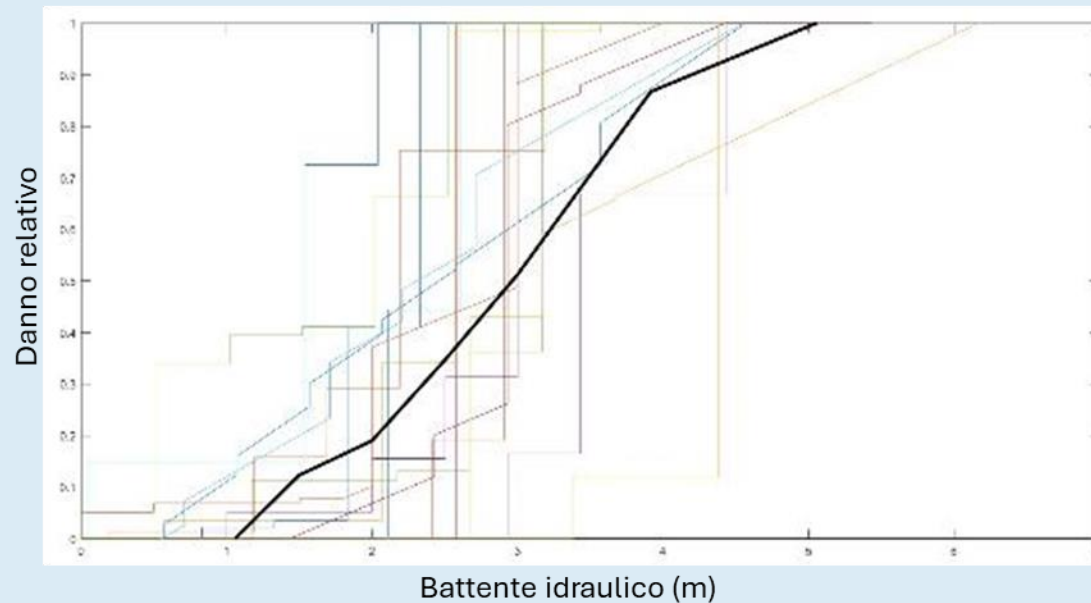
Costo di restauro totale dei contenuti: 289 milioni di €



