

CITTÀ DI GINOSA



PROVINCIA DI TARANTO

STUDIO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI GINOSA

(Prot. n° 14169 del 24.05.2017)



STUDIO IDRAULICO MARINA DI GINOSA

ARKE'
Ingegneria s.r.l.

Via Imperatore Traiano n.4 - 70126 Bari

Prof. Ing. Alberto Ferruccio PICCINNI
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 7288

Dott. Ing. Gioacchino ANGARANO
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 5970
(Direttore Tecnico)

Dott. Geol. Sergio Calabrese
Ordine dei Geologi della Puglia n.214

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Responsabile Settore VI - Area LL.PP.
Ing. Giovanni ZIGRINO

SCALA -	CODICE ELABORATO C1	Relazione
DATA GENNAIO 2018		



Sommario

<u>1</u>	<u>Premessa</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>Analisi idrologica</u>	<u>5</u>
2.1	Idrografia locale	5
2.1.1	Bacini idrografici	5
2.1.2	Tempi di corrivazione	11
2.1.3	Portate al colmo di piena con il metodo VAPI Puglia	12
2.1.4	Portate al colmo di piena mediante analisi statistica delle precipitazioni registrate dalla stazione di Ginosa Marina	14
2.1.5	Ricostruzione degli idrogrammi di piena	19
2.2	Fiume Bradano	20
<u>3</u>	<u>Analisi idraulica dello stato di fatto</u>	<u>23</u>
3.1	Impostazione del modello di calcolo 1D-2D	27
3.1.1	Geometria dei corsi d'acqua e delle aree golenali	27
3.1.2	Condizioni al contorno	30
3.1.3	Condizioni iniziali	30
3.1.1	Coefficienti di scabrezza	31
3.2	Risultati della configurazione di stato attuale	32
3.2.1	Analisi delle dinamiche di allagamento	33
<u>4</u>	<u>Interventi in progetto</u>	<u>48</u>
<u>5</u>	<u>Analisi idraulica dello stato di progetto</u>	<u>55</u>
<u>6</u>	<u>Conclusioni</u>	<u>56</u>
<u>58</u>	<u>Allegato A: Descrizione del codice di calcolo MIKE FLOOD del DHI</u>	



1 Premessa

Il presente studio è finalizzato all'aggiornamento del PAI e all'individuazione di una proposta di interventi di mitigazione per la messa in sicurezza del centro abitato di Marina di Ginosa (TA). Per tali scopi, pertanto, è stato effettuato uno studio idrologico-idraulico mirato ad un'analisi dettagliata del livello di rischio idraulico dell'abitato di Marina di Ginosa in caso di eventi meteorici estremi che colpiscano i **bacini idrografici del fiume Bradano, del torrente Galaso e dei canali di bonifica**.

Nel presente studio sono state effettuate analisi e valutazioni con riferimento ai seguenti studi e progetti:

- A) "Progetto preliminare per la sistemazione idrogeologica generale dell'abitato di Ginosa Marina" redatto nel marzo 2011 dall'Ufficio Tecnico del Comune di Ginosa e **indicato nel seguito come studio "Ginosa 1"**;
- B) Consulenza scientifica per la "Valutazione degli effetti di interventi di mitigazione del rischio idraulico nel tratto finale dei fiumi Bradano e Basento tramite modellazioni idrauliche mono e bidimensionali" redatto nel febbraio 2012 dal Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente per conto dell'Autorità di Bacino della Basilicata e **indicato nel seguito come studio "AdB Basilicata 1"**;
- C) "Progetto esecutivo per il Ripristino dell'officiosità idraulica ed interventi sugli argini del fiume Bradano - Intervento Gruppo 2 - n. 2" redatto nel luglio 2012 dall'ing. Pugliese ed altri per conto del Commissario Delegato Basilicata ex OPCM 3984 del 25.11.2011 ed ex OCD n. 5 del 16.02.2012 e **indicato nel seguito come studio "Commissario 1"**;
- D) "Progetto esecutivo per l'Adeguamento delle arginature in destra idraulica del fiume Bradano e Ripristino dell'officiosità a valle della tratta ferroviaria TA-RC" redatto nel settembre 2012 dall'ing. Mupo ed altri per conto del Commissario Delegato Basilicata ex OPCM 3984 del 25.11.2011 ed ex OCD n. 5 del 16.02.2012 e **indicato nel seguito come studio "Commissario 2"**;
- E) "Progetto definitivo degli Interventi di miglioramento sui recapiti finali costituiti da CISNS e dal suolo - Rinaturalizzazione del canale Galaso-Marinella, recapito finale dell'agglomerato urbano di Ginosa Marina" redatto nel marzo 2013 dall'ing. Zuccaro per conto del Comune di Ginosa e **indicato nel seguito come studio "Ginosa 2"**;
- F) "Studio di compatibilità idrologico-idraulica per il Piano di lottizzazione convenzionato Comparto C.5.3" redatto nell'aprile 2013 da F4 ingegneria srl per conto dei lottizzanti e **indicato nel seguito come studio "Ginosa 3"**;
- G) "Relazione sulle Mappe della Pericolosità e del Rischio Idraulico per il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PRGA)" redatta nel maggio 2013 dall'Autorità di Bacino della Basilicata e **indicato nel seguito come studio "AdB Basilicata 2"**;
- H) "Elaborazioni specialistiche finalizzate all'aggiornamento del PAI sul territorio comunale della Marina di Ginosa" redatto nel novembre 2014 dalla Segreteria Tecnica Operativa dell'Autorità di Bacino della Puglia e **indicato nel seguito come studio "AdB Puglia 1"**.

Le valutazioni effettuate nel presente studio si ritengono necessarie in seguito all'analisi di dettaglio effettuata sugli studi "AdB Basilicata 2" e "AdB Puglia 1" che hanno condotto all'attuale



perimetrazione PAI e che si ritengono, per alcuni versi, non perfettamente in linea con l'effettivo regime idrologico del fiume Bradano e con l'effettiva geometria dei luoghi.

Per tali ragioni, pertanto, è stato condotto uno studio idraulico accoppiato 1D-2D (mono e bidimensionale) che ha valutato il livello di rischio idraulico dell'abitato di Marina di Ginosa a causa principalmente di eventi di piena all'interno del bacino del fiume Bradano. Per ragioni cautelative ed in conformità con quanto effettuato negli studi "AdB Basilicata 2" e "AdB Puglia 1" è stata anche considerata la contemporaneità degli eventi anche all'interno del bacino del torrente Galaso e dei canali di bonifica situati in riva destra e sinistra idraulica del medesimo torrente Galaso.

Le analisi idrologiche, in particolare, sono state condotte con particolare riferimento agli studi "AdB Basilicata 1" e "Commissario 1" per il fiume Bradano e allo studio "Ginosa 1" per il torrente Galaso ed i canali di bonifica ed hanno valutato le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni corrispondenti all'"alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica ai sensi del PAI Puglia.

Le analisi idrauliche sono state effettuate con il modello idrodinamico MIKE FLOOD del DHI (la cui descrizione è riportata nell'allegato A) ed hanno valutato le modalità di deflusso degli eventi di piena suddetti con lo scopo di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e del modulo di velocità della corrente. Per ciascuno dei tempi di ritorno di riferimento sono state valutate attentamente le dinamiche di deflusso in stretta relazione con la geometria del dominio di calcolo al fine di determinare l'estensione delle aree allagabili.

Nella figura seguente è mostrata una planimetria dell'area di Marina di Ginosa con l'individuazione dell'idrografia locale determinata dal torrente Galaso e dai canali di bonifica situati in riva destra e sinistra del medesimo torrente.

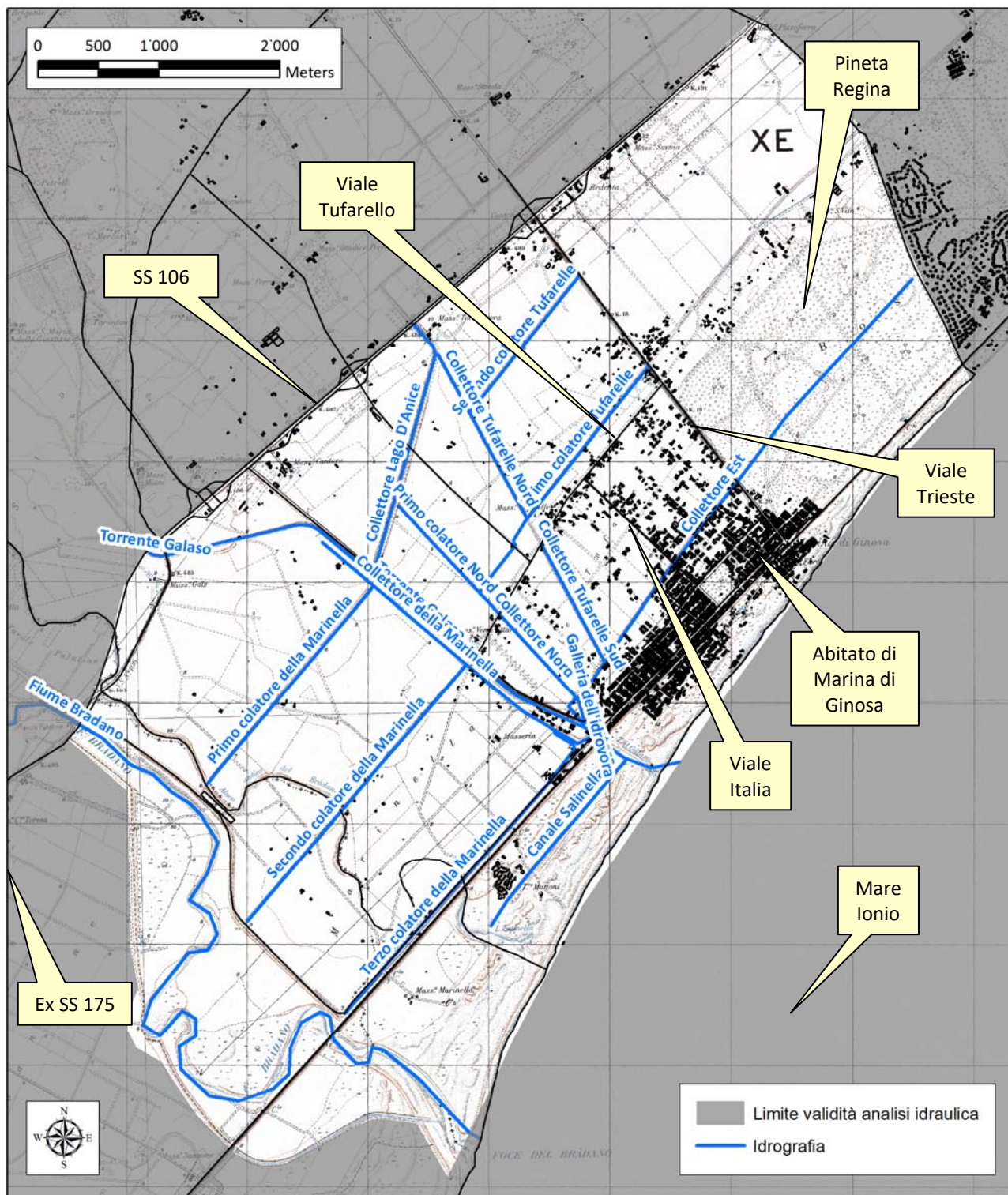


Figura 1: Planimetria con l'indicazione dell'area di interesse e del reticolo idrografico desunto dalla Carta IGM



2 Analisi idrologica

2.1 Idrografia locale

Come anticipato in premessa, nella presente analisi idrologica sono state in parte riproposte le analisi effettuate all'interno dello studio "Ginosa 1" per quanto riguarda l'idrografia locale nel quale sono state valutate le portate al colmo di piena per tutti i rami della rete scolante di competenza dell'AdB Puglia (vale a dire per tutti i rami di interesse per la presente analisi a meno del fiume Bradano che è di competenza dell'AdB Basilicata).

Per ciascun ramo sono state individuate le sezioni di chiusura e le connessioni con gli altri rami in modo da ricostruire l'albero della rete scolante. Per tali ragioni, infatti, i bacini con varie immissioni sono stati suddivisi in diversi sottobacini in modo da considerare le portate al colmo di piena anche in corrispondenza delle sezioni di chiusura intermedie.

Nella figura seguente è mostrato il grafo della rete scolante con l'individuazione delle diverse connessioni tra i vari rami e del numero di ordine di ciascuno di essi.

2.1.1 Bacini idrografici

Come precisato in precedenza, l'obiettivo della presente analisi idrologica consiste nel valutare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di riferimento.

Per tali ragioni, pertanto, sono stati individuati i bacini idrografici principali della rete scolante e, precisamente, quelli relativi ai seguenti corsi d'acqua:

- il torrente Galaso;
- il collettore della Marinella (compreso il primo, il secondo e il terzo colatore);
- il canale Salinella;
- il collettore Nord (compreso il primo colatore ed il primo e il secondo colatore Tufarelle);
- il collettore Est;
- il collettore Lago D'Anice;
- il collettore Tufarelle nord;
- il collettore Tufarelle sud.

Per ciascun ramo indicato, inoltre, sono state individuate le sezioni di chiusura e le connessioni con gli altri rami in modo da ricostruire l'albero della rete scolante. Per tali ragioni, infatti, i bacini con varie immissioni sono stati suddivisi in diversi sottobacini in modo da poter calcolare le portate al colmo di piena anche in corrispondenza delle sezioni di chiusura intermedie.

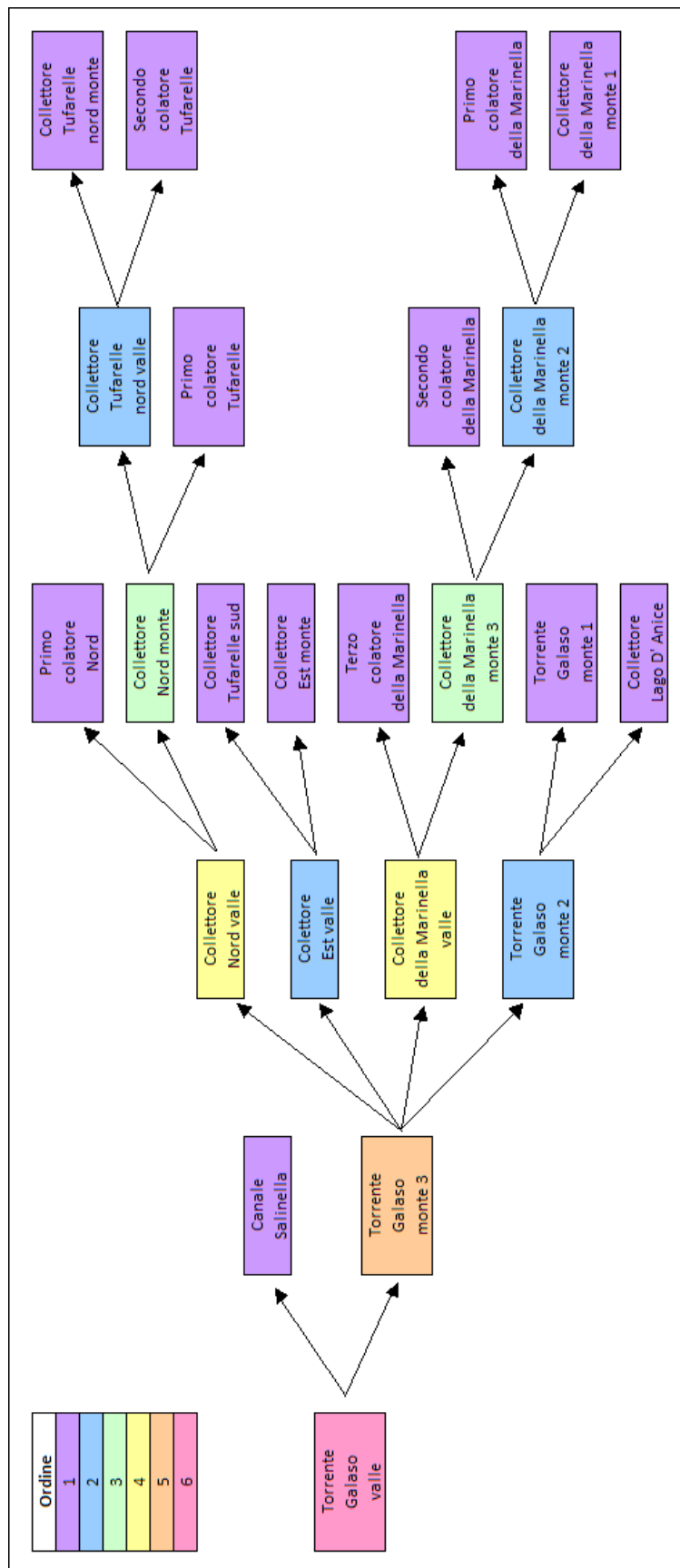


Figura 2: Grafo della rete scolante dell'idrografia locale di Marina di Ginostra



In particolare, i bacini individuati e le corrispondenti sezioni di chiusura sono i seguenti:

- “torrente Galaso valle” chiuso alla foce nel mar Ionio;
- “canale Salinella” chiuso all’immissione nel torrente Galaso;
- “torrente Galaso monte 3” chiuso in corrispondenza delle immissioni del collettore della Marinella e del collettore Nord;
- “collettore Nord valle” chiuso all’immissione nel torrente Galaso;
- “primo colatore Nord” chiuso all’immissione nel collettore Nord;
- “collettore Nord monte” chiuso in corrispondenza dell’immissione del primo colatore Nord;
- “collettore Tufarelle nord valle” chiuso all’immissione nel collettore Nord;
- “primo colatore Tufarelle” chiuso all’immissione nel collettore Nord;
- “collettore Tufarelle nord monte” chiuso in corrispondenza dell’immissione del secondo colatore Tufarelle;
- “secondo colatore Tufarelle” chiuso all’immissione nel collettore Tufarelle nord;
- “collettore Est valle” chiuso all’immissione nel collettore Nord;
- “collettore Tufarelle sud” chiuso all’immissione nel collettore Est;
- “collettore Est monte” chiuso in corrispondenza dell’immissione del collettore Tufarelle sud;
- “collettore della Marinella valle” chiuso all’immissione nel torrente Galaso;
- “terzo colatore della Marinella” chiuso all’immissione nel collettore della Marinella;
- “collettore della Marinella monte 3” chiuso in corrispondenza dell’immissione del terzo colatore della Marinella;
- “secondo colatore della Marinella” chiuso all’immissione nel collettore della Marinella;
- “collettore della Marinella monte 2” chiuso in corrispondenza dell’immissione del secondo colatore della Marinella;
- “primo colatore della Marinella” chiuso all’immissione nel collettore della Marinella;
- “collettore della Marinella monte 1” chiuso in corrispondenza dell’immissione del primo colatore della Marinella;
- “torrente Galaso monte 2” chiuso a valle dell’immissione del collettore Lago D’Anice;
- “torrente Galaso monte 1” chiuso a monte dell’immissione del collettore Lago D’Anice;
- “collettore Lago D’Anice” (che comprende anche l’allacciante Lago D’Anice) chiuso all’immissione nel torrente Galaso.

Nella Figura 1 sono mostrati tutti i rami considerati, mentre nella figura precedente è mostrato sinteticamente l’albero delle connessioni tra essi. In tale figura sono stati indicati anche i diversi ordini gerarchici: dall’ordine 1 che rappresenta i rami senza immissioni fino all’ordine 6 che rappresenta il ramo terminale, vale a dire il tratto di torrente Galaso che sfocia nel mar Ionio.

Per ragioni di semplicità, nello schema si è preferito considerare il canale scolmatore, situato a valle del collettore Nord e del collettore Est in corrispondenza dell’impianto idrovoro “Galaso”, come un ramo ulteriore del collettore Nord che, quindi, riceve le acque dei due collettori e le immette nel torrente Galaso.

In corrispondenza di tale immissione, tuttavia, è presente una paratoia mobile che è stata considerata aperta. Tale configurazione è certamente cautelativa in quanto ipotizza il mancato funzionamento dell’impianto idrovoro che risulta essere dotato di una batteria di quattro pompe con una portata massima complessiva di $8.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (per il quale il canale scolmatore funge da *bypass*) considerando, di conseguenza, una minore capacità di deflusso dell’intera rete scolante.

Viste le ridotte dimensioni del canale scolmatore, lungo circa 200 m, si è preferito semplificare lo schema considerando l'immissione del collettore Est direttamente nel torrente Galaso anziché nel collettore Nord (o, meglio, nel canale scolmatore) e, quindi, nella seguente analisi idraulica il collettore Est risulta essere un immissario del Nord.

Per la delimitazione dei bacini idrografici dei canali di bonifica si è fatto riferimento al "Piano Generale di bonifica e di sviluppo del comprensorio consortile", redatto dal Consorzio di Bonifica (CdB) "Stornara e Tara" e mostrato nella figura seguente, che tiene conto dell'attuale funzionamento della rete dei canali di bonifica in seguito a tutte le modifiche effettuate nel corso degli anni alla stessa rete.

