Comune di Asciano
Fabrizio Nucci *Sindaco*

Comune di Rapolano Terme
Alessandro Starnini *Sindaco*

Responsabile Unico del Procedimento
Rolando Valentini

Garante dell'Informazione e della Partecipazione
Maria Alice Fiordiponti

Ufficio di Piano e Progettazione Urbanistica
Rolando Valentini *coordinamento*
Leonardo Carta
Laura Tavanti

Collaboratori
Gabriele Giardini
Caterina Machetti
Sauro Malentacchi

Silvia Bertocci
Manuela Fontanive
Alessia Neri
Patrizia Sodi

Valutazione Ambientale Strategica
Annalisa Pirrello
Lucia Ninno - *collaboratore*

Agricoltura, Foreste e Biodiversità
Elena Lanzi
Andrea Vatteroni - *collaboratore*

Indagini Geologico-Tecniche
Michele Sani - Terra & Opere srl
Andrea Caselli - *collaboratore*

Indagini Idrologico-Idrauliche
Alessio Gabbrielli

Archeologia
Cristina Felici - Archeo Tech and Survey srl
Francesco Brogi - collaboratore

Partecipazione e Comunicazione
Anna Lisa Pecoriello - MHC Progetto territorio
Adalgisa Rubino - MHC Progetto territorio

Collaudatore dei dati
Luca Gentili - LdP progetti gis

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA PARTE B

PREMESSA GENERALE 4

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI ED AREE A PERICOLOSITA' 5

PUNTO 1 5
PUNTO 2 5
PUNTO 3 8
PUNTO 4 8
PUNTO 5 9
PUNTO 6 9
PUNTO 7 10
PUNTO 8 12
PUNTO 9 14
PUNTO 10 15

MODELLO ASCIANO 16

PUNTO 11 16
PUNTO 12 16
PUNTO 13 18
PUNTO 14 19
PUNTO 15 24
PUNTO 16 24
PUNTO 17 25

NUOVO MODELLO SENTINO 26

PREMESSA **26**

INQUADRAMENTO GENERALE **26**
Territorio e corsi d'acqua oggetto di studio 27
Studi idraulici pregressi 33

IDROLOGIA **35**
I bacini idrografici 35

Il regime di precipitazione 36
La depurazione delle piogge 38
La trasformazione afflussi-deflussi 39
Gli idrogrammi di piena 41

IDRAULICA 55
Cenni preliminari e approccio modellistico 55
La geometria del modello 56
Il modello monodimensionale d'alveo 56
La base bidimensionale 59
Ulteriori parametrizzazioni e condizioni al contorno 61
Restituzione dei risultati della modellazione 63
Considerazioni finali 72

ALLEGATI 74

PREMESSA GENERALE

La presente relazione è redatta in risposta alla richiesta di integrazioni n. 300446 trasmessa dal Settore Genio Civile Toscana Sud al Comune di Asciano (assunta a prot. n. 15491 del 23/11/2021) in qualità di ente capofila del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Asciano e Rapolano Terme.

Essa è denominata **Integrazioni studi idraulici PS – PARTE B** in quanto fa seguito ad una prima parziale risposta alla richiesta di integrazioni anzidetta, denominata **PARTE A**, e riguardante esclusivamente lo studio idrologico-idraulico sul Borro delle Ripi nel Comune di Rapolano Terme.

Le integrazioni sul Borro delle Ripi (**PARTE A**) sono state anticipate da parte del Comune di Asciano con nota Prot. n. 2022/3849 del 31/03/2022 in quanto allora urgeva una risposta definitiva riguardo lo studio sul Borro delle Ripi dal momento che tale studio era stato utilizzato come base per il *Progetto dei lavori per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Rapolano Terme, con realizzazione di difese spondali, riprofilature ed opere accessorie del Borro delle Ripi e Borro Madonna a Colle*, perizia n. 188, che era in fase di redazione da parte del Consorzio di Bonifica Toscana Sud.

Detta risposta del Settore Genio Civile Toscana Sud alla **PARTE A** delle integrazioni è pervenuta al Comune di Asciano in data 29/04/2022 (assunta a Prot. n. 5118/2022), e recante l'esito favorevole del controllo.

Pertanto la presente relazione rappresenta il documento che completa le richieste di integrazioni originali relativamente agli studi idrologico-idraulici di supporto al Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Asciano e Rapolano Terme.

In particolare, questo documento tratta:

- Integrazioni su aspetti generali degli studi
- Integrazioni sul Modello Asciano (corsi d'acqua Bestina, Bestinino, Copra, Ombrone ed altri)
- Nuovo studio idrologico-idraulico del Borro del Sentino e suoi affluenti in Loc. Sentino, nel Comune di Rapolano Terme.

Le questioni inerenti la richiesta di integrazioni da parte del Genio Civile Toscana Sud sono state già a suo tempo trattate in alcuni incontri e colloqui, formali ed informali, con il Dirigente ed i Tecnici Istruttori, tenutisi successivamente alla trasmissione del parere originale.

La presente Relazione, e la documentazione allegata, fanno quindi seguito ed esplicitano quanto già condiviso in questi momenti di confronto, in analogia a quanto fatto nel primo documento di integrazioni (**Parte A**).

La trattazione che segue risponde singolarmente ed analiticamente a ciascuno dei punti richiamati nel parere originale.

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI ED AREE A PERICOLOSITA'

PUNTO 1

E' opportuno che nelle tavole di pericolosità idraulica venga evidenziato il reticolo idrografico di riferimento della LR79/12 e successivi aggiornamenti.

Nelle tavole di pericolosità idraulica, o pericolosità per alluvione, depositate in prima istanza, nonché in tutte le altre carte tematiche (battenti, velocità, magnitudo idraulica), il reticolo idrografico era già rappresentato.

Probabilmente è stata scelta una colorazione che non ne permetteva facilmente la distinzione rispetto al reticolo riportato sulla C.T.R. 1:10.000, pertanto in questa nuova trasmissione degli elaborati aggiornati si è provveduto a scegliere una rappresentazione grafica migliore che ne consenta l'individuazione.

La versione del reticolo idrografico regionale ivi riportata è quella di cui alla D.C.R. 81/2021.

PUNTO 2

Per una porzione di territorio (tav. G.18 quadrante I) sono state individuate le aree di fondovalle fluviale, che sono state fatte corrispondere alle attuali perimetrazioni di pericolosità da alluvione bassa (P1) del P.G.R.A. Si chiede di verificare le perimetrazioni per "gli ambiti di fondovalle" secondo i criteri illustrati al parag. B4 dell'allegato alla DGRT 31/20.
Si fa presente che tali ambiti devono essere individuati per i corsi d'acqua appartenenti al reticolo della LR79/12, esterni al territorio urbanizzato e se non interessati da aree a pericolosità del PGRA. Su tali basi si chiede di rivedere se ricorrono tali condizioni per la definizione degli ambiti di fondovalle su alcuni tratti del reticolo idrografico.
Per le aree presidiate da sistemi arginali si ritiene opportuno che venga fatta una ricognizione del territorio in modo da individuare le arginature effettivamente presenti sul territorio, considerando le strutture che effettivamente possono fornire una certa protezione dai deflussi di piena.

Tra gli elaborati depositati vi era la *Tav. G.18*, quadrante 1, come unica tavola inerente le aree presidiate da sistemi arginali comprensiva delle aree di fondovalle fluviale (elaborato obbligatorio per i Piani Strutturali ai sensi dell'Allegato A della D.G.R. 31/2020, punto 2.2).

Infatti sui territori di Asciano e Rapolano Terme non erano presenti sistemi arginali riconosciuti e/o classificati ad eccezione dei due tronchi arginali individuati in *Tav. G.18*, quadrante I, posti in sinistra idraulica del Torrente Arbia, in territorio aperto.

La ricognizione sul territorio richiamata dal parere era già stata effettuata prima della redazione della suddetta carta, limitandosi alle aree urbanizzate o in prossimità di esse (d'altra parte, il territorio dei due Comuni è estremamente vasto ma scarsamente urbanizzato).

Nessun sistema arginale propriamente detto è stato individuato, fatta eccezione per sporadiche strutture simil-arginali di contenimento, di modeste dimensioni e dubbia capacità di effettiva

protezione, o brevi tratti parzialmente protetti da muri di sponda.

Di seguito si riportano due esempi di potenziali strutture arginali, poste rispettivamente lungo il Borro delle Ripi in Comune di Rapolano Terme e lungo il Borro Bestina in Comune di Asciano.

Questa fotografia mostra un piccolo arginello posto in sinistra del Borro delle Ripi in adiacenza al parcheggio del centro termale “Antica Querciolaia”; esso presenta una lunghezza di qualche decina di metri a partire dal rilevato ferroviario di monte, un’altezza modesta sul piano campagna ed una larghezza in sommità di circa 1 metro, e va gradualmente a restringersi ed abbassarsi.

La capacità di contenimento di questa struttura è modesta (il parcheggio è comunque allagabile per effetto delle fuoriuscite che si verificano più a valle), pertanto non si è ritenuto che esso possa essere considerato un sistema arginale, né che l’area adiacente possa essere considerata come presidiata dallo stesso.

Questo secondo esempio riguarda il Borro Bestina nel tratto a monte di Via dei Martiri della Libertà, dove ha inizio il tratto tombato con confluenza con il Borro Bestinino.

Si nota come la sponda sinistra sia caratterizzata da una prominenza che va accentuandosi verso valle, che può garantire una certa protezione dalle possibili fuoriuscite in sinistra; contestualmente, in destra idraulica, è presente un muro di sponda con parapetto rialzato di qualche decina di centimetri.

Dal momento che gli studi idraulici dimostrano che tali possibili strutture arginali non garantiscono il pieno contenimento delle portate di piena, tenuto anche conto delle loro modeste dimensioni e modesto sviluppo longitudinale, si è ritenuto di non assimilare questi elementi a sistemi arginali.

Sul territorio possono essere presenti altri casi di strutture come queste, ma l'inclusione tra i sistemi arginali ed il tracciamento a loro fianco di aree potenzialmente presidiate (per un'estensione di 300 mt, come previsto dalla D.G.R.) sono da ritenersi forzati e probabilmente fuorvianti, anche tenuto conto delle finalità di Protezione Civile dell'elaborato in questione.

Inoltre si fa presente che il nuovo censimento delle opere idrauliche di cui alla D.G.R. n. 1155 del 08/11/2021 (successivo al primo deposito) ha addirittura tolto le suddette strutture arginali lungo il Torrente Arbia dalle opere classificate.

Pertanto, allo stato attuale, ritenendo di dover escludere le opere minori per le motivazioni appena espresse, ed escludendo anche i due tronchi arginali lungo il Torrente Arbia in quanto declassati dal recente censimento, si rileva la totale assenza di aree presidiate da sistemi arginali sui territori di Asciano e Rapolano Terme.

L'elaborato *Tav. G.18*, quadrante 1, riportava anche le aree di fondovalle fluviale, fatte corrispondere al complesso delle aree a pericolosità da alluvione del P.G.R.A. (P1+P2+P3).

Questa assegnazione, come giustamente indicato nel parere, non risulta propriamente corretta, in quanto non corrispondente alla definizione di cui al punto B.4 dell'Allegato A alla D.G.R. 31/2020.

Tale mappatura, però, è stata adottata esclusivamente come "riempitivo" di un elaborato altrimenti privo di informazioni e contenuti.

Tornando però alla definizione precisa di *aree di fondovalle fluviale* come da punto B.4, ovvero escludendo le aree già mappate dal P.G.R.A. ed esterne al territorio urbanizzato, si osserva che, per il territorio in esame, non vi sia alcuna zona definibile come tale.

Infatti le aree a pericolosità del P.G.R.A., nella "somma" tra P3, P2 e P1, coprono interamente le zone di fondovalle, pianeggianti o simil-pianeggiante, anche con semplici *buffer* o perimetrazioni su criteri morfologici.

Le restanti aree non mappate dal P.G.R.A. ed esterne al territorio urbanizzato riguardano esclusivamente zone collinari, quindi non di fondovalle, attraversate da corsi d'acqua in prevalenza incassati.

In conclusione, alla luce delle considerazioni fin qui riportate sia per quanto riguarda i sistemi arginali che le aree di fondovalle fluviale, si ritiene non tanto di dover integrare gli elaborati contrassegnati con il codice *G.18*, bensì piuttosto di eliminare detti elaborati dal Piano Strutturale per assenza di contenuto specifico.

PUNTO 3

Per gli studi idraulici deve essere acquisito il parere preliminare del Distretto Appennino Settentrionale sulle condizioni a contorno/idrologia come previsto dall'Accordo approvato con DGRT n.166 del 17 febbraio 2020.

Come già noto al Settore Genio Civile Toscana Sud, il parere del Distretto Appennino Settentrionale circa le condizioni al contorno/idrologia è già stato rilasciato, come conseguenza di quanto convenuto nella riunione di coordinamento tra Distretto Appennino Settentrionale, Genio Civile Toscana Sud e Comuni di Asciano e Rapolano Terme del 17/06/2020.

PUNTO 4

Ai fini dell'aggiornamento delle mappe di P.G.R.A. relativamente ai nuovi studi è necessario che vengano studiati i corsi d'acqua a scala di sottobacino in base a quanto stabilito dall'art. 14 comma 6 delle norme di P.G.R.A.

L'art. 14 comma 6 della Disciplina del P.G.R.A. prevede che gli studi sui corsi d'acqua del reticolo secondario *dovranno interessare l'intero sottobacino o insieme di sottobacini di cui si ritiene necessaria la revisione*.

Allo stesso tempo il punto B.4 della D.G.R. 31/2020 prevede che *gli elementi conoscitivi per la valutazione degli aspetti idraulici si riferiscono al reticolo idrografico individuato dalla Regione ai sensi dell'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r.79/2012, interferente con il territorio urbanizzato e alle mappe di pericolosità da alluvione come definite dall'articolo 2 della l.r.41/2018 (da ora in poi definite "mappe di pericolosità da alluvione")*.

Gli studi compiuti sul reticolo idrografico di Asciano e Rapolano Terme hanno riguardato i medesimi bacini e corsi d'acqua studiati a supporto degli strumenti urbanistici precedenti, o loro Varianti, alcuni dei quali approvati quando la Disciplina del P.G.R.A. era già in vigore (si pensi al R.U. di Asciano, 2007, o alla Variante al R.U. per l'area del Sentino, Rapolano Terme, del 2019).

In alcuni casi (Borro delle Ripi a Rapolano Terme) i nuovi studi riguardano anche un tratto più esteso di asta.

Le modellazioni idrauliche dei corsi d'acqua interferenti con l'abitato di Asciano (Bestina, Bestinino, Copra etc), con l'abitato di Rapolano Terme (Borro delle Ripi ed affluenti) e con l'area artigianale del Sentino, a Rapolano Terme (Torrente Sentino ed affluenti), interessano tratti d'asta che si aprono a monte dei rispettivi territori urbanizzati e si chiudono a valle di essi.

Inoltre, dal punto di vista idrologico, in questi studi sono stati considerati tutti i contributi effettivi, anche da parte di affluenti minori non interferenti con i territori urbanizzati, coprendo quindi l'intero bacino di studio.

Ritenendo necessaria la revisione delle mappe di P.G.R.A. solo per il territorio urbanizzato, come

richiesto anche dalla D.G.R. sopracitata, l'estensione degli studi condotti è da considerarsi appropriata e pienamente esaustiva al fine della rappresentazione dei fenomeni esondativi sulle aree di interesse urbanistico dei due Comuni.

PUNTO 5

Sempre in funzione dell'aggiornamento delle mappe di P.G.R.A. occorre che vengano forniti tutti i dati elencati nell'allegato 3 delle norme di P.G.R.A. compresi i dati topografici.

In relazione alla suddetta richiesta, si conferma che a conclusione dell'istruttoria circa gli studi idrologico-idraulici di supporto al Piano Strutturale Intercomunale, quindi una volta che gli elaborati prodotti potranno essere considerati definitivi, si provvederà all'inoltro al Distretto Appennino Settentrionale e al Genio Civile Toscana Sud dei dati e del materiale richiesto dall'Allegato 3 alla Disciplina del P.G.R.A.

PUNTO 6

Per l'area del Sentino, nella relazione idraulica viene dichiarato che il comune con D.C.C. n. 58 del 29 Luglio 2021 ha revocato lo studio di Sorgente Ingegneria Studio Tecnico Associato, Ing. Leonardo Marini, 2019. Nelle mappe di pericolosità vengono recepite le perimetrazioni del PGRA approvate nell'ambito del RU (nota dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno prot. n. 5397 del 24/12/08 e nota del Comitato Tecnico del Bacino Regionale Ombrone prot. n. 4836 del 10/04/09). Tali studi dovranno quindi essere integrati secondo quanto previsto dalla LR41/18 e sulla base del reticolo idrografico aggiornato.

In relazione alla revoca del precedente studio sull'area del Sentino ed al "ritorno" alle vigenti mappe di pericolosità del P.G.R.A. si ribadisce quanto anticipato nella **Relazione idrologico-idraulica** depositata (**G.20**), ovvero l'intenzione da parte del Comune di Rapolano Terme di provvedere alla redazione di un nuovo studio dei corsi d'acqua insistenti sull'area del Sentino, uniformandosi ai criteri di cui agli altri studi del Piano Strutturale intercomunale.

Pertanto non vengono predisposte le integrazioni richieste nel parere, bensì proposto un nuovo studio idrologico-idraulico integrale sull'area in questione e sostitutivo dei precedenti, in aggiornamento del quadro conoscitivo.

I risultati di detto studio in termini di pericolosità da alluvione, battenti, velocità della corrente e magnitudo idraulica, sono riportati nei nuovi elaborati grafici allegati alla presente relazione, in sostituzione di quelli precedentemente depositati, ed i contenuti di questo nuovo lavoro sono argomentati in apposita sezione all'interno della presente relazione (*Nuovo Modello Sentino*), in modo analogo a quanto fatto per gli studi del *Modello Asciano* e *Modello Rapolano* di cui al deposito originale.

PUNTO 7

Si chiede di riportare in modo completo i dati di input utilizzati per i calcoli svolti.

Questa richiesta del parere del Settore Genio Civile Toscana Sud rientrava tra quelle di carattere generale, quindi rivolte sia agli studi sul Borro delle Ripi che quelli su Asciano.

Di seguito si riportano tutte le tabelle con i dati di input utilizzati nei calcoli idrologici per lo studio dei corsi d'acqua insistenti sull'abitato di Asciano, in analogia a quanto fatto nelle **Integrazioni studi idraulici PS – PARTE A** per il Borro delle Ripi ed affluenti.

Per quanto riguarda il nuovo studio sull'area del Sentino si rimanda alla relativa sezione della presente Relazione.

Come fatto nella **PARTE A**, alcune delle seguenti tabelle erano già riportate nella precedente Relazione (in calce a queste tabelle si riporta anche la numerazione e la descrizione della prima Relazione), un'altra è invece stata prodotta *ex novo*.

Bacino	Corso d'acqua di riferimento	Superficie (mq)
Bestina	Bestina	7.53
Bestinino	Bestinino	2.22
Rabatta	Rabatta	2.77
Copra	Copra	24.00
Casaccia	Casaccia	0.74
Ombrone	Ombrone	130.58
Int_bac1	Copra	0.12
Int_bac2	Bestina	0.71
Int_bac3	Bestina	1.16

*Tab. 2 **G.20** – Bacini idrografici Modello Asciano*

Bacino	metodo	30_1	30_2	30_3	30_4	30_5	30_6	200_1	200_2	200_3	200_4	200_5	200_6
Bestina	LSPP+	54.41	65.15	72.40	78.02	82.68	86.69	75.00	93.51	106.39	116.59	125.17	132.65
	LSPP	54.48	63.95	70.23	75.05	79.03	82.43	75.78	92.95	104.74	114.00	121.74	128.46
Bestinino	LSPP+	55.33	66.30	73.70	79.44	84.21	88.31	76.40	95.28	108.42	118.83	127.59	135.22
	LSPP	54.83	64.32	70.62	75.47	79.45	82.86	76.26	93.50	105.33	114.62	122.39	129.13
Casaccia	LSPP+	55.78	66.89	74.39	80.21	85.04	89.21	77.14	96.29	109.63	120.19	129.09	136.84
	LSPP	55.19	64.81	71.19	76.10	80.14	83.59	76.77	94.20	106.17	115.58	123.45	130.28
Copra	LSPP+	54.35	64.76	71.74	77.15	81.62	85.47	74.89	92.84	105.27	115.08	123.32	130.49
	LSPP	53.29	62.61	68.80	73.56	77.48	80.84	73.98	90.80	102.35	111.43	119.03	125.62
Int_bac1	LSPP+	55.80	67.15	74.70	80.56	85.42	89.61	77.51	96.79	110.23	120.87	129.84	137.65
	LSPP	54.57	64.41	70.96	76.01	80.18	83.75	75.91	93.62	105.83	115.45	123.52	130.52
Int_bac2	LSPP+	55.52	66.50	73.90	79.64	84.40	88.50	76.74	95.65	108.81	119.23	128.00	135.64
	LSPP	54.44	64.19	70.68	75.68	79.80	83.33	75.73	93.30	105.41	114.95	122.93	129.87
Int_bac3	LSPP+	54.90	65.67	72.92	78.54	83.20	87.21	75.67	94.16	107.01	117.17	125.72	133.16
	LSPP	54.15	63.63	69.93	74.77	78.76	82.17	75.33	92.49	104.29	113.56	121.32	128.05
Ombrone	LSPP+	58.55	70.81	79.14	85.64	91.04	95.71	81.31	102.55	117.45	129.33	139.36	148.13
	LSPP	57.63	68.36	75.54	81.09	85.68	89.62	80.15	99.36	112.67	123.17	131.99	139.66
Rabatta	LSPP+	53.88	64.32	71.34	76.78	81.28	85.16	73.97	91.83	104.22	114.00	122.23	129.38
	LSPP	53.81	62.98	69.05	73.71	77.54	80.82	74.85	91.54	102.98	111.96	119.46	125.95

*Tab. 3 **G.20** – Altezze di precipitazione Modello Asciano*

Bacino	*CN (III)*	*CN (III) da studio R.U.*
Bestina	90.99	*86.56*
Bestinino	92.02	*90.51*
Rabatta	89.63	*84.43*
Copra	90.62	*91.31*
Casaccia	88.63	*88.89*
Ombrone	86.53	*85.17*
Int_bac1	89.98	*84.75*
Int_bac2	92.17	*88.73*
Int_bac3	93.32	*89.85*

*Tab. 4 **G.20** – Valori medi del CN (III) per i bacini del Modello Asciano*

Bacino	t_c (h)	R
Bestina	1.63	1.09
Bestinino	1.96	1.31
Rabatta	1.61	1.07
Copra	1.98	1.32
Casaccia	0.58	0.39
Ombrone	5.55	3.70
Int_bac1	0.20	0.13
Int_bac2	0.35	0.23
Int_bac3	1.11	0.74

Tab. 5 ***G.20*** *– Tempi di corrivazione e coefficiente di invaso di Clark per i bacini del Modello Asciano*

Bacino	L max percorso (Km)	pendenza media (%)
Bestina	4.80	0.1095
Bestinino	3.36	0.0389
Rabatta	4.22	0.1023
Copra	8.69	0.1973
Casaccia	1.74	0.2069
Ombrone	26.34	0.2042
Int_bac1	0.37	0.1318
Int_bac2	0.79	0.1217
Int_bac3	1.66	0.0351

NUOVA TABELLA – Lunghezze dei massimi percorsi e pendenze medie dei bacini per calcolo tempi di corrivazione

PUNTO 8

Laddove si verifica la sovrapposizione di più pericolosità dovute a vari corsi d'acqua occorre, ove possibile, distinguere le pericolosità dovute da ciascun corso d'acqua, in modo da poter permettere di intervenire in modo graduale sul territorio eliminando le criticità laddove si ritengono prioritarie rispetto ad altre avendo ben chiari gli effetti degli interventi.

L'opportunità di simulare idraulicamente più corsi d'acqua ed eventi di piena sovrapposti in un all'interno di un contesto bidimensionale rappresenta un elemento di notevole progresso rispetto a quanto si poteva fare nel passato in cui gli strumenti a disposizione non consentivano di studiare sistemi fluviali dendritici con adeguati livelli di affidabilità, se non applicando semplificazioni ed approssimazioni.

Negli studi svolti, i sistemi idrografici di Asciano (Bestina, Bestinino, Copra e altri), Rapolano Terme (Borro delle Ripi ed affluenti) e, adesso, dell'area del Sentino (Torrente Sentino ed affluenti) sono modellati congiuntamente, quindi le modellazioni offrono in *output* gli effetti sovrapposti di

eventuali esondazioni di uno o più corsi d'acqua sulla medesima area.

I risultati dei modelli rappresentano quindi gli inviluppi dei fenomeni complessivi di allagamento, da cui si ricavano le mappe di pericolosità da alluvione, dei battenti e della velocità della corrente.

La predisposizione di queste mappe per l'aggiornamento del quadro conoscitivo ai sensi del D.P.G.R. 5R/2020 rappresenta l'obiettivo principale degli studi di supporto al Piano Strutturale Intercomunale.

La parzializzazione dei fenomeni esondativi, ovvero la separazione tra le possibili aree allagate di un corso d'acqua da quelle del corso d'acqua vicino è un'operazione facilmente eseguibile ma che presuppone l'effettuazione di svariate nuove simulazioni idrauliche, eliminando alternativamente dal modello uno o più corsi d'acqua e mantenendo solo quello, o quelli, di interesse.

Facendo ciò si otterrebbero gli scenari di allagamento dei singoli corsi d'acqua (e ciò risponderebbe alla richiesta soprariportata), nonostante tali scenari sarebbero da considerarsi, di per sé, poco realistici, in quanto presupporrebbero condizioni di piena eccezionale su un corso d'acqua e assenza d'acqua nel corso d'acqua vicino.

Pur comprendendo la finalità "progettuale" della richiesta, si constata che la distinzione tra aree allagate di diversi corsi d'acqua non produrrebbe alcuna modifica al quadro conoscitivo complessivo ed agli elaborati del Piano, esulando dalla finalità "urbanistica" degli studi stessi.

Per di più, si osserva che i sistemi idrografici in esame, con particolare riferimento ai corsi d'acqua di Asciano ed a quelli presso l'area del Sentino a Rapolano Terme che possono produrre maggiori sovrapposizioni tra aree allagate di differenti corsi d'acqua, interessino comunque aree e bacini di superficie abbastanza ridotta, su cui è difficilmente ipotizzabile una distribuzione disomogenea delle precipitazioni.

Infatti, ad esempio, negli eventi di piena verificatisi ad Asciano negli ultimi anni, è sempre accaduto che il Borro Bestina, il Borro Bestinino e, in parte, anche il Borro Copra, esondassero contemporaneamente, salvo modeste differenze temporali dovute ai diversi tempi di risposta dei rispettivi bacini.

Le modellazioni idrauliche effettuate, che, saranno consegnate a conclusione dell'iter istruttorio agli Enti proposti, potranno essere utilizzate in sede progettuale per approfondimenti locali e/o su singoli corsi d'acqua, anche parzializzandone gli effetti come indicato nel parere.

PUNTO 9

Occorre quantificare, laddove si verificano i sormonti delle viabilità, il grado di sormonto raggiunto.

A differenza di altri software di modellazione idraulica, il software Mike non fornisce una rappresentazione grafica immediata degli attraversamenti di piccole dimensioni, ancorché irregolari, che vengono assimilati a *culvert*; questa caratteristica è propria di tutti gli attraversamenti presenti nei modelli idraulici redatti.

Per questo motivo, l'entità del sormonto di un attraversamento deve essere estrapolato dai livelli idrometrici della sezione e, se fosse richiesta una rappresentazione grafica, ricostruita la geometria della sezione di attraversamento con un programma di disegno (i.e. Autocad) ed indicato il rispettivo livello idrometrico; in questo modo potremmo visualizzare l'entità del sormonto dell'attraversamento.

Però è da tenere in considerazione anche il fatto che l'entità del sormonto, in alcuni casi, potrebbe essere condizionata dagli allagamenti che già si sono sviluppati a campagna, magari a causa di esondazioni di altro corso d'acqua.

Quindi, come nel caso di cui al precedente **PUNTO 8**, per identificare l'entità del sormonto di un attraversamento stradale per il livello "proprio" del corso d'acqua, e non per la dinamica generale del sistema idrografico in esame, sarebbe necessario parzializzare il modello in singole aste, o in gruppi di aste non interferenti.

Ai fini della valutazione del rischio nelle aree urbanizzate ed in particolare sulle viabilità, si ritiene sufficientemente esaustiva la consultazione delle carte dei battenti, che mostrano i livelli a campagna in forma discretizzata attraverso variazioni cromatiche ad intervalli abbastanza ridotti.

In questo modo possono essere facilmente estratti i livelli idrometrici sulle viabilità ed anche in corrispondenza degli attraversamenti stradali, che, quasi ovunque, coincidono con il grado di sormonto degli attraversamenti stessi.

Per una migliore consultazione delle carte prodotte, comprese quelle dei battenti (tavole con codice *G.15*, vari quadranti), come peraltro richiesto anche dal parere del Genio Civile Toscana Sud di cui in Premessa, sono prodotte nuove carte alla scala 1:2.000, per il territorio urbanizzato.

Tali elaborati, inseriti in Appendice alla presente Relazione, hanno la sola funzione di agevolare la consultazione e l'analisi istruttoria; le carte "ufficiali" del Piano Strutturale Intercomunale rimangono quelle redatte alla scala 1:10.000, aventi codice da *G.14* a *G.17*, come precisato al successivo **PUNTO 10**.

PUNTO 10

Si chiede di fornire anche le tavole risultanti dallo studio idraulico su CTR in scala 1:2000 per verificare le perimetrazioni prodotte.

Si ricorda, innanzitutto, che nell'elaborato **G.23 – Allegati alla Relazione idrologico-idraulica** depositato in prima istanza, consapevoli del fatto che le carte alla scala 1:10.000 (quelle richieste dal D.P.G.R. 5R/2020) non rendono giustizia del livello di dettaglio raggiunto in studi idraulici di questo tipo e sono di difficile consultazione, erano già presenti cartografie redatte ad una scala leggermente più grande (Tavv. J e T – pericolosità da alluvione, e Tavv. K e U – battenti, rispettivamente per gli studi di Asciano e Rapolano Terme).

In ogni caso, in **Allegato** alla presente Relazione, come anticipato anche in calce al precedente **PUNTO 9**, sono forniti nuovi estratti delle carte della pericolosità da alluvione (*G.14*) e dei battenti (*G.15*) con base C.T.R. alla scala 1:2.000, pertanto riguardanti esclusivamente il territorio urbanizzato e aree circostanti. Lo si è fatto anche per il nuovo studio idrologico-idraulico presso l'area del Sentino, nel Comune di Rapolano Terme.

Si specifica che la base C.T.R. 1:2.000 non risulta particolarmente aggiornata, pertanto possono esservi delle discrepanze tra gli elementi riportati in cartografia e la consistenza delle aree urbanizzate, soprattutto per quanto riguarda i fabbricati ed eventualmente le infrastrutture viarie.

Le carte allegate sono le seguenti (con ordinamento progressivo rispetto alle carte del suddetto elaborato **G.23**):

- Tavv. V1-V2-V3: estratti della carta della pericolosità da alluvioni (**G.14**) per l'area di Asciano capoluogo, di Rapolano Terme capoluogo e del Sentino (Rapolano Terme).
- Tavv. W1-W2-W3: estratti della carta dei battenti (**G.15**) per le medesime aree.

Come detto, tali carte alla scala 1:2.000 hanno la sola funzione di agevolare la consultazione e l'analisi istruttoria; le carte "ufficiali" del Piano Strutturale Intercomunale rimangono quelle redatte alla scala 1:10.000.

MODELLO ASCIANO

Ai punti successivi (con numerazione progressiva rispetto ai precedenti) sono affrontati i temi richiamati nel parere di cui in Premessa e riguardanti esclusivamente lo studio dei corsi d'acqua interferenti con l'abitato di Asciano (il cosiddetto *Modello Asciano* della **Relazione idrologico-idraulica** originale, **G.20**), in modo del tutto analogo a quanto fatto nelle **Integrazioni studi idraulici PS – PARTE A** per il Borro delle Ripi.

PUNTO 11

Per i bacini più piccoli occorre fornire una tavola dei bacini a scala appropriata.

Come nel caso delle carte di pericolosità e dei battenti di cui al precedente **PUNTO 10**, anche per quanto riguarda i bacini del sistema idrografico studiato per l'area di Asciano capoluogo, come richiesto, è stata prodotta una tavola a scala più grande per una più agevole consultazione dei perimetri dei bacini, in particolare di quelli più piccoli.

Tale carta, proposta in **Allegato** alla presente Relazione, è individuata come Tav. X.

