

24 ottobre 2019

Paolo Mignosa

Università di Parma



METTIAMOCI  
**IN RIGA**



# La mappatura del rischio residuale





# Problematiche

Nella Pianura Padana molti aree (rurali, urbane e industriali) sono soggacenti ai livelli di piena dei corsi d'acqua e quindi potenzialmente a rischio di allagamento nel caso di rotte/tracimazioni arginali (rischio residuo)

Secchia (MO)  
gennaio 2014



Enza (RE)  
dicembre 2017



Reno (BO)  
febbraio 2019



Montone (FC)  
maggio 2019





## Definizioni\*

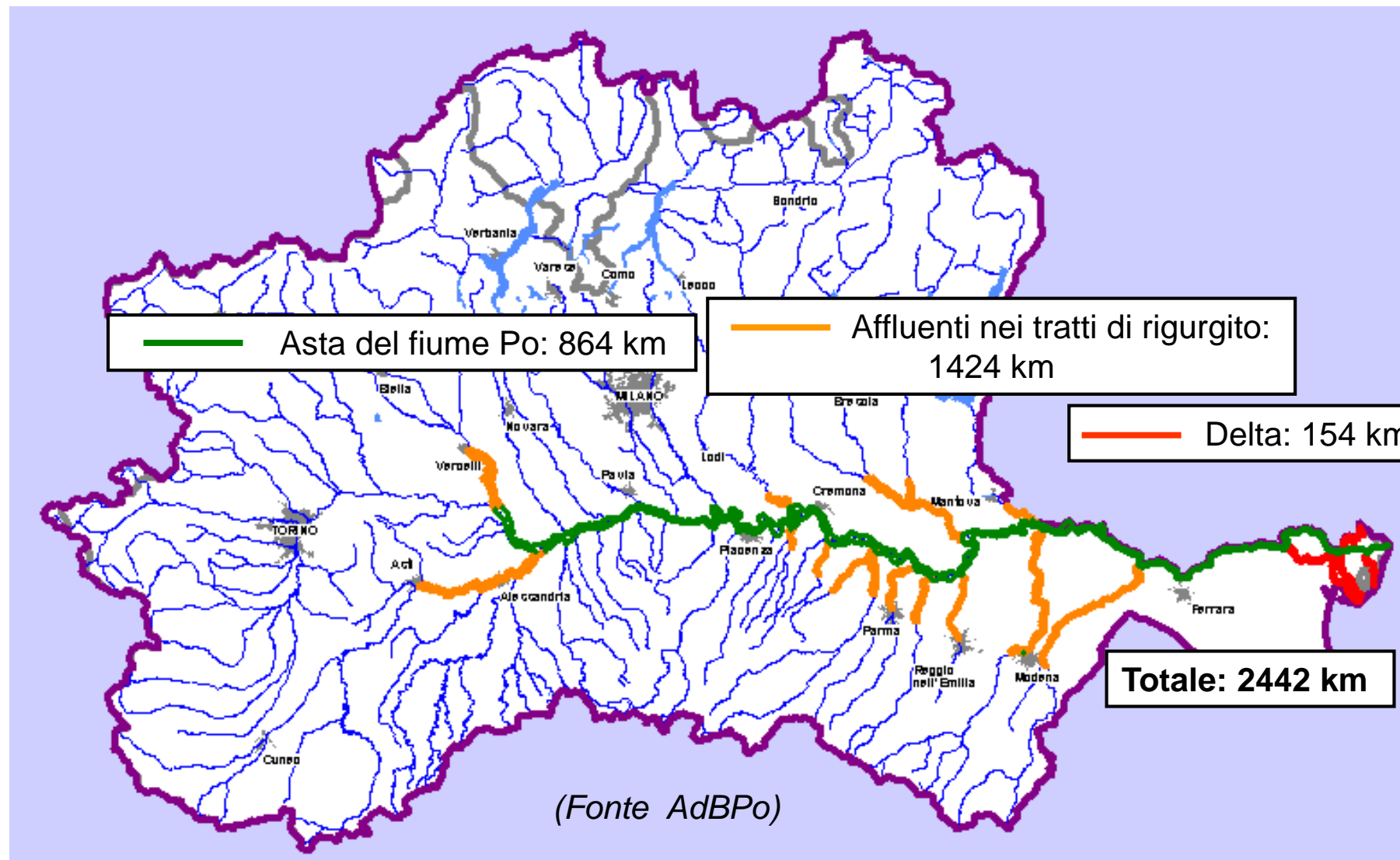
Pericolosità idraulica residuale di inondazione, la probabilità che si verifichino eventi di entità superiore a quelli di riferimento ovvero al valore della piena assunta per il dimensionamento del sistema di difesa idraulica, sia in ordine alla dimensione dell'evento sia per caratteristiche non prese in considerazione nell'analisi dello stesso.

Con riferimento poi al sistema arginato del fiume Po sussiste un altro fattore che concorre a determinare ulteriori condizioni di rischio residuale, ed è il grado di affidabilità strutturale degli argini, strutture in terra realizzate nel corso di due millenni anche con tecniche molto diversificate, nonché le indeterminatezze legate alla natura dei terreni di fondazioni.

\* Autorità di Bacino del Fiume Po, Scenari di rischio residuale, Addendum 1 alla Relazione tecnica del Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione, febbraio 2012.



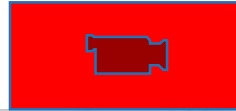
# Tratti arginati







# Meccanismi di rottura arginale



Secchia, 19 gennaio 2014 (sifonamento per la presenza di tane di animali)

Panaro, 19 gennaio 2014 (inizio sifonamento attraverso una tana passante)



# Meccanismi di rotta arginale

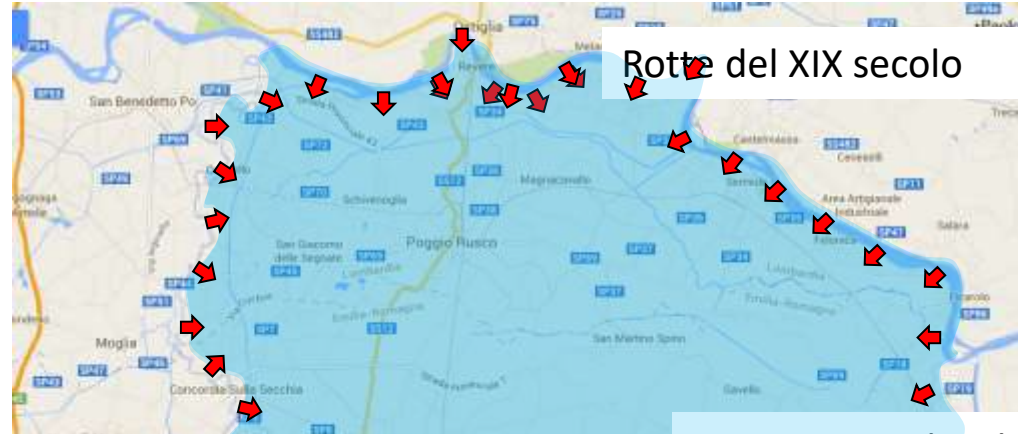


Enza, 12 dicembre 2017 (tracimazione)





# Comparto Secchia-Panaro



Rotta in dx in località Bozzala 20 apr. 1960. Area allagata: 2000 ha

Rotta in sn in località Bianca 10-14 nov. 1951. Area allagata: 2300 ha

**Rotta in dx in località ponte dell'Uccellino 19 gen. 2014. Area allagata: 7500 ha**

Rotta in sn al ponte Ferrovia 9-20 nov. 1952. Area allagata: 3000 ha

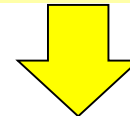
Varie tracimazioni 10-16 Set. 1972. Area allagata: 1320 ha

Rotta in sn alla località Gorgo | Tre Frati+ varie tracimazioni 10-16 Set. 1972. Area allagata: 2540 ha. Area allagata: 9400 ha



- ~~1. Si verificheranno in futuro altre rotte?~~
- ~~2. Quando avverrà la prossima?~~

3. Dove avverrà la prossima?
4. Ci coglierà (im)preparati?



**SCENARI DI ROTTA**



# Progetto RESILIENCE



Il progetto **RESILIENCE** (**RE**searches on **S**cenarios of **I**nundation of **L**owlands **I**nduced by **E**mba**N**kment **C**ollapses in **E**milia-Romagna), finanziato dall'**Agenzia per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile della Regione Emilia Romagna**, si è posto l'obiettivo di costruire un data-base informatizzato di possibili scenari di allagamento conseguenti a rotte arginali.

- Lungo le arginature sono state individuate numerose potenziali posizioni di brecce e, per ciascuna di esse, è stata simulata la conseguente dinamica dell'allagamento per due scenari idrologici;
- I risultati sono memorizzati sotto forma di filmati, in modo da poter essere facilmente consultati a video, e di mappe digitali dei valori di massima profondità idrica, massimo modulo velocità, pericolosità e tempi di arrivo del fronte.





# Strumenti di calcolo

Accuratezza



Efficienza

- Equazioni complete
- Metodi numerici affidabili e robusti
- Adeguata risoluzione spaziale

- Implementazione su GPU



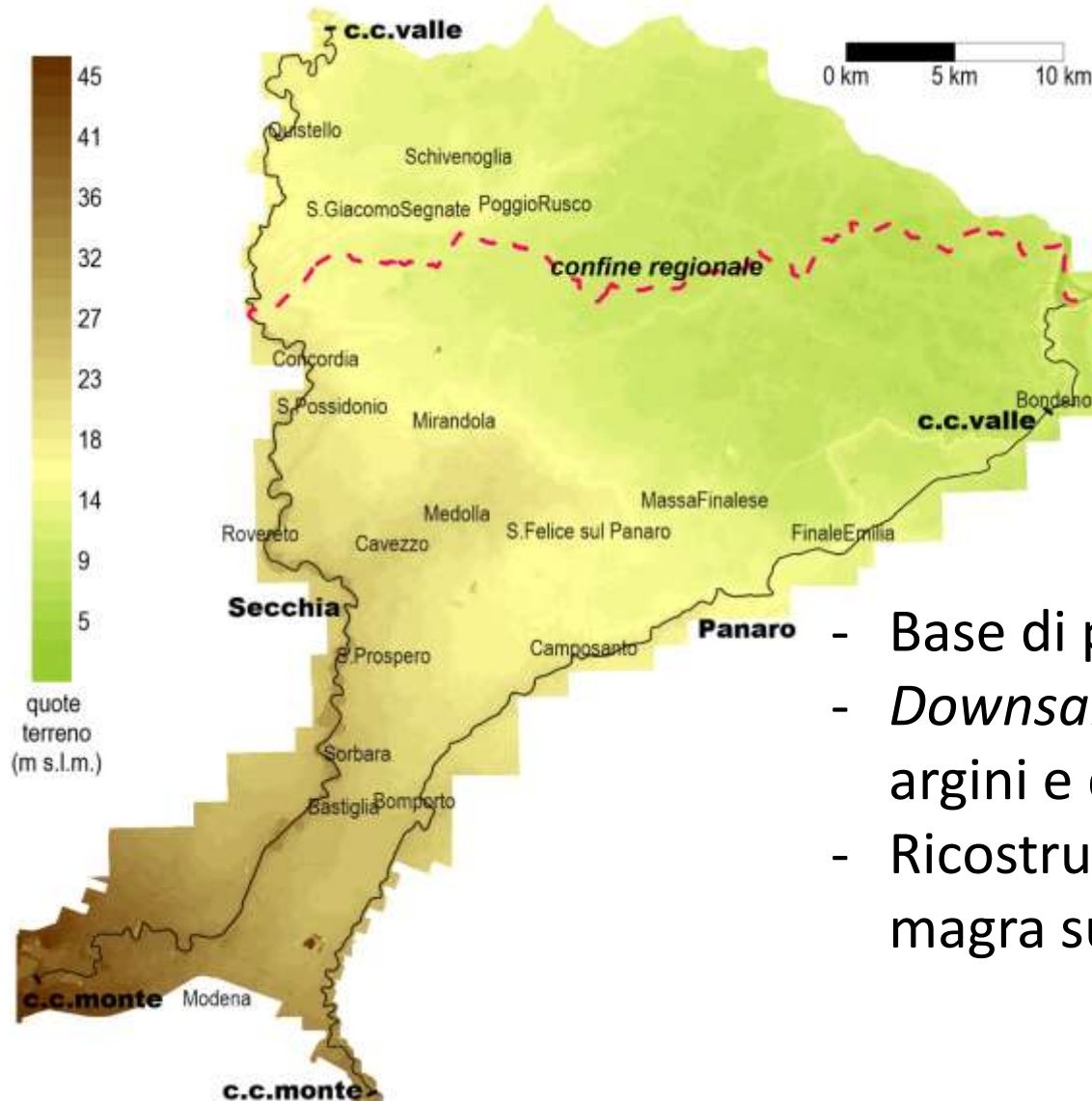
Modelli completi 2D-SWE su GPU

PARFLOOD

Rapporto tra tempo fisico e tempo di calcolo  
di 30-50/1 con decine di milioni di celle



# Area di studio



- Fiume Secchia: **83 km**
- Fiume Panaro: **67 km**
- Area totale= **1100 km<sup>2</sup>**

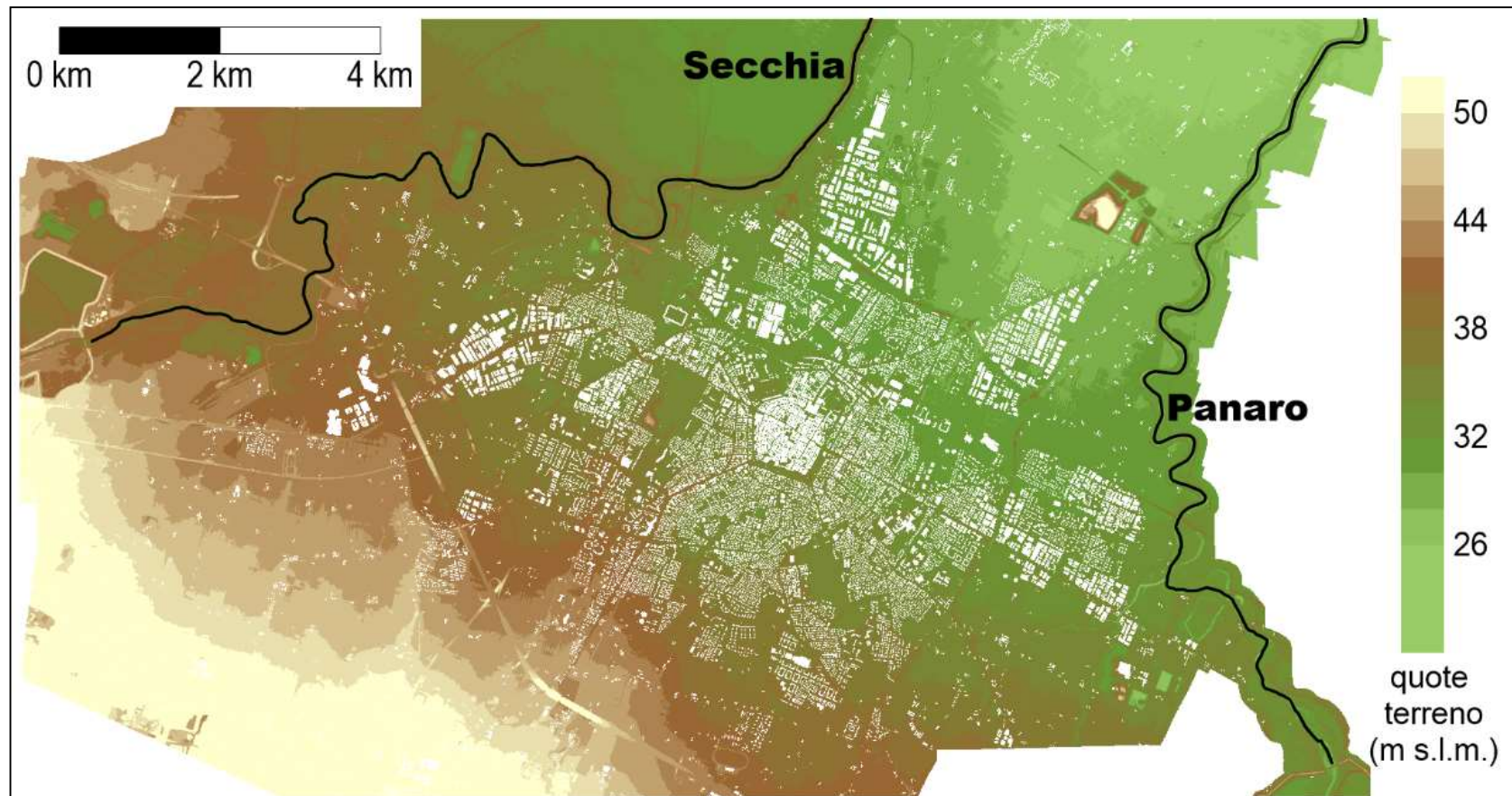
## Batimetria:

- Base di partenza: rilievi LiDAR con risoluzione 1 m;
- *Downsampling* a 5 m (preservando le quote degli argini e dei rilevati principali);
- Ricostruzione della zona più depressa dell'alveo di magra sulla base di sezioni trasversali.