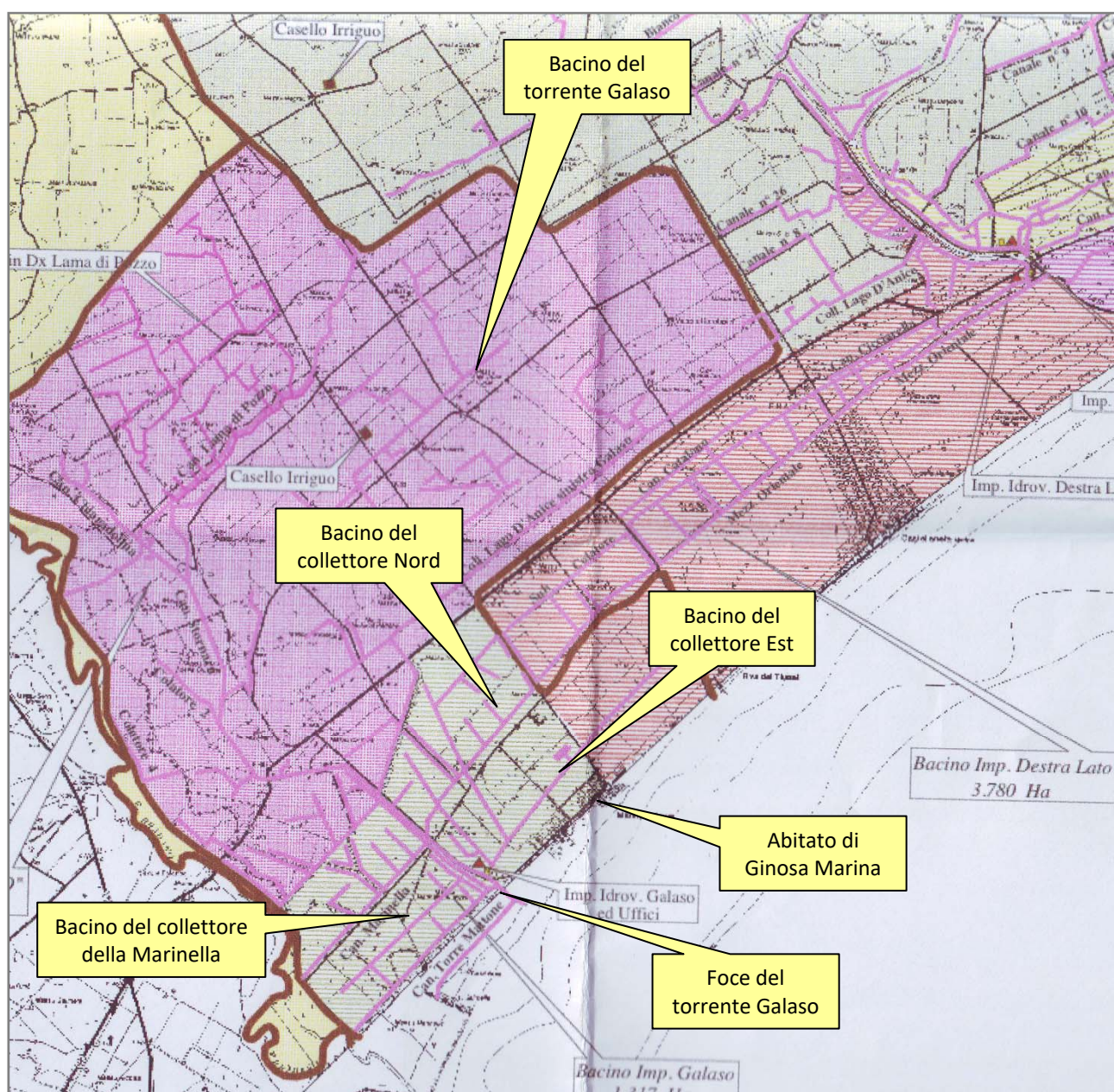


Figura 3: Corografia con la delimitazione dei bacini idrografici redatta dal CdB "Stornara e Tara" (in fucsia il bacino del torrente Galaso, in verde i bacini del collettore della Marinella, del collettore Est e del collettore Nord)

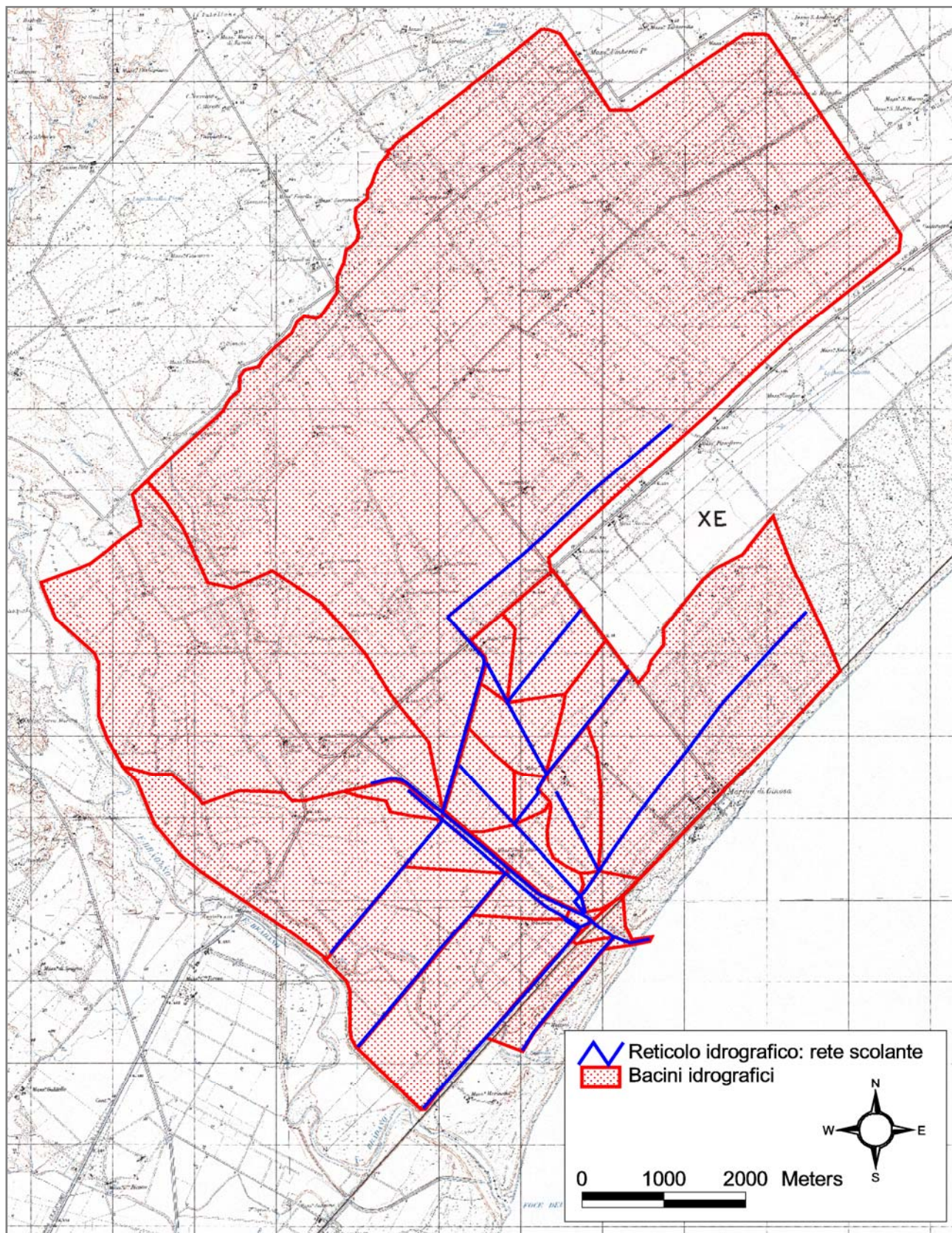


Figura 4: Planimetria dei bacini idrografici dell'idrografia locale

Nella figura precedente è mostrata la delimitazione dei bacini idrografici dell'idrografia locale. Tale delimitazione è stata effettuata considerando, oltre al "Piano Generale di bonifica e di



sviluppo del comprensorio consortile”, anche la cartografia IGM in scala 1:25'000 e il rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:5'000 della Provincia di Taranto.

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati. Tali caratteristiche sono state ricavate dal modello digitale del terreno (*Digital Terrain Model*, DTM) in formato *grid* con una dimensione di cella di 20×20 m.

Caratteristiche fisiografiche								
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	c (-)
Canale Salinella	0.670	7.00	4.44	3.00	2.20	0.18	0.50	0.27
Collettore della Marinella monte 1	0.255	7.00	5.61	4.00	1.29	0.23	0.39	0.43
Collettore della Marinella monte 2	4.977	13.00	7.19	3.00	7.23	0.14	0.48	0.39
Collettore della Marinella monte 3	7.456	13.00	6.45	3.00	8.16	0.12	0.47	0.39
Collettore della Marinella valle	10.391	13.00	5.58	1.00	8.52	0.14	0.48	0.39
Collettore Est monte	6.688	7.00	3.87	1.00	5.30	0.11	0.43	0.40
Collettore Est valle	7.861	7.00	3.71	1.00	5.68	0.11	0.42	0.40
Collettore Lago D' Anice	38.901	65.00	33.08	5.00	12.80	0.47	1.64	0.41
Collettore Nord monte	3.151	11.00	4.24	2.00	3.75	0.24	0.54	0.39
Collettore Nord valle	4.579	11.00	4.06	2.00	5.17	0.17	0.45	0.38
Collettore Tufarelle nord monte	0.334	11.00	6.23	3.00	1.21	0.66	1.37	0.36
Collettore Tufarelle nord valle	2.412	11.00	4.54	2.00	3.02	0.30	0.66	0.39
Collettore Tufarelle sud	0.943	4.00	2.69	2.00	1.85	0.11	0.31	0.35
Primo colatore della Marinella	4.251	13.00	7.58	4.00	6.22	0.14	0.51	0.39
Primo colatore Nord	0.728	5.00	4.34	3.00	1.40	0.14	0.27	0.36
Primo colatore Tufarelle	0.547	4.00	3.27	3.00	2.08	0.05	0.09	0.40
Secondo colatore della Marinella	2.085	12.00	5.30	3.00	3.07	0.29	0.48	0.37
Secondo colatore Tufarelle	1.244	11.00	4.18	2.00	2.01	0.45	0.80	0.41
Terzo colatore della Marinella	2.889	7.00	3.56	1.00	4.34	0.14	0.52	0.39
Torrente Galaso monte 1	10.013	41.00	15.10	5.00	5.80	0.62	1.53	0.39
Torrente Galaso monte 2	48.914	65.00	29.40	5.00	12.80	0.47	1.62	0.41
Torrente Galaso monte 3	71.768	65.00	21.51	1.00	15.09	0.42	1.25	0.40
Torrente Galaso valle	72.678	65.00	21.30	0.00	15.90	0.41	1.24	0.40

Tabella 1

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- “S” (km²): superficie del bacino;
- “Hmax” (mslm): quota massima;
- “Hmed” (mslm): quota media;
- “Hmin” (mslm): quota minima;
- “L” (km): lunghezza dell’asta principale;
- “i” (%): pendenza dell’asta principale;
- “y” (%): pendenza media di versante;
- “c” (-): coefficiente di deflusso.

Il valori del coefficiente di deflusso, in particolare, sono stati ricavati in funzione dell’uso del suolo stabilito tramite la carta CORINE del 2000. Nella tabella seguente è mostrata la tabella di conversione tra i codici CORINE ed i coefficienti di deflusso.



Conversione tra codici CORINE e coefficienti di deflusso		
Codice CORINE	Descrizione	c (-)
111	Tessuto urbano continuo	0.90
112	Tessuto urbano discontinuo	0.80
121	Aree industriali e commerciali	0.80
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	0.80
124	Aeroporti	0.80
131	Aree ad attività estrattiva	0.60
133	Cantieri	0.40
141	Aree verdi urbane	0.30
142	Aree ricreative	0.50
211	Seminativi in aree non irrigue	0.35
212	Seminativi in aree irrigue	0.40
213	Risaie	0.35
221	Vigneti	0.50
222	Frutteti e frutti minori	0.45
223	Oliveti	0.45
231	Prati stabili	0.30
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0.35
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	0.35
311	Boschi di latifoglie	0.25
312	Boschi di conifere	0.25
313	Boschi misti	0.25
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	0.40
322	Brughiere e cespugliete	0.45
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.45
331	Spiagge, dune, sabbie	0.10
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0.65
333	Aree con vegetazione rada	0.50
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.80
511	Corsi d' acqua, canali e idrovie	1.00
512	Bacini d' acqua	0.80

Tabella 2

2.1.2 Tempi di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati e descritti in precedenza, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per il tempo di corrivazione in base a diverse formulazioni.



Tempi di corrvazione						
Bacino idrografico	Giandotti (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	tc (h)
Canale Salinella	6.8	1.4	2.4	2.8	2.9	2.4
Collettore della Marinella monte 1	3.9	0.8	1.3	1.5	1.5	1.3
Collettore della Marinella monte 2	12.1	3.8	7.6	10.7	9.6	7.9
Collettore della Marinella monte 3	15.6	4.4	9.9	12.8	12.1	9.8
Collettore della Marinella valle	15.0	4.3	10.9	12.5	12.8	10.1
Collettore Est monte	13.5	3.3	9.8	8.7	10.5	8.1
Collettore Est valle	15.0	3.5	11.0	9.6	11.8	9.0
Collettore Lago D' Anice	10.4	3.7	11.6	10.3	12.5	9.5
Collettore Nord monte	10.6	1.9	4.6	4.2	5.0	3.9
Collettore Nord valle	14.2	2.7	6.5	6.8	7.4	5.9
Collettore Tufarelle nord monte	2.9	0.5	0.9	0.8	1.0	0.8
Collettore Tufarelle nord valle	8.4	1.5	3.6	3.0	3.8	3.0
Collettore Tufarelle sud	10.0	1.5	3.8	3.1	4.0	3.1
Primo colatore della Marinella	11.6	3.4	6.9	9.0	8.5	6.9
Primo colatore Nord	6.0	1.1	2.9	2.0	2.9	2.2
Primo colatore Tufarelle	14.6	2.2	4.3	5.2	5.1	4.2
Secondo colatore della Marinella	8.6	1.5	3.4	3.1	3.7	2.9
Secondo colatore Tufarelle	6.3	0.9	2.1	1.7	2.2	1.7
Terzo colatore della Marinella	10.4	2.6	5.8	6.4	6.7	5.4
Torrente Galaso monte 1	8.4	1.8	5.1	4.0	5.3	4.1
Torrente Galaso monte 2	11.9	3.7	13.0	10.3	13.5	10.1
Torrente Galaso monte 3	15.6	4.4	16.5	12.7	17.0	15.6
Torrente Galaso valle	15.7	4.6	17.0	13.7	17.7	15.7

Tabella 3

Viste le caratteristiche dei bacini, tuttavia, come valore di riferimento per il tempo di corrvazione per i bacini di estensione inferiore ai 40 km² si è deciso di utilizzare la media delle sole espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini, mentre per i bacini di estensione superiore si è deciso di utilizzare la sola formula di Giandotti.

2.1.3 Portate al colmo di piena con il metodo VAPI Puglia

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Puglia così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'AdB Puglia).

Tale metodo prevede il calcolo delle altezze critiche di precipitazione utilizzando la seguente espressione (valida all'interno della "zona 6"):

$$x = 33.7 \cdot t^{\frac{0.488+0.0022z}{3.178}} = a' \cdot t^n$$

dove:

- "z" (mslm): quota caratteristica del bacino;
- "t" (h): tempo di corrvazione del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato, poi, l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:



$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln(T)$$

Nella seguente tabella, pertanto, sono stati calcolati sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni ai quali è stato aggiunto anche il tempo di ritorno di 10 anni.

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 6)										
Bacino idrografico	K10 (-)	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	n (-)	h10 (mm)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
Canale Salinella	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	52.1	74.0	111.9	130.1
Collettore della Marinella monte 1	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	47.4	67.3	101.7	118.3
Collettore della Marinella monte 2	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.159	63.2	89.7	135.6	157.7
Collettore della Marinella monte 3	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.158	65.2	92.7	140.1	163.0
Collettore della Marinella valle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	65.5	93.0	140.6	163.6
Collettore Est monte	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	63.0	89.5	135.3	157.4
Collettore Est valle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	64.1	91.0	137.5	160.0
Collettore Lago D' Anice	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.176	67.7	96.1	145.3	169.0
Collettore Nord monte	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	56.3	80.0	120.9	140.7
Collettore Nord valle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	60.0	85.2	128.8	149.8
Collettore Tufarelle nord monte	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.158	44.0	62.5	94.4	109.8
Collettore Tufarelle nord valle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	54.0	76.7	115.9	134.8
Collettore Tufarelle sud	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.155	54.1	76.9	116.2	135.2
Primo colatore della Marinella	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.159	61.8	87.8	132.8	154.4
Primo colatore Nord	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	51.5	73.2	110.6	128.6
Primo colatore Tufarelle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	56.9	80.8	122.2	142.1
Secondo colatore della Marinella	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.157	53.8	76.5	115.6	134.5
Secondo colatore Tufarelle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	49.5	70.3	106.3	123.6
Terzo colatore della Marinella	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.156	59.1	84.0	127.0	147.7
Torrente Galaso monte 1	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.164	57.2	81.3	122.9	143.0
Torrente Galaso monte 2	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.174	68.0	96.6	146.0	169.9
Torrente Galaso monte 3	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.168	72.2	102.6	155.1	180.4
Torrente Galaso valle	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.168	72.3	102.7	155.2	180.5

Tabella 4

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica.

Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza:

$$Q = \frac{S \cdot c \cdot i}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot a \cdot t^{(n-1)}}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{(n-1)}}{3.6}$$

dove:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Nella seguente tabella sono presenti i corrispondenti valori delle portate al colmo di piena.



Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)				
Bacino idrografico	Q10 (m ³ /s)	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Canale Salinella	1.1	1.5	2.3	2.7
Collettore della Marinella monte 1	1.1	1.6	2.4	2.8
Collettore della Marinella monte 2	4.3	6.1	9.3	10.8
Collettore della Marinella monte 3	5.3	7.5	11.4	13.2
Collettore della Marinella valle	7.3	10.3	15.6	18.1
Collettore Est monte	5.8	8.2	12.4	14.4
Collettore Est valle	6.3	9.0	13.5	15.7
Collettore Lago D' Anice	31.9	45.3	68.4	79.6
Collettore Nord monte	4.9	7.0	10.6	12.3
Collettore Nord valle	5.0	7.0	10.6	12.4
Collettore Tufarelle nord monte	1.8	2.6	3.9	4.5
Collettore Tufarelle nord valle	4.7	6.7	10.2	11.9
Collettore Tufarelle sud	1.6	2.3	3.5	4.1
Primo colatore della Marinella	4.2	5.9	8.9	10.4
Primo colatore Nord	1.7	2.4	3.6	4.2
Primo colatore Tufarelle	0.8	1.2	1.8	2.1
Secondo colatore della Marinella	3.9	5.6	8.4	9.8
Secondo colatore Tufarelle	4.1	5.8	8.8	10.2
Terzo colatore della Marinella	3.5	4.9	7.4	8.6
Torrente Galaso monte 1	15.4	21.8	33.0	38.4
Torrente Galaso monte 2	37.5	53.2	80.4	93.5
Torrente Galaso monte 3	37.4	53.1	80.2	93.3
Torrente Galaso valle	37.5	53.3	80.6	93.8

Tabella 5

2.1.4 Portate al colmo di piena mediante analisi statistica delle precipitazioni registrate dalla stazione di Ginosa Marina

Ai fini della determinazione delle portate al colmo di piena per la successiva analisi idraulica è stata effettuata, oltre all'utilizzo del metodo VAPI, anche un'analisi statistica dei dati di pioggia registrati dalla stazione pluviometrica di Ginosa Marina.

Nella tabella seguente sono mostrati, per gli anni di osservazione compresi tra il 1928 ed il 2006, i valori di precipitazione massima per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore da cui sono stati estratti la media e lo scarto quadratico medio, mentre nella tabella successiva sono presenti i valori di riferimento per l'analisi statistica secondo la distribuzione probabilistica dei valori estremi di Gumbel.



Stazione di Ginosa Marina					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
Anno	Durata (h)				
	1	3	6	12	24
1928	31.0				
1930	30.8	40.0			
1933	25.0	50.8	64.0	88.7	135.0
1934	18.2	32.0	49.8	69.6	98.4
1935	22.8	35.6	35.6	45.8	53.4
1946	55.6	68.8	71.0	71.2	89.4
1951	32.6	34.2	41.6	41.8	41.8
1952	39.2	48.0	57.4	63.8	71.0
1953	29.2	37.2	55.4	59.0	59.4
1954	37.6	39.8	47.8	51.4	58.4
1955	33.8	42.0	44.0	45.2	65.2
1958	54.2	111.2	116.0	123.0	123.4
1959	17.2	32.0	42.8	54.0	60.0
1960	14.4	22.4	31.2	34.8	46.6
1961	50.0	50.4	50.4	50.4	70.0
1962	34.0	78.6	82.0	84.8	85.4
1963	43.0	46.8	50.8	60.6	66.8
1964	17.2	22.6	40.2	59.8	61.6
1965	18.0	22.4	24.8	35.2	43.0
1966	70.0	107.8	108.0	124.6	154.8
1967	19.2	22.6	22.6	33.2	40.4
1968	27.0	30.4	31.8	36.4	59.2
1969	30.0	30.8	46.6	49.6	49.6
1970	16.6	19.8	20.0	28.4	38.6
1971	32.6	33.6	35.2	36.0	63.4
1972	68.2	102.4	118.4	119.2	119.6
1973	14.6	20.0	30.4	41.8	57.2
1974	28.2	40.2	40.8	65.8	66.6
1975		29.4	45.4	50.0	58.6
1976	24.2	42.6	60.0	75.0	99.0
1977	21.6	25.2	41.0	43.4	48.2
1978	60.0	106.4	110.6	110.6	110.6
1979	28.0	40.0	42.6	52.4	94.4
1980	40.0	56.4	60.4	103.8	162.8
1983	13.2	20.4	31.0	36.0	44.6
1984	40.0	69.6	74.8	74.8	109.2
1986	44.4	49.8	51.8	51.8	52.0
1988	14.4	17.8	18.8	20.0	36.8
1989				45.8	47.4
1991	15.6	16.0	24.0	39.4	42.6
1992	15.6	20.4	24.0	31.6	38.4
1993					
1994					
1995	21.0	22.6	22.6	24.8	40.0
1996	18.4	24.6	31.0	52.4	70.4
1997	45.0	83.0	113.4	147.4	158.8
2000	22.2	37.8	39.2	45.0	48.0
2001	14.4	28.8	40.0	49.8	53.6
2002	22.2	34.6	44.2	56.2	62.4
2003	29.6	45.4	51.2	52.6	75.4
2004	47.4	97.2	112.4	132.8	138.0
2005	31.2	41.8	55.0	82.8	86.0
2006	28.2	28.2	52.6	61.4	83.6
media	30.8	44.1	52.2	61.5	74.3
sqm	14.4	25.7	27.2	29.9	34.0

Tabella 6



Legge esponenziale di Gumbel					
Para- metro	Durata (h)				
	1	3	6	12	24
ε	24.26	32.53	39.95	48.05	58.96
α	0.09	0.05	0.05	0.04	0.04
T	10	10	10	10	10
h	49.54991	77.57714	87.61252	100.5017	118.6176
a	53.034				
n	0.2641				
T	30	30	30	30	30
h	62.29131	100.274	111.6283	126.9304	148.6784
a	67.562				
n	0.2613				
T	200	200	200	200	200
h	83.77012	138.5352	152.1129	171.4828	199.3534
a	92.042				
n	0.2586				
T	500	500	500	500	500
h	94.08294	156.9059	171.5512	192.8741	223.6844
a	103.79				
n	0.2578				

Tabella 7

Nella tabella seguente sono mostrati sia i valori dei parametri “a” ed “n” delle curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 10, 30, 200 e 500 anni che le corrispondenti altezze critiche di precipitazione.

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l’analisi idraulica.

Nella tabella successiva, infatti, sono presenti i corrispondenti valori delle portate al colmo di piena.



Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (Gumbel su Ginosa Marina)								
Bacino idrografico	a10 (-)	a30 (-)	a200 (-)	a500 (-)	n10 (-)	n30 (-)	n200 (-)	n500 (-)
Canale Salinella	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore della Marinella monte 1	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore della Marinella monte 2	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore della Marinella monte 3	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore della Marinella valle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Est monte	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Est valle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Lago D' Anice	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Nord monte	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Nord valle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Tufarelle nord monte	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Tufarelle nord valle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Collettore Tufarelle sud	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Primo colatore della Marinella	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Primo colatore Nord	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Primo colatore Tufarelle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Secondo colatore della Marinella	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Secondo colatore Tufarelle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Terzo colatore della Marinella	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Torrente Galaso monte 1	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Torrente Galaso monte 2	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Torrente Galaso monte 3	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Torrente Galaso valle	53.0	67.6	92.0	103.8	0.264	0.261	0.259	0.258
Bacino idrografico	h10 (mm)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)				
Canale Salinella	66.7	84.8	115.2	129.9				
Collettore della Marinella monte 1	56.8	72.3	98.4	110.9				
Collettore della Marinella monte 2	91.6	116.1	157.3	177.0				
Collettore della Marinella monte 3	97.0	122.7	166.2	187.0				
Collettore della Marinella valle	97.8	123.8	167.5	188.6				
Collettore Est monte	92.0	116.6	157.9	177.8				
Collettore Est valle	94.7	119.9	162.3	182.7				
Collettore Lago D' Anice	96.2	121.7	164.9	185.6				
Collettore Nord monte	76.1	96.6	131.1	147.7				
Collettore Nord valle	84.6	107.3	145.5	163.8				
Collettore Tufarelle nord monte	50.1	63.9	87.1	98.3				
Collettore Tufarelle nord valle	70.8	89.9	122.2	137.6				
Collettore Tufarelle sud	71.3	90.6	123.0	138.6				
Primo colatore della Marinella	88.4	112.0	151.8	170.9				
Primo colatore Nord	65.4	83.1	113.0	127.4				
Primo colatore Tufarelle	77.5	98.4	133.5	150.4				
Secondo colatore della Marinella	70.4	89.4	121.5	136.9				
Secondo colatore Tufarelle	61.2	77.8	105.9	119.3				
Terzo colatore della Marinella	82.8	104.9	142.3	160.3				
Torrente Galaso monte 1	76.8	97.5	132.3	149.0				
Torrente Galaso monte 2	97.7	123.7	167.5	188.5				
Torrente Galaso monte 3	109.6	138.5	187.3	210.7				
Torrente Galaso valle	109.7	138.7	187.6	211.1				

Tabella 8



Portate al colmo di piena (Gumbel su Ginosa Marina)				
Bacino idrografico	Q10 (m ³ /s)	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Canale Salinella	1.4	1.8	2.4	2.7
Collettore della Marinella monte 1	1.3	1.7	2.3	2.6
Collettore della Marinella monte 2	6.3	7.9	10.7	12.1
Collettore della Marinella monte 3	7.9	10.0	13.5	15.2
Collettore della Marinella valle	10.8	13.7	18.6	20.9
Collettore Est monte	8.4	10.7	14.5	16.3
Collettore Est valle	9.3	11.8	16.0	18.0
Collettore Lago D' Anice	45.3	57.3	77.6	87.3
Collettore Nord monte	6.6	8.4	11.4	12.9
Collettore Nord valle	7.0	8.9	12.0	13.5
Collettore Tufarelle nord monte	2.1	2.6	3.6	4.0
Collettore Tufarelle nord valle	6.2	7.9	10.7	12.1
Collettore Tufarelle sud	2.1	2.7	3.7	4.2
Primo colatore della Marinella	5.9	7.5	10.2	11.5
Primo colatore Nord	2.2	2.7	3.7	4.2
Primo colatore Tufarelle	1.1	1.4	1.9	2.2
Secondo colatore della Marinella	5.1	6.5	8.8	10.0
Secondo colatore Tufarelle	5.0	6.4	8.7	9.8
Terzo colatore della Marinella	4.8	6.1	8.3	9.3
Torrente Galaso monte 1	20.6	26.2	35.5	40.0
Torrente Galaso monte 2	53.8	68.1	92.2	103.8
Torrente Galaso monte 3	56.7	71.7	96.9	109.0
Torrente Galaso valle	57.0	72.1	97.4	109.6

Tabella 9

Tali valori sono certamente più cautelativi di quelli determinati con il metodo VAPI (mostrati nella Tabella 5, cfr. lo studio "Ginosa 1") e sono anche simili a quelli utilizzati all'interno del "Progetto esecutivo della rete scolante nel comprensorio irriguo - Il lotto, zona Bradano-Galaso" (1970) del CdB "Stornara e Tara" che, ad esempio, prevede una portata corrispondente ad una "piena eccezionale" pari a 96.5 m³/s per il bacino del torrente Galaso (anche se di estensione pari a 91.5 km²).

Per tali ragioni, pertanto, i valori di portata al colmo di piena presenti nella precedente tabella saranno utilizzati come valori di riferimento per la successiva analisi idraulica.

Nella tabella seguente sono mostrati i volumi di piena corrispondenti.



Volumi (Gumbel su Ginosa Marina)				
Bacino idrografico	V10 (m ³)	V30 (m ³)	V200 (m ³)	V500 (m ³)
Canale Salinella	11'962	15'202	20'662	23'283
Collettore della Marinella monte 1	6'169	7'853	10'691	12'054
Collettore della Marinella monte 2	178'720	226'362	306'661	345'229
Collettore della Marinella monte 3	278'362	352'355	477'073	536'983
Collettore della Marinella valle	395'257	500'277	677'295	762'329
Collettore Est monte	245'102	310'426	420'527	473'411
Collettore Est valle	300'991	381'095	516'112	580'966
Collettore Lago D' Anice	1'551'644	1'964'264	2'659'749	2'993'830
Collettore Nord monte	93'883	119'144	161'716	182'157
Collettore Nord valle	147'768	187'317	253'972	285'983
Collettore Tufarelle nord monte	5'980	7'622	10'390	11'718
Collettore Tufarelle nord valle	66'959	85'040	115'511	130'141
Collettore Tufarelle sud	23'700	30'097	40'879	46'055
Primo colatore della Marinella	148'215	187'796	254'507	286'548
Primo colatore Nord	17'206	21'870	29'731	33'504
Primo colatore Tufarelle	17'113	21'714	29'466	33'189
Secondo colatore della Marinella	53'982	68'563	93'136	104'933
Secondo colatore Tufarelle	31'202	39'690	53'992	60'857
Terzo colatore della Marinella	93'724	118'837	161'161	181'486
Torrente Galaso monte 1	302'053	383'288	520'191	585'928
Torrente Galaso monte 2	1'961'086	2'482'162	3'360'465	3'782'376
Torrente Galaso monte 3	3'183'186	4'024'105	5'441'660	6'122'747
Torrente Galaso valle	3'220'591	4'071'322	5'505'419	6'194'457

Tabella 10

2.1.5 Ricostruzione degli idrogrammi di piena

Ai fini della determinazione degli idrogrammi di piena sono stati considerati il tempo di corrivazione e la portata al colmo di piena determinati in precedenza. Come forma dell'idrogramma è stata scelta quella triangolare con un tempo di picco pari al tempo di corrivazione e una portata di picco pari a quella al colmo di piena. Tale forma ha il vantaggio di **considerare un volume sotteso corrispondente ai valori determinati dalla presente analisi idrologica** e mostrati nella tabella precedente.

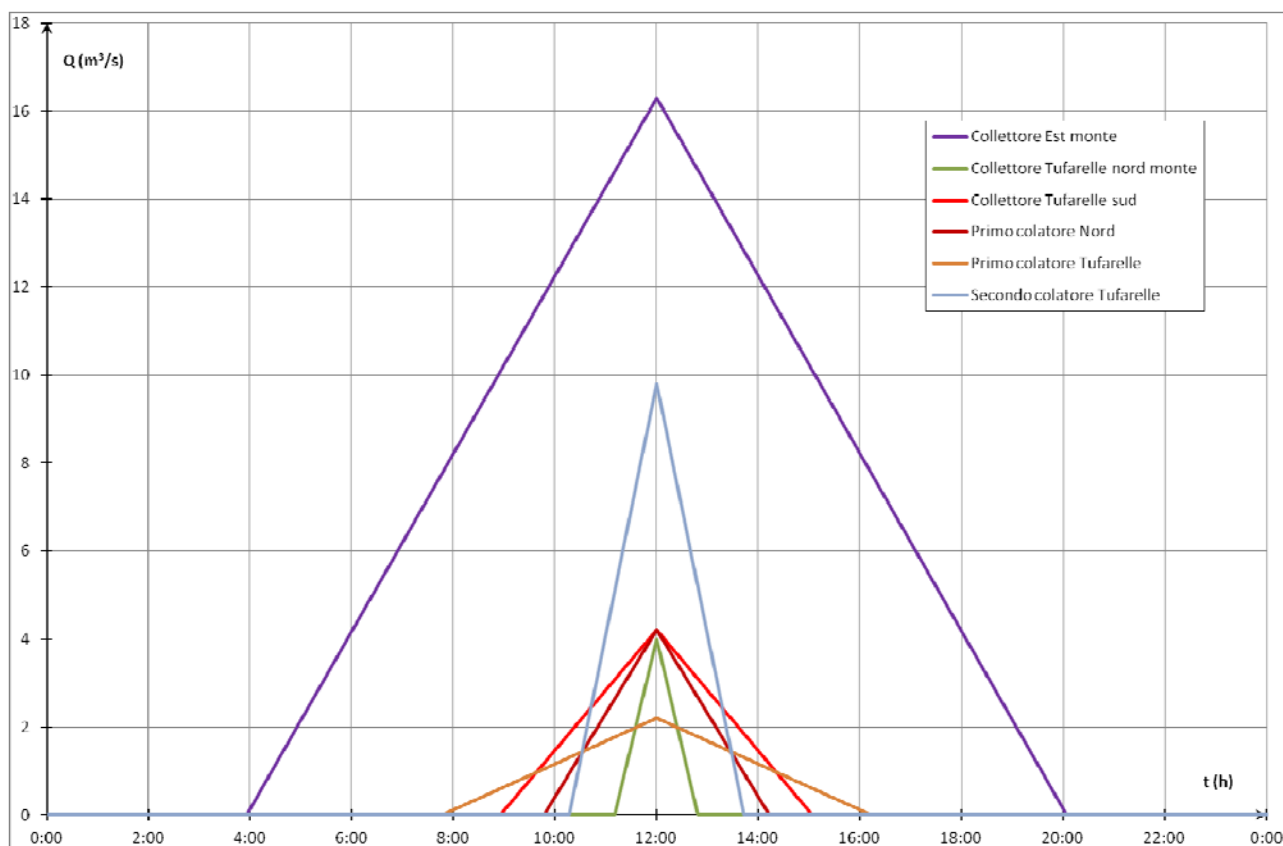


Figura 5: Esempi di idrogrammi di piena dell'idrografia locale per l'evento con un tempo di ritorno di 500 anni

2.2 Fiume Bradano

Come anticipato in premessa, nella presente analisi idrologica sono state in parte riproposte le analisi effettuate all'interno degli studi "AdB Basilicata 1" e "Commissario 1" per quanto riguarda il bacino del fiume Bradano dato che, in questo caso, lo studio "AdB Basilicata 2" appare non perfettamente in linea con l'effettivo regime idrologico.

Quest'ultimo studio, infatti, non tiene conto della presenza della diga di San Giuliano che è in grado di garantire un rilevante effetto di laminazione anche nelle condizioni più cautelative, vale a dire anche in caso di livello alla quota di massimo invaso.

Come indicato nella relazione idraulica dello studio "Commissario 1", infatti, l'Università della Basilicata ha già effettuato, per conto dell'AdB Basilicata, uno studio finalizzato alla valutazione dell'effetto di laminazione. A tal proposito la relazione precisa che:

«I risultati presentati nel presente elaborato si riferiscono al Fiume Bradano ed in particolare allo studio ed ai risultati delle analisi svolte nell'ambito della "Consulenza Scientifica per la valutazione degli effetti di interventi di mitigazione del rischio idraulico nei tratti finali del fiume Bradano e Basento tramite modellazioni idrauliche mono e bidimensionali" [indicato come studio "AdB Basilicata 1", ndr] redatto dall'Università della Basilicata a seguito di incarico della Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata.»



Lo studio suddetto dimostra che l'effetto di laminazione risulta rilevante anche in caso di assenza di interventi di mitigazione ed in condizioni maggiormente cautelative, vale a dire in caso di invaso completamente pieno. I risultati di tali analisi, tuttavia, non sono stati applicati al successivo studio "AdB Basilicata 2" utilizzato come riferimento per l'attuale perimetrazione PAI.

Sempre nella suddetta relazione si riportano i valori di portata al colmo di piena del fiume Bradano alla foce stabilendo che:

«Le stime presentate consentono di valutare l'abbattimento di portata legato alla presenza dell'invaso di San Giuliano come differenza tra il valore stimato alla foce mediante distribuzione di probabilità e il valore di riduzione stimato mediante le analisi idrauliche effettuate con idrogramma di piena propagato in alveo in assenza della diga e con la presenza della stessa. Le stime portano a valori di portata al colmo di piena che dipendono dal volume lasciato per la laminazione.»

Nella tabella seguente è mostrato il confronto tra le portate al colmo di piena utilizzati nello studio "AdB Basilicata 2" e in quelli denominati "AdB Basilicata 1" e "Commissario 1". Le prime, calcolate mediante il metodo VAPI Basilicata, sono state utilizzate come riferimento per la attuale perimetrazione PAI dell'abitato di Marina di Ginosa, mentre le seconde sono state utilizzate per la progettazione degli interventi di ripristino dell'officiosità idraulica del fiume Bradano oltreché come riferimento per le analisi attuali.

Confronto tra le portate del bacino del fiume Bradano				
Studio	Metodo	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
"AdB Basilicata 2"	VAPI Basilicata	2'729.66	4'559.59	5'443.42
"AdB Basilicata 1" e "Commissario 1"	VAPI Basilicata + laminazione	2'111.64	3'464.69	4'127.53
Variazione percentuale		-22.6%	-24.0%	-24.2%

Tabella 11

Per la definizione della forma sono stati utilizzati, in linea con quanto effettuato dall'AdB Basilicata, degli idrogrammi di piena con la medesima forma da questa impiegati per la attuale definizione delle perimetrazioni, ma con portate al colmo ridotte come indicato nella tabella precedente pur mantenendo i medesimi volumi sottesi dagli idrogrammi dello studio "AdB Basilicata 2". Tali volumi sono pari a circa:

- 44 milioni di m³ per l'evento con un tempo di ritorno di 30 anni;
- 73 milioni di m³ per l'evento con un tempo di ritorno di 200 anni;
- 87 milioni di m³ per l'evento con un tempo di ritorno di 500 anni.

Nella figura seguente sono visualizzati gli andamenti degli idrogrammi suddetti.

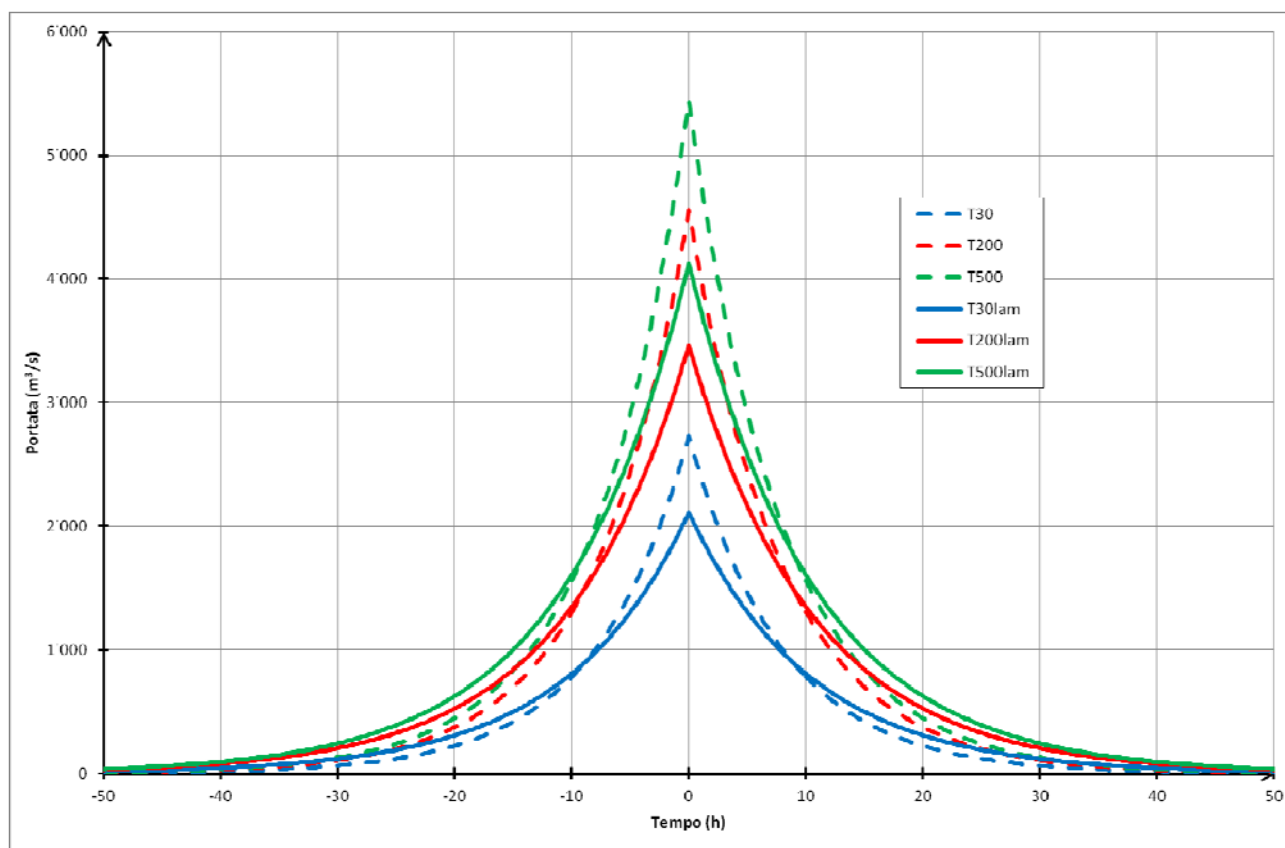


Figura 6: Confronto tra gli idrogrammi di piena del bacino del fiume Bradano



3 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono state analizzate le condizioni di deflusso degli eventi di piena con i tempi di ritorno di riferimento, pari a 30, 200 e 500 anni che corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree ad “alta” (AP), “media” (MP) e “bassa” (BP) pericolosità idraulica del PAI Puglia, per l’area di interesse citata in precedenza, vale a dire l’abitato di Marina di Ginosa. Per ragioni computazionali, tale area è stata confinata considerando i seguenti limiti:

- ad sud-ovest dal displuvio della ex SS 175;
- a sud-est dal mare;
- a nord-est dal displuvio situato all’interno della Pineta Regina lungo il quale corre anche la linea di confine tra i territori comunali di Ginosa e Castellaneta;
- a nord dal rilevato stradale della SS 106;
- a nord-ovest dai rilievi a quota superiore a 20 mslm che delimitano le aree solcate dalle incisioni del fiume Bradano e del torrente Galaso.

Tenendo conto dell’influenza delle condizioni al contorno sui risultati idrodinamici, pertanto, l’area di validità della presente analisi idraulica è stata delimitata (cfr. la Figura 1) in base ai seguenti elementi:

- ad sud-ovest dall’attuale rilevato arginale in riva destra idraulica del fiume Bradano;
- a sud-est dalla linea di riva;
- a nord-est dal displuvio situato all’interno della Pineta Regina lungo il quale corre anche la linea di confine tra i territori comunali di Ginosa e Castellaneta;
- a nord e nord-ovest dal rilevato stradale della SS 106.

Vista la particolare configurazione del dominio di calcolo, caratterizzato dalla presenza di numerosi canali di bonifica con definite capacità di trasporto e da aree golenali fortemente urbanizzate, si è ritenuto necessario incrementare il livello di approfondimento presente all’interno degli studi “AdB Basilicata 2” e “AdB Puglia 1” mediante l’utilizzo di una modellistica integrata mono e bidimensionale grazie al modello idrodinamico MIKE FLOOD del DHI (la cui descrizione è riportata nell’allegato A).

A tal proposito, infatti, appare opportuno evidenziare come negli studi suddetti non sia stata debitamente considerata la presenza dei canali di bonifica. E’ certamente vero che i canali sono stati dimensionati per eventi con tempi di ritorno nettamente inferiori a quelli considerati nella presente analisi, tuttavia costituiscono una via preferenziale per il deflusso delle acque e, di conseguenza, la loro presenza all’interno del modello idrodinamico si ritiene fondamentale per stabilire con **maggiore aderenza alla realtà le dinamiche di deflusso dei volumi di piena e, quindi, l’estensione delle aree allagabili**.

Negli studi suddetti si è tenuto conto della loro presenza solo grazie al modello digitale del terreno (DTM) che risulta essere caratterizzato, a volte, da avvallamenti in corrispondenza dei canali. La larghezza dei canali, tuttavia, ha una dimensione paragonabile a quella delle stesse celle del DTM facendo in modo che la loro definizione all’interno del modello idrodinamico non sia completa, soprattutto in termini di quota di fondo che, pertanto, non rispecchia la effettiva geometria dei luoghi.



Sezioni di stato attuale						
Corso d' acqua	Progr. (m)	Bacino idrografico	Ordine	Fondo (mslm)	Sponde (mslm)	Pendenza (m/m)
Torrente Galaso	-4063	Torrente Galaso monte 1	1	3.0630	6.5630	0.0010
Torrente Galaso	-2723	Torrente Galaso monte 2	2	1.7230	5.2230	0.0010
Torrente Galaso	-2721	Torrente Galaso monte 2	2	1.7210	7.1210	0.0010
Torrente Galaso	-2158	Torrente Galaso monte 2	2	1.1580	6.5580	0.0010
Torrente Galaso	-2156	Torrente Galaso monte 2	2	1.1560	5.6560	0.0010
Torrente Galaso	0	Torrente Galaso valle	6	-1.0000	3.5000	0.0010
Collettore della Marinella	-2833	Collettore della Marinella monte 1	1	2.6130	4.4130	0.0010
Collettore della Marinella	-2312	Collettore della Marinella monte 1	1	2.0920	3.8920	0.0010
Collettore della Marinella	-2310	Collettore della Marinella monte 2	2	2.0900	4.3400	0.0010
Collettore della Marinella	-1226	Collettore della Marinella monte 3	3	1.0060	3.2560	0.0010
Collettore della Marinella	-1224	Collettore della Marinella monte 3	3	1.0040	5.2540	0.0010
Collettore della Marinella	-643	Collettore della Marinella monte 3	3	0.4230	4.6730	0.0010
Collettore della Marinella	-641	Collettore della Marinella monte 3	3	0.4210	4.4210	0.0010
Collettore della Marinella	0	Collettore della Marinella valle	4	-0.2200	3.7800	0.0010
Primo colatore della Marinella	-2188	Primo colatore della Marinella	1	4.2790	5.2790	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1801	Primo colatore della Marinella	1	3.8920	4.8920	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1799	Primo colatore della Marinella	1	3.8900	4.8900	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1786	Primo colatore della Marinella	1	3.8770	4.8770	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1784	Primo colatore della Marinella	1	3.8750	5.6750	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1248	Primo colatore della Marinella	1	3.3390	5.1390	0.0010
Primo colatore della Marinella	-1246	Primo colatore della Marinella	1	3.3370	5.1370	0.0010
Primo colatore della Marinella	0	Primo colatore della Marinella	1	2.0910	3.8910	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-2889	Secondo colatore della Marinella	1	3.9490	5.7490	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-2845	Secondo colatore della Marinella	1	3.9050	5.7050	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-2843	Secondo colatore della Marinella	1	3.9030	5.6030	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1823	Secondo colatore della Marinella	1	2.8830	4.5830	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1821	Secondo colatore della Marinella	1	2.8810	5.1810	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1656	Secondo colatore della Marinella	1	2.7160	5.0160	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1654	Secondo colatore della Marinella	1	2.7140	5.2140	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1624	Secondo colatore della Marinella	1	2.6840	5.1840	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1622	Secondo colatore della Marinella	1	2.6820	4.9820	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1571	Secondo colatore della Marinella	1	2.6310	4.9310	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1569	Secondo colatore della Marinella	1	2.6290	5.1290	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1555	Secondo colatore della Marinella	1	2.6150	5.1150	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1553	Secondo colatore della Marinella	1	2.6130	4.3130	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1057	Secondo colatore della Marinella	1	2.1170	3.8170	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1055	Secondo colatore della Marinella	1	2.1150	4.6150	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1031	Secondo colatore della Marinella	1	2.0910	4.5910	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-1029	Secondo colatore della Marinella	1	2.0890	4.3890	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-610	Secondo colatore della Marinella	1	1.6700	3.9700	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-608	Secondo colatore della Marinella	1	1.6680	4.0880	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-589	Secondo colatore della Marinella	1	1.6490	4.0690	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-587	Secondo colatore della Marinella	1	1.6470	3.9470	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-344	Secondo colatore della Marinella	1	1.4040	3.7040	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-342	Secondo colatore della Marinella	1	1.4020	3.9020	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-330	Secondo colatore della Marinella	1	1.3900	3.8900	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-328	Secondo colatore della Marinella	1	1.3880	3.6880	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-81	Secondo colatore della Marinella	1	1.1410	3.4410	0.0010
Secondo colatore della Marinella	-79	Secondo colatore della Marinella	1	1.1390	3.6390	0.0010
Secondo colatore della Marinella	0	Secondo colatore della Marinella	1	1.0600	3.5600	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-3240	Terzo colatore della Marinella	1	3.3800	4.6300	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-3019	Terzo colatore della Marinella	1	3.1590	4.4090	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-3017	Terzo colatore della Marinella	1	3.1570	4.4570	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-1763	Terzo colatore della Marinella	1	1.9030	3.2030	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-1761	Terzo colatore della Marinella	1	1.9010	3.8010	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-828	Terzo colatore della Marinella	1	0.9680	2.8680	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-826	Terzo colatore della Marinella	1	0.9660	3.6660	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-489	Terzo colatore della Marinella	1	0.6290	3.3290	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-487	Terzo colatore della Marinella	1	0.6270	3.3270	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-117	Terzo colatore della Marinella	1	0.2570	2.9570	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-115	Terzo colatore della Marinella	1	0.2550	6.2550	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-87	Terzo colatore della Marinella	1	0.2270	6.2270	0.0010
Terzo colatore della Marinella	-85	Terzo colatore della Marinella	1	0.2250	3.2250	0.0010
Terzo colatore della Marinella	0	Terzo colatore della Marinella	1	0.1400	3.1400	0.0010