Costi di restauro opere d'arte

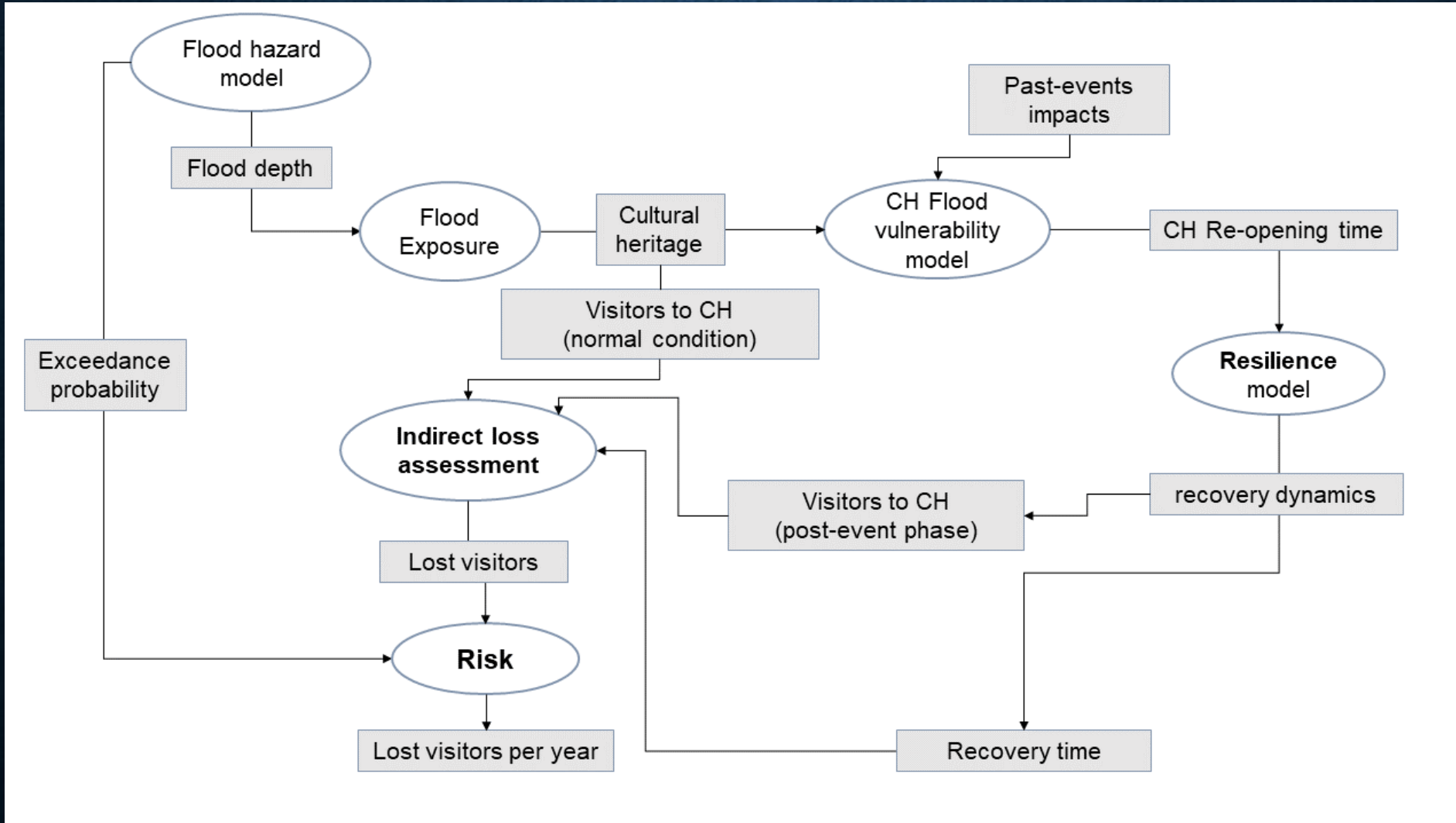
	Canvas	Panels and wooden sculptures	Frescoes	Stone Sculptures	Paper
euro/m ²	4437	7353	4943	4131	
euro/linear m					23500

Curva vulnerabilità – luoghi di culto



Dal rischio alla resilienza: aspetti sociali

MODELLARE LA RIPRESA DI UNA CITTÀ D'ARTE DOPO UN'ALLUVIONE



Alluvione storica del 1966:

T_{END} Tempo di ripresa=491 days

$T_{50\%}$ tempo per ritornare al 50% dello stato=351 days

Visitatori persi=12.8 Mln

Perdite economiche indirette=5.8 Mln €

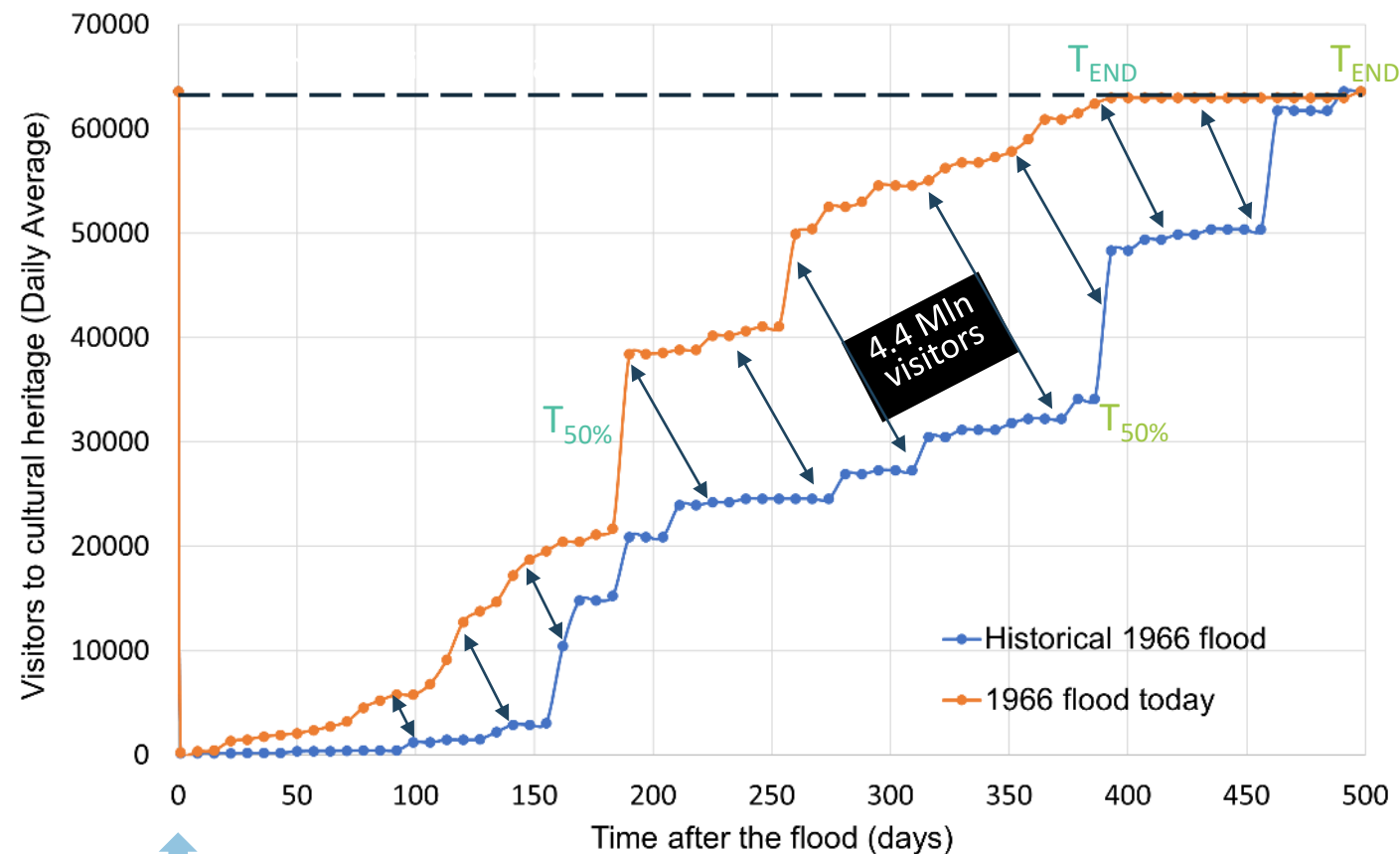
The 1966 Flood today:

