

Comune di Collesalvetti

Analisi idrauliche nella pianificazione urbanistica

Relatore
Ing. Pietro Chiavaccini



PRIMA INGEGNERIA STP -
VIA G. CIVININI, 8 - 57128 LIVORNO
WWW.PRIMAINGEGNERIA.IT

Collesalvetti 12 febbraio 2019

Lo studio si inquadra all'interno del protocollo di intesa con soggetti attuatori il Comune di Collesalveti, la Regione Toscana, l'Autorità di Bacino Toscana Costa e l'Autorità di Bacino dell'Arno che hanno costituito un gruppo di coordinamento.

Lo studio è stato sviluppato secondo la presente procedura:

- Acquisizione di studi e rilievi esistenti;
- Analisi dei dati topografici ed integrazione dei rilievi esistenti;
- Analisi idrologica ed idraulica;
- Confronto con gli studi esistenti per la taratura dei modelli;
- Analisi delle aree inondabili e delle classi di pericolosità;
- Individuazione degli interventi per l'attenuazione del rischio idraulico

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

DIRETTIVA 2007/60/CE “VALUTAZIONE E GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONI”

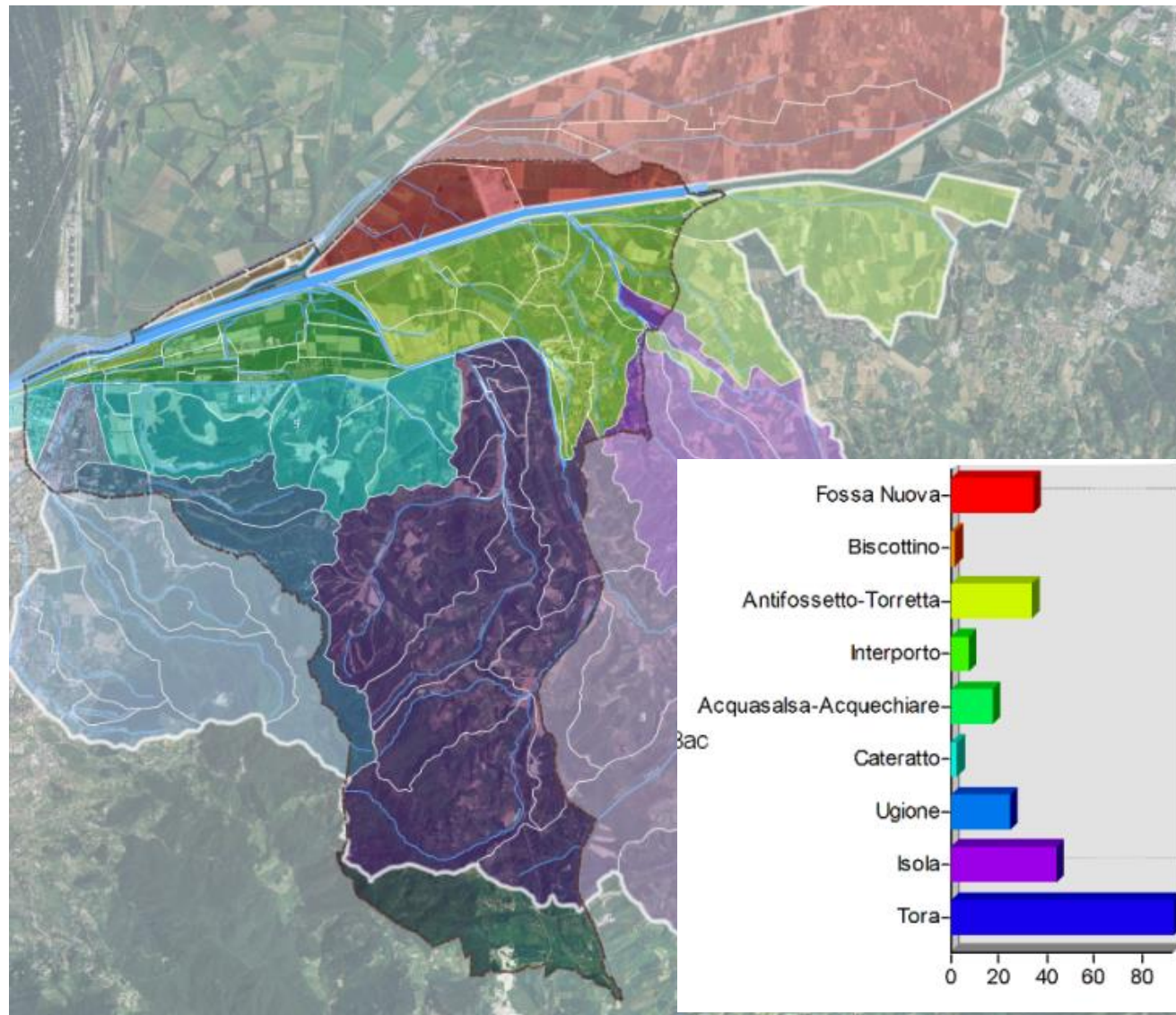
DPGR 53/R 2011 “REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 62 DELLA LEGGE REGIONALE 3 GENNAIO 2005, N.1 (NORME PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO) IN MATERIA DI INDAGINI GEOLOGICHE.

L.R. 21/2012 “DISPOSIZIONI URGENTI IN MATERIA DI DIFESA DAL RISCHIO IDRAULICO E TUTELA DEI CORSI D'ACQUA.

STUDI ESISTENTI E DATI DISPONIBILI

- Consorzio di Bonifica, Ufficio dei Fiumi e Fossi Sistemazione idraulica della piana di Guasticce nel comune di Collesalvetti (LI)-Completamento Fosso delle Chiaviche – 2009
- ALTO- Alluvioni in Toscana- Regione Toscana – Aggiornamento 2007
- Provincia di PISA “Adeguamento idraulico del Canale Scolmatore d’Arno”- Progetto definitivo-2013
- Ing. Pietro Chiavaccini “Studio Idrologico idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Collesalvetti” 2008
- Prof. Geol. Giovanni Pranzini, “Studio Idrogeologico per il progetto di autoparco in località Faldo” Relazione – Luglio 2000 Comune di Collesalvetti;
- Dott. Ing. Mario Lodà, Dott. Ing. Antonio Sacconi, “Studio Idraulico di supporto alla variante dello strumento urbanistico in località “ Il Faldo” per la previsione di un autoparco”, “ Verifica disposti D.C.R.T. N°230 del 21/06/1994” – Luglio 2000 Comune di Collesalvetti;
- Dott. Ing. Francesco Uzzani, “Studio di rischio idraulico” finalizzato alla realizzazione di un Parco Commerciale per medie strutture di vendita in località Stagno – Novembre 2007 Comune di Collesalvetti;
- Prof. Ing. Stefano Pagliara, “Studio idrologico–idraulico finalizzato al piano convenzionato di lottizzazione in loc. Guasticce”- Agosto 2008 Comune di Collesalvetti;
- Prof. Ing. Stefano Pagliara “Studio idraulico del tratto terminale del T. Ugione” –Comune di Livorno
- Consorzio di Bonifica, Ufficio dei Fiumi e Fossi “Studio sul rischio idraulico relativo al bacino del Fosso Cateratto” – Giugno 2008;
- Provincia di Pisa, Dipartimento del Territorio Servizio Difesa del Suolo e Protezione Civile U.O. Opere Idrauliche e Marittime, “Progetto Preliminare – Adeguamento Idraulico e Navigabilità del Canale Scolmatore d’Arno” – Settembre 2008;
- Valentina Altieri, Tesi di Laurea, “Sistemazione del Fosso Fologno” – A.A. 2003-2004;
- Dati Topografici Lidar – Volo 2009- Fonte Ministero Ambiente

Lo studio copre un'estensione di circa 260 km² ed interessa in parte i Comuni di Livorno e Pisa e per intero il Comune di Collesalveti. Il deflusso delle acque è assicurato da un complesso sistema di aste fluviali che è possibile schematizzare in diversi bacini e sottobacini. In particolare, a nord del canale Scolmatore dell'Arno, si trovano il bacino del Biscottino e quello del Fossa Nuova, mentre, a sud sono localizzabili il sottobacino del Torretta, del Tora e dell'Isola ed i restanti sottobacini dell'Interporto, dell'Acqua Salsa e dell'Ugione.



INTERVENTI PREGRESSI

F. ACQUASALSA

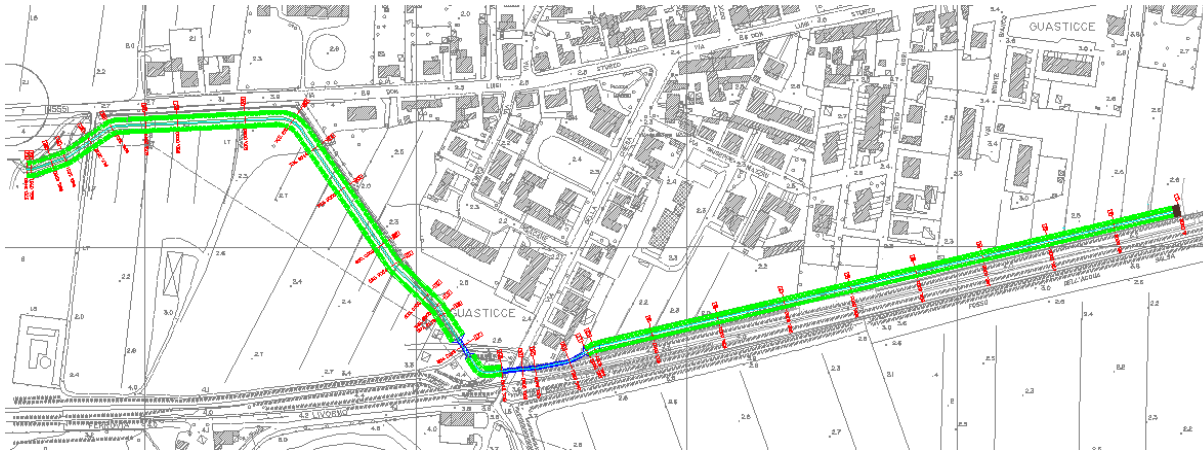


CASSE IN DERIVAZIONE



INTERVENTI PREGRESSI

RISAGOMATURA CHIAVICHE EST (GUASTICCE)



BYPASS ACQUECHIARE TORRETTA

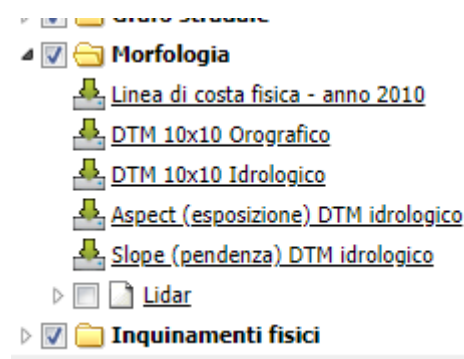
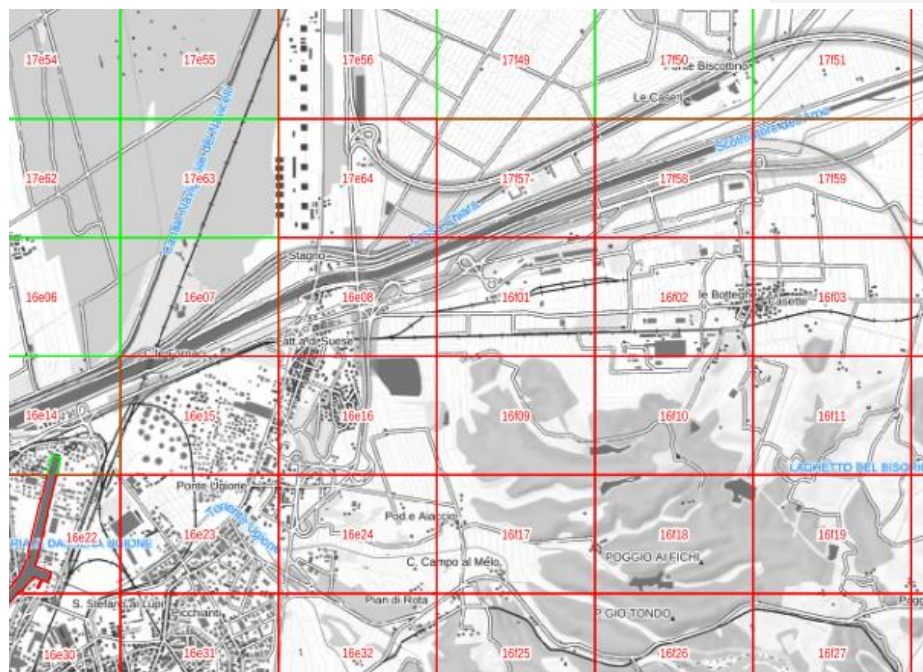


La base è uno studio idrologico aggiornato con:

- Cartografia tipo Lidar
- Uso del suolo e perdite di suolo
- Pluviometria

Il dato lidar è disponibile sul sito

www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html



Regione Toscana - SITA: Cartoteca

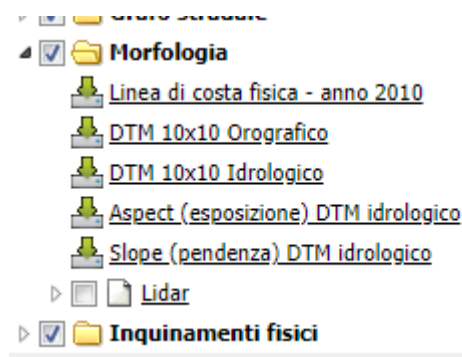
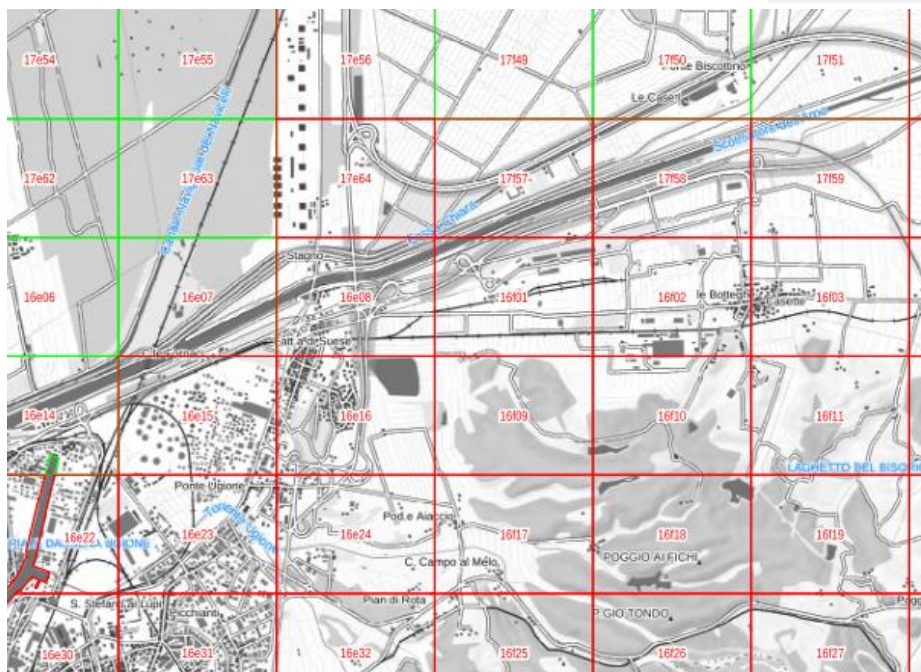


La base è uno studio idrologico aggiornato con:

- Cartografia tipo Lidar
- Uso del suolo e perdite di suolo
- Pluviometria

Il dato lidar è disponibile sul sito

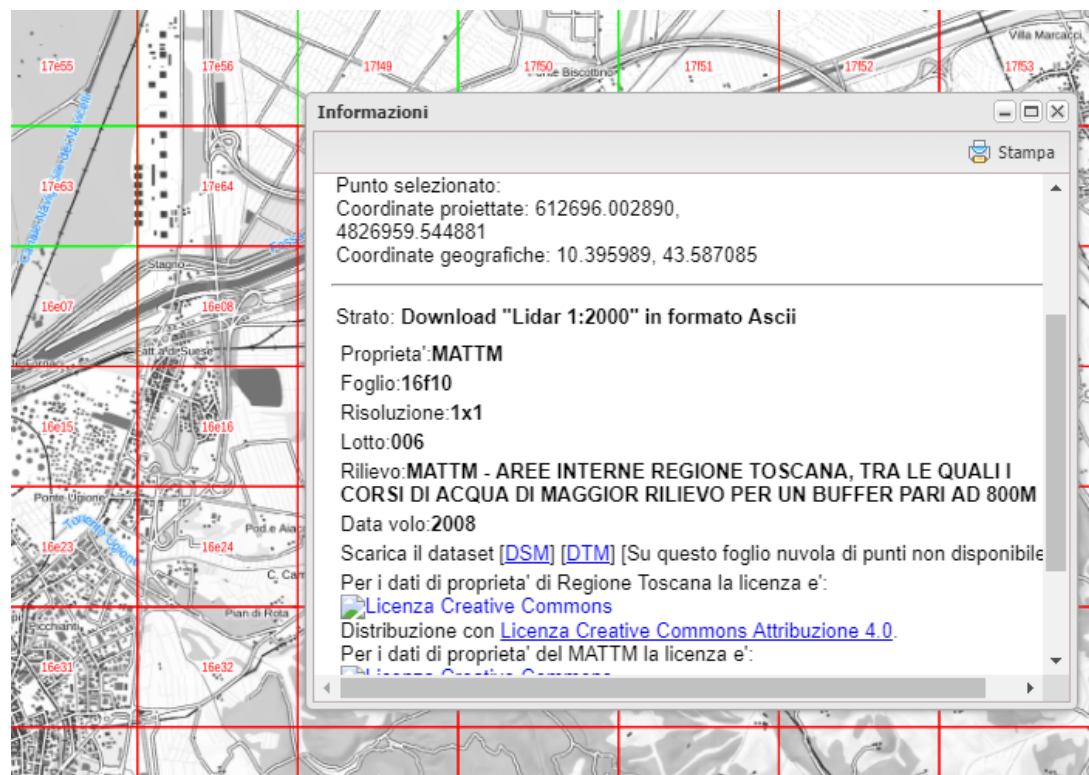
www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html



Regione Toscana - SITA: Cartoteca



Scaricato il dato del singolo quadrante è possibile visualizzarlo in un qualsiasi strumento GIS (per esempio Qgis) e fare operazioni di “merging” di più quadranti



La pluviometria è ricavabile dal sito del SIR

Non sicuro | www.sir.toscana.it



Regione Toscana

Settore Idrologico Regionale

Centro Funzionale Regionale
di Monitoraggio Meteo - Idrologico

login
password

VIA RADIO

Idrometria
Pluviometria
Termometria
Anemometria
Igmometria
Mareografia

DATI TEMPO REALE VIA GPRS

Stazioni meteo
idrologiche

ELABORAZIONE DATI

Report idrologici
Strati GIS
LSPP
Modellistica

STUDI E PROGETTI

Trasporto solido
Catasto fonti sorgive
Consumi idrici

BIBLIOTECA

Report idrologici 2017

e prodotti di sintesi relativi all'attività svolta dal Settore
ogico nell'ambito del monitoraggio quantitativo della risorsa
a regionale, attività che si affianca al servizio continuativo

...
inua »

variazione plu...

