



Autorità di bacino del fiume Arno

DIPARTIMENTO DELLA
PROTEZIONE CIVILE



***Corso di formazione
"Strategie di sicurezza alla scala locale per la mitigazione del
rischio idraulico"***

***Le caratteristiche del territorio, le azioni di
mitigazione e la pianificazione di assetto
idrogeologico***

***Dott. Geol. Marcello Brugioni
Coordinatore dei Settori Tecnici
Autorità di Bacino del Fiume Arno
www.arno.autoritadibacino.it
m.brugioni@arno.autoritadibacino.it***

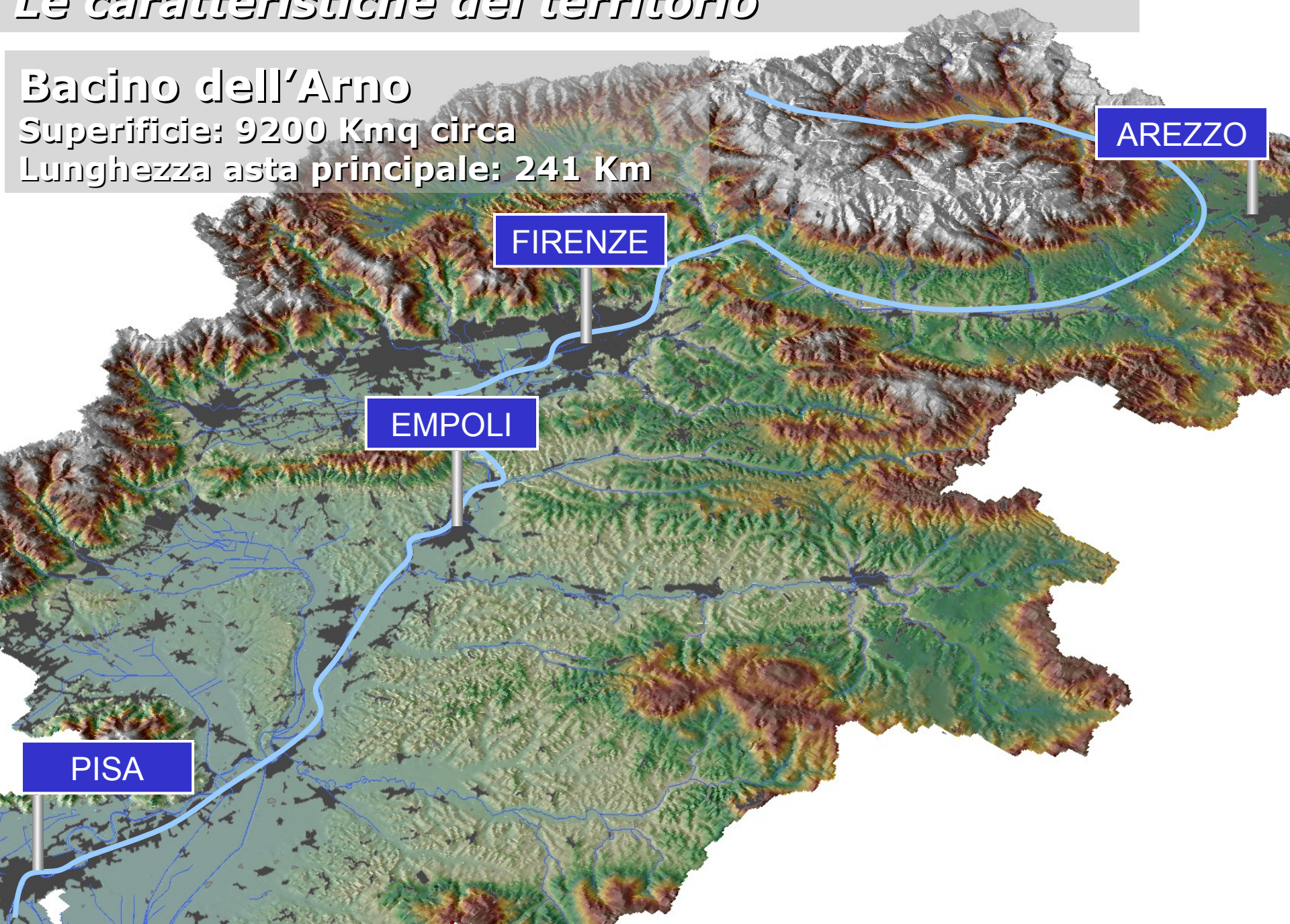


Le caratteristiche del territorio

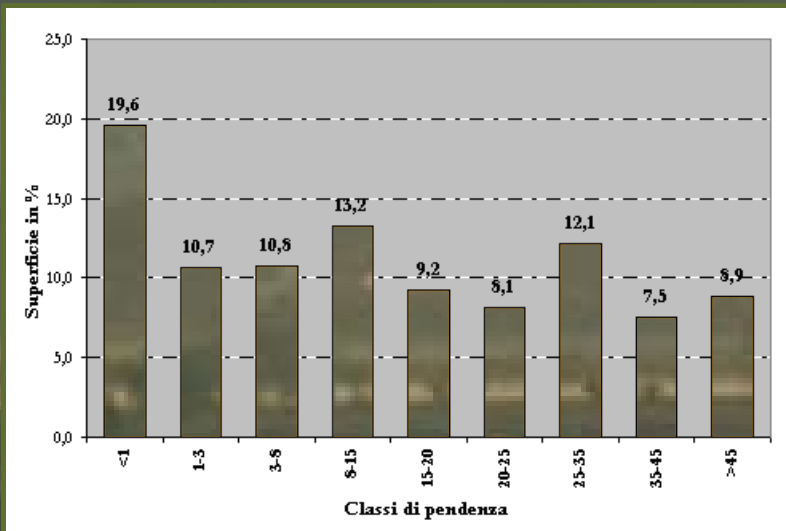
Bacino dell'Arno

Superficie: 9200 Km² circa

Lunghezza asta principale: 241 Km



Le caratteristiche del territorio

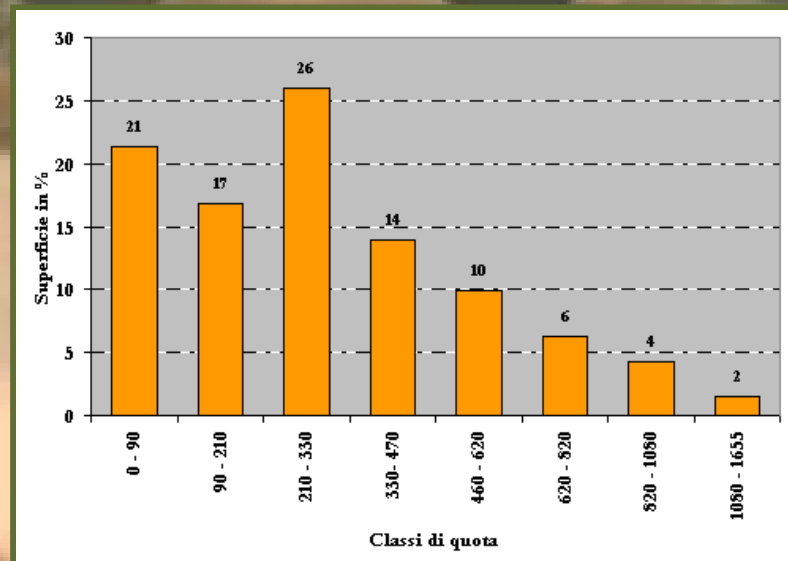


Altimetria

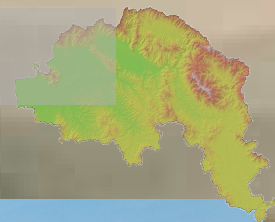
m slm	Territorio
< 90	21%
90-330	43%
330-820	30%
820-1657	6%

Pendenze

%	Territorio
< 3	30,5%
3-15	24,1%
15-35	29,4%
>35	16,4%



Le caratteristiche del territorio



Uso del Suolo

Tipo	Territorio
Antropizzato	5%
Coltivi	52.5%
Boschi e aree naturali	42.5%

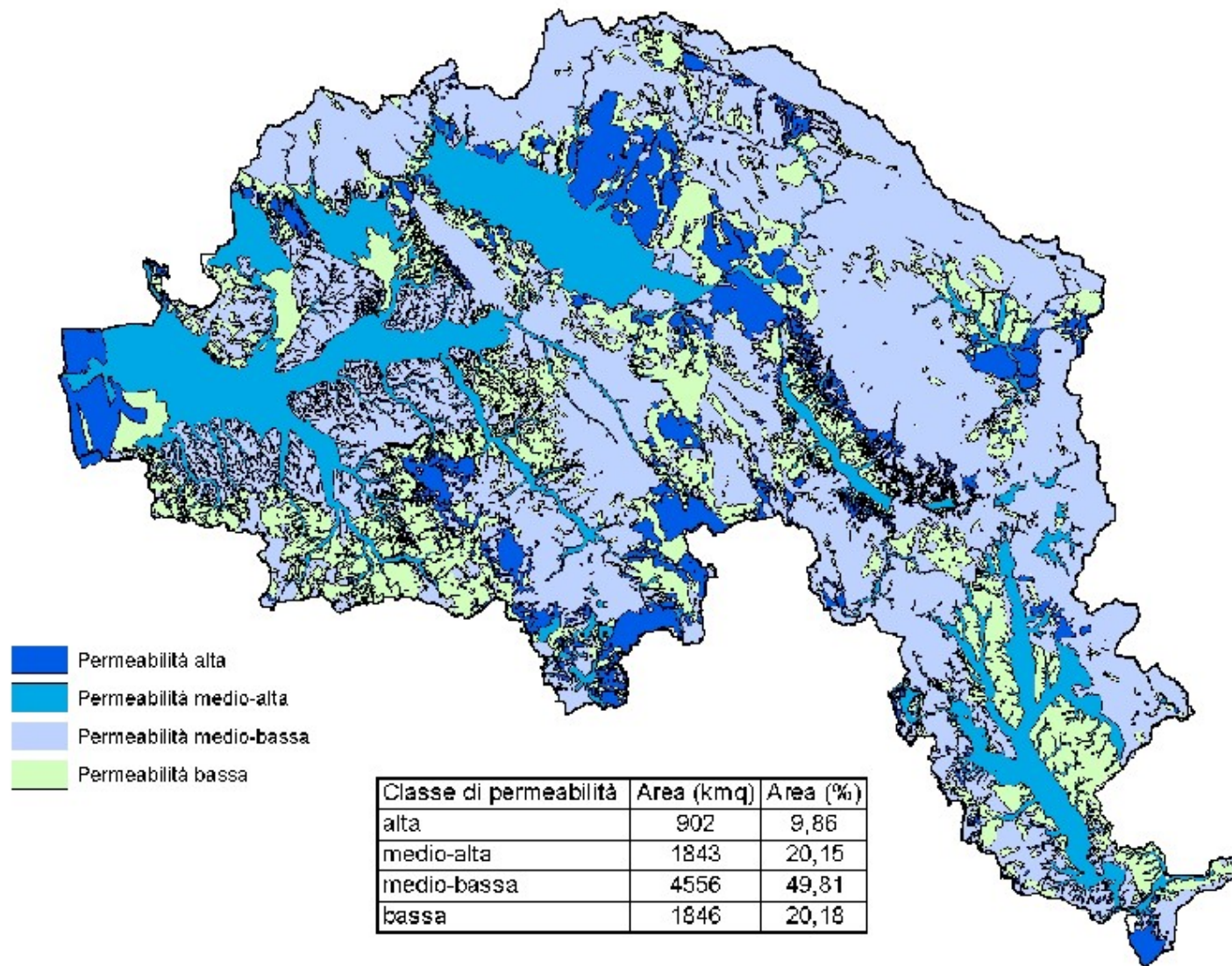


Tipi litotecnici

Tipo	Territorio
Roccia lapidea	2.5%
Roccia debole	3.7%
Roccia con alternanze litologiche	43.7%
Terra coesiva e granulare addensata	26.06%
Terra granulare sciolta	24.14%