Si ricorda, in ogni caso, che il perimetro dei bacini del *Modello Asciano* è stato ripreso, e solo leggermente riadattato, da quello dei bacini studiati dall'Ing. Claudio Lombardi nell'ambito delle precedenti verifiche di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Asciano, approvato nell'anno 2017.

PUNTO 12

Occorre inserire nel modello i corsi d'acqua senza toponimo, appartenenti al reticolo L.R. 79/2012, affluenti sinistri del Borro Rabatta presso la Fornace Arma, denominati con codice TS11012 e TS11026.

Come già anticipato e chiarito per le vie brevi, i due affluenti sinistri richiamati nel parere non sono stati modellati idraulicamente in quanto non direttamente interferenti con il territorio urbanizzato (T.U.) del Comune di Asciano.

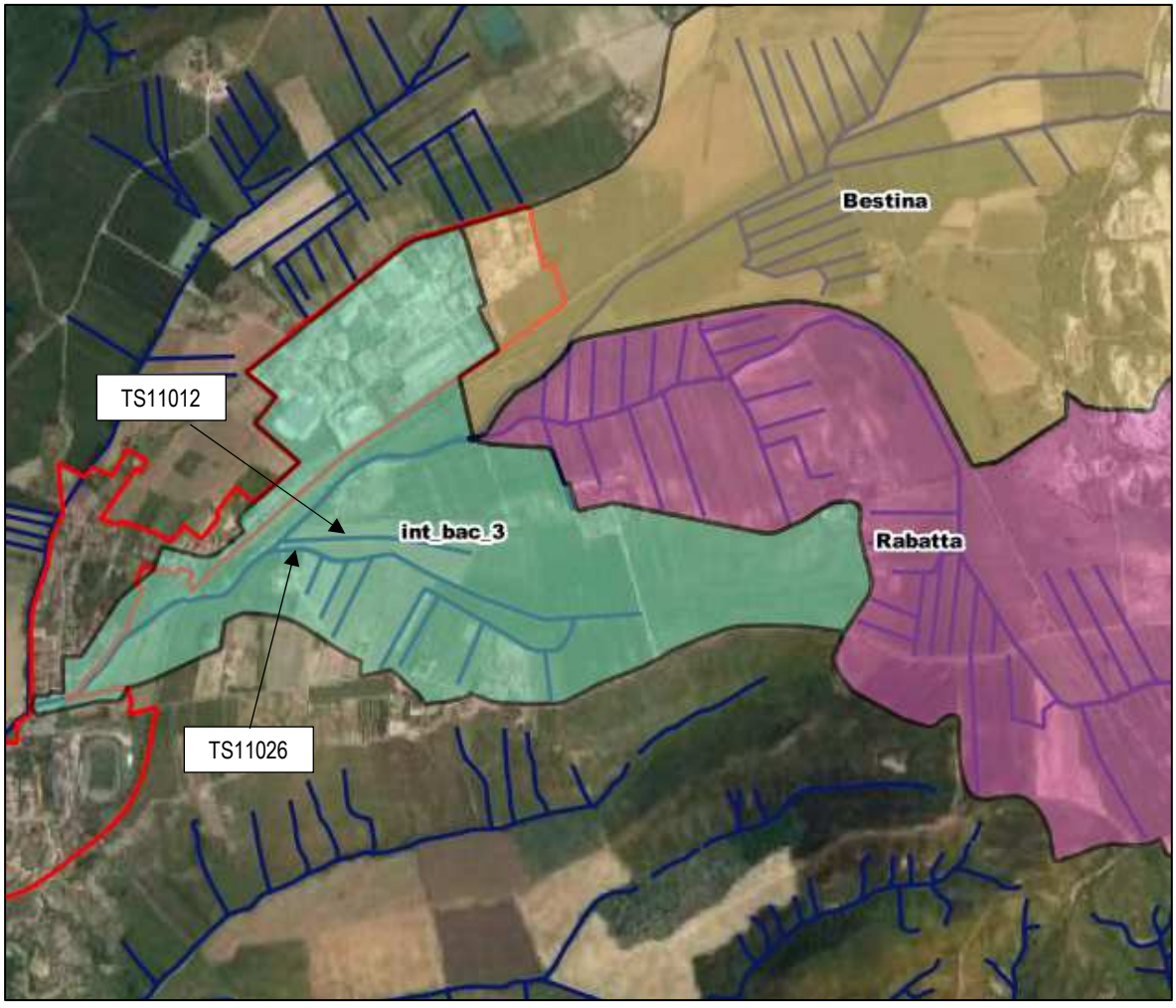
Nel reticolo idrografico regionale il corso d'acqua in cui essi confluiscono è indicato come Borro Rabatta, ma in realtà quello è già il Borro Bestina.

Nonostante essi siano prossimi al limite del T.U., i loro eventuali effetti alluvionali si potrebbero tradurre in esondazioni sulle aree agricole circostanti che, per la morfologia del territorio, verrebbero in ogni caso riassorbite dal Borro Bestina stesso, senza determinare particolari interferenze con l'assetto urbanistico dell'abitato.

Pertanto, in coerenza con quanto fatto negli studi precedenti, questi due corsi d'acqua (aventi bacini di piccole dimensioni) sono stati considerati solo come apporto idrologico al Borro Bestina, ponendoli all'interno dell'interbacino denominato *int_bac_3* che ingloba anche altre porzioni di territorio in destra idraulica (superficie totale dell'interbacino pari a 1.16 kmq).

Il contributo idrologico di questo interbacino, che si sviluppa tra la confluenza Bestina-Rabatta e Bestina-Bestinino, è stato introdotto come idrogramma distribuito lungo il tratto fluviale.

La seguente figura mostra un particolare dell'area con i due corsi d'acqua in questione, i perimetri dei bacini ed il perimetro del territorio urbanizzato (T.U.).



PUNTO 13

I corsi d'acqua della parte di monte del modello dovranno essere studiati a scala di bacino.

I corsi d'acqua del *Modello Asciano*, ed in particolare il Borro Bestina ed il Borro Rabatta, sono stati studiati per tratti che partono a monte dell'area urbanizzata di Asciano; sono i medesimi tratti già analizzati in occasione degli studi precedenti.

Le motivazioni per cui si è ritenuta adeguata e sufficiente tale estensione delle aste modellate è la già stata esplicitata al precedente **Punto 4**.

Di seguito è mostrato un estratto cartografico con evidenziazione dei tratti iniziali delle aste modellate di Bestina e Rabatta, che si sviluppano a monte ed in adiacenza al limite del T.U. (in rosso).

PUNTO 14

Il modello dovrà essere tarato in base agli ultimi eventi di piena verificatesi nella zona in quanto si ritiene fondamentale che venga ricostruita la reale dinamica di esondazione. A questo proposito si chiede di fornire chiarimenti per quanto riguarda le zone dove ci sono evidenti discrepanze rispetto alle mappe di PGRA approvate.

La questione richiamata nel parere risulta piuttosto complessa e necessita di argomentazione.

Innanzitutto pare opportuno ricordare che gli studi precedenti su Asciano (a supporto del Regolamento Urbanistico e curati dall'Ing. Claudio Lombardi) sono stati sviluppati proprio negli anni in cui si sono verificati gli eventi alluvionali principali sul territorio comunale.

Tali studi sono stati quindi modificati a più riprese, proprio per tener conto degli eventi occorsi.

La calibrazione di riferimento degli studi precedenti è stata effettuata sull'evento dell'anno 2013.

Si è trattato di una calibrazione sia dell'idrologia che del modello idraulico.

Nella calibrazione dell'idrologia, una volta stimato il pluviogramma per l'evento del 21 Ottobre 2013 da analisi dei report Lamma e registrazioni dei dati dei pluviometrici (evento inquadrato come evento di piena con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni), sono stati fatti variare alcuni parametri di calcolo nell'applicazione della depurazione delle piogge secondo il metodo SCS.

In particolare, i parametri tarati sono stati il coefficiente β nella formula dell'intercettazione iniziale I_a ($I_a = \beta \times S$), dove S è la cosiddetta ritenzione potenziale (mm) fondata sul valore del *Curve Number CN* e β un coefficiente variabile tra 0.1 e 0.3.

Inoltre sono state valutate le condizioni di umidità nei giorni precedenti all'evento (*Antecedent Moisture Condition*, *AMC*).

Per quanto riguarda la taratura del modello idraulico si è proceduto tarando, attraverso un procedimento iterativo, i valori di scabrezza di *n* di Manning delle sezioni idrauliche del modello, ed assumendo nelle aree golenali un valore di *n* pari a 0.10 $m^{1/3}/s$.

La calibrazione è stata effettuata su un modello idraulico "spezzato" del Borro Bestina, Bestinino, Rabatta, Copra e Ombrone.

Per il tratto di monte del modello (Bestina, Bestinino e Rabatta) è stato predisposto un modello monodimensionale a celle di accumulo ("quasi-bidimensionale"), fino a valle della confluenza tra Bestina e Bestinino.

A valle è stato invece predisposto un modello in moto permanente riguardante il Borro Bestina, il Borro Copra ed un breve tratto di Fiume Ombrone, con sezioni estese.

L'esigenza di dividere il modello in due tronchi è stata dettata da problemi di stabilità del modello stesso, ma anche dal riconoscimento delle differenze morfologiche di aste e territorio tra il tratto in ingresso all'abitato recente di Asciano (zona semipianeggiante con corsi d'acqua poco incassati) ed il tratto di valle verso il centro storico (terreno più acclive e Borro Bestina assai più incassato).

Il modello idraulico sviluppato negli studi precedenti non poteva consentire, per sua natura, una fedele ed automatica riproduzione delle dinamiche di esondazione a campagna effettivamente riscontrate.

Ma attraverso un attendo lavoro di affinamento modellistico ed interpretazione dei dati di *output* delle modellazioni effettuate, anche con l'aiuto delle testimonianze e della documentazione fotografica disponibile, si è pervenuti alla ricostruzione di scenari di allagamento, e quindi di mappature, non dissimili da quanto realmente accaduto.

I presupposti del presente lavoro sono decisamente diversi.

Innanzitutto, per la parte idrologica, è stato concordato di riferirsi all'approccio metodologico proposto dall'Ing. Lorenzo Castellani nell'ambito dei suoi studi di supporto allo strumento urbanistico del Comune di Buonconvento. Tali studi hanno riguardato interamente i bacini del Torrente Arbia e del Fiume Ombrone, e hanno prodotto una nuova taratura degli eventi alluvionali degli ultimi anni (successivi al 2012, quindi non presi in considerazione nell'Analisi di frequenza delle precipitazioni della Regione Toscana); questi studi rappresentano il riferimento, per così dire, "ufficiale" dell'idrologia su questa porzione di territorio, salvo poi ammettere approfondimenti locali su sottobacini di dimensioni inferiori.

L'aspetto principale degli studi dell'Ing. Castellani, oltre a suggerire un metodo di calcolo idrologico, è quello di fornire valori aggiornati dei parametri a ed n delle LSPP per tutte le stazioni di rilevamento pluviometrico ricadenti sui bacini di Arbia ed Ombrone.

Pertanto, come richiesto dal Distretto Appennino Settentrionale in occasione della riunione di coordinamento del Giugno 2020, per gli studi idrologici di supporto al Piano Strutturale Intercomunale di Asciano e Rapolano Terme sono state adottate le indicazioni, ed i parametri, forniti dallo studio del Comune di Buonconvento a cura dell'Ing. Castellani, dati comunque già calibrati a livello di macrobacino Arbia-Ombrone, compreso il coefficiente β calibrato nello studio dell'Ing. Lombardi.

Tale coefficiente, nello studio dell'Ing. Lombardi finalizzato alla calibrazione dell'evento del 2013, era stato assunto pari a 0.1 (minori perdite), a bilanciare l'adozione di condizioni di umidità del suolo del tipo *AMC I* (suolo asciutto), mentre il lavoro dell'Ing. Castellani (a seguito di calibrazione a livello di macrobacino Arbia-Ombrone) suggeriva un valore di β=0.3 (maggiori perdite) più che bilanciate, però, dall'adozione di una condizione di saturazione iniziale del terreno (*AMC III*) con il parametro *CN III*; in questo lavoro è stata scelta questa seconda strada.

Per mantenere coerenza, però con lo studio del Comune di Asciano redatto negli anni precedenti dall'Ing. Lombardi sono stati confermati molti elementi, sia nell'idrologia, che nell'idraulica.

Ad esempio, il perimetro dei bacini idrografici in esame è stato acquisito integralmente dagli studi precedenti, salvo qualche piccola variazione locale e sulla distribuzione degli interbacini.

Invece, per la parte di modello idraulico, si è inteso confermare *in toto* le scabrezze adottate lungo i corsi d'acqua studiati. Scabrezze che, in alcuni casi, risultano anche molto elevate ma che, come anticipato, sono frutto della taratura sull'evento del 2013 a suo tempo effettuata, nonché di

esigenze di stabilità delle elaborazioni numeriche.

E' opportuno sottolineare che la risposta di un modello idraulico bidimensionale come quello predisposto a supporto del presente Piano Strutturale Intercomunale non potrà mai fornire risultati analoghi a quelli di un modello idraulico monodimensionale a celle, dove la componente "interpretativa" dei risultati è fondamentale per tradurre i risultati "statici" del modello in allagamenti "dinamici" nelle mappe.

Questa operazione, assai ben svolta dall'Ing. Lombardi negli studi degli anni precedenti ha consentito di mappare aree a pericolosità non dissimili da quelle effettivamente interessate dai eventi alluvionali.

Con una modellazione bidimensionale la componente "interpretativa" sparisce, o comunque si attenua decisamente.

Il modello deve essere ben sviluppato e restituire direttamente in *output* risultati corretti, che poi vengono tradotti in pericolosità e cartografati.

Come già esplicitato nella **Relazione idrologico-idraulica** depositata (**G.20**), la predisposizione del modello bidimensionale del sistema idrografico insistente sull'abitato di Asciano è stata effettuata con molta cura, ma anche con grande difficoltà viste le limitazioni dovute all'assenza di dati topografici omogenei e completi sul territorio, quindi con alcune approssimazioni.

Il territorio circostante l'abitato di Asciano è privo di dati LIDAR (se non a cavallo del Fiume Ombrone), pertanto è stato ricostruito un Modello Digitale del Terreno a partire dai dati disponibili (rilievi da varie fonti, C.T.R., progetti realizzati) con un assemblaggio complesso e perfezionato nel tempo attraverso un procedimento iterativo: costruzione DTM/modellazione/analisi dei risultati -> perfezionamento DTM/modellazione/analisi dei risultati -> …

Tenuto conto che un modello idraulico di tale complessità richiede tempi assai lunghi di simulazione (alcuni giorni per ogni *run*), il perfezionamento della base bidimensionale del modello è terminato una volta ottenuti risultati soddisfacenti in termini di coerenza tra gli allagamenti a campagna e la consistenza del territorio, anche in relazione alle dinamiche di allagamento occorse durante gli eventi di piena degli ultimi anni.

Questi passaggi sono stati condivisi, attraverso alcuni incontri tenuti nel periodo di svolgimento del lavoro, anche con l'Ing. Claudio Lombardi, proprio per aver conferma che determinate dinamiche di allagamento si fossero sviluppate in modo analogo a come riprodotto dal modello.

Ovviamente i risultati dei modelli precedenti (da cui le mappe vigenti di P.G.R.A.) e quelli del nuovo modello bidimensionale non possono essere identici.

Ma in termini di dinamiche, soprattutto nella zona di monte, vi è una spiccata coerenza.

Le differenze maggiori si osservano nelle due seguenti aree:

- Asciano Scalo: nel nuovo studio buona parte dell'area artigianale è allagabile per eventi con tempo di ritorno di 30 anni, mentre il P.G.R.A. pone questa zona soltanto in pericolosità P2.
- Zona compresa tra Via Lauretana e la linea ferroviaria (Via Grandi e isolati limitrofi): dai

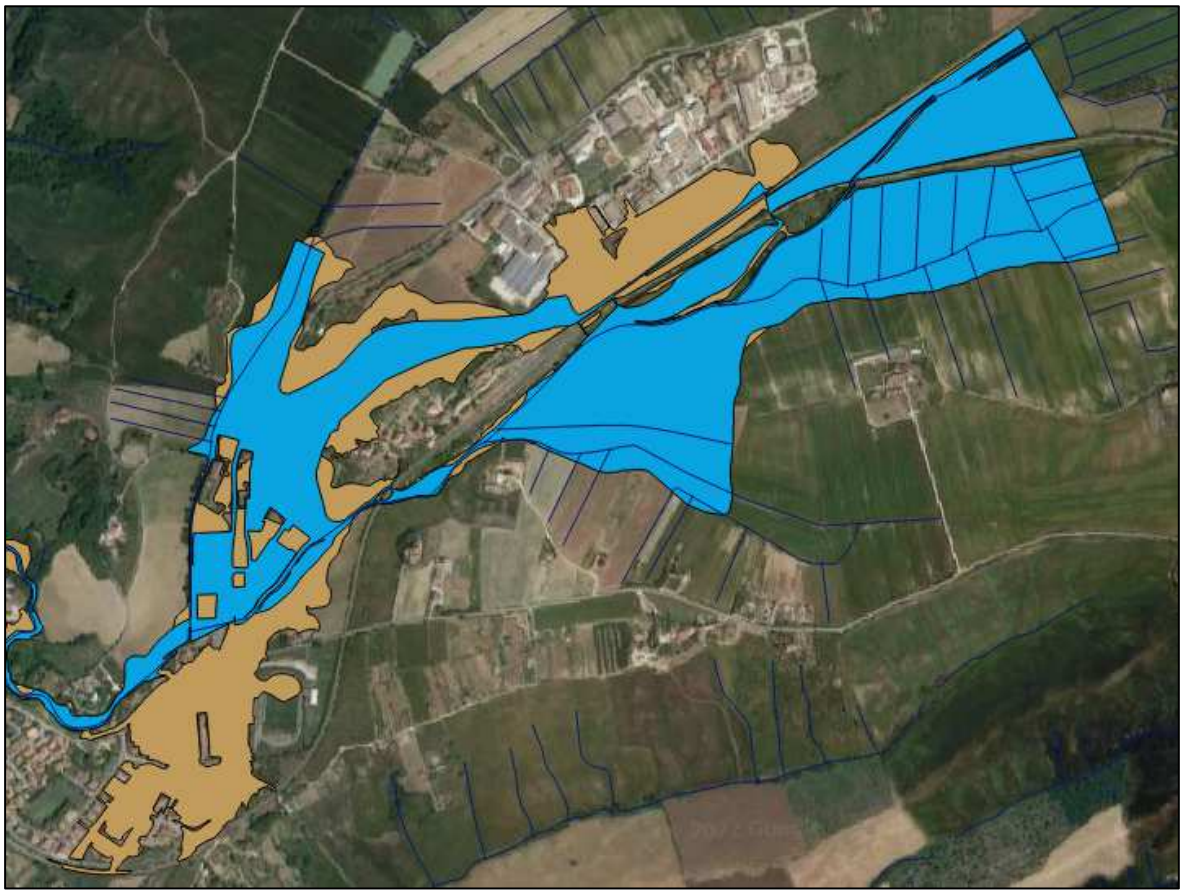
nuovi studi l'area risulta allagarsi più copiosamente, anche per TR30, rispetto a quanto indicato dagli studi precedenti.

I motivi di queste differenze sono in parte già stati trattati.

Ciò che appare incidere più fortemente è l'incremento della portata del Borro della Bestina, del Borro Bestinino e del Borro della Rabatta rispetto a quelle degli studi precedenti (in particolare dovuto all'adozione di valori più alti del *CN*), che determinano una maggiore pressione sul nodo Via Lauretana-Via Martiri della Libertà, con conseguente propagazione dei volumi anche verso Sud, e non solo lungo la Via Lauretana come invece accaduto in occasione degli eventi alluvionali del passato.

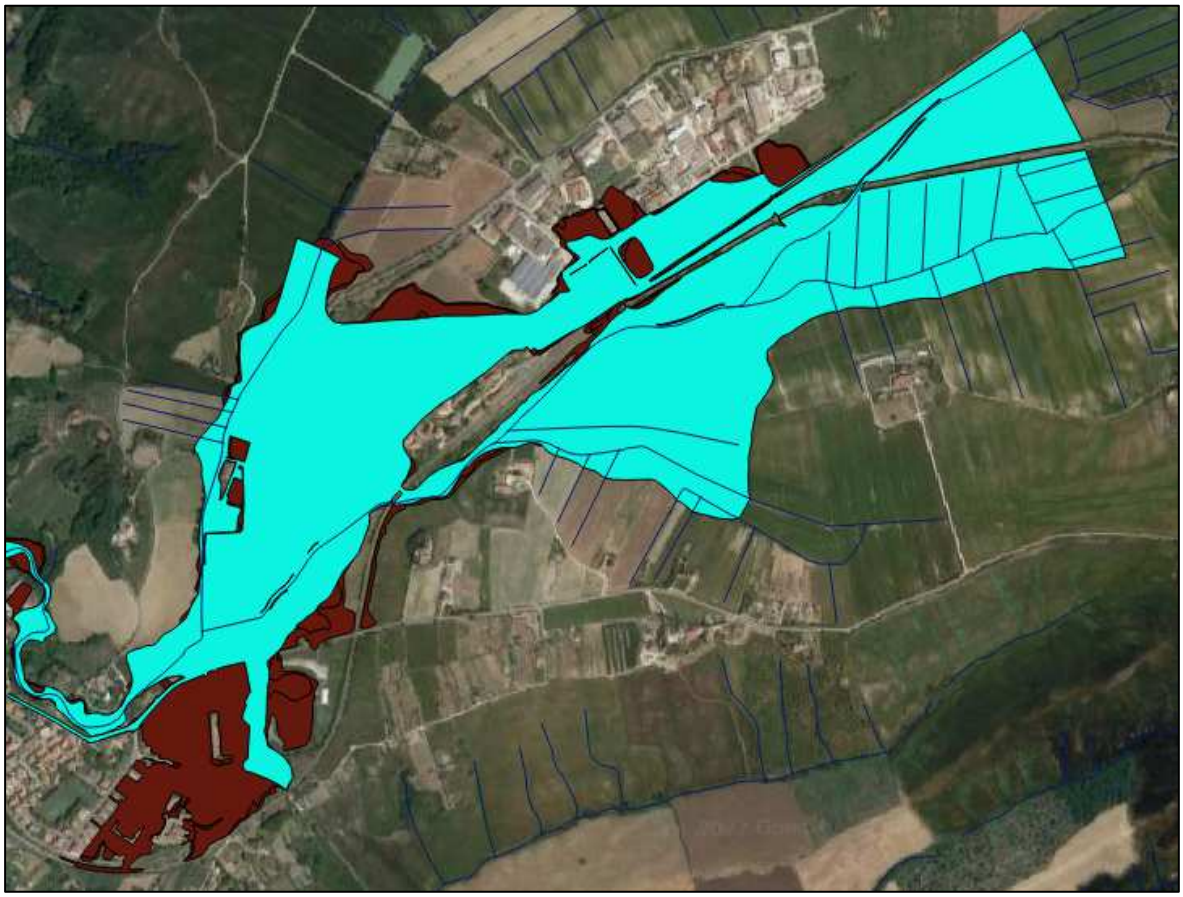
Per quanto riguarda l'area di Asciano Scalo, invece, si ritiene che oltre agli incrementi di portata la migliore rappresentazione dei collegamenti idraulici sotto il rilevato ferroviario abbia determinato l'amplificazione del livello di rischio in questa zona (da P2, vigente P.G.R.A., a P3).

Le seguenti figure mostrano alcuni zoom delle aree a pericolosità da alluvione derivanti dal nuovo studio con quelle risultanti dagli studi precedenti (attuali perimetrazioni di P.G.R.A.).



La precedente figura mostra, in azzurro, le aree allagate del tratto di monte del modello (Bestina, Bestinino, Rabatta) per TR30 nello studio dell''Ing. Lombardi, coincidenti con le attuali perimetrazioni del P.G.R.A., ed in marroncino le aree allagate per TR30 dal nuovo studio per il P.S.I.

Come anticipato, le differenze più evidenti si osservano nella parte Sud dell'abitato, per effetto delle esondazioni.



Rispetto alle aree complessivamente allagate in caso di evento duecentennale le differenze risultano più modeste (azzurro=P.G.R.A., marrone=nuovo studio), e riguardano ancora la parte Sud dell'abitato (aree già allagate per l'evento trentennale).

Nel tratto di valle del modello (Bestina, Copra, Ombrone), di cui si omettono estratti, le differenze risultano poco significative, in quanto questi corsi d'acqua garantiscono un miglior contenimento in alveo delle portate di piena.

In definitiva, la nuova proposta di aggiornamento delle mappe di pericolosità prevede un incremento delle aree bagnate sia in termini di estensione che in termini di tiranti idrici a campagna (anche se nei precedenti studi non era possibile stimare esattamente i tiranti idrici a campagna), e quindi è da considerarsi maggiormente cautelativa, oltre che frutto di una modellazione che, con tutte le incertezze ed approssimazioni del caso, è da considerarsi più completa delle precedenti ed in linea con quanto richiesto dall'attuale disciplina del settore.

PUNTO 15

Nel modello dovranno essere inserite tutte le simulazioni delle durate critiche risultanti dallo studio idrologico e l'aggiornamento delle perimetrazioni dovrà riguardare tutta l'area coperta dal modello, compreso il tratto studiato del Fiume Ombrone.

Come richiesto, la modellazione è stata integrata con le nuove simulazioni per la durata critica del Fiume Ombrone (6 ore), sia per TR30 che per TR200 anni.

Pertanto i risultati del modello, sia in termini di aree allagate che di battenti, velocità e, conseguentemente di magnitudo idraulica, sono stati aggiornati con le nuove perimetrazioni inviluppate, come riportate nelle tavole aggiornate da *G.14* a *G.17*.

Così facendo, l'aggiornamento delle mappe viene proposto non soltanto per i corsi d'acqua interferenti con il territorio urbanizzato di Asciano, ma anche per le aree esterne ad esso, adiacenti al Fiume Ombrone.

Nella Carta della pericolosità da alluvione (*G.14*) sono già stati effettuati anche tutti i raccordi con le perimetrazioni di P.G.R.A. da non modificare.

PUNTO 16

Per quanto riguarda il calcolo del CN si richiede almeno un confronto con i valori riportati nello shape messo a disposizione dalla Regione Toscana.

In analogia a quanto fatto nel documento **Integrazioni studi idraulici PS – PARTE A** per il *Modello Rapolano* (Borro delle Ripi e suoi affluenti), è di seguito riportata una tabella di confronto tra i valori di *CN III* adottati nel presente studio, i valori di *CN III* utilizzati nello studio del R.U. di Asciano (Ing. Lombardi) ed i valori proposti dallo *shp* della Regione Toscana.

Bacino	CN (III)	CN (III) da studio R.U.	CN (III) da shp RT
Bestina	90.99	*86.56*	90.82
Bestinino	92.02	*90.51*	92.46
Rabatta	89.63	*84.43*	90.02
Copra	90.62	*91.31*	90.21
Casaccia	88.63	*88.89*	87.93
Ombrone	86.53	*85.17*	86.59
Int_bac1	89.98	*84.75*	85.05
Int_bac2	92.17	*88.73*	91.26
Int_bac3	93.32	*89.85*	92.87

Dalla precedente tabella si osserva un'ottima congruenza tra i valori di *CN* adottati nel presente lavoro (derivati dall'intersezione tra il Database di uso e copertura del suolo della Regione Toscana, anno 2016, e le classi di suolo *SCS* di cui al Database Geopedologico regionale, anno 2017) e quelli proposti dallo *shp* della Regione Toscana (*suoli_toscana.shp*).

Sono invece più evidenti, come già illustrato nella **G.20 – Relazione idrologico-idraulica** depositata, le differenze rispetto ai valori di *CN* utilizzati negli studi precedenti.

Si specifica che negli studi precedenti i valori di *CN* non sono stati oggetto di specifica taratura, ma divergono da quelli proposti dalla Regione Toscana (per alcuni bacini) a seguito di approfondimento e indicazioni da parte del Geologo allora incaricato degli studi di supporto al R.U.

In particolare, queste differenze riguardavano le classi di suolo *SCS*; ad alcune porzioni di bacino era stata infatti assegnata una classe di suolo più permeabile rispetto a quella indicata dalla Regione nello *shp* di cui sopra o nel Database Geopedologico.

PUNTO 17

Si chiede di fornire le motivazioni dell'attribuzione dei coefficienti di scabrezza utilizzati.

Come anticipato al precedente **Punto 14**, per rendere coerente il nuovo modello idraulico dei corsi d'acqua in esame con quelli precedenti, ai coefficienti di scabrezza sono stati attribuiti i medesimi valori di quelli dello studio dell'Ing. Lombardi (valori a suo tempo "tarati"), salvo piccole differenze locali dove i medesimi sono apparsi eccessivamente elevati.

Si specifica che lo stato dei luoghi e di manutenzione dei corsi d'acqua risulta oggi paragonabile a quello del tempo, e pertanto, se allora ritenuti accettabili, non si è reputato di doverli modificare.

Si specifica, allo stesso tempo, che lungo i tratti fluviali in esame vi è una netta variabilità di tipologia di rivestimento e/o copertura vegetazionale degli alvei e delle sponde, in funzione soprattutto del periodo dell'anno e della manutenzione effettuata, quindi difficile da uniformare e parametrare.

Dal momento che il modello si fonda per molti aspetti su assunzioni cautelative, ed i risultati lo dimostrano, le attribuzioni di scabrezza delle sezioni del modello non sono state oggetto di ulteriori approfondimenti.

Per quanto riguarda la base bidimensionale si conferma l'adozione dei valori di cui alla *Tab. 8* della **G.20 - Relazione idrologico-idraulica** depositata; a tale proposito si ricorda che ai modelli precedenti, non essendo bidimensionali, non era assegnata alcuna scabrezza a campagna, ma per le aree golenali delle sezioni estese era stato utilizzato un valore costante di *n* pari a 0.10 $m^{1/3}/s$.

NUOVO MODELLO SENTINO

PREMESSA

Come anticipato sia nella **G.20 – Relazione idrologico-idraulica** originale che in **Premessa generale** alla presente relazione, l'Amministrazione Comunale di Rapolano Terme, nel mese di Luglio 2021, ha inteso revocare il precedente studio sui corsi d'acqua interferenti con l'area produttiva del Sentino (redatto a supporto di Piano Attuativo e contestuale Variante al R.U nell'anno 2019 – *Sorgente Ingegneria*, Ing. Marini), il cui iter approvativo non era mai stato completato, e procedere alla redazione di un nuovo studio sull'area, in coerenza con gli altri studi redatti a supporto del presente Piano Strutturale Intercomunale.

Facendo quindi seguito alle intenzioni già espresse, ed in risposta ai chiarimenti e alle integrazioni richieste nella Nota del Genio Civile Toscana Sud di cui in **Premessa generale** (vedasi anche risposta al **Punto 6**), è di seguito illustrato in nuovo studio dei corsi d'acqua interferenti con l'area del Sentino, di seguito denominato *Modello Sentino*.

La trattazione è sviluppata in modo similare a quanto fatto per gli studi del *Modello Asciano* e del *Modello Rapolano*, richiamando le tavole grafiche di supporto riportate in **Allegato**, a cui è stata assegnata una numerazione progressiva rispetto a quella del fascicolo **G.23 – Allegati alla relazione idrologico-idraulica** e alle ulteriori tavole integrative indicate in precedenza.

INQUADRAMENTO GENERALE

In questo capitolo introduttivo del nuovo *Modello Sentino* sono sinteticamente descritti aspetti di carattere generale, individuati i corsi d'acqua oggetto di studio e fatto nuovamente cenno agli studi idraulici pregressi.

Si anticipa che lo studio sul Torrente Sentino e suoi affluenti presso l'omonima area produttiva nel Comune di Rapolano Terme è stato condotto a partire dai dati e dagli elementi utilizzati negli studi precedenti, che sono spesso richiamati nella trattazione.

E' apparso opportuno, infatti, fare in modo che il nuovo studio fosse riconducibile e confrontabile con gli studi precedenti (in particolare il più recente, quello del 2009), pertanto ne sono state confermate in larga parte le parametrizzazioni e la geometria, salvo alcune modifiche e integrazioni ritenute utili.

Del resto, il medesimo approccio di coerenza con gli studi precedenti è stato adottato anche per il *Modello Asciano*; in entrambi i casi, infatti, gli studi precedenti (Ing. Lombardi per Asciano e Ing. Marini per Sentino) risultavano completi, ben effettuati e recentemente approvati, tant'è che molte scelte modellistiche sono state confermate.