Sezioni di stato attuale						
Corso d'acqua	Progr. (m)	Bacino idrografico	Ordine	Fondo (mslm)	Sponde (mslm)	Pendenza (m/m)
Canale Salinella	-1851	Canale Salinella	4	1.3010	2.8010	0.0010
Canale Salinella	0	Canale Salinella	4	-0.5500	0.9500	0.0010
Collettore Lago D' Anice	-6200	Collettore Lago D' Anice	1	5.1500	8.7500	0.0005
Collettore Lago D' Anice	-2500	Collettore Lago D' Anice	1	3.3000	6.9000	0.0005
Collettore Lago D' Anice	-2498	Collettore Lago D' Anice	1	3.2990	9.9990	0.0005
Collettore Lago D' Anice	-2037	Collettore Lago D' Anice	1	3.0685	9.7685	0.0005
Collettore Lago D' Anice	-2035	Collettore Lago D' Anice	1	3.0675	7.4675	0.0005
Collettore Lago D' Anice	0	Collettore Lago D' Anice	1	2.0500	6.4500	0.0005
Collettore Est	-4480	Collettore Est monte	1	3.2200	4.9200	0.0005
Collettore Est	-2871	Collettore Est monte	1	2.4155	4.1155	0.0005
Collettore Est	-2869	Collettore Est monte	1	2.4145	4.2345	0.0005
Collettore Est	-2252	Collettore Est monte	1	2.1060	3.9260	0.0005
Collettore Est	-2250	Collettore Est monte	1	2.1050	4.2050	0.0005
Collettore Est	0	Collettore Est valle	2	0.9800	3.0800	0.0005
Collettore Nord	-2145	Collettore Nord monte	3	0.9325	3.3325	0.0005
Collettore Nord	-1425	Collettore Nord monte	3	0.5725	2.9725	0.0005
Collettore Nord	-1423	Collettore Nord monte	3	0.5715	3.4915	0.0005
Collettore Nord	-241	Collettore Nord valle	4	-0.0195	2.9005	0.0005
Collettore Nord	-239	Collettore Nord valle	4	-0.0205	1.9795	0.0005
Collettore Nord	-219	Collettore Nord valle	4	-0.0305	1.9695	0.0005
Collettore Nord	-217	Collettore Nord valle	4	-0.0315	2.4685	0.0005
Collettore Nord	0	Collettore Nord valle	4	-0.1400	2.3600	0.0005
Primo colatore Nord	-998	Primo colatore Nord	1	1.5630	4.5630	0.0010
Primo colatore Nord	0	Primo colatore Nord	1	0.5650	3.5650	0.0010
Primo colatore Tufarelle	-1616	Primo colatore Tufarelle	1	2.5485	3.5485	0.0010
Primo colatore Tufarelle	-1597	Primo colatore Tufarelle	1	2.5295	3.5295	0.0010
Primo colatore Tufarelle	-1595	Primo colatore Tufarelle	1	2.5275	4.3275	0.0010
Primo colatore Tufarelle	-762	Primo colatore Tufarelle	1	1.6945	3.4945	0.0010
Primo colatore Tufarelle	-760	Primo colatore Tufarelle	1	1.6925	4.8925	0.0010
Primo colatore Tufarelle	0	Primo colatore Tufarelle	1	0.9325	4.1325	0.0010
Secondo colatore Tufarelle	-1229	Secondo colatore Tufarelle	1	3.1615	4.3615	0.0010
Secondo colatore Tufarelle	-1224	Secondo colatore Tufarelle	1	3.1565	4.3565	0.0010
Secondo colatore Tufarelle	-1222	Secondo colatore Tufarelle	1	3.1545	4.1545	0.0010
Secondo colatore Tufarelle	0	Secondo colatore Tufarelle	1	1.9325	2.9325	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	-1545	Collettore Tufarelle Nord monte	1	2.4775	4.4775	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	-1063	Collettore Tufarelle Nord monte	1	1.9955	3.9955	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	-1061	Collettore Tufarelle Nord monte	1	1.9935	4.4935	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	-9	Collettore Tufarelle Nord valle	2	0.9415	3.4415	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	-7	Collettore Tufarelle Nord valle	2	0.9395	3.3395	0.0010
Collettore Tufarelle Nord	0	Collettore Tufarelle Nord valle	2	0.9325	3.3325	0.0010
Collettore Tufarelle Sud	-1100	Collettore Tufarelle Sud	1	2.2750	5.0750	0.0010
Collettore Tufarelle Sud	0	Collettore Tufarelle Sud	1	1.1750	3.9750	0.0010

Tabella 12: Sezioni dell'idrografia locale

Allo stesso modo non risulta che gli studi suddetti, utilizzati come riferimento per la attuale perimetrazione PAI, abbiano tenuto conto della presenza degli edifici esistenti all'interno dell'abitato. La maglia squadrata dell'edificato, infatti, è in grado di modificare le vie preferenziali di deflusso delle acque e, di conseguenza, anche in questo caso la presenza degli edifici e delle strade all'interno del modello idrodinamico si ritiene fondamentale per stabilire con **maggior aderenza alla realtà le dinamiche di deflusso dei volumi di piena e, quindi, l'estensione delle aree allagabili**.



Sezioni di stato attuale - Fiume Bradano						
Sezione	Etichetta	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Larghezza (m)	Pendenza (m/m)
BRS 0301	301	0.00	1'464.00	65.20	566.94	0.0035
BRS 0302	302	1'464.00	1'598.00	60.05	401.37	0.0019
BRS 0303	303	3'062.00	1'573.00	57.00	356.06	0.0015
BRS 0304	304	4'635.00	295.00	54.70	855.19	-0.0002
BRS 0305	305	4'930.00	619.00	54.75	1'123.22	0.0019
BRS 0306	306	5'549.00	668.00	53.58	1'413.63	0.0030
BRS 0307	307	6'217.00	511.00	51.60	1'552.94	-0.0003
BRS 0308	308	6'728.00	317.00	51.73	1'269.50	0.0048
BRS 0309	309	7'045.00	424.00	50.20	1'516.65	0.0043
BRS 0310	310	7'469.00	380.00	48.39	969.06	-0.0004
BRS 0311	311	7'849.00	705.00	48.55	462.28	-0.0010
BRS 0312	312	8'554.00	786.00	49.26	1'066.69	0.0037
BRS 0313	313	9'340.00	844.00	46.33	683.84	0.0020
BRS 0314	314	10'184.00	617.00	44.65	539.62	0.0035
BRS 0315	315	10'801.00	1'492.00	42.49	2'314.75	-0.0009
BRS 0317	317	12'293.00	2'320.00	43.77	1'586.35	0.0017
BRS 0318	318	14'613.00	416.00	39.79	1'512.63	0.0044
BRS 0320	320	15'029.00	477.00	37.96	1'341.69	-0.0011
BRS 0322	322	15'506.00	1'009.00	38.50	1'816.66	-0.0004
BRS 0323	323	16'515.00	261.00	38.95	1'714.16	0.0106
BRS 0324	324	16'776.00	399.00	36.18	1'719.48	-0.0018
BRS 0325	325	17'175.00	414.00	36.90	1'661.20	-0.0008
BRS 0327	327	17'589.00	590.00	37.22	1'791.17	0.0044
BRS 0329	329	18'179.00	346.00	34.62	1'695.85	0.0002
BRS 0330	330	18'525.00	902.00	34.55	1'849.06	0.0003
BRS 0331	331	19'427.00	548.00	34.30	1'976.75	0.0038
BRS 0332	332	19'975.00	1'227.00	32.20	2'034.52	0.0008
BRS 0333	333	21'202.00	798.00	31.19	1'482.01	0.0019
BRS 0334	334	22'000.00	637.00	29.64	1'557.92	0.0002
BRS 0335	335	22'637.00	350.00	29.51	1'525.62	0.0020
BRS 0336	336	22'987.00	1'302.00	28.81	1'575.16	0.0008
BRS 0337	337	24'289.00	224.00	27.80	1'487.97	0.0029
BRS 0338	338	24'513.00	395.00	27.15	1'516.52	0.0016
BRS 0339	339	24'908.00	848.00	26.50	1'158.73	0.0004
BRS 0340	340	25'756.00	380.00	26.20	1'008.63	0.0005
BRS 0344	344	26'136.00	766.00	26.00	1'695.44	0.0005
BRS 0346	346	26'902.00	610.00	25.60	1'391.79	0.0007
BRS 0347	347	27'512.00	693.00	25.20	1'504.14	0.0020
BRS 0348	348	28'205.00	1'345.00	23.81	843.77	0.0004
BRS 0350	350	29'550.00	582.00	23.32	1'601.77	0.0014
BRS 0351	351	30'132.00	766.00	22.51	1'439.50	0.0020
BRS 0352	352	30'898.00	1'451.00	21.00	1'934.98	0.0009
BRS 0353	353	32'349.00	368.00	19.67	1'907.09	-0.0016
BRS 0354	354	32'717.00	744.00	20.27	1'832.10	0.0018
BRS 0355	355	33'461.00	465.00	18.95	1'549.71	0.0008
BRS 0356	356	33'926.00	590.00	18.60	2'351.73	0.0006
BRS 0357	357	34'516.00	1'339.00	18.26	1'508.94	0.0018
BRS 0365	365	35'855.00	1'707.00	15.87	1'954.00	0.0020
BRS 0371	371	37'562.00	716.00	12.40	2'142.44	0.0008
BRS 0371A	371A	38'278.00	82.00	11.84	2'806.91	0.0041
BRS 0373	373	38'360.00	991.00	11.50	2'914.65	0.0035
BRS 0375	375	39'351.00	1'502.00	8.00	2'714.11	0.0004
BRS 0376	376	40'853.00	280.00	7.40	2'670.82	0.0014
BRS 0377	377	41'133.00	771.00	7.00	2'874.71	0.0005
BRS 0378	378	41'904.00	1'302.00	6.60	2'066.52	0.0003
BRS 0379	379	43'206.00	476.00	6.22	2'252.68	0.0026
BRS 0380	380	43'682.00	1'274.00	4.99	2'439.80	0.0001
BRS 0381	381	44'956.00	353.00	4.88	712.00	0.0017
BRS 0382	382	45'309.00	1'107.00	4.28	1'042.00	0.0008
BRS 0383	383	46'416.00	1'000.00	3.40	1'542.17	0.0006
BRS 0385	385	47'416.00	29.00	2.77	137.53	0.0059
BRS 0386	386	47'445.00	498.00	2.60	133.73	0.0010
BRS 0388	388	47'943.00	566.00	2.10	271.09	0.0010
BRS 0389	389	48'509.00	668.00	1.55	781.89	0.0016
BRS 0390	390	49'177.00	2'247.00	0.50	805.15	0.0009
BRS 0393	393	51'424.00	1'116.00	-1.50	1'246.43	0.0001
BRS 0393A	393A	52'540.00	84.00	-1.65	237.20	0.0006
BRS 0395	395	52'624.00	824.00	-1.70	150.07	0.0002
BRS 0397	397	53'448.00	725.00	-1.85	252.79	0.0002
Foce	Foce	54'173.00		-2.00	700.00	0.0012

Tabella 13: Sezioni del fiume Bradano



3.1 Impostazione del modello di calcolo 1D-2D

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua e delle aree golenali;
- condizioni al contorno;
- condizioni iniziali;
- coefficienti di scabrezza.

3.1.1 Geometria dei corsi d'acqua e delle aree golenali

La geometria dei corsi d'acqua dell'idrografia è stata determinata mediante un rilievo topografico, mentre le sezioni del fiume Bradano sono state fornite dall'AdB Basilicata. Nella Tabella 12, in particolare, sono elencate tutte le sezioni di calcolo dell'idrografia locale utilizzate con l'indicazione della distanza progressiva, del bacino corrispondente, dell'ordine gerarchico, delle quote di fondo e delle sponde e della pendenza. Nella tabella precedente sono elencate le sezioni di calcolo del tratto di fiume Bradano compreso tra la diga di San Giuliano e la foce.

Nella precedente Figura 1 è mostrata la planimetria dell'area con l'indicazione dei rami dell'intera rete scolante, mentre nella figura seguente sono mostrati i rami suddetti con le sezioni trasversali considerate nella presente analisi e con il limite dell'area di validità dell'analisi idraulica.

Per ragioni computazionali, il tratto di fiume Bradano oggetto della presente analisi è compreso tra la sezione 378 (situata circa 6 km a monte dell'attraversamento della SS 106) e la foce. Il tratto a monte di tale sezione, infatti, è caratterizzato da un alveo prevalentemente inciso, da un moto sostanzialmente monodimensionale e dall'assenza di esondazioni anche in caso di evento cinquecentennale.

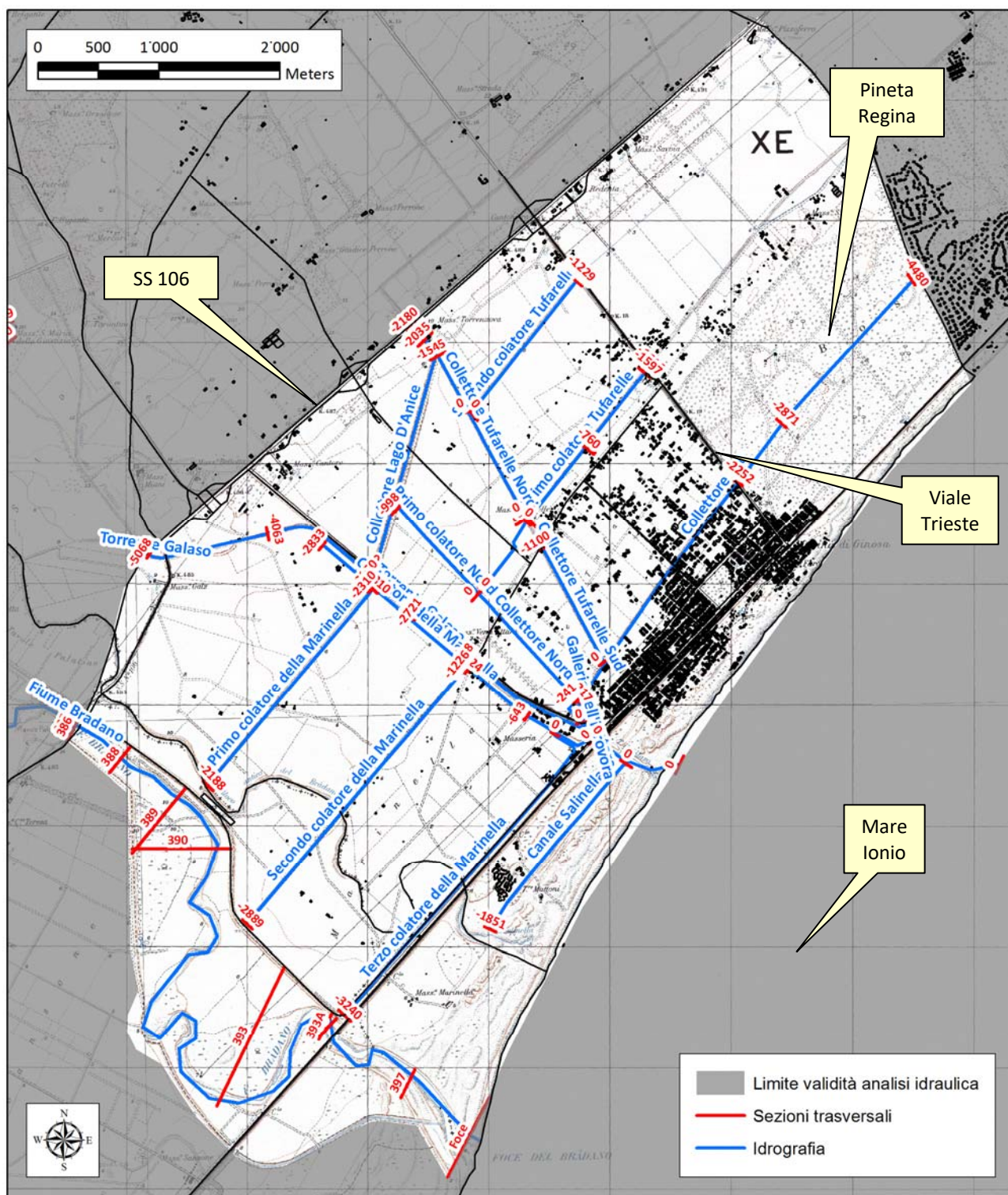


Figura 7: Planimetria con l'indicazione dei rami del reticolo idrografico e delle sezioni trasversali di calcolo

La geometria delle aree golenali, invece, è stata determinata mediante l'utilizzo del modello digitale del terreno (DTM) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ricavato dal rilievo lidar con dimensioni di cella di 1x1 m. Nelle parti non coperte dal rilievo lidar è stato utilizzato il DTM della Regione Puglia con dimensioni di cella di 8x8 m.



Per tenere conto della presenza dei numerosi edifici esistenti, inoltre, sono state aumentate le quote delle celle ricadenti all'interno dei contorni degli edifici ottenendo il modello digitale delle elevazioni (DEM). Tali contorni sono stati determinati grazie alla Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Puglia. Nella figura seguente è mostrato il DEM utilizzato per la definizione della geometria delle aree golenali.

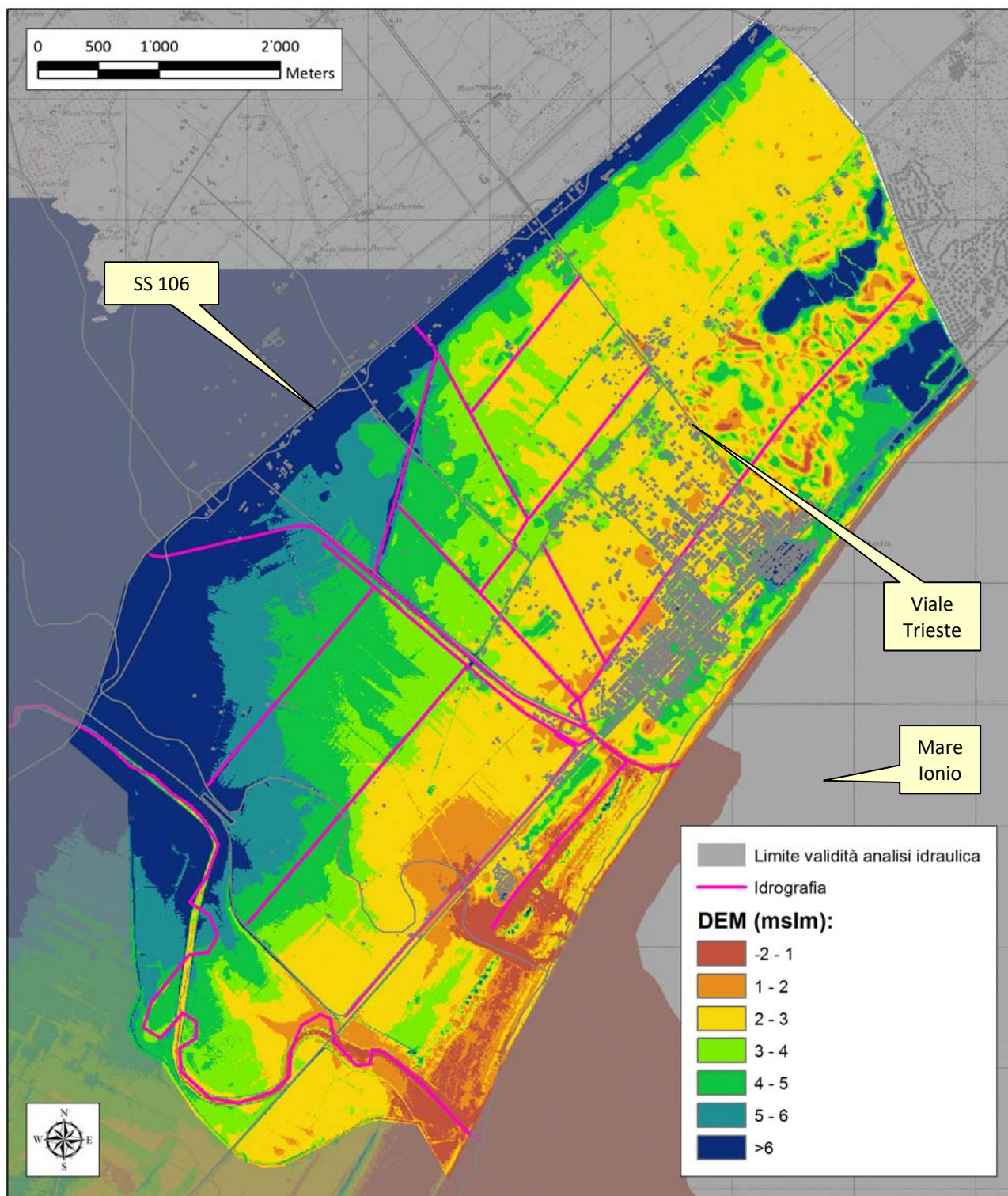


Figura 8: Planimetria con il DEM e la delimitazione del dominio di calcolo



3.1.2 Condizioni al contorno

Nel caso di modelli integrati 1D e 2D è solitamente consigliabile affidare al modello 1D la definizione delle vie di deflusso prevalentemente monodimensionali lasciando al modello 2D le altre. Nel presente caso, pertanto, si è stabilito di affidare al modello 2D la definizione del deflusso del fiume Bradano e al modello 1D la rete idrografica locale (torrente Galaso incluso). Per tali ragioni, come **condizioni al contorno all'interno del modello 1D**, sono stati inseriti:

- idrogrammi di piena nelle sezioni di monte dei canali dell'idrografia locale in linea con la precedente analisi idrologica;
- livello di pelo libero fisso e pari a 0.50 mslm nella sezione di foce del torrente Galaso che costituisce il recapito finale di tutta l'idrografia locale.

Come **condizioni al contorno all'interno del modello 2D** sono stati inseriti:

- idrogrammi di piena nel contorno di monte del fiume Bradano in linea con la precedente analisi idrologica¹;
- livello di pelo libero fisso minimo pari a 0.50 mslm in tutto il dominio di calcolo (inclusa la foce del fiume Bradano).

Il valore del livello di pelo libero minimo, in particolare, risulta in linea con quanto ipotizzato negli studio "AdB Basilicata 2" e "AdB Puglia 1" e tiene conto, per ragioni cautelative, della possibile contemporaneità degli effetti di una mareggiata e di un'alta marea.

Viste le finalità della presente analisi, non è ovviamente possibile considerare il deflusso in moto permanente, ma è stato necessario valutare l'avanzamento delle varie onde di piena considerando il deflusso in moto vario. Per tali ragioni, pertanto, gli idrogrammi di piena dei vari canali in esame sono stati considerati con una forma triangolare e sono stati ricostruiti a partire dalle portate al colmo di piena mostrate nella precedente analisi idrologica. Come descritto in precedenza, inoltre, gli idrogrammi di piena del fiume Bradano sono stati ricostruiti con la medesima forma e con i medesimi volumi sottesi dello studio "AdB Basilicata 2", ma con le portate al colmo stabilite nello studio "AdB Basilicata 1".