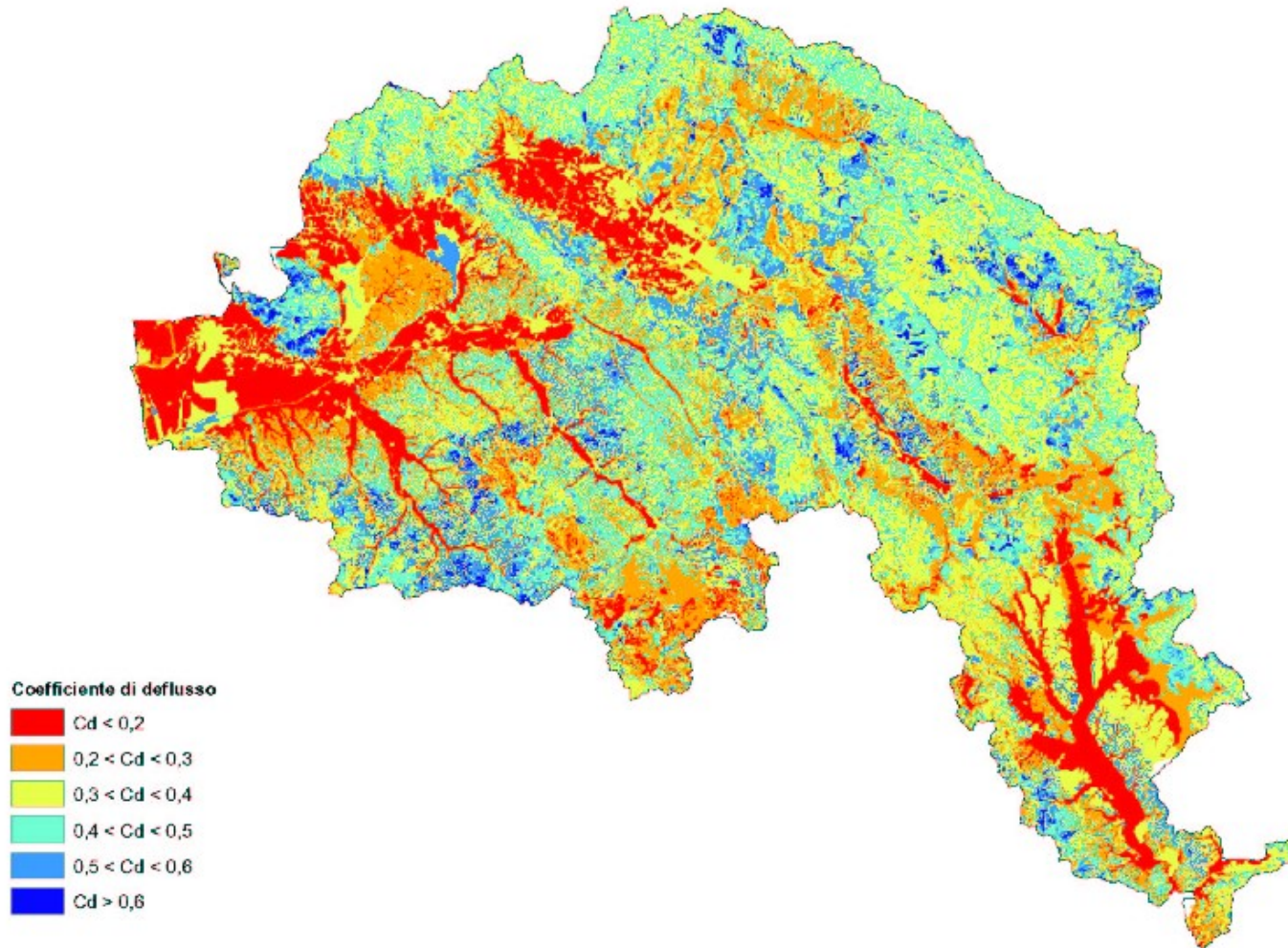
Le caratteristiche del territorio



La permeabilità dei terreni

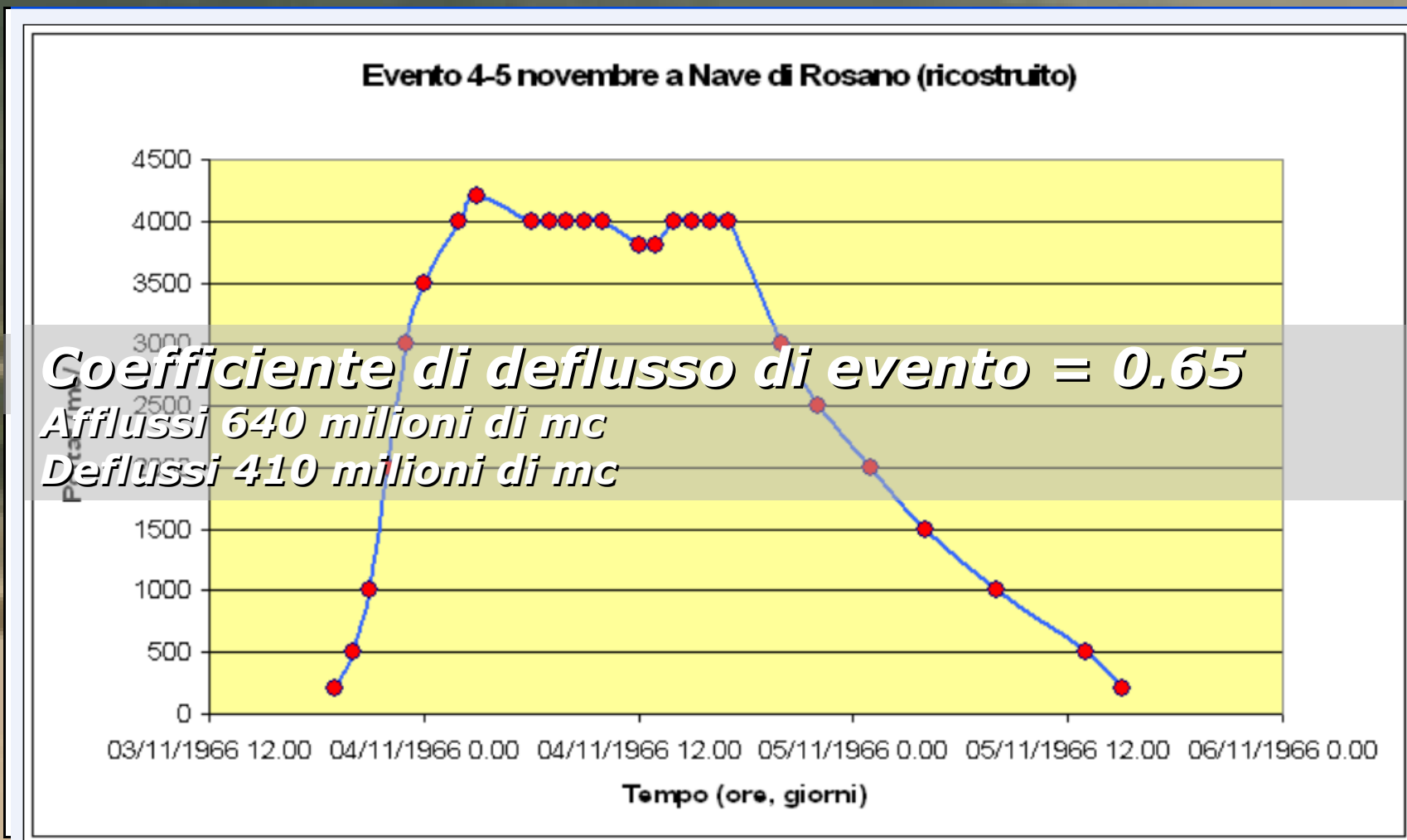
Le caratteristiche del territorio

Distribuzione del coefficiente di deflusso medio annuo calcolato con il metodo di Kennessey ($25 < l_a < 40$)



Coefficienti di deflusso medio annuo calcolati con Kennessey (periodo 1993/2006)