Come per il *Modello Asciano*, anche per il *Modello Sentino* le differenze più evidenti riguardano l'idrologia. La nuova stima degli idrogrammi di piena per il *Modello Sentino* si è basata, infatti, sui procedimenti originariamente concordati con il Distretto Appennino Settentrionale, rientrando anche questa porzione di territorio nell'ambito dello studio idrologico di riferimento dell'Ing.

Castellani; ma solo in parte, non in modo completo, come di seguito illustrato.

Pertanto, nell'illustrazione della metodologia di analisi idrologica, laddove congruente con quanto già descritto nella **G.20 – Relazione idrologico-idraulica** (Cap. 2), si è fatto richiamo ad essa, onde evitare inutili ridondanze e ripetizioni.

Territorio e corsi d'acqua oggetto di studio

L'area produttiva in Loc. Sentino nel Comune di Rapolano Terme è ubicata a Sud-Est del capoluogo ed a Nord-Est della frazione di Serre di Rapolano, lungo il raccordo autostradale Siena-Bettolle; proprio in corrispondenza dell'area produttiva è presente lo svincolo *Serre di Rapolano* del raccordo autostradale.

L'area in oggetto è posta su un terreno pianeggiante e consta di una serie di fabbricati artigianali realizzati nel corso degli anni. La superficie complessiva dell'attuale territorio urbanizzato risulta pari a circa 0.64 kmq, e presenta alcuni lotti liberi per il completamento, mentre alcuni fabbricati più desueti sono da recuperare.

L'area del Sentino è estremamente strategica per il territorio comunale di Rapolano Terme, essendo l'unica effettiva zona destinata ad attività artigianali e produttive, anche per la sua favorevole posizione lungo il raccordo Siena-Bettolle.

La seguente figura riporta un estratto di foto aerea che mostra l'ubicazione dell'area del Sentino sul territorio comunale, nonché, in rosso, il limite del territorio urbanizzato.

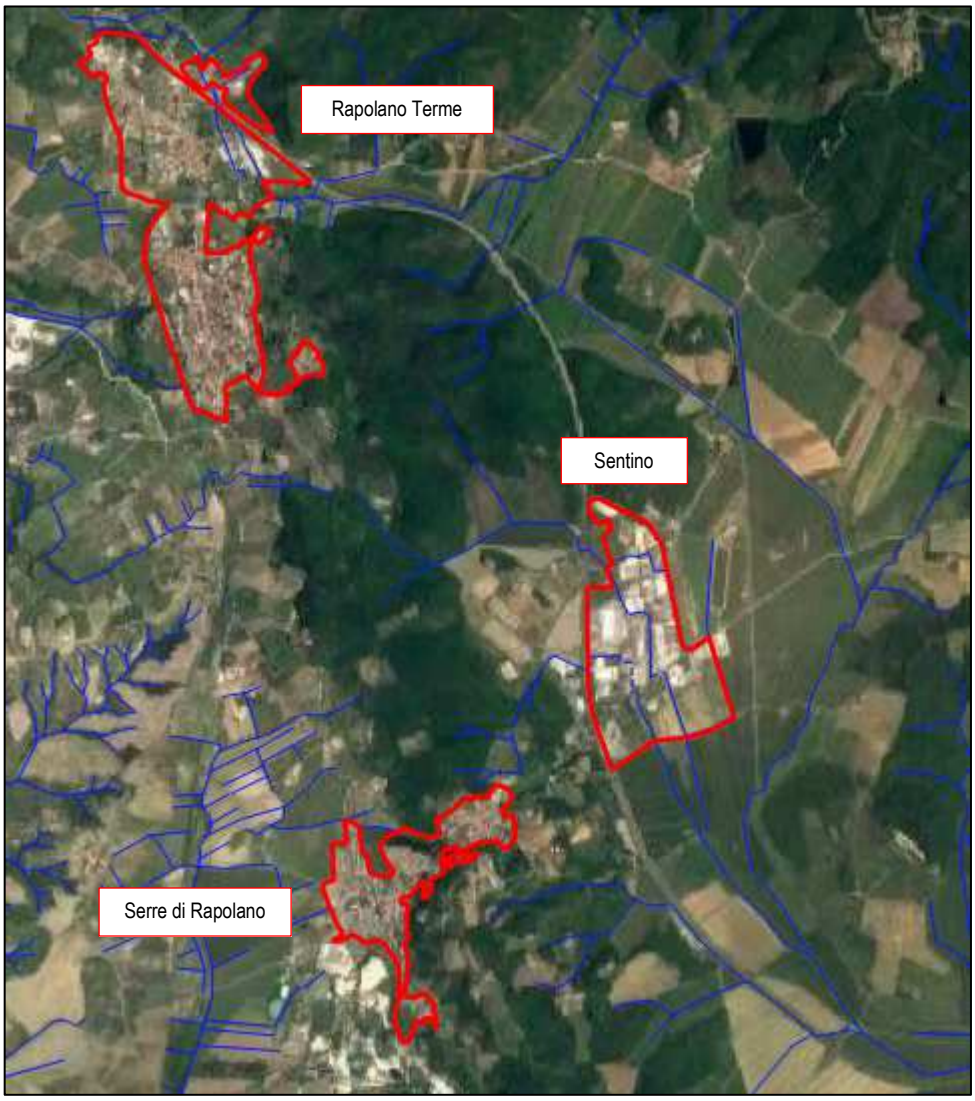


Fig. 1 Modello Sentino – Territorio urbanizzato Rapolano Terme e reticolo idrografico regionale

Dal punto di vista idrografico, l'area interferisce con alcuni piccoli corsi d'acqua che hanno per lo più origine dai versanti collinari a Nord ed Ovest e che, prima di arrivare sul fondovalle, attraversano in più punti il raccordo autostradale con sottopassi di varie dimensioni.

La nascita dell'area produttiva ha comportato una modifica sostanziale dei tratti vallivi di questi fossi, alterandone il tracciato con deviazioni, frazionamenti, tombamenti, nuove inalveazioni.

I corsi d'acqua maggiormente interferenti con l'area produttiva del Sentino sono il Fosso della Vite e il Fosso del Chiassale, rispettivamente provenienti dal versante Nord-Ovest ed Ovest.

Questi due fossi si incontrano a valle dell'area produttiva e, ancora più valle, confluiscono nel Torrente Sentino.

Un terzo fosso, anch'esso appartenente al reticolo idrografico regionale di cui alla L.R. 79/2012 è il cosiddetto Fosso Nuovo, corso d'acqua artificiale di recente realizzazione che ha una funzione di "canale di gronda" delle acque provenienti dal versante Nord e che si sviluppa lungo il confine Est dell'area produttiva, per poi confluire nel Fosso della Vite.

Però il principale corso d'acqua della zona, a cui assegna anche il nome, è il Torrente Sentino, affluente del Torrente Foenna, che nasce a Nord-Est dell'area produttiva e che presenta un bacino di dimensioni ben superiori ai fossi anzidetti.

La sua asta principale scorre ad una certa distanza dall'area produttiva, con il rilevato ferroviario della linea Siena-Chiusi (direzione Nord-Sud) interposto tra corso d'acqua e area produttiva stessa.

La seguente figura mostra le aste del reticolo idrografico regionale (D.C.R. 81/2021) interferenti con l'area del Sentino.

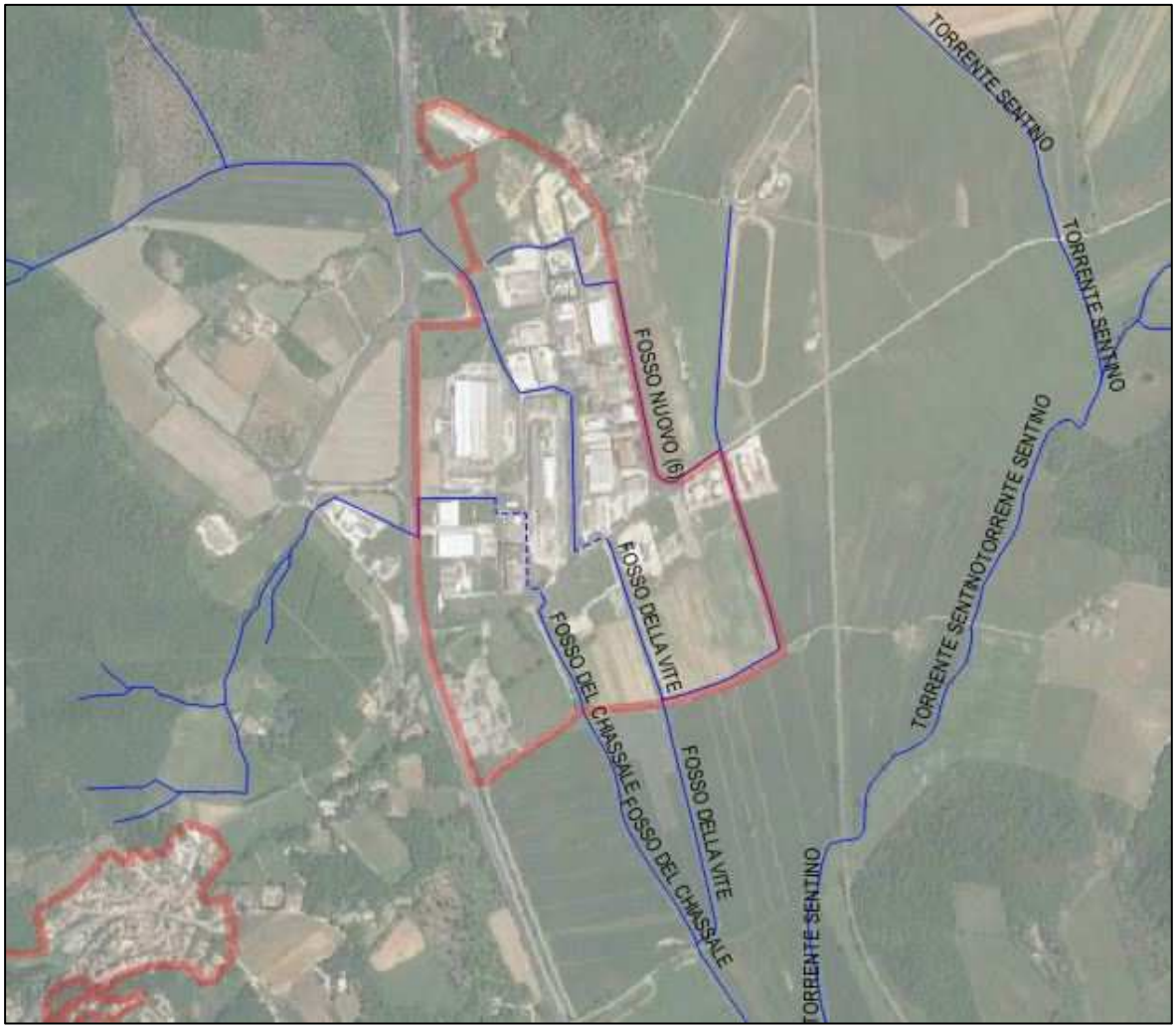


Fig. 2 Modello Sentino – Reticolo idrografico regionale interferente con l'area del Sentino

Come detto, il Fosso della Vite, nasce a Nord-Ovest e, dopo aver attraversato il raccordo Siena-Bettole, taglia l'area produttiva in due parti, lungo l'asse Nord-Sud.

Il bacino del Fosso del Chiassale si sviluppa quasi interamente ad Ovest, anch'esso oltre il raccordo Siena-Bettolle; superato, il raccordo, l'asta entra nell'area produttiva, attraversandola nella parte Sud-Ovest.

I due corsi d'acqua si incontrano più a valle (il Fosso del Chiassale riceve il Fosso della Vite).

Il Fosso Nuovo ha un piccolo bacino a Nord dell'area produttiva, e scorre sul fianco Est di essa; riceve le acque di un altro piccolo fosso privo di toponimo, che attraversa i campi in parallelo alla linea ferroviaria.

Il Torrente Sentino è più lontano; oltrepassa la ferrovia abbondantemente a valle dell'area produttiva, dove riceve anche le acque del Chiassale.

Dalla precedente figura si osserva come sia il Fosso del Chiassale che il Fosso della Vite presentino dei tratti tombati (linee tratteggiate), ma in realtà ve ne sono altri (rami minori del Fosso del Chiassale).

Le figure successive mostrano il sistema effettivo di smaltimento delle acque attraverso l'area produttiva, che, soprattutto per quanto riguarda il Fosso del Chiassale, risulta assai più articolato di quello "ufficiale", prevedendo sia tratti a cielo aperto che tratti tombati e fondendosi anche con il sistema fognario.

La prima figura mostra il reticolo completo di studio, la seconda uno *zoom* della zona produttiva, con indicazione anche dei sottopassi del raccordo autostradale (che sono stati anche rilevati *ex novo*), dei sottopassi ferroviari e dei tratti tombati (e attraversamenti "lunghi").

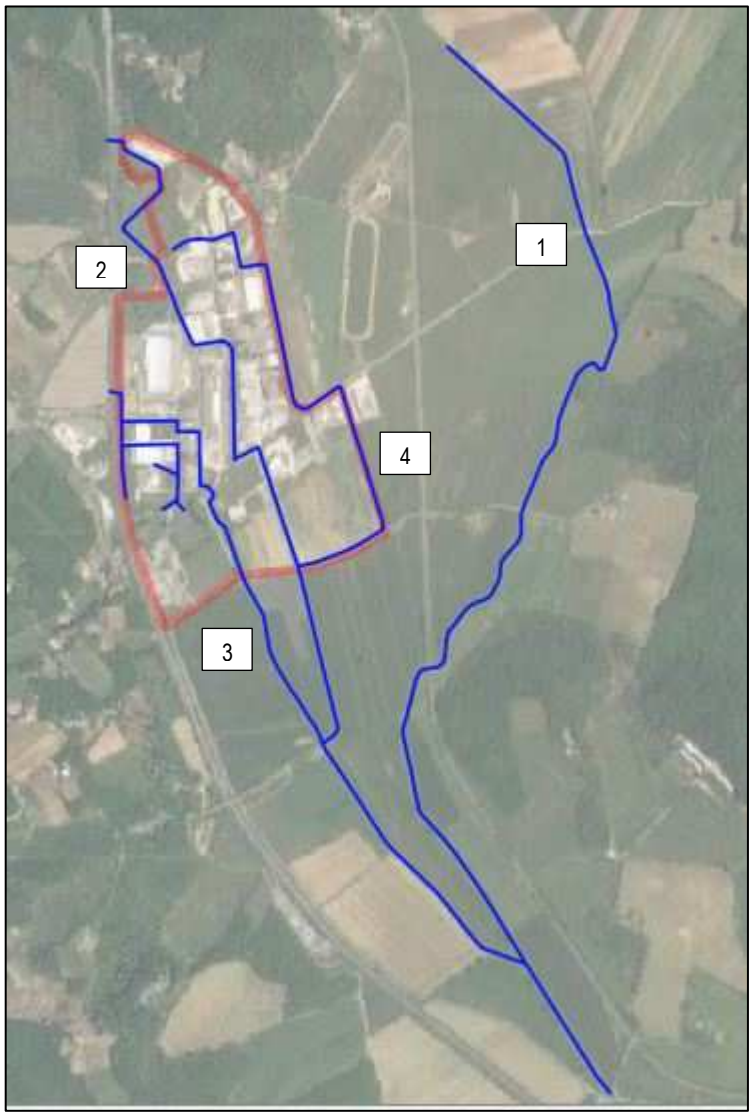


Fig. 3 Modello Sentino – Reticolo studiato (generale) – 1 Sentino, 2 Vite, 3 Chiassale, 4 Nuovo

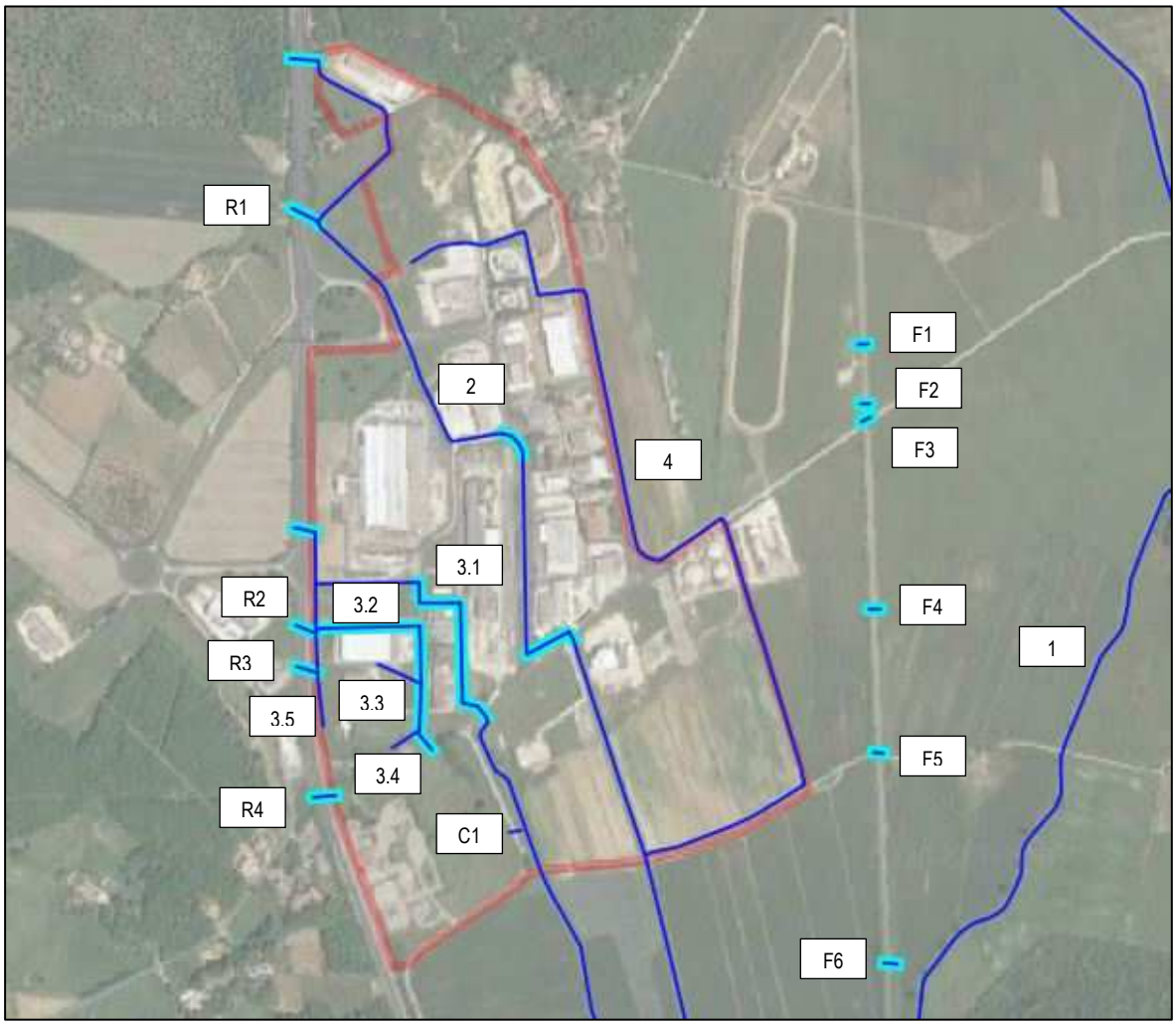


Fig. 4 Modello Sentino – Reticolo studiato (dettaglio) – 1 Sentino, 2 Vite, 3.1-3.5 Chiassale, 4 Nuovo, R collegamenti raccordo, F collegamenti ferrovia, C ulteriori collegamenti

In definitiva, i corsi d'acqua studiati sono i seguenti (n. 8 aste e n. 14 collegamenti idraulici o sottopassi):

Corsi d'acqua studiati	**Lunghezza asta studiata (m)**
Torrente Sentino	3686
Fosso della Vite	2259
Fosso del Chiassale 1	2296
Fosso del Chiassale 2	368
Fosso del Chiassale 3	75
Fosso del Chiassale 4	46
Fosso del Chiassale 5	224
Fosso Nuovo	1647
Sottopassi raccordo autostradale (R1-R5)	
Sottopassi ferrovia (F1-F8)	
Collegamenti idraulici (C1)	

Tab. 1 Modello Sentino – Aste studiate e relative lunghezze

Studi idraulici pregressi

Come anticipato in **Premessa**, il presente studio è redatto in sostituzione di quello a firma di *Sorgente Ingegneria* – Ing. Marini nel 2019, che originariamente aveva la finalità di supportare il Piano Attuativo del comparto CT07 e, successivamente, è stato ampliato per aggiornare il quadro conoscitivo idraulico per tutta l'area del Sentino, confluendo nella relativa Variante Urbanistica al R.U.

In questo paragrafo sono delineati solo i tratti distintivi dello studio del 2019, dal quale, come premesso, si è inteso ripartire per uniformare ai criteri metodologici degli studi del P.S.I. e, se possibile, perfezionare la rappresentazione delle dinamiche di esondazione dei corsi d'acqua insistenti sull'area del Sentino, anche in previsione del futuro nuovo Piano Operativo comunale.

Lo studio dell'Ing. Marini affrontava l'idrologia con un approccio tipico degli studi redatti, dall'avvento dell'ex Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I., 2003) in poi, sul bacino del Fiume Arno.

In effetti, il Torrente Sentino e suoi affluenti afferisce al bacino del Fiume Arno, pur essendo adiacente al bacino del Fiume Ombrone (il confine tra i due bacini, in questa zona, passa proprio lungo lo spartiacque tra il bacino del Borro delle Ripi e quello del Torrente Sentino).

Per l'idrologia è stato quindi adottato il metodo di calcolo di cui all'ex modello concettuale di piena AlTo (Alluvioni in Toscana), alla base degli studi del P.A.I.

Tale approccio si fondava sulla depurazione delle piogge mediante il metodo asintotico a soglia (con parametri I_a, perdita iniziale o immagazzinamento superficiale, e K_s, costante di infiltrazione a saturazione), mentre per la trasformazione afflussi-deflussi si basava sul metodo dell'idrogramma unitario istantaneo geomorfologico di Nash (con parametri n e k stimati sulla base della gerarchizzazione secondo Strahler).

Lo studio del 2019 implementava questi calcoli a partire dai nuovi dati delle L.S.P.P. regionalizzate (Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme, Università di Firenze-Regione Toscana, 2014), con precipitazioni assunte costanti sui bacini in esame (ietogrammi rettangolari) e ragguagliate rispetto all'area tramite la formulazione di Eagleson, il cui parametro α era fatto dipendere dal parametro a' delle curve di possibilità pluviometrica in forma trinomia (a', n' e m'); attraverso un'operazione di regressione multipla si è quindi passati dai parametri a ed n delle L.S.P.P. regionalizzate (forma binomia) alla forma trinomia necessaria per la stima di a'. Avendo fatto questa operazione, la stessa forzante meteorica (altezza di precipitazione h) è stata calcolata a partire dalla formula trinomia.

Per quanto riguarda la modellazione idraulica, invece, nello studio del 2019 è stato utilizzato il codice di calcolo Infoworks ICM, con il quale è stato redatto un modello idraulico mono-bidimensionale accoppiato, in cui la base bidimensionale (da Lidar, fortunatamente l'area del Sentino è coperta dal volo Lidar della Regione Toscana, anno 2008, a differenze delle altre zone studiate nel P.S.I.) è stata discretizzata con una maglia triangolare a superficie variabile.

I corsi d'acqua modellati sono i medesimi di cui al presente lavoro.

La seguente figura mostra i risultati dello studio del 2019 in termini di aree allagate (TR30 e TR200).

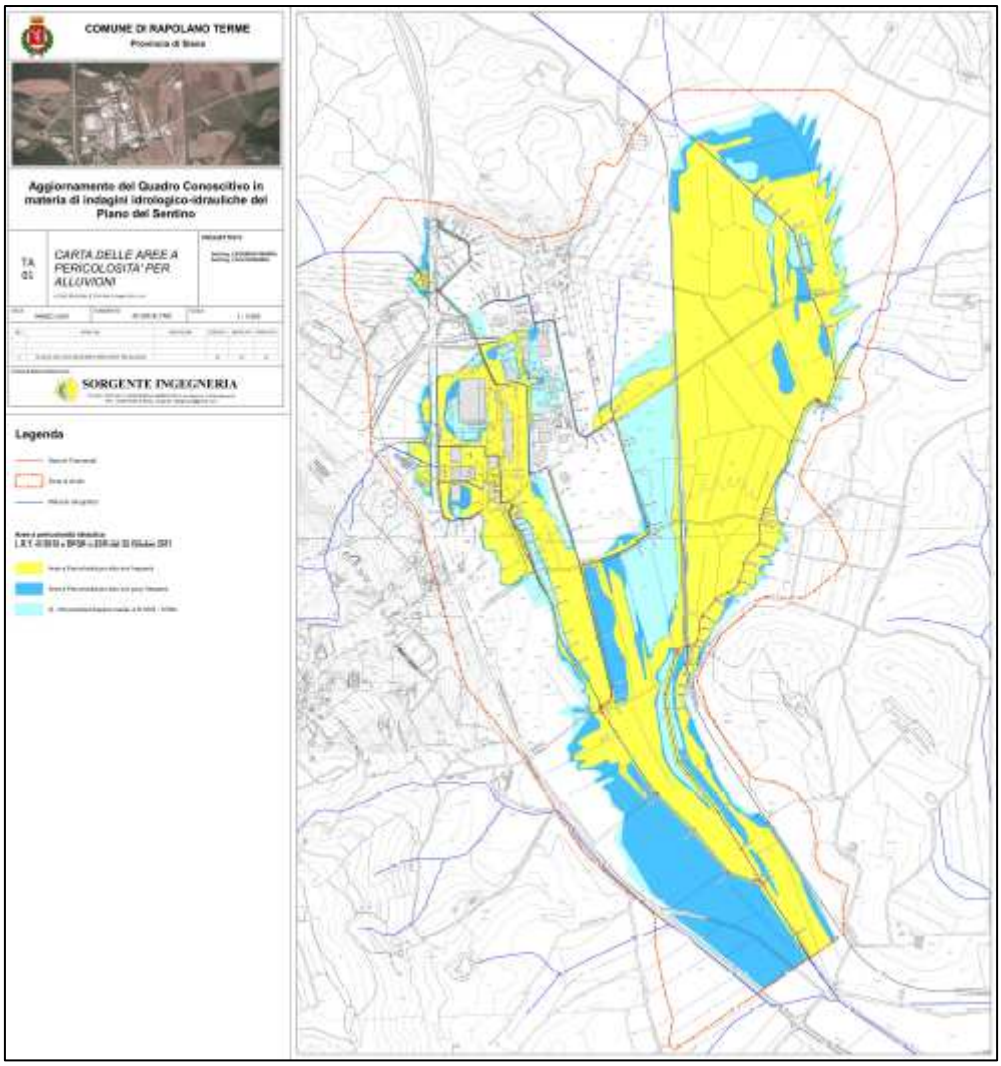


Fig. 5 Modello Sentino – Estratto carta della pericolosità per alluvioni studio Ing. Marini 2019

Come detto, questo studio non ha visto mai concludersi il suo iter approvativo, quindi le vigenti mappe del P.G.R.A. riportano ancora le perimetrazioni in esito degli studi ancor precedenti, risalenti al 2006 (Geol. Becattelli).

Nelle carte del Piano Strutturale Intercomunale adottato, con la mancata introduzione dei risultati dello studio dell'Ing. Marini (a seguito della revoca indicata in **Premessa**), sono state nuovamente confermate le perimetrazioni di pericolosità da alluvione del P.G.R.A.

E' proprio con il nuovo studio di cui alla presente Relazione, e con le nuove tavole allegate, che si propone un aggiornamento definitivo del quadro conoscitivo sull'area del Sentino.

IDROLOGIA

Lo schema di calcolo idrologico adottato per il *Modello Sentino* è analogo a quello utilizzato nello studio dei corsi d'acqua di Asciano (*Modello Asciano*), e la sua descrizione è affrontata secondo i medesimi passaggi della **Relazione Idrologico-Idraulica** depositata, omettendo però le ripetizioni circa la metodologia ma soffermandosi solo sulle differenze e proponendo le tabelle riepilogative dei parametri idrologici impiegati.

I bacini idrografici

I bacini idrografici del *Modello Sentino* sono stati definiti in modo funzionale alla distribuzione dei relativi idrogrammi di piena nel modello idraulico di seguito descritto; rispetto allo studio dell'Ing. Marini del 2019 è compiuta una suddivisione un po' diversa delle superfici scolanti e una diversa distribuzione degli apporti idrologici al modello.

I perimetri dei bacini idrografici, non disponendo esattamente di quelli tracciati negli studi precedenti, ma soprattutto per tener conto dell'adiacente bacino del Borro delle Ripi, sono stati ritracciati con metodo manuale, prendendo a riferimento le linee di spartiacque ricavabili dalla C.T.R. in scala 1:10.000 o 1:2.000 o, nel caso dei bacini più piccoli e/o più pianeggianti, anche del Lidar.

Complessivamente sono individuati n. 21 sottobacini, afferenti, direttamente o indirettamente, ai 4 diversi sistemi modellati, oltre ad un ulteriore bacino, marginale ai fini della modellazione, in quanto afferente al Torrente Sentino nel tratto finale del modello:

- Sistema Fosso della Vite-Fosso di Monte
- Sistema Fosso Nuovo
- Sistema Fosso del Chiassale
- Sistema Torrente Sentino
- Bacino Fosso Montino.

Segue tabella di riepilogo dell'insieme dei sottobacini del modello idrologico con relative superfici.

Bacino	Corso d'acqua di riferimento	Superficie (kmq)
chiassale1	Fosso del Chiassale	0.10
chiassale10		0.48
chiassale2		0.69
chiassale3		0.11
chiassale4		0.05
chiassale5		0.23
chiassale6		0.11
chiassale7		0.28
chiassale8		0.09
chiassale9		0.17
monte1	Fosso della Vite	0.17
monte2		0.07
montino1	Fosso del Montino	3.63
nuovo1	Fosso Nuovo	0.10
nuovo2		0.51
nuovo3		0.20
sentino1	Torrente Sentino	3.63
sentino2		5.98
vite1	Fosso della Vite	1.11
vite2		0.18
vite3		0.05
vite4		0.06

Tab. 2 Modello Sentino – Bacini idrografici

I bacini idrografici del Modello Sentino sono riportati nelle tavole Y1 e Y2 allegate alla presente Relazione.

Il regime di precipitazione

I sottobacini in esame fanno parte del bacino del Torrente Sentino, che appartiene al bacino del Fiume Arno; dal punto di vista prettamente idrografico, quindi, tale bacino esula dall'oggetto dello studio dell'Ing. Lorenzo Castellani nell'ambito della Variante al P.S. del Comune di Buonconvento (2020), essendo quest'ultimo rivolto al Fiume Ombrone e Torrente Arbia.

Però i pluviometri di cui lo studio suddetto propone l'aggiornamento dei parametri delle L.S.P.P. sono anche quelli più prossimi all'area in esame, come mostra la seguente figura.