T_{END} Tempo di ripresa=380 days

$T_{50\%}$ tempo per ritornare al 50% dello stato =185 days

Visitatori persi =8.4 Mln

Perdite economiche indirette =3.8 Mln €

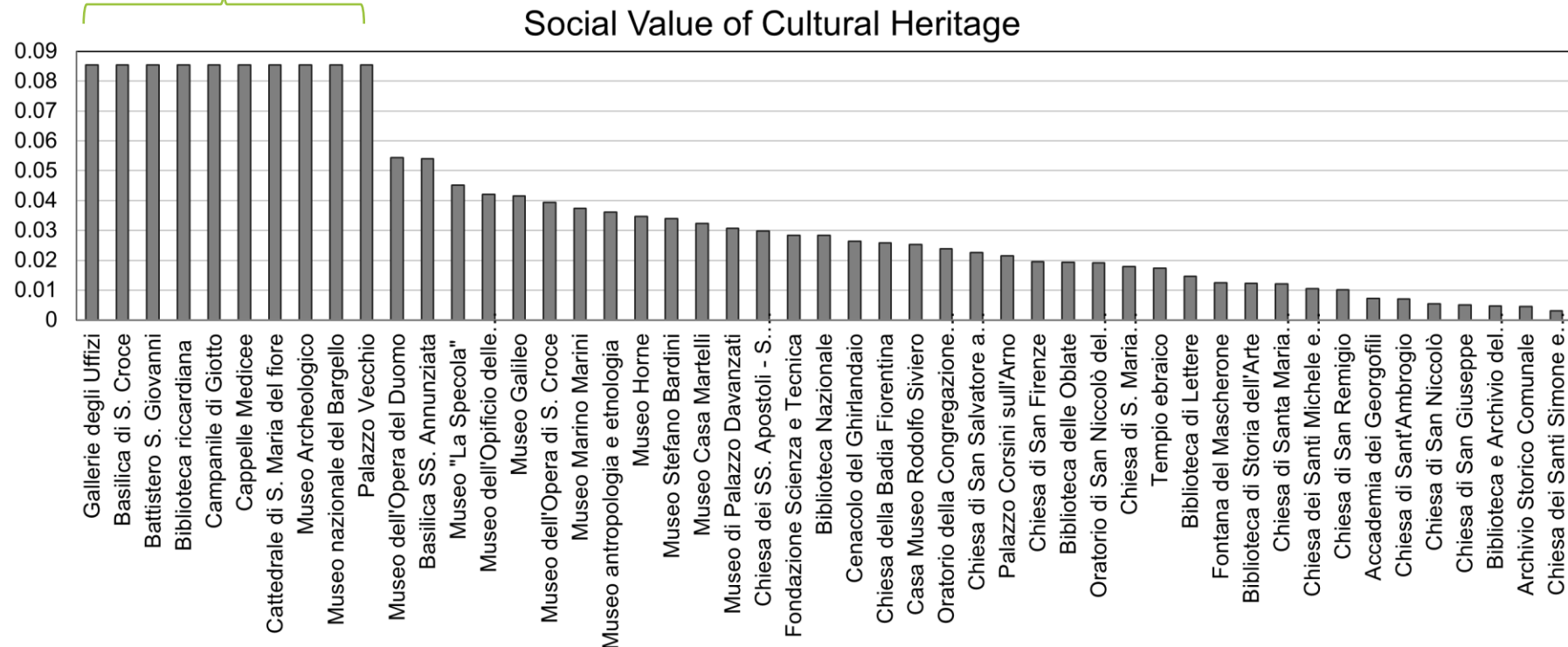


Effetto delle opere di ingegneria -21% per T_{END} e -50% per $T_{50\%}$ rispetto all'evento storico che corrisponde ad una riduzione del danno di 4.4 Mln di visitatori.

COME STIMARE IL VALORE SOCIALE? UN APPROCCIO PARTECIPATO

- *Pairwise comparison* tra beni culturali aderenti al progetto, con associazioni di cittadini che contribuiscono al piano di gestione del patrimonio UNESCO

«Outstanding Universal Value»