Le caratteristiche del territorio



Le caratteristiche del territorio

Il rischio idraulico nel bacino dell'Arno



1844



1966

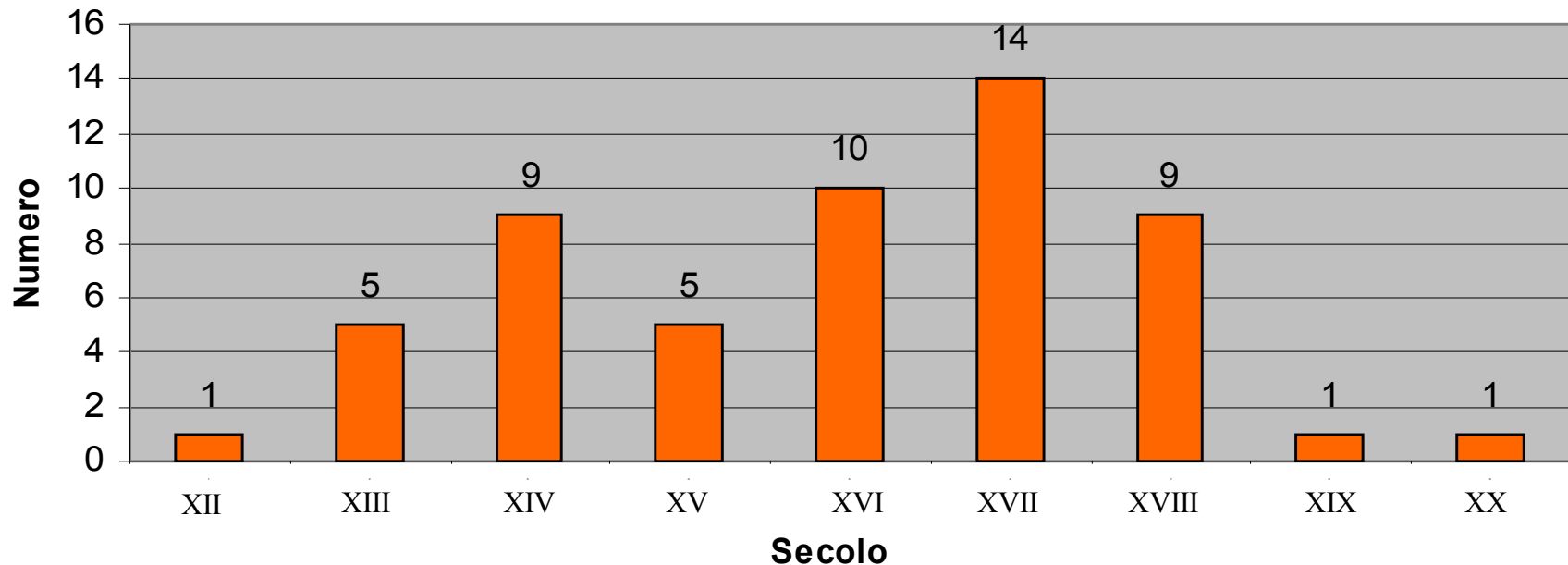
**Dal 1177 ad oggi a Firenze
56 eventi di piena con allagamento del centro storico**

**8 eventi considerati eccezionali:
1333 – 1547 – 1557 – 1589 – 1740 – 1758 – 1844 – 1966**

Le caratteristiche del territorio

Eventi di forte ed eccezionale entità che hanno colpito Firenze

DISTRIBUZIONE EVENTI DAL 1177 AD OGGI



- Nel XV secolo la distribuzione delle superfici boscate era di circa 900.000 ettari (simile all'attuale). Nei secoli successivi si è ridotta sino a circa 570.000 ha (1840).
- Forte canalizzazione del letto del fiume dal XIV secolo per facilitare la navigazione.
- Forte accrescimento del delta del fiume nel periodo 1500-1900 con picco nel 1700 a testimoniare una forte produzione di sedimenti.

Le norme principali per la difesa del suolo

La Legge 183/89

- **La legge che riconduce alla scala del bacino idrografico lo studio e la pianificazione delle azioni di difesa del suolo e gestione delle risorse**

Il 180 (D.L. 11 giugno 1998 n.180, convertito in L. 267/98)

- **Le autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionali e le regioni per i restanti bacini adottano piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (Sarno e poi Soverato)**

La direttiva "Alluvioni" UE 2007 (in corso di approvazione)

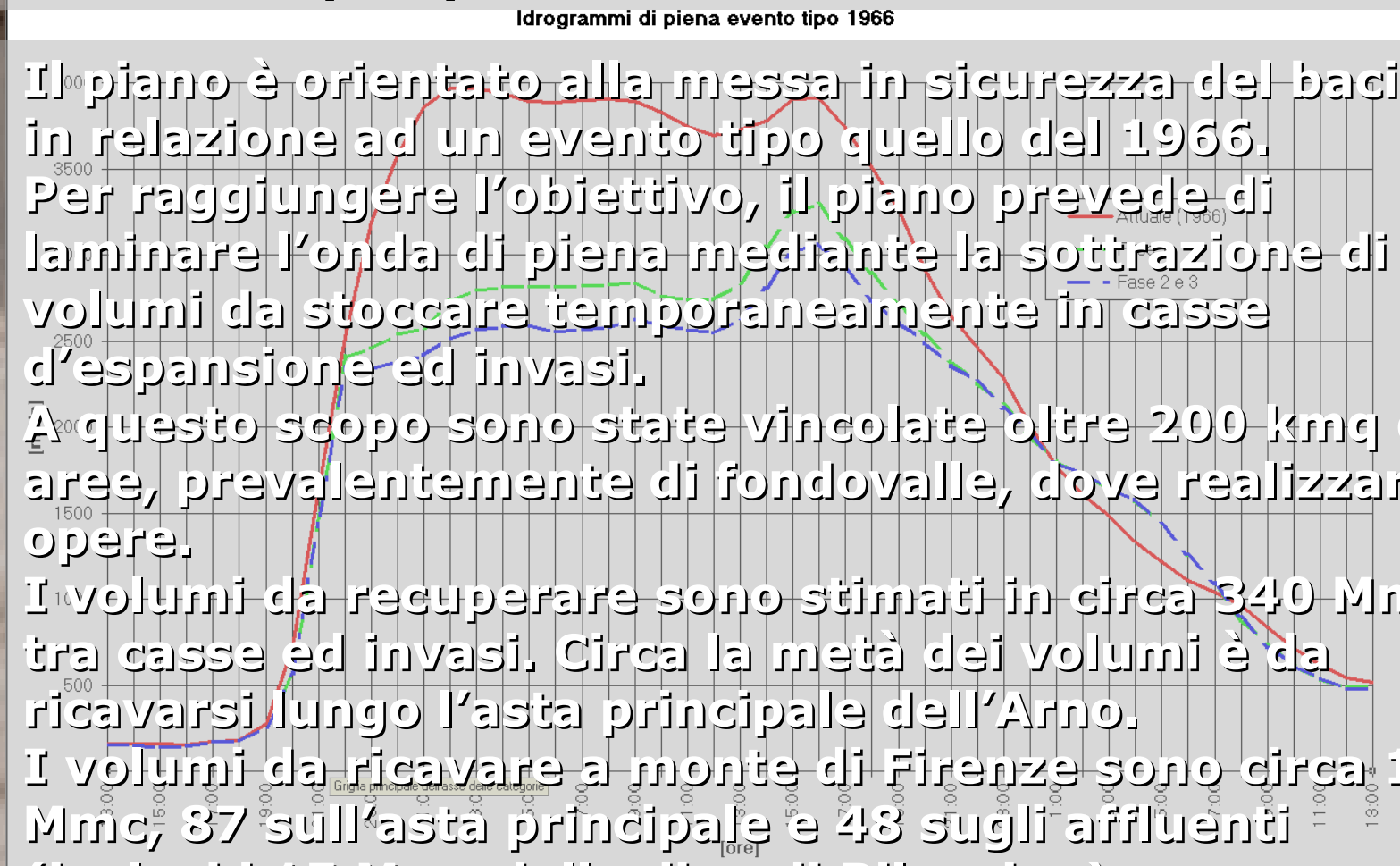
- **L'Unione Europea stabilisce che gli stati membri devono valutare il rischio alluvioni alla scala del bacino idrografico e devono pianificare le azioni per la sua riduzione**

Le azioni di mitigazione

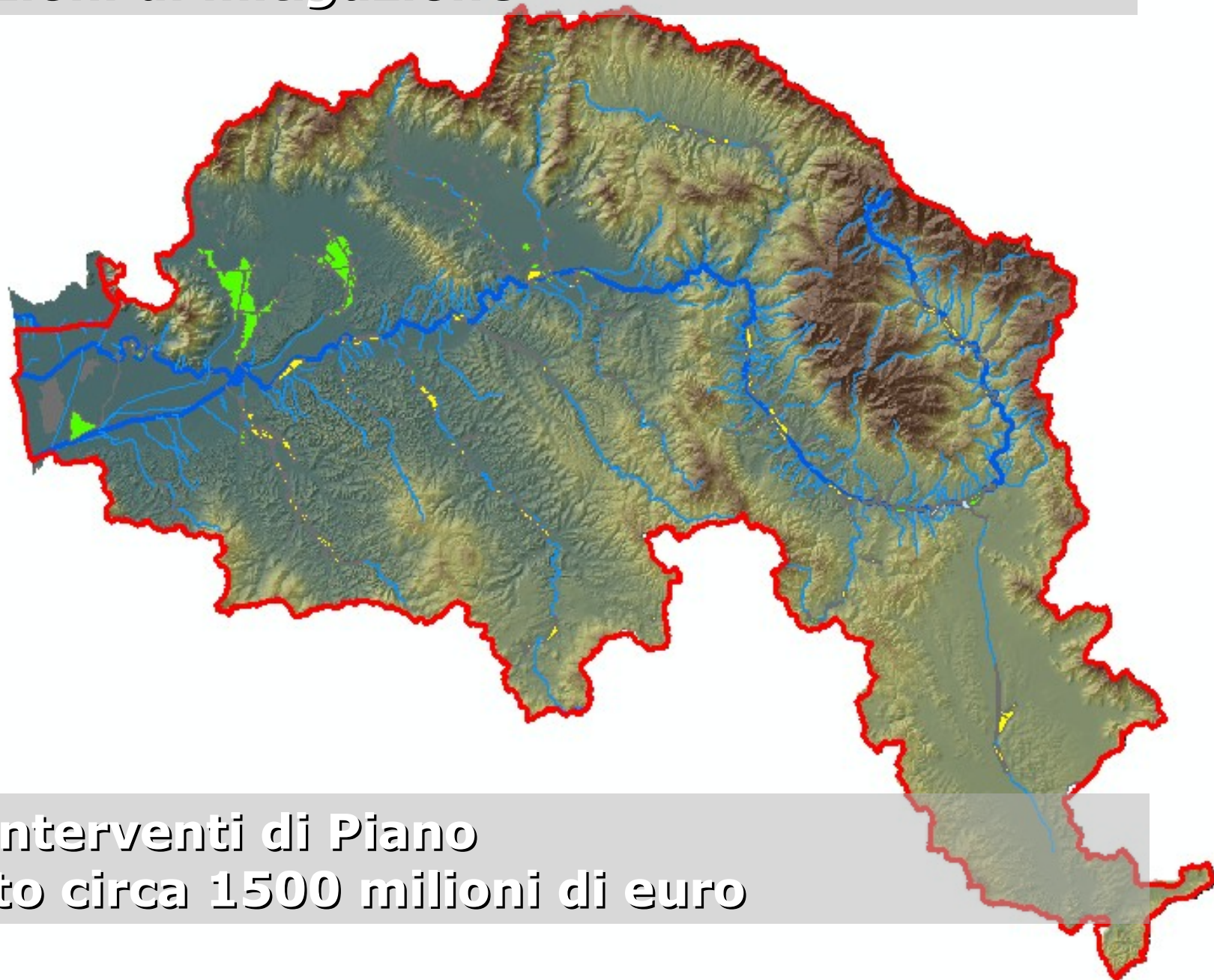
Il Piano di bacino stralcio "Rischio Idraulico" D.P.C.M. 05/11/1999

Alto a Nave di Rosano
Idrogrammi di piena evento tipo 1966

- Il piano è orientato alla messa in sicurezza del bacino in relazione ad un evento tipo quello del 1966.
- Per raggiungere l'obiettivo, il piano prevede di laminare l'onda di piena mediante la sottrazione di volumi da stoccare temporaneamente in casse d'espansione ed invasi.
- A questo scopo sono state vincolate oltre 200 kmq di aree, prevalentemente di fondovalle, dove realizzare le opere.
- I volumi da recuperare sono stimati in circa 340 Mmc tra casse ed invasi. Circa la metà dei volumi è da ricavarsi lungo l'asta principale dell'Arno.
- I volumi da ricavare a monte di Firenze sono circa 135 Mmc, 87 sull'asta principale e 48 sugli affluenti (inclusi i 15 Mmc della diga di Bilancino).