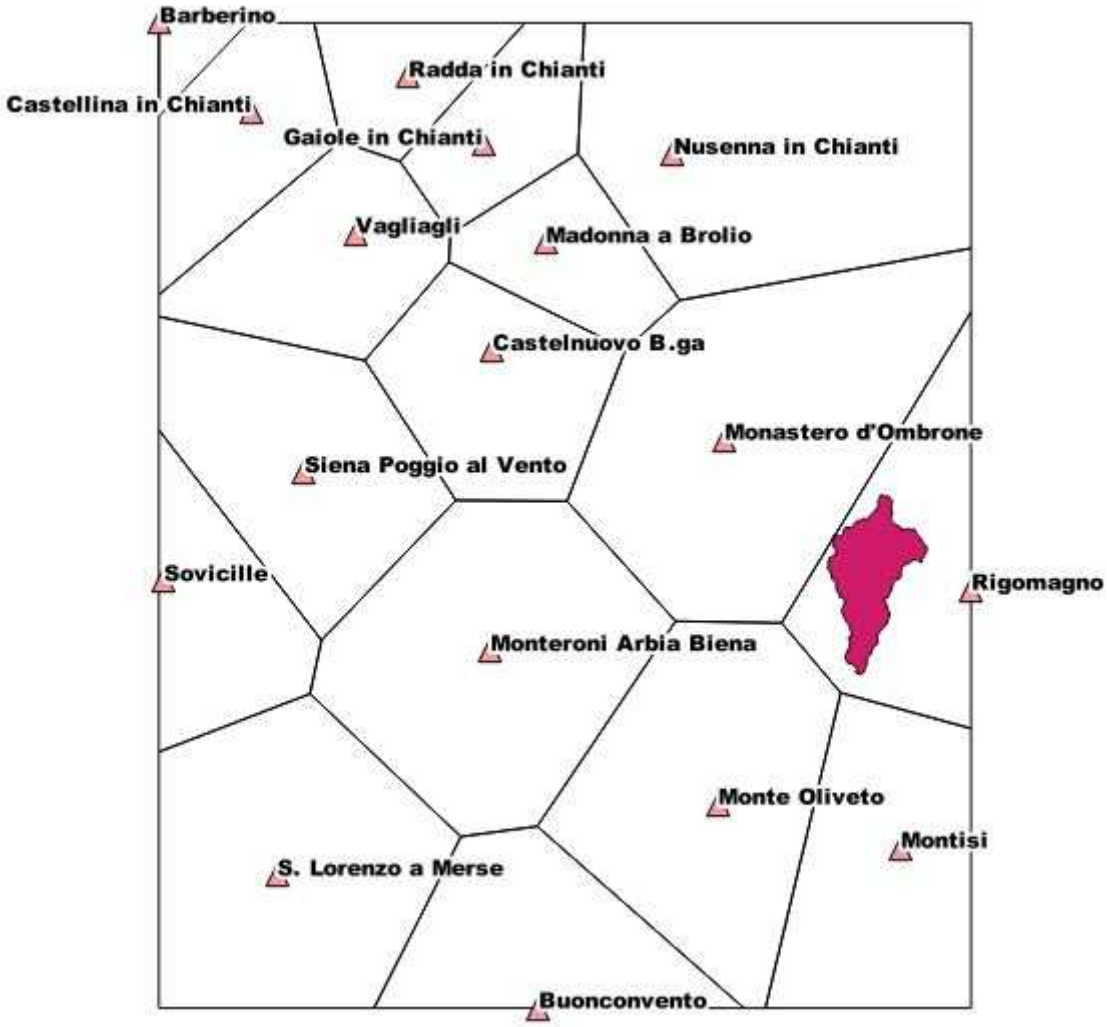


Fig. 6 Modello Sentino – Pluviometri di cui lo studio dell'Ing. Castellani propone l'aggiornamento dei parametri, con individuazione del bacino del T. Sentino

Secondo i poligoni di Thiessen il bacino del Torrente Sentino ricadrebbe nell'area di influenza del pluviometro di *Rigomagno*. Ma i valori aggiornati delle L.S.P.P. di questo pluviometro, come anche in quello di *Montisi*, risultano, all'esito dello studio Castellani, quelli meno influenzati dai dati pluviometrici degli eventi meteorici eccezionali che hanno interessato i bacini di Arbia ed Ombrone negli ultimi anni.

Il risultato di ciò è ben evidenziato nella seguente tabella, dove si mettono a confronto le altezze di precipitazione sul bacino del Torrente Sentino ricavate, da un lato, dall'aggiornamento idrologico proposto dallo studio dell'Ing. Castellani (per i cui dettagli si rimanda alla consultazione della **R.20 – Relazione Idrologico-Idraulica** depositata, Cap. 2), dall'altro, dai parametri delle L.S.P.P. regionalizzate (*Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme*, Regione Toscana 2014).

Bacino	metodo	30_1	30_2	30_3	30_4	30_5	30_6	200_1	200_2	200_3	200_4	200_5	200_6
Bacino complessivo Torrente Sentino	LSPP+	53.02	63.50	70.56	76.05	80.59	84.51	73.16	91.35	104.02	114.06	122.52	129.89
	LSPP	54.26	64.18	70.80	75.91	80.13	83.75	75.48	93.29	105.60	115.30	123.44	130.52

Tab. 3 Modello Sentino – Altezze di precipitazione

Le altezze di precipitazione, valutate per alcune durate caratteristiche, risultano pressoché analoghe tra i due diversi approcci.

Dal momento che le durate critiche per dei sottobacini in esame sono quelle più brevi (1-2 ore), si è optato per fare riferimento alle altezze di precipitazione proposte dalla Regione Toscana, leggermente superiori.

In analogia a quanto fatto nel citato studio dell'Ing. Marini per la Variante al R.U. di Rapolano Terme del 2019, le piogge sono state schematizzate mediante **ietogrammi costanti (rettangolari)**, ma, a differenza di esso, non è stato adesso applicato **nessun ragguaglio areale** delle precipitazioni ($k_r=1$).

La depurazione delle piogge

Come anticipato, la metodologia di calcolo idrologico adottata in questo lavoro differisce da quella utilizzata negli studi precedenti, bensì richiama quanto fatto nelle altre verifiche idrauliche di supporto al presente Piano Strutturale Intercomunale.

Lo studio dell'Ing. Marini del 2019 attuava il passaggio da piogge lorde a piogge efficaci riferendosi al metodo di infiltrazione asintotico a soglia, basato sui parametri I_a e K_s. Con questo metodo la perdita iniziale I_a è correlata soltanto alla percentuale di superficie boscata dei bacini; avendo però a che fare con sottobacini di ridotte e ridottissime dimensioni, anche privi di copertura boscata, l'adozione di detto metodo appare non del tutto calzante.

Pertanto, per la depurazione delle piogge, si è fatto riferimento al metodo *SCS*, secondo i criteri esposti nella **Relazione Idrologico-Idraulica** originale per quanto riguarda lo studio sul Borro delle Ripi e suoi affluenti a Rapolano Terme (al netto della "taratura" ivi compiuta sul bacino di monte del Borro delle Ripi).

I valori del *Curve Number* (*CN*) per tutti i sottobacini di studio (*Tab. 2 Modello Sentino*) sono stati ricavati "incrociando" i dati di uso del suolo dal *Database Uso e copertura del suolo* della Regione Toscana (2019, codici *Corine*, campo *UCS19*) con le classificazioni *SCS* dei suoli dal *Database Geopedologico* della Regione Toscana (2017, campo *gi*, con assunzione di suolo di tipo *D* in assenza di dato).

Come in precedenza, è stato utilizzato il valore di *CN (III)* (con suolo inizialmente già saturo), ed adottato il valore $\beta=0.2$ per la stima della perdita iniziale I_a.

In allegato alla presente Relazione, nelle Tavv. Z, AA ed AB sono rispettivamente riportati la classificazione *USDA* dei suoli, l'uso e copertura del suolo e la distribuzione dei valori di *CN (III)* sui bacini del *Modello Sentino*.

La seguente tabella mostra la sintesi dei valori di CN adottato per ciascun sottobacino.

Bacino	**Corso d'acqua di riferimento**	***CN (III)***
chiassale1	Fosso del Chiassale	92.91
chiassale10		89.42
chiassale2		86.97
chiassale3		95.00
chiassale4		95.70
chiassale5		90.54
chiassale6		92.41
chiassale7		91.26
chiassale8		92.82
chiassale9		90.79
monte1	Fosso della Vite	89.68
monte2		90.12
montino1	Fosso del Montino	87.60
nuovo1	Fosso Nuovo	91.30
nuovo2		90.13
nuovo3		92.35
sentino1	Torrente Sentino	86.27
sentino2		86.96
vite1	Fosso della Vite	85.14
vite2		95.76
vite3		91.52
vite4		92.72

Tab. 4 Modello Sentino – Valori medi del CN (III) per i bacini in esame

La trasformazione afflussi-deflussi

Per la stima degli idrogrammi di piena dei bacini del *Modello Sentino* è stato predisposto un apposito modello idrologico mediante il software HEC HMS 4.6.1, col quale è stata effettuata la depurazione di cui al precedente paragrafo e la trasformazione afflussi-deflussi.

Anche in questo caso è stato fatto riferimento al metodo di trasformazione adottato nel *Modello Rapolano* (in particolare, per gli affluenti del Borro delle Ripi), ovvero quello dell'idrogramma unitario *SCS*, piuttosto che alla combinazione di due metodi come nello studio dell'Ing. Marini (metodo dell'idrogramma unitario di Nash per il Torrente Sentino e metodo dell'invaso lineare gli

altri bacini minori).

Per il metodo di trasformazione adottato è necessario stimare il tempo di corrivazione di ciascun bacino.

In analogia a quanto fatto negli altri studi del presente P.S.I., il tempo di corrivazione è stato calcolato mediante la seguente formulazione:

$T_c = 0.095\ (L_{max}^{0.8} \cdot ((1000/CN)-9)^{0.7})/I_{\%}^{0.5}$

in cui con L_{max} (km) si intende la lunghezza del massimo percorso compiuto dall'acqua all'interno del bacino e con $I_{\%}$ la pendenza media; quest'ultima è stata valutata mediante il *DTM_idrologico* della Regione Toscana, in scala 1:10.000.

La seguente tabella riporta il tempo di corrivazione t_c di ciascun sottobacino unitamente ai valori di L_{max} e $I_{\%}$.

Bacino	***t_c (h)***	***L max percorso (m)***	***pendenza media (%)***
chiassale1	0.26	360	0.0578
chiassale10	1.94	1442	0.0128
chiassale2	0.50	1175	0.1698
chiassale3	0.55	393	0.0121
chiassale4	0.16	116	0.0198
chiassale5	0.37	866	0.1396
chiassale6	0.32	720	0.1232
chiassale7	0.42	1106	0.1545
chiassale8	0.40	335	0.0223
chiassale9	0.35	284	0.0258
monte1	0.42	995	0.1468
monte2	0.20	375	0.1308
montino1	1.05	3171	0.1771
nuovo1	0.30	491	0.0840
nuovo2	0.90	1476	0.0584
nuovo3	1.09	612	0.0081
sentino1	1.30	3678	0.1638
sentino2	1.18	2791	0.1209
vite1	0.68	1795	0.2052
vite2	0.53	361	0.0106
vite3	0.90	390	0.0063
vite4	0.80	493	0.0101

Tab. 5 Modello Sentino – Tempi di corrivazione, lunghezza del massimo percorso e pendenza media per i bacini in esame

Gli idrogrammi di piena

I calcoli idrologici esposti nei precedenti paragrafi sono stati sviluppati, come detto, con l'ausilio del software HEC HMS 4.6.1.

La seguente figura mostra lo schema planimetrico del modello idrologico secondo la rappresentazione del software.

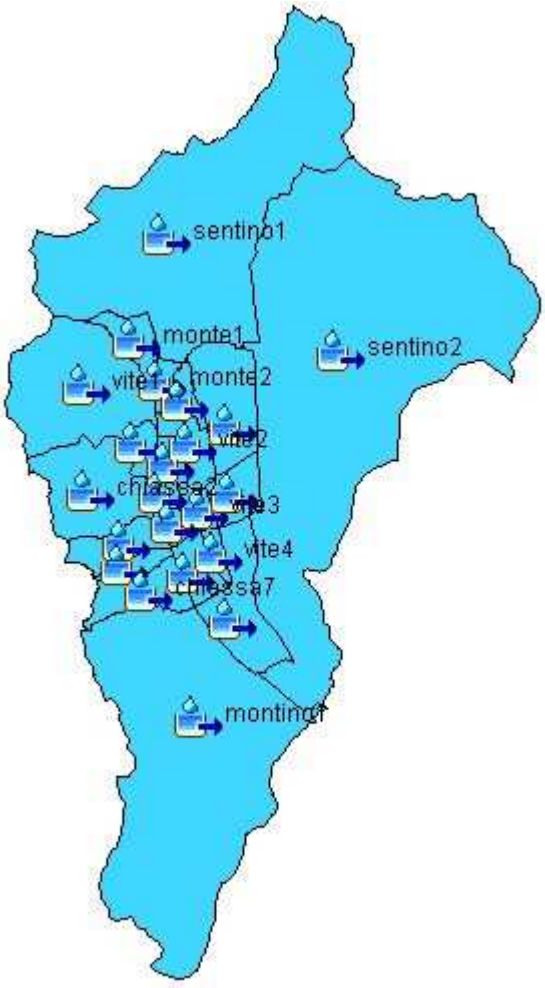


Fig. 7 Modello Sentino – Planimetria modello idrologico HEC HMS

I calcoli idrologici sono stati sviluppati per alcune durate di pioggia di riferimento prossime a quelle critiche per i bacini di esame; sono state considerate le durate di 1, 2 e 3 ore, per i tempi di ritorno trentennale e duecentennale.

La seguente tabella riassume i valori al colmo degli idrogrammi stimati per ciascun sottobacino nei diversi scenari in esame, mettendo in evidenza i valori massimi per TR30 e TR200.

Bacino	*TR30_1h*	*TR30_2h*	*TR30_3h*	*TR200_1h*	*TR200_2h*	*TR200_3h*
chiassale1	**1.33**	0.83	0.62	**1.95**	1.24	0.95
chiassale10	2.18	**2.40**	2.23	3.63	4.03	3.74
chiassale2	**6.27**	4.68	3.68	**10.33**	7.66	6.04
chiassale3	**1.41**	0.93	0.69	**2.06**	1.38	1.06
chiassale4	**0.72**	0.43	0.32	**1.02**	0.64	0.48
chiassale5	**2.69**	1.78	1.35	**4.12**	2.76	2.13
chiassale6	**1.41**	0.90	0.67	**2.09**	1.36	1.04
chiassale7	**3.29**	2.19	1.67	**5.00**	3.38	2.60
chiassale8	**1.14**	0.73	0.55	**1.69**	1.11	0.85
chiassale9	**2.01**	1.32	1.00	**3.06**	2.05	1.58
monte1	**1.86**	1.28	0.98	**2.90**	2.00	1.55
monte2	**0.86**	0.55	0.41	**1.30**	0.84	0.65
montino1	**23.56**	21.87	18.45	**39.89**	36.67	30.78
nuovo1	**1.23**	0.79	0.60	**1.85**	1.22	0.93
nuovo2	**4.30**	3.56	2.86	**6.88**	5.70	4.58
nuovo3	**1.71**	1.44	1.17	**2.65**	2.26	1.83
sentino1	18.41	**18.96**	16.87	32.39	**32.94**	29.00
sentino2	**34.66**	33.79	29.21	**59.77**	57.62	49.42
vite1	**8.03**	6.74	5.49	**13.93**	11.48	9.31
vite2	**2.40**	1.54	1.15	**3.46**	2.29	1.74
vite3	**0.46**	0.37	0.29	**0.71**	0.58	0.46
vite4	**0.61**	0.46	0.36	**0.93**	0.72	0.56

Tab. 6 Modello Sentino – Portate al colmo degli idrogrammi di piena

Come si può osservare dai valori in tabella, la durata di precipitazione che massimizza gli idrogrammi di piena è pari ad 1 ora per quasi la totalità dei bacini (ad eccezione di due bacini in cui la portata è massimizzata per la durata di 2 ore).

Per questo motivo le durate prescelte per le simulazioni idrauliche di cui alla modellazione descritta nel successivo capitolo sono state sviluppate soltanto per le durate di 1 e 2 ore di pioggia.

Segue una carrellata degli idrogrammi di piena, suddivisi nei 4 distinti sotto-sistemi idrografici (Fosso delle Vite, Fosso del Chiassale, Fosso Nuovo e Torrente Sentino+Fosso Montino).