3.1.3 Condizioni iniziali

Per ragioni cautelative, è stato considerato, come condizione iniziale su tutto il dominio di calcolo del modello 2D e in tutte le sezioni del modello 1D, un livello di pelo libero fisso minimo pari a 0.50 mslm in linea con le condizioni al contorno.

Al fine di ottimizzare i tempi computazionali è stata inoltre effettuata una prima simulazione preparatoria 1D sul fiume Bradano nel tratto compreso tra la diga di San Giuliano e la foce. Tale simulazione ha dimostrato che:

- 1) la **capacità di trasporto minima del fiume Bradano è di circa 700 m³/s** in corrispondenza della sezione 395, situata all'altezza dell'attraversamento ferroviario della linea TA-RC;

¹ Visto che, come anticipato in precedenza, il tratto di fiume Bradano oggetto delle presente analisi è compreso solo tra la sezione 378 e la foce, è stata effettuata una simulazione preparatoria 1D nel tratto compreso tra la diga di San Giuliano e la foce e, da questa, sono stati estratti gli idrogrammi di piena per i tre tempi di ritorno di riferimento in corrispondenza della sezione 378, vale a dire per la sezione di monte del tratto in esame.



- 2) la seconda sezione ad andare in crisi è la 383, situata circa 1 km a monte dell'attraversamento stradale della SS 106, con una portata di circa 1'500 m³/s.

Ad essa è seguita una seconda simulazione preparatoria 2D sul dominio di calcolo che ha considerato la assenza di eventi di piena all'interno dell'idrografia locale ed un evento di piena nel fiume Bradano con una portata crescente da zero fino a 1'500 m³/s. Tale simulazione, della durata di circa 2 giorni, è stata utilizzata per estrapolare le condizioni di deflusso (tradotte in termini di tirante idrico e vettore velocità) a 2 giorni dall'inizio dell'evento di piena nel fiume Bradano al fine del loro utilizzo nelle simulazioni successive.

Gli eventi di piena all'interno dell'idrografia locale sono stati introdotti nelle simulazioni successive in modo da poter verificare le modalità di deflusso di tali eventi in contemporanea con la parte più significativa degli eventi nel fiume Bradano che, a causa della rilevante differenza di durata, sono state in questo modo anticipate per far coincidere tutti i colmi di piena al fine di ottenere condizioni più cautelative.

Nella figura seguente è mostrata una planimetria con l'indicazione dei tiranti idrici determinati alla fine della simulazione preparatoria suddetta ed utilizzata come mappa delle condizioni iniziali delle simulazioni successive.

3.1.1 Coefficienti di scabrezza

In linea con le scelte effettuate all'interno degli studi "Ginosa 1" e "Ginosa 2", come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 50 m^{1/3}/s (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a 0.020 s/m^{1/3}) per le parti di canali rivestite in calcestruzzo, mentre ed uno pari a 35 m^{1/3}/s (corrispondente a 0.029 s/m^{1/3}) per le parti non rivestite.

Per le aree golenali, invece, è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 30 m^{1/3}/s (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a 0.033 s/m^{1/3}). Tale coefficiente è certamente superiore rispetto a quello da utilizzarsi in caso di una corrispondente analisi idraulica monodimensionale perché, in quest'ultimo caso, deve tenere conto anche delle perdite di carico causate dalla presenza di macroscabrezze e da eventuali cambi di direzione (cfr. Ven Te Chow, "Open-Channel Hydraulics", 1959). Nel caso di analisi bidimensionale, invece, tali fenomeni sono valutati direttamente dal codice di calcolo e, quindi, tale coefficiente deve necessariamente avere un valore superiore.

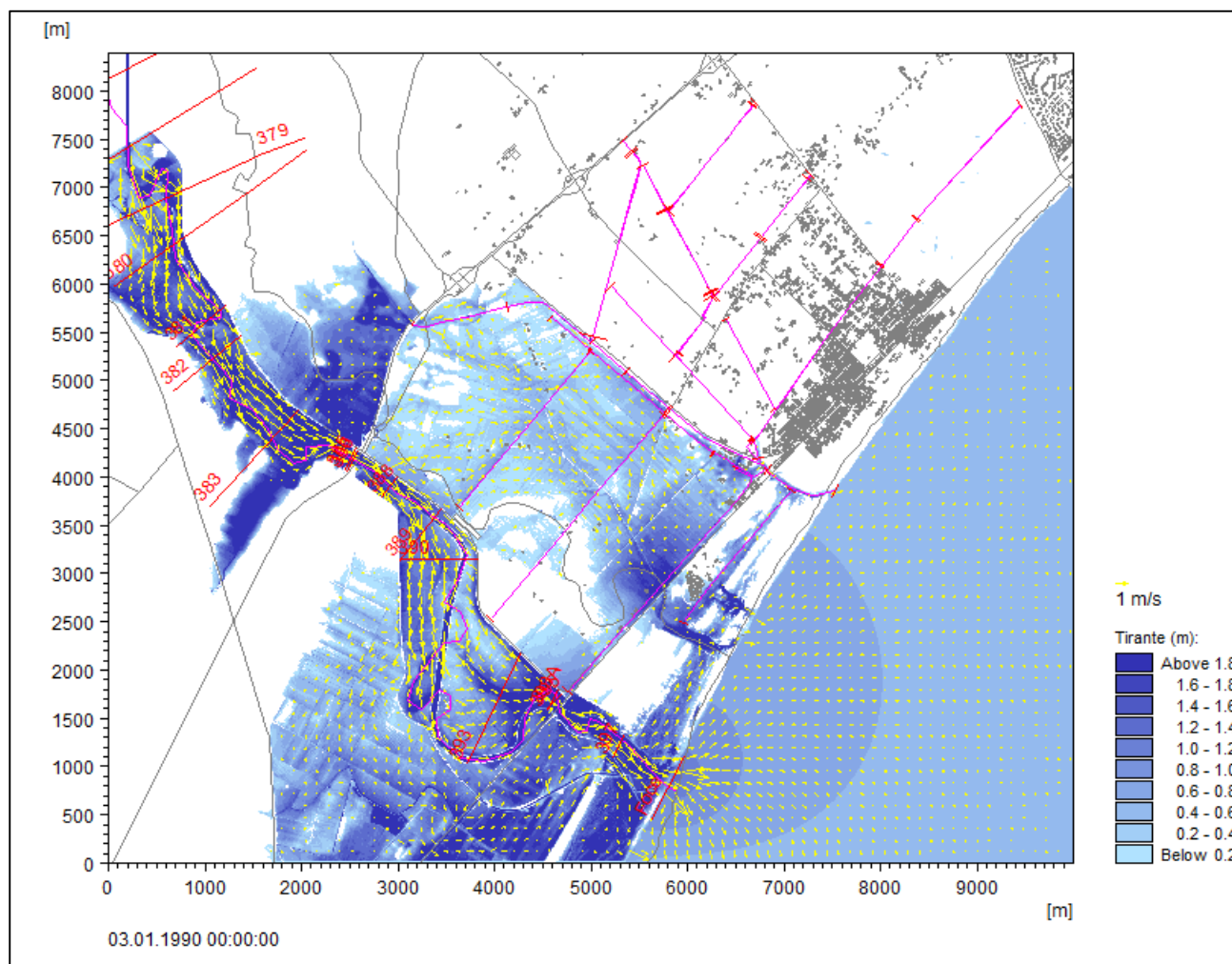


Figura 9: Planimetria delle condizioni di deflusso nell'istante di inizio della simulazione (in magenta è indicata l'idrografia, in rosso le sezioni, in giallo i vettori velocità)

3.2 Risultati della configurazione di stato attuale

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo integrato mono e bidimensionale MIKE FLOOD del DHI. Tali simulazioni sono state effettuate in regime di moto vario.

Viste le finalità della presente analisi, nell'elaborato C1?? sono stati indicati i risultati in termini di inviluppo dei valori massimi registrati nel corso delle tre simulazioni idrodinamiche effettuate. Solo per l'evento cinquecentennale, tuttavia, sono mostrate le fasi evolutive della piena nel presente paragrafo. Nell'elaborato C2??, infine, sono mostrate le perimetrazioni delle aree ad "alta", "media" e "bassa" pericolosità idraulica proposte nel presente studio in conseguenza di tali risultati.

A tal proposito, è bene sottolineare come l'indicazione di allagamento di una superficie non rappresenti di per sé un fattore di pericolosità, in quanto i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 10 cm potrebbe sembrare meno rischioso di uno con tiranti di 2 m, anche se si dovessero verificare con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il

primo dovesse possedere una elevata velocità di scorrimento e il secondo fosse quasi statico, potrebbe risultare più pericoloso il tirante inferiore.

Anche se l'Autorità di Bacino della Puglia non fornisce indicazioni a riguardo, è possibile riferirsi ad approcci adottati da altre Autorità che suggeriscono più oggettive modalità di perimetrazione delle aree di allagamento che tengono conto dei tiranti e delle velocità valutate nei diversi punti del bacino inondato. Sia l'Autorità di Bacino del Tevere che quella dell'Adige, ad esempio, hanno proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.

Nel presente studio si è preferito assumere, come limiti di rappresentazione della pericolosità e, quindi, della vulnerabilità idraulica, i seguenti valori cautelativi:

- tirante idrico $> 0,20$ m;
- velocità $> 0,51$ m/s;

che risultano, comunque, essere più cautelativi dei limiti proposti dalla letteratura tecnica e dalle Autorità di Bacino sopra indicate.

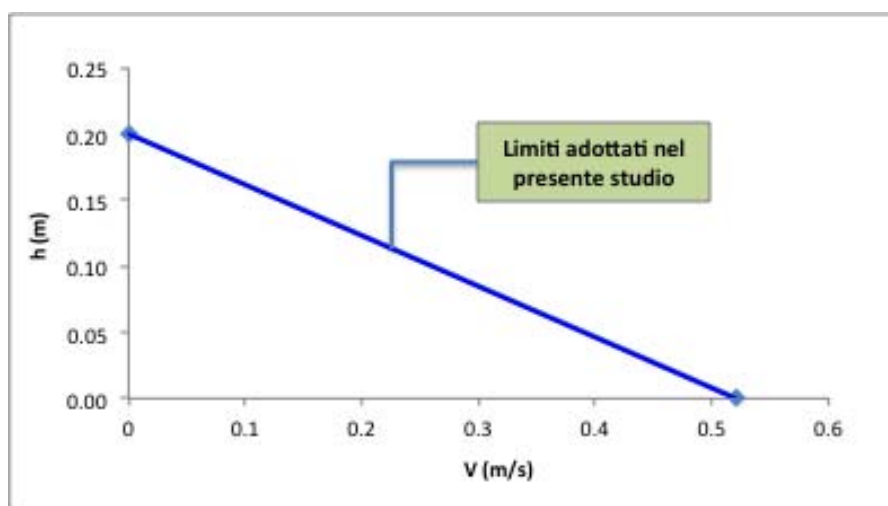


Figura 10: Filtro adottato nel presente studio

3.2.1 Analisi delle dinamiche di allagamento

Nelle tabelle seguenti sono mostrati i risultati del modello monodimensionale in termini di livello di pelo libero (indicato con "h") e tirante idrico (indicato con "y") rispetto alla quota di fondo di ogni sezione. Come anticipato in precedenza, tali risultati sono relativi solamente all'idrografia locale perché il fiume Bradano è stato considerato unicamente nel modello 2D.



Sezioni di stato attuale - Idrografia locale										
Corso d'acqua	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Sponde (mslm)	Pendenza (m/m)	h30 (mslm)	h200 (mslm)	h500 (mslm)	y30 (mslm)	y200 (mslm)	y500 (mslm)
Torrente Galaso	-4063	3.06	6.56	0.0010	4.89	5.25	5.41	1.82	2.19	2.34
Torrente Galaso	-2723	1.72	5.22	0.0010	4.81	5.17	5.33	3.08	3.45	3.60
Torrente Galaso	-2721	1.72	7.12	0.0010	4.78	5.14	5.30	3.06	3.42	3.58
Torrente Galaso	-2158	1.16	6.56	0.0010	4.75	5.11	5.27	3.59	3.96	4.11
Torrente Galaso	-2156	1.16	5.66	0.0010	4.72	5.09	5.24	3.57	3.93	4.09
Torrente Galaso	0	-1.00	3.50	0.0010	4.50	4.87	5.03	5.50	5.87	6.03
Collettore della Marinella	-2833	2.61	4.41	0.0010	4.46	4.84	5.00	1.85	2.22	2.38
Collettore della Marinella	-2312	2.09	3.89	0.0010	4.43	4.80	4.96	2.33	2.71	2.87
Collettore della Marinella	-2310	2.09	4.34	0.0010	4.30	4.69	4.86	2.21	2.60	2.77
Collettore della Marinella	-1226	1.01	3.26	0.0010	4.16	4.56	4.74	3.15	3.56	3.73
Collettore della Marinella	-1224	1.00	5.25	0.0010	4.10	4.51	4.69	3.09	3.51	3.69
Collettore della Marinella	-643	0.42	4.67	0.0010	4.03	4.47	4.65	3.61	4.04	4.22
Collettore della Marinella	-641	0.42	4.42	0.0010	3.96	4.41	4.60	3.54	3.99	4.18
Collettore della Marinella	0	-0.22	3.78	0.0010	3.84	4.33	4.53	4.06	4.55	4.75
Primo colatore della Marinella	-2188	4.28	5.28	0.0010	3.87	4.35	4.55	-0.41	0.07	0.27
Primo colatore della Marinella	-1801	3.89	4.89	0.0010	3.89	4.37	4.57	0.00	0.47	0.67
Primo colatore della Marinella	-1799	3.89	4.89	0.0010	3.87	4.35	4.55	-0.02	0.46	0.66
Primo colatore della Marinella	-1786	3.88	4.88	0.0010	3.85	4.34	4.54	-0.03	0.46	0.66
Primo colatore della Marinella	-1784	3.88	5.68	0.0010	3.83	4.32	4.52	-0.04	0.44	0.65
Primo colatore della Marinella	-1248	3.34	5.14	0.0010	3.82	4.30	4.51	0.48	0.97	1.17
Primo colatore della Marinella	-1246	3.34	5.14	0.0010	3.80	4.29	4.49	0.46	0.95	1.15
Primo colatore della Marinella	0	2.09	3.89	0.0010	3.78	4.27	4.48	1.69	2.18	2.39
Secondo colatore della Marinella	-2889	3.95	5.75	0.0010	3.76	4.26	4.46	-0.19	0.31	0.51
Secondo colatore della Marinella	-2845	3.91	5.71	0.0010	3.75	4.24	4.45	-0.16	0.34	0.54
Secondo colatore della Marinella	-2843	3.90	5.60	0.0010	3.73	4.23	4.43	-0.18	0.33	0.53
Secondo colatore della Marinella	-1823	2.88	4.58	0.0010	3.71	4.21	4.42	0.83	1.33	1.54
Secondo colatore della Marinella	-1821	2.88	5.18	0.0010	3.69	4.20	4.41	0.81	1.32	1.52
Secondo colatore della Marinella	-1656	2.72	5.02	0.0010	3.68	4.19	4.39	0.96	1.47	1.68
Secondo colatore della Marinella	-1654	2.71	5.21	0.0010	3.66	4.17	4.38	0.94	1.46	1.66
Secondo colatore della Marinella	-1624	2.68	5.18	0.0010	3.64	4.16	4.36	0.96	1.47	1.68
Secondo colatore della Marinella	-1622	2.68	4.98	0.0010	3.62	4.14	4.35	0.94	1.46	1.67
Secondo colatore della Marinella	-1571	2.63	4.93	0.0010	3.61	4.13	4.34	0.98	1.50	1.71
Secondo colatore della Marinella	-1569	2.63	5.13	0.0010	3.59	4.11	4.32	0.96	1.49	1.69
Secondo colatore della Marinella	-1555	2.62	5.12	0.0010	3.57	4.10	4.31	0.96	1.49	1.69
Secondo colatore della Marinella	-1553	2.61	4.31	0.0010	3.56	4.09	4.30	0.94	1.47	1.68
Secondo colatore della Marinella	-1057	2.12	3.82	0.0010	3.54	4.07	4.28	1.42	1.96	2.17
Secondo colatore della Marinella	-1055	2.12	4.62	0.0010	3.52	4.06	4.27	1.41	1.95	2.16
Secondo colatore della Marinella	-1031	2.09	4.59	0.0010	3.51	4.05	4.26	1.42	1.96	2.17
Secondo colatore della Marinella	-1029	2.09	4.39	0.0010	3.49	4.03	4.25	1.40	1.95	2.16
Secondo colatore della Marinella	-610	1.67	3.97	0.0010	3.47	4.02	4.23	1.80	2.35	2.56
Secondo colatore della Marinella	-608	1.67	4.09	0.0010	3.46	4.01	4.22	1.79	2.34	2.55
Secondo colatore della Marinella	-589	1.65	4.07	0.0010	3.44	4.00	4.21	1.79	2.35	2.56
Secondo colatore della Marinella	-587	1.65	3.95	0.0010	3.43	3.98	4.20	1.78	2.34	2.55
Secondo colatore della Marinella	-344	1.40	3.70	0.0010	3.41	3.97	4.18	2.01	2.57	2.78
Secondo colatore della Marinella	-342	1.40	3.90	0.0010	3.40	3.96	4.17	1.99	2.56	2.77
Secondo colatore della Marinella	-330	1.39	3.89	0.0010	3.38	3.95	4.16	1.99	2.56	2.77
Secondo colatore della Marinella	-328	1.39	3.69	0.0010	3.37	3.93	4.15	1.98	2.55	2.76
Secondo colatore della Marinella	-81	1.14	3.44	0.0010	3.35	3.92	4.14	2.21	2.78	3.00
Secondo colatore della Marinella	-79	1.14	3.64	0.0010	3.33	3.91	4.13	2.20	2.77	2.99
Secondo colatore della Marinella	0	1.06	3.56	0.0010	3.32	3.90	4.11	2.26	2.84	3.05



Sezioni di stato attuale - Idrografia locale										
Corso d'acqua	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Sponde (mslm)	Pendenza (m/m)	h30 (mslm)	h200 (mslm)	h500 (mslm)	y30 (mslm)	y200 (mslm)	y500 (mslm)
Terzo colatore della Marinella	-3240	3.38	4.63	0.0010	3.31	3.89	4.10	-0.08	0.51	0.72
Terzo colatore della Marinella	-3019	3.16	4.41	0.0010	3.29	3.88	4.09	0.13	0.72	0.93
Terzo colatore della Marinella	-3017	3.16	4.46	0.0010	3.28	3.86	4.08	0.12	0.71	0.93
Terzo colatore della Marinella	-1763	1.90	3.20	0.0010	3.26	3.85	4.07	1.36	1.95	2.17
Terzo colatore della Marinella	-1761	1.90	3.80	0.0010	3.25	3.84	4.06	1.35	1.94	2.16
Terzo colatore della Marinella	-828	0.97	2.87	0.0010	3.23	3.83	4.05	2.27	2.86	3.08
Terzo colatore della Marinella	-826	0.97	3.67	0.0010	3.22	3.82	4.04	2.25	2.86	3.07
Terzo colatore della Marinella	-489	0.63	3.33	0.0010	3.21	3.81	4.03	2.58	3.18	3.40
Terzo colatore della Marinella	-487	0.63	3.33	0.0010	3.19	3.80	4.02	2.56	3.17	3.39
Terzo colatore della Marinella	-117	0.26	2.96	0.0010	3.18	3.79	4.01	2.92	3.53	3.75
Terzo colatore della Marinella	-115	0.26	6.26	0.0010	3.17	3.78	4.00	2.91	3.52	3.75
Terzo colatore della Marinella	-87	0.23	6.23	0.0010	3.15	3.77	3.99	2.92	3.54	3.76
Terzo colatore della Marinella	-85	0.23	3.23	0.0010	3.14	3.76	3.98	2.91	3.53	3.76
Terzo colatore della Marinella	0	0.14	3.14	0.0010	3.13	3.75	3.97	2.99	3.61	3.83
Canale Salinella	-1851	1.30	2.80	0.0010	3.11	3.74	3.96	1.81	2.44	2.66
Canale Salinella	0	-0.55	0.95	0.0010	3.10	3.73	3.95	3.65	4.28	4.50
Collettore Lago D' Anice	-6200	5.15	8.75	0.0005	2.99	3.65	3.88	-2.16	-1.50	-1.27
Collettore Lago D' Anice	-2500	3.30	6.90	0.0005	2.98	3.64	3.87	-0.32	0.34	0.57
Collettore Lago D' Anice	-2498	3.30	10.00	0.0005	2.97	3.63	3.86	-0.33	0.34	0.56
Collettore Lago D' Anice	-2037	3.07	9.77	0.0005	2.96	3.63	3.85	-0.11	0.56	0.79
Collettore Lago D' Anice	-2035	3.07	7.47	0.0005	2.95	3.62	3.85	-0.12	0.55	0.78
Collettore Lago D' Anice	0	2.05	6.45	0.0005	2.96	3.61	3.84	0.91	1.56	1.79
Collettore Est	-4480	2.10	3.80	0.0003	3.09	3.72	3.94	0.99	1.62	1.84
Collettore Est	-3029	1.74	3.44	0.0003	3.08	3.71	3.94	1.34	1.97	2.20
Collettore Est	-2869	1.70	3.52	0.0003	3.06	3.70	3.93	1.37	2.01	2.23
Collettore Est	-2290	1.55	3.37	0.0003	3.05	3.69	3.92	1.50	2.14	2.36
Collettore Est	-2130	1.51	3.61	0.0003	3.04	3.69	3.91	1.53	2.17	2.40
Collettore Est	0	0.98	3.08	0.0003	3.01	3.66	3.88	2.03	2.68	2.90
Collettore Nord	-2145	0.93	3.33	0.0005	2.96	3.61	3.84	2.03	2.68	2.91
Collettore Nord	-1443	0.58	2.98	0.0005	2.97	3.60	3.83	2.38	3.02	3.25
Collettore Nord	-1423	0.57	3.49	0.0005	2.96	3.59	3.82	2.39	3.02	3.25
Collettore Nord	-250	-0.02	2.91	0.0005	2.95	3.57	3.80	2.96	3.58	3.81
Collettore Nord	-230	-0.03	1.98	0.0005	2.88	3.49	3.72	2.91	3.52	3.74
Collettore Nord	-210	-0.04	1.97	0.0005	2.86	3.46	3.69	2.90	3.50	3.73
Collettore Nord	-150	-0.07	2.44	0.0005	2.84	3.44	3.67	2.91	3.50	3.73
Collettore Nord	0	-0.14	2.36	0.0005	2.82	3.41	3.64	2.96	3.55	3.78
Primo colatore Nord	-998	1.56	4.56	0.0010	2.80	3.38	3.61	1.23	1.82	2.05
Primo colatore Nord	0	0.57	3.57	0.0010	2.78	3.35	3.58	2.21	2.79	3.02
Primo colatore Tufarelle	-1616	2.55	3.55	0.0010	2.76	3.32	3.56	0.21	0.77	1.01
Primo colatore Tufarelle	-1597	2.53	3.53	0.0010	2.73	3.29	3.53	0.20	0.76	1.00
Primo colatore Tufarelle	-1595	2.53	4.33	0.0010	2.71	3.26	3.50	0.18	0.74	0.97
Primo colatore Tufarelle	-762	1.69	3.49	0.0010	2.69	3.23	3.47	1.00	1.54	1.78
Primo colatore Tufarelle	-760	1.69	4.89	0.0010	2.67	3.20	3.44	0.98	1.51	1.75
Primo colatore Tufarelle	0	0.93	4.13	0.0010	2.65	3.17	3.41	1.71	2.24	2.48
Secondo colatore Tufarelle	-1229	3.16	4.36	0.0010	2.63	3.14	3.38	-0.54	-0.02	0.22
Secondo colatore Tufarelle	-1224	3.16	4.36	0.0010	2.60	3.11	3.35	-0.55	-0.05	0.20
Secondo colatore Tufarelle	-1222	3.15	4.15	0.0010	2.58	3.08	3.33	-0.57	-0.07	0.17
Secondo colatore Tufarelle	0	1.93	2.93	0.0010	2.58	3.08	3.33	0.65	1.15	1.39
Collettore Tufarelle Nord	-1545	2.48	4.48	0.0010	2.56	3.06	3.31	0.08	0.58	0.83
Collettore Tufarelle Nord	-1063	2.00	4.00	0.0010	2.54	3.04	3.28	0.54	1.04	1.29
Collettore Tufarelle Nord	-1061	1.99	4.49	0.0010	2.51	3.02	3.26	0.52	1.02	1.27
Collettore Tufarelle Nord	-9	0.94	3.44	0.0010	2.44	2.95	3.19	1.50	2.00	2.25
Collettore Tufarelle Nord	-7	0.94	3.34	0.0010	2.42	2.92	3.17	1.48	1.98	2.23
Collettore Tufarelle Nord	0	0.93	3.33	0.0010	2.39	2.90	3.14	1.46	1.96	2.21
Collettore Tufarelle Sud	-1100	2.18	4.98	0.0010	2.37	2.87	3.12	0.19	0.70	0.94
Collettore Tufarelle Sud	0	1.08	3.88	0.0010	2.34	2.85	3.10	1.27	1.77	2.02

Tabella 14

Nella tabella precedente, in particolare, si possono notare immediatamente i punti in cui avvengono le esondazioni. Essi sono caratterizzati da un valore del livello di pelo libero alla quota



delle sponde. A partire da tali punti avviene la propagazione dell'onda di piena all'interno del modello bidimensionale.