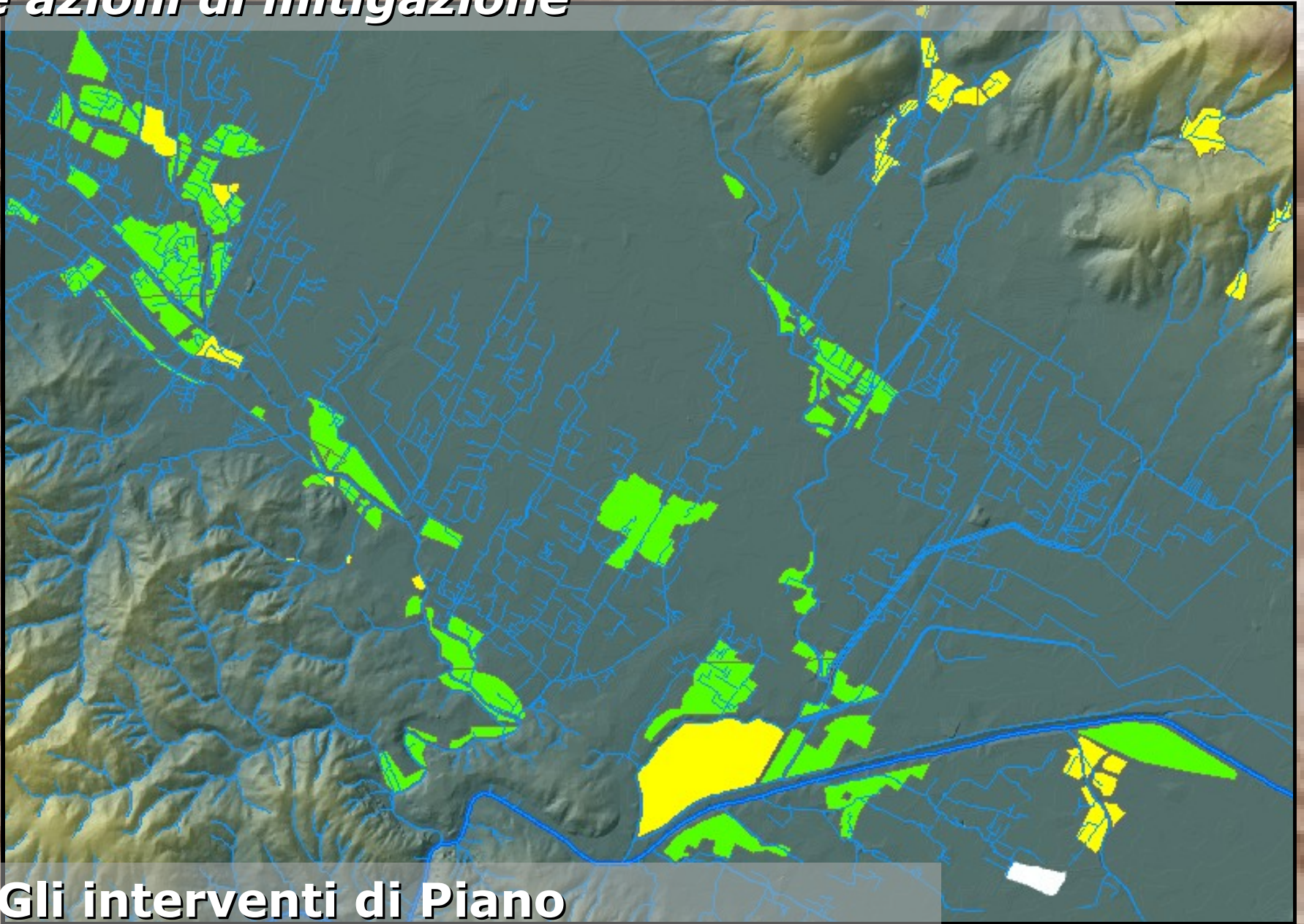
Le azioni di mitigazione



Gli interventi di Piano

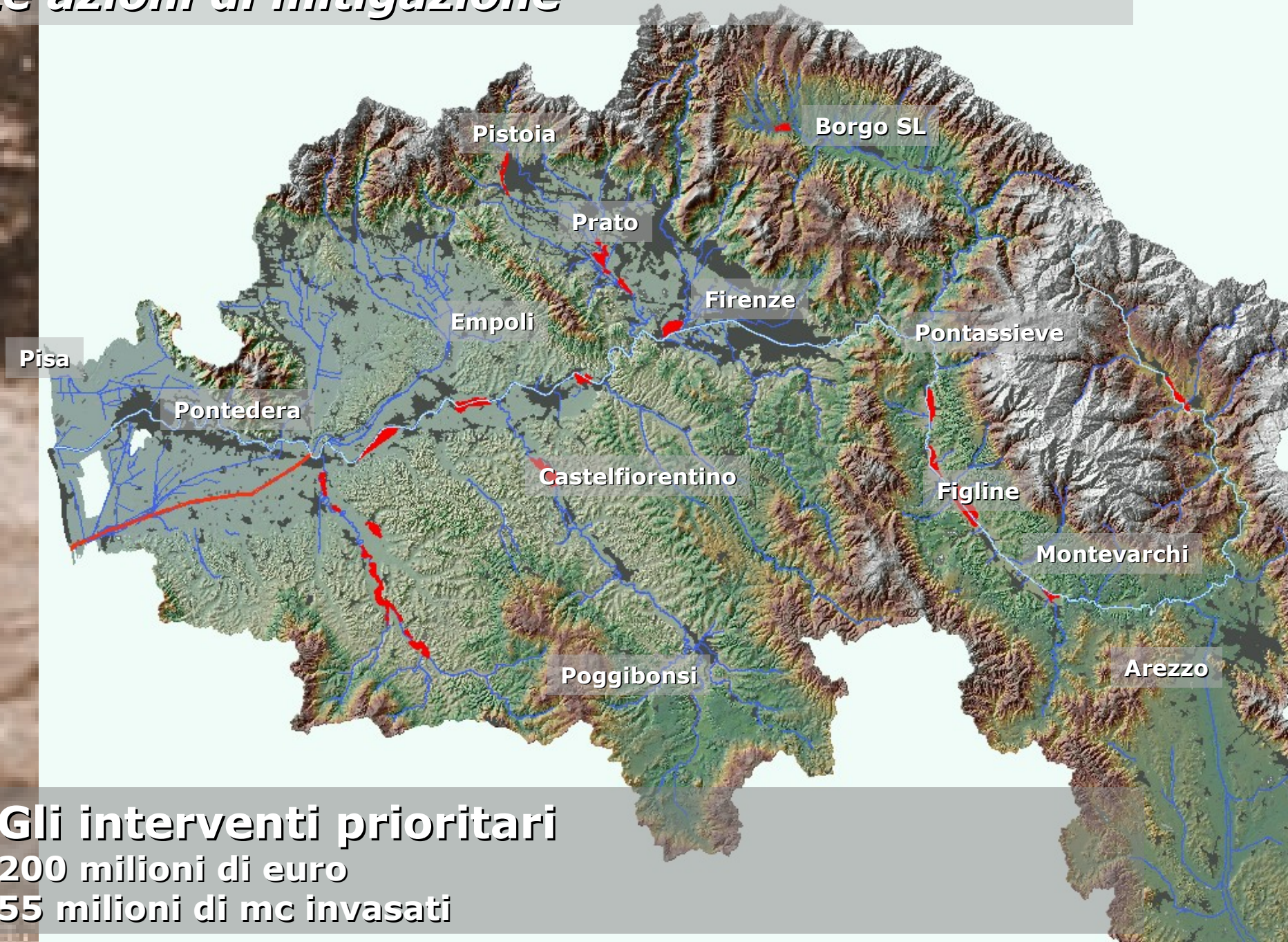
Costo circa 1500 milioni di euro

Le azioni di mitigazione



Gli interventi di Piano
Le casse di tipo A e di tipo B

Le azioni di mitigazione



Gli interventi prioritari
200 milioni di euro
55 milioni di mc invasati

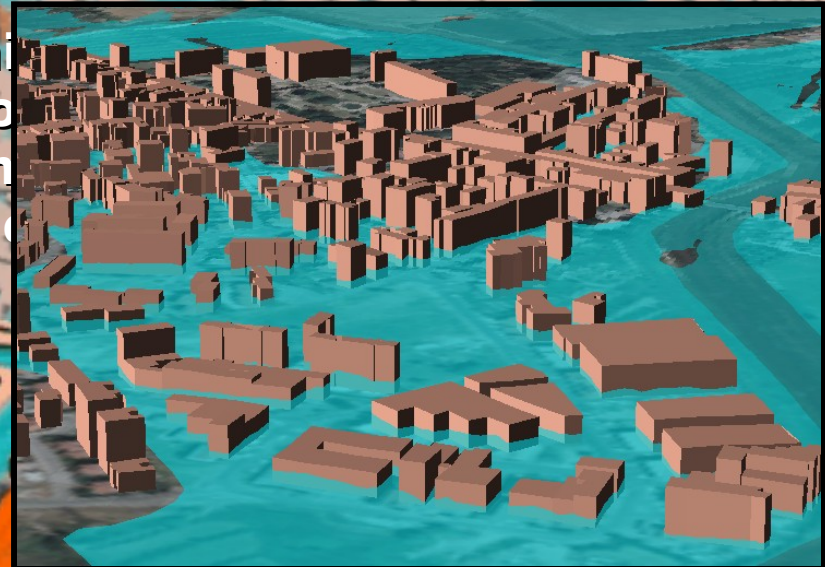
La pianificazione di assetto idrogeologico

Livello di sintesi

Basato sulla ricostruzione degli eventi storici e sulle caratteristiche geomorfologiche

Livello di dettaglio

Input idrologico derivato dal modello ALTO, trasformazione afflussi-deflussi ottenuta secondo la teoria dell'idrogramma istantaneo unitario e parametri derivati dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino, con forzante meteorica schematizzata da ietogrammi sintetici ottenuti dalle curve di possibilità pluviometrica.