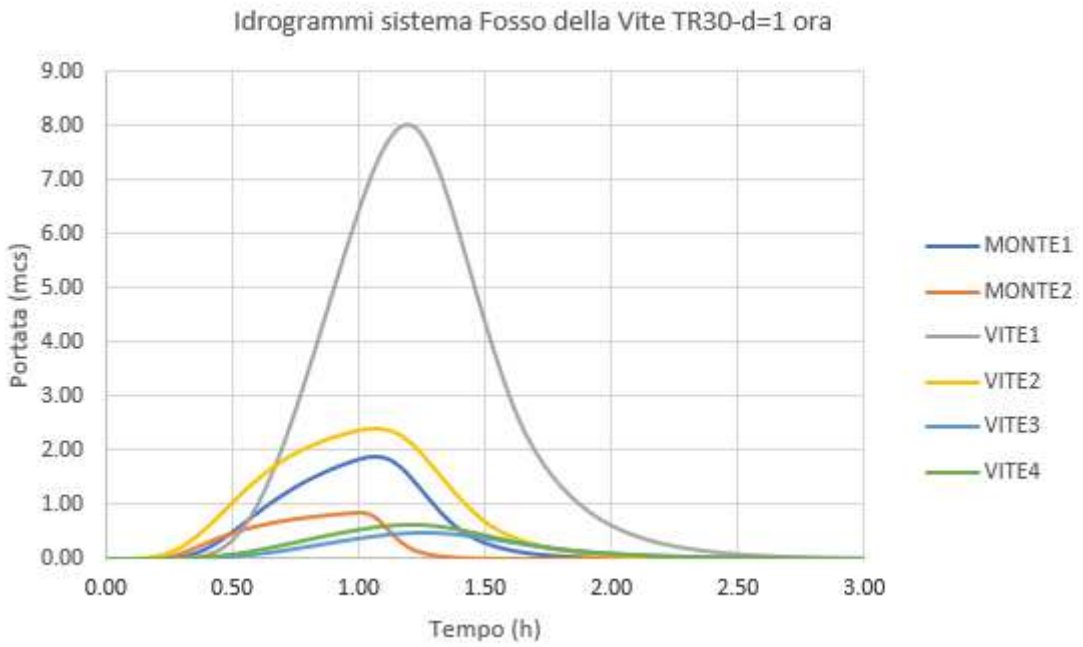


Fig. 8 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR30-1h

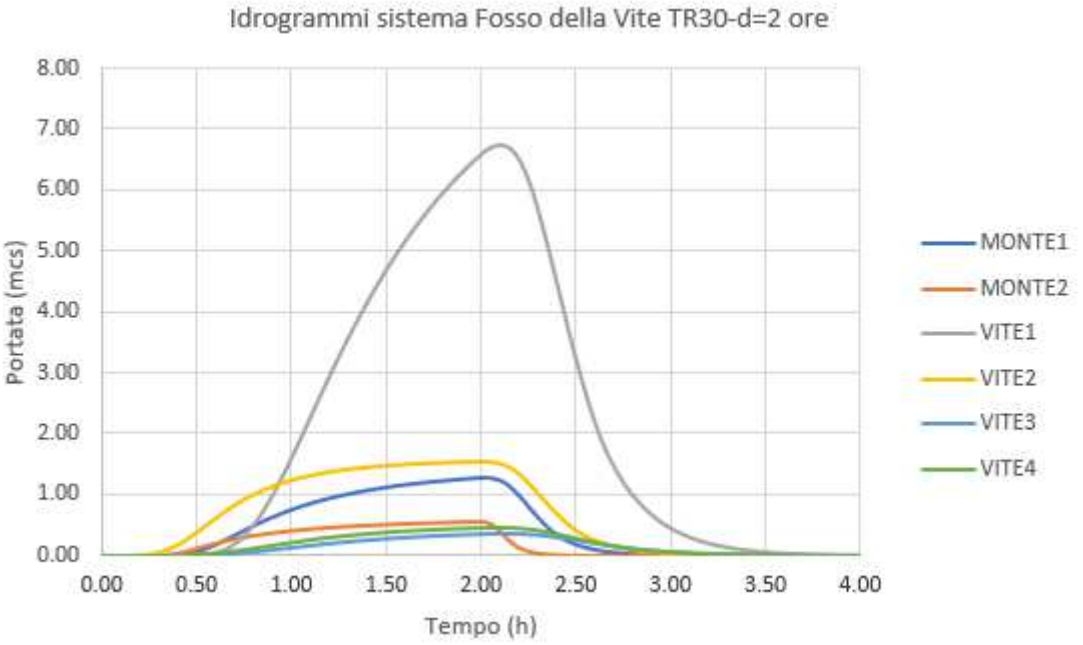


Fig. 9 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR30-2h

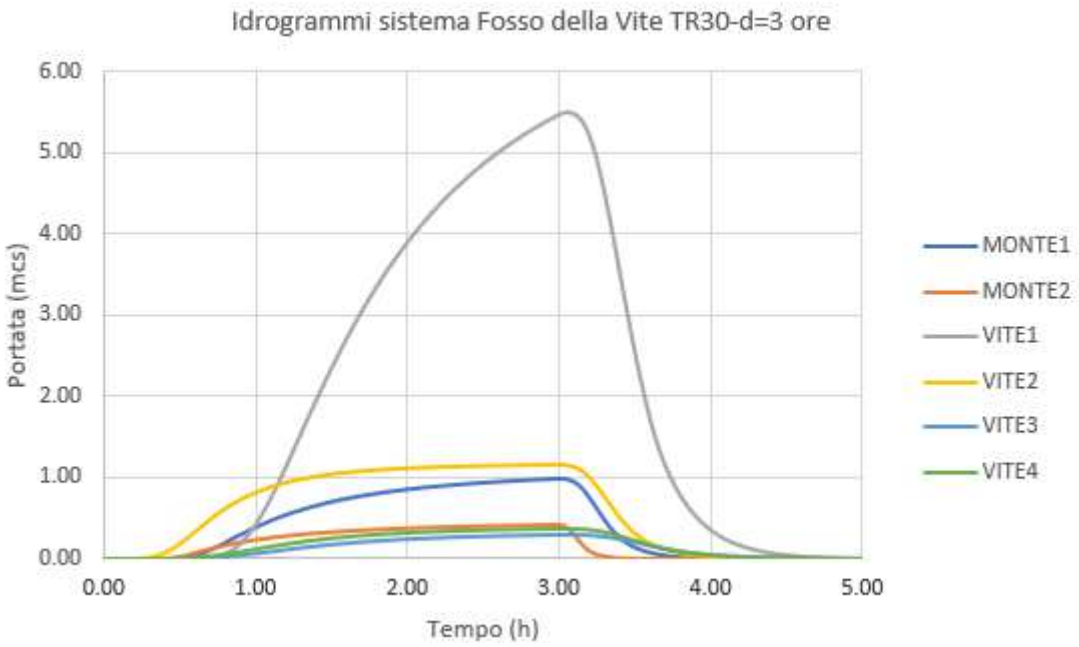


Fig. 10 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR30-3h

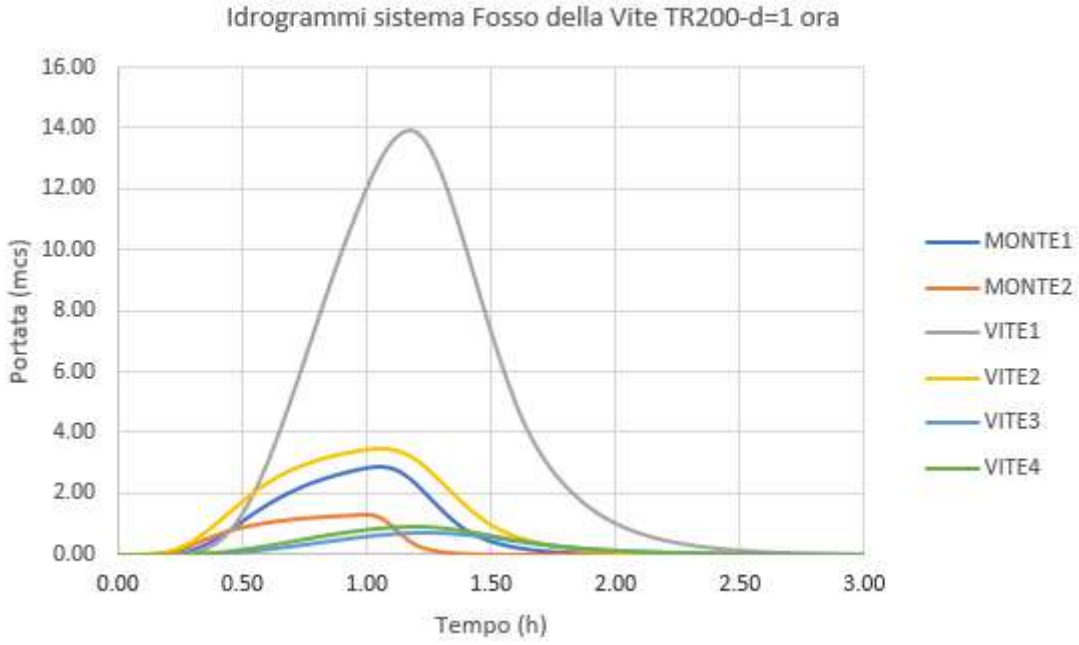


Fig. 11 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR200-1h

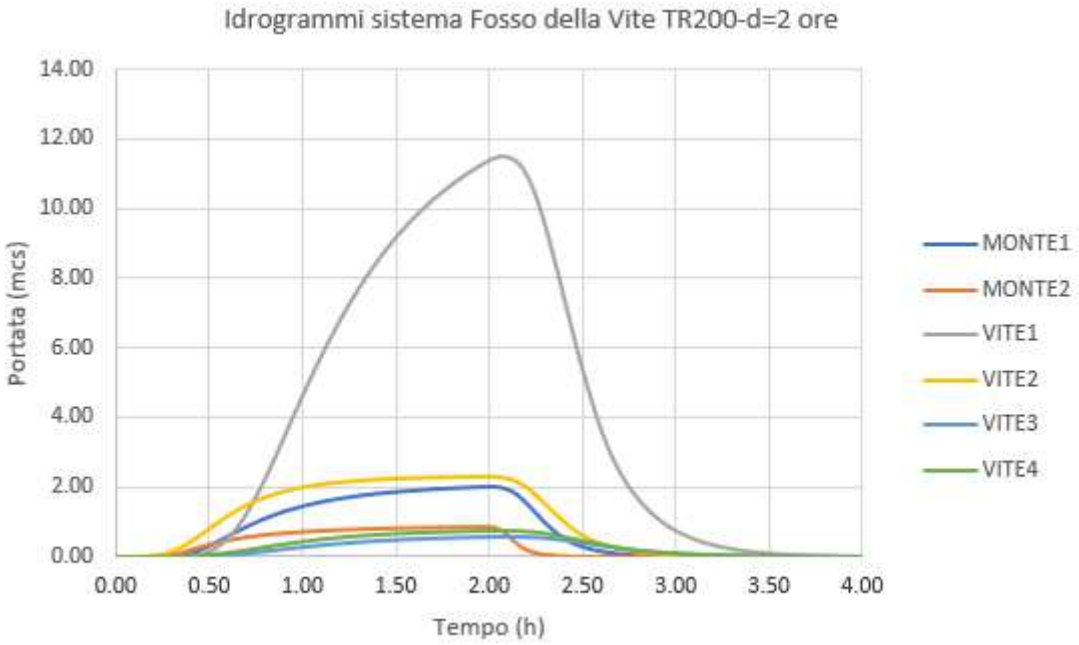


Fig. 12 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR200-2h

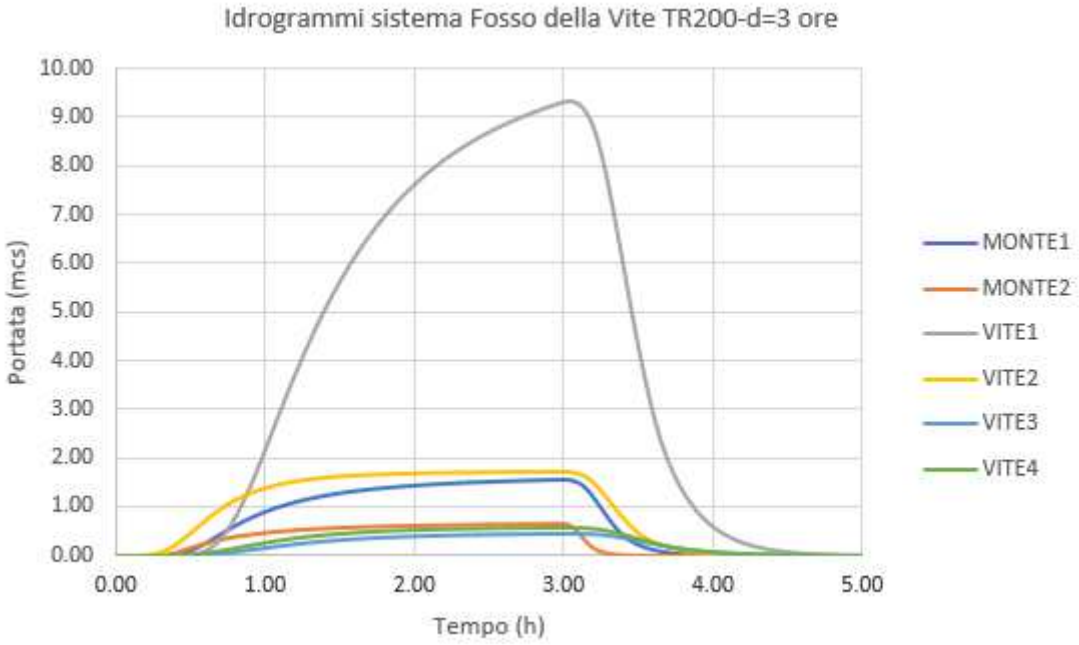


Fig. 13 Modello Sentino – Sistema Fosso della Vite TR200-3h

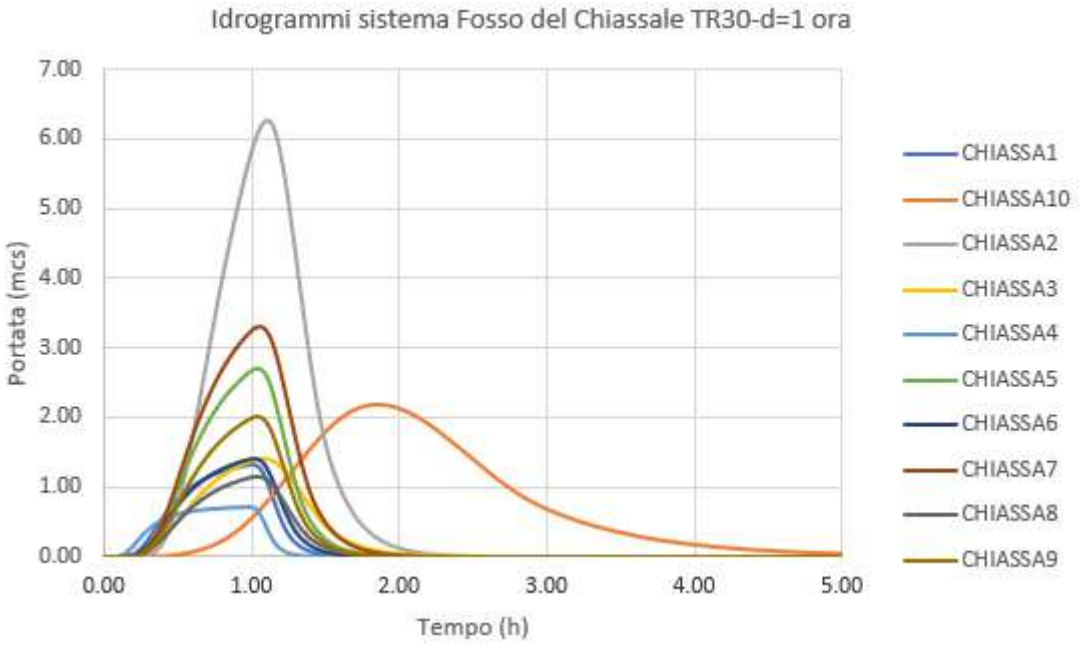


Fig. 14 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR30-1h

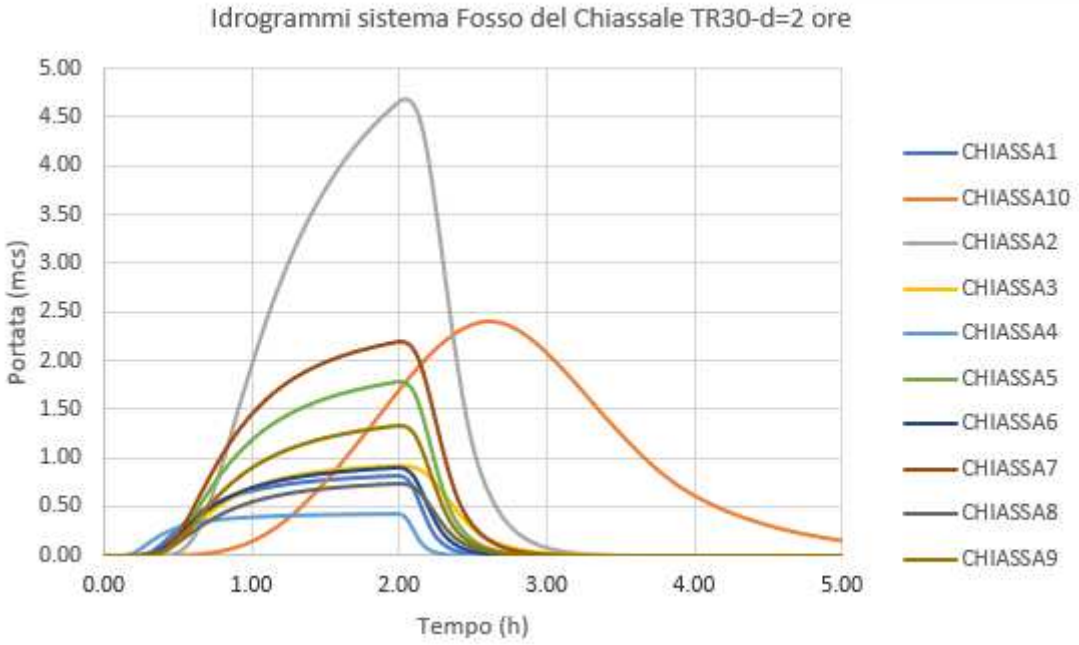


Fig. 15 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR30-2h

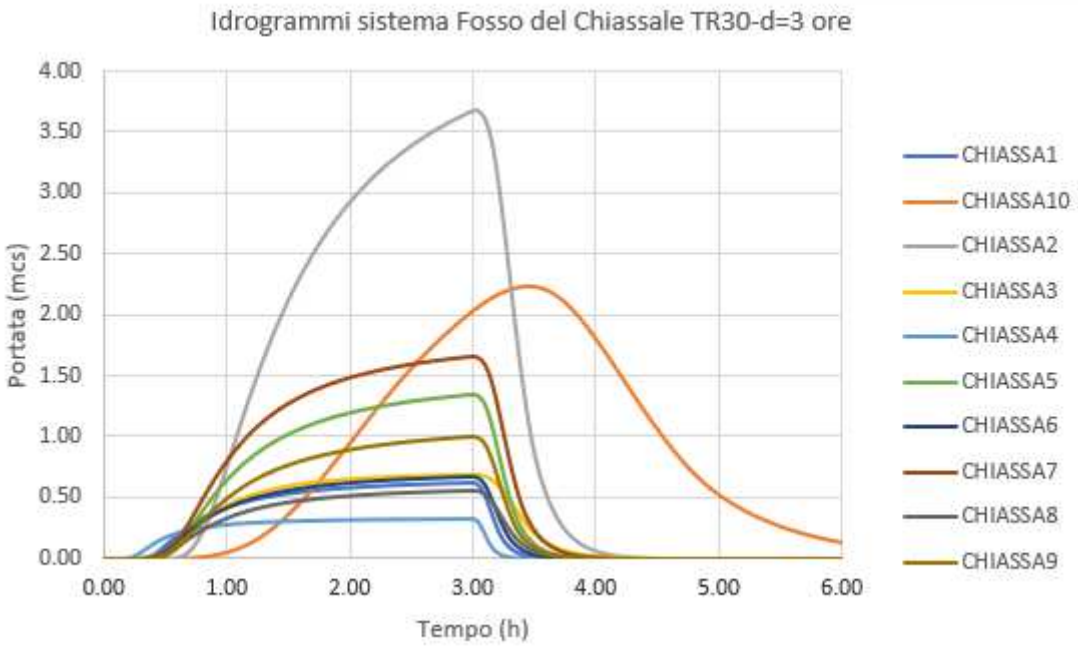


Fig. 16 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR30-2h

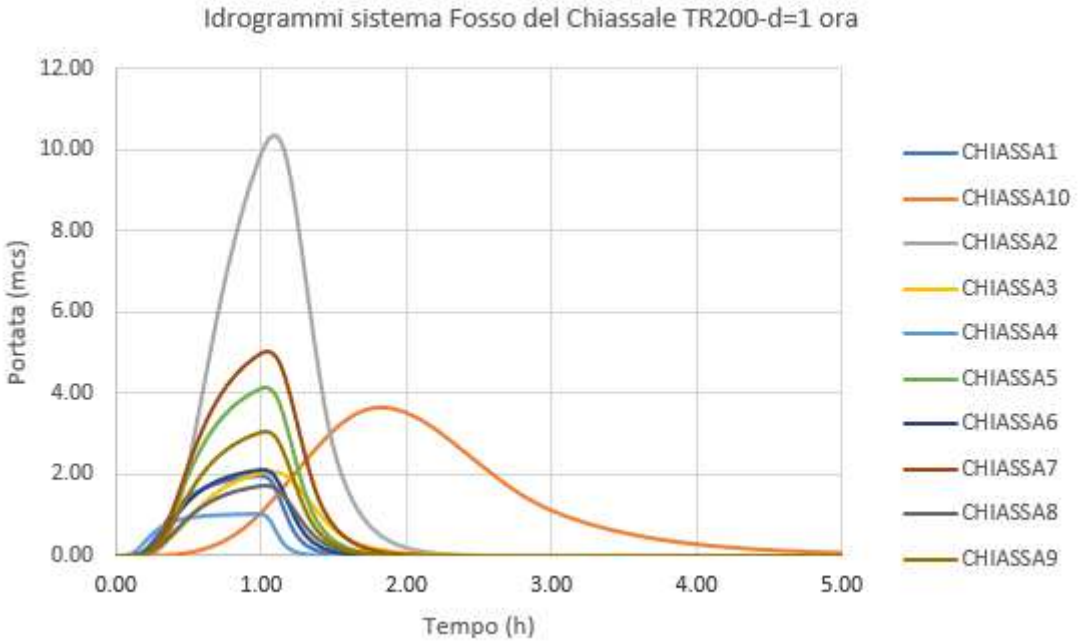


Fig. 17 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR200-1h

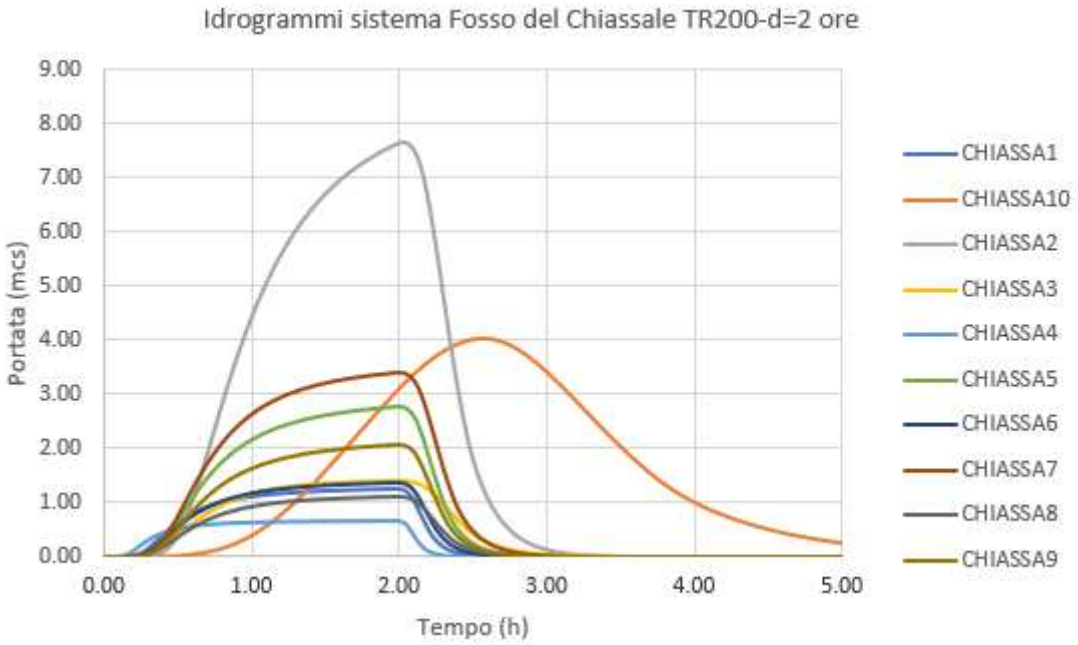


Fig. 18 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR200-2h

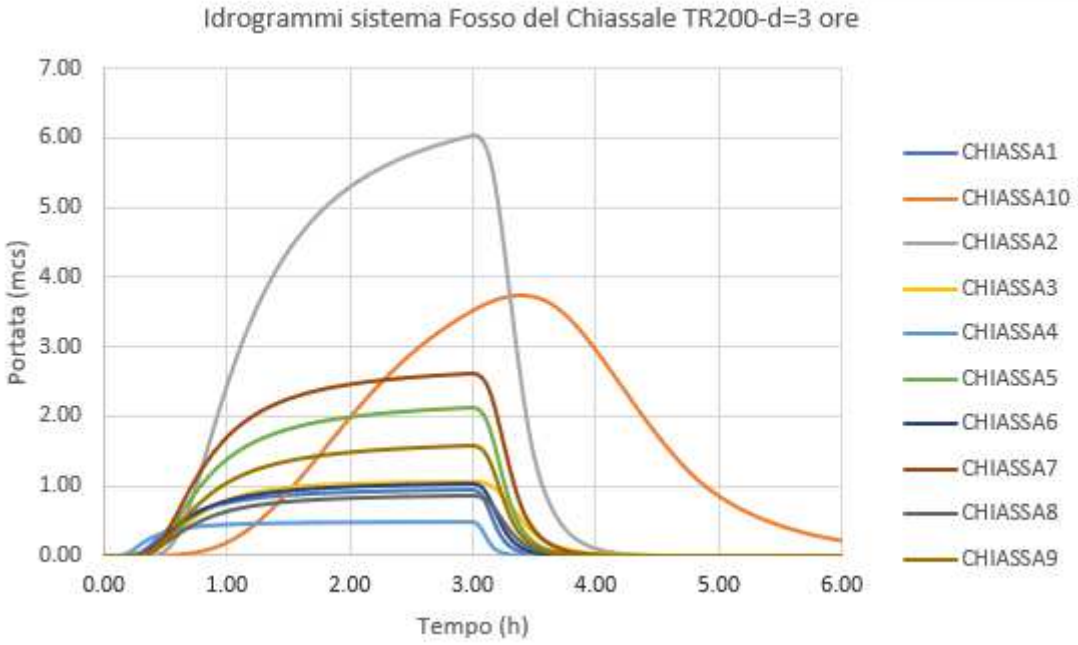


Fig. 19 Modello Sentino – Sistema Fosso del Chiassale TR200-3h

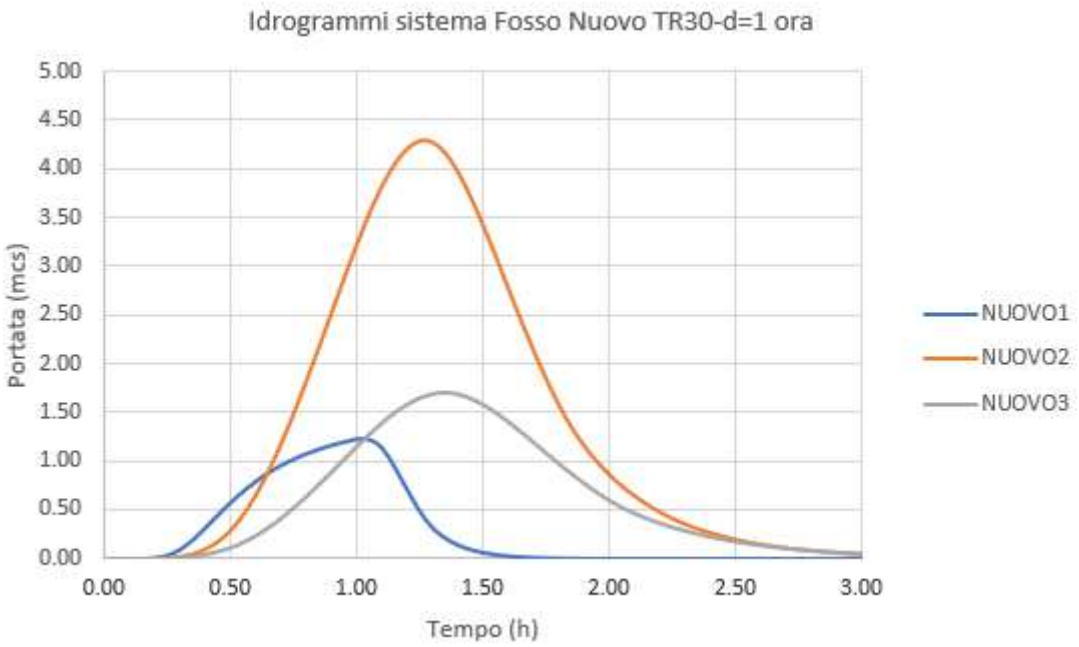


Fig. 20 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR30-1h

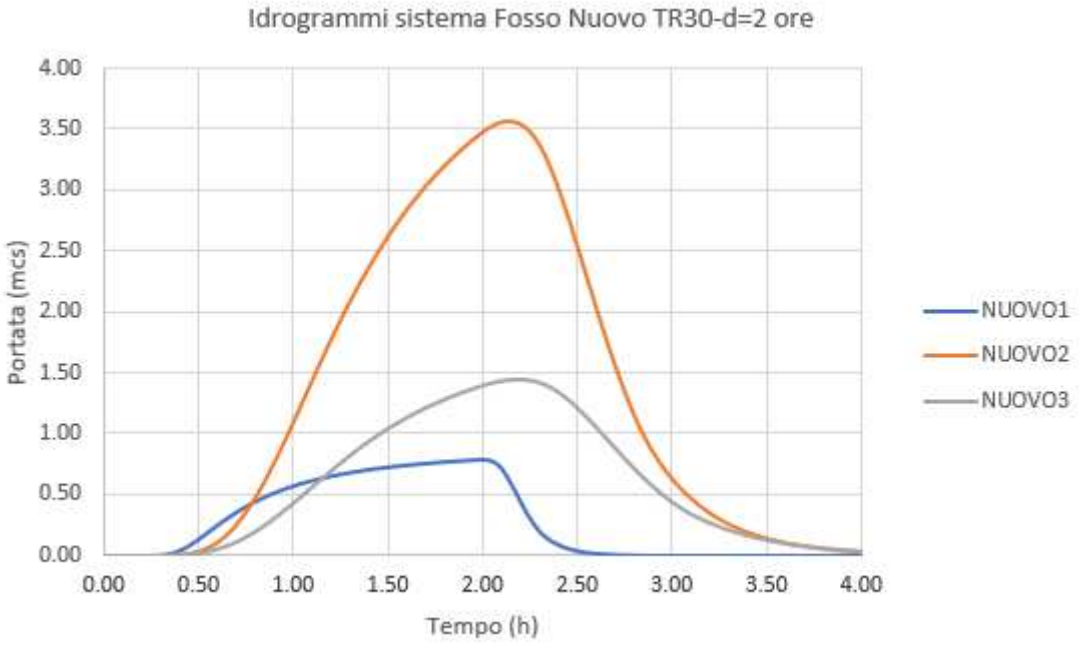


Fig. 21 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR30-2h

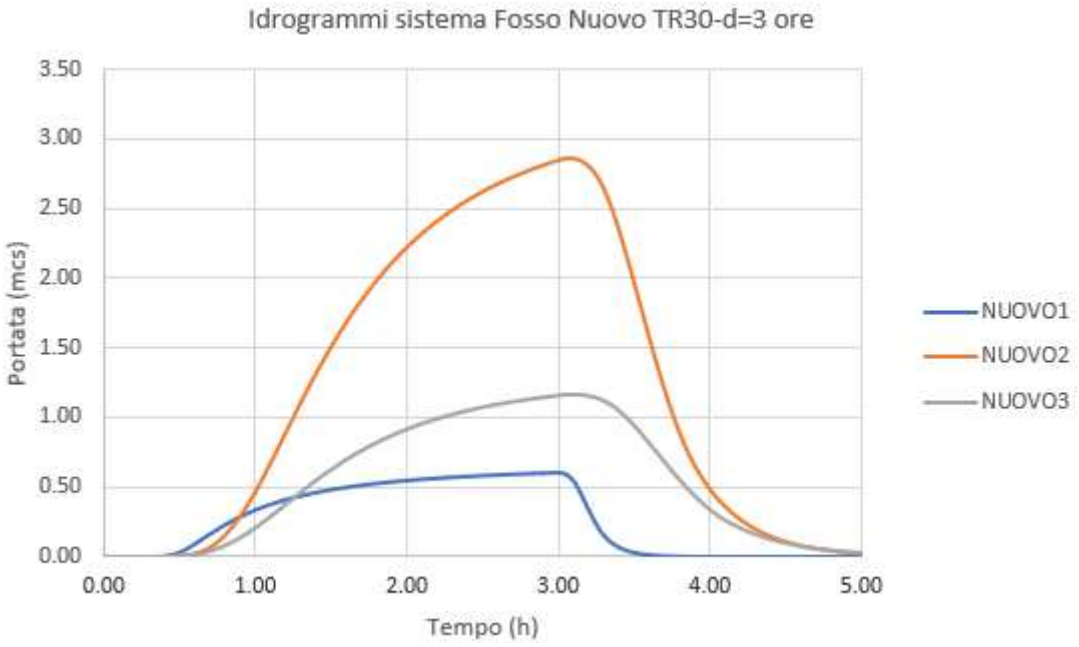


Fig. 22 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR30-3h

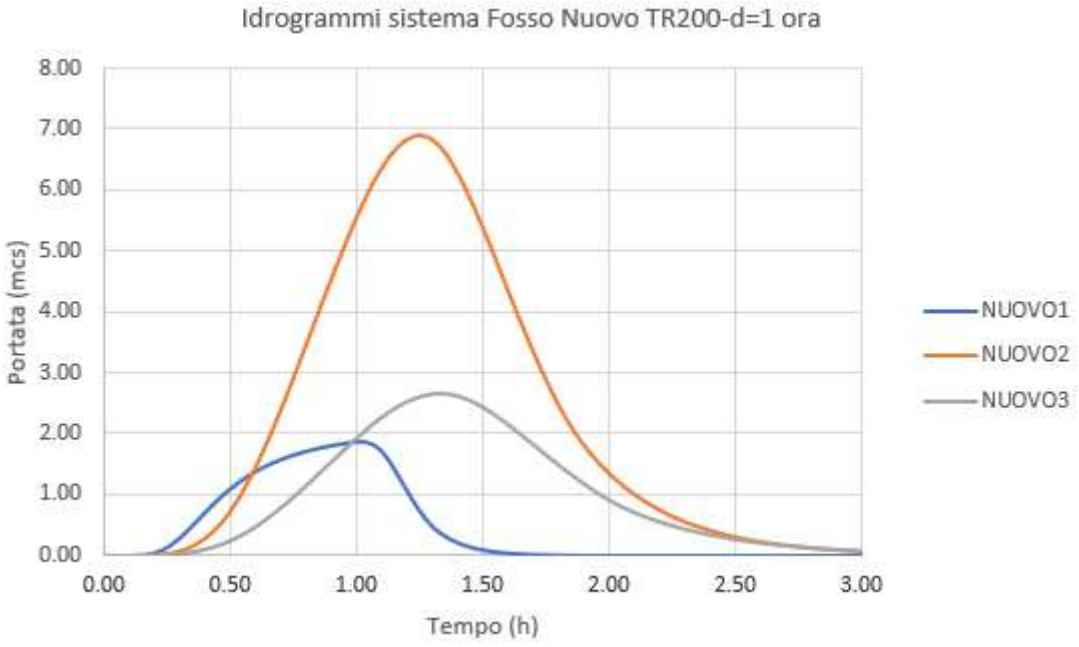


Fig. 23 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR200-1h

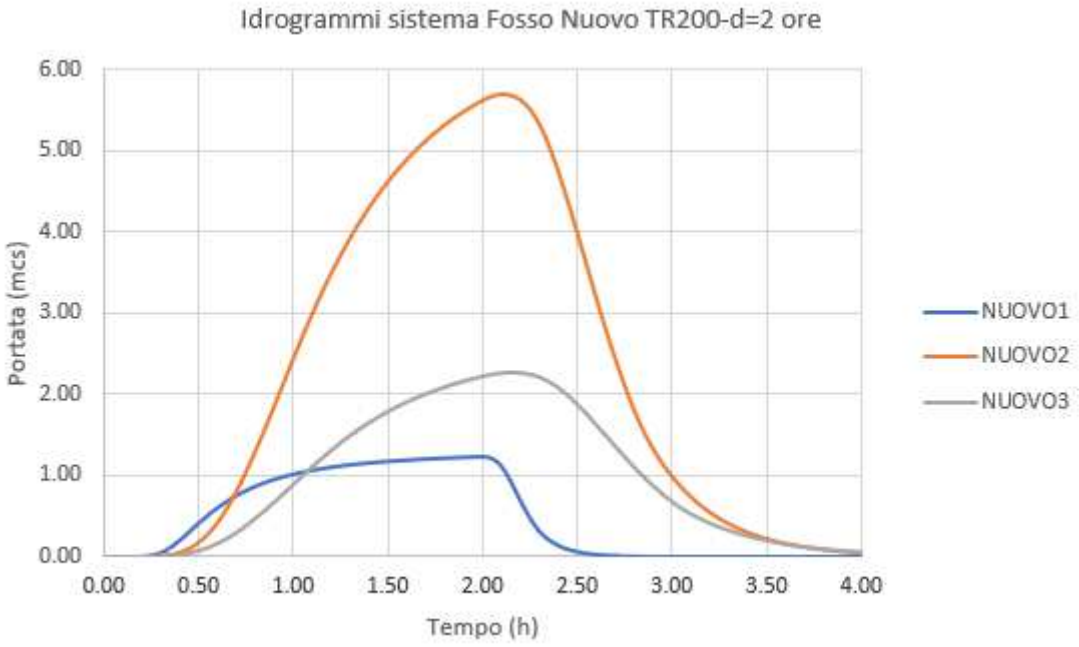


Fig. 24 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR200-2h

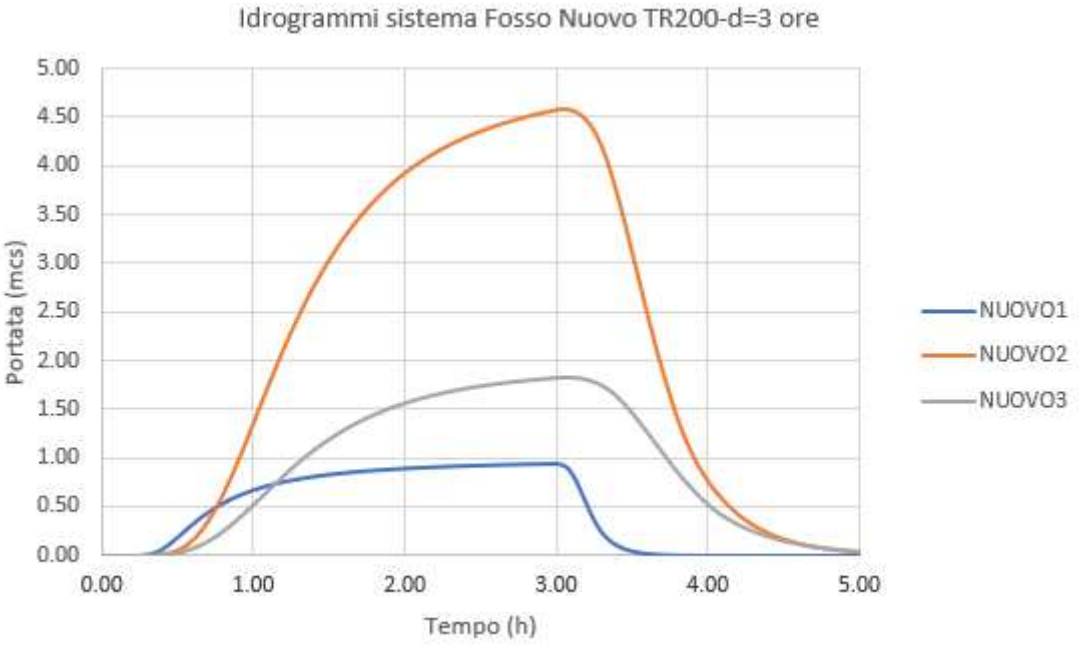


Fig. 25 Modello Sentino – Sistema Fosso Nuovo TR200-3h

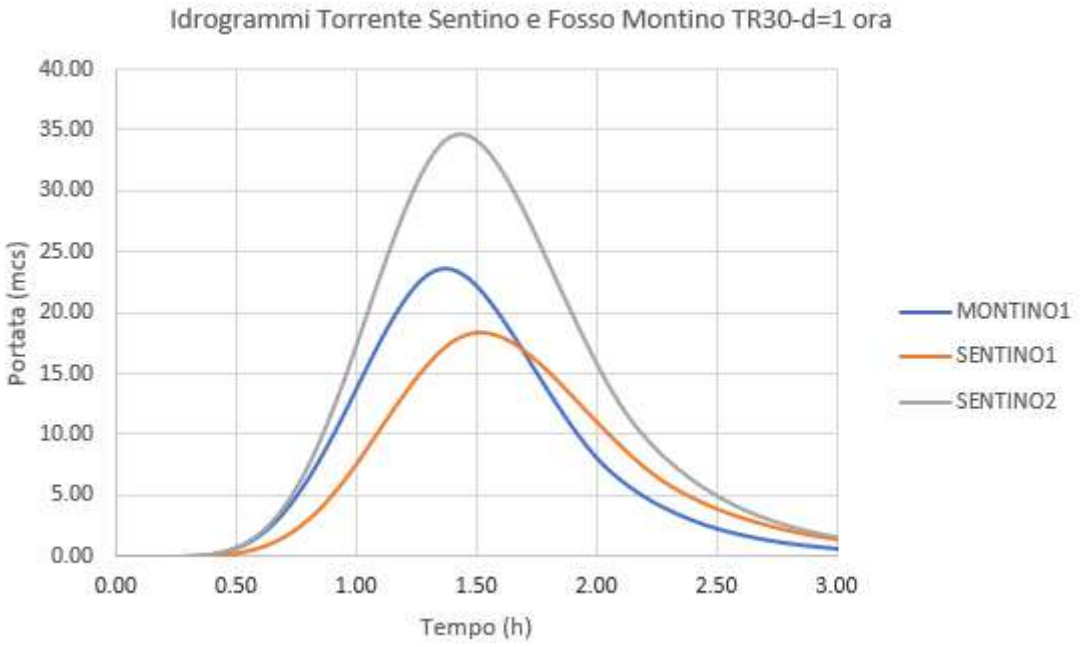


Fig. 26 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR30-1h

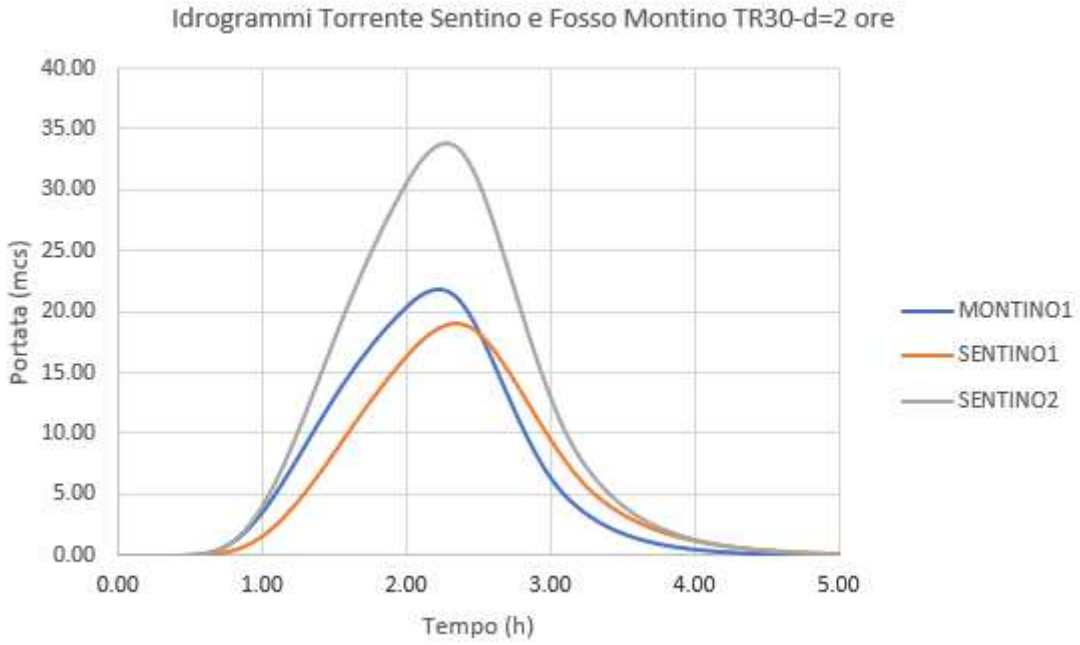


Fig. 27 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR30-2h

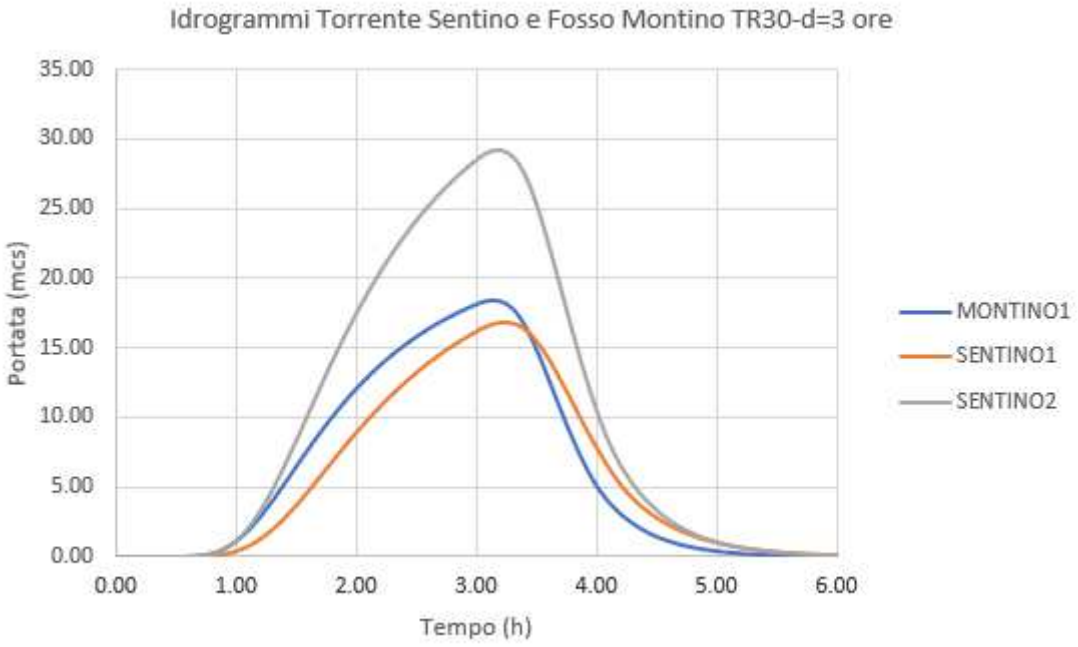


Fig. 28 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR30-3h

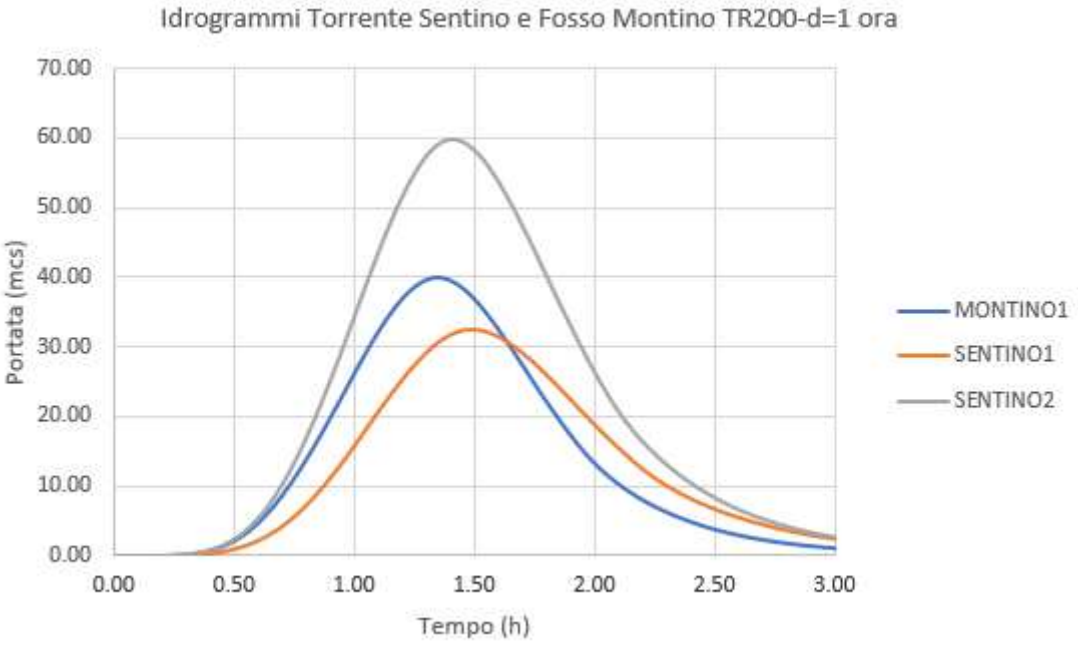


Fig. 29 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR200-1h

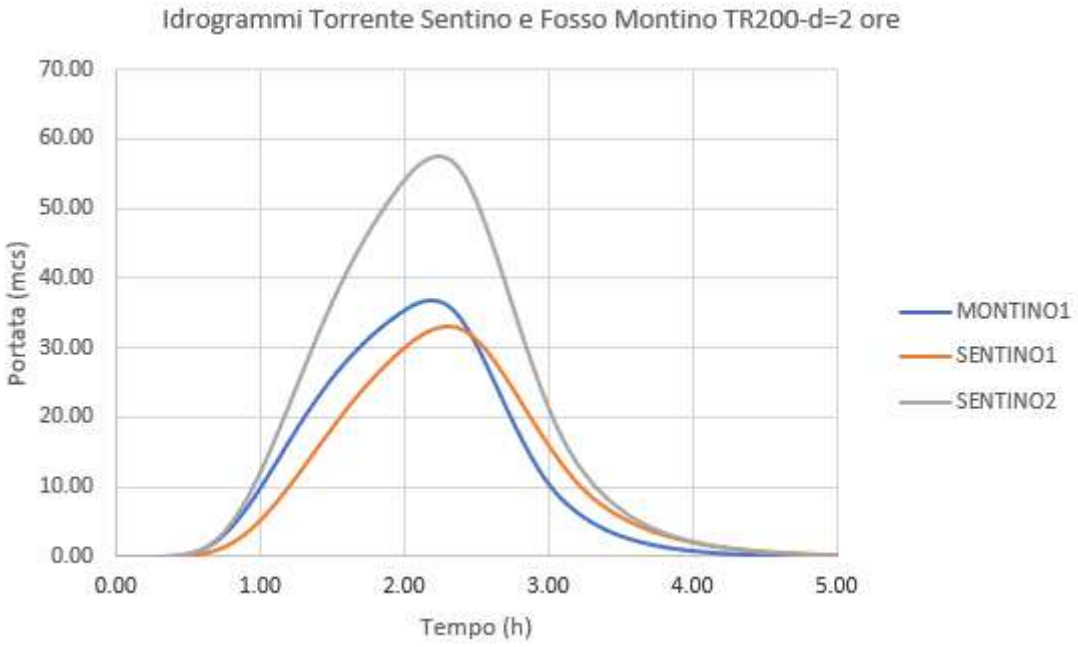


Fig. 30 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR200-2h

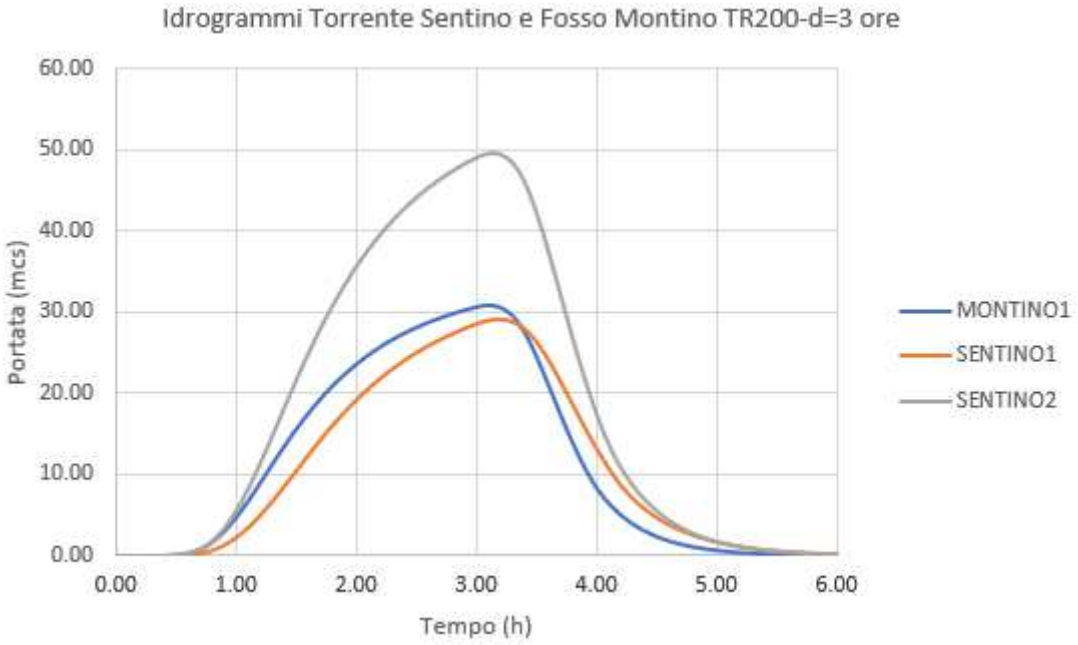


Fig. 31 Modello Sentino – Torrente Sentino e Fosso Montino TR200-3h

IDRAULICA

Cenni preliminari e approccio modellistico

Il nuovo modello idraulico dei corsi d'acqua interferenti con l'area produttiva del Sentino è stato predisposto in coerenza con il precedente studio redatto dall'Ing. Marini nel 2019 a supporto del Piano Attuativo e contestuale Variante al R.U. comunale.