Al fine di mostrare la dinamica evolutiva dell'avanzamento dell'onda di piena per il territorio di Marina di Ginosa, sono state riportate nelle figure seguenti le varie fasi espresse in termini di tirante idrico e vettore velocità per gli istanti più significativi. Tale disamina è stata mostrata unicamente per l'evento cinquecentennale per ragioni di sintesi. L'istante di inizio delle simulazioni, corrispondente ad assenza di eventi nell'idrografia locale e ad una portata di 1'500 m³/s nel fiume Bradano, corrisponde alle ore 00:00 del giorno 03.01.1990.

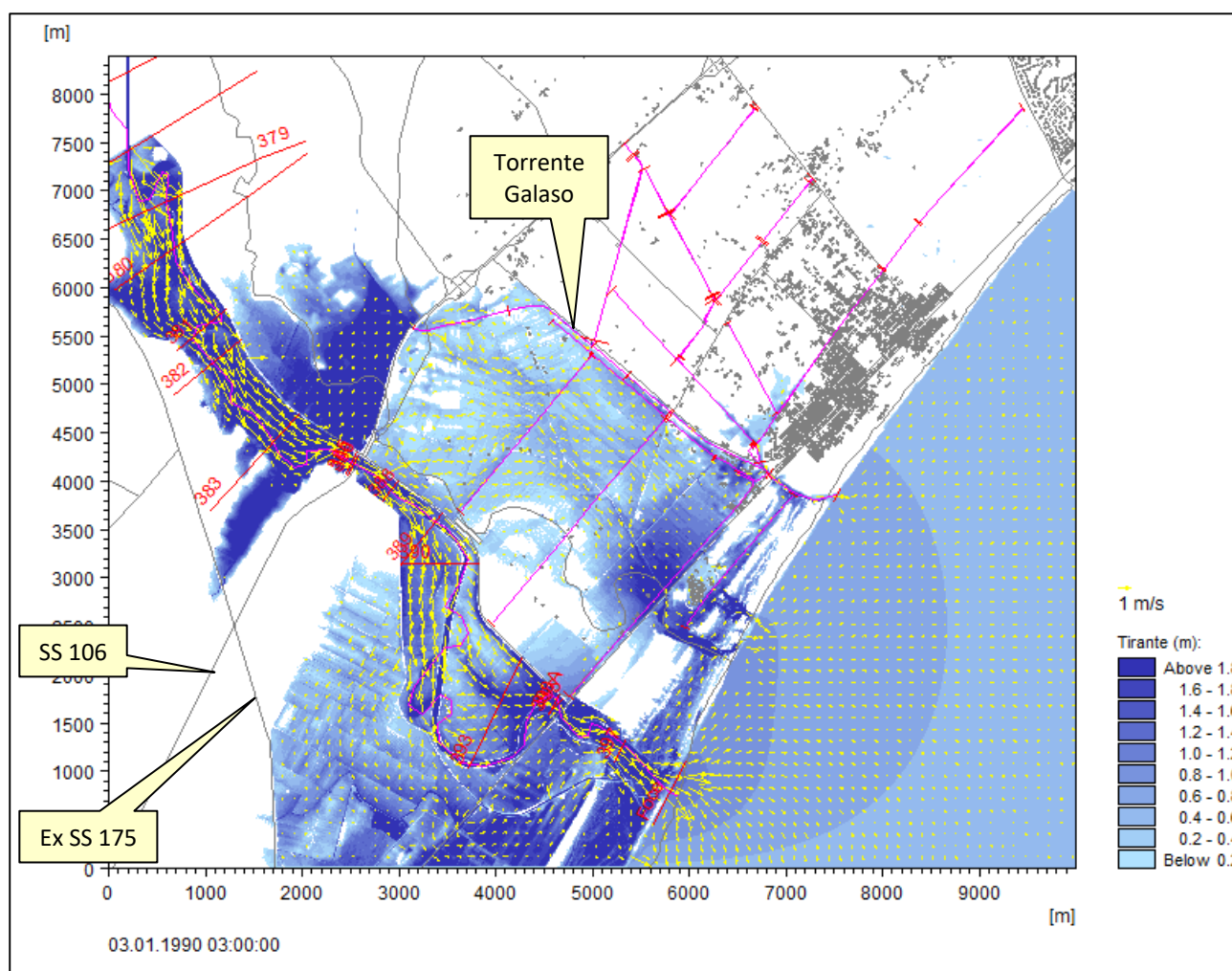


Figura 11: Planimetria delle condizioni di deflusso 3 h dopo l'inizio della simulazione

Negli istanti iniziali della simulazione si nota una forte corrente all'interno degli argini del fiume Bradano oltre all'inizio di una importante esondazione a monte del rilevato stradale della SS 106 (sezione 385). Nel tratto compreso tra la SS 106 e la linea ferroviaria (tra le sezioni 385 e 395), invece, le esondazioni sono già iniziate alcune ore prima. Come anticipato in precedenza, infatti, la capacità di trasporto del fiume Bradano si riduce da 1'500 a 700 m³/s passando dal primo al secondo tratto.

Negli istanti iniziali, pertanto, le aree allagabili (quindi a maggiore rischio) sono quelle comprese, in riva destra idraulica del fiume Bradano, fino alla ex SS 175 e, in riva sinistra, fino al



torrente Galaso. A differenza di quanto accade nel tratto a monte, in quello a valle della SS 106 le velocità della corrente nelle aree soggette ad allagamento risultano relativamente basse.

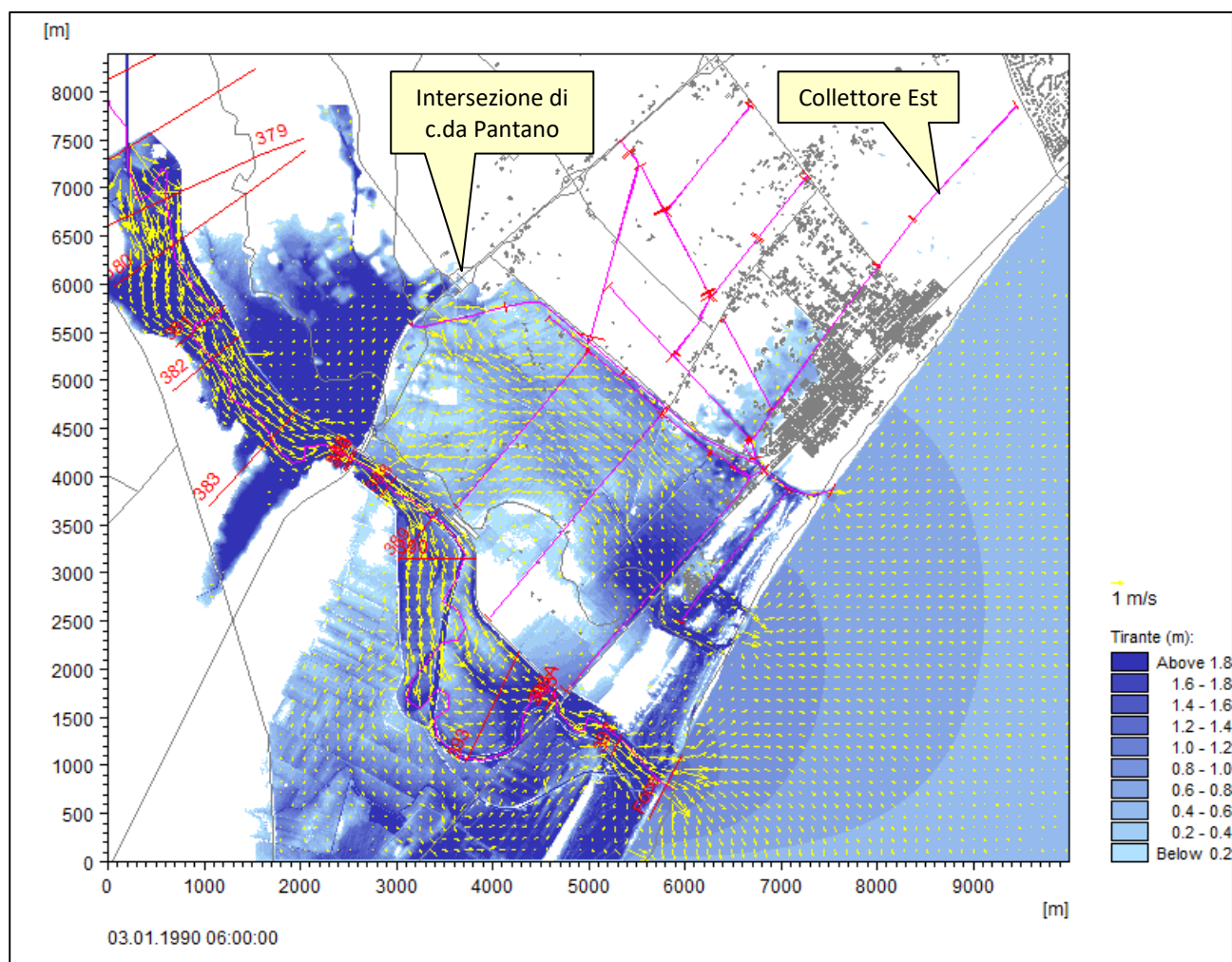


Figura 12: Planimetria delle condizioni di deflusso 6 h dopo l'inizio della simulazione

Successivamente si nota una rapida espansione dei fenomeni di allagamento che, dal tratto di fiume Bradano a monte della SS 106, si propagano verso l'intersezione di "contrada Pantano". All'interno dell'abitato di Marina di Ginosa iniziano dei lenti allagamenti dovuti alle acque del fiume Bradano che si riversano all'interno dell'alveo del torrente Galaso e, da qui, risalgono il collettore Est.

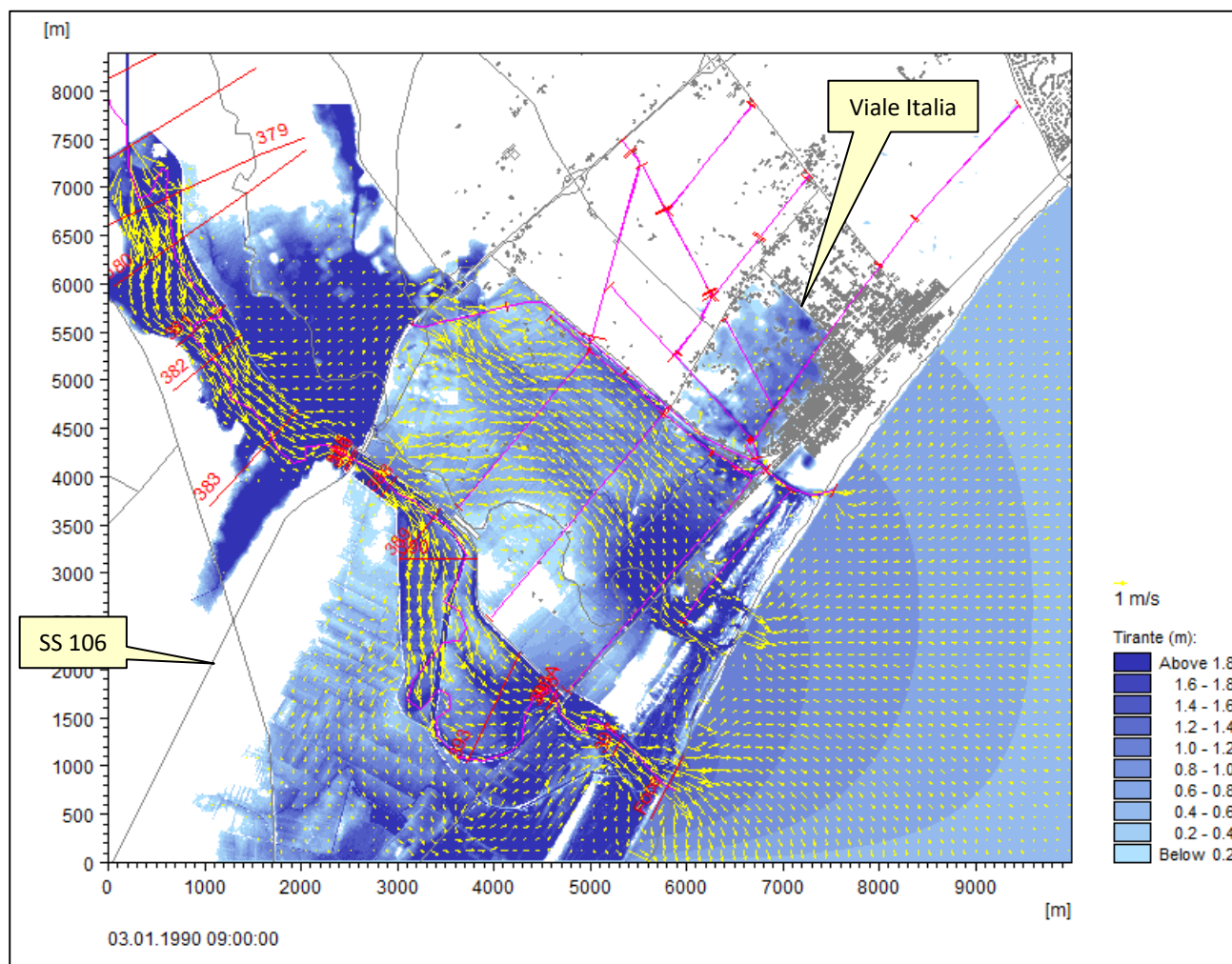


Figura 13: Planimetria delle condizioni di deflusso 9 h dopo l'inizio della simulazione

Dopo 9 h dall'inizio della simulazione si nota un ampliamento delle aree allagate a causa dell'esondazione del collettore Est, soprattutto in riva destra idraulica. Nelle aree golenali del fiume Bradano a monte della SS 106 i tiranti idrici aumentano a causa dell'azione di confinamento effettuato dal rilevato della stessa SS 106 oltre ai rilievi naturali che delimitano le aree solcate dalle incisioni del fiume Bradano e del torrente Galaso.

Le velocità della corrente subiscono degli incrementi nell'area golenale situata tra tali corsi d'acqua a causa della costituzione, di fatto, di una via preferenziale di deflusso delle acque causato anche dalla presenza dell'attraversamento stradale della SS 106 in corrispondenza del torrente Galaso e dalla contemporanea incapacità di quest'ultimo, soprattutto nel tratto iniziale, di trasportare tale massa d'acqua.

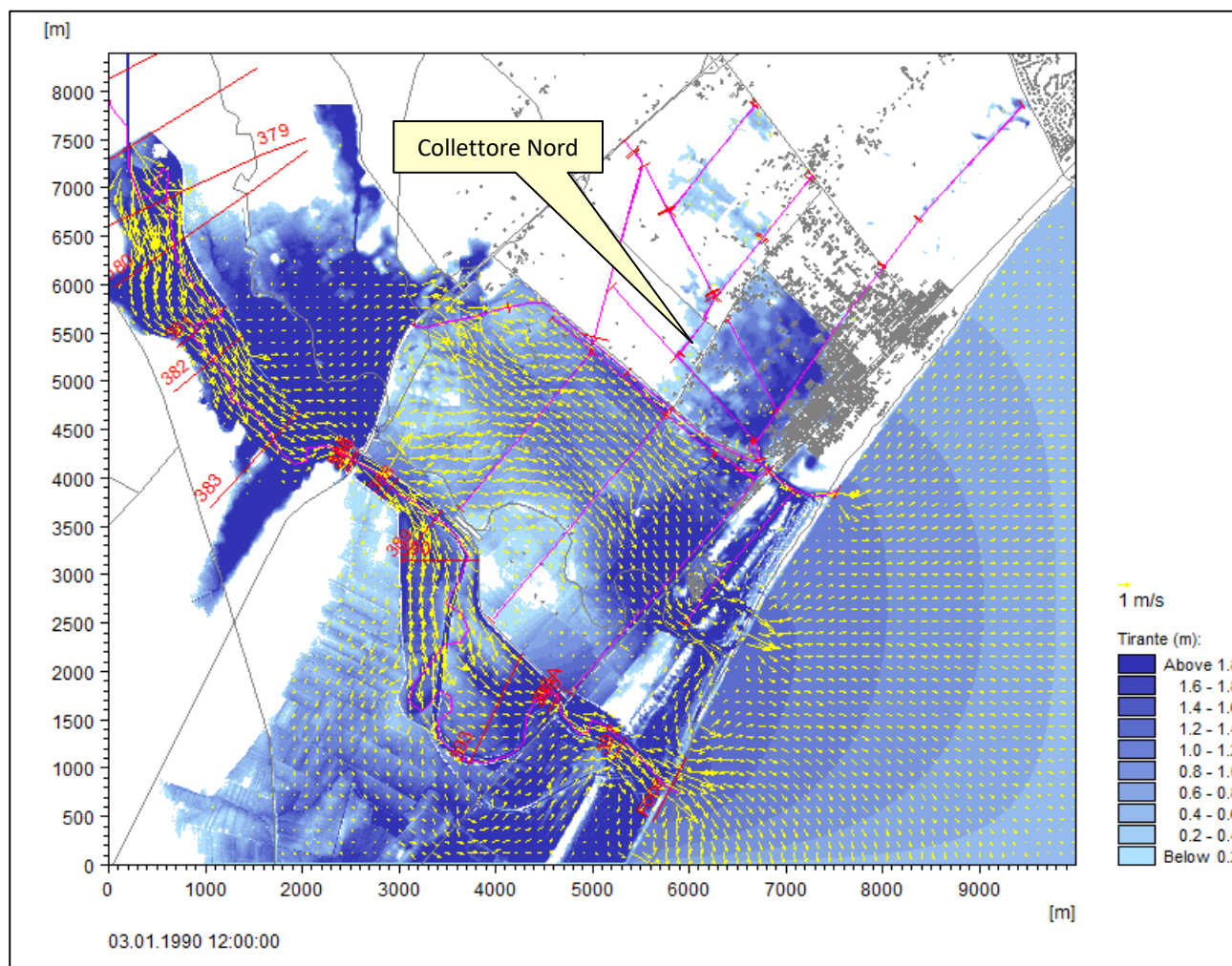


Figura 14: Planimetria delle condizioni di deflusso 12 h dopo l'inizio della simulazione

Dopo 12 h dall'inizio della simulazione si raggiunge il colmo di piena degli idrogrammi dell'idrografia locale e, di conseguenza, si notano allagamenti anche in corrispondenza del Primo e Secondo colatore Tufarelle oltre al collettore Nord a causa della incapacità di questi di trasportare i volumi di piena derivanti dai propri bacini idrografici e, contemporaneamente, da un rilevante effetto di rigurgito dovuto alla presenza dei volumi di piena derivanti dal fiume Bradano che impediscono il deflusso verso il mare.

Le vie principali di sbocco a mare sono costituite dal fiume Bradano, dal torrente Galaso (che sostituisce il recapito finale di tutta l'idrografia locale) e dalla via preferenziale di deflusso che si crea tra i due corsi di acqua in corrispondenza all'incirca del vecchio alveo del fiume Bradano e del lago Salinella.

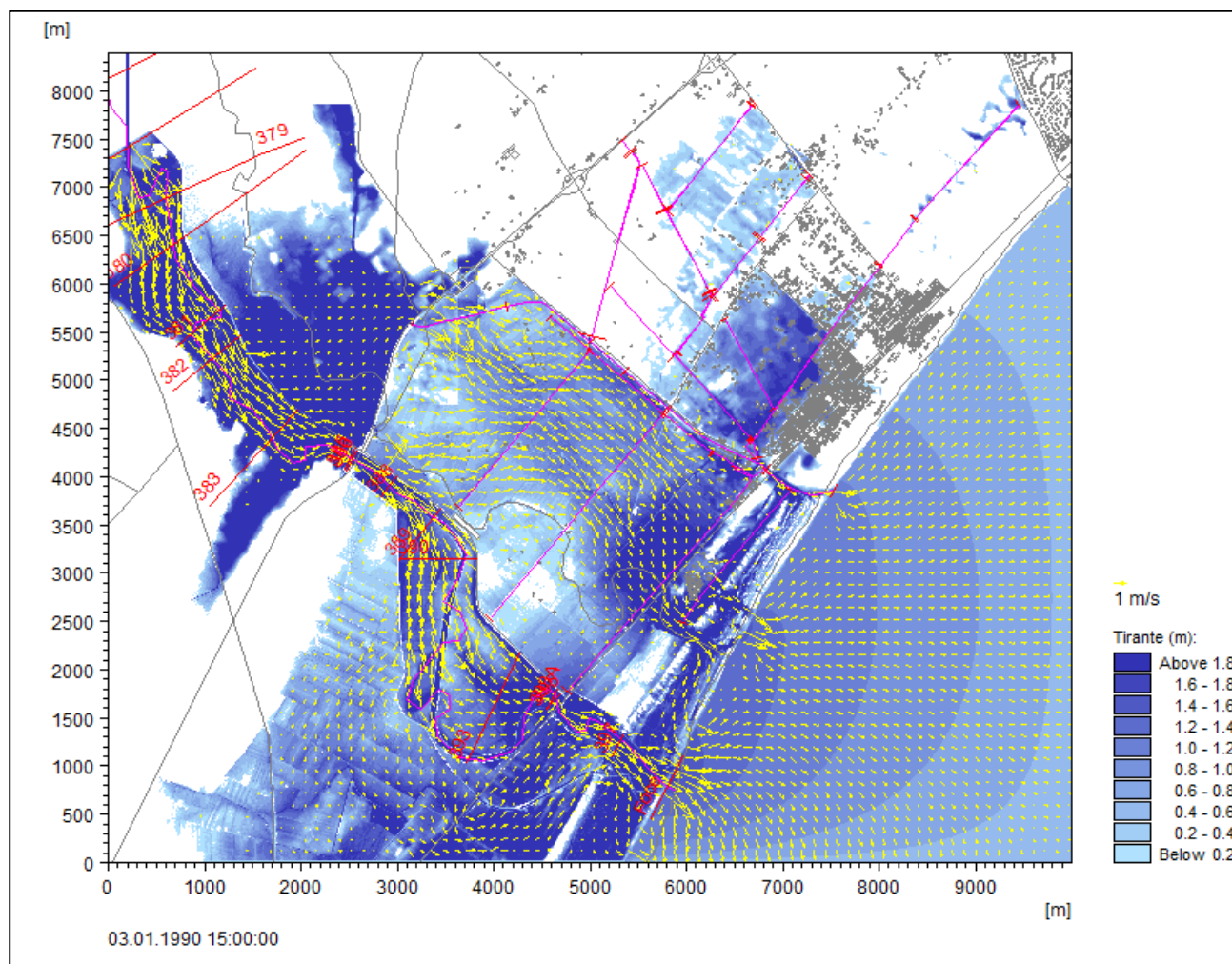


Figura 15: Planimetria delle condizioni di deflusso 15 h dopo l'inizio della simulazione

Successivamente si nota un'espansione delle aree soggette ad allagamento verso monte lungo l'idrografia locale (quindi in direzione nord-est) a causa del perdurare della situazione di ostruzione del torrente Galaso dovuta ai volumi di piena provenienti dal fiume Bradano.