Tempo di ritorno anni

Durate pioggia ore

Stazioni Lat Lon

Aree

H = 93.25 [mm] altezza di pioggia (a = 93.24700, n = 0.30427)



Ricerca rapida

Ricerca i dati giornalieri di della
stazione prossima al tuo comune

Comune

Data

Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Aggiornamento 2012

Scarica documentazione 

La LSPP è comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a * t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

a e **n** parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

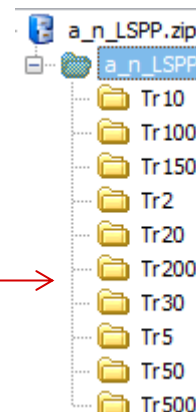
Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri **a** e **n**. Una volta noti i parametri **a** e **n** della LSPP per i tempi di ritorno fissati è possibile calcolare l'altezza di pioggia di durata desiderata in ogni punto della Regione Toscana, secondo una semplice procedura.

Elaborati e dati disponibili

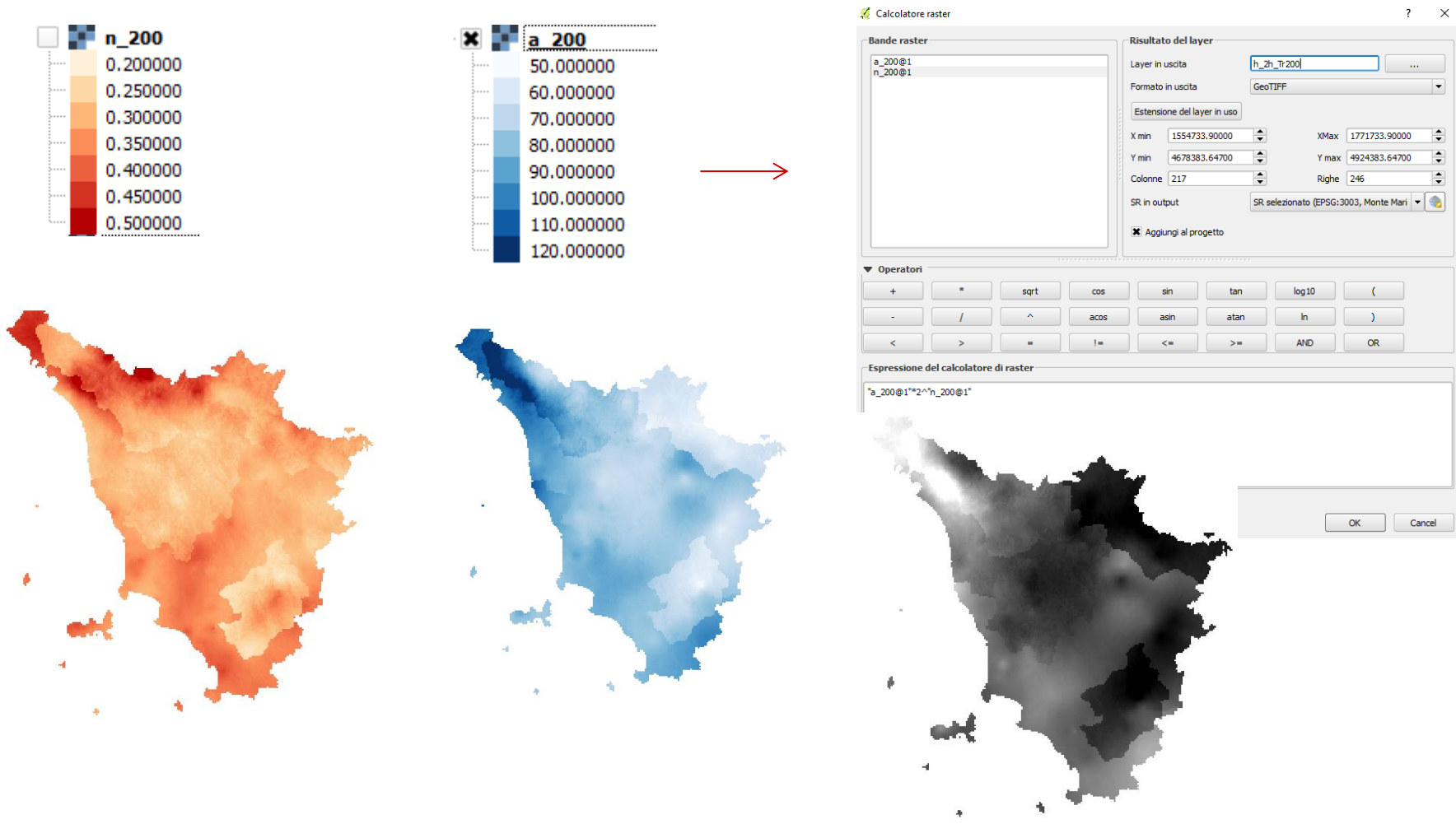
È possibile consultare la [relazione finale dell'attività](#), la [presentazione](#) e scaricare i [parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica \(a e n\)](#) da utilizzarsi previa consultazione della [Guida all'uso](#).

Nota

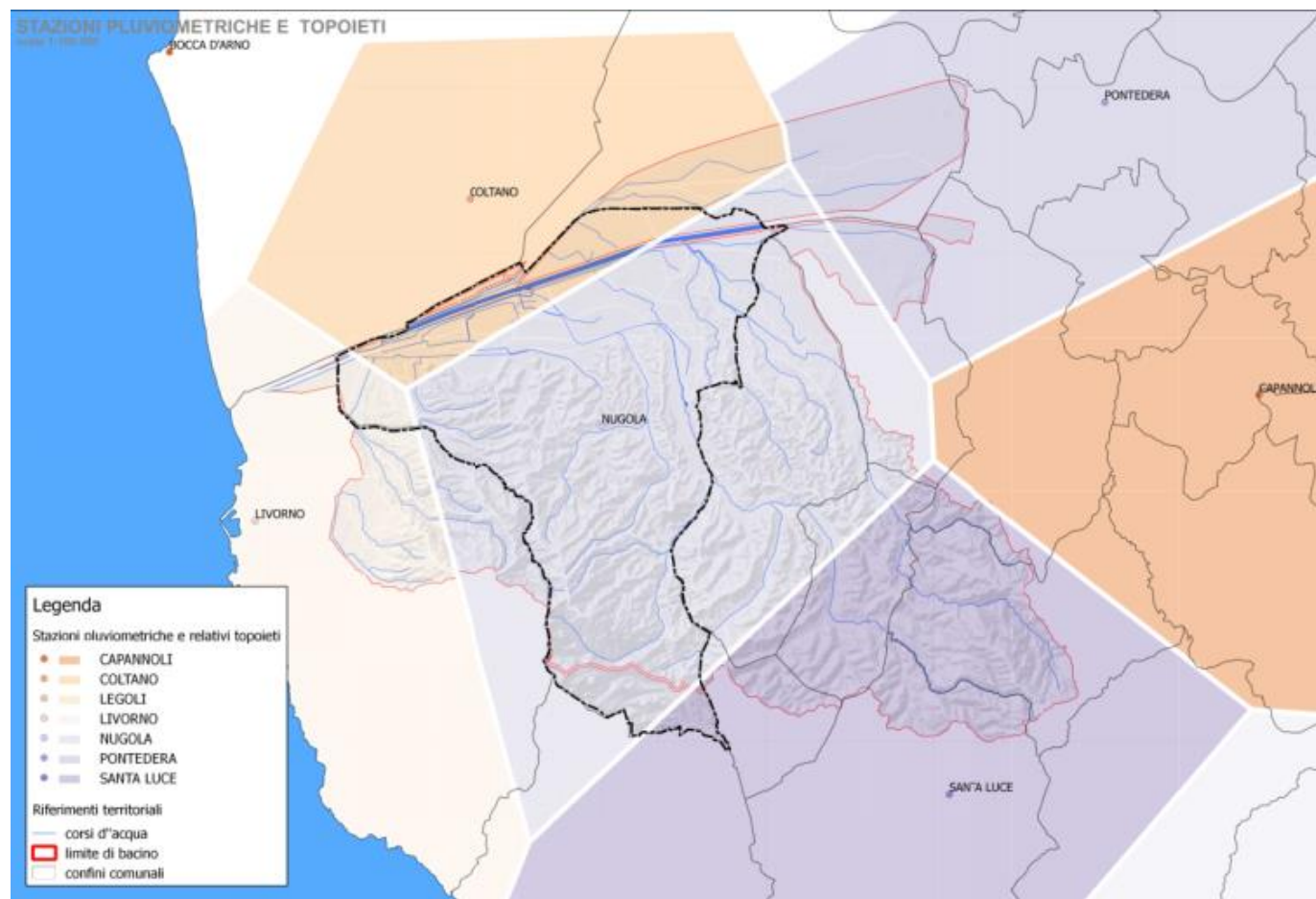
Per la determinazione dell'altezza della precipitazione (**h**) secondo le LSPP calcolate in funzione dei dati disponibili all'anno 1996 (e successivamente aggiornati all'anno 2002) si rimanda l'utente alla consultazione della pubblicazione integrale LSPP calcolate [Regionalizzazione della



Mediante uno strumento GIS è possibile visualizzare i parametri a ed n nel territorio di interesse, calcolando per una determinata durata e per un dato tempo di ritorno l'altezza di pioggia corrispondente



Nello studio (anche per analogia ai precedenti lavori) la pluviometria regionalizzata è stata riferita a stazioni pluviometriche significative per l'area di interesse. La distribuzione areale è stata poi applicata con i metodi dei poligoni di Thiessen

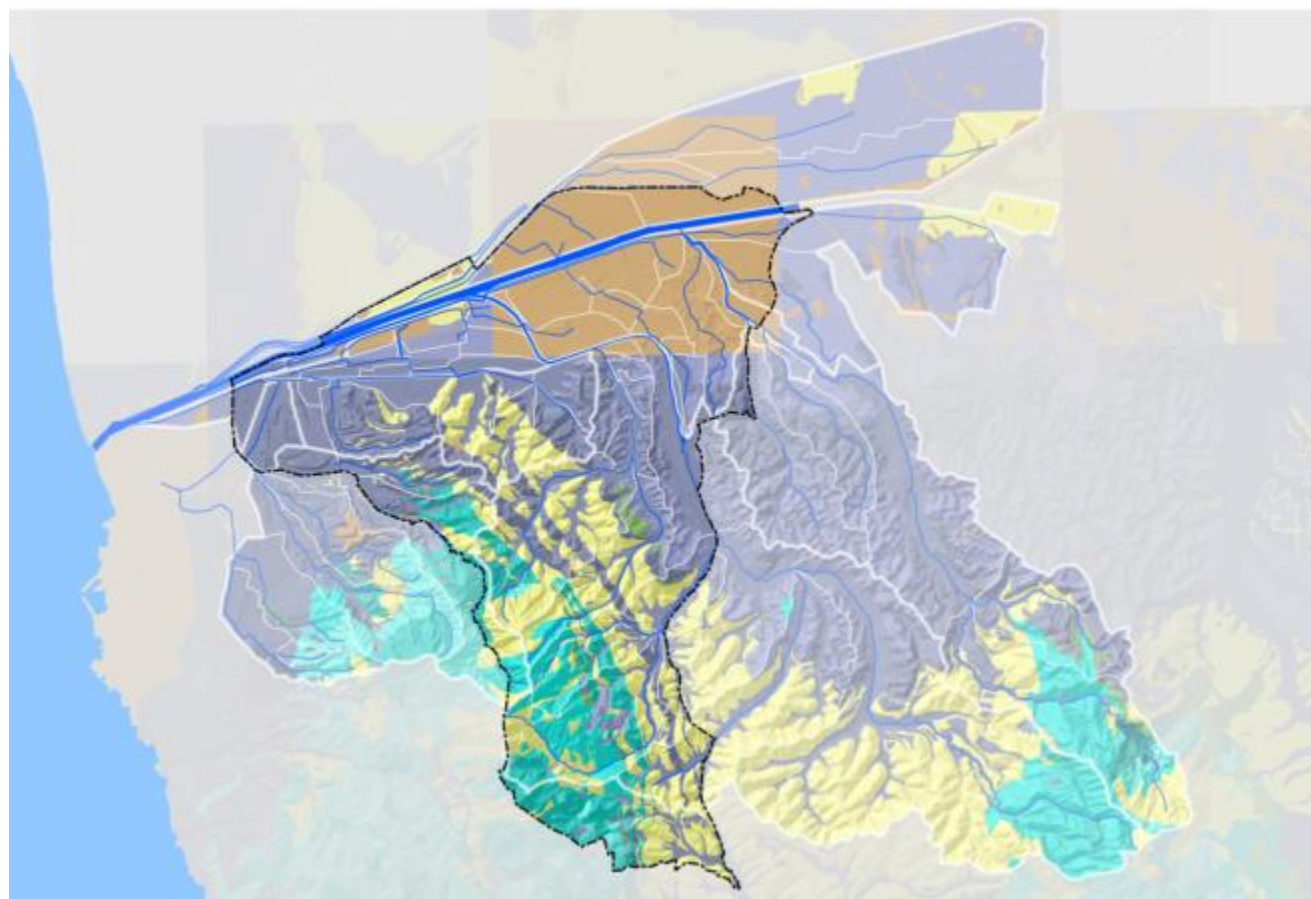


Le perdite idrologiche sono in genere definite attraverso il parametro CN.
Al momento della redazione dello studio si è fatto riferimento all'associazione tra valori di CN ed uso del Suolo ed alle mappe di permeabilità

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	77	85	90	92
112	61	75	83	87
121	85	90	92	94
122	83	89	92	93
123	95	95	95	95
131	77	86	91	94
133	77	86	91	94
141	39	61	64	80
211	58	72	81	85
212	58	72	81	85
221	58	69	77	80
222	32	58	72	79
223	32	58	72	79
231	39	61	74	80
241	58	72	81	85
242	58	72	81	85
243	30	58	71	78
311	30	55	70	77
312	36	60	73	79
313	33	57	71	78
321	39	61	74	80
322	30	48	65	73
323	35	56	70	77
324	48	67	77	83
332	89	92	94	95
333	68	79	79	89
334	76	85	90	93

COD	PERMEABILITA'	TIPOLOGIA	Classificazione litologica SCS
1	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	D
2	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	C
3	Permeabilità media	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	B
4	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
5	Permeabilità alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
A	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' MISTA	D
B	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' MISTA	C
C	Permeabilità media	PERMEABILITA' MISTA	B
D	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' MISTA	A
E	Permeabilità alta	PERMEABILITA' MISTA	A
I	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	D
II	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	C
III	Permeabilità media	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	B
IV	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
V	Permeabilità alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
IM	IMPERMEABILE	IMPERMEABILE	D
NRC	Aree non rilevate o non classificate	AREE NON RILEVATE o NON CLASSIFICATE	C

Mappa permeabilità dei suoli



PERMEABILITA'

Permeabilità Primaria (per porosità)

- 1. Permeabilità da bassa a molto bassa
- 2. Permeabilità medio bassa
- 3. Permeabilità media
- 4. Permeabilità medio alta
- 5. Permeabilità alta

Permeabilità Secondaria (per fratturazione e/o carsismo)

- I. Permeabilità da bassa a medio bassa
- II. Permeabilità medio bassa
- III. Permeabilità media
- IV. Permeabilità medio alta
- V. Permeabilità alta

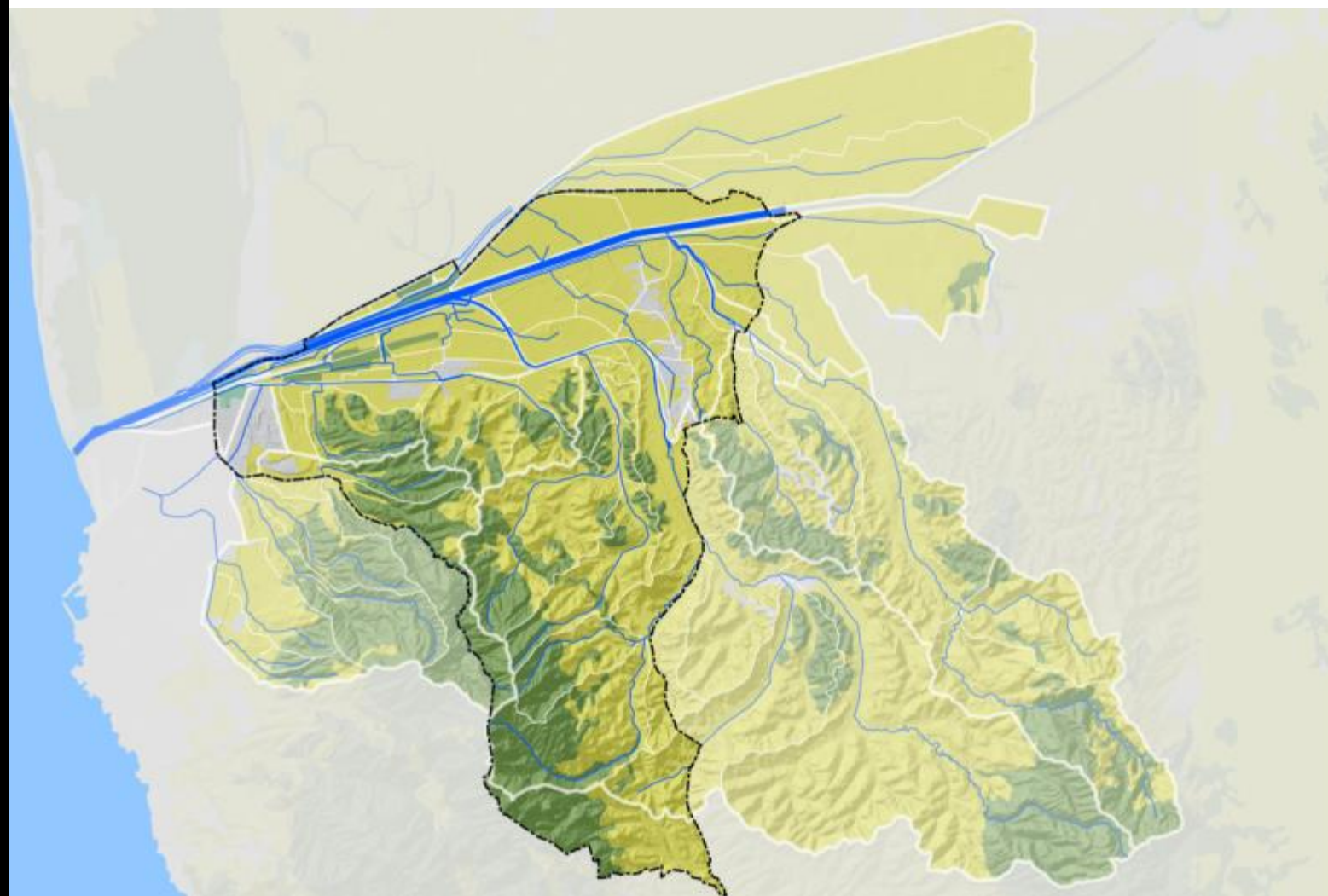
Permeabilità Mista

- A. Permeabilità da bassa a molto bassa
- B. Permeabilità medio bassa
- C. Permeabilità media
- D. Permeabilità medio alta
- E. Permeabilità alta
- IM. Aree impermeabili
- NRC. Aree non rilevate o non classificate