# Trattamento della zona urbana di Modena

Metodo BUILDING HOLE (BH) - Risoluzione 2.5 m



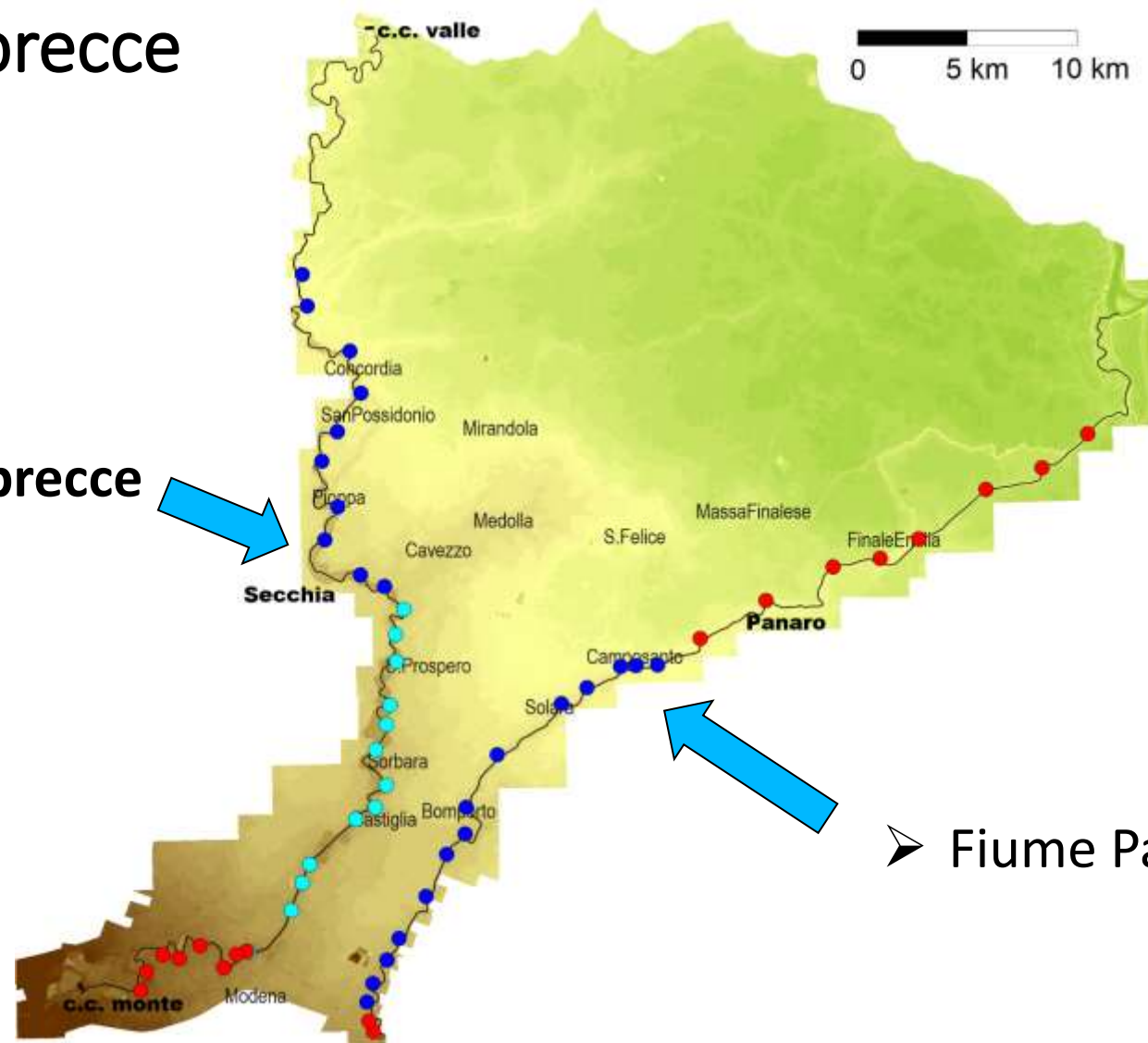
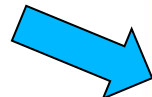