La geometria del modello è sostanzialmente la medesima, sia per quanto riguarda la ricostruzione degli alvei fluviali che per la base bidimensionale adottata.

Però sono state compiuti alcuni approfondimenti ed aggiornamenti, e garantita una maggiore discretizzazione geometrica.

Anche la distribuzione nel modello dei numerosi input idrologici è stata sviluppata in modo diverso, inserendo alcuni di essi direttamente a campagna, soprattutto per i sottobacini del Fosso del Chiassale, molti dei quali interessano aree poste ad Ovest del raccordo autostradale Siena-Bettolle; si è infatti voluto simulare in modo più appropriato le dinamiche idrauliche della fascia al di là del raccordo, che determina un ritardo nell'ingresso delle acque nell'area produttiva dovuto alla presenza di numerosi sottopassi (che sono stati rilevati *ex novo*).

Il *Modello Sentino*, come impostazione generale, è analogo al *Modello Asciano*.

Una differenza sostanziale, però, è rappresentata dalla disponibilità del rilievo Lidar, che ha permesso di riprodurre i fenomeni di allagamento a campagna in modo più preciso rispetto a quanto non sia stato potuto fare nel *Modello Asciano*, fondato su un D.T.M. di minor dettaglio.

Per la modellazione ci si è avvalsi del software Mike di DHI (licenza MZ-28831), grazie al quale è stato possibile riprodurre tutte le singolarità geometriche presenti sull'area di studio, compresi i tratti tombati, che il software consente di ricostruire anche in caso di sezioni di forma variabile.

Per i principi generali di funzionamento del software di modellazione si rimanda a quanto già anticipato nella Relazione Idrologico-Idraulica depositata, oltre che alla consultazione della pagina *https://www.mikepoweredbydhi.com/* .

La geometria del modello

In questo paragrafo sono illustrati i principali aspetti geometrici della modellazione idraulica.

Il modello monodimensionale d'alveo

Il modello idraulico dei corsi d'acqua insistenti sull'area produttiva del Sentino si compone di **n. 188 sezioni** idrauliche d'alveo, oltre alcune sezioni interpolate.

Tali sezioni sono le medesime utilizzate nello studio dell'Ing. Marini, ricavate da appositi rilievi topografici redatti nell'anno 2018 (Fosso della Vite e Fosso Nuovo) o recuperate da studi ancor precedenti (Fosso della Vite, tratto di valle, Fosso del Chiassale e Torrente Sentino); in più, nel presente lavoro sono state rilevate ex novo alcune sezioni lungo il fosso di guardia del raccordo Siena-Bettole (Chiassale) e lungo il Fosso della Vite, nonché alcuni sottopassi stradali.

La seguente tabella riporta le sezioni utilizzate per la rappresentazione dei vari corsi d'acqua studiati; sono riportate anche le aste fittizie con cui sono stati rappresentati alcuni sottopassi stradali e ferroviari (*coll1 – coll7*):

Corso d'acqua	***N° sezioni***
Vite	68
Chiassale 1	40
Chiassale 2	6
Chiassale 3	4
Chiassale 4	4
Chiassale 5	7
Fosso Nuovo	76
Torrente Sentino	53
Coll_raccordo_1	4
Coll_raccordo_2	2
Coll_raccordo_3	2
Coll_raccordo_4	3
Coll_raccordo_5	2
Coll_chiassale_1	2
Coll_fer_1	2
Coll_fer_2	2
Coll_fer_3	2
Coll_fer_4	2
Coll_fer_5	2
Coll_fer_6	2
Coll_fer_7	2
Col_fer_8	2

Tab. 7 Modello Sentino – Sezioni idrauliche

Di quelle indicate in tabella, le aste “vere e proprie” sono 4, ovvero quella del Fosso della Vite, del Fosso del Chiassale (Chiassale 1), del Fosso Nuovo e del Torrente Sentino.

Per il Fosso del Chiassale sono però considerate ulteriori 4 aste minori, che convergono in quella principale, mentre le aste indicate con il prefisso *Coll* indicano i vari sottopassi presenti (generalmente composti solo da sezione di monte di valle), o ulteriori collegamenti idraulici (come, ad esempio, *Coll_raccordo 1*, che rappresenta un sottopasso carrabile del raccordo Siena-Bettolle, che, nel modello, è anch’esso rappresentato mediante un’asta fittizia.

Nella Tav. AC in Allegato sono mostrate tutte le aste modellate con le proprie sezioni, identificate secondo la distanza progressiva da monte (0.00) alla sezione di chiusura.

Nel modello monodimensionale rivestono un ruolo fondamentale i numerosi attraversamenti e sottopassi esistenti.

Come anticipato, alcuni di essi sono stati rilevati nuovamente, in quanto le loro dimensioni secondo il rilievo fornito non risultavano del tutto coerenti con quelle osservate *in situ*.

In particolare, ci si è concentrati sui sottopassi del raccordo Siena-Bettolle, i quali recapitano le acque nel fosso di guardia posto sul lato Est (lato dell’area produttiva), per poi raggiungere attraverso alcuni rami, a cielo aperto o tombati, il Fosso del Chiassale.

Le seguenti fotografie mostrano alcuni di questi sottopassi.

Fig. 32 Modello Sentino – Esempi di sottopassi del raccordo autostradale

Oltre ai sottopassi, sono state rilevate anche alcune sezioni del fosso di guardia (Chiassale 1-Chiassale 5) e del tratto del Fosso della Vite posto lungo Via dei Manufatti.

La seguente figura punta a chiarire meglio la geometria del modello per quanto riguarda il Fosso del Chiassale ed il Fosso della Vite in corrispondenza dell'area produttiva.

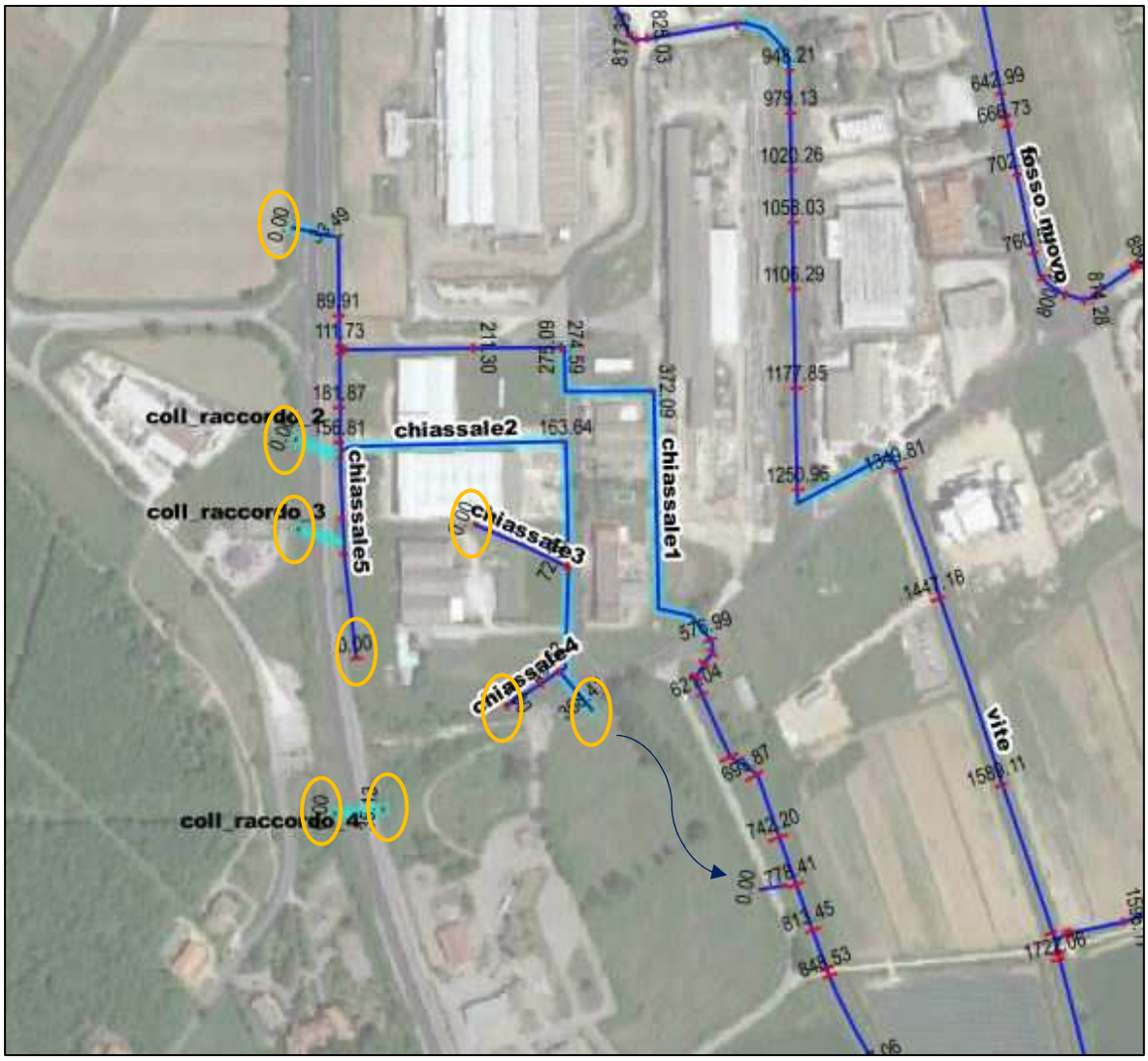


Fig. 33 Modello Sentino – Particolare del reticolo studiato del Fosso del Chiassale e del Fosso della Vite

La precedente figura riporta alcune aste studiate presso l'area produttiva.

In azzurro chiaro sono messi in evidenza i tratti tombati e/o gli attraversamenti stradali/autostradali.

L'asta principale del Fosso del Chiassale è denominata *Chiassale 1*, ha origine al di là del raccordo autostradale (in alto a sx), corre adiacente ad esso per un primo tratto, per poi entrare nell'area del Sentino e proseguire a valle di essa, dove incontra il Fosso della Vite; nel tratto intermedio (da Via della Meccanica fino a valle dell'edificato esistente) risulta tombata.

L'asta *Chiassale 5* rappresenta il fosso di guardia della Siena-Bettolle, che va ad immettersi proprio nell'asta *Chiassale 1*; in essa scaricano i fossi di cui ai sottopassi *Coll_chiassale_2* e *Coll_chiassale_3*.

L'asta *Chiassale 2* si stacca dall'asta *Chiassale 5*, ed è interamente tombata (di fatto, una fognatura); a valle di Via della Meccanica scarica in un fosso minore nel campo sottostante, da dove le acque si muovono verso valle (freccia) e rientrano nel Chiassale 1 (attraverso il collegamento idraulico denominato *Coll_chiassale_1*).

Le aste *Chiassale 3* e *Chiassale 4* sono ulteriori rami di collegamento idraulico all'asta Chiassale 2, a cielo aperto e di piccole dimensioni.

In tutti i punti indicati con i cerchi arancioni, posti nelle sezioni di monte o di valle (o entrambe) delle varie aste e dei collegamenti idraulici, i modelli monodimensionali sono collegati con la base bidimensionale tramite appositi *standard links*, collegamenti frontali.

Questo permette alle aste di "accogliere", in testa, l'acqua in arrivo da monte (ad esempio, quella del versante Ovest per quanto riguarda gli attraversamenti della Siena-Bettolle), ma anche di "rilasciare" l'acqua alla sezione di valle, oltre la quale il reticolo perde di consistenza, oppure ci troviamo a valle di un'area di specifico interesse e quindi si lascia che le acque proseguano a propagarsi a campagna semplicemente sulla base bidimensionale (come a valle di *Chiassale 2* o di *Coll_raccordo_4*).

La base bidimensionale

La base bidimensionale del modello è rappresentata dal rilievo Lidar della Regione Toscana (2008).

Al di là di qualche imperfezione legata alle modifiche al territorio degli ultimi anni, essa rappresenta in modo piuttosto adeguato la morfologia della zona.

Vi sono state però applicate delle modifiche locali, coerentemente a quanto fatto per il *Modello Asciano*, ovvero gli edifici esistenti sono stati rappresentati come volumi chiusi, e sono stati anche introdotti alcuni muretti perimetrali dei lotti, ritenuti necessari per simulare una corretta dinamica di propagazione a campagna delle acque esondate presso l'area produttiva.

La seguente figura mostra due esempi di muretti perimetrali lungo le sedi stradali; dal momento che i battenti a campagna, in alcuni punti, risultano abbastanza modesti, la presenza di tali muretti direziona le acque verso valle secondo la pendenza delle strade. Ovviamente questi muretti presentano delle discontinuità, in corrispondenza degli accessi carrabili ai vari lotti, e di ciò è stato tenuto conto nel modello.

Fig. 34 Modello Sentino – Esempi di muretti lungo le sedi stradali

La figura successiva riporta in planimetria la traccia dei muretti introdotti sulla base 2D.

Ad essi sono state assegnate altezze variabili (30-50 cm) a seconda dei casi, “alzando” la quota delle celle del Lidar; sono stati introdotti soltanto i muretti che risultavano interferire effettivamente con le dinamiche di allagamento a campagna.

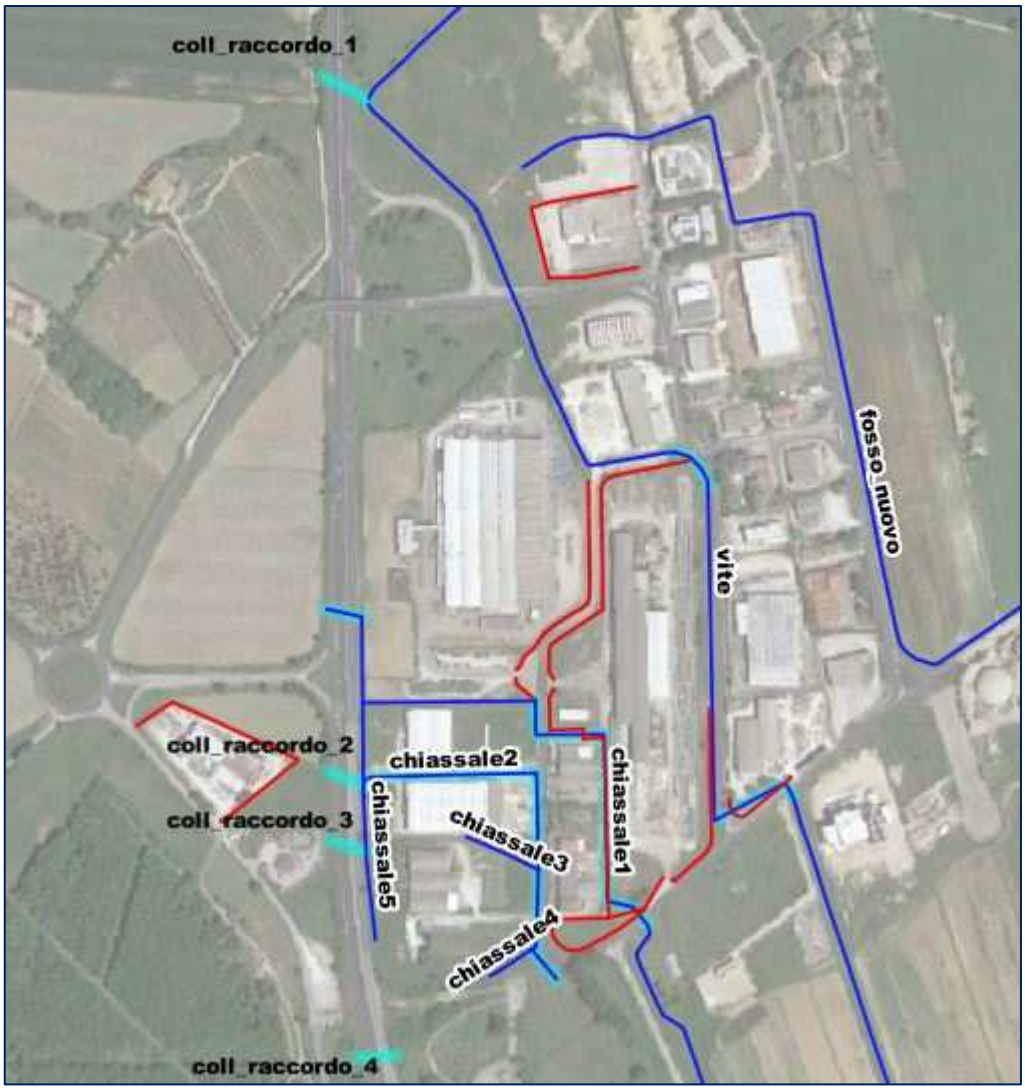


Fig. 35 Modello Sentino – Planimetria dei muretti (in rosso) introdotti nel modello

Per quanto riguardo la base bidimensionale del modello, la differenza principale rispetto a quanto fatto negli studi precedenti è rappresentata dal grado di discretizzazione spaziale.

In questo modello, infatti, è stata adottata la risoluzione originale del rilievo Lidar (celle di 1x1 mt), mentre in precedenza la base bidimensionale era stata ricampionata con celle di forma triangolare e superficie variabile, in base alle zone; si avevano celle triangolari di superficie 25-100 mq, oppure celle triangolari di superficie 2-10 mq.

Nel caso in esame, come detto, tutte le celle del modello sono di superficie pari ad 1 mq.

Questa assunzione ha influito fortemente sulla durata delle elaborazioni, ma ha anche garantito una migliore riproduzione dei fenomeni di propagazione a campagna.

Nella Tav. AC in Allegato, oltre ad aste e sezioni idrauliche, è mostrata anche la base bidimensionale del modello.

Ulteriori parametrizzazioni e condizioni al contorno

Alle sezioni d'alveo dei corsi d'acqua studiati è stata assegnata la medesima scabrezza adottata negli studi precedenti, ovvero corrispondente a valori di *n* di Manning pari a 0.035 s/m$^{1/3}$ per il Fosso della Vite, Fosso del Chiassale e Fosso Nuovo, e pari a 0.04 s/m$^{1/3}$ per il Torrente Sentino. Per i tratti rivestiti in cls e/o le sezioni dei manufatti di attraversamento è stato utilizzato un valore di *n* pari a 0.025 s/m$^{1/3}$.

Sempre in analogia con gli studi precedenti, per la scabrezza della base bidimensionale è stato adottato un valore omogeneo su tutta l'area di studio, *n*=0.03125 s/m$^{1/3}$, che corrisponde al valore di 32 del coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler (*k=1/n*); negli studi precedenti, in realtà, era stato adottato un valore di *n*=0.031 s/m$^{1/3}$.

Tra le altre parametrizzazioni del modello di segnala l'adozione di un passo temporale assai breve, ovvero pari a 0.1 secondi, indispensabile per garantire stabilità alla modellazione ma allo stesso tempo causa di lunghi tempi di calcolo (circa 2 giorni per simulare un evento di durata complessiva pari a 3 ore).

Il software Mike 21 (componente bidimensionale) richiede anche l'assegnazione di due fattori che incidono sulle modalità di propagazione tra celle sulla base 2D, ovvero il *drying depth* e il *flooding depth*; essi indicano rispettivamente le altezze d'acqua di "attivazione" di ogni cella (la cella è considerata "bagnata" ma l'acqua è "ferma") e di inizio trasferimento (la cella inizia a trasferire volume alle celle adiacenti, se più basse e "asciutte").

A questi fattori sono stati assegnati rispettivamente i valori di 2 mm e 5 mm.

Da punto di vista delle condizioni al contorno del modello si rileva la presenza di un'unica foce, che corrisponde alla sezione terminale dell'asta modellata del Torrente Sentino.

Essendo la sezione di chiusura del modello ben distante dall'area produttiva e dal perimetro del territorio urbanizzato, si è ritenuto adeguato applicare una condizione di deflusso libero, come, del resto, era stato fatto anche negli studi precedenti.

Un altro aspetto importante del modello, che lo differenzia da quelli precedenti, è l'assegnazione di alcuni input idrologici direttamente sulla base bidimensionale del modello, come già accennato.

Per alcuni bacini posti ad Ovest del raccordo autostradale o a Sud dell'area industriale si è ritenuto più appropriato applicare l'input (idrogramma) ad una maggiore distanza dalle aste modellate, anziché forzarne l'introduzione lungo di esse, dal momento che le acque vi giungerebbero con maggiore gradualità, e con un certo ritardo, anche in funzione della presenza di alcuni sottopassi.

Dei 22 input idrologici disponibili (22 sottobacini=22 idrogrammi per ciascuno scenario modellato), ben 10 sono stati inseriti a campagna, come mostra la seguente figura.

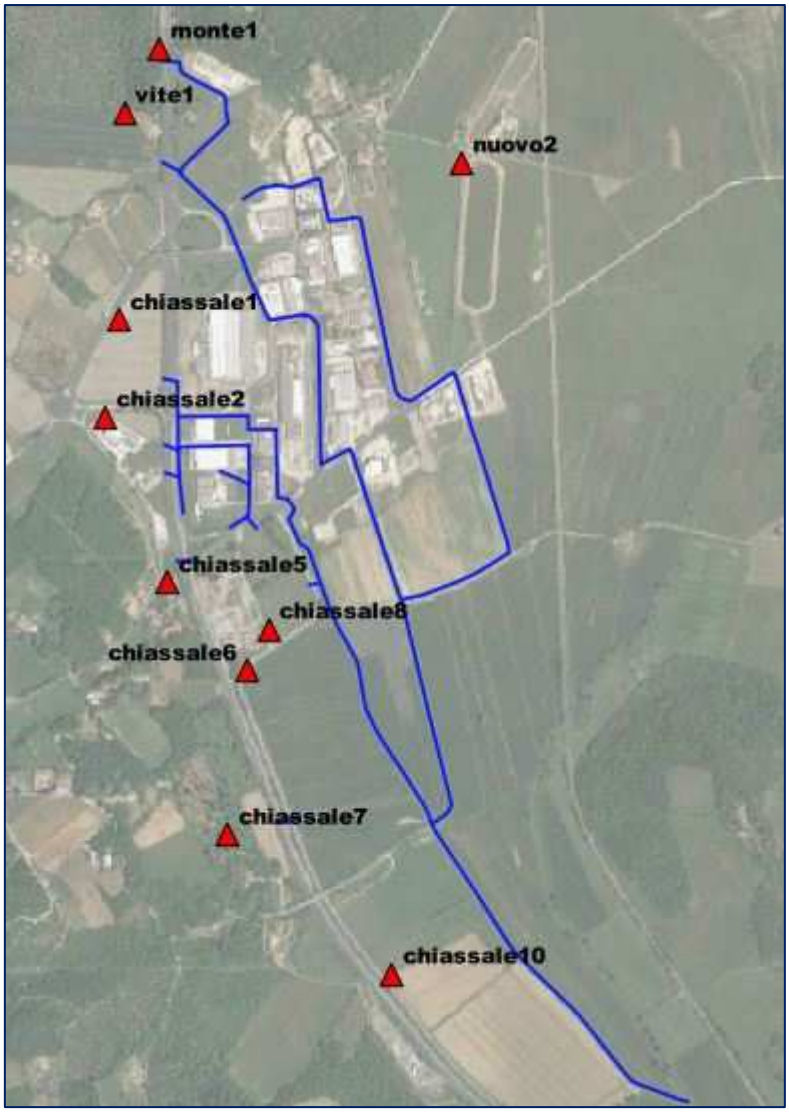


Fig. 36 Modello Sentino – Input idrologici a campagna

La seguente tabella sintetizza la modalità con cui sono state assegnate gli idrogrammi nel modello (a campagna sulla base 2D, in testa alle aste, laterali puntuali, laterali distribuiti).

Bacino	*Modalità di inserimento (asta)*	*Sezioni di riferimento*
chiassale1	a campagna	
chiassale10	a campagna	
chiassale2	a campagna	
chiassale3	laterale distribuito (*Chiassale 1*)	0-550
chiassale4	laterale distribuito (*Chiassale 2*)	20-330
chiassale5	a campagna	
chiassale6	a campagna	
chiassale7	a campagna	
chiassale8	a campagna	
chiassale9	laterale distribuito (*Chiassale 1*)	928-1392
monte1	laterale distribuito (*Vite*)	995
monte2	laterale distribuito (*Vite*)	45-390
montino1	laterale puntuale (*Sentino*)	3680
nuovo1	laterale distribuito (*Nuovo*)	0-185
nuovo2	a campagna	
nuovo3	laterale distribuito (*Nuovo*)	960-1635
sentino1	in testa (*Sentino*)	0
sentino2	laterale distribuito (*Sentino*)	720-1640
vite1	a campagna	
vite2	laterale distribuito (*Vite*)	445-1345
vite3	laterale puntuale (*Vite*)	1700
vite4	laterale puntuale (*Vite*)	2220

Tab. 8 Modello Sentino – Assegnazione degli input idrologici

Restituzione dei risultati della modellazione

I risultati della modellazione sono stati restituiti in termini di aree allagabili (pericolosità da alluvione), battenti, velocità e magnitudo idraulica con modalità analoghe a quanto fatto negli altri studi del presente Piano Strutturale Intercomunale.

In particolare, si sottolinea che il tracciamento delle aree allagabili è stato prodotto manualmente, percorrendo il limite della massima estensione degli allagamenti su tutta l'area di studio e ponendo attenzione alla presenza dei manufatti (come muretti o fabbricati) in corrispondenza dell'area produttiva.

La Tav. V3 in Allegato mostra il dettaglio delle pericolosità idrauliche del *Modello Sentino* alla scala 1:2.000, mentre la tavole ufficiali (**G.14**) riportano le pericolosità alla scala 1:10.000.

Di seguito sono mostrati i tabulati delle modellazioni effettuate (sezioni con livelli idrometrici per ciascuno scenario modellato, ovvero TR30 e TR200 anni per durate di 1 e 2 ore).