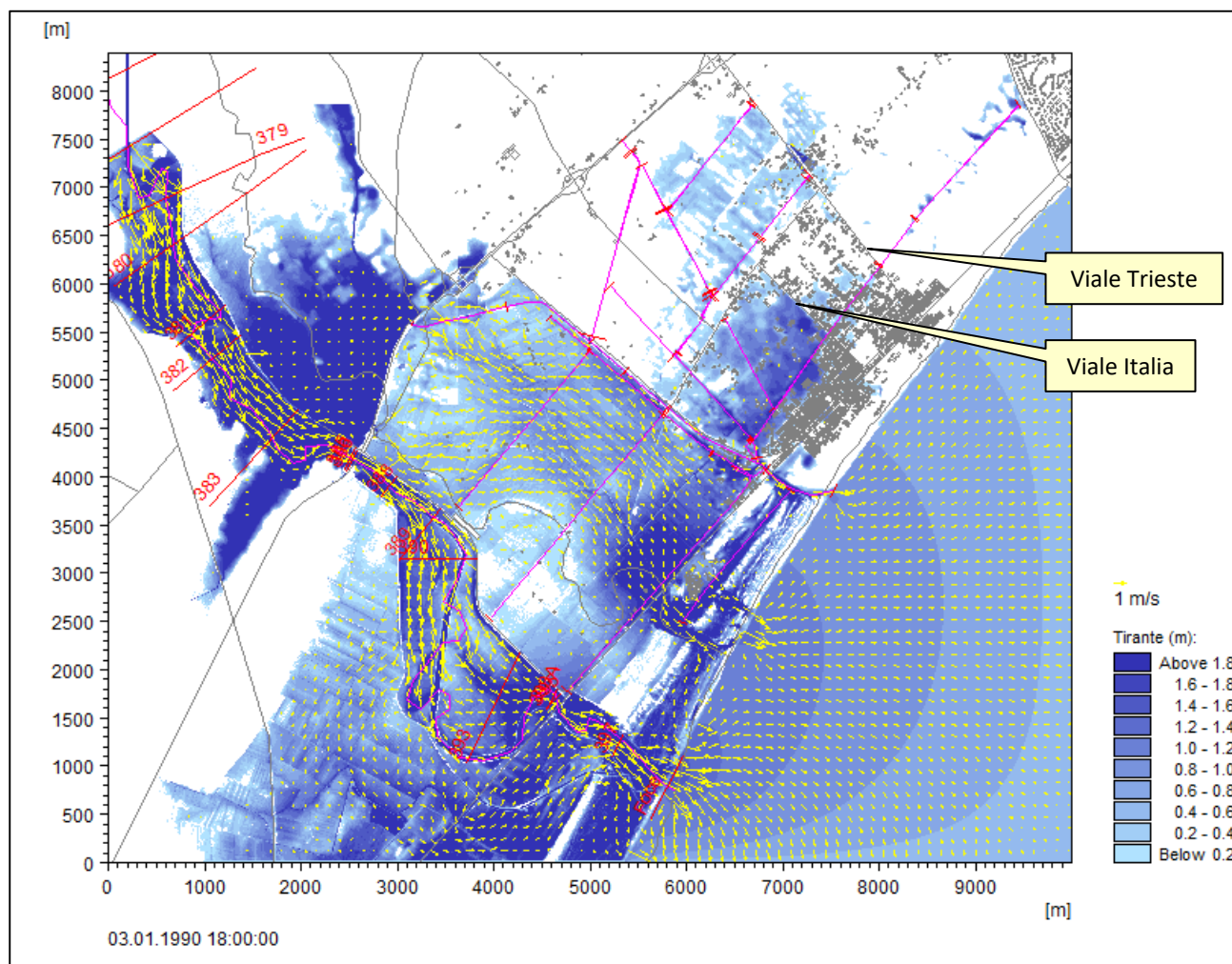


Figura 16: Planimetria delle condizioni di deflusso 18 h dopo l'inizio della simulazione

Dopo 18 h dall'inizio della simulazione si notano allagamenti anche all'interno della pineta Regina e dell'abitato di Marina di Ginosa a monte di viale Italia a causa dell'esondazione del collettore Est e nella zona situata tra il Primo e il Secondo colatore Tufarelle sia a monte che a valle di viale Trieste.

Tra la zona a monte e quella a valle di viale Italia si nota una differenza di modalità di espansione della piena: il leggero incremento di quota, dell'ordine di poche decine di centimetri, tra una zona e l'altra fanno in modo che l'estensione delle aree allagabili sia molto inferiore a monte rispetto a quanto accada a valle.

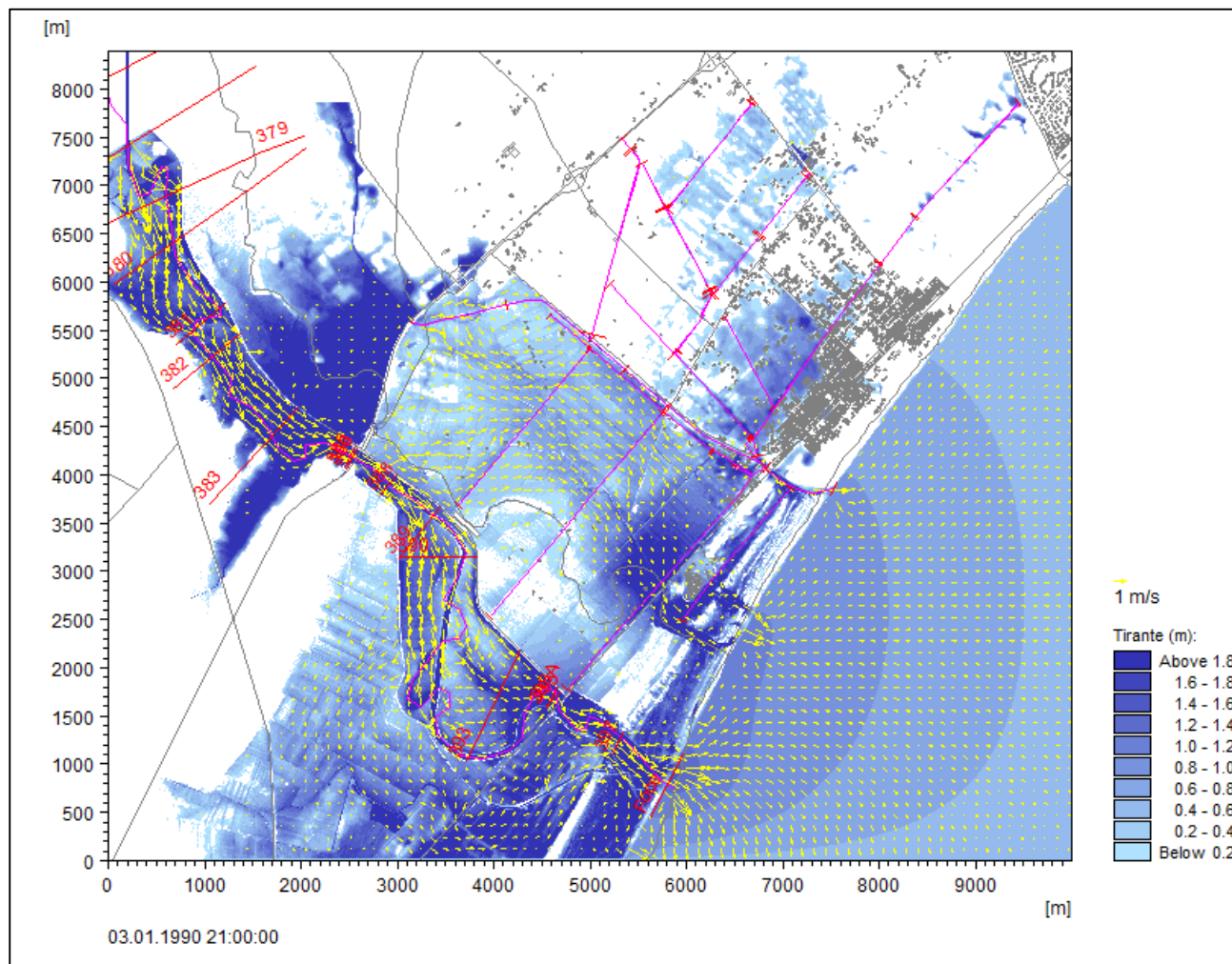


Figura 17: Planimetria delle condizioni di deflusso 21 h dopo l'inizio della simulazione

Dopo 24 h dall'inizio della simulazione si raggiunge all'incirca la massima espansione delle aree allagabili nell'abitato di Marina di Ginosa, mentre nelle aree golenali del fiume Bradano a monte della SS 106 i tiranti idrici hanno già iniziato a ridursi a causa di un lento rientro in alveo dei volumi esondati.

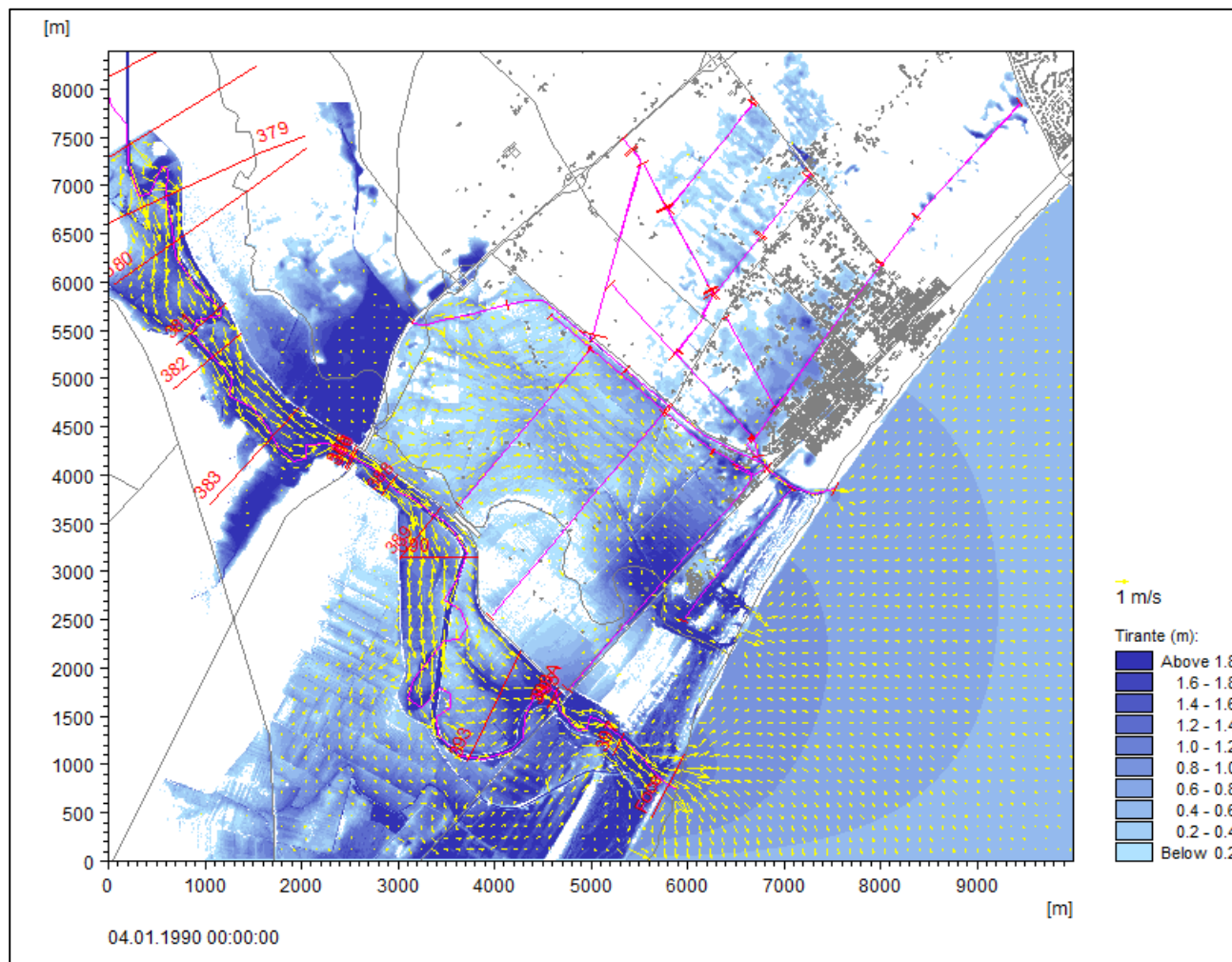


Figura 18: Planimetria delle condizioni di deflusso 24 h dopo l'inizio della simulazione

Successivamente si nota la riduzione dell'estensione delle aree allagabili anche nell'abitato di Marina di Ginosa per via di un parziale rientro dei volumi esondati all'interno dell'idrografia locale. Continuano a rimanere allagate solo le aree più depresse.

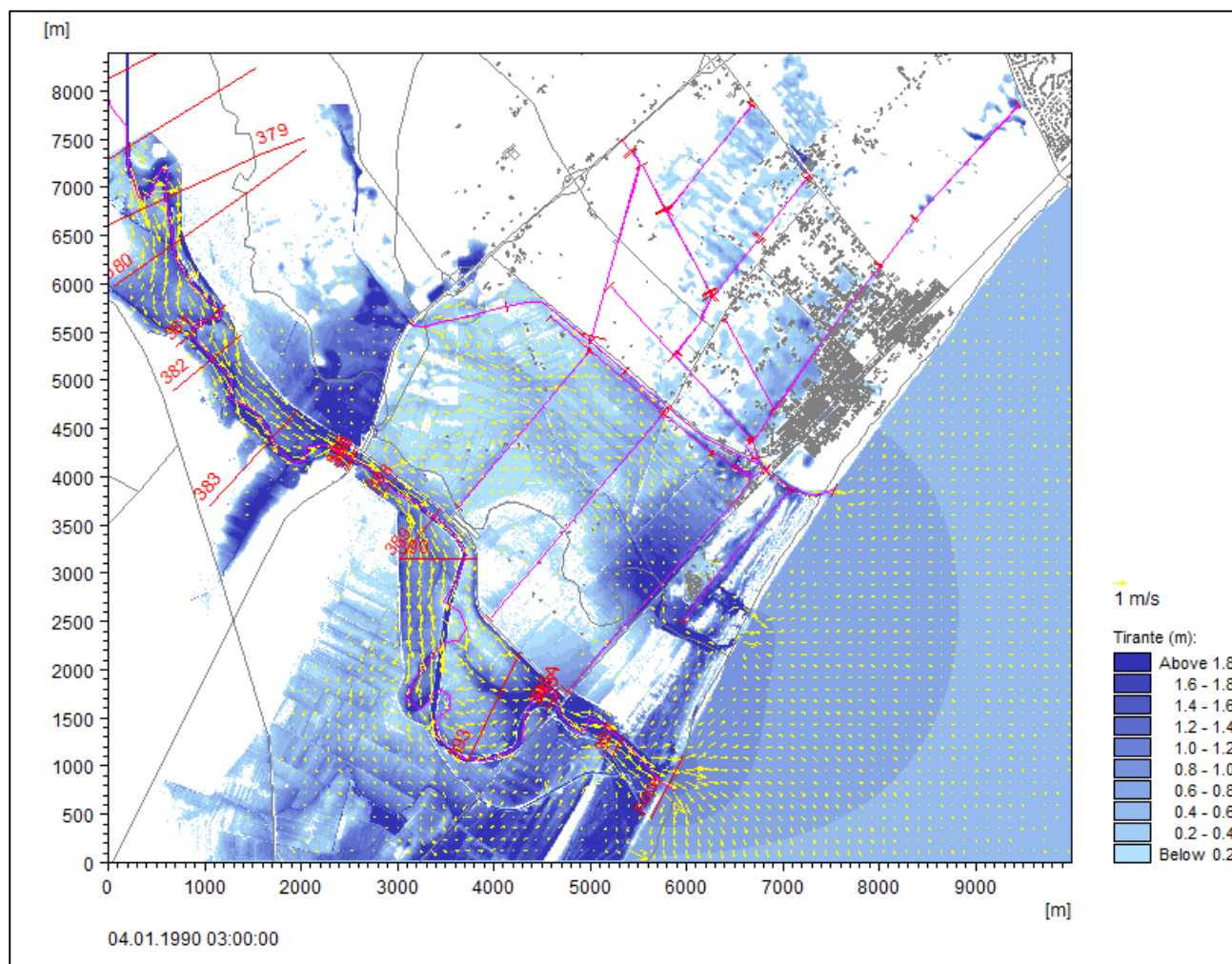


Figura 19: Planimetria delle condizioni di deflusso 1 g e 3 h (27 h) dopo l'inizio della simulazione

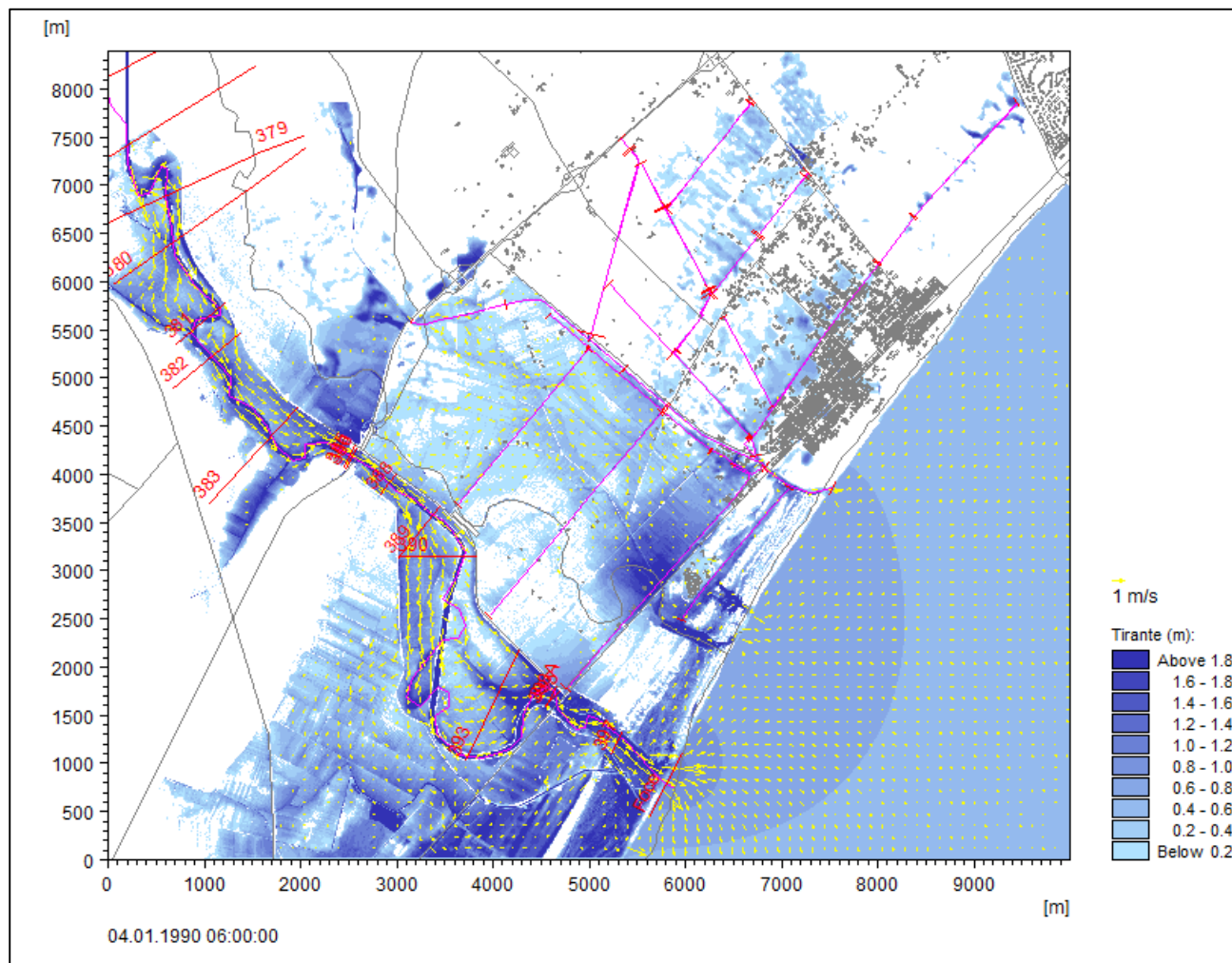


Figura 20: Planimetria delle condizioni di deflusso 1 g e 6 h (30 h) dopo l'inizio della simulazione

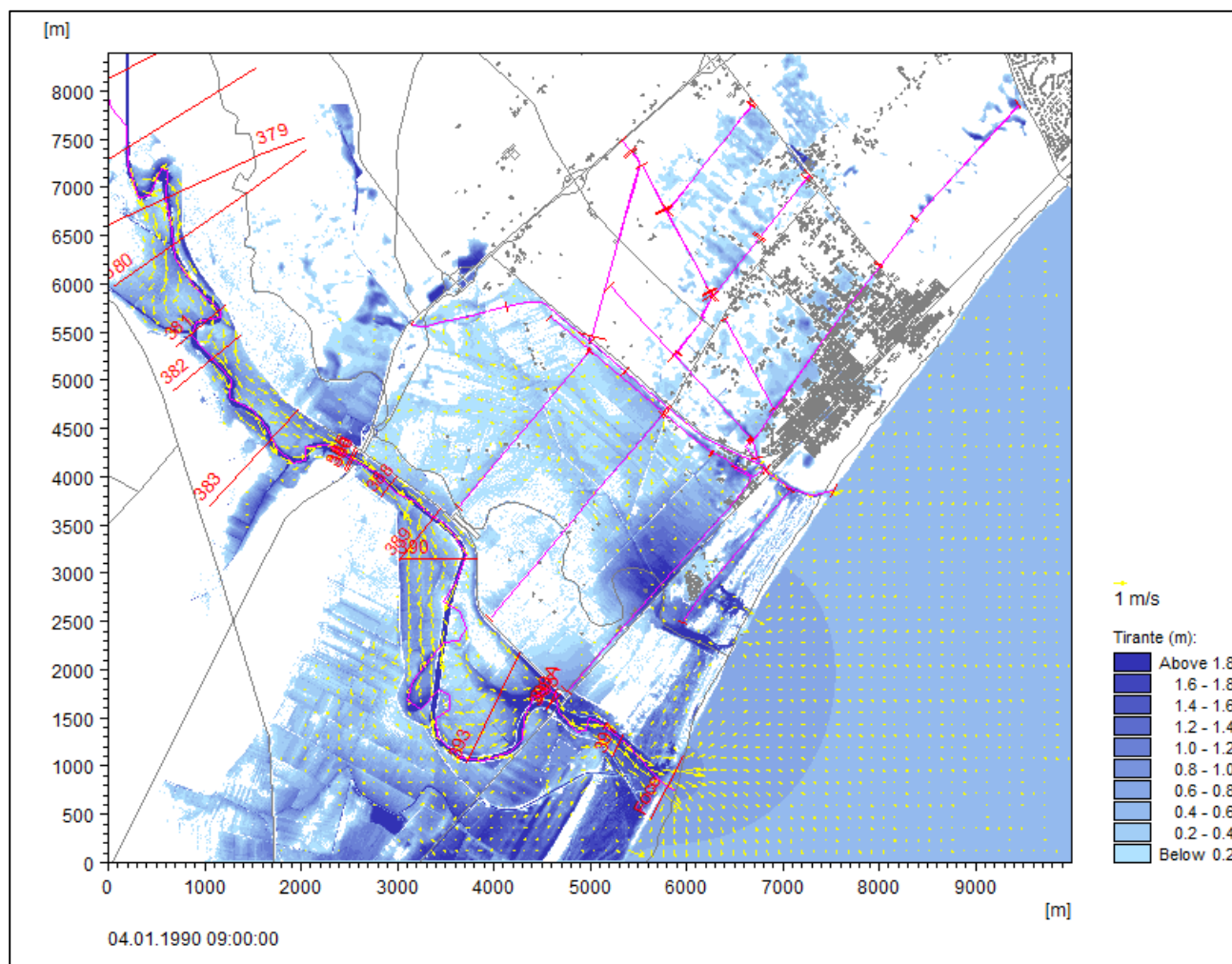


Figura 21: Planimetria delle condizioni di deflusso 1 g e 9 h (33 h) dopo l'inizio della simulazione