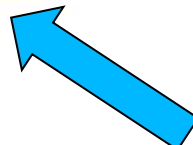


# Posizione delle brecce

➤ Fiume Secchia: **30 brecce**

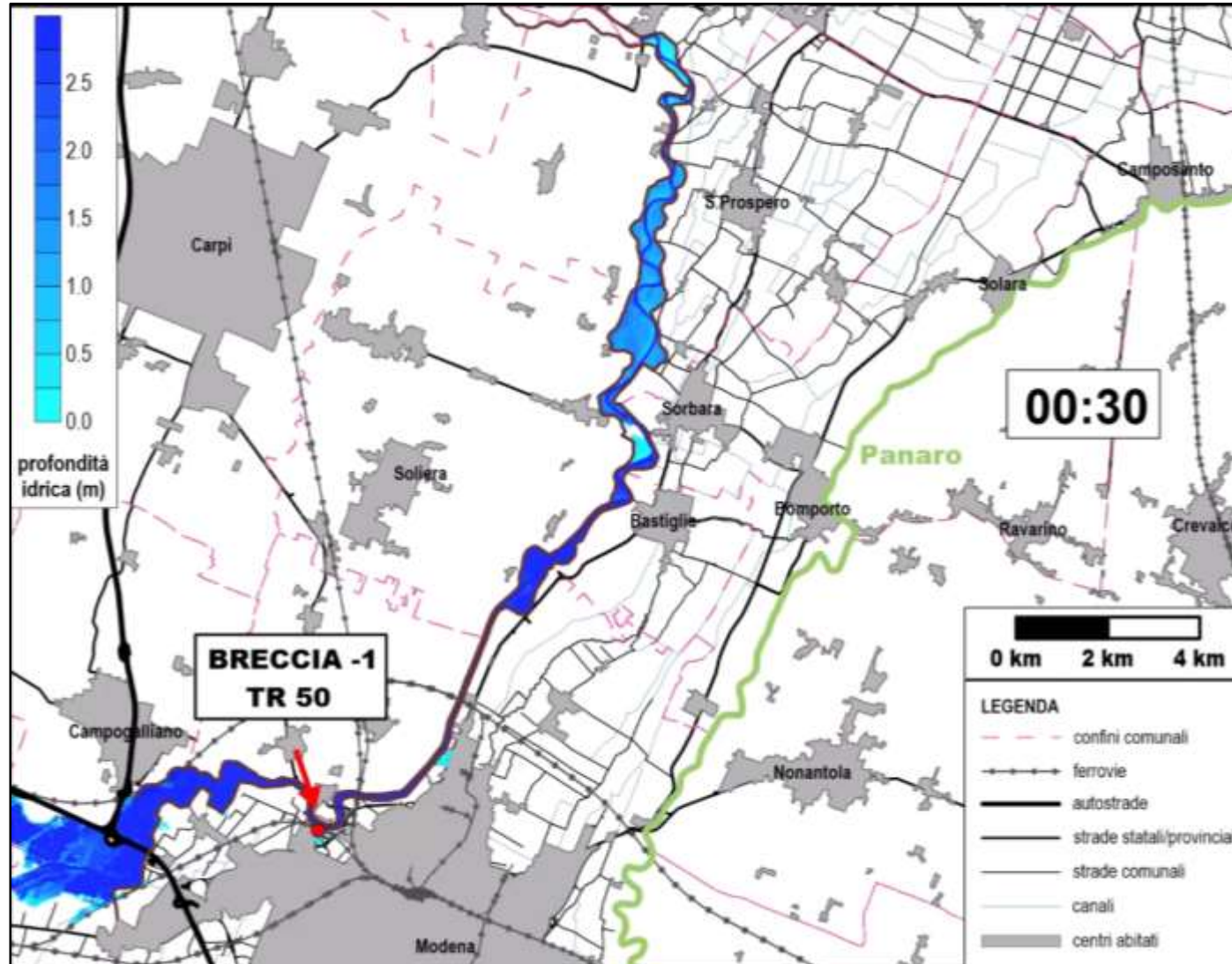


➤ Fiume Panaro: **26 brecce**



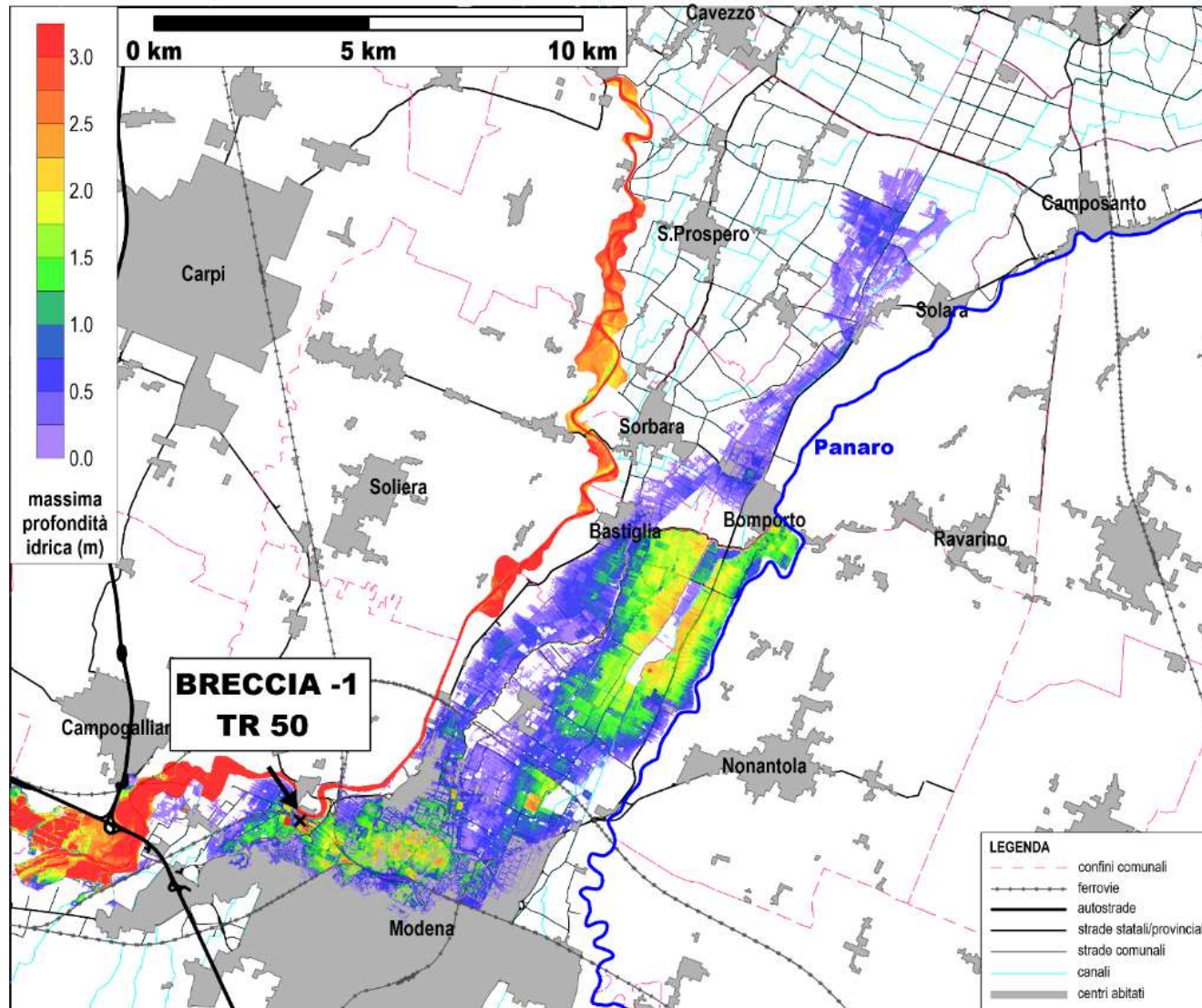


# Evoluzione dell'allagamento: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni



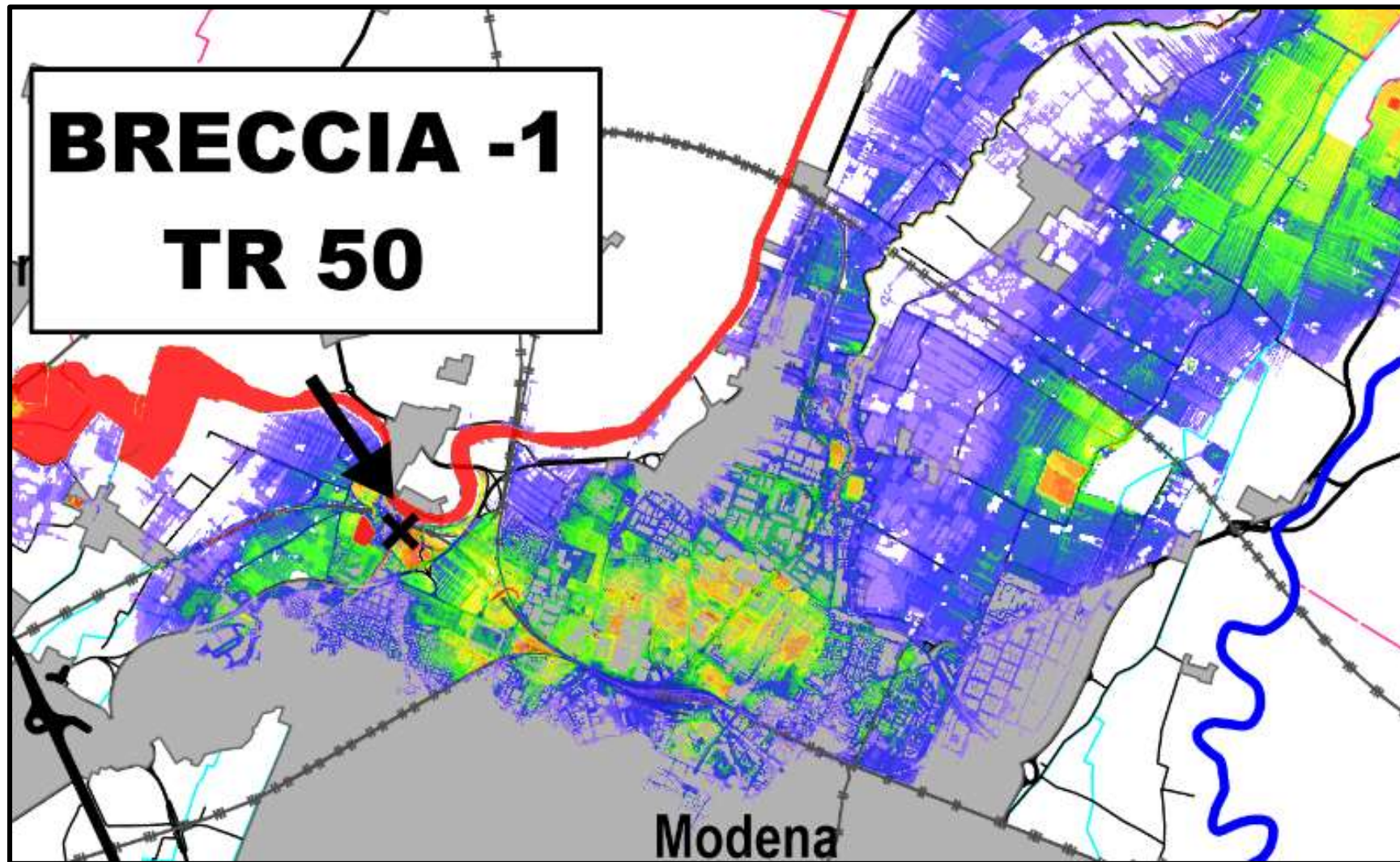


# Massime profondità idriche: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni





Massime profondità idriche: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni

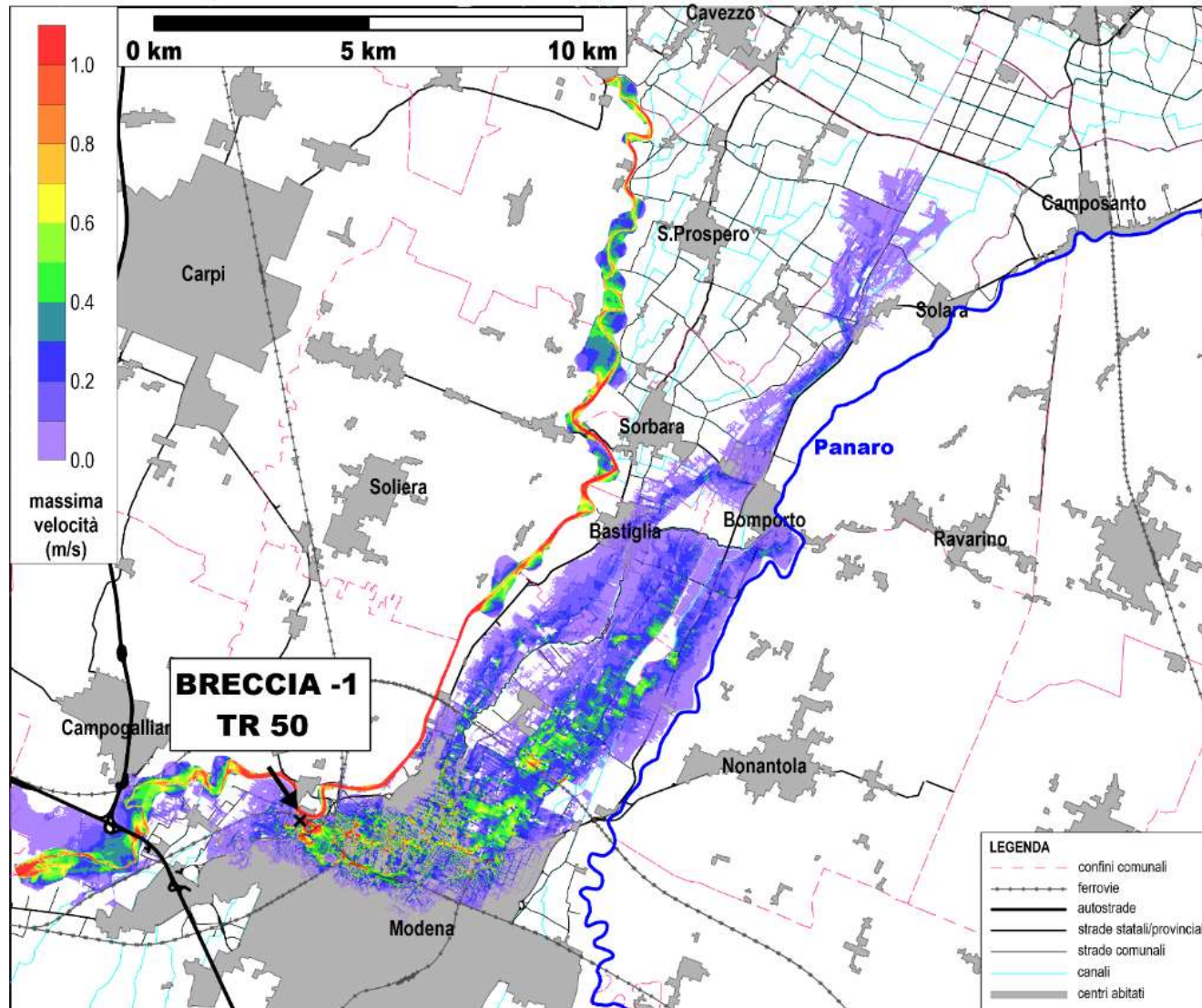


METTIAMOCI  
IN RIGA



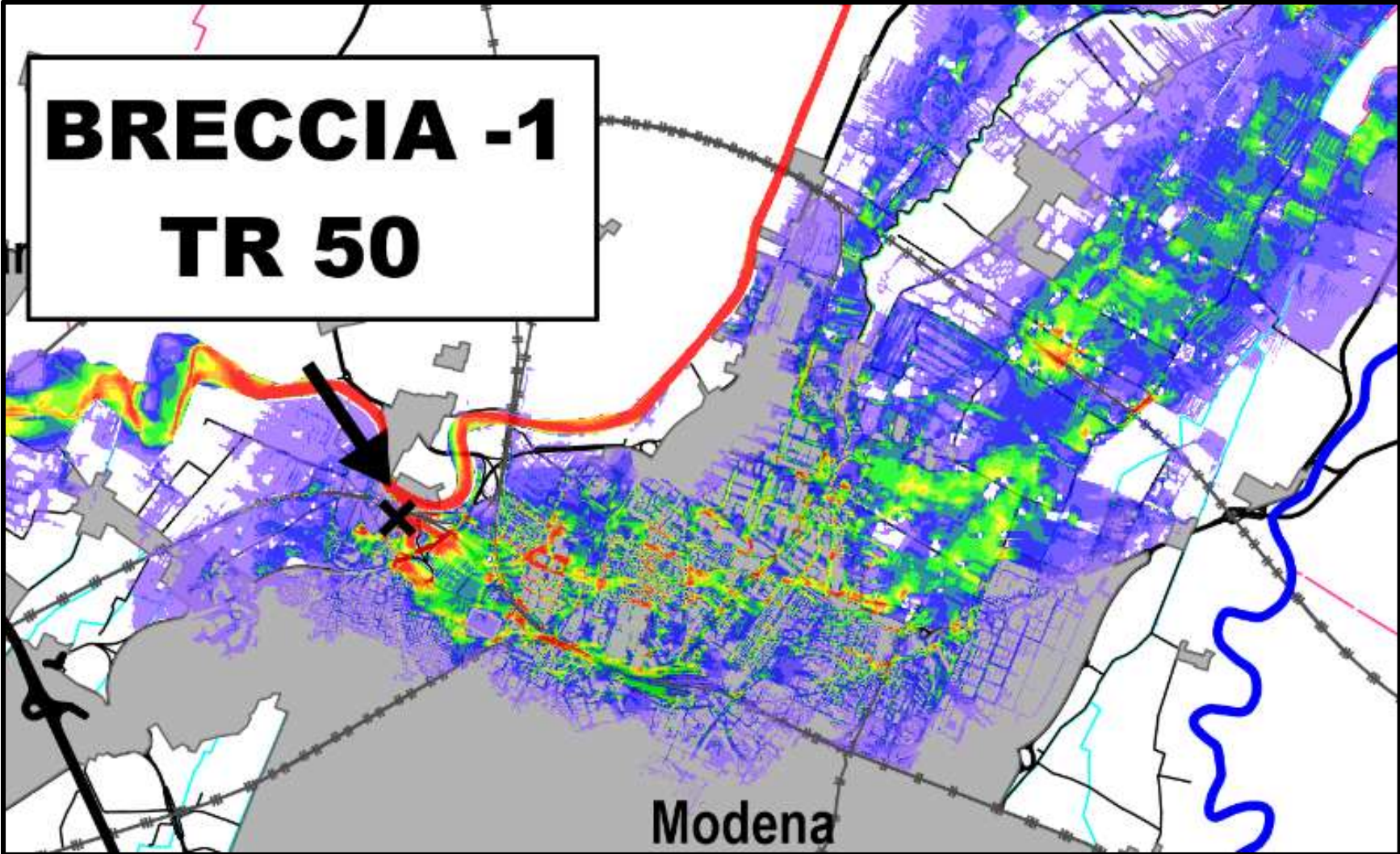


# Massime velocità idriche: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni



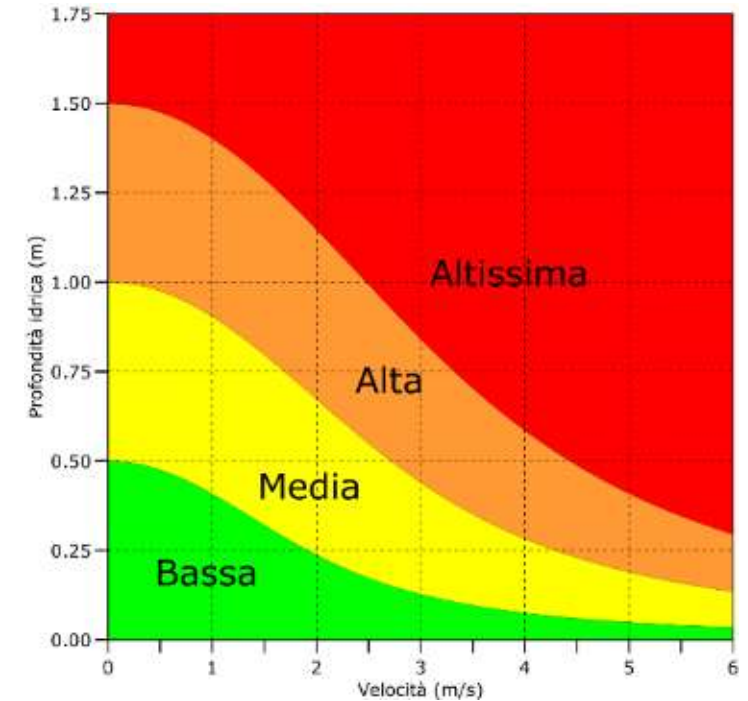
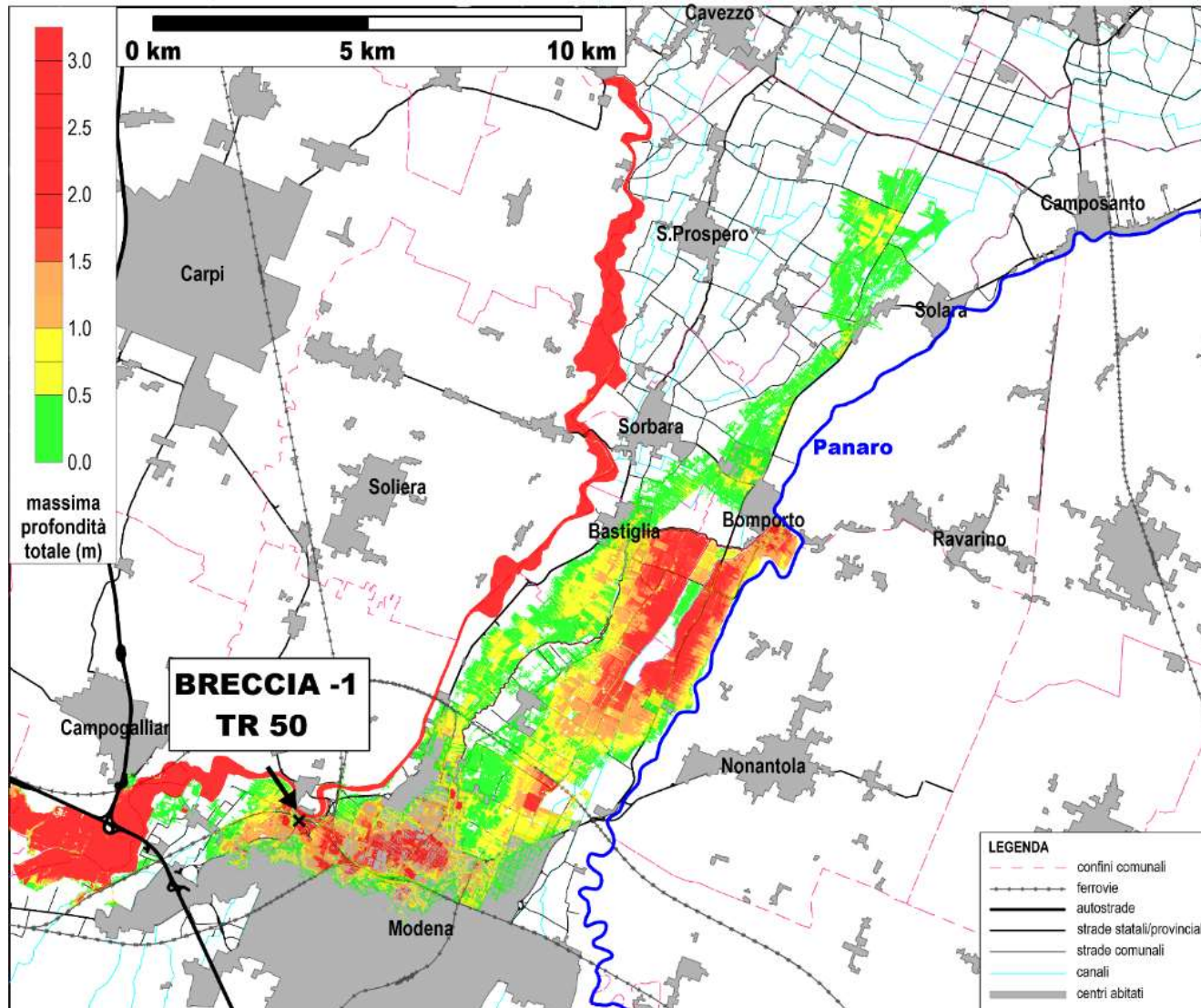