Riferimenti territoriali

- sottobacini idrografici
- bacini idrografici
- corsi d'acqua
- confine comunale

Mappa uso dei suoli



USO DEL SUOLO

Classificazione CORINE Land Cover 2000

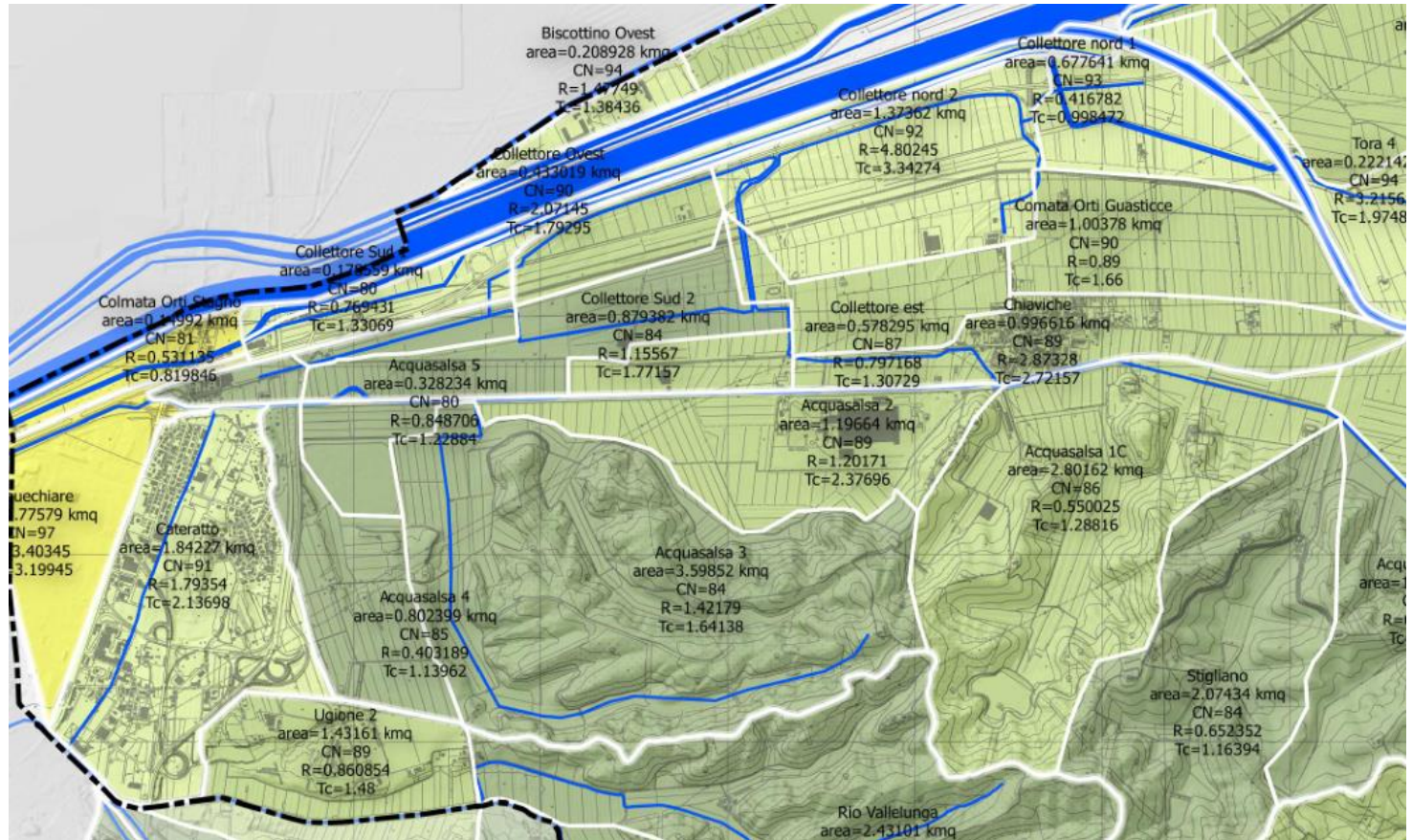
- 1. superfici artificiali
- 2. aree agricole
- 3. foreste e boschi
- 4. terre umide
- 5. corpi d'acqua

Riferimenti ambientali

- sottobacini idrografici
- bacini idrografici
- corsi d'acqua
- confine comunale



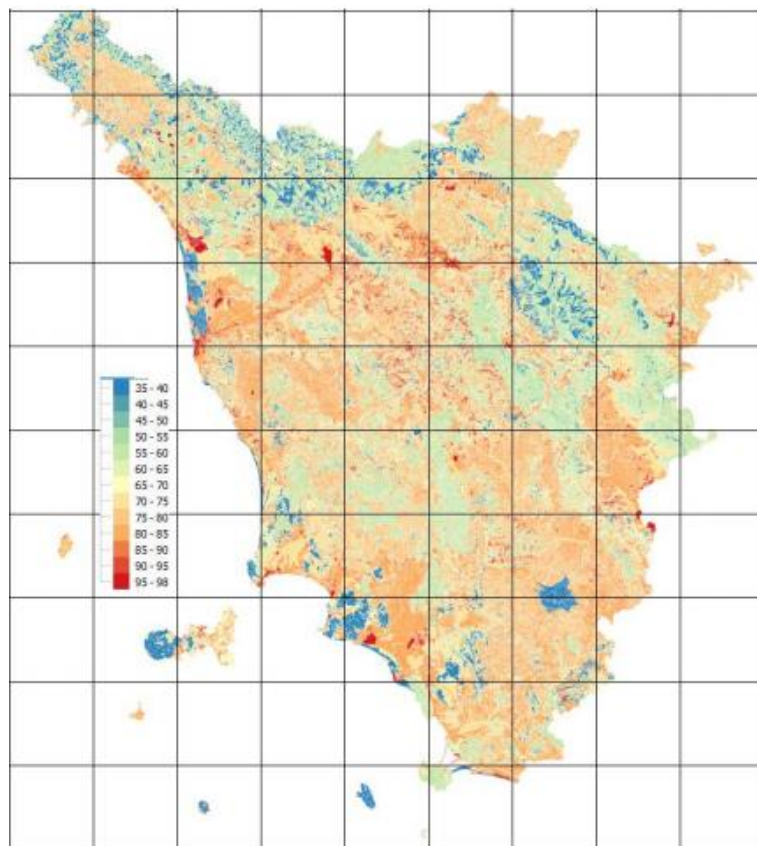
Dalla combinazione permeabilità-uso del suolo è stata associata una classe idrologica ed un parametro CN (in condizioni AMCII) mediati poi a scala di sottobacino



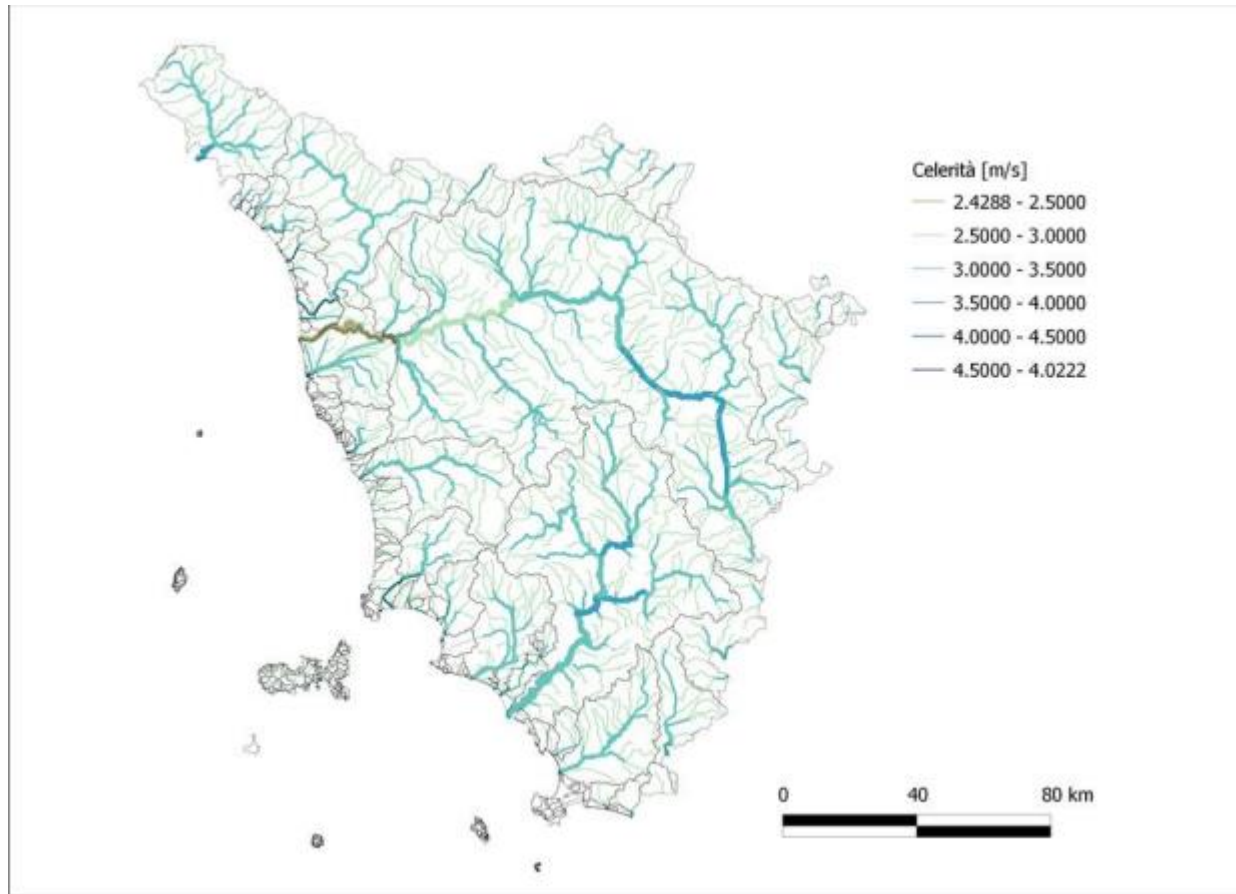
Oggi sul sito della Regione Toscana è disponibile una mappa di sintesi dei parametri CN su tutto il territorio

www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano

- Consulta la [relazione finale sull'aggiornamento del modello MOBIDIC](#)
- Consulta la [relazione sui parametri per HMS](#) e scarica i [parametri "celerità idraulica" e "curve number"](#) ;
- Consulta i [parametri idraulici dei suoli](#)
- Consulta lo [studio idrologico del bacino Toscana Nord](#)



Analogamente è disponibile la mappa della celerità utile per definire la propagazione dell'onda di piena in alveo (processo di “routing” determinato con la metodologia di Muskingum e Kunge)



Il modello idrologico è stato basato sul metodo di Clark che definisce l'idrogramma unitario mediante due parametri

- Tempo di corrivazione
- Costante di ritardo (che tiene conto degli invasi della rete)

Data l'elevata variabilità del tempo di corrivazione si è fatto riferimento ad una media dei valori di varie formule

- formula di Kerby - Hatheway:

$$T_c = \frac{1}{60} \left(\frac{0.67 \cdot \left(1000 \frac{L}{0.3048} \cdot N \right)^{0.467}}{i^{0.5}} \right)$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8H_m}$$

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.3}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Rosso et al:

$$T_c = 0.26 \frac{L^{0.82}}{i_B^{0.2}} (1+S)^{0.13}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

- formula PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

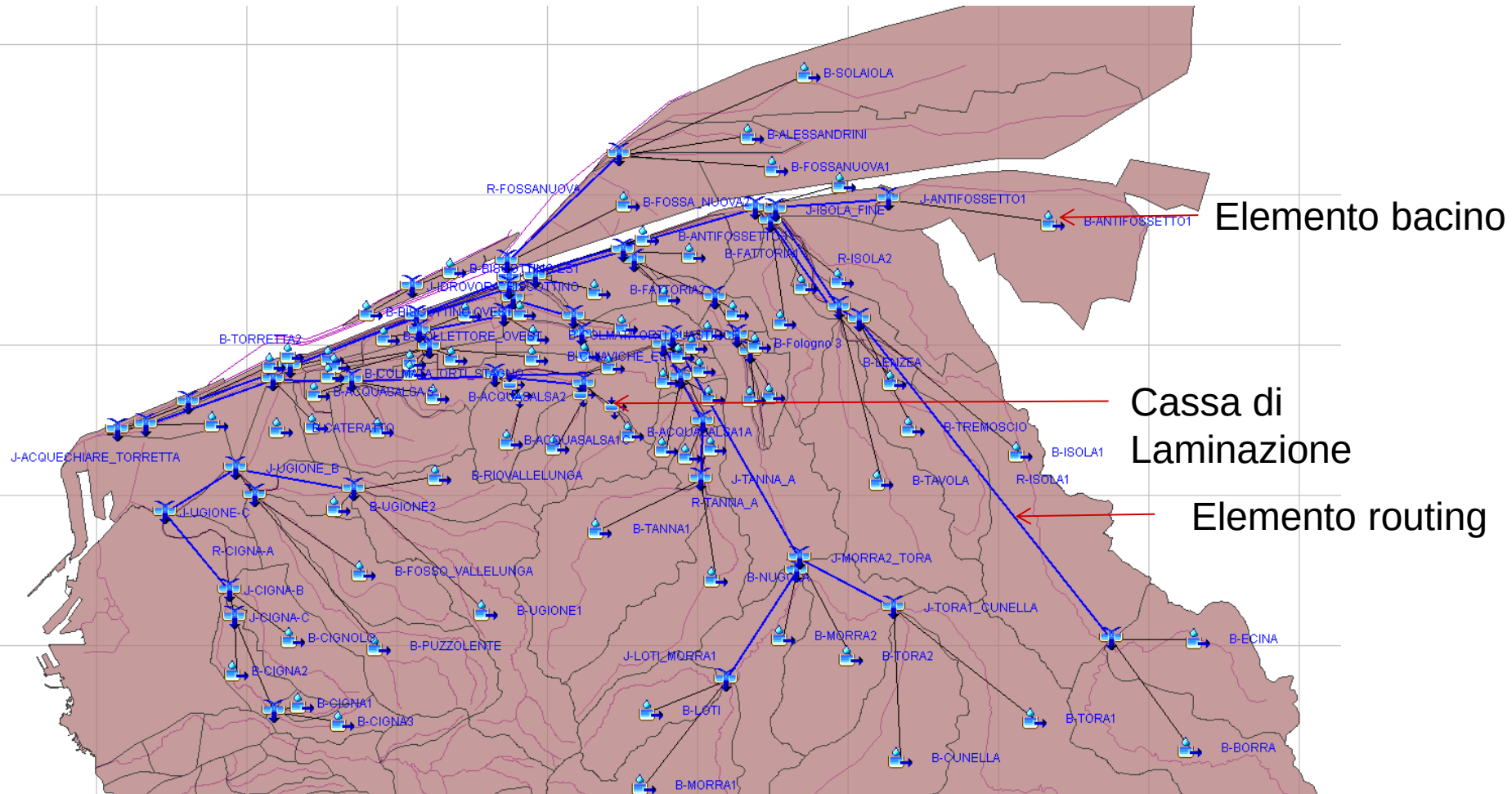
Si è impiegato il valore della formula originale di Clark

$$R = \frac{0.8 \left(\frac{L}{1.60934} \right)}{(i_B \cdot 100)^{0.5}}$$

Per ogni sottobacino sono stati così individuati i parametri del modello idrologico implementato sul modello HECHMS

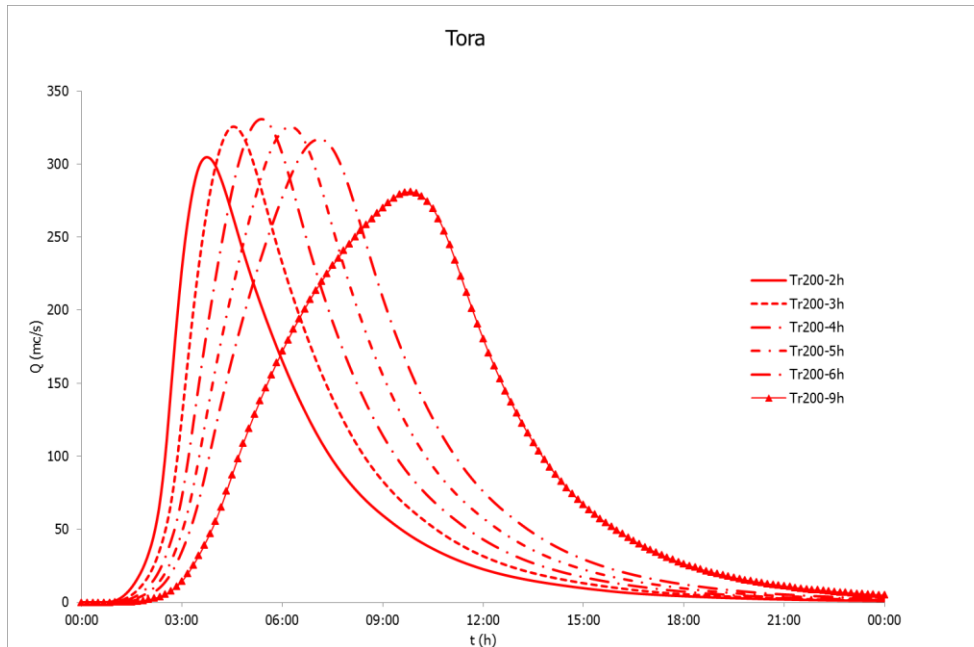
ID	Area	CN (III)	Tc	R
Acquasalsa 1A	1.88	84	1.30	0.97
Acquasalsa 1B	1.63	86	0.95	0.44
Acquasalsa 1C	2.80	86	1.29	0.55
Acquasalsa 2	1.20	89	2.38	1.20
Acquasalsa 3	3.60	84	1.64	1.42
Acquasalsa 4	0.80	85	1.14	0.40
Acquasalsa 5	0.33	80	1.23	0.85
Acquechiare	1.78	97	3.20	3.40
Alessandrini	1.79	91	4.23	5.22
Antifossetto 1	10.46	90	5.63	5.10
Antifossetto 2	1.01	91	2.06	2.00
Antifossetto 3	0.86	90	3.37	5.42
Antifossetto 4	0.32	94	3.45	8.16
Biscottino Est	0.56	87	2.55	3.25
Biscottino Ovest	0.21	94	1.38	1.48
Borra	11.83	85	2.59	2.25
Cateratto	1.84	91	2.14	1.79
Chiaviche	1.00	89	2.72	2.87
Cigna1	0.45	79	0.63	0.31
Cigna2	1.80	86	1.85	1.48
Cigna3	1.29	84	0.84	0.36
Cignolo	3.86	83	1.70	1.11
Collettore est	0.58	87	1.31	0.80
Collettore nord 2	1.37	92	3.34	4.80
Collettore Ovest	0.43	90	1.79	2.07
Collettore Sud 2	0.88	84	1.77	1.16
Collettore nord 1	0.68	93	1.00	0.42
Collettore Sud 1	0.18	80	1.33	0.77
Collettore Sud 3	0.32	90	1.51	1.38
Colmata Orti Stagno	0.15	81	0.82	0.53