Water level	tr30_1	tr30_2	tr200_1	tr200_2
vite 0	316.73	316.595	317.378	316.766
vite 30.43	315.677	315.633	315.745	315.687
vite 31.43	314.438	314.341	314.585	314.46
vite 44.04	313.983	313.936	314.051	313.993
vite 44.84	313.462	313.412	313.528	313.473
vite 57.66	312.152	312.079	312.249	312.168
vite 65.24	311.757	311.691	311.846	311.771
vite 76.62	311.054	310.972	311.165	311.073
vite 93.33	310.866	310.797	310.965	310.883
vite 122.95	310.007	309.921	310.132	310.028
vite 148.75	309.879	309.813	309.98	309.896
vite 167.85	309.358	309.283	309.479	309.377
vite 186.2	308.385	308.224	308.656	308.428
vite 186.3	308.401	308.236	308.673	308.445
vite 190.89	308.059	307.989	308.166	308.079
vite 191.39	308.047	307.977	308.153	308.066
vite 196.48	307.824	307.746	307.949	307.851
vite 214.97	307.336	307.252	307.498	307.39
vite 237.14	306.968	306.906	307.243	307.164
vite 245.5	306.913	306.872	307.197	307.135
vite 247.36	306.925	306.881	307.209	307.143
vite 260.02	306.862	306.848	307.161	307.115
vite 303.74	306.705	306.785	307.077	307.066
vite 337.94	306.649	306.748	307.027	307.025
vite 354.23	306.608	306.702	306.963	306.964
vite 377.17	306.472	306.552	306.787	306.787
vite 390.94	306.356	306.436	306.665	306.665
vite 398.73	306.252	306.326	306.544	306.544
vite 403.09	306.252	306.326	306.544	306.544
vite 407.7	306.173	306.243	306.456	306.456
vite 407.7	306.173	306.243	306.456	306.456
vite 414.11	306.01	306.081	306.3	306.3
vite 443.6	305.541	305.62	305.873	305.871
vite 474.37	305.232	305.31	305.606	305.599
vite 532.6	304.965	305.067	305.41	305.399
vite 532.7	304.968	305.07	305.412	305.401
vite 537.59	304.935	305.023	305.282	305.27
vite 537.69	304.928	305.017	305.275	305.262
vite 623.55	304.592	304.674	305.005	304.999

vite 625.55	304.561	304.64	305.027	304.948
vite 661.17	304.462	304.527	304.777	304.756
vite 663.17	304.454	304.523	304.758	304.75
vite 732.41	304.273	304.319	304.453	304.445
vite 810.74	304.108	304.148	304.251	304.244
vite 817.39	304.099	304.14	304.242	304.235
vite 825.03	303.861	303.89	303.993	303.982
vite 890.73	303.651	303.678	303.798	303.785
vite 948.21	302.39	302.461	302.678	302.661
vite 979.13	302.294	302.377	302.611	302.593
vite 1020.26	302.157	302.259	302.484	302.468
vite 1058.03	302.054	302.174	302.402	302.387
vite 1106.29	301.876	302.025	302.253	302.239
vite 1177.85	301.763	301.945	302.154	302.139
vite 1250.96	301.722	301.915	302.129	302.114
vite 1260.88	301.716	301.912	302.126	302.111
vite 1349.71	300.587	300.621	300.661	300.656
vite 1349.81	300.585	300.619	300.658	300.654
vite 1447.18	300.201	300.229	300.26	300.257
vite 1589.11	299.355	299.378	299.414	299.411
vite 1701.67	299.106	299.117	299.143	299.142
vite 1707.38	299.106	299.117	299.142	299.142
vite 1707.38	299.106	299.117	299.142	299.142
vite 1717.54	298.118	298.121	298.13	298.13
vite 1722.06	298.07	298.074	298.083	298.083
vite 1821.86	297.063	297.068	297.078	297.079
vite 1976.24	295.848	295.864	295.888	295.892
vite 2162.54	294.998	295.02	295.098	295.117
vite 2191.89	294.98	295.001	295.083	295.103
vite 2204.62	294.975	294.996	295.079	295.098
vite 2220.85	294.966	294.988	295.07	295.091
vite 2247.8	294.952	294.977	295.059	295.085
vite 2258.86	294.948	294.973	295.056	295.083
coll_raccordo_1 0	309.836	309.878	310.09	310.062
coll_raccordo_1 38	309.836	309.878	310.09	310.062
coll_raccordo_1 42.49	612.91	612.91	612.91	612.91
coll_raccordo_1 44.82	612.64	612.64	612.64	612.64
coll_raccordo_1 48.4	612.64	612.64	612.64	612.64
chiassale1 0	303.364	303.601	303.856	304.124
chiassale1 32.49	302.875	302.787	302.873	302.869
chiassale1 33.49	302.824	302.834	302.921	302.943

chiassale1 89.91	302.816	302.826	302.914	302.936
chiassale1 111.73	302.816	302.826	302.913	302.935
chiassale1 114.526	302.817	302.826	302.914	302.936
chiassale1 114.526	302.817	302.826	302.914	302.936
chiassale1 118.1	302.809	302.82	302.907	302.929
chiassale1 211.3	302.774	302.787	302.867	302.889
chiassale1 274.59	302.735	302.745	302.819	302.84
chiassale1 275.09	302.735	302.745	302.819	302.84
chiassale1 372.09	300.842	300.815	300.899	300.874
chiassale1 576.49	300.332	300.315	300.403	300.422
chiassale1 576.99	300.369	300.359	300.426	300.496
chiassale1 586.9	300.316	300.31	300.396	300.421
chiassale1 596.46	300.24	300.232	300.324	300.355
chiassale1 607.71	300.145	300.157	300.287	300.331
chiassale1 621.04	300.039	300.055	300.211	300.268
chiassale1 670.83	299.559	299.683	300.089	300.181
chiassale1 693.87	299.422	299.638	300.078	300.172
chiassale1 742.2	299.268	299.565	300.034	300.126
chiassale1 778.41	299.135	299.461	299.945	300.029
chiassale1 813.45	299.005	299.375	299.873	299.944
chiassale1 842.87	298.954	299.341	299.84	299.906
chiassale1 848.53	298.44	298.609	298.819	298.874
chiassale1 927.06	297.935	298.121	298.294	298.348
chiassale1 983.4	297.621	297.795	297.929	297.97
chiassale1 1091.77	296.666	296.833	296.96	296.99
chiassale1 1146.13	296.436	296.532	296.613	296.629
chiassale1 1217.21	295.338	295.417	295.521	295.548
chiassale1 1392.42	294.95	294.975	295.06	295.088
chiassale1 1399.21	294.948	294.973	295.056	295.083
chiassale1 1399.21	294.948	294.973	295.056	295.083
chiassale1 1400.95	294.948	294.973	295.056	295.08
chiassale1 1405.88	294.947	294.972	295.054	295.078
chiassale1 1419.76	294.309	294.318	294.35	294.359
chiassale1 1501.68	293.895	293.899	293.913	293.917
chiassale1 1733.67	293.287	293.291	293.307	293.312
chiassale1 1769.31	293.255	293.259	293.275	293.281
chiassale1 1779.19	292.486	292.531	292.592	292.666
chiassale1 1964.57	291.81	291.952	292.269	292.444
chiassale1 2160.35	291.417	291.668	292.077	292.242
chiassale1 2264.31	291.002	291.336	291.834	291.961
chiassale1 2296.01	290.981	291.248	291.775	291.884

chiassale2 0	302.93	302.912	303.01	303.009
chiassale2 163.64	302.564	302.688	302.892	302.853
chiassale2 252.64	302.364	302.367	302.465	302.48
chiassale2 254.638	302.36	302.363	302.461	302.475
chiassale2 254.638	302.36	302.363	302.461	302.475
chiassale2 256.64	302.353	302.356	302.454	302.468
chiassale2 330.89	302.084	302.091	302.196	302.21
chiassale2 331.888	302.08	302.087	302.193	302.207
chiassale2 331.888	302.08	302.087	302.193	302.207
chiassale2 368.412	301.362	301.365	301.421	301.431
chiassale3 0	302.468	302.471	302.564	302.577
chiassale3 72.3	302.363	302.367	302.466	302.481
chiassale3 72.69	302.36	302.363	302.461	302.476
chiassale3 74.17	302.36	302.363	302.461	302.475
chiassale3 74.6695	302.36	302.363	302.461	302.475
chiassale4 0	301.56	301.56	301.56	301.56
chiassale4 29.61	302.058	302.064	302.163	302.177
chiassale4 45.12	302.096	302.102	302.207	302.22
chiassale4 45.62	302.083	302.09	302.197	302.21
chiassale4 46.1159	302.08	302.087	302.193	302.207
coll_raccordo_3 0	303.574	303.391	304.093	303.782
coll_raccordo_3 34.5786	302.944	302.904	303.06	303.012
chiassale5 0	302.942	302.903	303.028	303.006
chiassale5 76.15	302.944	302.904	303.036	303.011
chiassale5 83.5685	302.944	302.904	303.037	303.012
chiassale5 83.5685	302.944	302.904	303.037	303.012
chiassale5 101.85	302.937	302.9	303.024	303.002
chiassale5 145.58	302.922	302.891	303.008	302.99
chiassale5 145.81	302.923	302.892	303.009	302.991
chiassale5 145.81	302.923	302.892	303.009	302.991
chiassale5 150.731	302.93	302.912	303.01	303.009
chiassale5 150.731	302.93	302.912	303.01	303.009
chiassale5 156.81	302.947	302.925	303.031	303.026
chiassale5 181.87	302.899	302.887	302.982	302.988
chiassale5 220.81	302.83	302.834	302.923	302.942
chiassale5 223.79	302.817	302.826	302.914	302.936
coll_raccordo_2 0.0026221	303.688	303.609	304.103	303.84
coll_raccordo_2 34.48	302.923	302.892	303.009	302.991
coll_raccordo_4 0	306.146	306.104	306.189	306.15
coll_raccordo_4 35.13	304.84	304.726	304.89	304.843
coll_chiassale_1 0	301.055	301.088	301.137	301.154

coll_chiassale_1 18.58	300.632	300.66	300.709	300.727
coll_raccordo_5 0	301.441	300.798	301.706	301.55
coll_raccordo_5 56.83	298.205	298.076	298.22	298.211
fosso_nuovo 0	304.564	304.503	304.644	304.564
fosso_nuovo 28.54	304.534	304.472	304.615	304.534
fosso_nuovo 34.67	304.293	304.121	304.583	304.294
fosso_nuovo 75.91	304.258	304.062	304.564	304.259
fosso_nuovo 82.03	304.235	304.054	304.49	304.236
fosso_nuovo 106.37	304.216	304.034	304.474	304.216
fosso_nuovo 114.66	304.159	304.011	304.323	304.16
fosso_nuovo 182.26	304.054	303.902	304.215	304.054
fosso_nuovo 185.51	304.053	303.901	304.214	304.052
fosso_nuovo 189.82	304.012	303.866	304.167	304.012
fosso_nuovo 227.52	303.74	303.599	303.88	303.74
fosso_nuovo 251.36	303.499	303.381	303.631	303.498
fosso_nuovo 276.1	303.243	303.137	303.363	303.242
fosso_nuovo 285.35	303.046	302.941	303.169	303.045
fosso_nuovo 290.38	303.016	302.912	303.14	303.015
fosso_nuovo 295.35	302.982	302.878	303.106	302.981
fosso_nuovo 325.58	302.78	302.675	302.909	302.78
fosso_nuovo 345.06	302.344	302.18	302.533	302.347
fosso_nuovo 345.16	302.343	302.194	302.526	302.346
fosso_nuovo 361.36	302.322	302.171	302.488	302.326
fosso_nuovo 361.49	302.331	302.171	302.537	302.335
fosso_nuovo 365.15	302.325	302.167	302.511	302.329
fosso_nuovo 368.9	302.322	302.164	302.508	302.327
fosso_nuovo 412.05	302.226	302.072	302.409	302.234
fosso_nuovo 555.6	301.852	301.707	302.025	301.872
fosso_nuovo 642.99	301.587	301.453	301.75	301.674
fosso_nuovo 658.93	301.527	301.393	301.677	301.638
fosso_nuovo 659.03	301.52	301.419	301.689	301.644
fosso_nuovo 665.83	301.529	301.406	301.677	301.64
fosso_nuovo 666.73	301.511	301.388	301.662	301.632
fosso_nuovo 702.91	301.352	301.25	301.505	301.584
fosso_nuovo 760.57	301.128	301.103	301.416	301.555
fosso_nuovo 779.64	301.052	301.077	301.415	301.549
fosso_nuovo 800.4	301.006	301.075	301.413	301.545
fosso_nuovo 814.28	301.005	301.074	301.413	301.543
fosso_nuovo 826.55	301.004	301.073	301.412	301.539
fosso_nuovo 856.4	300.981	301.052	301.384	301.504
fosso_nuovo 856.5	300.976	301.047	301.366	301.475

fosso_nuovo 860.7	300.976	301.047	301.358	301.463
fosso_nuovo 860.83	300.98	301.052	301.376	301.492
fosso_nuovo 884.22	300.952	301.023	301.337	301.447
fosso_nuovo 884.35	300.939	301.009	301.305	301.41
fosso_nuovo 890.35	300.918	300.988	301.282	301.386
fosso_nuovo 890.48	300.93	301.001	301.307	301.416
fosso_nuovo 929.55	300.85	300.93	301.24	301.32
fosso_nuovo 932.8	300.843	300.923	301.308	301.496
fosso_nuovo 935.54	300.839	300.919	301.38	301.558
fosso_nuovo 937.58	300.847	300.926	301.32	301.429
fosso_nuovo 937.65	300.844	300.922	301.293	301.39
fosso_nuovo 945.65	300.833	300.906	301.158	301.249
fosso_nuovo 945.75	300.825	300.902	301.174	301.28
fosso_nuovo 952.76	300.734	300.806	301.161	301.3
fosso_nuovo 952.86	300.748	300.816	301.144	301.276
fosso_nuovo 958.86	300.743	300.809	301.037	301.112
fosso_nuovo 958.97	300.731	300.802	301.049	301.123
fosso_nuovo 1034.35	300.542	300.654	300.884	300.93
fosso_nuovo 1034.44	300.52	300.634	300.853	300.89
fosso_nuovo 1043.24	300.538	300.573	300.851	300.901
fosso_nuovo 1043.34	300.534	300.594	300.842	300.907
fosso_nuovo 1140.06	300.346	300.408	300.624	300.671
fosso_nuovo 1272.31	299.953	300	300.197	300.238
fosso_nuovo 1348.28	299.655	299.691	299.816	299.835
fosso_nuovo 1362.21	299.587	299.62	299.742	299.761
fosso_nuovo 1362.3	299.592	299.624	299.737	299.754
fosso_nuovo 1367.8	299.592	299.619	299.712	299.727
fosso_nuovo 1367.89	299.609	299.641	299.742	299.758
fosso_nuovo 1373.82	299.572	299.601	299.7	299.716
fosso_nuovo 1379.58	299.551	299.579	299.673	299.689
fosso_nuovo 1428.12	299.388	299.41	299.485	299.497
fosso_nuovo 1506.6	299.11	299.116	299.14	299.141
fosso_nuovo 1596.17	299.104	299.113	299.134	299.135
fosso_nuovo 1635.49	299.106	299.116	299.141	299.14
fosso_nuovo 1635.54	299.104	299.113	299.135	299.135
fosso_nuovo 1637.64	299.104	299.114	299.136	299.136
fosso_nuovo 1637.72	299.106	299.116	299.141	299.141
fosso_nuovo 1638.75	299.106	299.116	299.141	299.141
fosso_nuovo 1647.44	299.106	299.117	299.142	299.142
sentino 0	308.038	308.044	308.16	308.163
sentino 266.07	307.458	307.461	307.524	307.527

sentino 272.33	306.775	306.777	306.819	306.82
sentino 319.93	306.655	306.657	306.691	306.693
sentino 395.89	306.518	306.519	306.549	306.55
sentino 454.05	306.242	306.243	306.272	306.273
sentino 521.31	305.742	305.743	305.776	305.777
sentino 602.15	305.388	305.389	305.441	305.441
sentino 695.95	305.277	305.278	305.343	305.342
sentino 720.36	304.672	304.671	304.854	304.846
sentino 838.19	304.321	304.319	304.469	304.462
sentino 1021.31	303.621	303.618	303.791	303.784
sentino 1095.27	303.188	303.186	303.319	303.314
sentino 1121.99	302.928	302.926	303.056	303.051
sentino 1136.72	302.662	302.66	302.843	302.835
sentino 1149.33	302.551	302.549	302.748	302.74
sentino 1155.39	302.388	302.387	302.602	302.594
sentino 1161.21	302.257	302.256	302.483	302.474
sentino 1167.16	302.152	302.152	302.398	302.388
sentino 1173.52	302.097	302.099	302.356	302.346
sentino 1195.24	301.977	301.979	302.222	302.212
sentino 1223.34	301.73	301.732	301.937	301.928
sentino 1344.73	300.862	300.864	301.11	301.1
sentino 1467.36	300.25	300.252	300.445	300.437
sentino 1619.77	299.539	299.543	299.772	299.765
sentino 1638.25	299.362	299.365	299.582	299.576
sentino 1682.64	299.064	299.067	299.265	299.259
sentino 1745.37	298.716	298.719	298.876	298.872
sentino 1832.95	298.254	298.257	298.375	298.374
sentino 1903.03	297.948	297.951	298.041	298.048
sentino 1960.6	297.594	297.598	297.698	297.738
sentino 2011.71	297.357	297.363	297.498	297.586
sentino 2091.35	296.955	296.97	297.309	297.435
sentino 2141.21	296.624	296.643	297.138	297.305
sentino 2183.71	296.268	296.286	296.796	296.994
sentino 2203.31	296.068	296.085	296.567	296.731
sentino 2220.32	295.864	295.881	296.329	296.488
sentino 2248.49	295.425	295.442	295.939	296.107
sentino 2260.16	295.223	295.239	295.742	295.922
sentino 2273.46	294.855	294.874	295.447	295.673
sentino 2282.76	294.79	294.809	295.387	295.613
sentino 2347.09	294.363	294.382	294.954	295.18
sentino 2400.79	293.826	293.85	294.486	294.734

sentino 2433.13	293.622	293.649	294.299	294.547
sentino 2486.94	293.468	293.498	294.143	294.387
sentino 2687.18	293.044	293.075	293.634	293.819
sentino 2742.23	292.799	292.83	293.374	293.534
sentino 2919.6	292.095	292.15	292.713	292.827
sentino 3079.79	291.444	291.571	292.112	292.209
sentino 3204.33	291.016	291.268	291.797	291.908
sentino 3230.86	290.981	291.248	291.775	291.884
sentino 3230.86	290.981	291.248	291.775	291.884
sentino 3454.86	290.053	290.328	290.792	290.993
sentino 3686.32	288.763	289.014	289.451	289.767
coll_fer_1 0	303.852	303.872	303.965	303.969
coll_fer_1 15.6131	303.638	303.641	303.649	303.65
coll_fer_2 0	303.738	303.754	303.832	303.835
coll_fer_2 14.1188	303.112	303.119	303.151	303.153
coll_fer_3 0	303.686	303.703	303.783	303.784
coll_fer_3 15.4364	303.573	303.581	303.619	303.62
coll_fer_4 0	300.983	300.993	301.036	301.041
coll_fer_4 17.1092	300.915	300.921	300.95	300.961
coll_fer_5 0	299.609	299.617	299.642	299.645
coll_fer_5 14.983	299.608	299.615	299.638	299.641
coll_fer_6 0	296.925	296.947	297.181	297.302
coll_fer_6 21.5106	296.89	296.906	297.102	297.202
coll_fer_7 0	295.38	295.38	295.38	295.892
coll_fer_7 14.4313	295.35	295.35	295.35	295.892
coll_fer_8 0	294.96	294.96	294.96	295.506
coll_fer_8 16.1805	294.86	294.86	294.86	295.506

Tab. 9 Modello Sentino – Livelli idrometrici su sezioni del modello

Considerazioni finali

I risultati del *Modello Sentino* propongono una mappatura di pericolosità similare, in linea generale, a quella definita con gli studi precedenti, ma con alcune differenze locale dovute al diverso approccio modellistico, sia per quanto riguarda la caratterizzazione geometrica del modello che per quanto riguarda la stima degli idrogrammi di piena.

Il modello però conferma le criticità idrauliche dell'area del Sentino, dovute, in particolare, alla presenza di tratti tombati (commistione tra reticolo e fognatura) ed attraversamenti sottodimensionati.

Nella parte Nord dell'area produttiva il Fosso della Vite ed il Fosso Nuovo consentono di intercettare e poi smaltire le acque in modo abbastanza appropriato, senza produrre particolari allagamenti.

Le principali criticità emergono nella parte centrale e Sud dell'area produttiva dove, lungo il Fosso della Vite, si determinano allagamenti per esondazione in corrispondenza di due attraversamenti sottodimensionati, come da figura successiva (direzioni prevalenti di esondazione indicate con le frecce rosse).

Fig. 37 Modello Sentino – Estratto pericolosità da alluvione Fosso della Vite

Le problematiche per l'area produttiva sono però dovute soprattutto alla pessima regimazione delle acque lungo il Fosso del Chiassale e suoi affluenti, per il quale i tratti tombati rappresentano l'elemento principale di criticità.

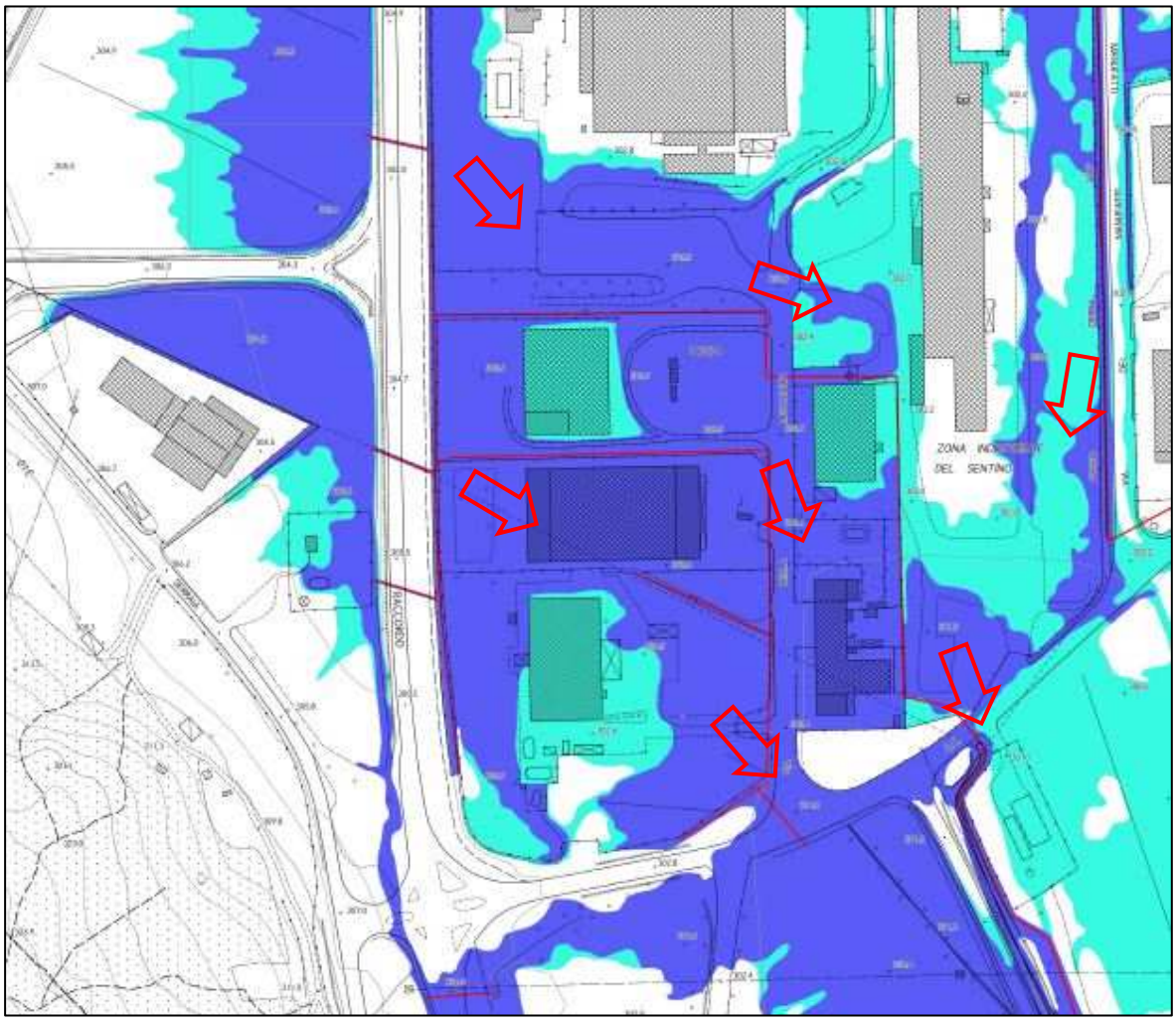


Fig. 38 Modello Sentino – Estratto pericolosità da alluvione Fosso del Chiassale e Fosso della Vite

La precedente figura mostra l'assenza di regimazione delle acque nella parte Sud-Ovest dell'area produttiva dove scorre il Fosso del Chiassale ed i suoi rami secondari.

Essi non sono grado di trasferire verso valle le acque provenienti da Ovest del raccordo autostradale, alle quali si sommano anche le acque esondate più a monte dal Fosso della Vite.

La pendenza del terreno porta, comunque, le acque a riversarsi verso Sud, oltre il limite dell'edificato esistente.

Queste dinamiche, benché adesso maggiormente approfondite e rappresentate in modo differente, trovano sostanzialmente conferma anche nei risultati degli studi precedenti.

Una criticità "nuova" rispetto a quelle riscontrate negli studi precedenti, invece, è quella legata ai possibili sormonti del raccordo autostradale in corrispondenza dei punti di minore elevazione del rilevato rispetto al piano campagna adiacente.

In particolare, ciò avviene in corrispondenza dello svincolo, dove si possono verificare sormonti della viabilità.

Per tutta la restante area di studio (area agricola esterna al territorio urbanizzato) si osservano allagamenti estesi ma caratterizzati da battenti sostanzialmente modesti.

Si segnala anche come sia stata modellata, seppur in moto puramente bidimensionale, anche l'asta dell'affluente del Fosso Nuovo proveniente da Nord-Est (vedasi Fig. 2), come a suo tempo segnalato dal Distretto Appennino Settentrionale in occasione della riunione di coordinamento.

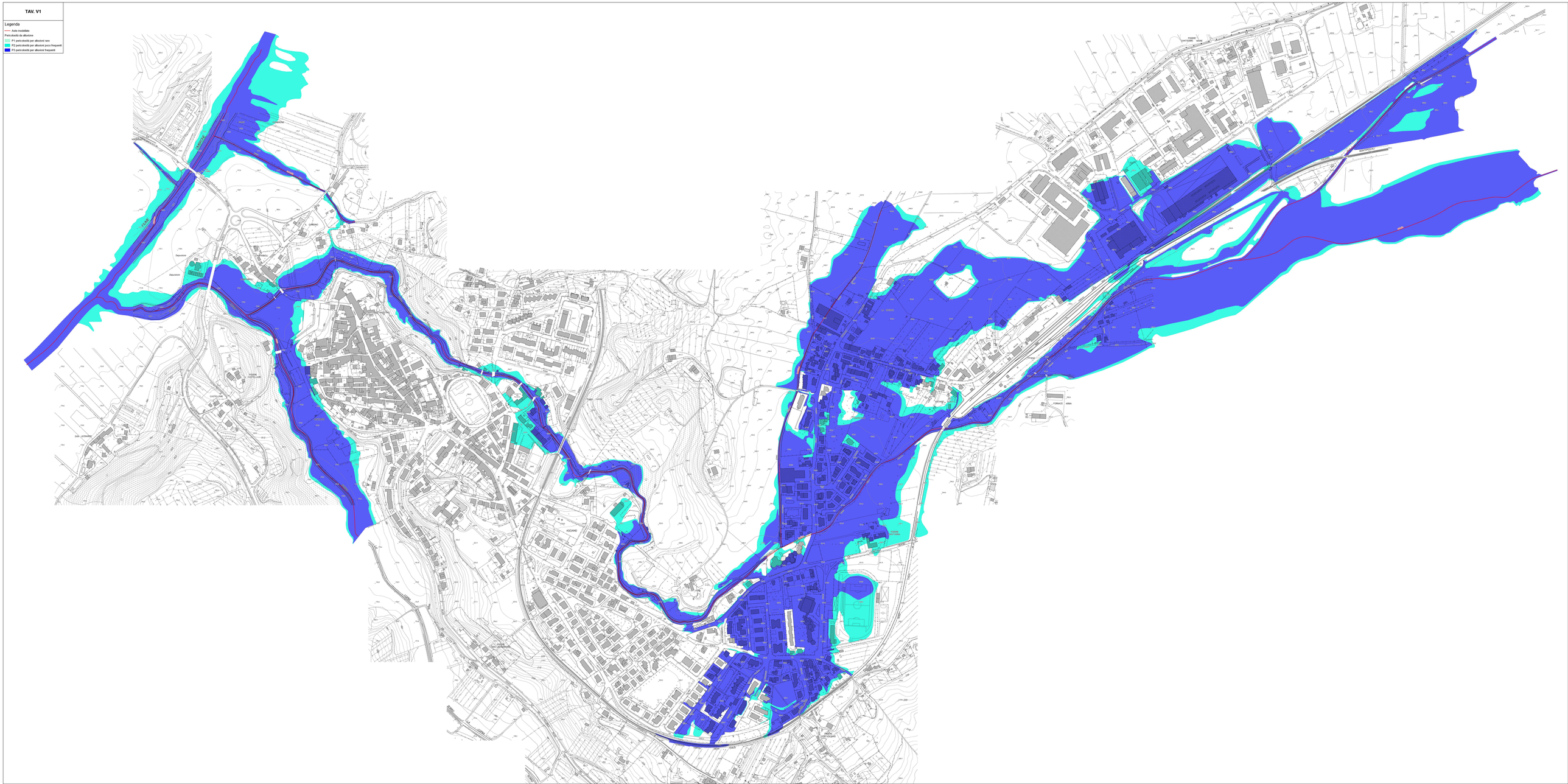
Tale asta, in realtà, di riferisce ad un capofosso di scolo dei campi; l'input meteorico è stato posto in testa all'asta e quindi, avendo essa una sezione assai modesta, i campi circostanti finiscono per allagarsi abbondantemente.

In definitiva, il presente modello offre un aggiornamento completo circa le dinamiche di esondazione presso l'area del Sentino (cosa che, del resto, facevano anche i modelli precedenti), e coerente con le assunzioni e le modalità di indagine applicati nel presente lavoro di supporto al Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Asciano e Rapolano Terme.

Le carte tematiche di piano vengono quindi aggiornate con le nuove perimetrazioni di pericolosità per alluvioni (tavole **G.20**), dei battenti (tavole G.15), delle velocità della corrente (tavole **G.16**) e della magnitudo idraulica (tavole **G.17**), ai sensi del D.P.G.R. 5R/2020.

ALLEGATI

Di seguito sono riportati tutti gli allegati richiamati nella presente Relazione, e prodotti sia con riferimento alle integrazioni per gli studi del *Modello Asciano* e *Modello Rapolano* depositati in prima istanza, sia al nuovo studio per l'area del Sentino (*Modello Sentino*).