Massime velocità idriche: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni

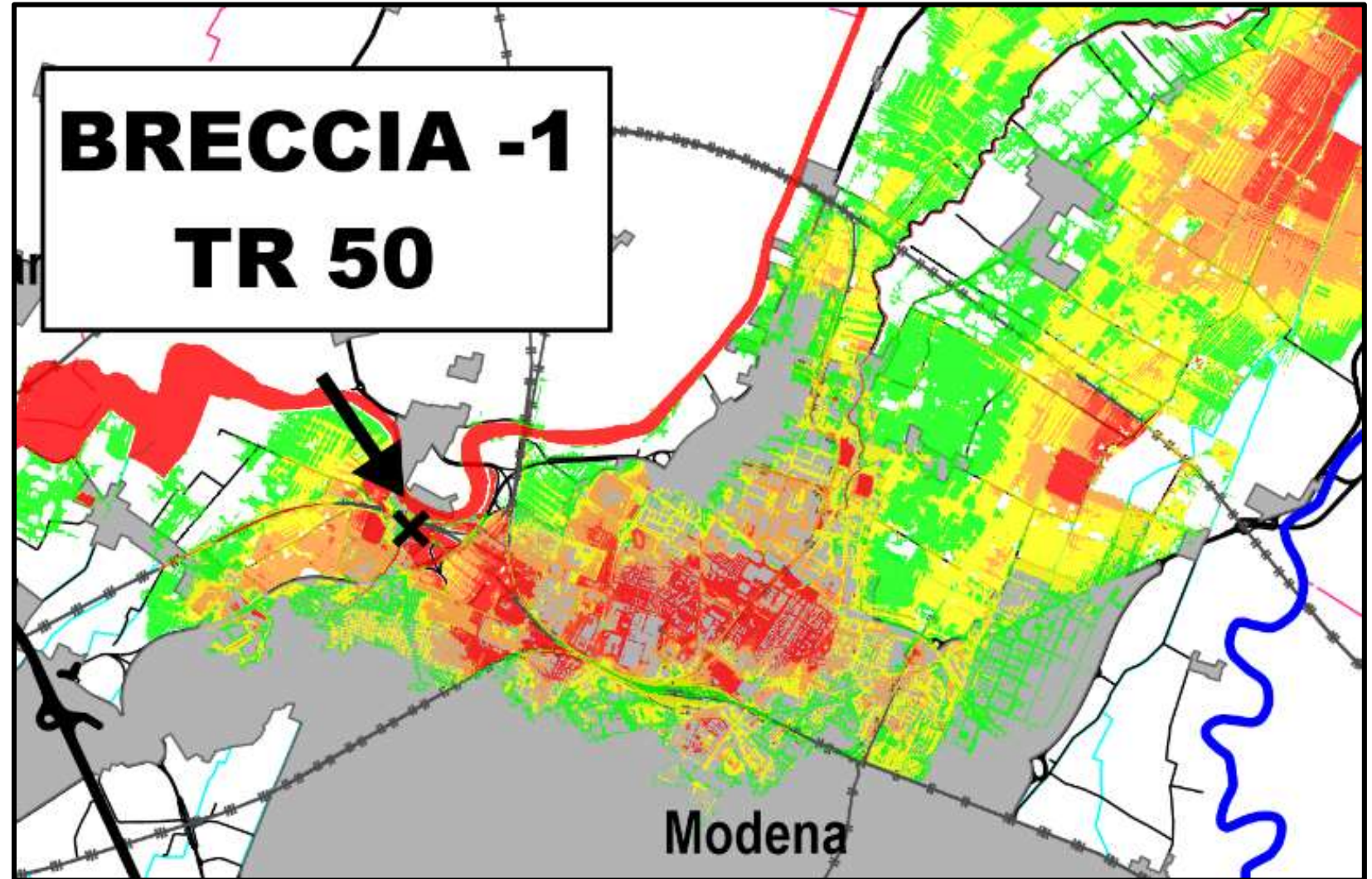




# Massime profondità totali: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni



Massime profondità totali: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni

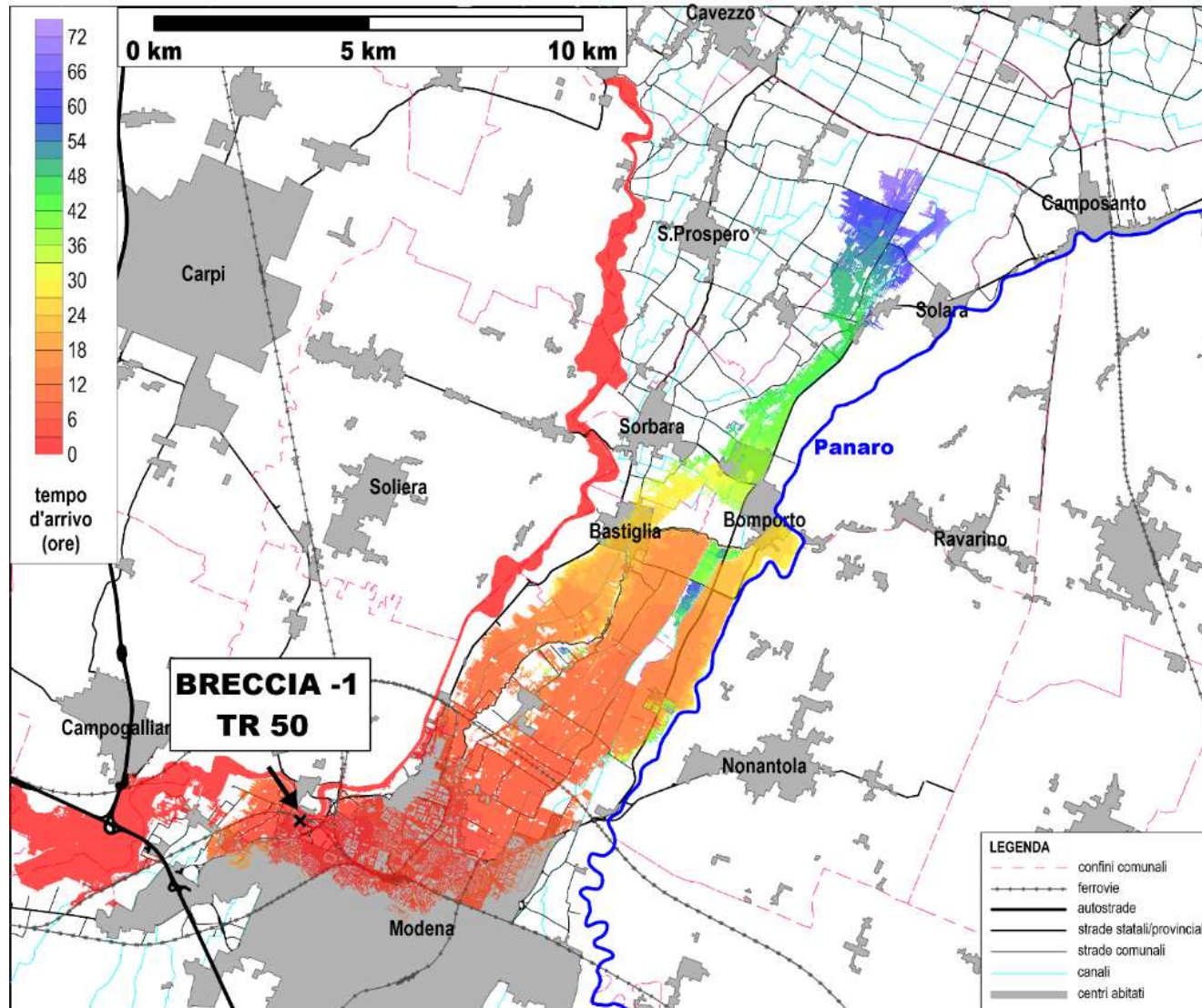


METTIAMOCI  
IN RIGA



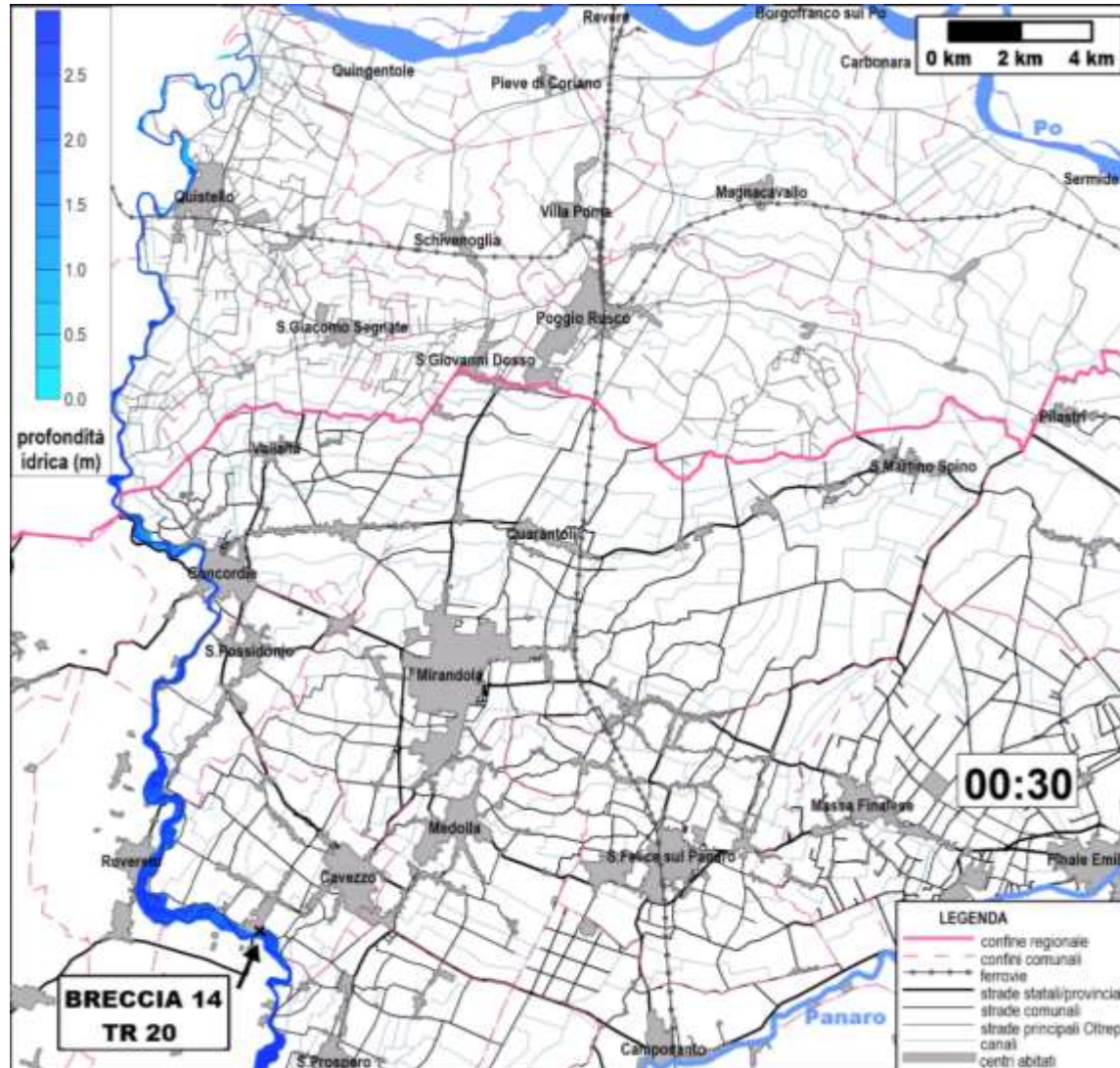


# Tempi di arrivo: Fiume Secchia, breccia -1, T = 50 anni





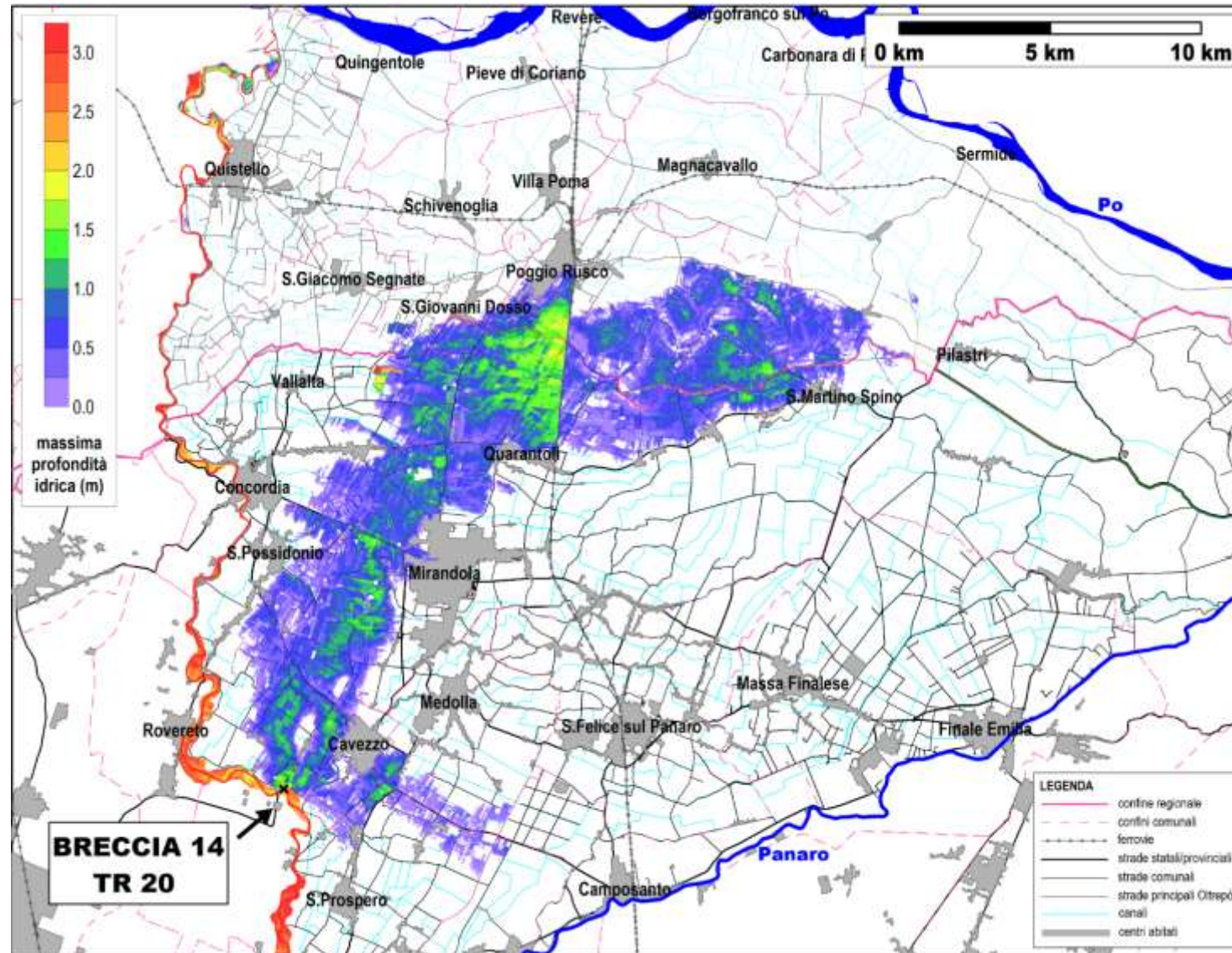
# Evoluzione dell'allagamento: Fiume Secchia, breccia 14, T = 20 anni