MODELLO IDROLOGICO



L'ANALISI E' STATA CONDOTTA:

- IN CONDIZIONI AMC III
- PER PLUVIOMETRIA AD INTENSITA' COSTANTE PER VARIE DURATE AL FINE DI DETERMINARE LA DURATA CRITICA DEI VARI SOTTOBACINI
- INDIVIDUATA LA DURATA CRITICA SI E' FATTO RIFERIMENTO AD UNO IETOGRAMMA DI TIPO CHICAGO



BACINO	DURATA CRITICA
TORRENTE ISOLA	4 h
TORRENTE TORA	4 h
TORRENTE MORRA	3 h
TORRENTE TANNA	4 h
FOSSO FOLOGNO	2h
F. ACQUASALSA	5 h
F. TORAVECCHIA	2h
RETE INTERPORTO	2h
F. MARIGNANO	4h
F. FONTINO	5h
T. UGIONE	3h
F. TORRETTA	3h
FOSSA NUOVA	15h
ANTIFOSSETTO	6 h
FATTORIA	3h
IDROVORA BISCOTTINO	3 h
CATERATTO	3 h

RELATIVAMENTE ALLA RIDUZIONE AREALE DELLE PRECIPITAZIONI, È STATA APPLICATA A CORSI D'ACQUA AFFERENTI A BACINI DI SUPERFICIE COMPLESSIVA SUPERIORE A 30 KM²

. IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE K È DETERMINATO CON LA FORMULA USBW:

$$K = 1 - e^{(-\alpha \cdot d^\beta)} + e^{(-\alpha \cdot d^\beta - \gamma \cdot A)}$$

DOVE A È LA SUPERFICIE IN KM² E D LA DURATA IN h.

	Durata (h)	A (kmq)	α	β	γ	Coefficiente di ragguglio K (USBW)
Tora	4	88.71	1.1	0.25	0.0386	0.80
J-Tora Morra2	4	67.18	1.1	0.25	0.0386	0.80
Tanna	4	3.83	1.1	0.25	0.0386	0.97
B-Tanna1	4	9.34	1.1	0.25	0.0386	0.94
B-Nugola	4	5.5	1.1	0.25	0.0386	0.96
B-Tora3	4	6.47	1.1	0.25	0.0386	0.95
Isola Tremoscio	4	88.71	1.1	0.25	0.0386	0.84
Tavola	4	67.18	1.1	0.25	0.0386	0.94
J-Isola Fine	4	3.83	1.1	0.25	0.0386	0.83

PORTATE MASSIME PER PIOGGIA AD INTENSITA' COSTANTE PER VARIE DURATE

ELEMENTO	Durata	1h	2h	3h	4h	5h	6h	9h	12h	15h	18h	21h	24h	27h
	A (km²)	Q (m³/s)												
B-ACQUASALSA1A	1.88	11.23	12.3	11.76	10.79	9.79	8.92	6.93	5.71	4.88	4.29	3.85	3.49	3.21
B-ACQUASALSA1B	1.63	16.46	15.28	12.8	10.83	9.36	8.3	6.25	5.09	4.34	3.8	3.4	3.08	2.83
B-ACQUASALSA1C	2.8	23.66	23.71	20.95	18.17	15.82	14.1	10.69	8.72	7.43	6.52	5.83	5.29	4.85
B-ACQUASALSA2	1.2	6.54	7.5	7.48	7.08	6.55	6.04	4.75	3.9	3.32	2.91	2.6	2.36	2.16
B-ACQUASALSA3	3.6	16.06	18.78	19.03	18.31	17.21	16.12	13.13	10.95	9.42	8.31	7.45	6.78	6.23
B-ACQUASALSA4	0.8	11.14	9.99	8.25	6.88	5.91	5.2	3.87	3.13	2.65	2.31	2.06	1.86	1.7
B-ACQUASALSA5	0.33	2.28	2.49	2.36	2.14	1.94	1.76	1.36	1.12	0.96	0.84	0.76	0.69	0.63
B-ACQUECHIARE	1.78	9.59	10.68	10.94	10.8	10.47	10.07	8.71	7.48	6.49	5.71	5.09	4.59	4.19
B-ALESSANDRINI	1.79	4.28	5.16	5.61	5.84	5.96	5.97	5.75	5.36	4.94	4.53	4.17	3.84	3.56
B-ANTIFOSSETTO1	10.46	18.72	22.93	25.27	26.63	27.4	27.7	27.2	25.7	23.89	22.12	20.4	18.88	17.54
B-ANTIFOSSETTO2	1.01	4.64	5.29	5.37	5.21	4.94	4.66	3.83	3.21	2.75	2.41	2.15	1.95	1.79
B-ANTIFOSSETTO3	0.86	1.75	2.12	2.31	2.41	2.46	2.47	2.39	2.24	2.07	1.91	1.76	1.63	1.51
B-ANTIFOSSETTO4	0.32	0.64	0.76	0.82	0.86	0.88	0.89	0.88	0.84	0.8	0.75	0.7	0.66	0.62
B-BISCOTTINO EST	0.56	1.84	2.2	2.34	2.39	2.37	2.32	2.09	1.85	1.64	1.47	1.33	1.21	1.11
B-BISCOTTINO OVEST	0.21	1.81	1.84	1.72	1.57	1.42	1.28	0.98	0.79	0.67	0.58	0.52	0.47	0.43
B-BORRA	11.83	27.27	33.36	35.72	36.35	35.97	35.04	31.04	27.16	23.91	21.31	19.16	17.56	16.07
B-CATERATTO	1.84	10.93	12.61	13.02	12.77	12.19	11.53	9.46	7.84	6.65	5.8	5.15	4.65	4.25
B-CHIAVICHE_EST	1	3.1	3.7	3.94	3.98	3.93	3.83	3.4	2.98	2.62	2.33	2.09	1.9	1.75
B-CIGNA1	0.45	7.75	6.18	4.94	4.08	3.49	3.07	2.28	1.85	1.56	1.36	1.21	1.1	1
B-CIGNA2	1.8	14.03	15.27	14.93	13.99	12.89	11.88	9.34	7.62	6.46	5.64	5.01	4.53	4.14
B-CIGNA3	1.29	23.11	18.91	14.97	12.32	10.49	9.2	6.8	5.48	4.62	4.03	3.58	3.23	2.95
B-CIGNOLO	3.86	32.84	35.33	33.85	31.09	28.19	25.64	19.75	16.07	13.63	11.92	10.6	9.58	8.76
B-COLLETORE_EST	0.58	5.3	5.43	4.92	4.34	3.84	3.42	2.59	2.1	1.79	1.56	1.4	1.27	1.16

IL MASSIMO DELLA PORTATA, IMPIEGATO NEL MODELLO DI ANALISI DELLE ESONDAZIONI, E' STATO POI INDIVIDUATO ATTRAVERSO UNO IETOGRAMMA CHIGAGO APPLICATO SOLO ALLA DURATA CRITICA

- Ietogramma di durata 2h:

Tabella 10 Portate massime per i bacini con durata critica 2 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
FOSSO FOLOGNO	2h	19.5	22.0	29.8	34.4	40.7
F. TORAVECCHIA	2h	12.5	14.0	18.7	21.5	25.2
RETE INTERPORTO	2h	25.0	28.4	39.1	45.6	54.4

- Ietogramma di durata 3h:

Tabella 11 Portate massime per i bacini con durata critica 3 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
TORRENTEUGIONE (Ponte Ugione)	3h	112.7	129.8	184.5	217.6	263.6
TORRENTEUGIONE (Sbocco)	3h	147.4	167.4	231	269.8	323.7
IDROVORA BISCOTTINO	3h	2.4	2.8	3.8	4.4	5.2
CATERATTO	3h	7.8	8.8	12.2	14.2	16.9
FATTORIA (BOTTESFONETORA)	3h	28.7	29.9	44.5	51.7	61.3
MORRA (Crocina)	3h	32.5	37.6	53.4	62.9	76.0

- Ietogramma di durata 4h:

Tabella 12 Portate massime per i bacini con durata critica 4 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
TORRENTEISOLA	4h	98.1	101.6	170.4	204.2	250.6
TORRENTETANNA	4h	62.4	72.9	107.2	127.9	156.0
TORRENTETORA	4h	240.1	270.7	399.8	473.5	573.9
F. MARIGNANO	4h	10.3	11.8	16.5	19.4	23.2

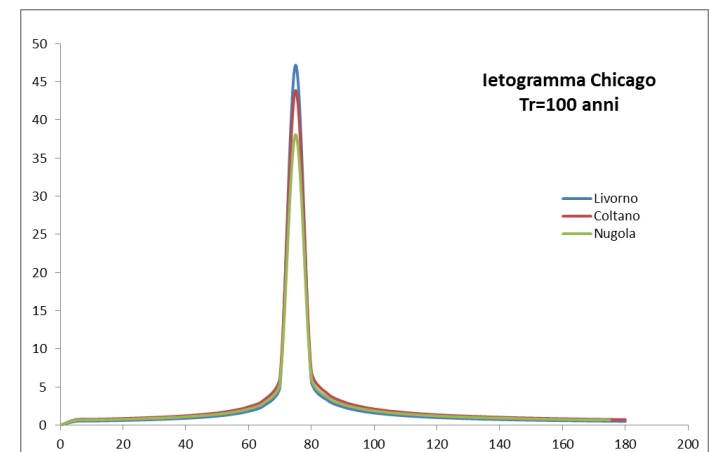
- Ietogramma di durata 5h:

Tabella 13 Portate massime per i bacini con durata critica 5 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
F. ACQUASALSA-ACQUECHIARE	5h	38.1	44.5	74.1	92.1	116.2
F. FONTINO	5h	9.4	11.0	16.3	19.5	23.9

LO IETOGRAMMA CHIGACO E' IN GENERE CAUTELATIVO (Keifer e Chu, 1957 Synthetic storm pattern for drainage design. ASCE Journal of the Hydraulics Division 83 (HY4): 1-25)

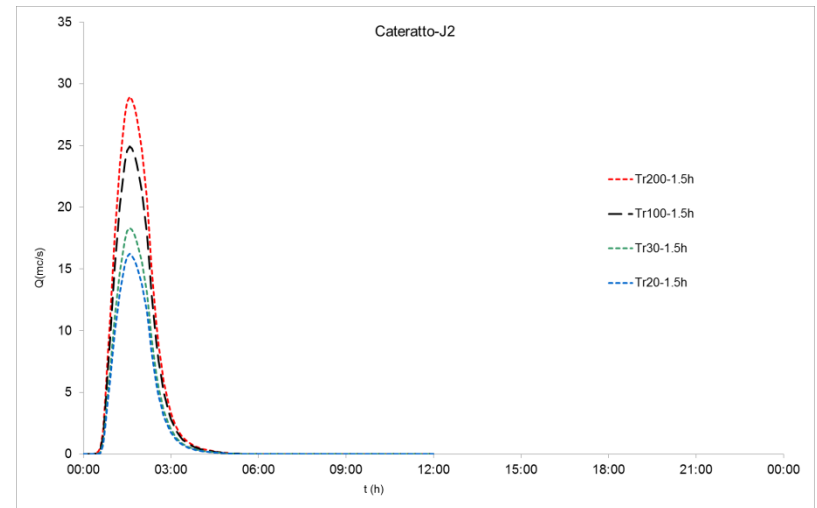
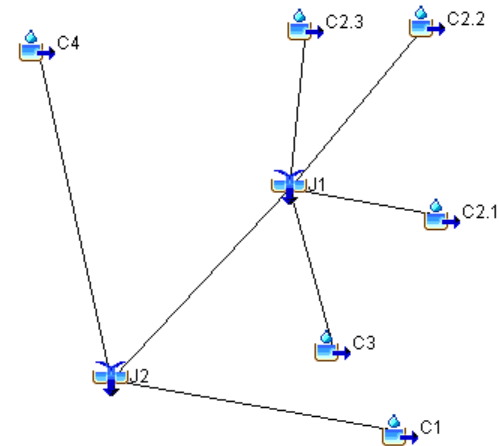
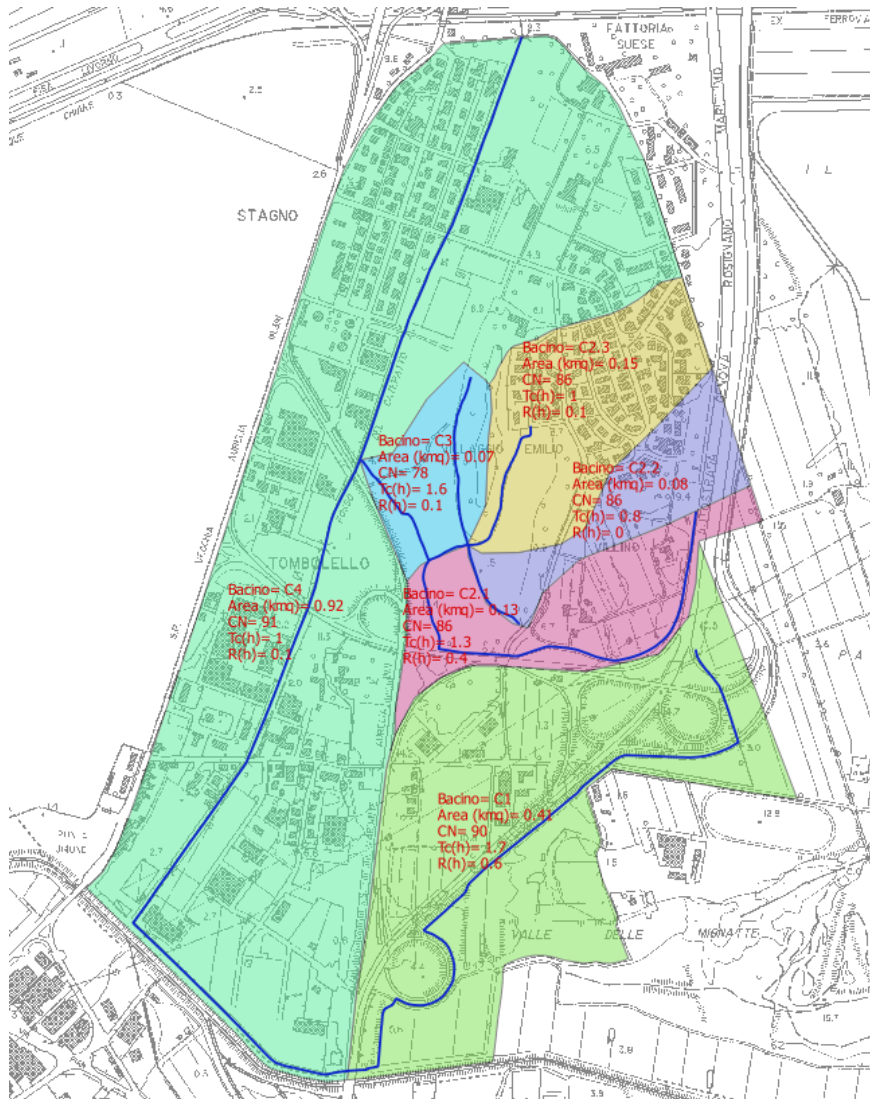
AD ESEMPIO AD INTENSITA' COSTANTE SI AVEVA UN VALORE DI CIRCA 27 mc/s



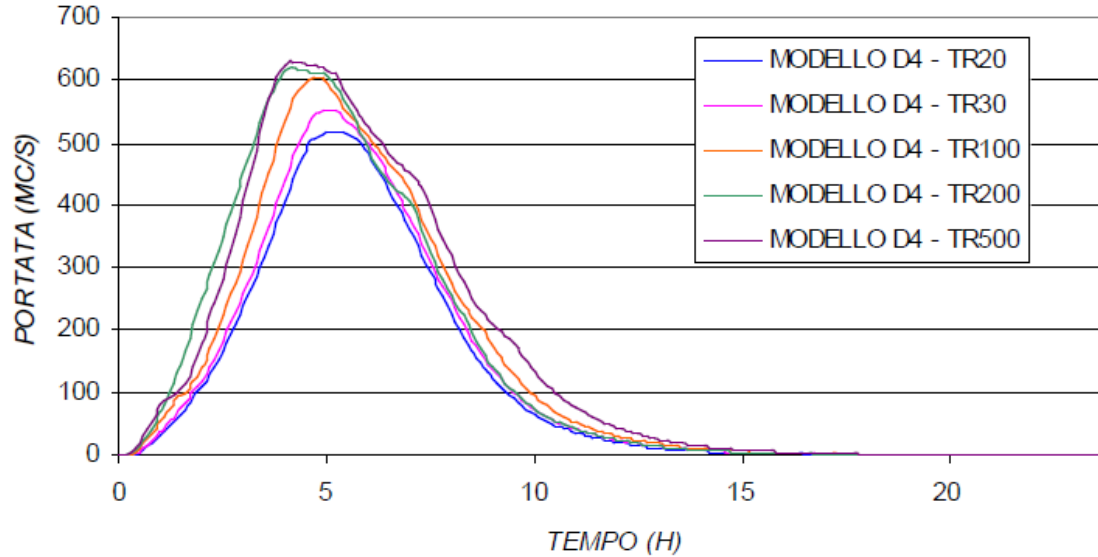
TUTTE QUESTE SCELTE
DEVONO ESSERE
VERIFICATE CON
L'AUTORITA'
COMPETENTE ED I
RISULTATI OTTENUTI
CONFRONTATI CON
ALTRI STUDI

BACINO	Q (m3/s)						FONTE
	PRESENTE STUDIO			ALTRI STUDI			
	Ir. 200	Ir. 30	Ir. 20	Ir. 200	Ir. 30	Ir. 20	
ACQUASALSA1	47.02	21.83	20.38	45	-	13.6	CONSORZIO BONIFICA
ACQUALSA-FINALE	79.3	44.5	38.1	46.0	31		PROVINCIA PISA
CATERATTO	14.33	9.52	8.70	7.53			CONSORZIO BONIFICA
COLMATA ORTI	8.99	6.07	5.56	7	-	-	ING. PAGLIARA
FOSSA NUOVA 1	11.15	7.84	7.25	6.78	-	1.4	ING. LODA' E SACCONI
INTERPORTO FINALE	41.52	27.29	24.87	16.1	12	11	ING. PAGLIARA
ANTIFOSSO FATTORIA (BOTTE SIFONETORA)	44.61	30.40	27.89			16.3	TEST LAUREA
FOSSO FOLOGNO	31.95	21.50	19.68			8.2	
ISOLA FINALE	147.61	93.66	84.44	158.33	-	99.28	ALTO
TANNA	98.11	62.36	56.37	128.02	-	78.34	ALTO
TORA FINALE	365.04	237.70	215.70	330.33	-	193.59	ALTO
TORRETTA (FINALE)	92.85	61.81	56.41	96	55	50	ING. PAGLIARA
UGIONE PONTE AURELIA	229.47	144.64	130.31	233.36			ING. PAGLIARA
				228.2	-	-	CONSORZIO BONIFICA
UGIONE-RIO_VALLELUNGA (PONTE VIA AIACCIA)	124.28	77.75	69.85	117.3	60	53.8	BACINO TOSCANA COSTA
				97.64		54.32	ALTO
				187.06			CONSORZIO BONIFICA
							ING.