La pianificazione di assetto idrogeologico



Le celle del modello PAI (SIMI) con le sezioni e gli sfiori

La pianificazione di assetto idrogeologico

Le carte del PAI

Classi di pericolosità

PI4 = aree con Tr compreso tra 1 e 30 anni e battente $h > 30$ cm

**PI3 = - aree con Tr compreso tra 1 e 30 anni e battente $h < 30$ cm;
- aree con Tr compreso tra 30 e 100 anni e battente $h > 30$ cm.**

PI2 = aree con Tr comprese tra 100 e 200 anni

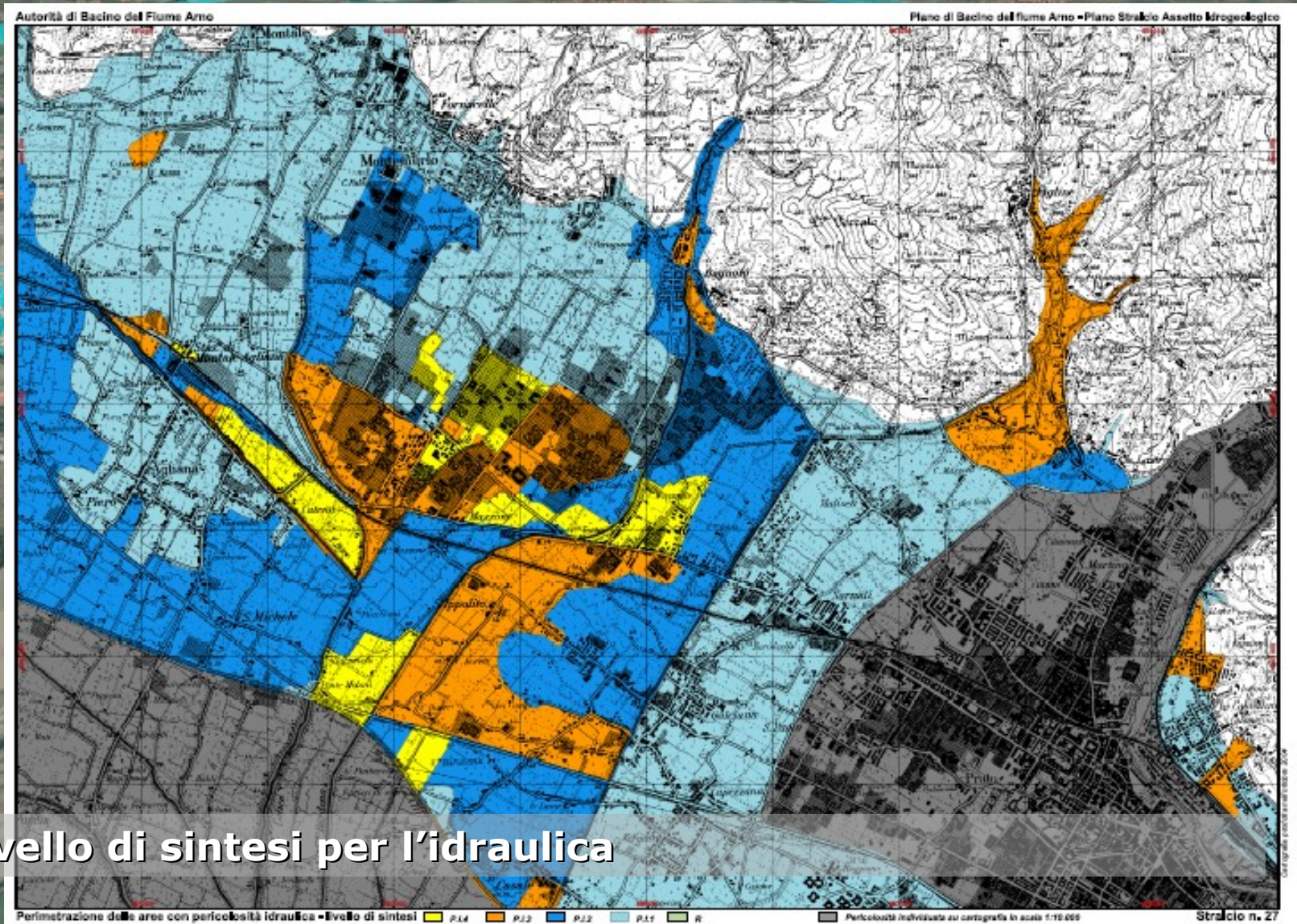
PI1 = aree con Tr comprese tra 200 e 500 anni