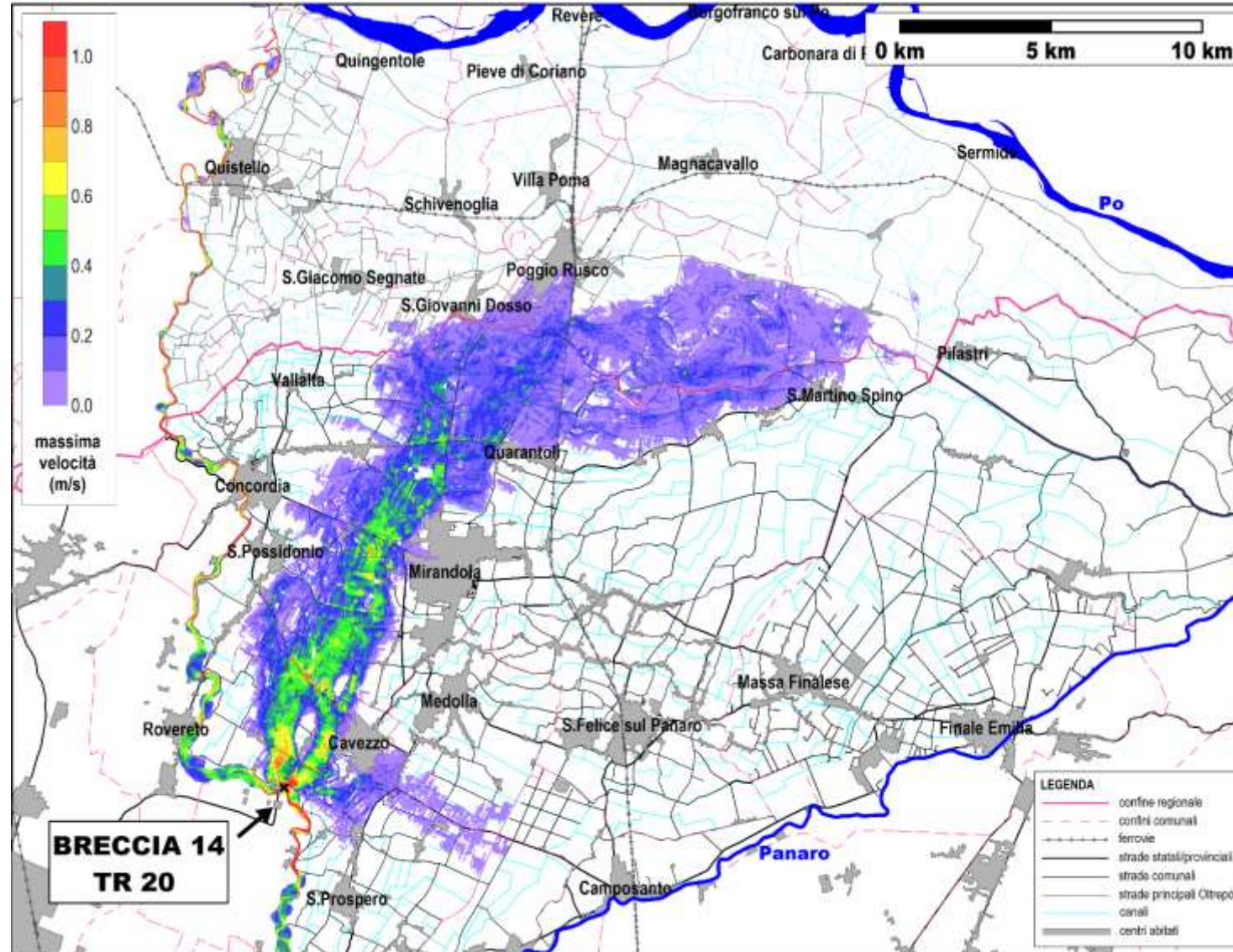
# Massime profondità idriche: Fiume Secchia, breccia 14, T = 20 anni







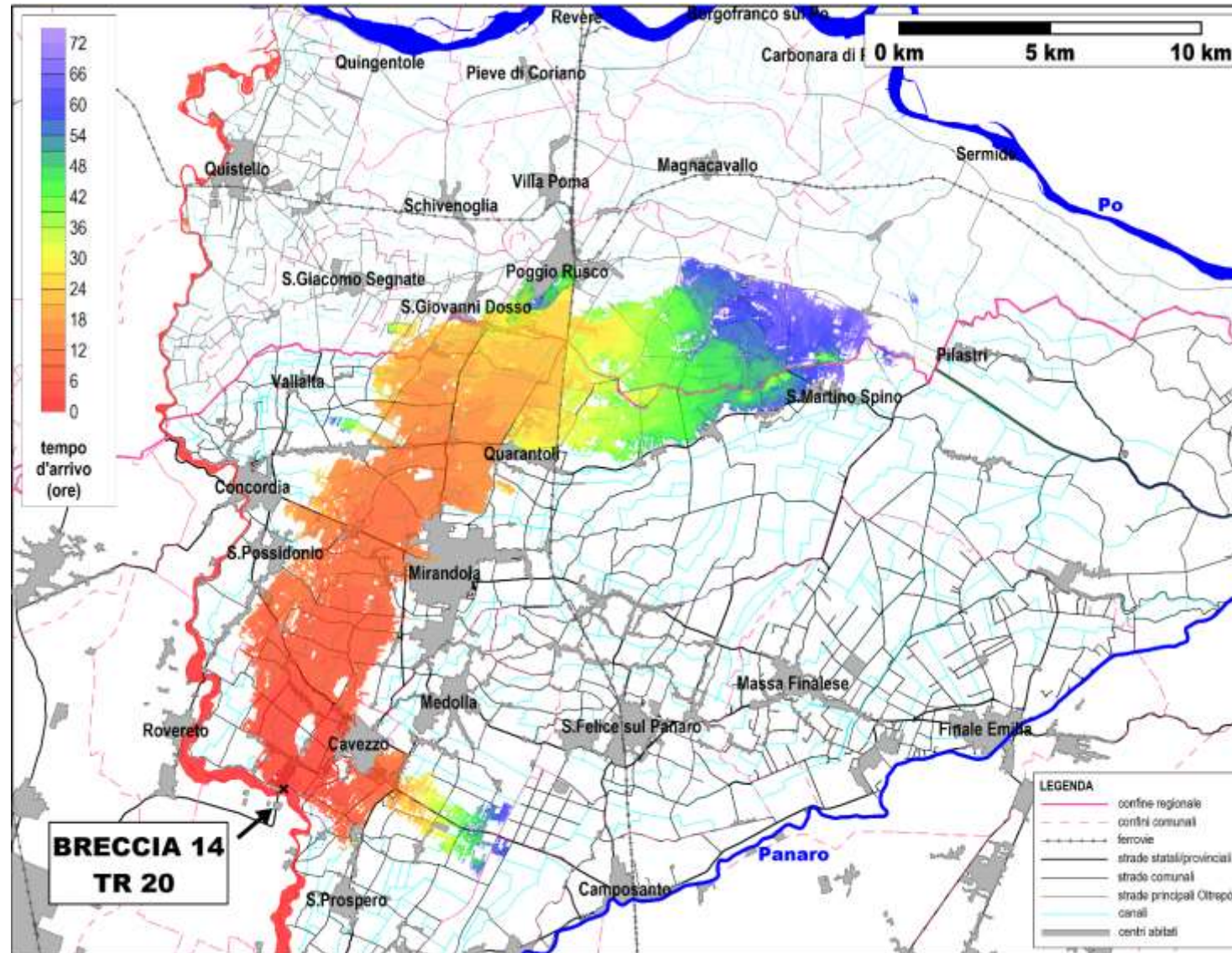
# Massime velocità idriche: Fiume Secchia, breccia 14, T = 20 anni





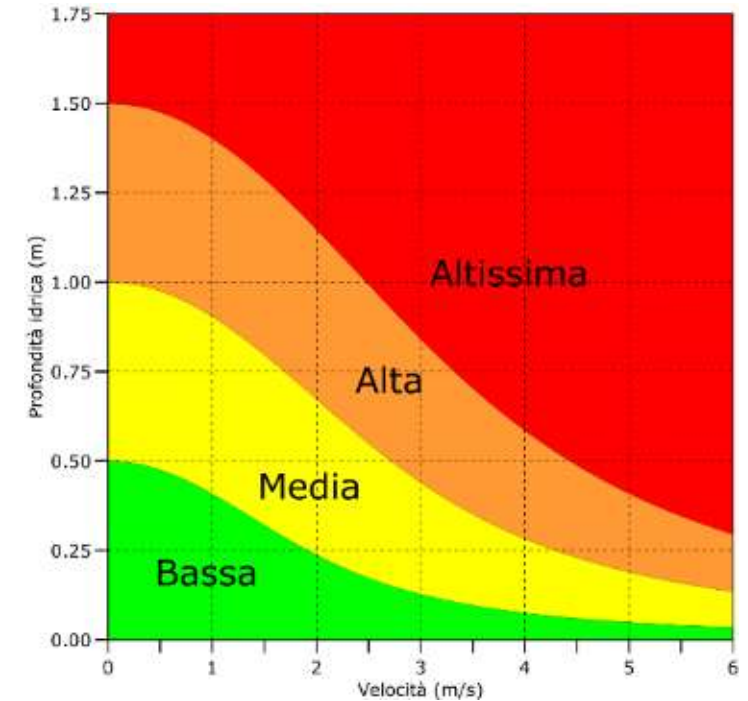
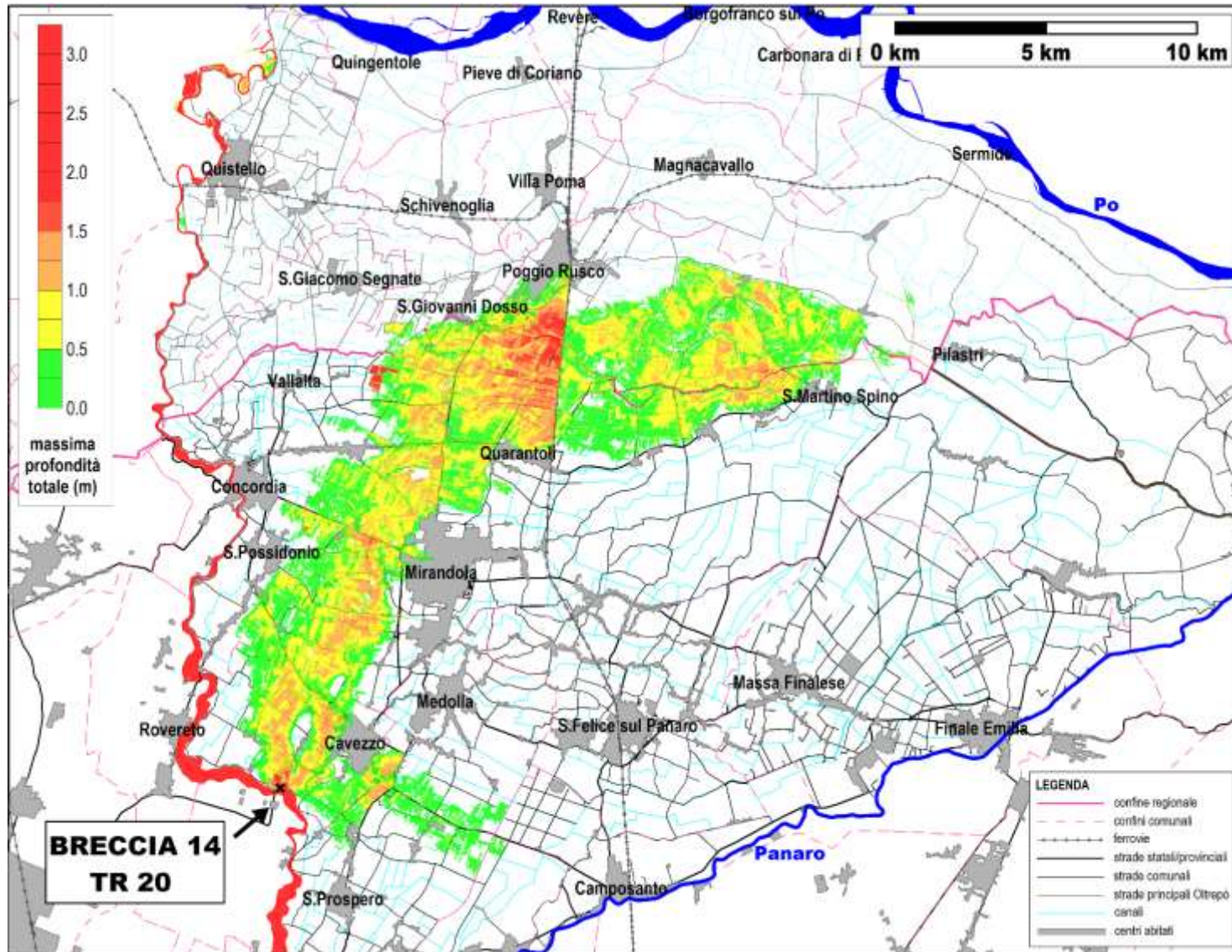