ALCUNI APPROFONDIMENTI SPECIFICI SONO STATI SVOLTI PER L'AREA DEL CATERATTO A STAGNO

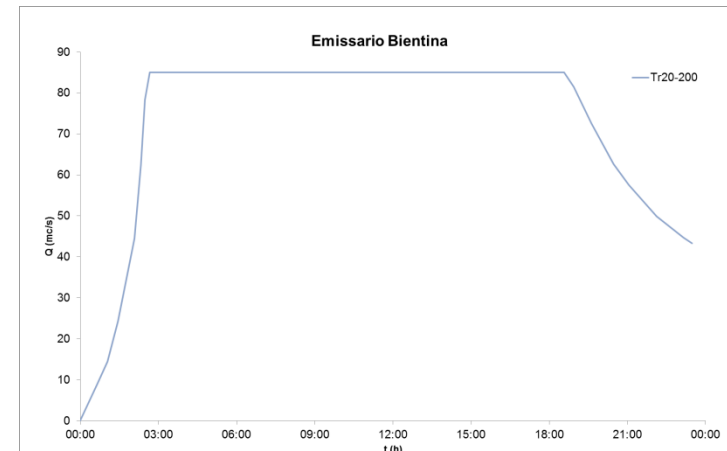


PER EMISSARIO DEL BIENTINA



Idrogrammi di piena laminati per tempi di ritorno 20, 30, 100, 200 e 500 anni per il Canale Emissario Bientina a monte della sezione de “la Botte”.

La sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza de “la Botte”, impone il passaggio di una portata di circa 85 mc/s.



PER FOSSA CHIARA

BACINO	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
FOSSA CHIARA	33.24	35.61	43.73	49.26	57.59

E PER SCOLMATORE DELL'ARNO

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	429	600	678	602	579
TRA ISOLA E TORA	463	656	788	658	621
TRA TORA E FOSSA NUOVA	643	832	1059	817	744
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	781	860	1106	863	787
TRA EMISSARIO E FOCE	1150	1103	1444	1165	1067

Senza contributo dell'Arno

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	1051	1278	1542	1626	1672
TRA ISOLA E TORA	1051	1278	1543	1672	1710
TRA TORA E FOSSA NUOVA	1068	1302	1566	1814	1828
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	1145	1320	1595	1854	1867
TRA EMISSARIO E FOCE	1412	1510	1807	2122	2131

Con contributo dell'Arno

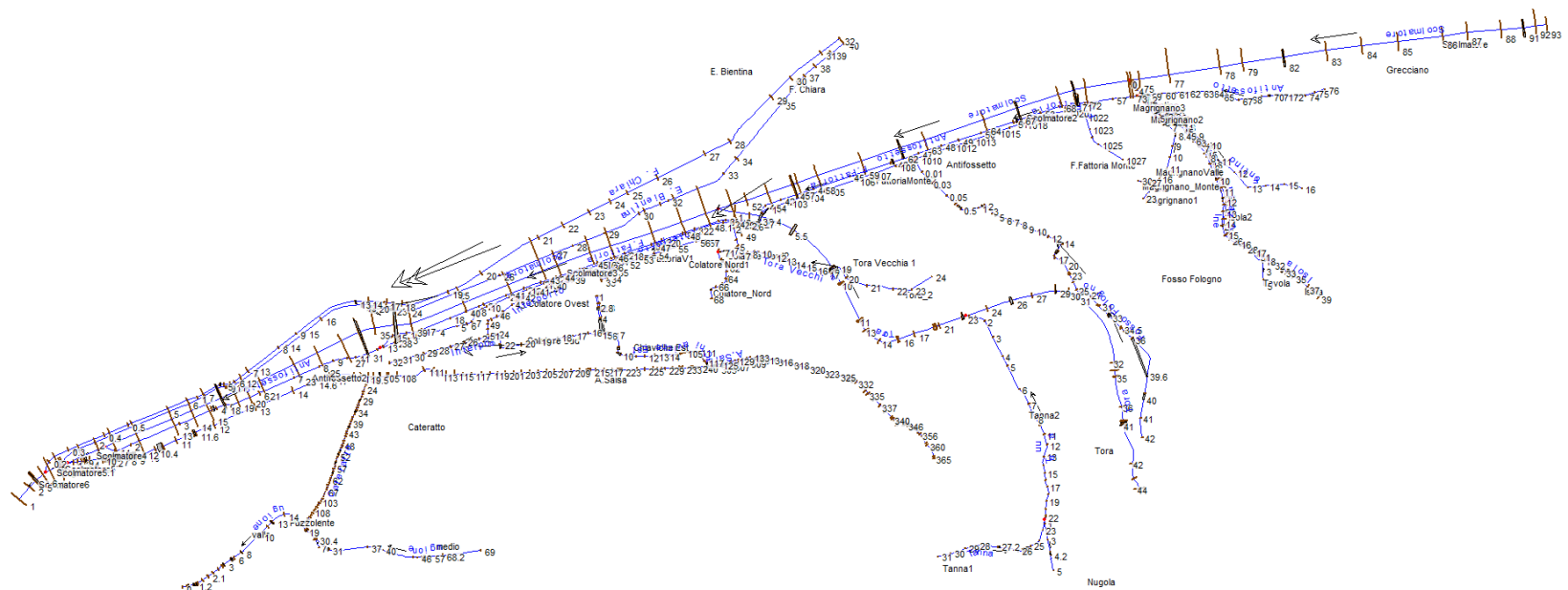
ANALISI IDRAULICA

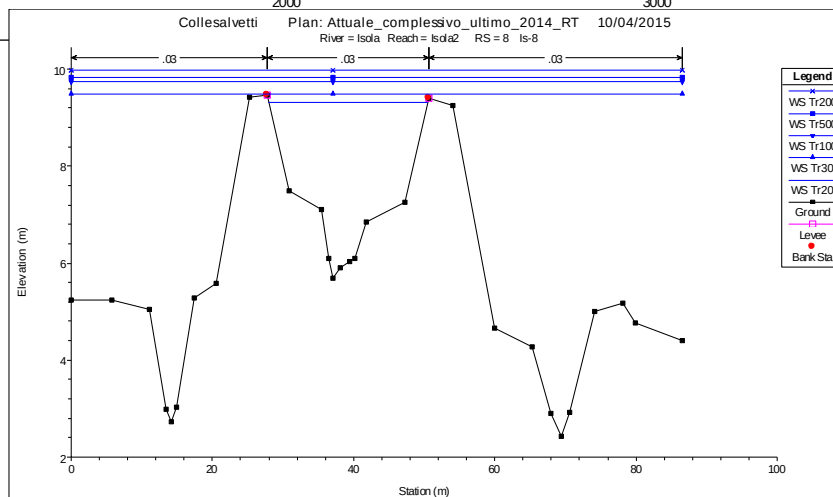
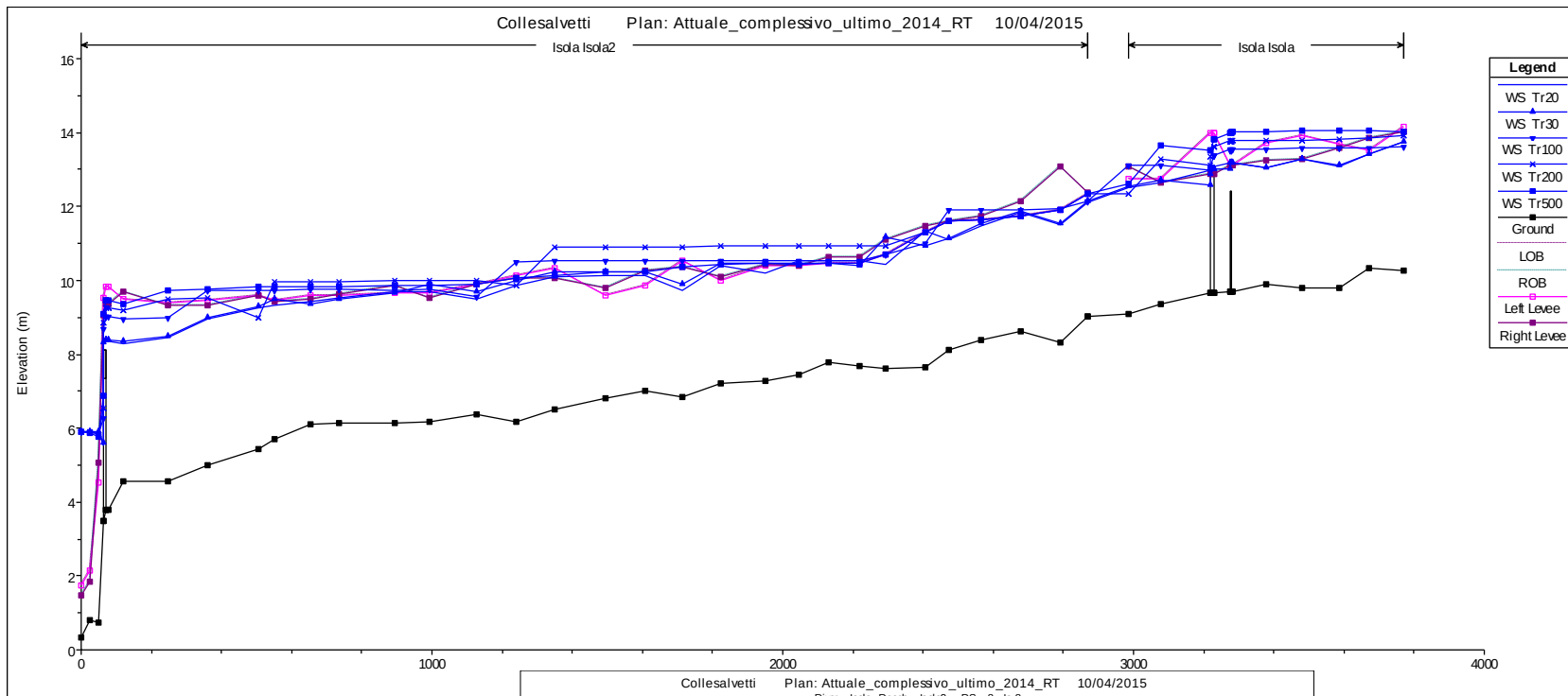
Lo studio idraulico è condotto sia con modello monodimensionale in moto permanente sia con analisi bidimensionale TuFlow® in condizioni di moto vario.

Le condizioni al contorno adottate per lo studio sono le seguenti:

- corsi d'acqua con sbocco diretto a mare: 0.7 m per tenere conto dell'effetto delle mareggiate e delle condizioni barometriche sfavorevoli;
- tratti di corsi d'acqua isolati: scala di deflusso a condizioni di moto uniforme determinata con l'equazione di Manning;
- condizioni di livello liquido nello Scolmatore del F. Arno al massimo della capacità corrispondente alla portata di circa 900 mc/s
- condizioni di completa uscita dai bordi della griglia (comunque esterna ai confini comunali)

INIZIALMENTE IL MODELLO E' STATO COSTRUITO CON HEC RAS IN MOTO PERMANENTE PER VALUTARE LE MACROCRITICITA' E SETTARE ALCUNI PARAMETRI (PERDITE DI CARICO IN CORRISPONDENZA DEI PONTI E SCALE DI DEFLUSSO)

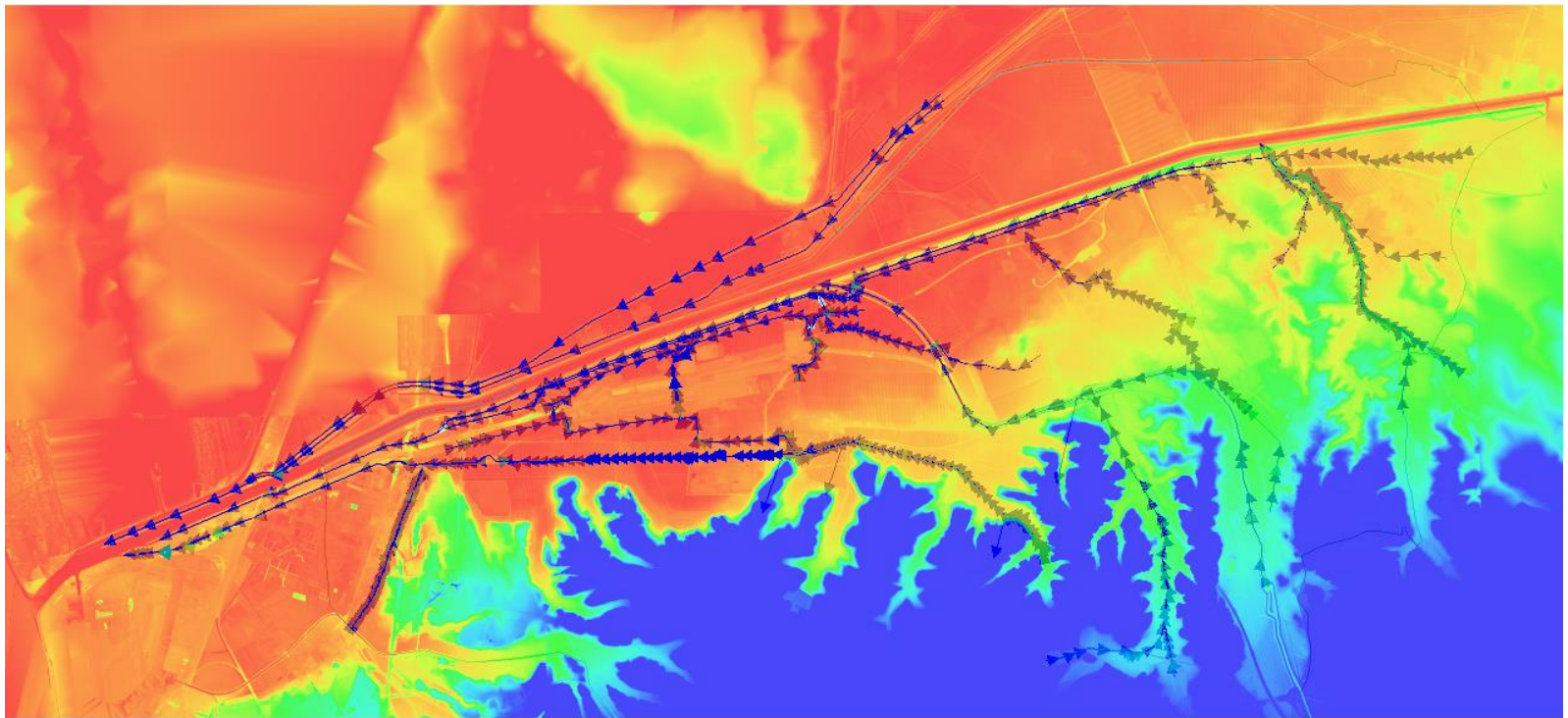




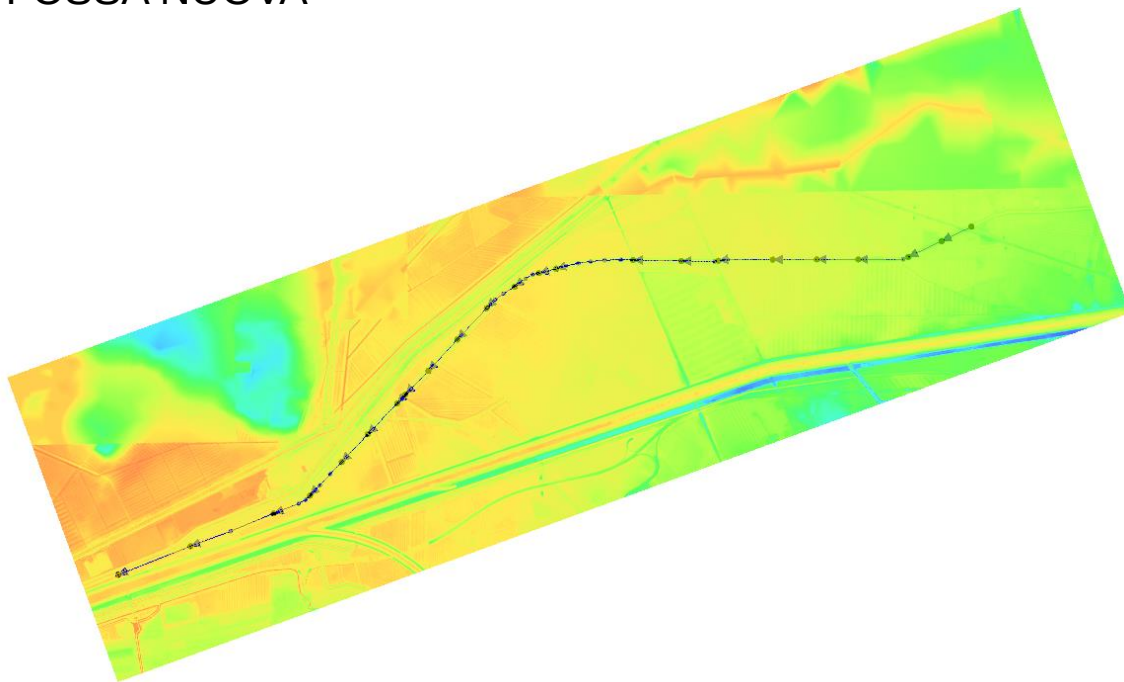
L'ANALISI BIDIMENSIONALE

Le modellazioni sono state eseguite:

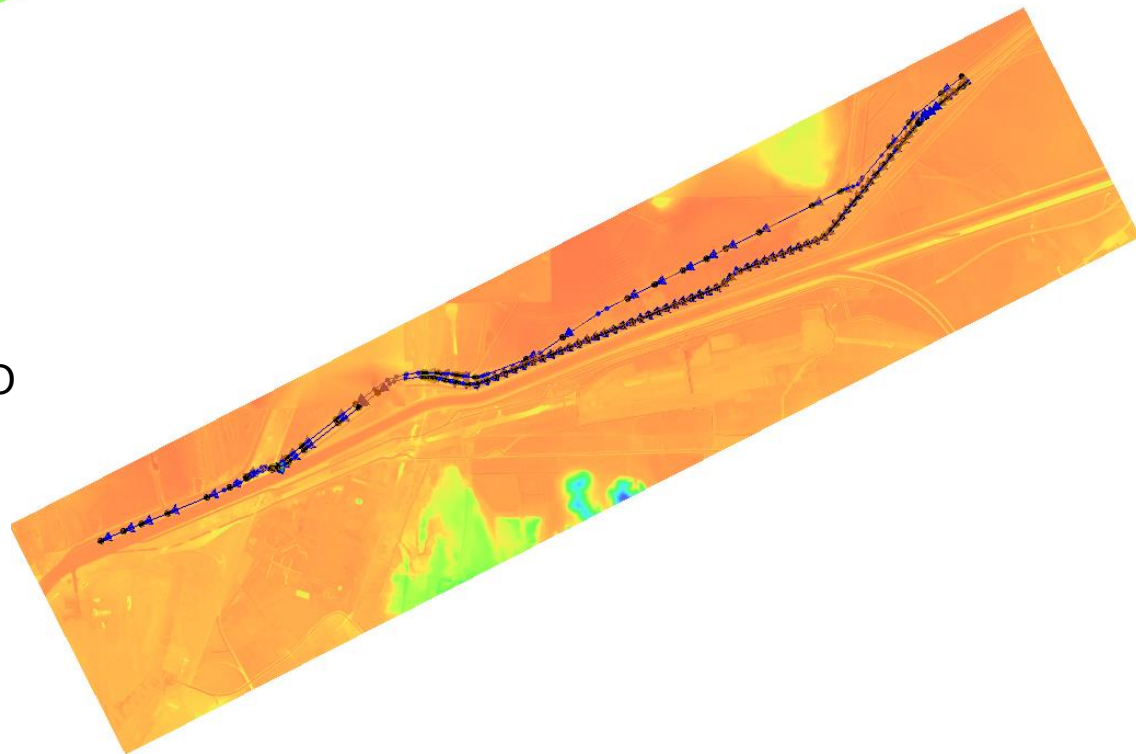
- sull'intero territorio vallivo su un'area complessiva di 17.5x10 km e con celle di 10x10m;
- sul Fossa Nuova su un'area di 10x3 km e celle 10x10m
- sul Fossa Chiara ed Emissario Bientina di su un'area 12.4x2.8 km e celle 10x10m
- nel tratto del torrente Ugione le cui esondazioni possono interessare il comune di Collesalveti su una griglia di estensione 5.5x3.5 km con celle di dimensione 5x5m;
- in corrispondenza dell'abitato del Crocino (Fosso della Morra) per un'area di 1.77x1.11km con celle di dimensione 2x2m



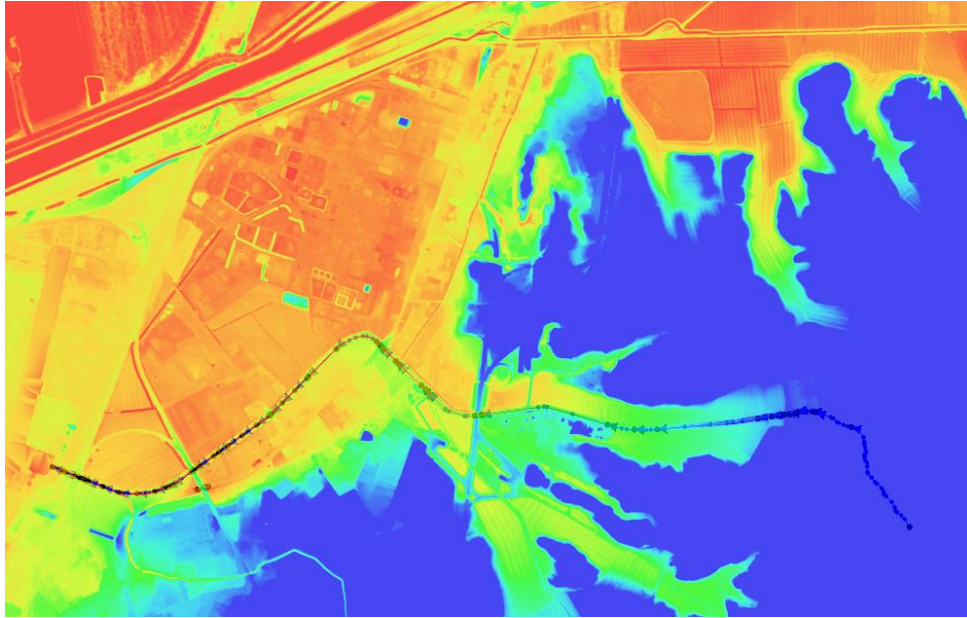
FOSSA NUOVA



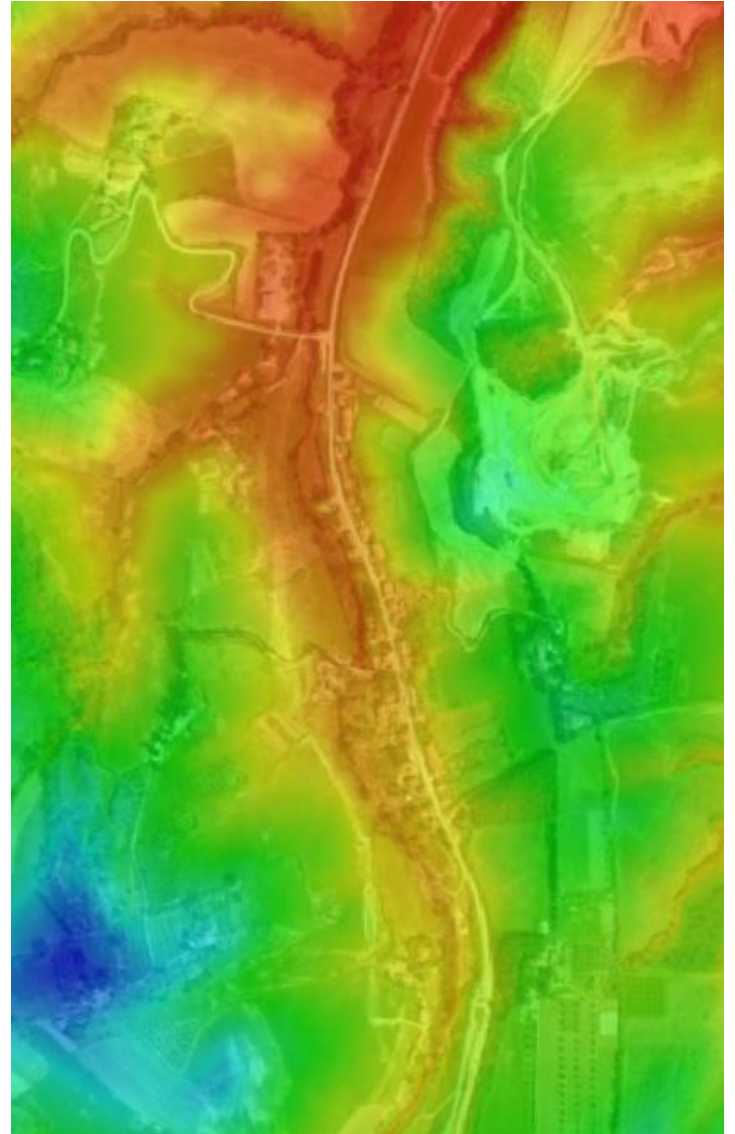
FOSSA CHIARA ED EMISSARIO



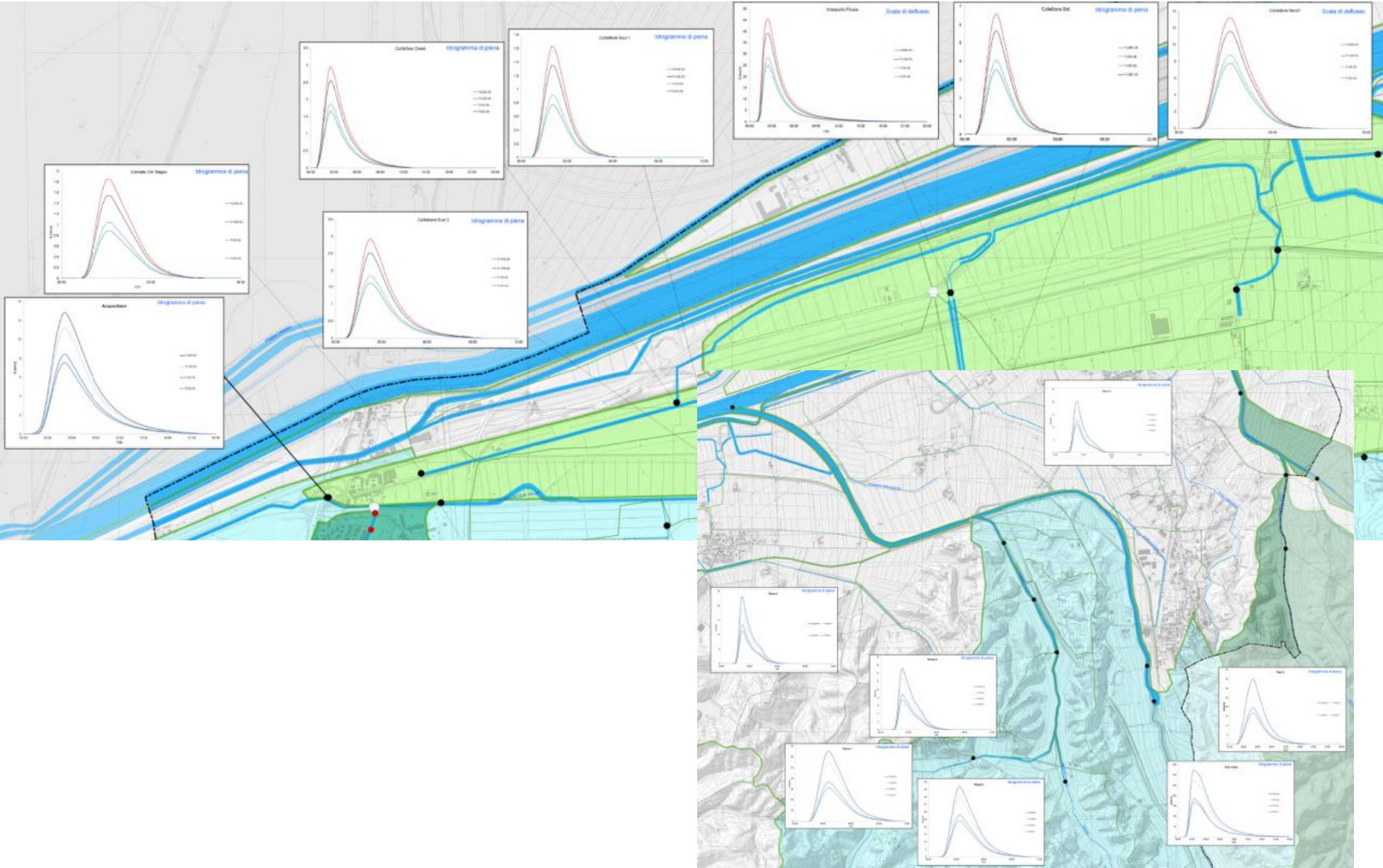
TORRENTE UGIONE



T. MORRA



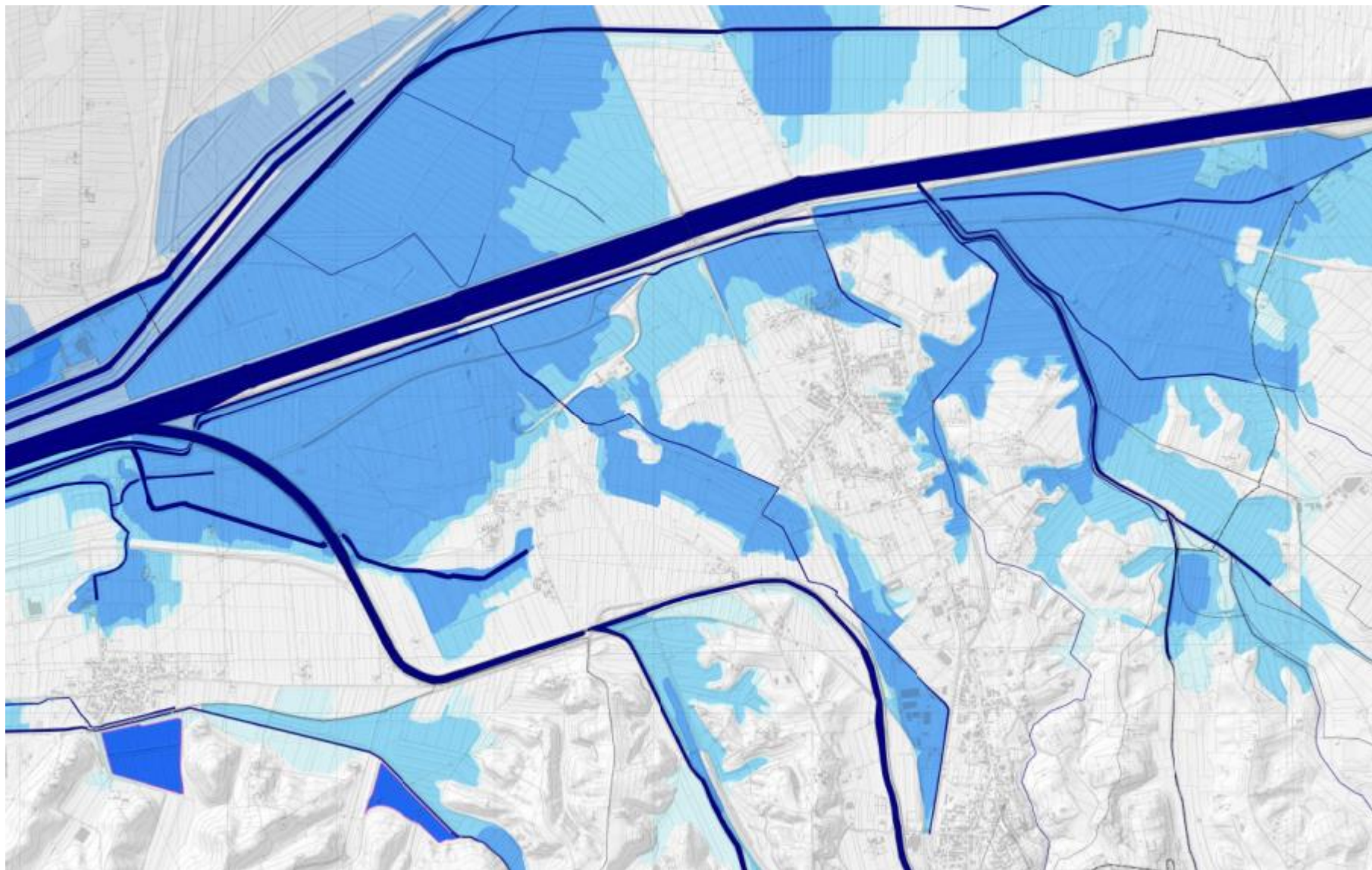
Schema di Analisi



Il modello impiegato è del tipo 1D/2D, in cui i canali sono analizzati nel dominio 1D e nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità si innesca la propagazione bidimensionale sul territorio circostante. L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, cioè consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche. La scelta di procedere con il modello misto 1D/2D anziché con quello puramente bidimensionale è derivato da due fattori;

- le dimensioni delle celle di calcolo adottate non avrebbero consentito nella maggior parte del territorio di ben rappresentare i corsi d'acqua;
 - il dato lidar non consente di definire la topografia dei corsi d'acqua con fondali posti sotto il l.m.m (che nel caso in esame corrispondono ai corsi d'acqua con dimensioni tali da poter essere investigati in campo 2D) e quindi non era disponibile un dettaglio morfologico idoneo ad una modellazione puramente bidimensionale.
-
- L'analisi è condotta per
 - ✓ $T_r=30$ anni
 - ✓ $T_r=200$ anni
 - ✓ $T_r=500$ anni
 - Il modello restituisce informazioni di battente e velocità su celle di dimensioni pari a quella della griglia

Le mappe delle aree allagate



Dalle mappe delle aree allagate sono derivate le mappe delle pericolosità di sensi del DPGR 53/R

- P.I.4: Pericolosità idraulica molto elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni;
- P.I.3- P.I.E.: Pericolosità idraulica elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 200$ anni

e del PGRA

P3.(frequenti): a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni;

P2 (poco frequenti): a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 200$ anni;

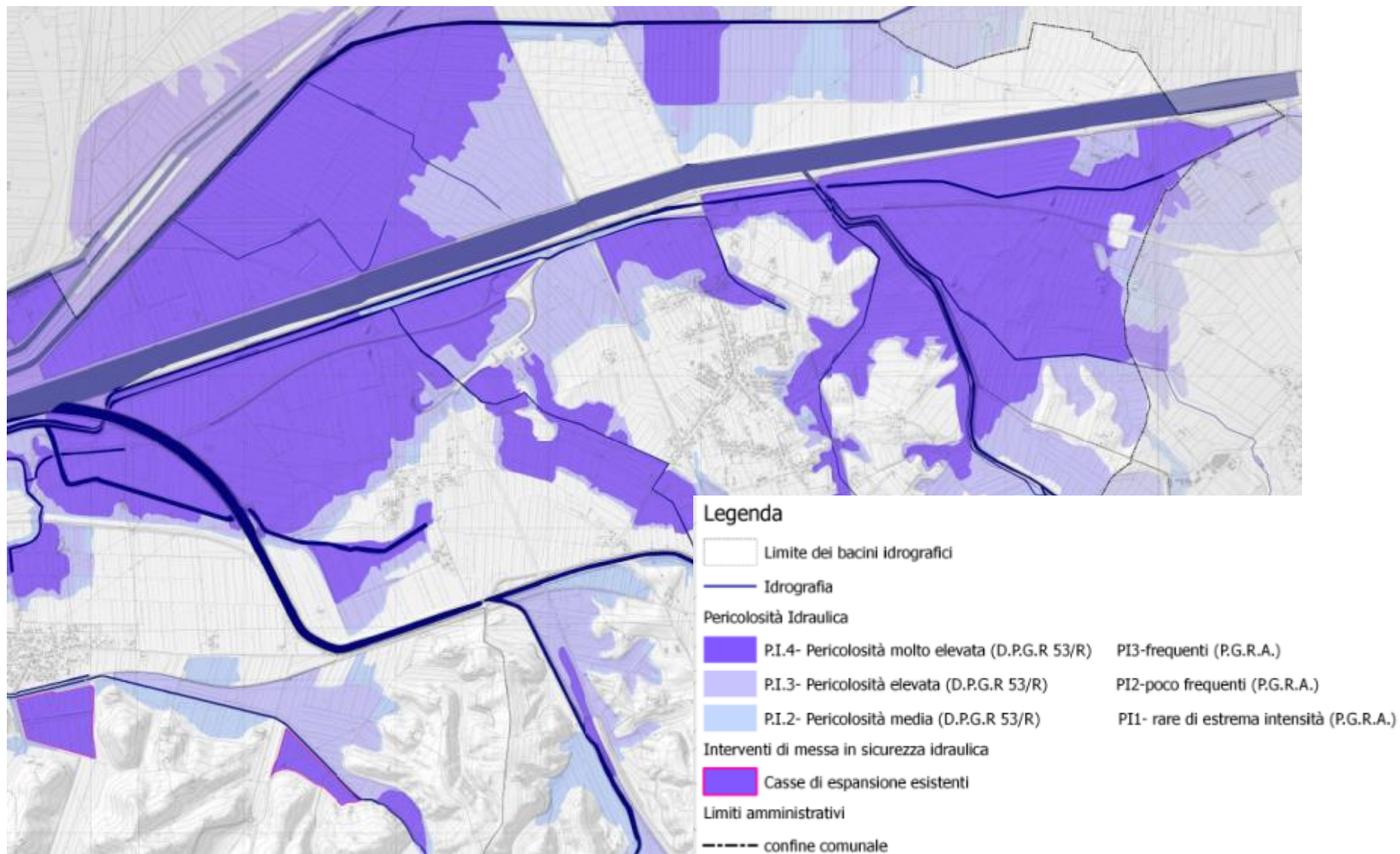
P1 (rare) : a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 500$ anni;

Le mappe ai fini del PRGA sono ottenute come sintesi delle pericolosità dei vari casi analizzati andando a considerare il valore più elevato.