TAV. V1
Legenda
Aste modellate
Pericolosità da alluvione
P1 pericolosità per alluvioni rare
P2 pericolosità per alluvioni poco frequenti
P3 pericolosità per alluvioni frequenti

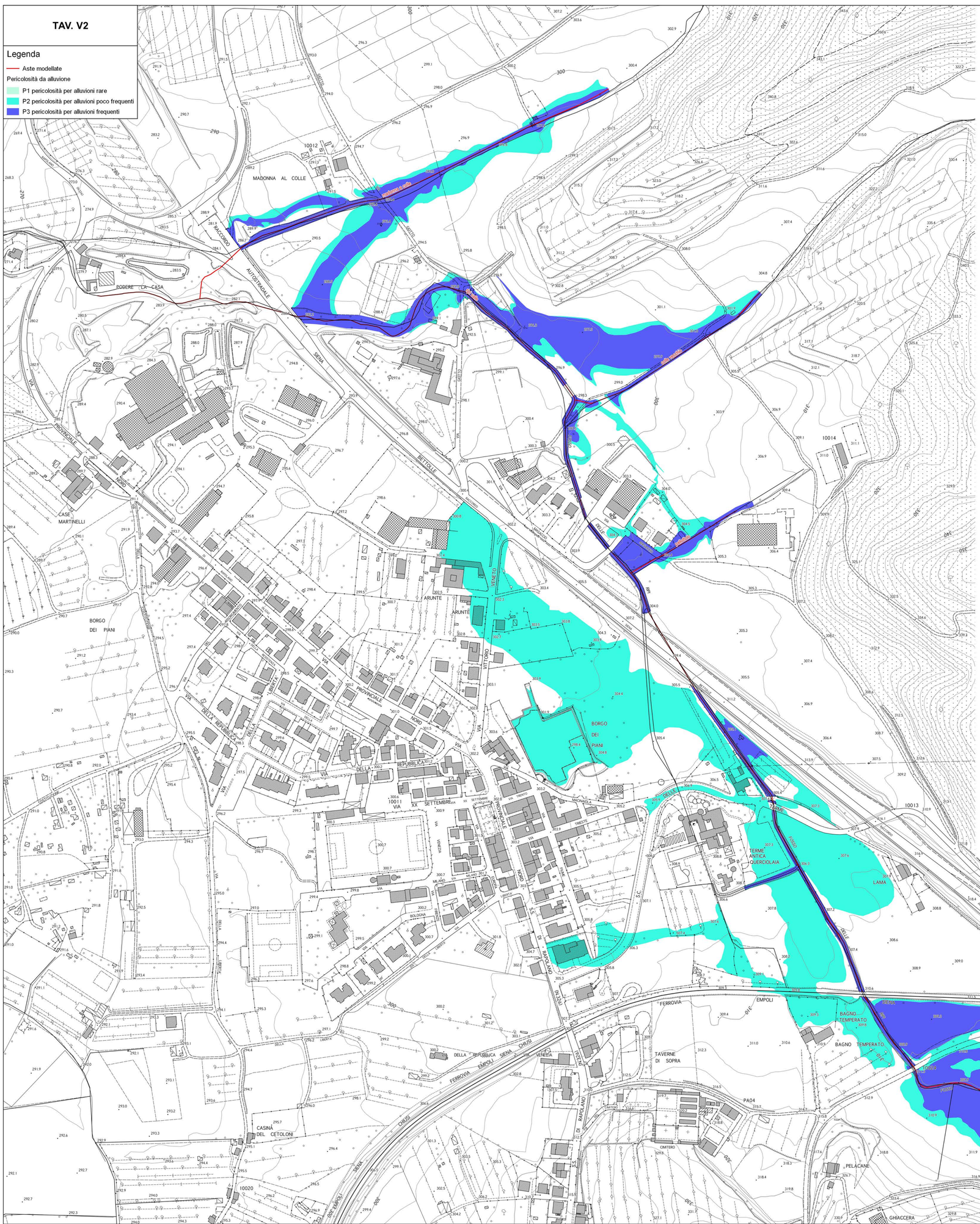
TAV. V2

Legenda

- Aste modellate

Pericolosità da alluvione

- P1 pericolosità per alluvioni rare
- P2 pericolosità per alluvioni poco frequenti
- P3 pericolosità per alluvioni frequenti



TAV. V3

Legenda

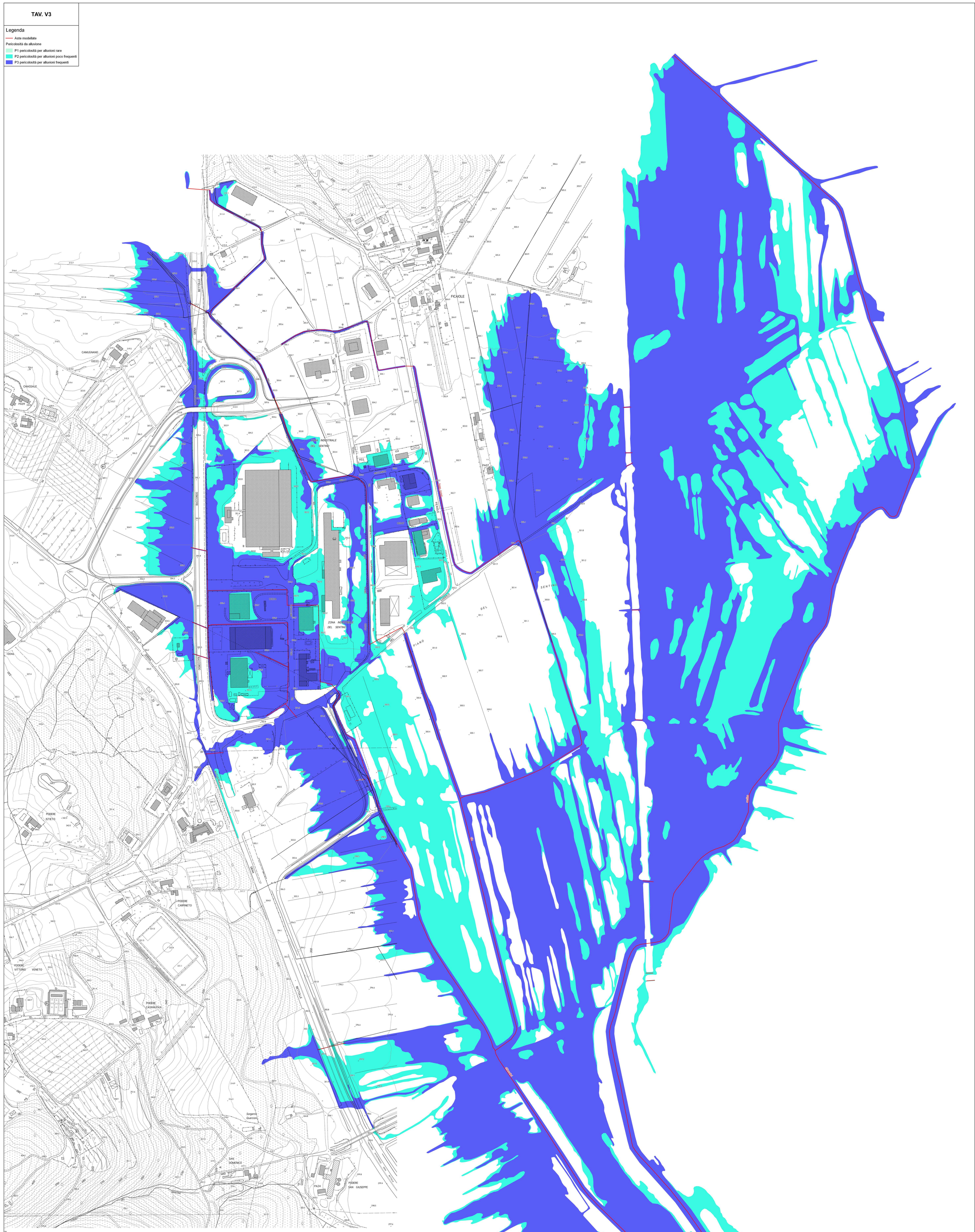
Aste modellate

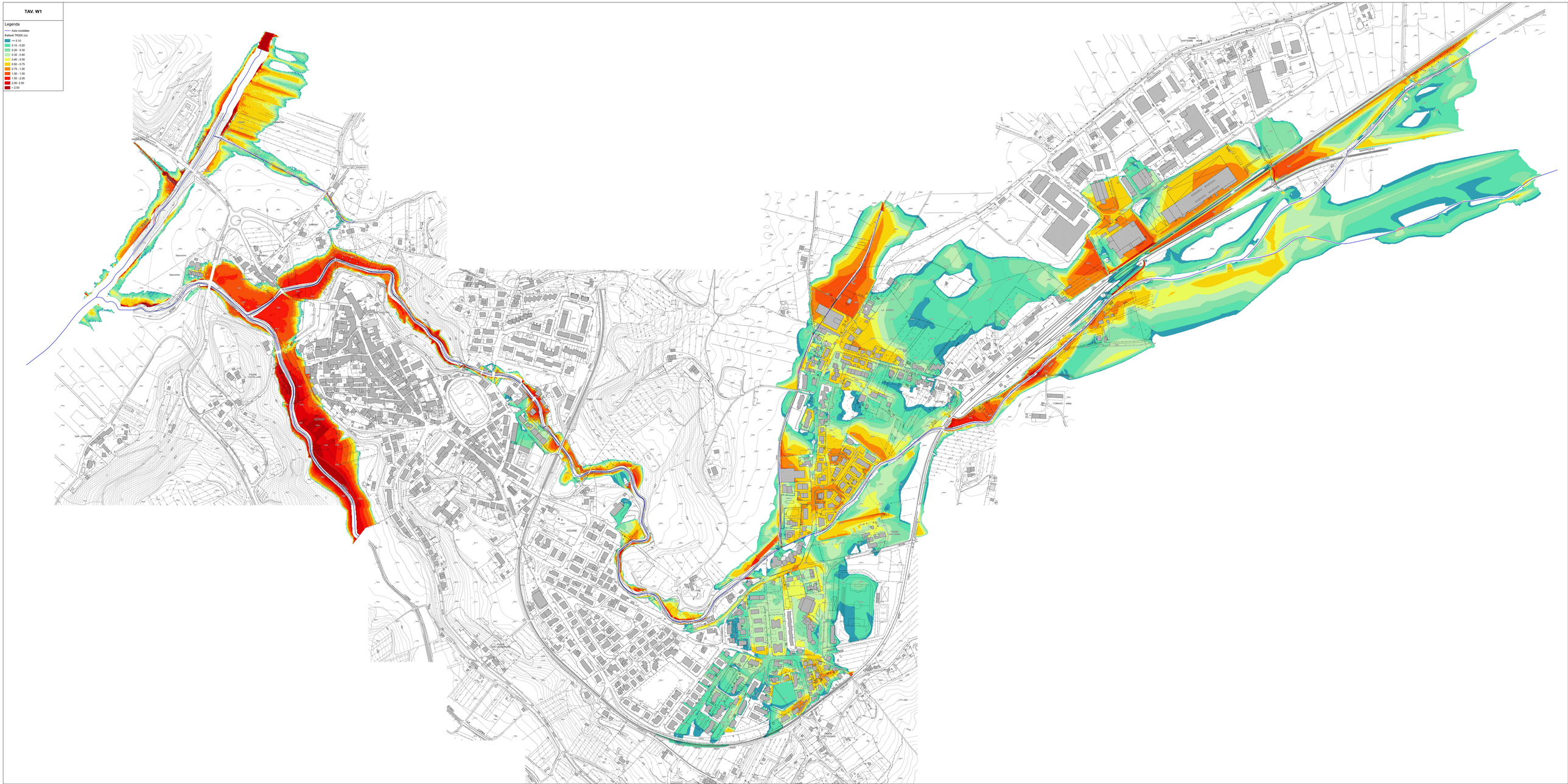
Pericolosità da alluvione

P1 pericolosità per alluvioni rare

P2 pericolosità per alluvioni poco frequenti

P3 pericolosità per alluvioni frequenti




TAV. W1
Legenda
Aste modellate
Battenti TR200 (m)
<= 0.10
0.10 - 0.20
0.20 - 0.30
0.30 - 0.40
0.40 - 0.50
0.50 - 0.75
0.75 - 1.00
1.00 - 1.50
1.50 - 2.00
2.00 - 2.50
> 2.50
SAN LEONARDO
CASTELLARE
ASCIANO
LUNGAGNO
Piazzetta
Depuratore
FOSSA CASTELLARE
FOSSA CASTELLARE
FOSSA CASTELLARE

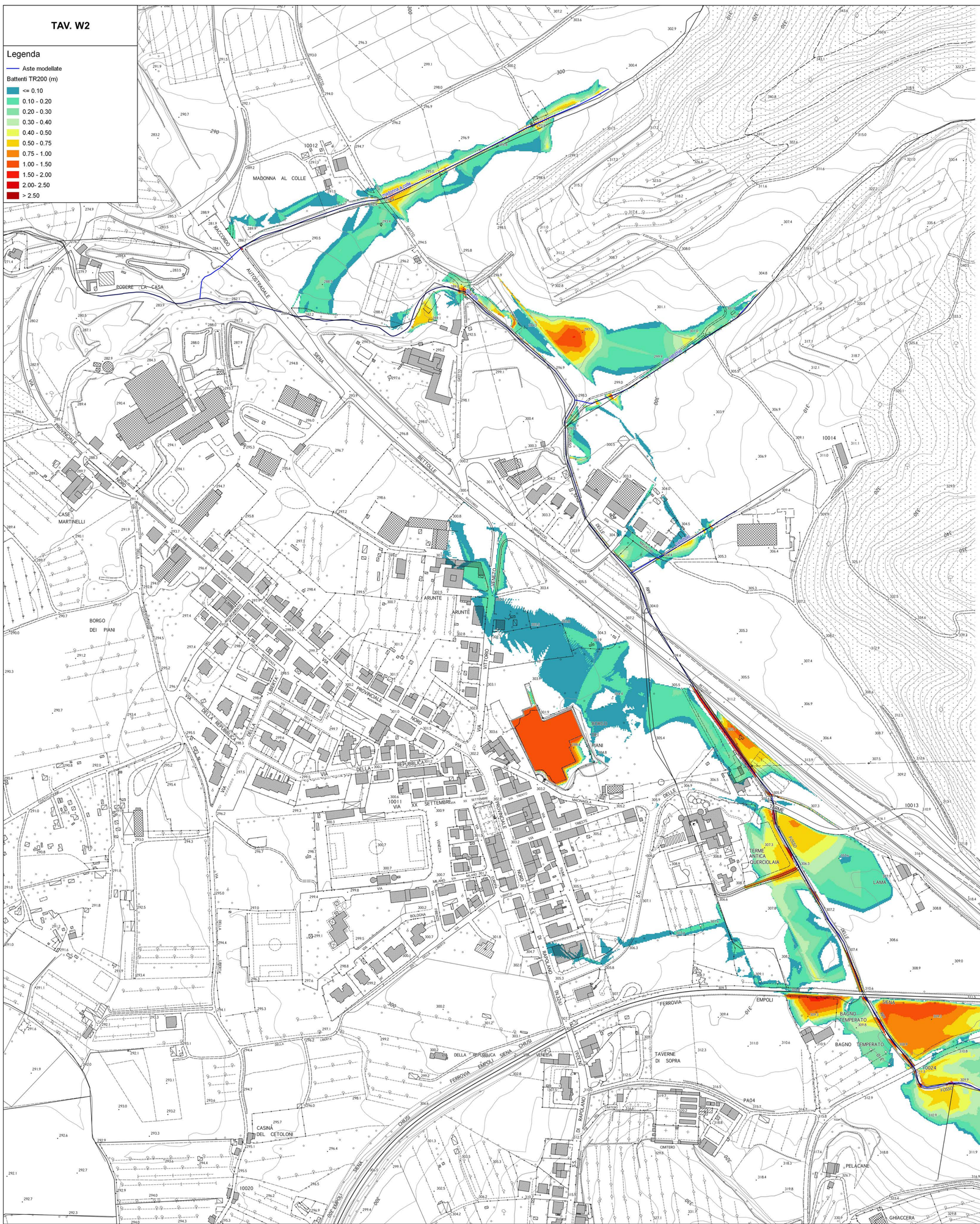
TAV. W2

Legenda

- Aste modellate

Battenti TR200 (m)

- <= 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- 2.00- 2.50
- > 2.50



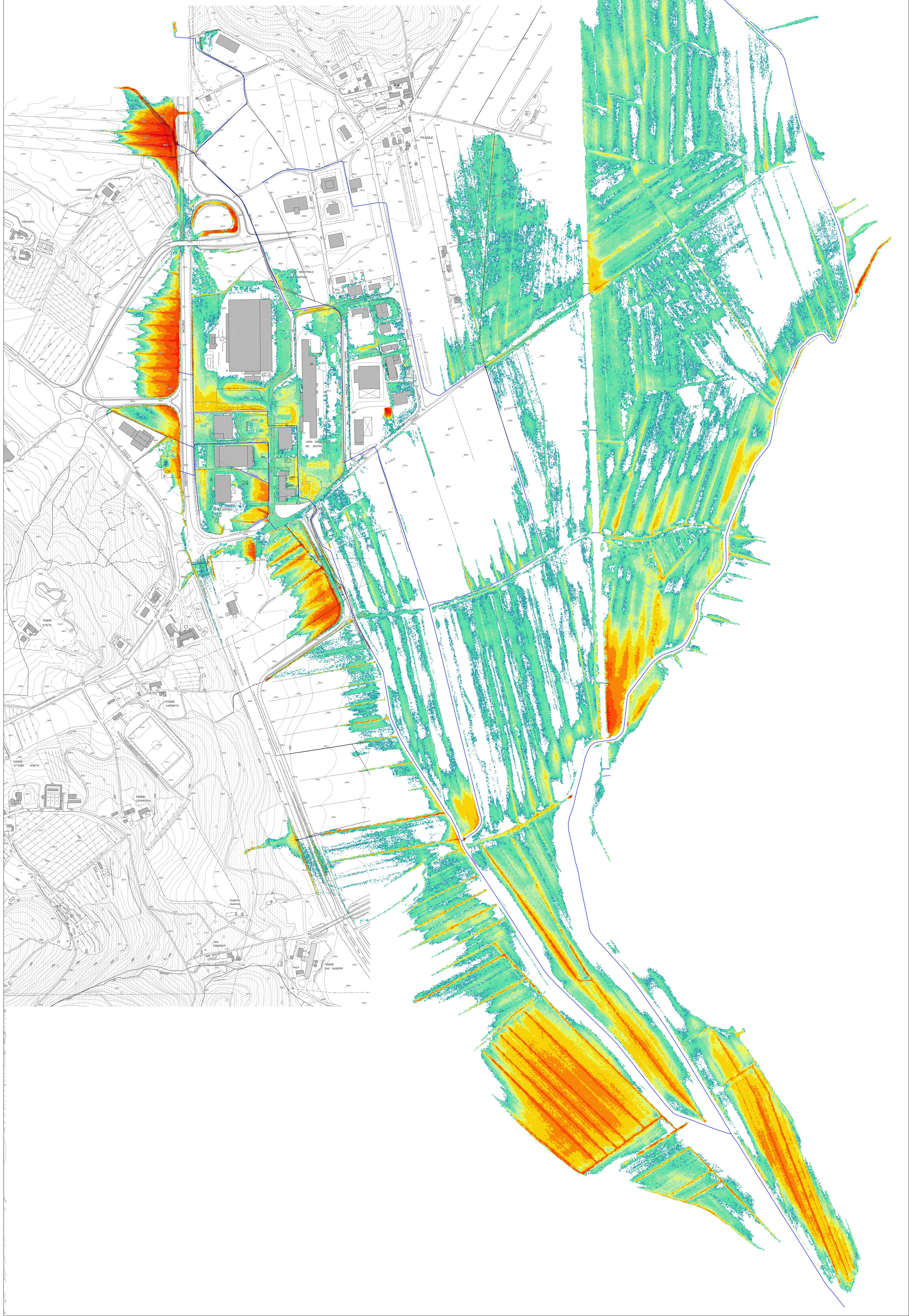
TAV. W3

Legenda

Aste modellate

Battenti TR200 (m)

- <= 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- 2.00- 2.50
- > 2.50



TAV. X

Legenda

- Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
- Reticolo idrografico regionale
- Bacini Modello Asciano
- Aste studiate Modello Asciano

int_bac_1

int_bac_2

int_bac_3

Bestina

Bestinino

Casaccia

Copra

Rabatta

ASCIANO

ASCIANO SCALO

SERRE DI RAPOLANO

FIUME OMBRONE

PIANO D'OMBRONE

PIANO DI SANT'ANGELO

TAV. Y1

Legenda

- Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
- Reticolo idrografico regionale

Bacini Modello Sentino

- Fosso del Chiassale
- Fosso di Monte
- Fosso del Montino
- Fosso Nuovo
- Torrente Sentino
- Fosso della Vite

sentino1
sentino2
monte1
monte2
vite1
vite2
vite3
vite4
nuovo1
nuovo2
nuovo3
chiassale1
chiassale2
chiassale3
chiassale4
chiassale5
chiassale6
chiassale7
chiassale8
chiassale9
chiassale10
montino1

TAV. Y2

Legenda

- Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
- Reticolo idrografico regionale

Bacini Modello Sentino

- Fosso del Chiassale
- Fosso di Monte
- Fosso del Montino
- Fosso Nuovo
- Torrente Sentino
- Fosso della Vite

sentino1
monte1
monte2
vite1
nuovo1
nuovo2
chiassale1
chiassale2
chiassale3
chiassale4
chiassale5
chiassale6
chiassale7
chiassale8
vite2
vite3
vite4
nuovo3
chiassale9
chiassale10
montino1
sentino2

ROMITORIO
MORBELLI
RACCORDO
PODERE MONTICELLI
PODERE CURTATONE
PODERE MONTANARA
CASELLO
PODERE SOLFERINO
SELVAPIANA
POGGIARONE
FICAIOLE
CAMUGNANO
ZONA INDUSTRIALE
CHIASSALE
P. SARRI
LA CASETTA D'ELCI
P. PIEMONTI
ISTIETO
P. LA FONTE
P. POGGIARELLO
P. CARRINETO
COLOMBAIO
P. CASANUOVA
CIMITERO
SERRAIA
Sorgente Quercioni
SERRE DI RAPOLANO
SARACINA
MADONNA DELLA ROCCIA
AIACCIA
P. SAN GIUSEPPE
P. IL MONTE
PODERE SASSO
P. CASOTTO
PIANO DEL SENTINO
PODERE MONTE MARTINO
MOLINO DI MONTE MARTINO
PODERE SELVA

TAV. Z

Legenda

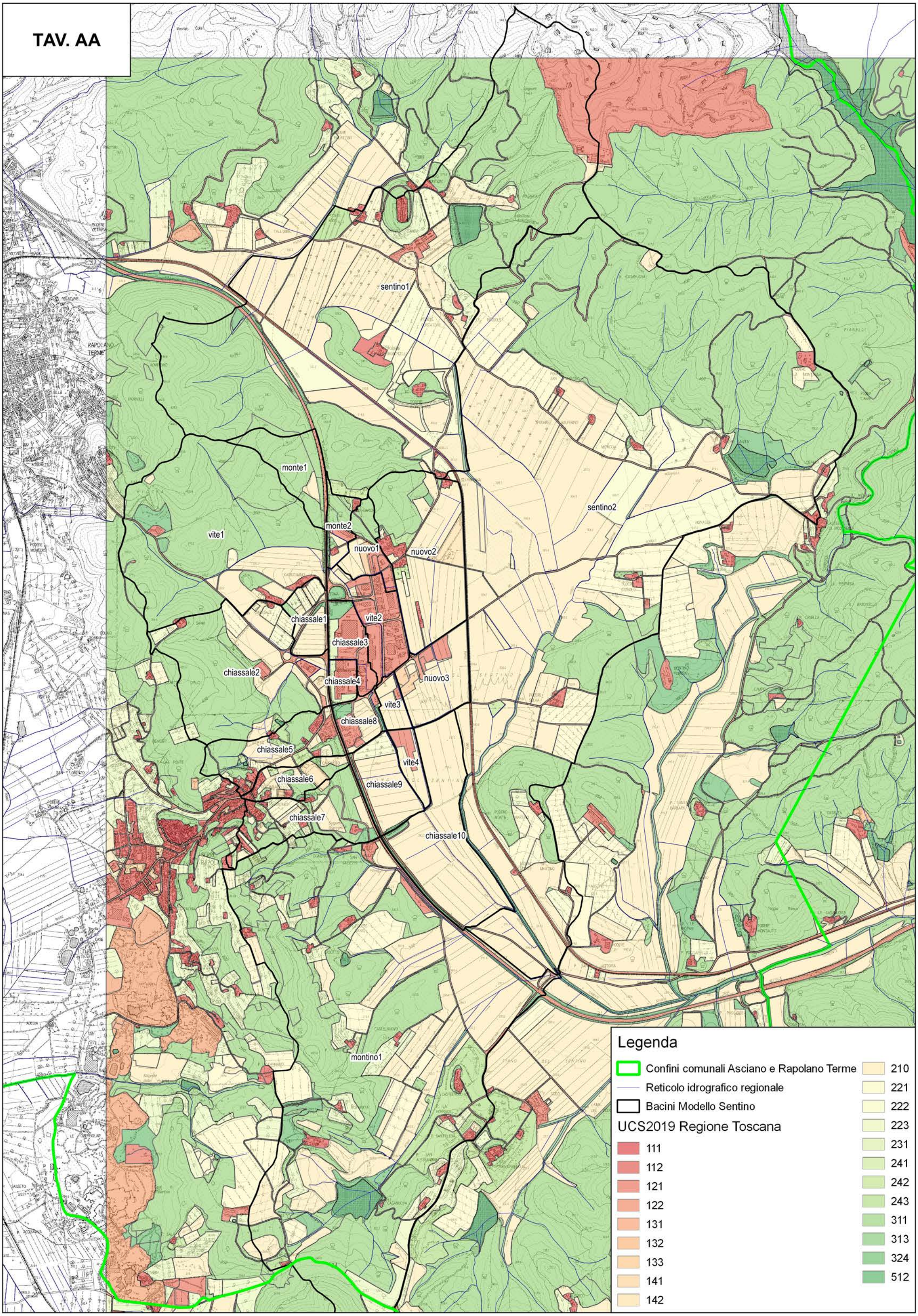
- Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
- Reticolo idrografico regionale
- Bacini Modello Sentino

Suoli SCS

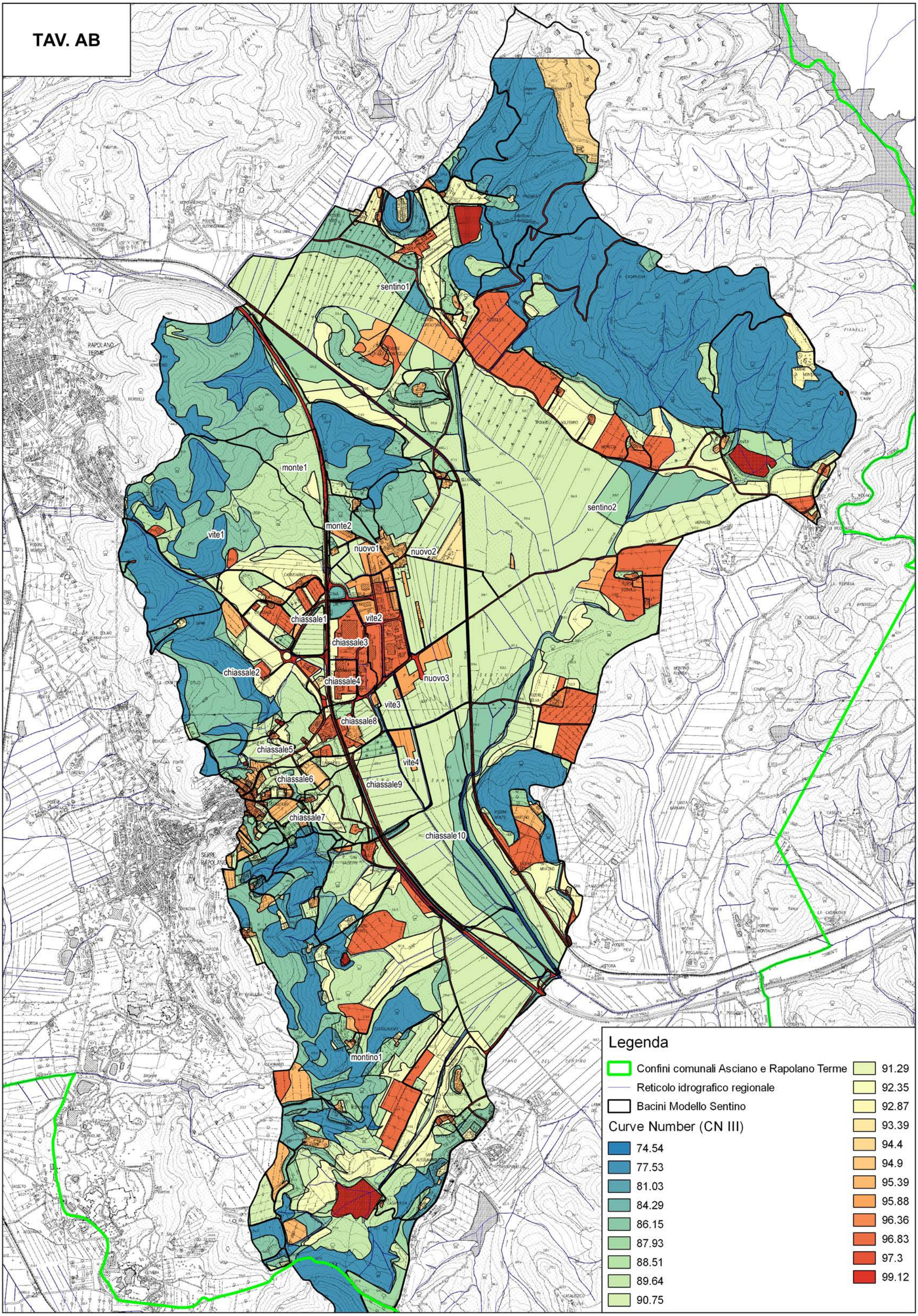
- A
- B
- C
- D

sentino1
sentino2
monte1
monte2
vite1
vite2
vite3
vite4
nuovo1
nuovo2
nuovo3
chiassale1
chiassale2
chiassale3
chiassale4
chiassale5
chiassale6
chiassale7
chiassale8
chiassale9
chiassale10
montino1

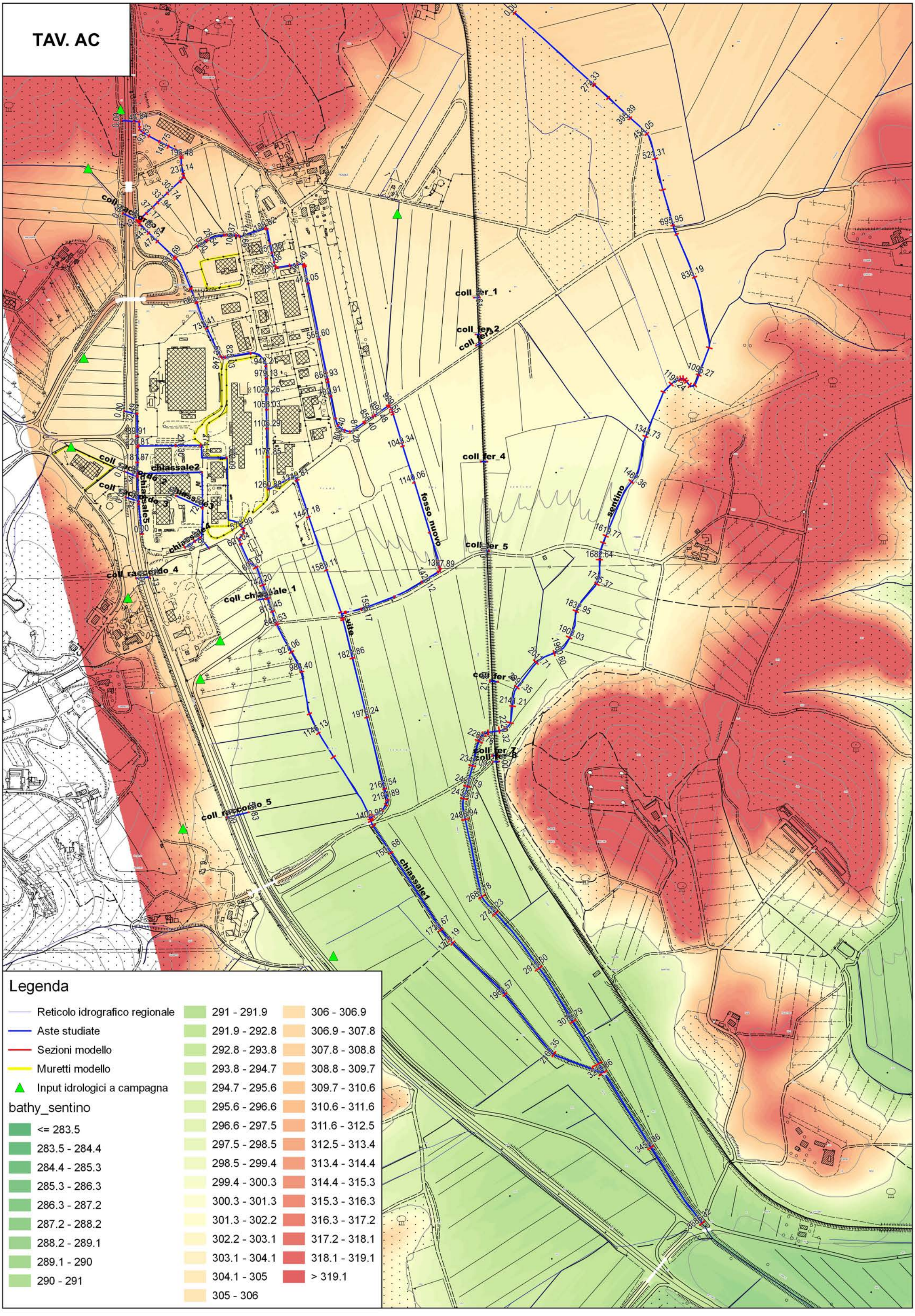
TAV. AA


sentino1
monte1
vite1
monte2
nuovo1
nuovo2
sentino2
chiassale1
vite2
chiassale3
chiassale2
chiassale4
nuovo3
vite3
chiassale8
chiassale5
vite4
chiassale6
chiassale9
chiassale7
chiassale10
montino1
RAPOLANO TERME
Legenda
Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
Reticolo idrografico regionale
Bacini Modello Sentino
UCS2019 Regione Toscana
111
112
121
122
131
132
133
141
142
210
221
222
223
231
241
242
243
311
313
324
512

TAV. AB


sentino1
monte1
vite1
monte2
nuovo1
nuovo2
sentino2
chiassale1
vite2
chiassale3
chiassale2
chiassale4
nuovo3
vite3
chiassale8
chiassale5
vite4
chiassale6
chiassale9
chiassale7
chiassale10
montino1
RAPOLANO TERME
Legenda
Confini comunali Asciano e Rapolano Terme
Reticolo idrografico regionale
Bacini Modello Sentino
Curve Number (CN III)
74.54
77.53
81.03
84.29
86.15
87.93
88.51
89.64
90.75
91.29
92.35
92.87
93.39
94.4
94.9
95.39
95.88
96.36
96.83
97.3
99.12

TAV. AC


coll_racc_1
coll_racc_2
coll_racc_3
coll_racc_4
coll_racc_5
coll_racc_6
coll_racc_7
coll_racc_8
coll_racc_9
coll_racc_10
coll_racc_11
coll_racc_12
coll_racc_13
coll_racc_14
coll_racc_15
coll_racc_16
coll_racc_17
coll_racc_18
coll_racc_19
coll_racc_20
coll_racc_21
coll_racc_22
coll_racc_23
coll_racc_24
coll_racc_25
coll_racc_26
coll_racc_27
coll_racc_28
coll_racc_29
coll_racc_30
coll_racc_31
coll_racc_32
coll_racc_33
coll_racc_34
coll_racc_35
coll_racc_36
coll_racc_37
coll_racc_38
coll_racc_39
coll_racc_40
coll_racc_41