# Tempi di arrivo: Fiume Secchia, breccia 14, T = 20 anni





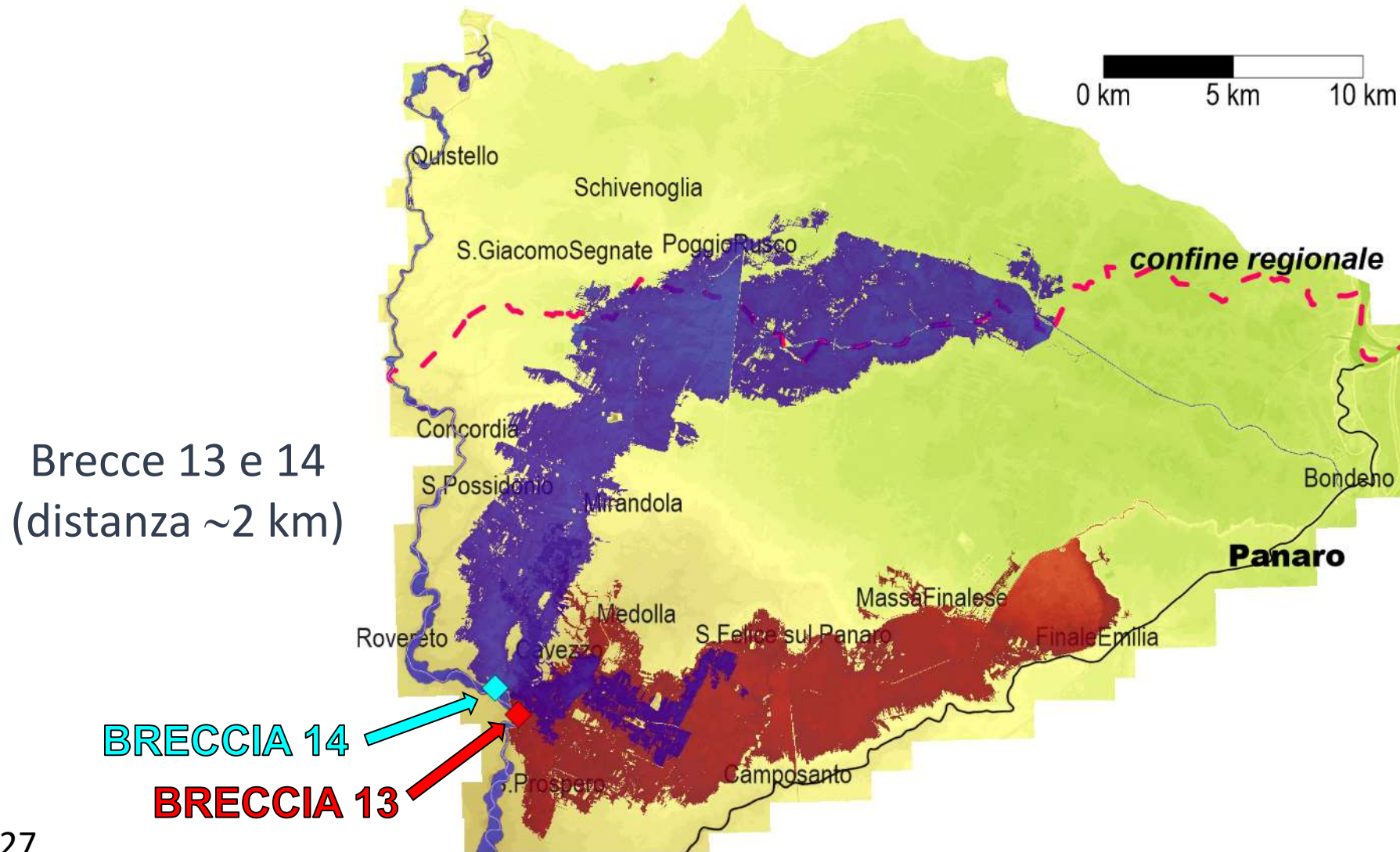
# Massime profondità totali: Fiume Secchia, breccia 14, T = 20 anni







# FIUME SECCHIA: Influenza della posizione della breccia



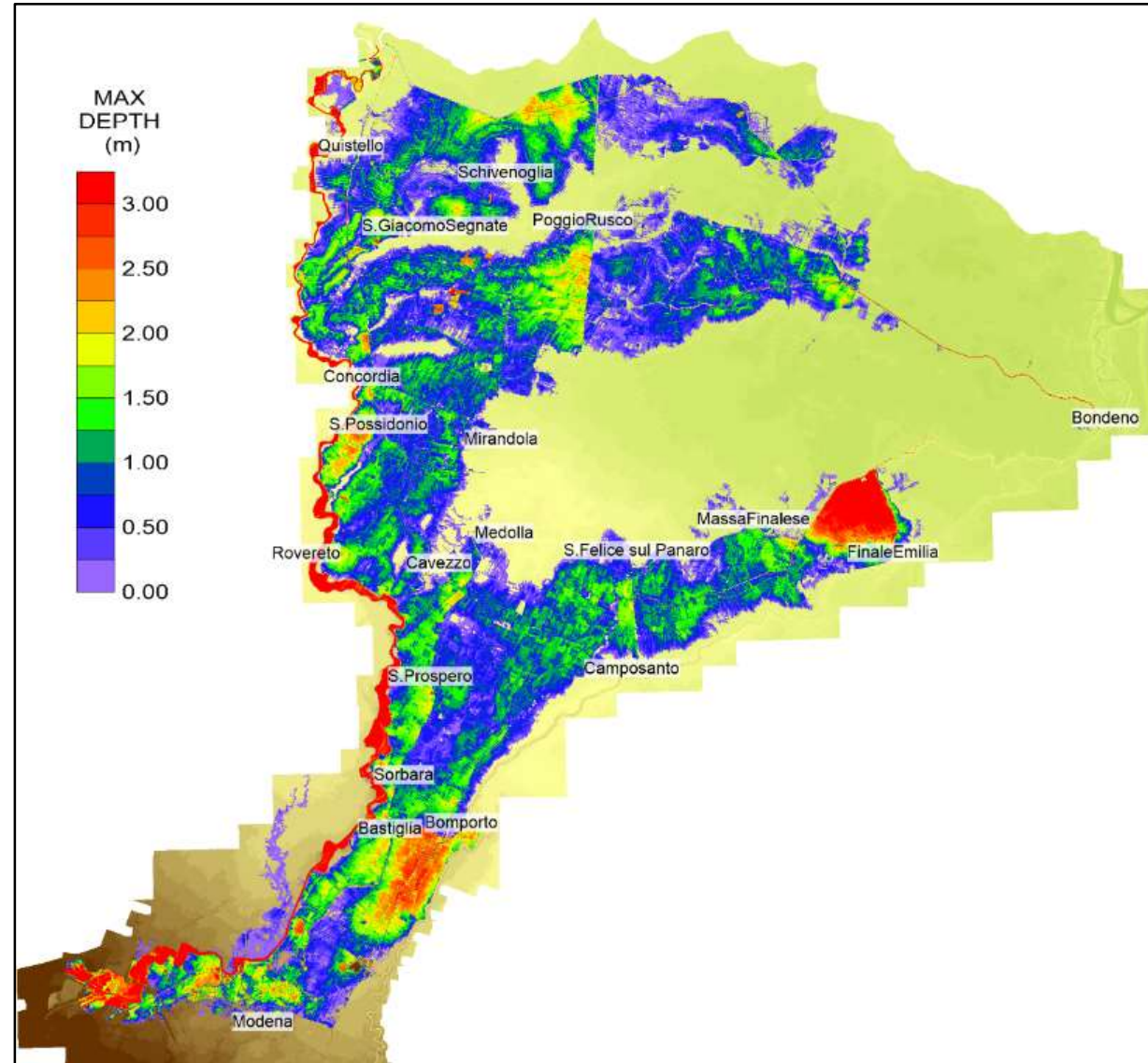


# Fiume Secchia: Area allagate e volumi esondati per le breccie simulate

Breccia N.	Area allagata (km <sup>2</sup> )		Volume esondato ( $\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> )	
	TR 20	TR 50	TR 20	TR 50
14	120.6	139.6	50.2	66.4
15	103.1	118.1	38.3	52.7
16	114.0	129.8	51.1	68.3
17	111.0	127.7	54.5	72.0
18	102.8	116.4	50.2	65.0
19	103.3	115.6	51.7	66.3
20	95.9	109.9	49.6	65.9
21	97.8	116.3	52.0	67.6
22	101.0	118.0	48.7	61.9
23	92.9	104.2	50.9	63.6



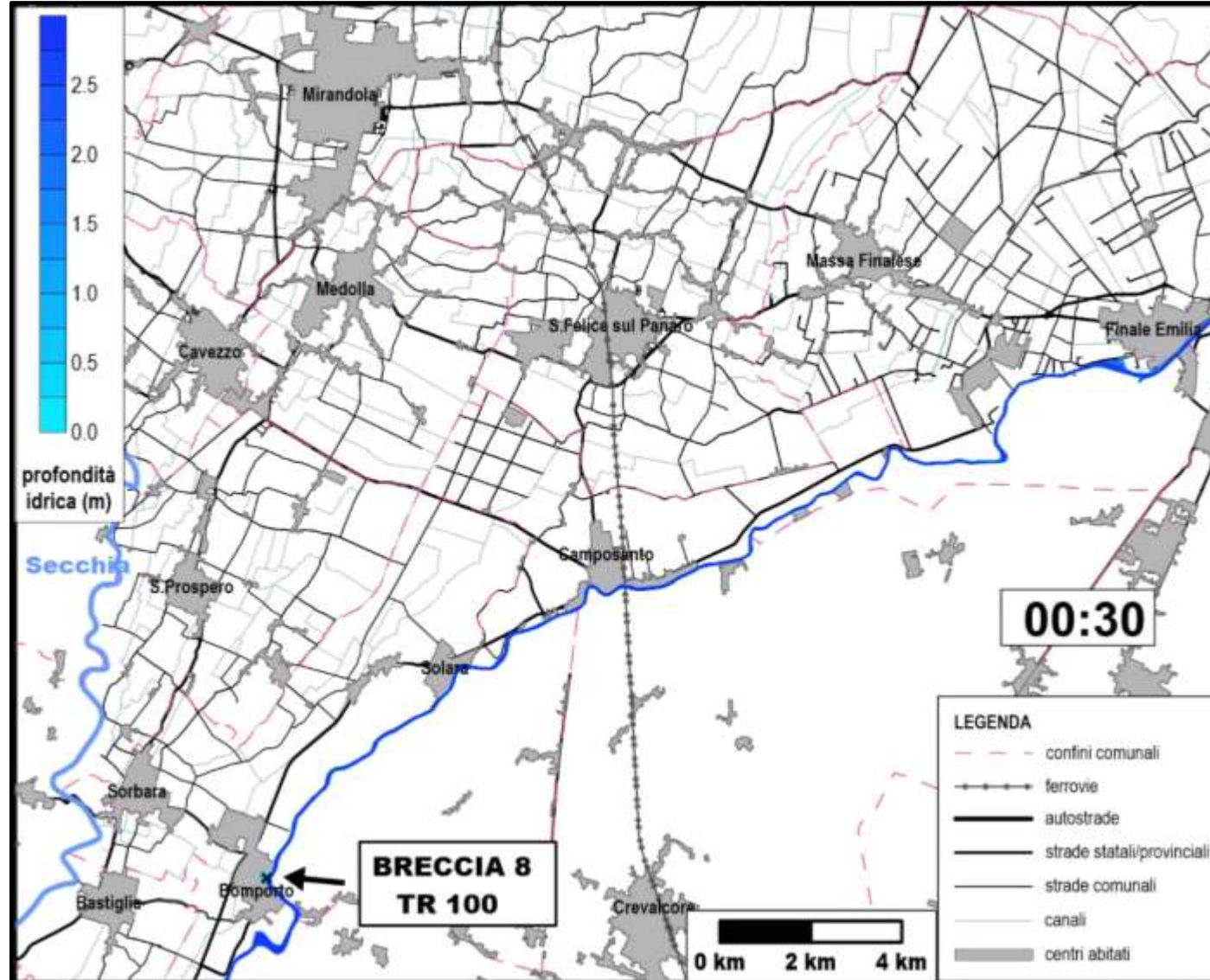
# Massime profondità idriche: Fiume Secchia, inviluppo di tutte le brecce