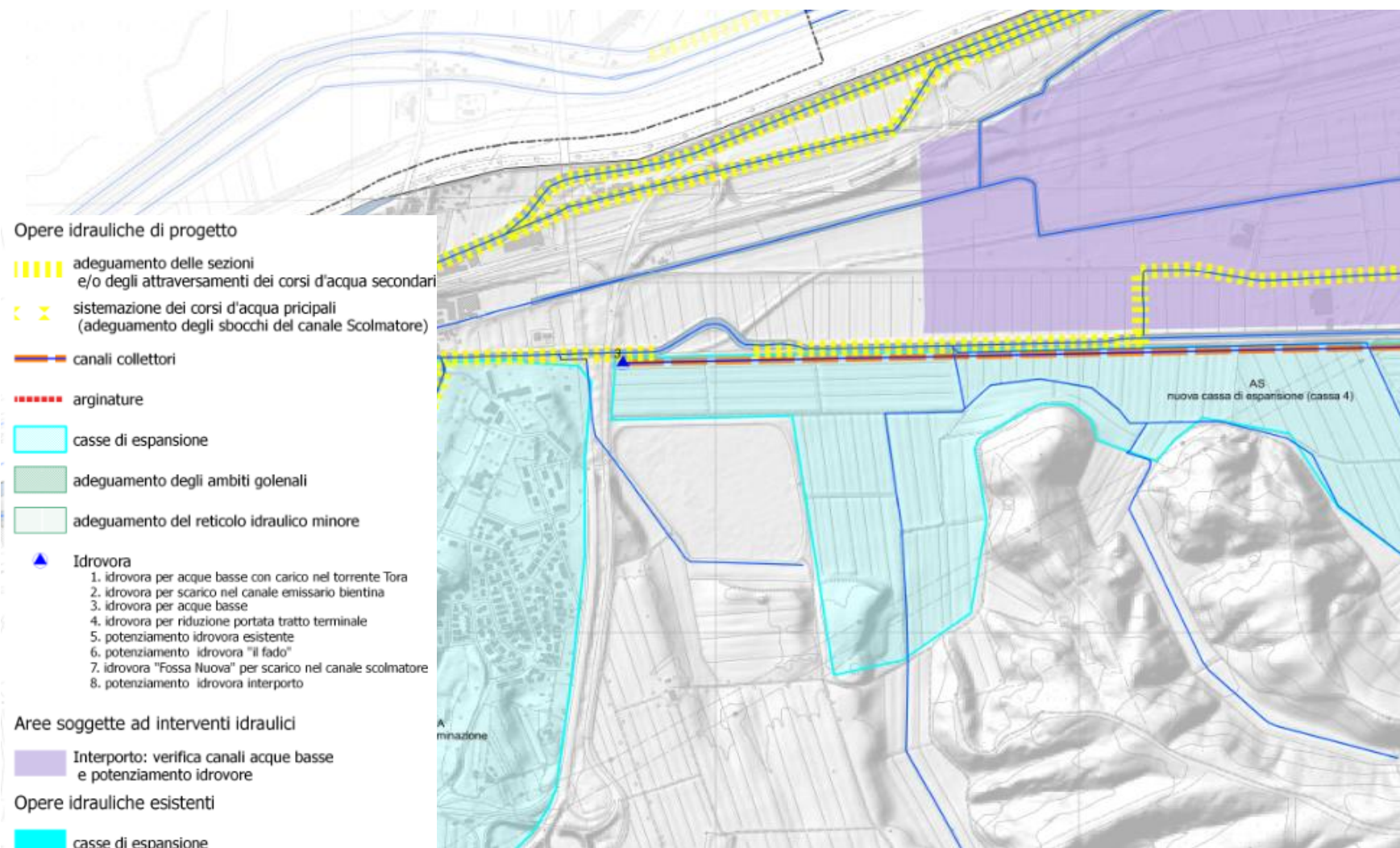
Le carte di pericolosità derivate dalla modellazione idraulica sono state sottoposte ad un controllo teso a semplificare l'andamento in base alla morfologia del terreno correggendo quelle situazioni "locali" di piccola estensione.

Non sono state considerate le problematiche legate al drenaggio delle singole zone di territorio.

Le pericolosità



Lo studio ha poi individuato alcuni possibili interventi di mitigazione da esprimere nei vari condizionamenti di fattibilità



IL PGRA- alcuni concetti

Gestione del rischio idraulico: per gestione del rischio idraulico si intendono le azioni volte a mitigare i danni conseguenti a fenomeni alluvionali. La gestione può essere attuata attraverso interventi tesi a ridurre la pericolosità e interventi tesi a ridurre la vulnerabilità degli elementi a rischio anche mediante azioni di difesa locale e piani di gestione dell'opera collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovracomunale, rispettando le condizioni di funzionalità idraulica; in altri termini la gestione del rischio si attua attraverso azioni volte ad abbattere in maniera significativa gli effetti negativi - rispetto ad un evento di riferimento che può anche variare in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua considerato - in particolare su vita umana, insediamenti ed attività, beni ambientali e culturali. Agli effetti del PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone di norma si considera come evento di riferimento quello connesso con un tempo di ritorno uguale a 200 anni. La gestione del rischio può essere perseguita, qualora ve ne siano i presupposti e le condizioni giuridiche, anche attraverso azioni tali da ripartire eventuali effetti negativi su aree in cui, a parità di pericolosità, si ha presenza di elementi a rischio di minor valore.

Il PGRA disciplina con specifiche norme le tipologie di intervento per le varie classi di pericolosità

Art. 7. Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Norme

Nelle aree P3, per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi 2 e 3.

Nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

- a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;
- b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;
- c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonchè degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;
- d) nuovi interventi relativi alla rete infrastrutturale primaria, se non diversamente localizzabili;

e) nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi; nonché interventi di ampliamento, di ristrutturazione di tali impianti e infrastrutture.

Fatto salvo quanto previsto all'art. 14 comma 8, nelle aree P3 non sono consentite:

- a) previsioni di nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;
- b) previsioni di nuove aree destinate alla realizzazione di impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006;
- c) previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi e volumi interrati;

Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P3

Art. 8 – Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

Fermo quanto previsto all'art. 7 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi

«a) Sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica, alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive;

b) sono da evitare le previsioni e le realizzazioni di nuove edificazioni, salvo che non siano possibili localizzazioni alternative. In ogni caso, le previsioni di nuova edificazione non diversamente localizzabili sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.

c) le previsioni e realizzazioni di interventi di ristrutturazione urbanistica sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.»

Ulteriori condizionamenti sono rimandati ad un regolamento regionale che è stato tradotto nella LR 41/2018.

Una novità...

Art. 12– Aree a pericolosità e sistemi arginali 1. Nelle porzioni di territorio presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle piene, al fine di limitare i danni in caso di collasso, gli strumenti urbanistici dei Comuni individuano le fasce di inedificabilità sulla base di criteri stabiliti dalla Regione, ai sensi dell'articolo 26.

Art. 26 Disposizione transitoria

2. Fermo restando il rispetto della normativa statale, entro 3 mesi dall'approvazione del PGRA la Regione stabilisce i criteri per l'individuazione delle fasce di inedificabilità di cui all'articolo 12, nelle porzioni di territorio presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle piene, al fine di limitare i danni in caso di collasso. In base a tali criteri i Comuni individuano dette fasce nei propri strumenti urbanistici.

La LR 41/2018

Sostituisce la LR 21/2012 confermando i nuovi concetti legati alla gestione del rischio già introdotti nel PGRA.

«la gestione del rischio di alluvioni è l'insieme delle azioni volte a mitigare i danni conseguenti alle alluvioni ed è attuata attraverso interventi volti a ridurre la pericolosità e l'entità del fenomeno alluvionale, nonché la vulnerabilità dell'elemento soggetto ad allagamenti»

Le opere necessarie per la gestione del rischio di alluvioni sono individuate dai Comuni nei propri strumenti urbanistici secondo criteri di appropriatezza tenendo in considerazione i costi ed i benefici di natura economico ed ambientale

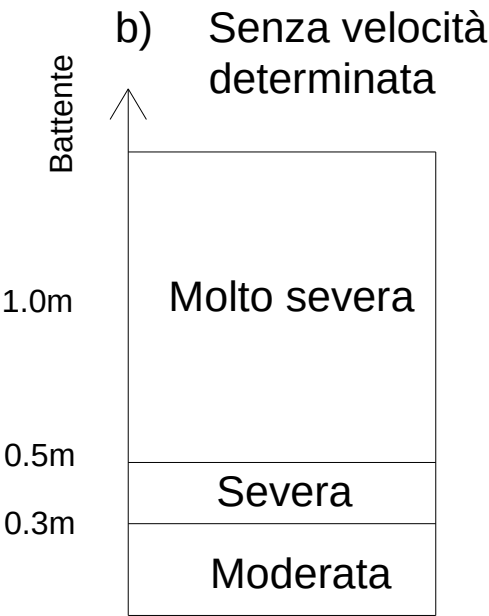
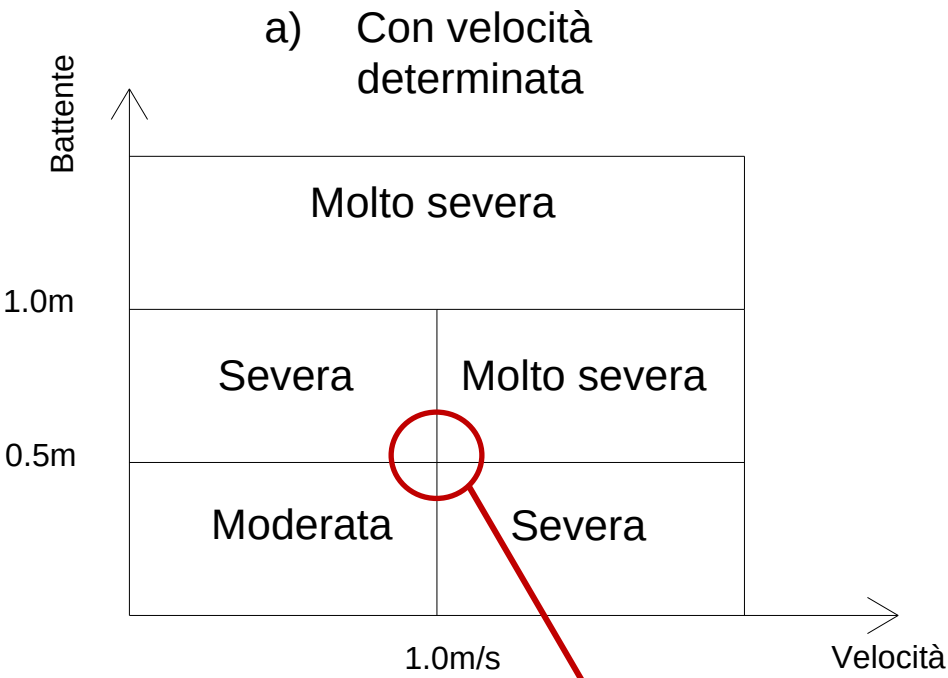
La LR 41/2018

Importanti sono le definizioni (art 2)

- a. “scenario per alluvioni frequenti”: lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera c), del d.lg s. 49/2010, individuato negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a trenta anni;
- b. “scenario per alluvioni poco frequenti”: lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera b). del d.lgs. 49/2010 , individuato negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a duecento anni;
- c. “pericolosità da alluvione”: la probabilità di accadimento di un evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato;
- d. “aree a pericolosità per alluvioni frequenti”: le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità per alluvioni elevata;
- e. “aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti”: le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media;

- f. “battente”: l'altezza della lama d'acqua in una determinata area associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti;
- g. “gestione del rischio di alluvioni”: le azioni e le misure volte a ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche;
- h. “**magnitudo idraulica**”: la combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle **alluvioni poco frequenti**:
- h1. “magnitudo idraulica moderata”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- h2. “magnitudo idraulica severa”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- h3. “magnitudo idraulica molto severa”: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri;

La sintesi dello schema delle magnitudo

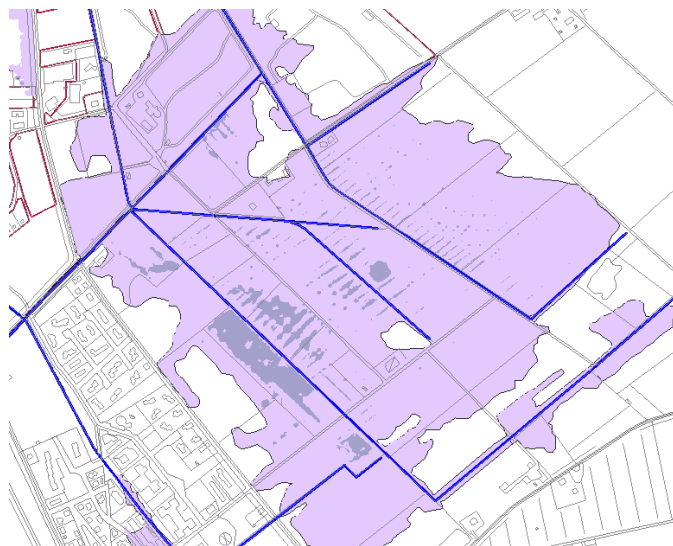
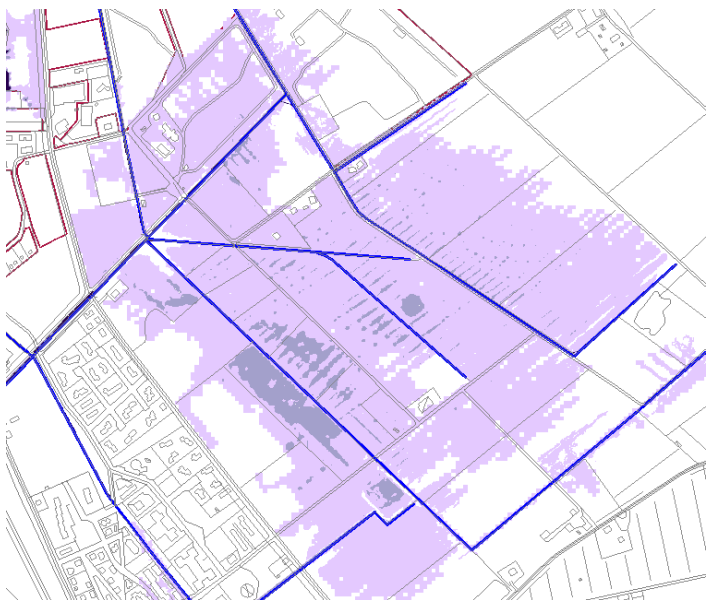
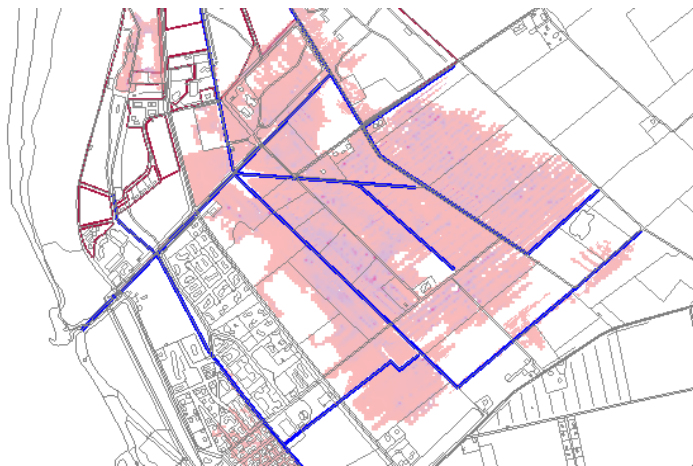
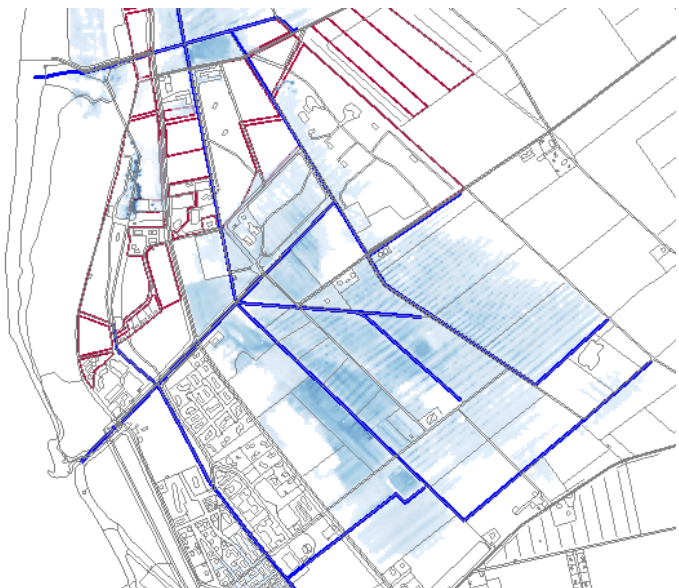