I livelli di pericolosità idraulica



La pianificazione di assetto idrogeologico

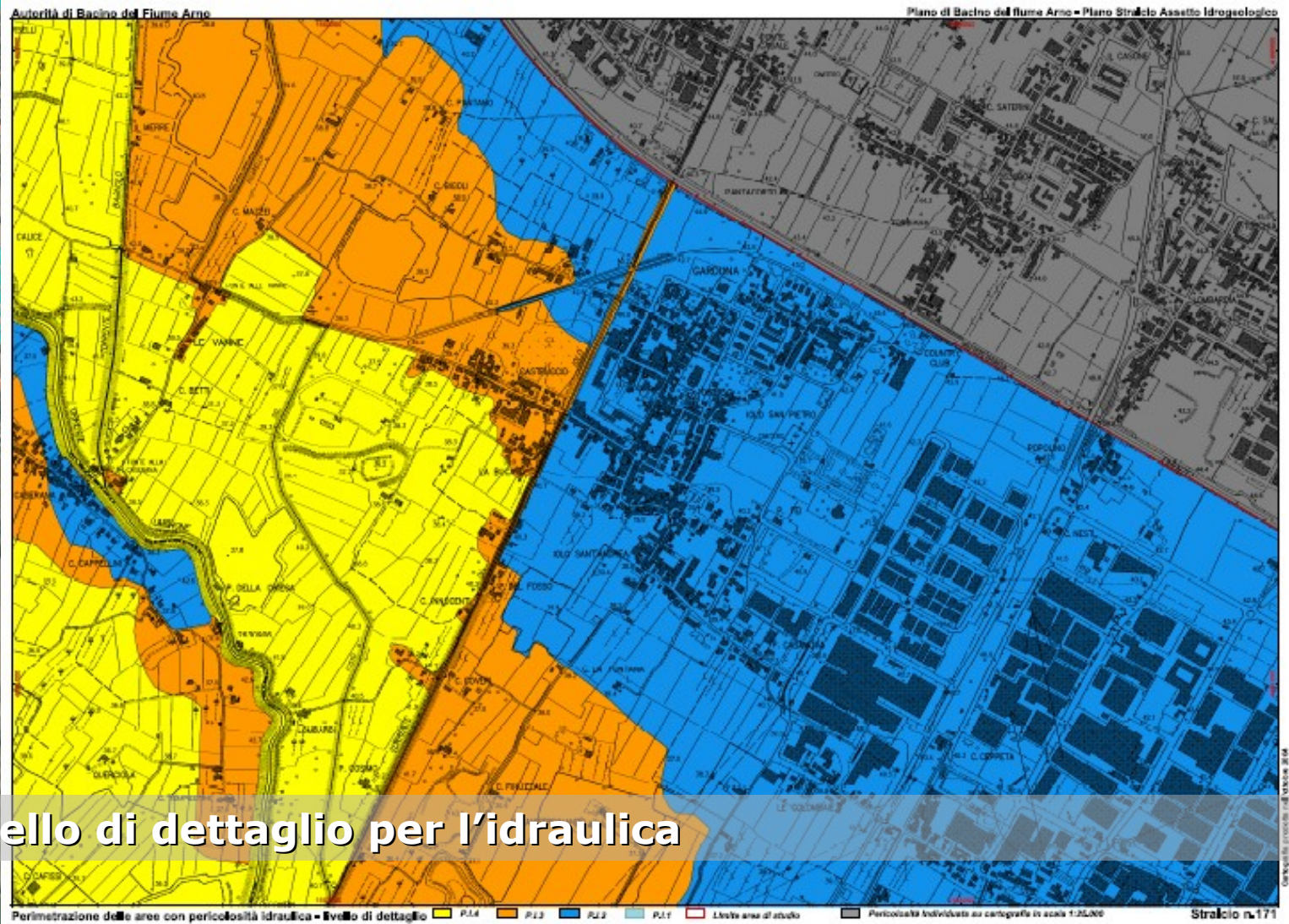
Le carte del PAI



Il livello di sintesi per l'idraulica

La pianificazione di assetto idrogeologico

Le carte del PAI

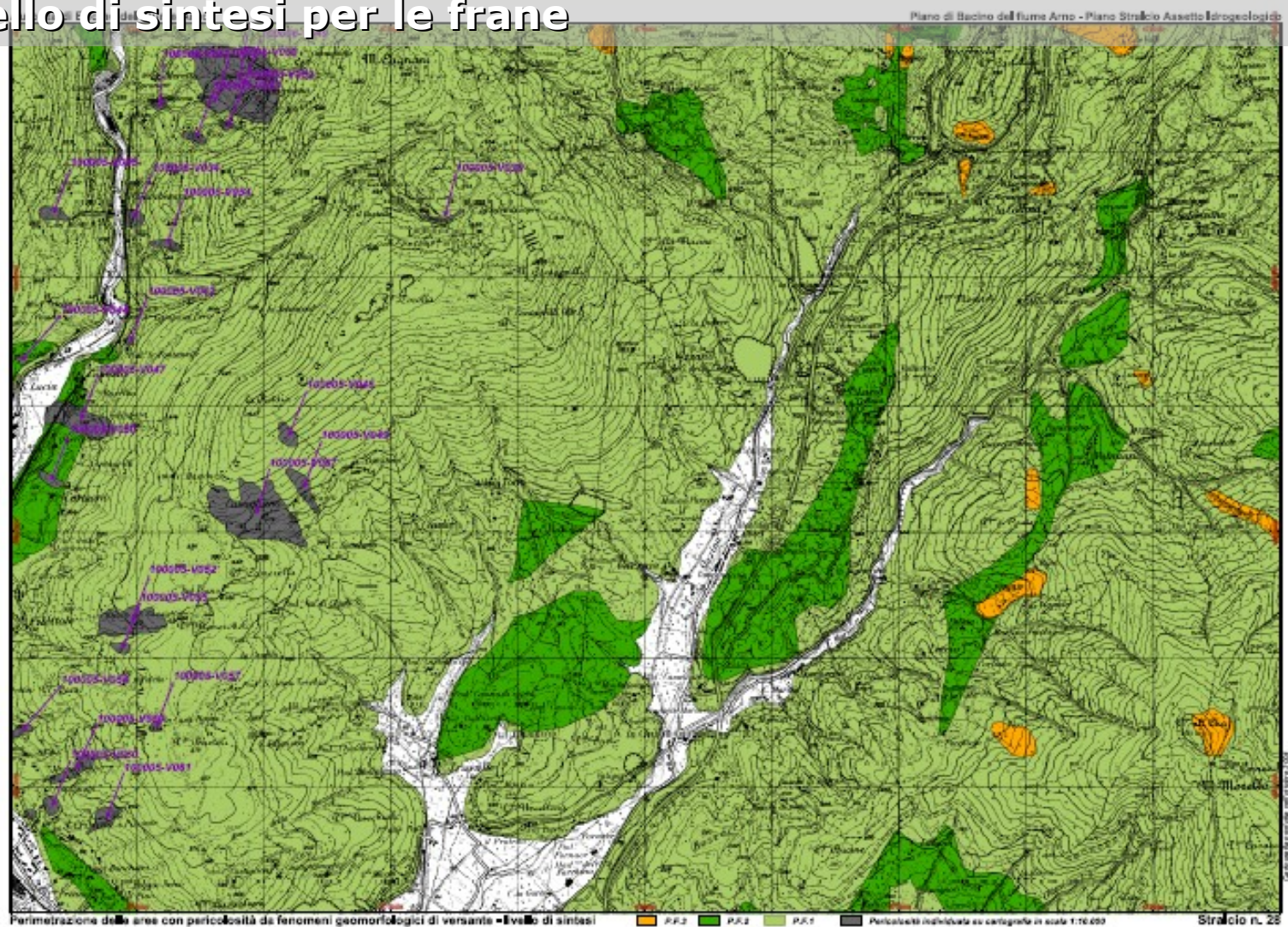


Il livello di dettaglio per l'idraulica

La pianificazione di assetto idrogeologico

Le carte del PAI

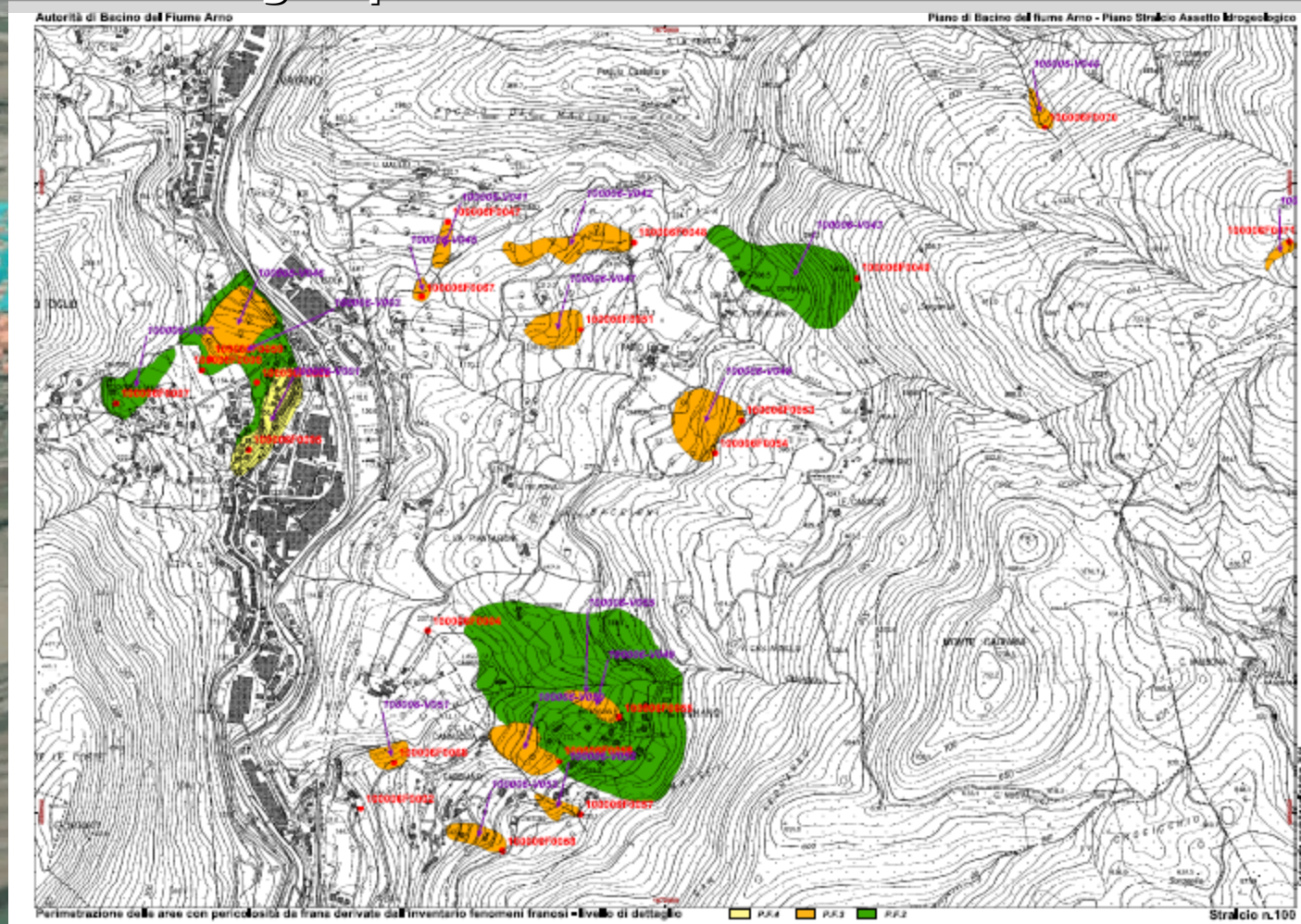
Il livello di sintesi per le frane



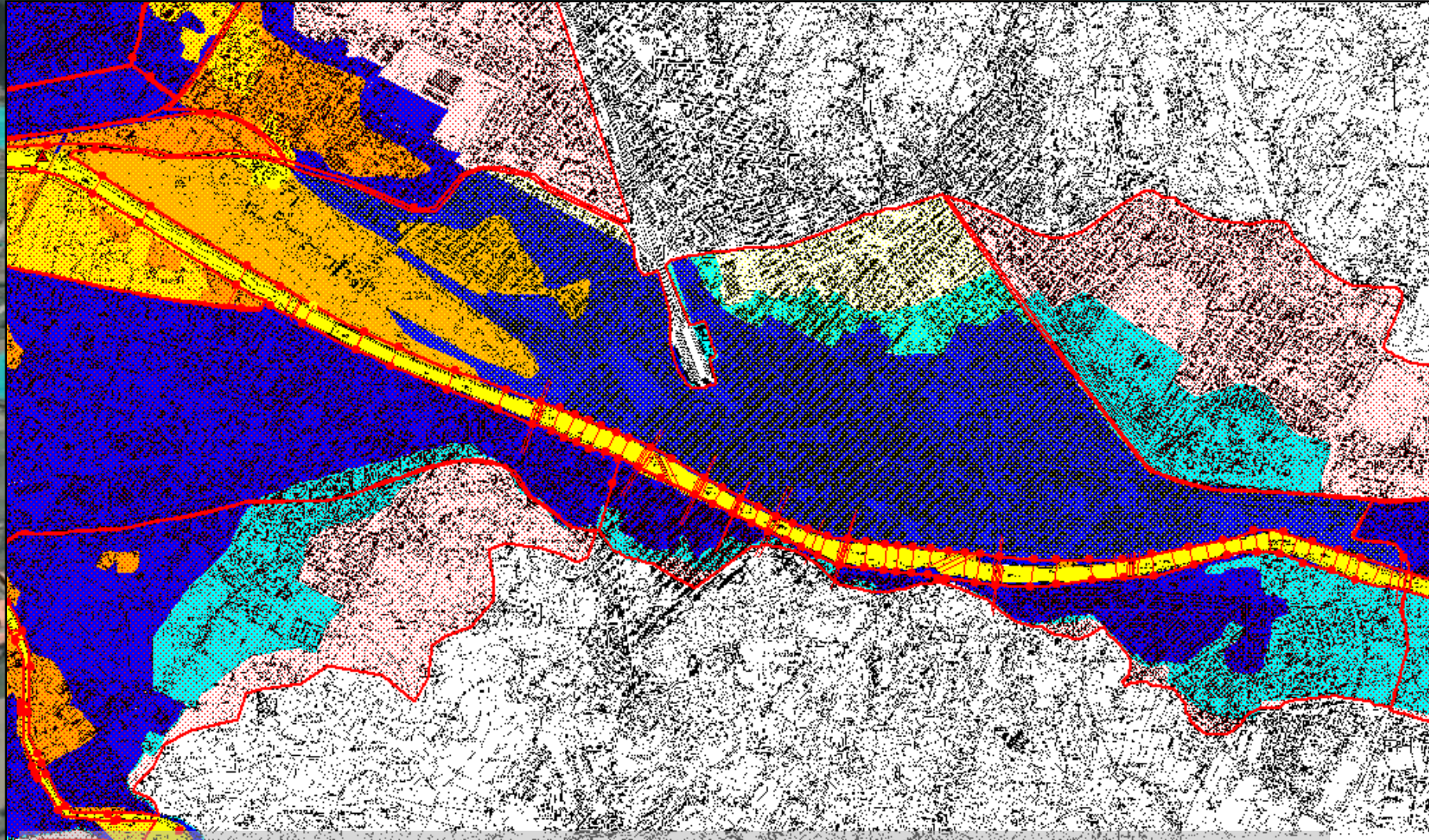
La pianificazione di assetto idrogeologico