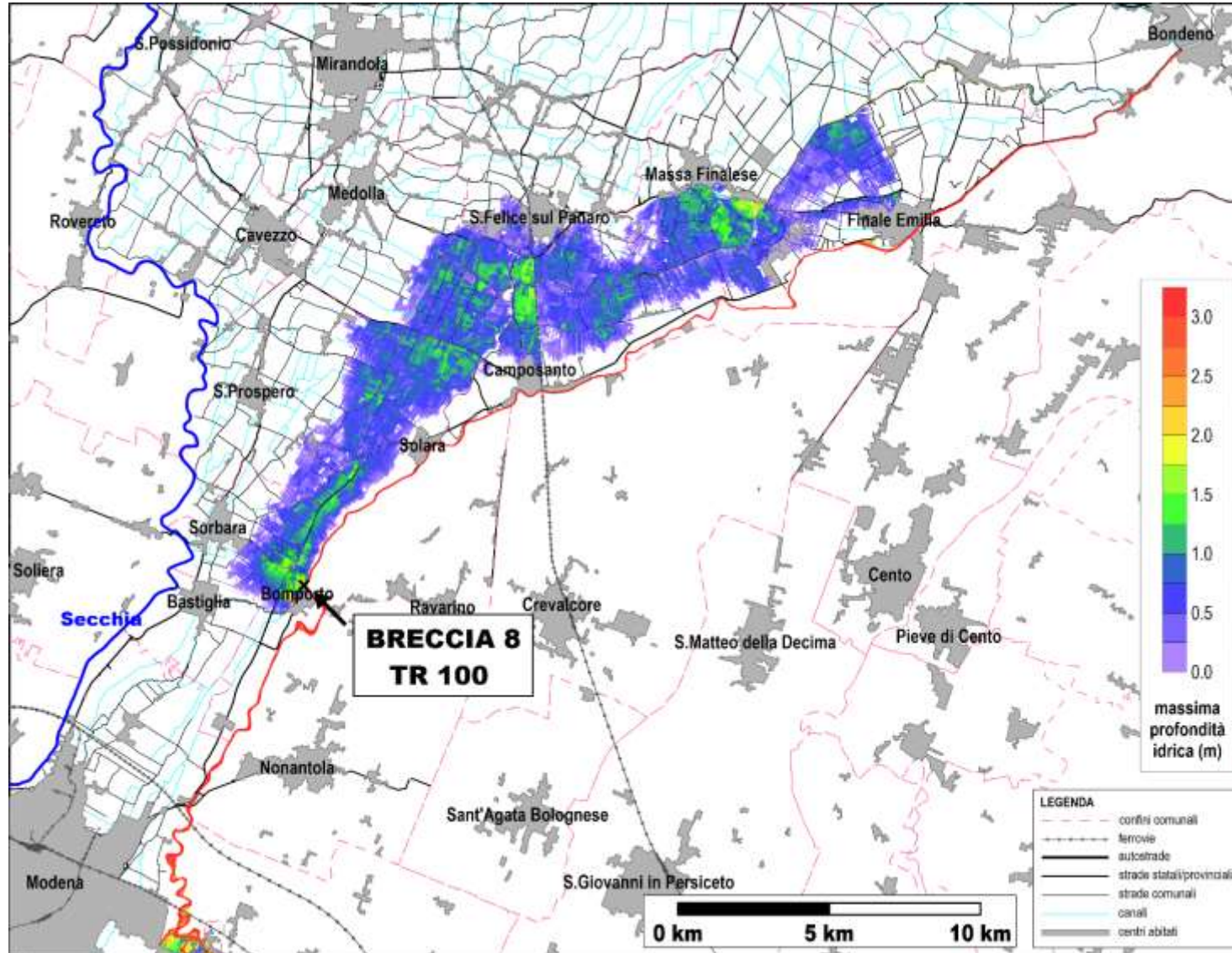


# Evoluzione dell'allagamento: Fiume Panaro, breccia 8, T = 100 anni





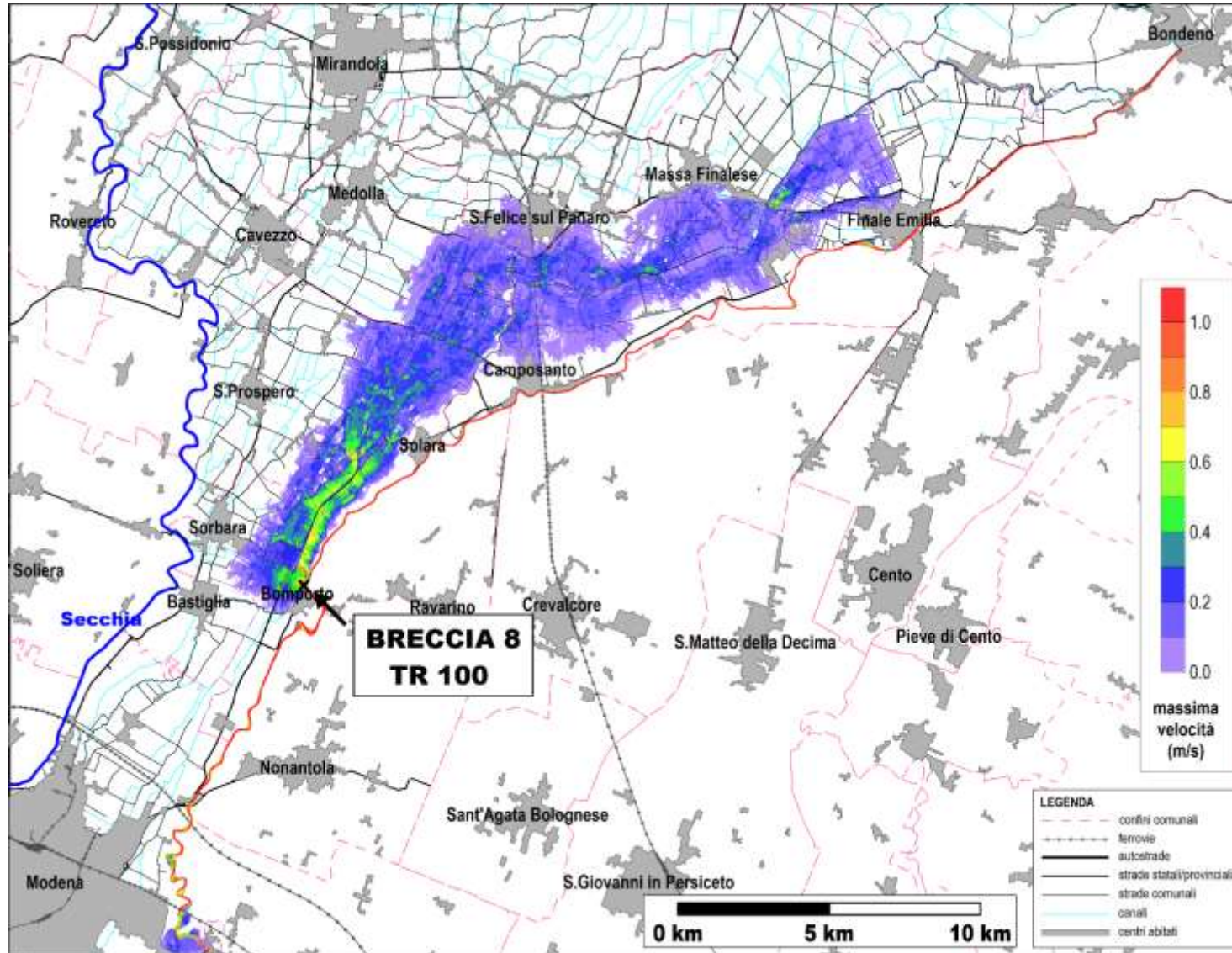
# Massime profondità idriche: Fiume Panaro, breccia 8, T = 100 anni







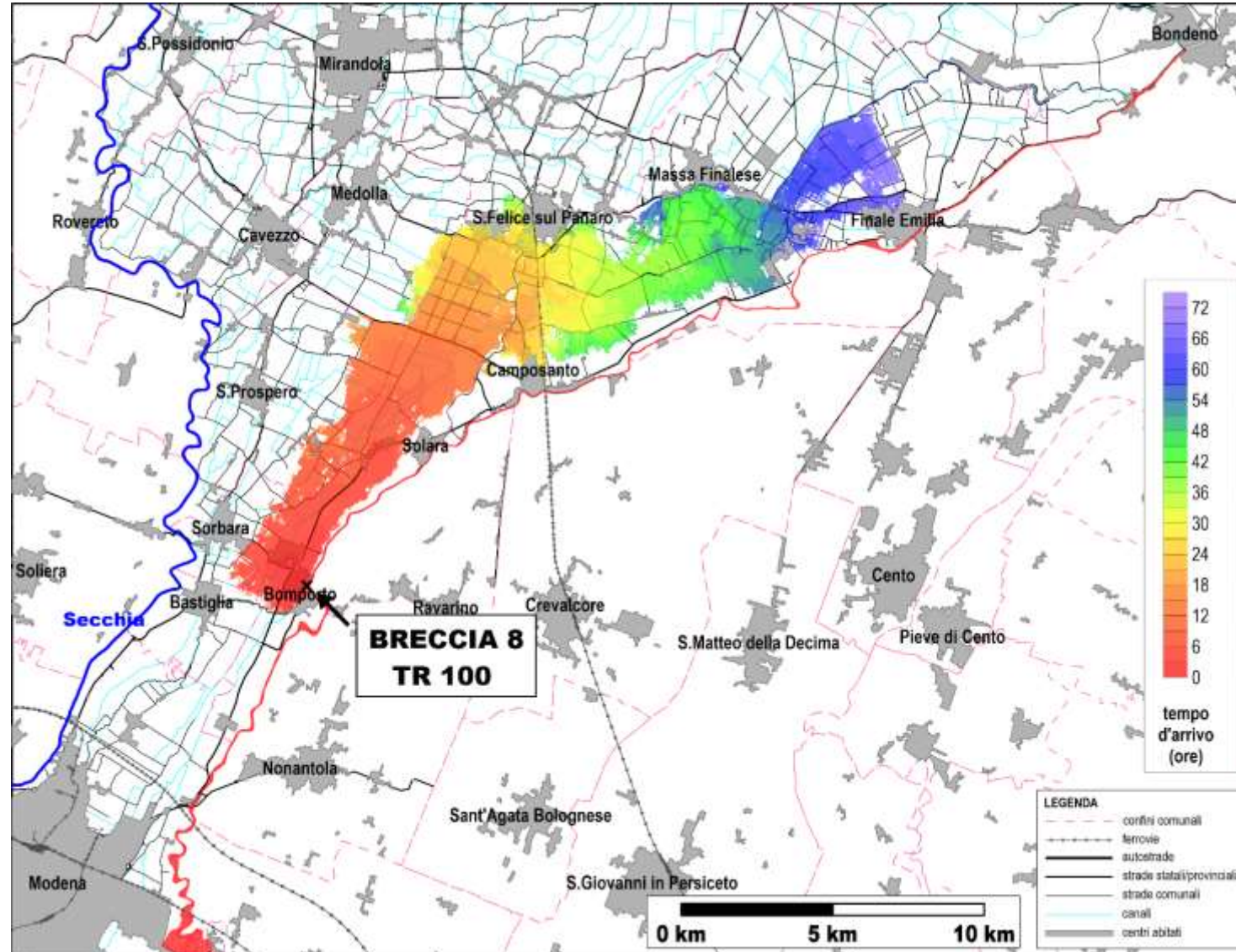
# Massime velocità idriche: Fiume Panaro, breccia 8, T = 100 anni







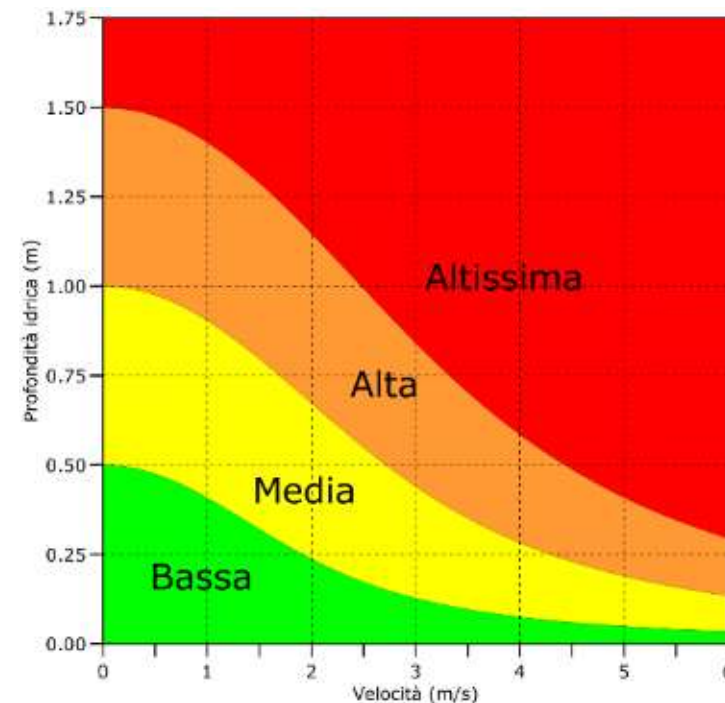
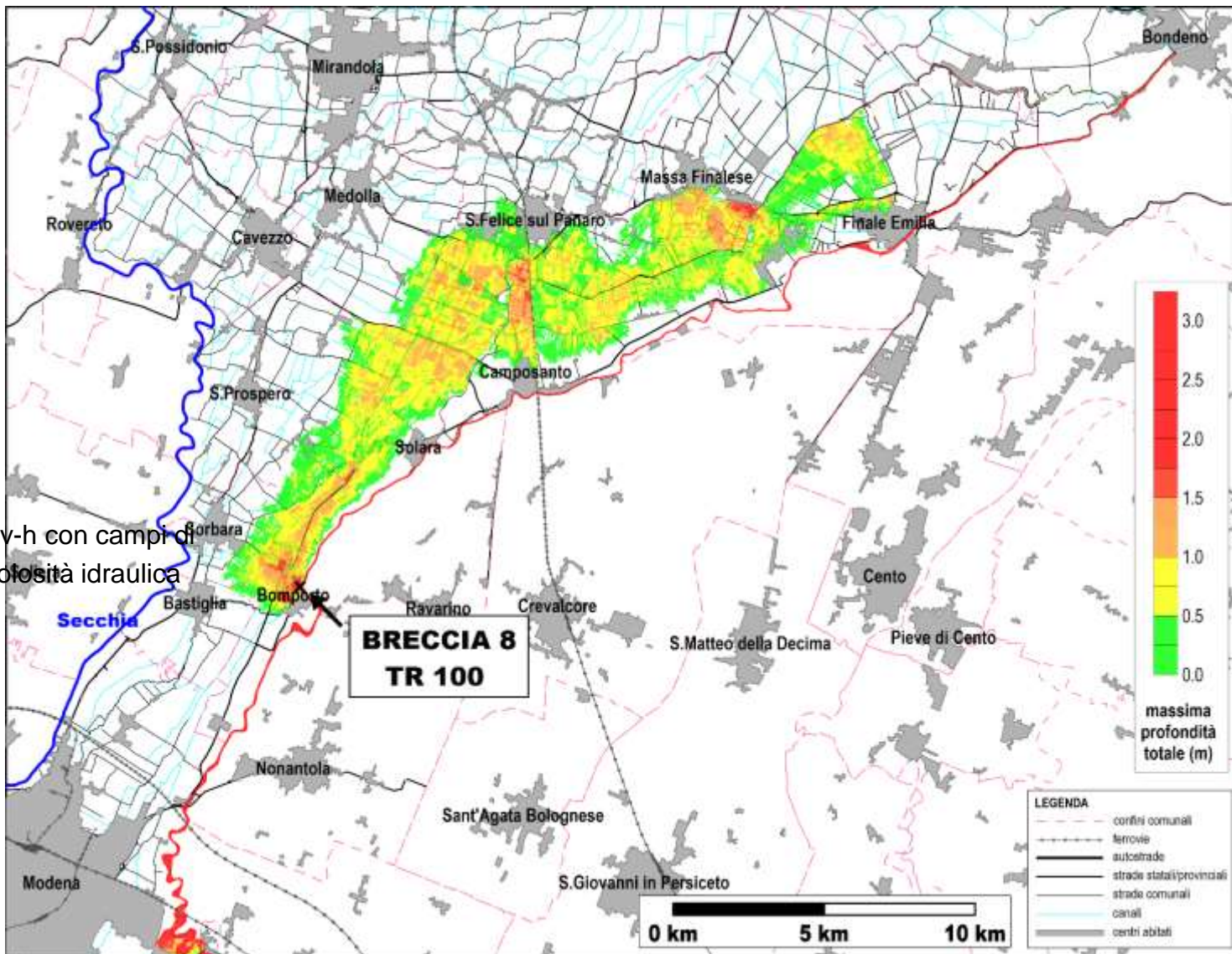
# Tempi di arrivo: Fiume Panaro, breccia 8, T = 100 anni





# Massime profondità totali: Fiume Panaro, breccia 8, T = 100 anni

Piano v-h con campi di pericolosità idraulica





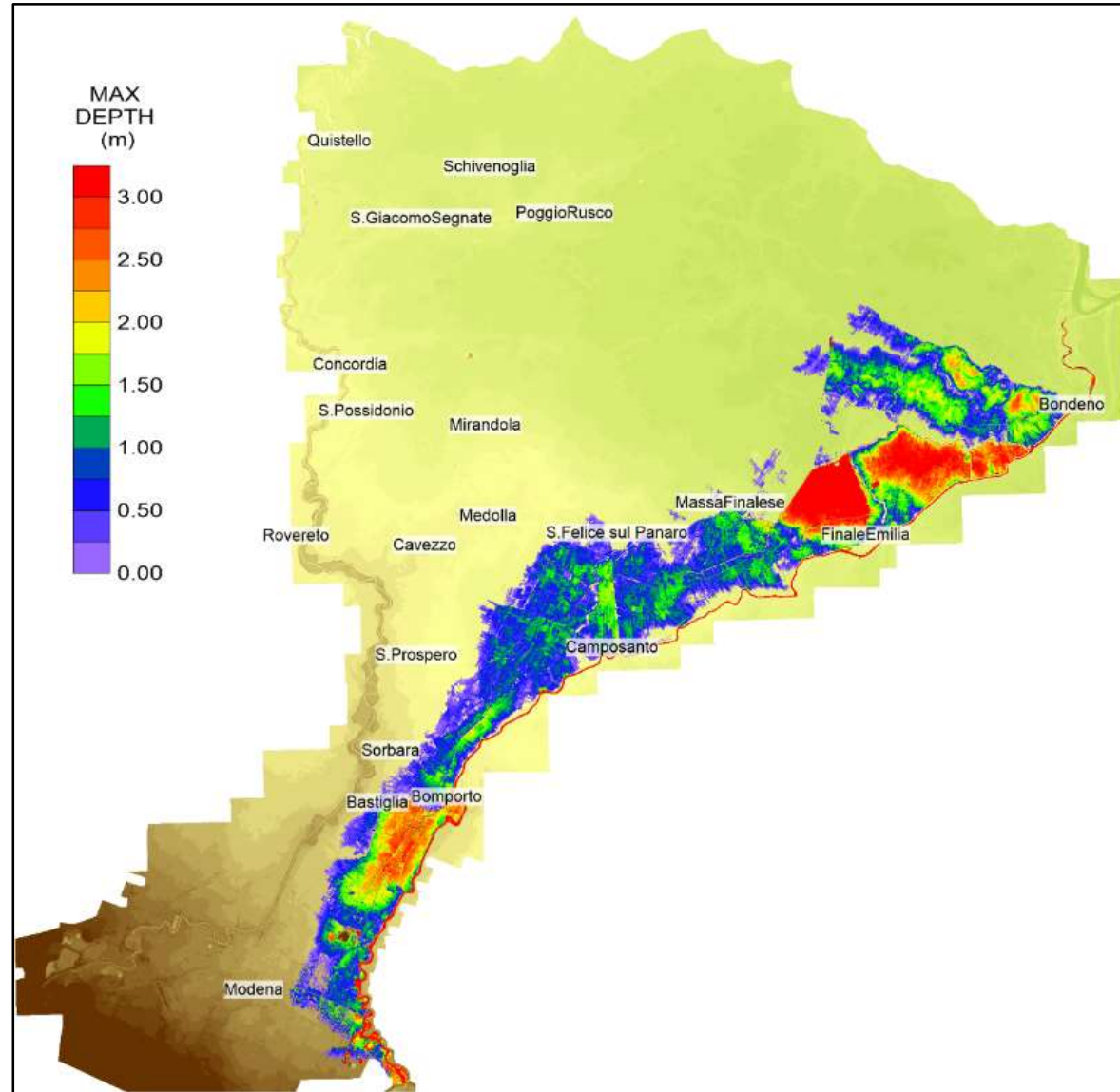
# Fiume Panaro: Area allagate e volumi esondati per le brecce simulate