Una piccola variazione di velocità o battente fa passare da una estremo all'altro di magnitudo

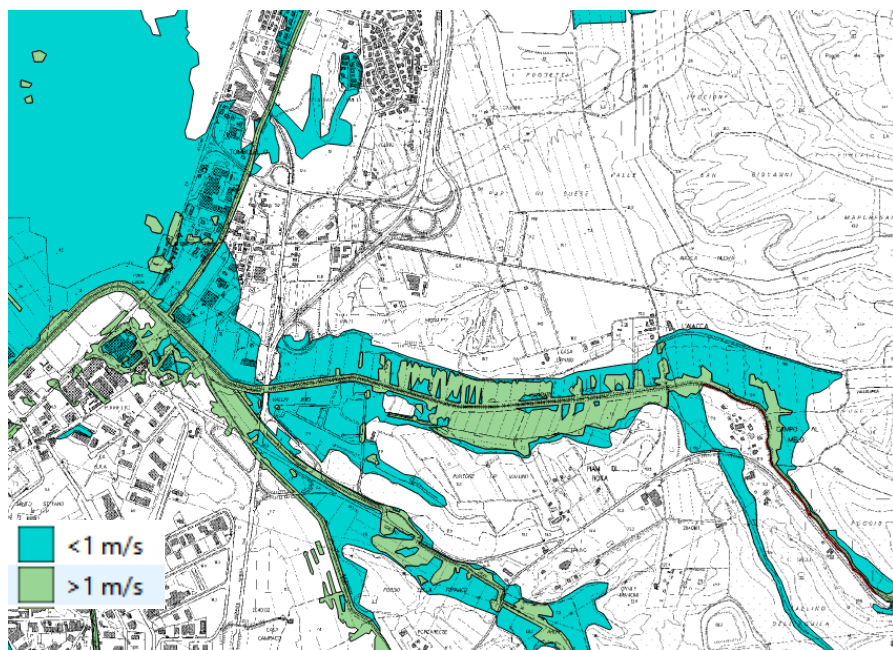
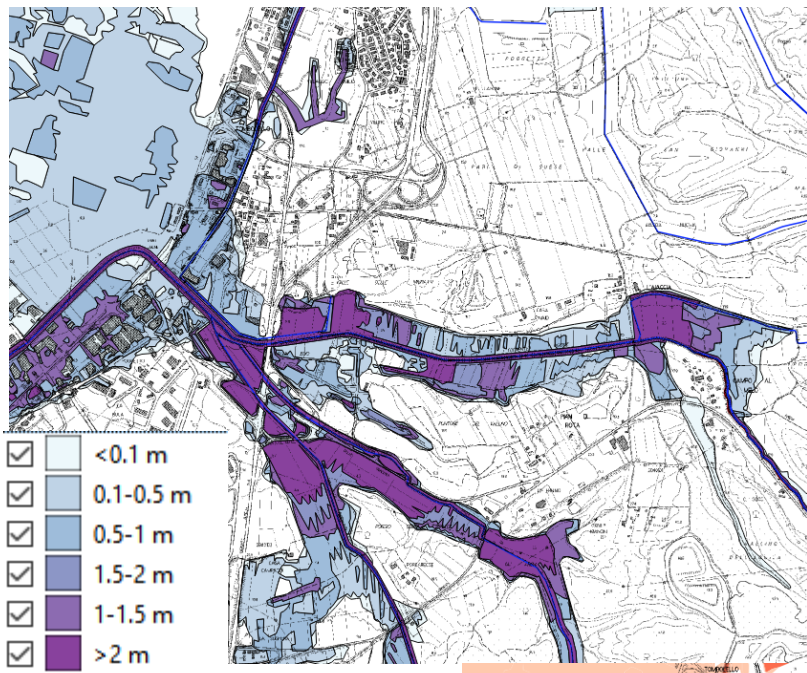
Uno dei problemi della magnitudo è come rappresentarla...due le strade:

1. Direttamente dai risultati del modello in genere restituiti in forma di raster su celle con dimensioni pari a quelle del modello. Si costruisce un'espressione condizionale che fornisce direttamente il valore della magnitudo cella per cella. Problemi:
 - celle adiacenti possono avere valori di magnitudo estremamente diversi...difficile gestione dal punto di vista delle fattibilità
 - Come si trattano le aree classificate a pericolosità ma di cui non si hanno valori di battente e/o di velocità?
2. Discretizzando all'origine battenti e velocità assegnando per tutte le porzioni in pericolosità da alluvioni poco frequente (Tr200) un battente ed una velocità omogeneizzando il tutto. E' una procedura più soggettiva che dovrà essere concordata con l'autorità idraulica competente ma che rende più facile la gestione dei risultati

1)



2)



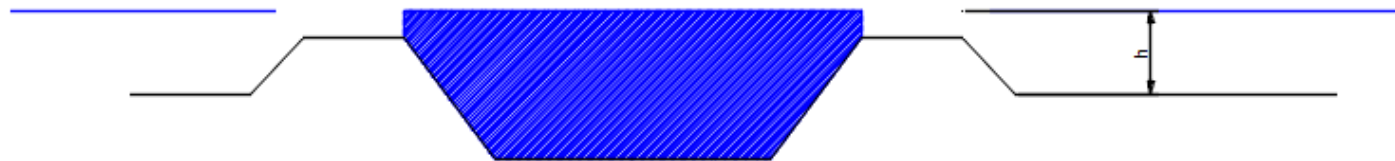
Ed in assenza di battenti?

Art 18 Comma 2

Nelle more dell'adeguamento degli strumenti di pianificazione territoriale o urbanistica comunali alle mappe di pericolosità e rischio di alluvione di cui al d.lgs. 49/2010, si assume come battente di riferimento, qualora non determinato:

- a) il battente corrispondente alla quota in alveo della superficie dell'acqua dell'evento alluvionale poco frequente, valutata rispetto al livello del mare;
- b) nei casi in cui non sia determinabile la quota in alveo della superficie dell'acqua dell'evento alluvionale poco frequente, il battente pari a 2 metri.

Quota in alveo conosciuta



Quota in alveo sconosciuta



Alcune novità:

Nuova classificazione delle pericolosità

Evento	DPGR 53/R	PGRA	LR41
Tr<30 anni	I4 molto elevata	P3 Elevata	Alluvioni frequenti
30<Tr<200	I3 elevata	P2 Media	Alluvioni poco frequenti
200<Tr<500	I2 media	P1 Bassa	
Senza TR	I1 bassa		

Il rischio...questo sconosciuto

La definizione di norma è «la combinazione della probabilità di accadimento di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche derivanti da tale Evento».

In letteratura è definito come prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento.

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

- **P** (*pericolosità*): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- **E** (*elementi esposti*): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- **V** (*vulnerabilità*): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- **Dp** (*danno potenziale*): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- **R** (*rischio*): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Come determinare gli elementi esposti?

Si individuano 4 macrocategorie

- Popolazione;
- attività economiche;
- beni culturali-archeologici;
- beni ambientali

In generale gli elementi esposti sono ben rappresentati dalle classi di uso del suolo

ID	NOME
1	Residenziale (comprende tutti gli elementi afferenti al tessuto urbano ad eccezione di quelli di cui al punto 3,4,8,9) <i>CLC classi 1.1.1, 1.1.2, 1.3.3, 1.4.1, 1.4.2</i>
2	Commerciale (comprese quelle artigianali) non ricadenti nella categoria 1 e industriale (comprese aree estrattive) <i>CLC classi 1.2.1, 1.3.1</i>
3	Strutture ospedaliere, sanitarie, assistenza sociale, (ospedali, case di cura, case di accoglienza per anziani, disabili, portatori di handicap, ecc..), scuole e università
4	Edifici sede di servizi pubblici essenziali ⁵ (municipi, carceri, caserme, prefetture, ecc., non ricadenti nelle categorie 1 e 3)
5	Agricolo specializzato (superfici agricole seminate, permanenti ed eterogenee) <i>CLC classi 2.1, 2.2, 2.4.</i>
6	Agricolo non specializzato (aree boscate, prati, pascoli) <i>CLC classi 2.3, 3.</i>
7	Turistico-Ricreativo (campeggi, stabilimenti balneari, piste da sci, cinema, teatri, centri polifunzionali, pesca sportiva, ecc., non ricadenti nella categoria 1)

Alcuni approfondimenti specifici possono essere fatte altre attraverso altre fonti

La popolazione interessata (numero di abitanti- fonte censimenti ISTAT) può essere effettuata intersecando le celle censuarie con i poligoni delle aree inondabili e, in caso di parziale intersezione, calcolando il numero di persone potenzialmente affette come numero totale di abitanti assegnati alla sezione censuaria x la percentuale di area interessata.

Per determinare beni culturali/archeologici si può fare riferimento ai dati del Ministero per i Beni e le Attività Culturali(MIBAC) eventualmente integrati da fonti regionali e provinciali

E il danno?

L'analisi del danno (D), quindi, viene effettuata secondo le 4 macrocategorie: popolazione (Dp), attività economiche (De), beni culturali-archeologici (Dc), beni ambientali (Da). Inoltre ciascuna componente di danno viene valutata nelle singole classi di uso del suolo.

L'unità di calcolo del danno è la cella di dimensioni dipendenti dalla risoluzione del DEM utilizzato per descrivere le quote del terreno (o della mesh di calcolo). Ad ogni cella sarà associato un valore di velocità, di altezza idrica (dipendenti dallo scenario di pericolosità che si sta considerando) e di uso del suolo.

Per ogni scenario di pericolosità verranno quindi generati 4 grid corrispondenti alle 4 tipologie di danno derivanti dalle corrispondenti macrocategorie di elementi a rischio

A titolo di esempio..il danno per la popolazione.
Occorre verificare quali sono i rapporti tra h e v che sono pericolosi per le persone.

Lo studio Britannico del Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) individua questa classificazione

$$Flood\ Hazard\ Rating = h\ (v + 0.5) + DF$$

<i>h</i> * (<i>v</i> +0.5)	Grado di pericolo da inondazione	Descrizione
< 0.75	Basso	<i>Cautela</i> "Zone inondate da acque fluenti con basso tirante o da acque ferme ma profonde"
0.75 ÷ 1.25	Moderato	<i>Pericoloso per qualcuno (bambini)</i> "Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"
1.25 ÷ 2.5	Significativo	<i>Pericoloso per la maggior parte delle persone</i> "Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"
> 2.5	Estremo	<i>Pericoloso per chiunque</i> "Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"

<i>h</i>	Pascolo/Agricolo	Bosco	Urbano
0 ÷ 0.25m	0	0	0
0.25 ÷ 0.75m	0	0.5	1
<i>h</i> > 0.75m e/o <i>v</i> > 2m/s	0.5	1	1

E questa relazione per la vulnerabilità

$$Vp\ (h,v) = 0$$
$$Vp\ (h,v) = [h\ (v+0.5)] + 0.25$$

per $h \leq 0.25\ m$

per $h > 0.25\ m$

Nota la vulnerabilità il danno è ottenuto moltiplicando per il valore dell'elemento esposto. In questo caso la prassi è considerare la densità abitativa e la durata della presenza umana nell'arco delle 24 ore con coefficienti relativi

Limiti classe (abitanti/km ²)	Fattore di densità
1 - 40	0.9
40 - 80	0.93
80 - 140	0.95
140 - 320	0.98
> 320	1

ID classe uso suolo	Nome classe uso del suolo	Stima durata (ore)	Fattore di durata
1	Residenziale	24	1
2	Commerciale e industriale	12	0.5
3	Strutture ospedaliere, sanitarie, assistenza sociale, scuole e università	24	1
4	Edifici sede di servizi pubblici essenziali	24	1
5	Agricolo specializzato	4	0.2
6	Agricolo non specializzato	2	0.1
7	Turistico-Ricreativo	10	0.4
8	Reti di comunicazione e trasporto primarie	24	1
9	Reti di comunicazione e trasporto secondarie	12	0.5
10	Reti tecnologiche e di servizio	-	-
11	Strutture e impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto, tecnologiche e di servizio	8	0.3

Analogamente si possono determinare vulnerabilità e valore dell'elemento esposto per le altre macroaree

Per valutare il rischio totale si provvede in primo luogo per ogni scenario di pericolosità a sovrapporre i 4 grid di danno assumendo cautelativamente che ad una data cella i-esima il danno associato sia il massimo fra i 4 valori possibili

CLASSE – DEFINIZIONE DEL RISCHIO	Valori di R_i	COLORE	R	G	B
moderato (R1): per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali	$0 < R_i \leq 0.25$		245	245	0
medio (R2): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche	$0.25 < R_i \leq 0.50$		245	122	0
elevato (R3): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;	$0.50 < R_i \leq 0.75$		200	0	0
molto elevato (R4): per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socioeconomiche.	$0.75 < R_i \leq 1$		112	48	160

La norma individua una serie di casistiche di intervento

Art. 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:
 - a. opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
 - b. opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
 - c. opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
 - d. interventi di difesa locale.

Le differenze:

- a. Opere idrauliche per ELIMINARE gli allagamenti
- b. Opere idrauliche per RIDURRE gli allagamenti fino a magnitudo moderata ($H \leq 0,5 \text{ m}$ $V \leq 1 \text{ m/s}$) accompagnata da sopraelevazione e non aggravio in altre aree
- c. Sopraelevazione
- d. Difesa locale

Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:

- a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;
- b) opere o interventi diretti a trasferire in altre aree gli effetti idraulici conseguenti alla realizzazione della trasformazione urbanistico-edilizia, a condizione che:
 - 1. nell'area di destinazione non si incrementi la classe di magnitudo idraulica;
 - 2. sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate e il comune prima della realizzazione dell'intervento.

3. Le opere o interventi di cui al comma 2, lettera b) (ovvero trasferimenti in altre aree degli effetti idraulici), sono previste negli strumenti urbanistici e sono realizzate **previa verifica di compatibilità idraulica effettuata dalla struttura regionale competente in relazione al titolo abilitativo di riferimento.**

4. Le opere idrauliche di cui al comma 1, lettere a) e b) (ndr. drenaggio e trasferimenti) , sono realizzate prima o contestualmente all'attuazione della trasformazione urbanistico-edilizia.

L'attestazione di agibilità degli immobili oggetto delle trasformazioni urbanistico-edilizie è subordinata al collaudo di tali opere idrauliche

Ai fini della fattibilità la norma fa una distinzione tra interventi nel perimetro urbanizzato (art. 11, 12 e 13) ed interventi al di fuori del perimetro urbanizzato (art.15)

Interventi nel perimetro urbanizzato

	Alluvioni frequenti			Alluvioni poco frequenti		
	Molto severa	Severa	Moderata	Molto severa	Severa	Moderata
Art. 11 (e 14)						
Nuove costruzioni fuori dalle aree presidiate da sistemi arginali	a - b	a - b	a - b	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Nuove costruzioni nelle aree presidiate da sistemi arginali (art. 14)	a - b - gestione rischio nel PCPT	a - b - gestione rischio nel PCPT	a - b - gestione rischio nel PCPT	a - b - c - gestione rischio nel PCPT	a - b - c - gestione rischio nel PCPT	a - b - c - gestione rischio nel PCPT
Volumi interrati	a	a	a	a - b (senza sopraelevazione) + R2	a - b (senza sopraelevazione) + R2	R2
Art. 12 (patrimonio edilizio esistente)						
Incrementi volumetrici (anche per nuovo manufatto connesso a intervento di recupero)	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Incrementi volumetrici "trasparenti" alle inondazioni	V	V	V	V	V	V
Demolizione e ricostruzione senza aumenti volumetrici	d	d	d	d	d	d
Interventi su parti con calpestio sotto il battente che modificano l'involucro esposto	d	d		d	d	
Mutamenti d'uso a residenziale o pernottamento con calpestio sotto il battente	a - b	a - b	a - b	a - b - c	a - b - c	
Frazionamenti residenziali o pernottamento con calpestio sotto il battente	a - b	a - b	a - b			
Mutamenti d'uso a residenziale o pernottamento interrati	X	X	X	X	X	X
Frazionamenti residenziali o pernottamento interrati	X	X	X	X	X	X

Interventi nel perimetro urbanizzato

	Alluvioni frequenti			Alluvioni poco frequenti		
	Molto severa	Severa	Moderata	Molto severa	Severa	Moderata
Art. 13						
Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e pertinenza	a - b - c	a - b - c	a - b - c	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione
Adeguamento e ampliamento infrastrutture a sviluppo lineare	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione
Itinerari ciclopedonali	Non aggravio, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, regole d'uso per alluvione
Parcheggi in superficie	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione	Non aggravio, R2, regole d'uso per alluvione
Reti acqua, gas, energia, fognature e loro adeguamento e ampliamento	Non aggravio	Non aggravio	Non aggravio	Non aggravio	Non aggravio	Non aggravio
Impianti produzione energia da fonti rinnovabili e loro adeguamento e ampliamento	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Impianti potabilizzazione e depuratori	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Adeguamento e ampliamento di Impianti potabilizzazione e depuratori	a - b - c - d	a - b - c - d	a - b - c - d	a - b - c - d	a - b - c - d	a - b - c - d
Sottopassi	a	a	a	Se non delocalizzabili + non aggravio + R2 + regole d'uso per alluvione	Se non delocalizzabili + non aggravio + R2 + regole d'uso per alluvione	Se non delocalizzabili + non aggravio + R2 + regole d'uso per alluvione

Interventi al di fuori del perimetro urbanizzato

	Alluvioni frequenti			Alluvioni poco frequenti		
	Molto severa	Severa	Moderata	Molto severa	Severa	Moderata
Art. 16						
Nuove costruzioni	a - b*	a - b*	a - b*	a - b	a - b	a-b-c*
Nuovi edifici rurali	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Infrastrutture lineari e relative pertinenze	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c	a - b - c
Nuovi annessi agricoli	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione	No ostacolo al deflusso e no sottrazione volume laminazione

Più in generale «gli **interventi edilizi sono realizzati alle condizioni degli articoli 10, 11, 12 e 13**, ad eccezione di quanto disposto dal presente articolo»

FINE

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!