Le carte del PAI

Il livello di dettaglio per le frane



La pianificazione di assetto idrogeologico



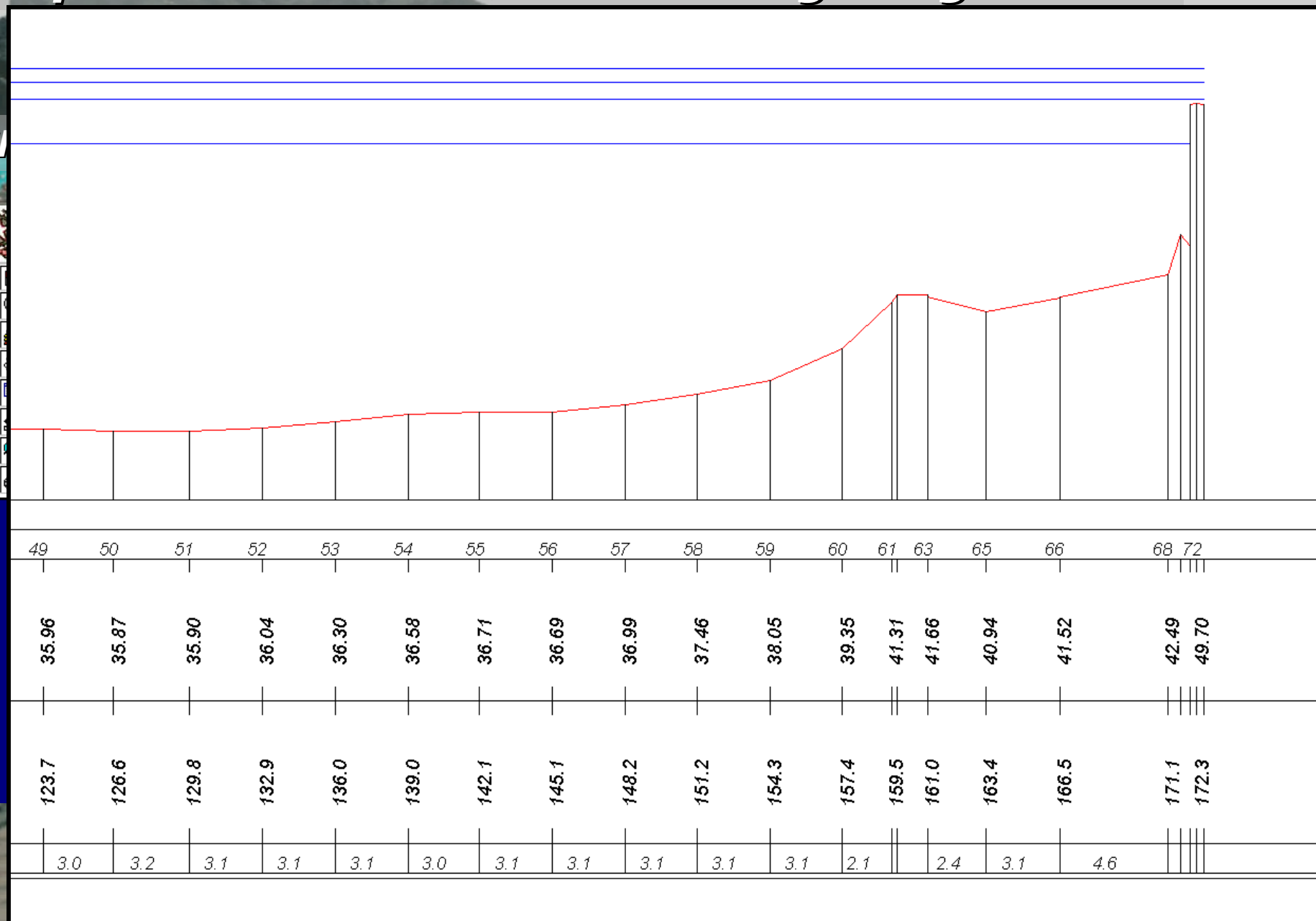
Volume statico invasato: 6.6 milioni di mc

H 100 = 42,15 m s.l.m.

H 200 = 43,14 m s.l.m.

La pianificazione di assetto idrogeologico

II

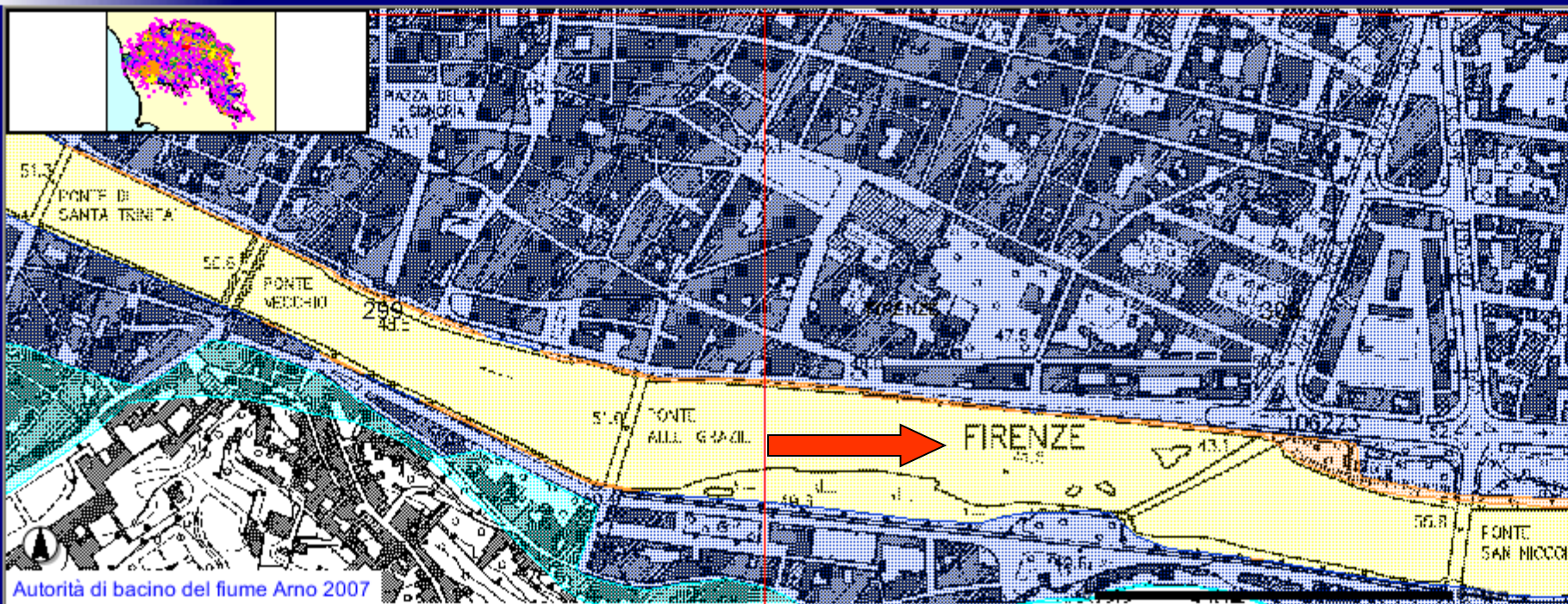


La pianificazione di assetto idrogeologico

Il modello PAI



Autorità di bacino del fiume Arno :: PAI: pericolosità idraulica 1:10.000



Autorità di bacino del fiume Arno 2007

classi di pericolosità idraulica

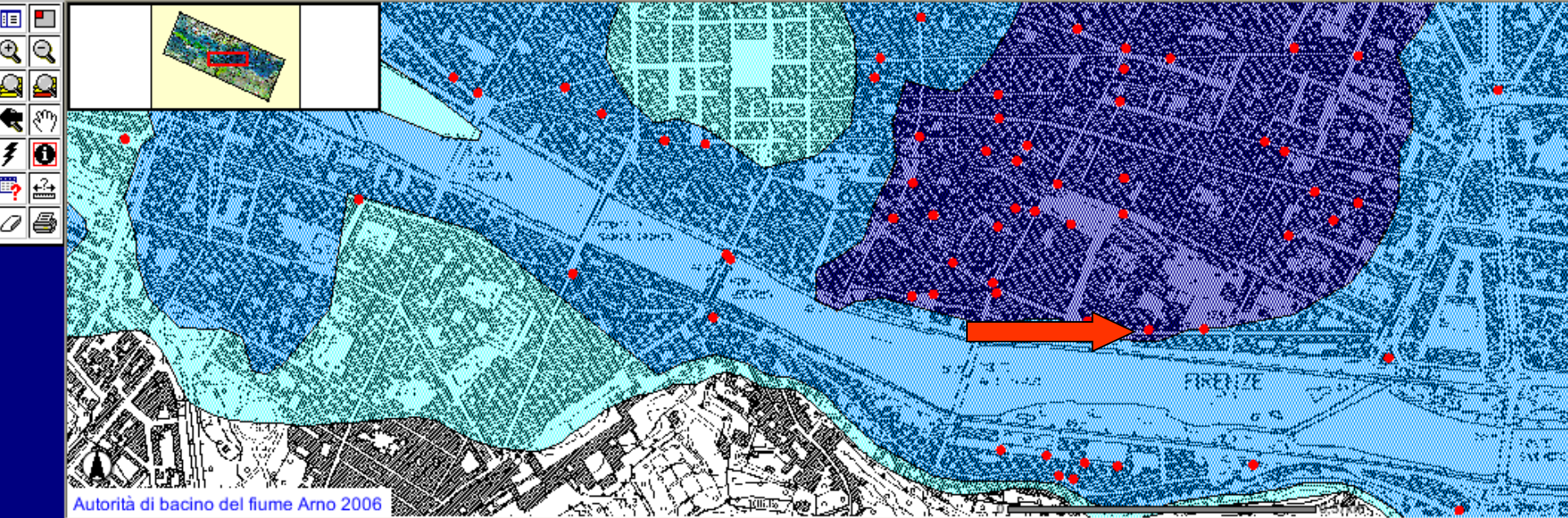
Rec	PAI
1	2

La pianificazione di assetto idrogeologico

La documentazione storico-inventariale



Firenze, 4 Novembre 1966 - I segni dell'alluvione



Autorità di bacino del fiume Arno 2006

Targhe delle alluvioni

Rec	UBICAZIONE	CRONOLOGIA	QUOTA	MATERIALE	ID
1	Piazza dei Cavalleggeri n° 2	1966	4	Marmo	11