Breccia	Area allagata (km <sup>2</sup> )		Volume esondato ( $\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> )	
	TR 20	TR 100	TR 20	TR 100
1	18.1	22.3	9.7	20.5
2	18.9	22.4	12.2	24.5
3	15.4	20.5	14.1	26.8
4	15.9	30.4	20.7	34.9
5	17.9	38.4	24.7	39.1
6	15.1	27.2	19.4	32.3
7	14.1	21.1	15.7	27.6
8	59.6	79.6	23.1	38.2
9	65.7	75.3	32.9	49.4
10	55.2	67.9	24.5	39.7
11	55.9	65.9	27.4	43.0
12	52.2	59.7	28.5	44.3
13	49.4	57.3	32.0	48.2
14	39.0	45.6	28.9	43.8



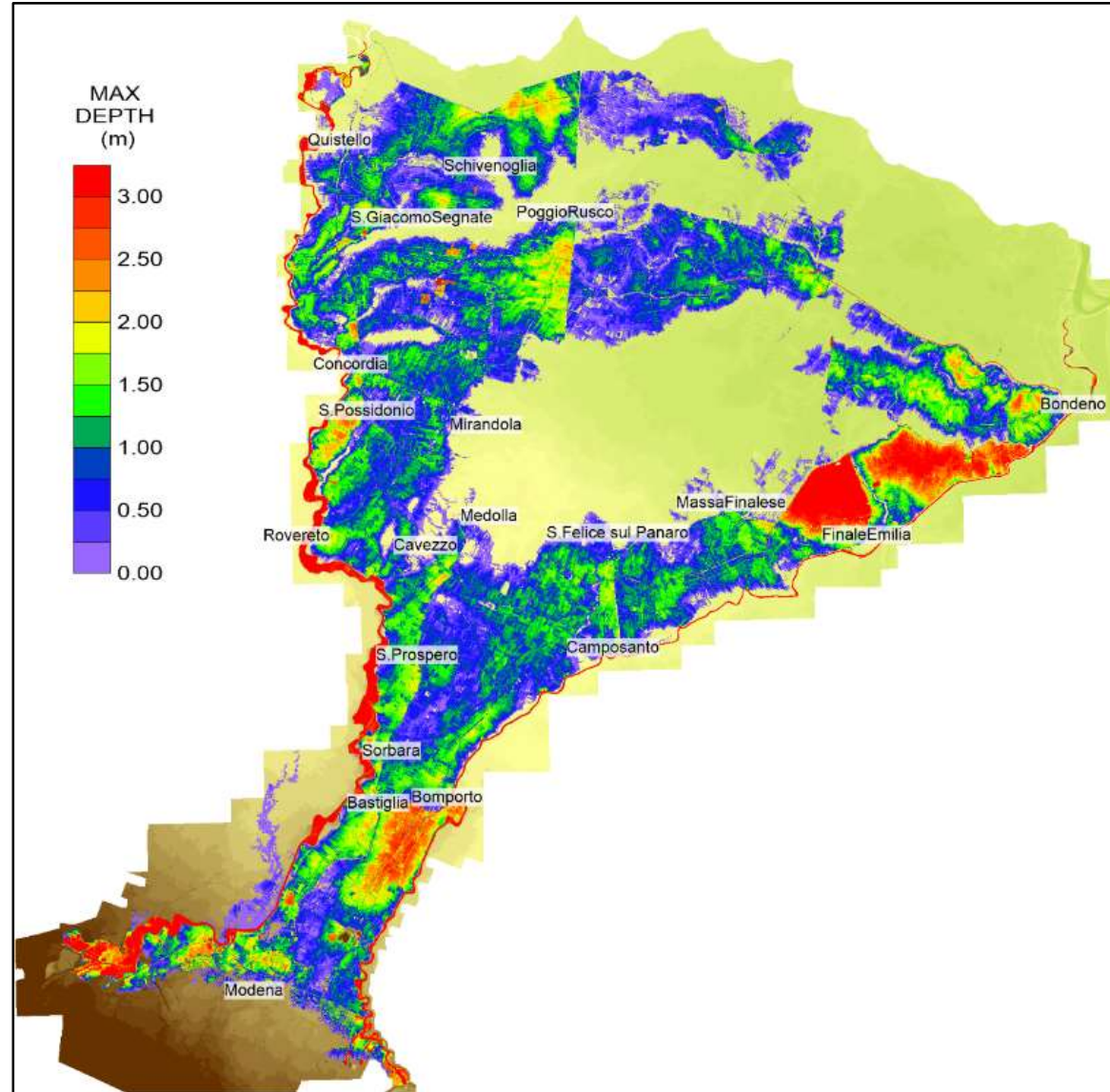


# Massime profondità idriche: Fiume Panaro, involucro di tutte le brecce





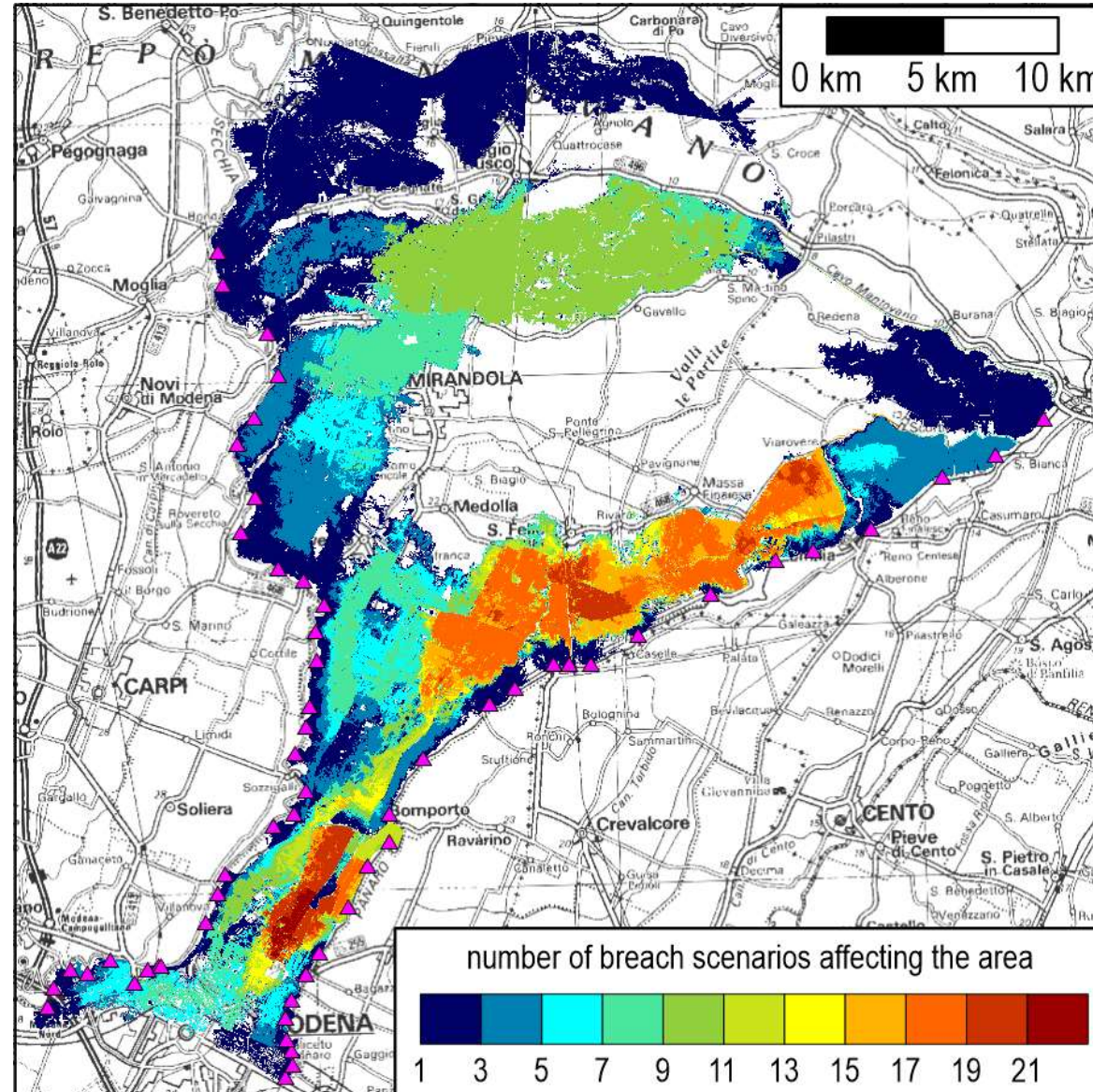
# Fiumi Secchia + Panaro: inviluppo di tutte le brecce







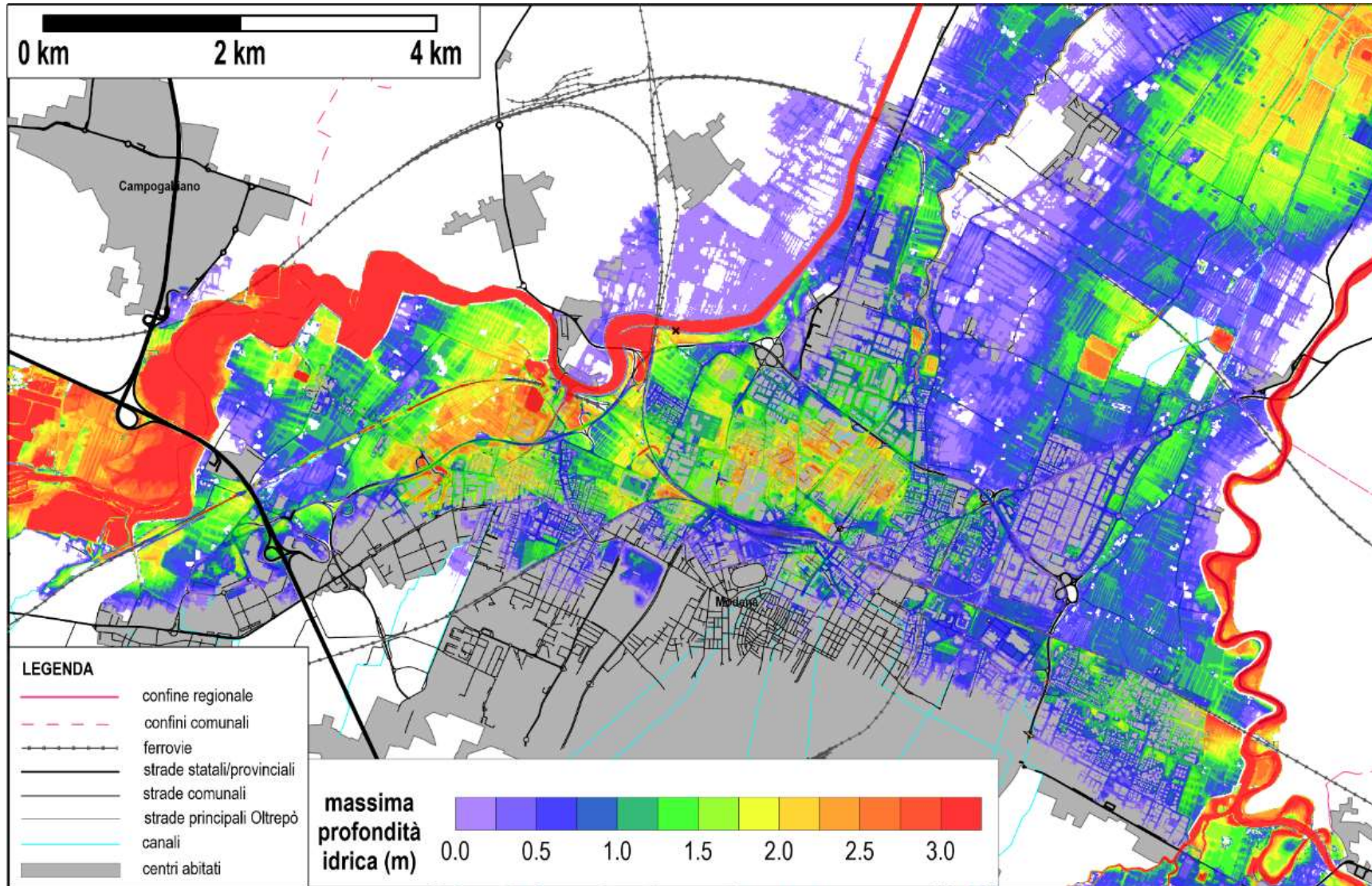
# Fiumi Secchia + Panaro: numero di breccie coinvolgenti l'area







# Fiumi Secchia + Panaro: inviluppo di tutte le brecce (zona di Modena)







# Progetto RESILIENCE: utilizzi attuali e sviluppi futuri

## Utilizzi Attuali

Prima dell'evento (off-line)

Per disporre di una **archivio** di «scenari» che permetta di valutare approssimativamente le conseguenze di un evento in atto

- **Predisporre Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (D.Lgs. 49/2010) e di Protezione Civile**
- Definire la migliore tipologia di difesa di insediamenti e/o infrastrutture nei confronti del rischio di alluvione;
- Definire i canoni di polizze assicurative.

## Sviluppi futuri (2-3 anni)

Durante l'evento (on-line)

Accoppiati ad un modello di previsione, per ricostruire, con un anticipo di diverse ore, l'evoluzione del fenomeno e predisporre gli opportuni piani di evacuazione

- Valutare la possibilità e l'effetto di interventi che possono essere assunti in fase emergenziale (manovre di paratoie, rotte artificiali di rientro, difese di aree sensibili lungo determinate direttrici, ecc.)



# RESILIENCE

Researches on Scenarios of Inundation of Lowlands Induced by Embankment Collapses in Emilia - Romagna



Supportato da:  
Agenzia per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile della  
Regione Emilia Romagna

---

# DILEMMA

Imaging, Modeling, Monitoring and Design of Earthen Levees

Supportato da:



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

---

**Approfondimento tecnico-scientifico delle condizioni di sicurezza idraulica dei territori di pianura lungo l'asta del fiume Po e dei suoi principali affluenti**

Supportato da:



Autorità di Bacino  
Distrettuale del Fiume Po





UNIVERSITÀ  
DI PARMA



METTIAMOCI  
IN RIGA

**Grazie per l'attenzione**

P. Mignosa, F. Aureli, R. Vacondio,  
S. Dazzi, A. Ferrari, F. Prost, L. Sodano  
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