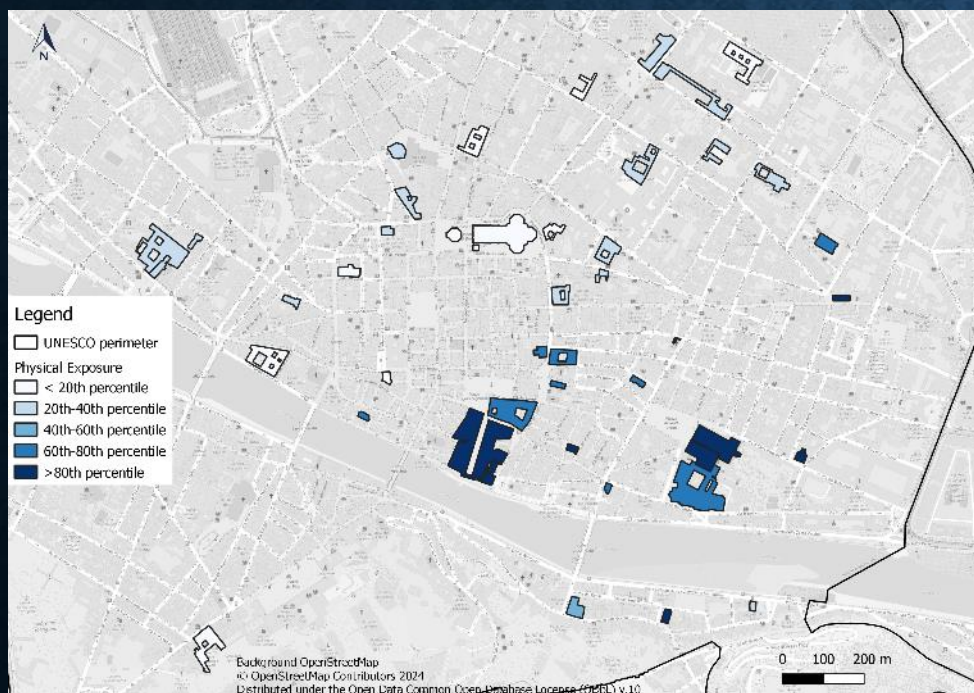




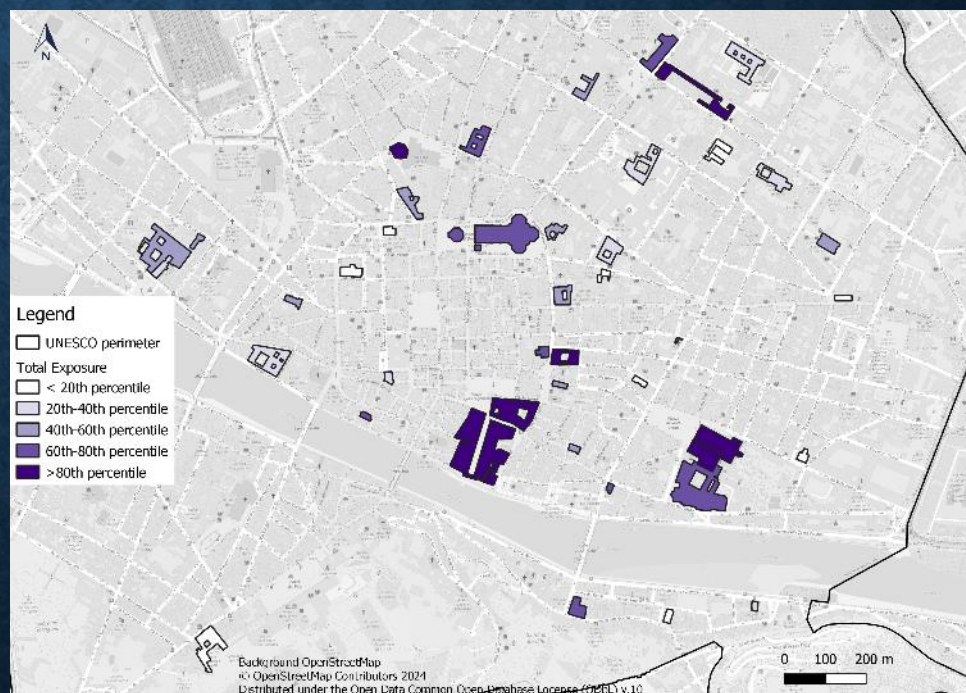
L'ESPOSIZIONE ALLE ALLUVIONI PESATA SUL VALORE SOCIALE

Esposizione all'alluvione storica del 1966

L'esposizione solo sulla base dell'altezza d'acqua



L'esposizione pesata sul valore sociale



Conclusioni

- Le peculiarità di una città d'arte possono (sicuramente nel caso di Firenze) concorrere sia ad aggravare il pericolo che a congelare l'esposizione
- Anche interventi strutturali 'risolutivi' possono confliggere con i requisiti di salvaguardia
- La riduzione del rischio deve quindi guardare soprattutto ai fattori di vulnerabilità e capacità (resilienza)

Grazie