La pianificazione di assetto idrogeologico

$$R = H \tilde{V} \tilde{E}$$

H, probabilità di accadimento

V(I), vulnerabilità per eventi di data intensità

E, valore dell'elemento a rischio

I maggiori investimenti, da parte delle Autorità sono stati indirizzati sulla stima di *H*

I livelli di conoscenza su *V* e *E*, e quindi sul danno *D*, sono in fase di sviluppo

La pianificazione di assetto idrogeologico

Identificazione del rischio idrogeologico

Identificazione di scenari di evento

Stima economica delle perdite potenziali

Analisi tecnica della vulnerabilità

Quantificazione del rischio

Analisi costi benefici

Strategie di difesa locale

Pianificazione di protezione civile

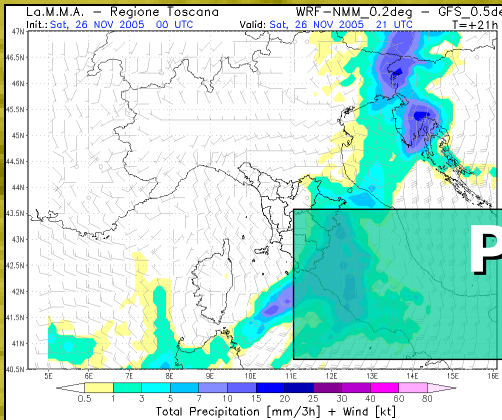
Strategie alla scala di bacino

Attuazione



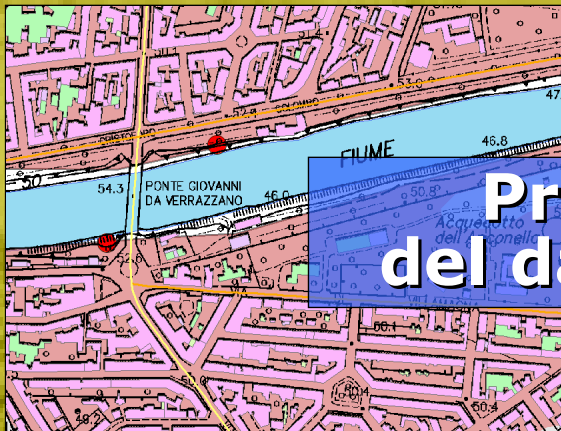
Nuovi sviluppi

Il modello Arno:



**Previsione
Meteo**

Quantitativa
Spazialmente
distribuita



**Previsione
del danno atteso**

Quantitativa
Spazialmente
distribuita

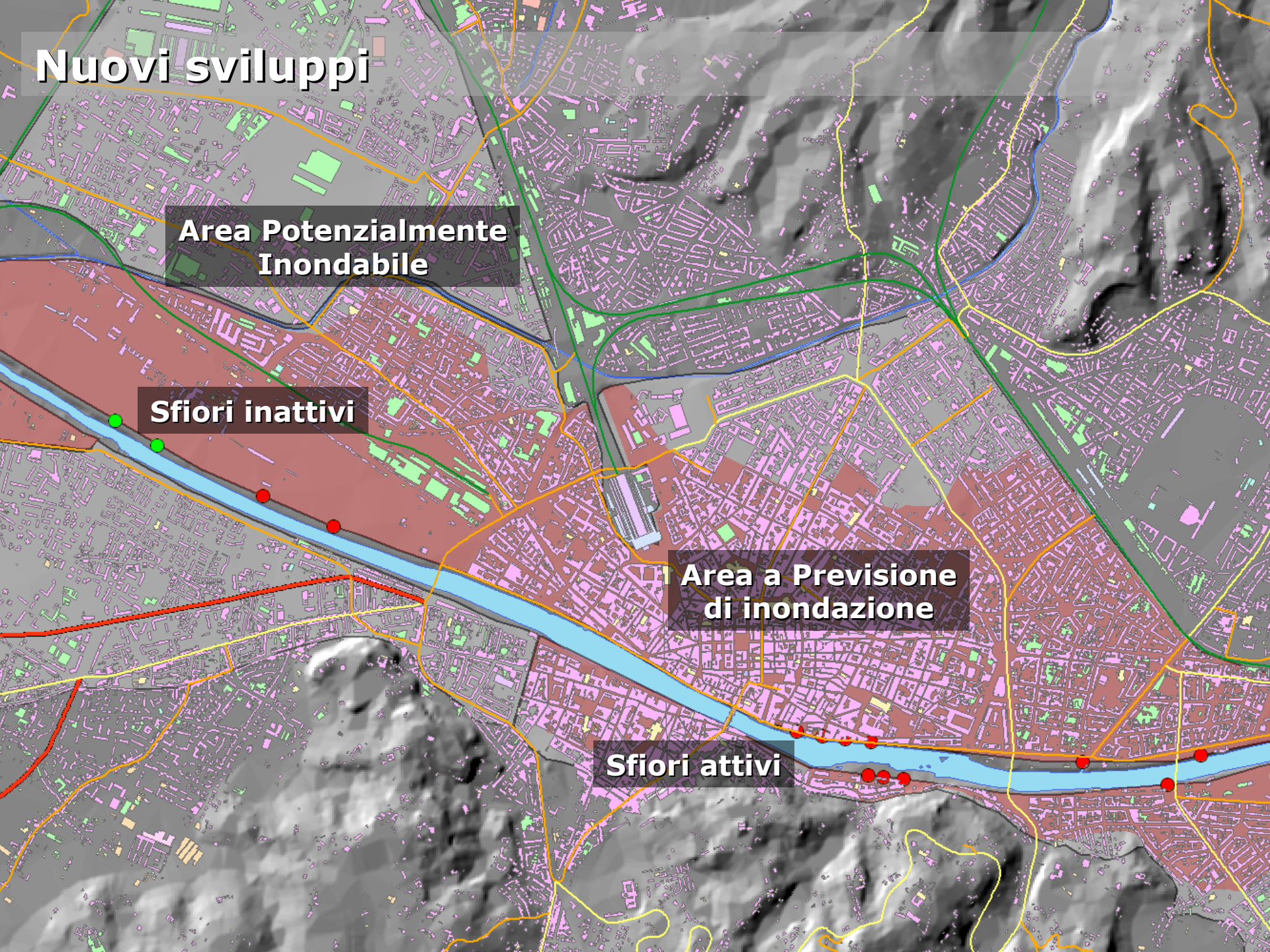
Nuovi sviluppi

**Area Potenzialmente
Inondabile**

Sfiori inattivi

**Area a Previsione
di inondazione**

Sfiori attivi



Nuovi sviluppi

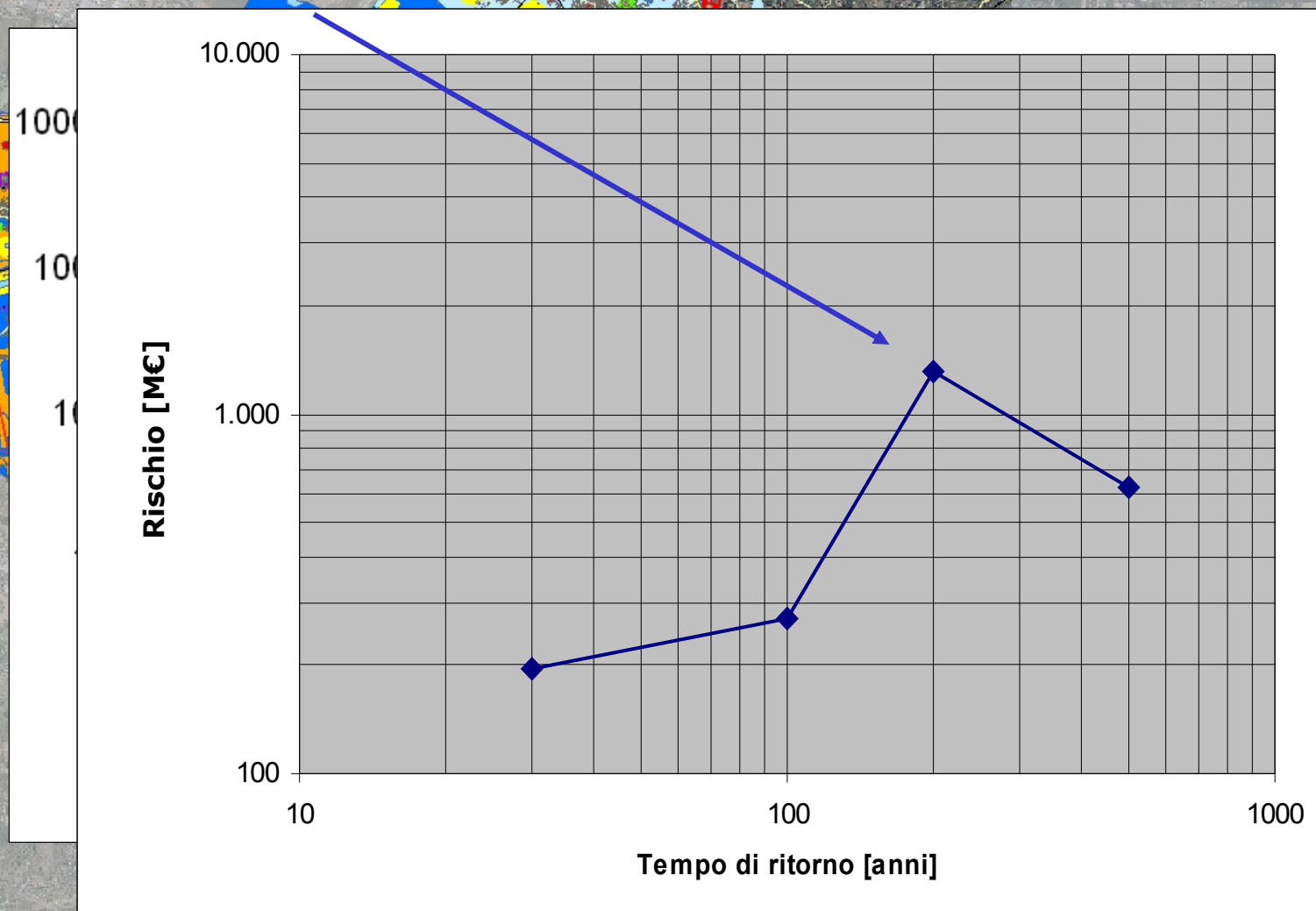
Valutare l'azione di mitigazione delle opere



Nuovi sviluppi

Firenze (circa 100 Km²)

**Il rischio massimo relativo al patrimonio edificato
è connesso con l'evento T = 200 anni
e stimato in 1,1 miliardi su 50 anni**



0