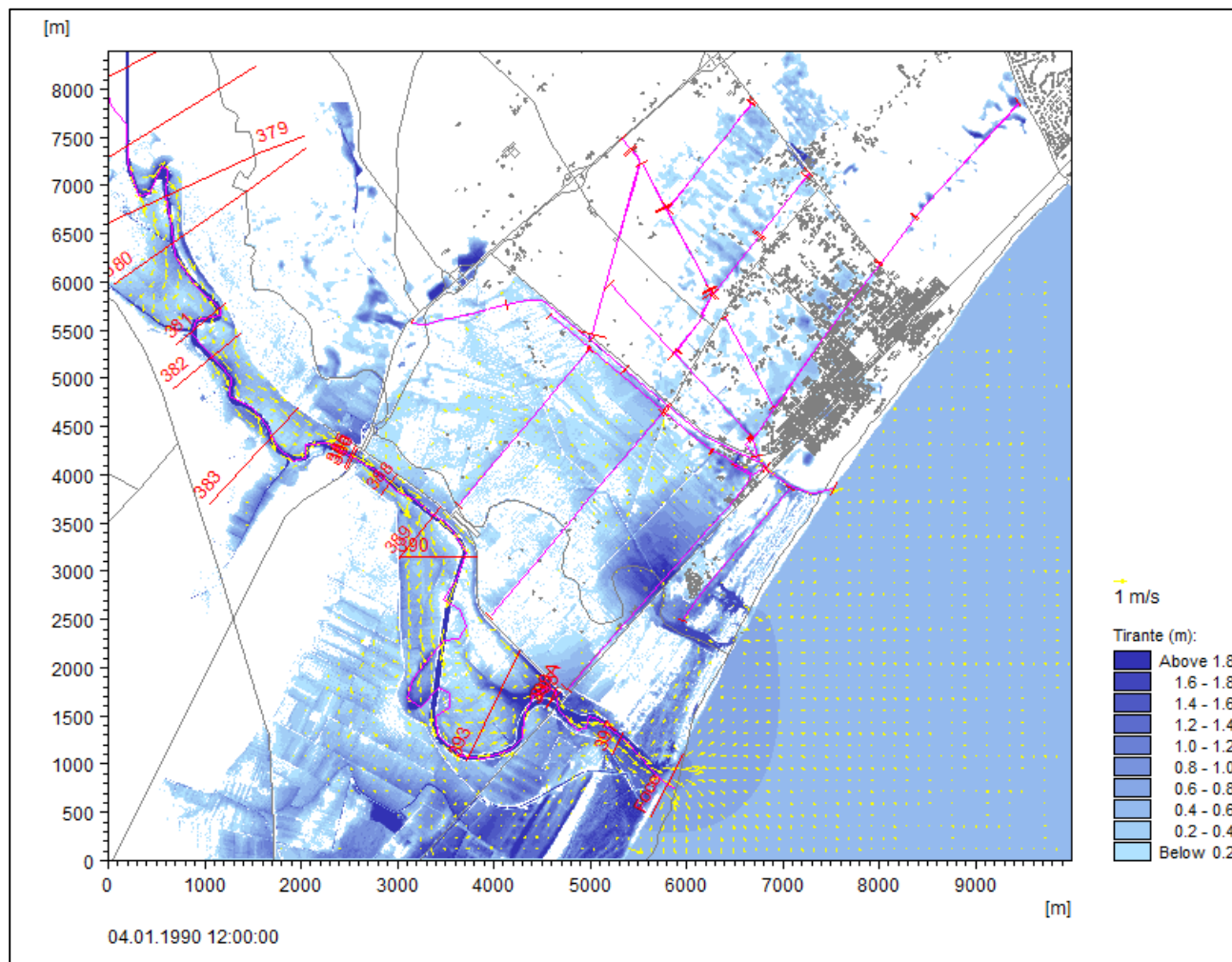


Figura 22: Planimetria delle condizioni di deflusso 1 g e 12 h (36 h) dopo l'inizio della simulazione

Lo sviluppo dei fenomeni di allagamento a causa della contemporaneità degli eventi di piena nel fiume Bradano e nell'idrografia locale risulta, in definitiva, simile a quanto si verificò nel corso della piena dell'1-2 marzo 2011. In linea generale, infatti, si nota l'incapacità dei canali di bonifica (dimensionati peraltro per eventi con tempi di ritorno nettamente inferiori a quelli oggetto della presente analisi) a trasportare i volumi di piena derivanti dai propri bacini idrografici accompagnata dall'impossibilità della stessa rete di scaricare tali volumi verso il mare a causa dell'ostruzione del torrente Galaso (che costituisce il recapito finale dell'idrografia locale) dovuta ai volumi di piena provenienti dal fiume Bradano.



4 Interventi in progetto

Per ovviare a tale situazione sono stati ipotizzati diversi interventi progettuali in grado di contrastare e ridurre gli effetti delle alluvioni dovute ai bacini del fiume Bradano, da una parte, e alla incapacità di trasporto da parte dell'idrografia locale, dall'altra.

Per il primo scopo è stata verificata la possibilità di realizzare un rilevato arginale nell'area golenale compresa tra l'attuale alveo del fiume Bradano e l'abitato di Marina di Ginosa. Per gli scopi della presente analisi, inoltre, sono stati considerati tre diversi possibili tracciati del rilevato in modo da poterne valutare la fattibilità in funzione dei seguenti parametri:

- "costo", comprensivo di stima economica, per la realizzazione di ciascuna ipotesi;
- "abitanti salvaguardati": è stato assegnato un valore compreso tra 1 e 5 in funzione del numero di abitanti che verrebbero protetti da ciascuna ipotesi;
- "realizzabilità amministrativa": è stato assegnato un valore compreso tra 1 e 5 in funzione della semplicità e, quindi, della velocità di approvazione di ciascuna ipotesi;
- "impatto ambientale": è stato assegnato un valore compreso tra 1 e 5 in funzione del maggiore o minore impatto di ogni ipotesi sull'ambiente (al valore massimo corrisponde l'impatto minimo e viceversa);
- "impatto sul contesto socio-economico": è stato assegnato un valore compreso tra 1 e 5 in funzione del maggiore o minore impatto che ciascuna ipotesi avrebbe sia in termini sociali che economici sul territorio (al valore massimo corrisponde l'impatto minimo e viceversa).

Lungo il tracciato del rilevato arginale in progetto si è previsto di realizzare anche un canale a sezione trapezoidale ed una strada laterale di larghezza pari a 3,00 m. L'argine in progetto potrà essere realizzato, almeno parzialmente, con i materiali provenienti dagli scavi e sarà caratterizzato da una sezione trapezoidale con una larghezza in sommità di 2,00 m ed un'altezza utile di 3,00 m.

In base al Listino prezzi della Regione Puglia è stato possibile stimare i costi unitari, intesi per ogni metro di lunghezza, delle opere previste: per il rilevato arginale è stato calcolato un costo unitario di circa 570 €/m, mentre per il canale 100 €/m e la strada 300 €/m. In funzione di tali costi è stato possibile stimare il valore delle opere nelle varie ipotesi di progetto.

Per il secondo scopo, inoltre, è stata riscontrata la estrema difficoltà nell'intervenire su una rete di canali realizzata diversi decenni or sono e la cui funzione originaria non consisteva nella difesa dal rischio idraulico, ma nella bonifica delle aree. Vista la notevole urbanizzazione raggiunta intorno ad una estesa e diffusa rete di canali, pertanto, si è stabilito di intervenire principalmente sul canale che presenta le maggiori difficoltà di smaltimento, vale a dire il Collettore Est, mediante la realizzazione di una cassa di espansione in grado di ridurre il valore della portata al colmo di piena.

Anche in questo caso è stato possibile effettuare delle stime parametriche al fine di determinare il valore delle opere nelle due ipotesi di progetto.

Nelle figure seguenti sono illustrate le diverse soluzioni progettuali affrontate nella presente analisi, mentre nelle tabelle successive sono mostrati i costi conseguenti.

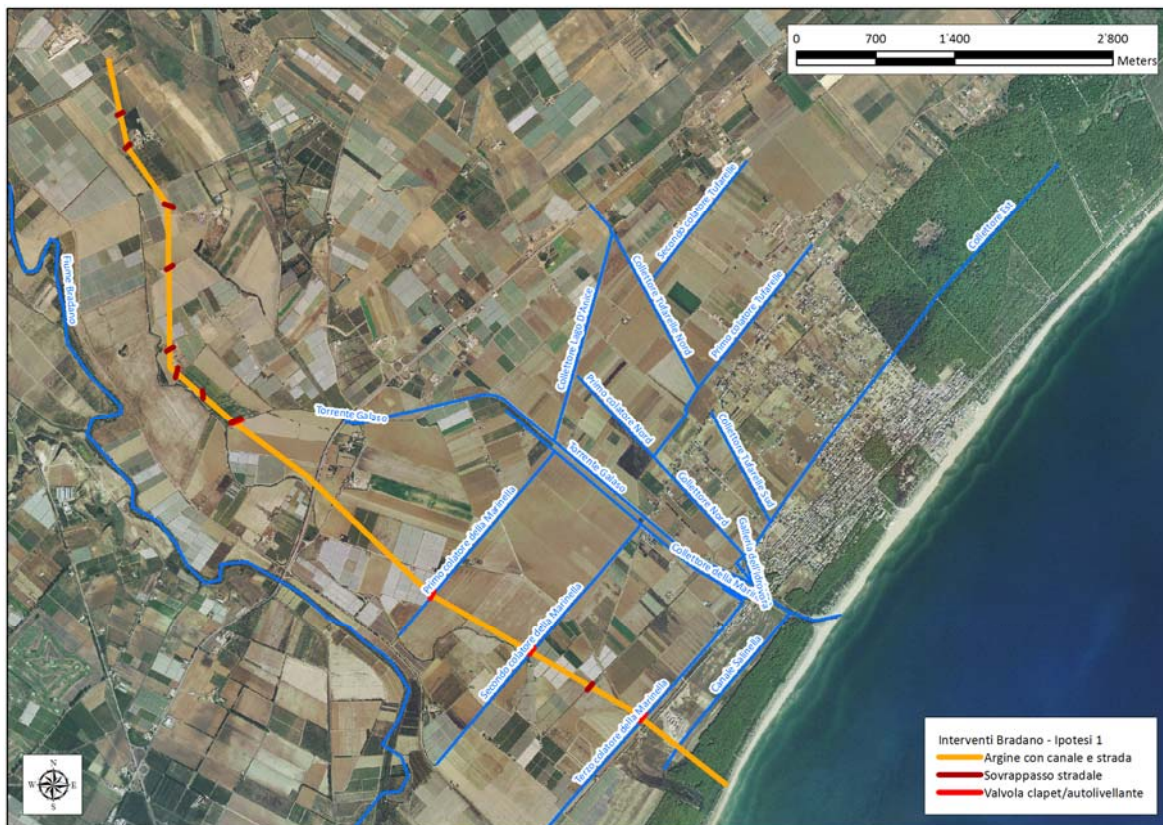


Figura 23: Planimetria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 1

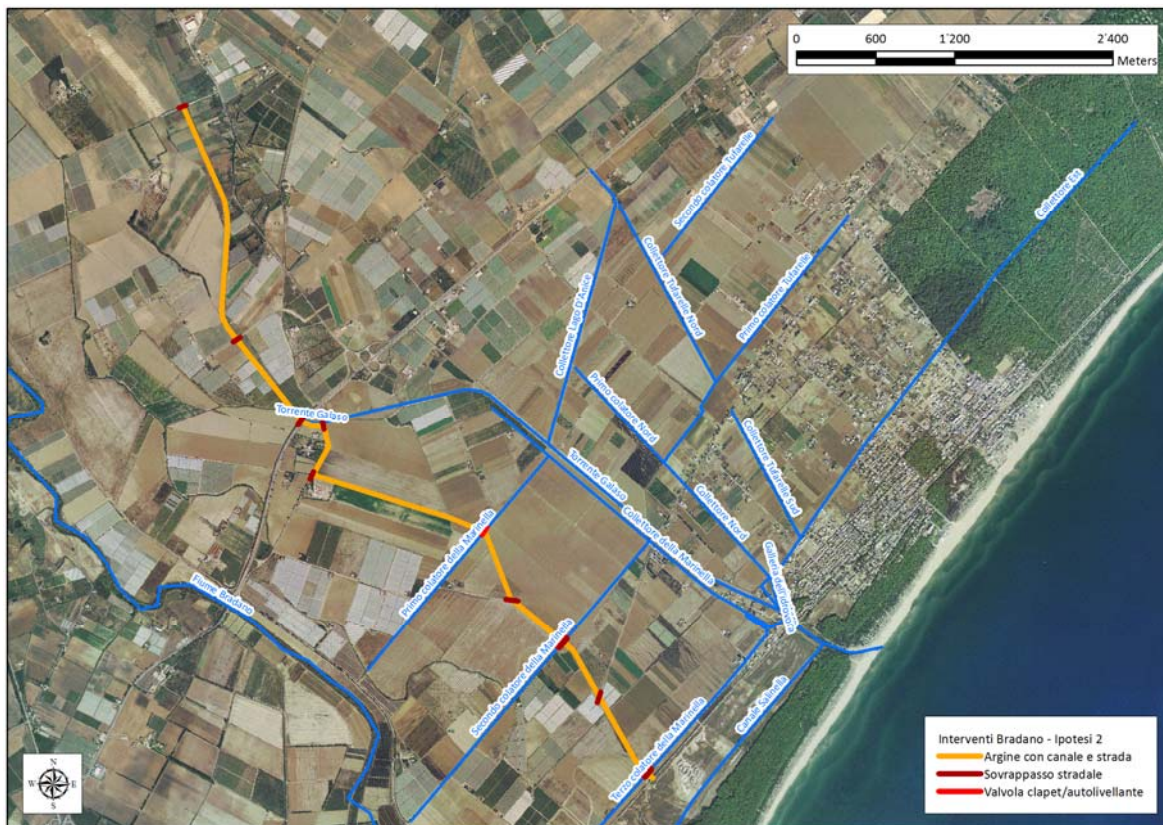


Figura 24: Planimetria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 2

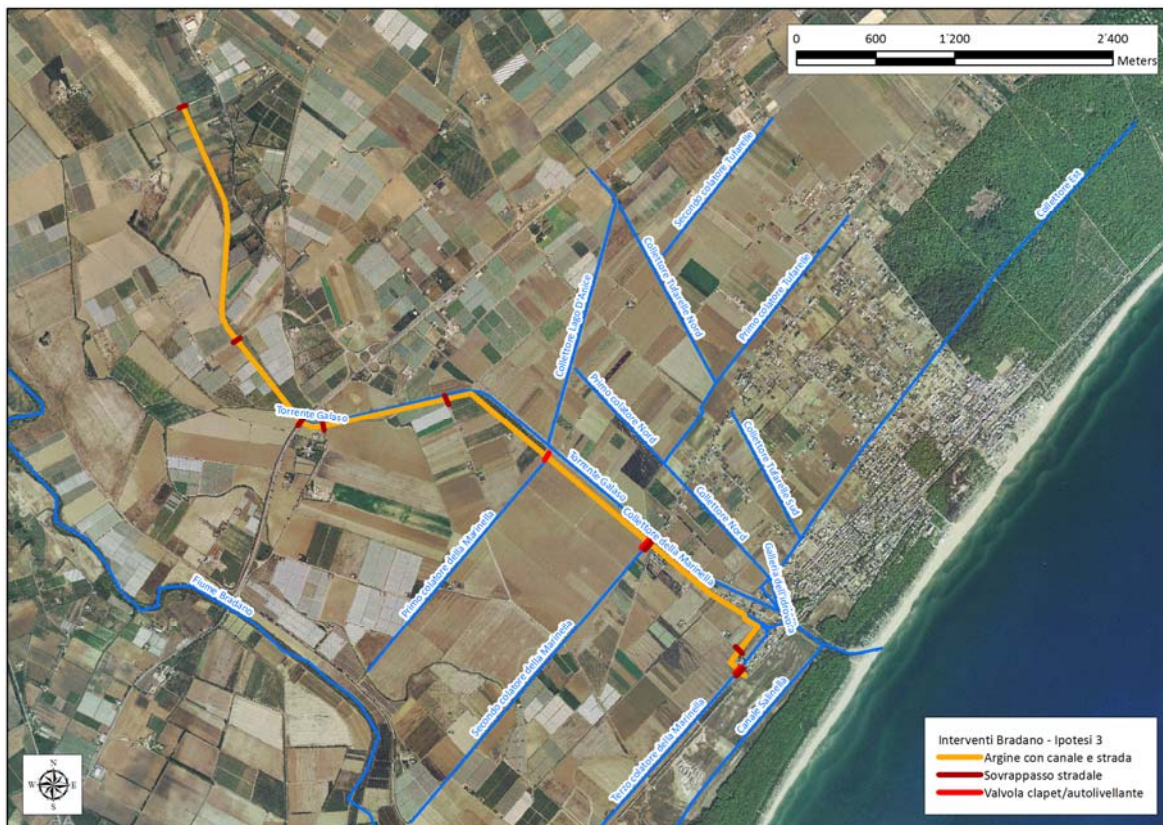


Figura 25: Planimetria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 3

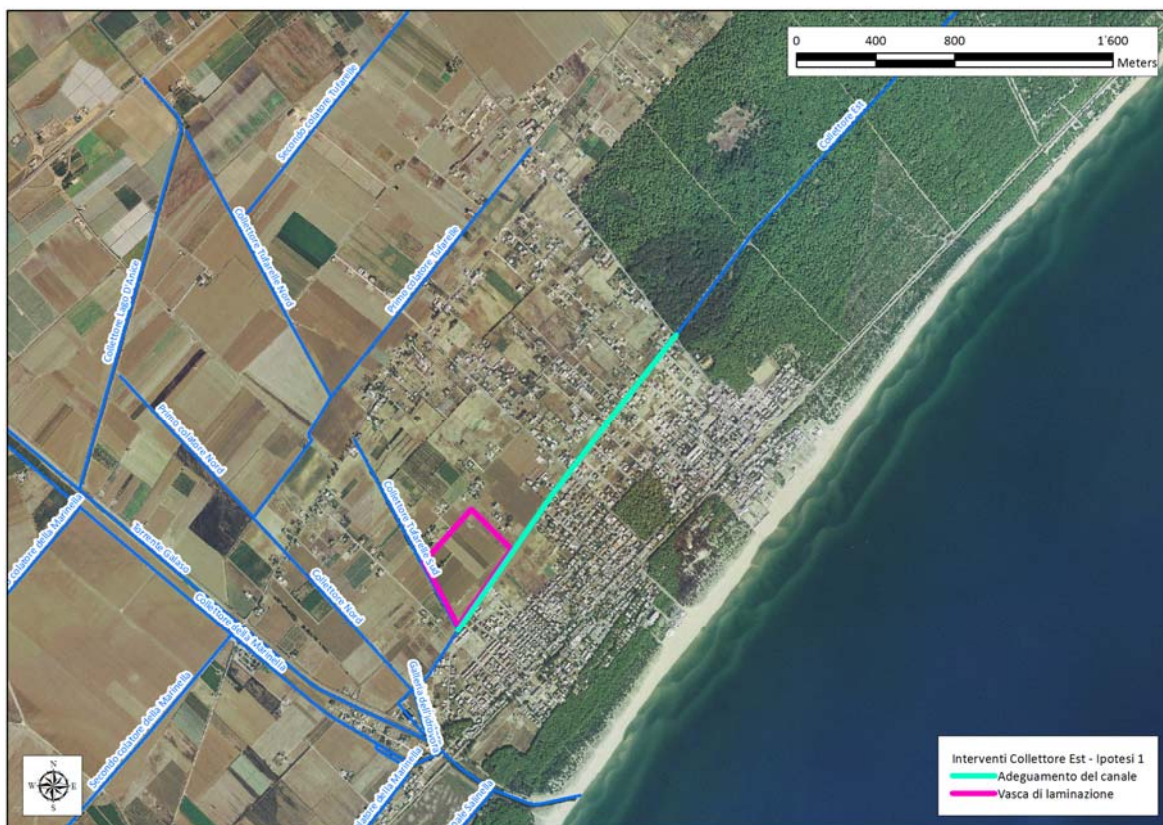


Figura 26: Planimetria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al Collettore Est, ipotesi 1



Figura 27: Planimetria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al Collettore Est, ipotesi 2

Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Argine	9 500.00	m	570.00 €	a corpo	5 415 000.00 €
Strada	9 500.00	m	300.00 €	a corpo	2 850 000.00 €
Canale trapezoidale	9 500.00	m	100.00 €	a corpo	950 000.00 €
Sovrappasso stradale	9.00	cad	100 000.00 €	a corpo	900 000.00 €
Valvola clapet/autolivellante	4.00	cad	100 000.00 €	a corpo	400 000.00 €
Importo dei lavori					10 515 000.00 €
Importo progetto					13 700 000.00 €

Tabella 15: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 1

Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Argine	7 000.00	m	570.00 €	a corpo	3 990 000.00 €
Strada	7 000.00	m	300.00 €	a corpo	2 100 000.00 €
Canale trapezoidale	7 000.00	m	100.00 €	a corpo	700 000.00 €
Sovrappasso stradale	9.00	cad	100 000.00 €	a corpo	900 000.00 €
Valvola clapet/autolivellante	3.00	cad	100 000.00 €	a corpo	300 000.00 €
Importo dei lavori					7 990 000.00 €
Importo progetto					10 400 000.00 €

Tabella 16: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 2



Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Argine	7 500.00	m	570.00 €	a corpo	4 275 000.00 €
Strada	7 500.00	m	300.00 €	a corpo	2 250 000.00 €
Canale trapezoidale	7 500.00	m	100.00 €	a corpo	750 000.00 €
Sovrappasso stradale	8.00	cad	100 000.00 €	a corpo	800 000.00 €
Valvola clapet/autolivellante	3.00	cad	100 000.00 €	a corpo	300 000.00 €
Importo dei lavori					8 375 000.00 €
Importo progetto					10 900 000.00 €

Tabella 17: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano, ipotesi 3

Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Vasca di laminazione	270 000	m³	10.00 €	a corpo	2 700 000.00 €
Adeguamento del canale	1 900.00	m	600.00 €	a corpo	1 140 000.00 €
Importo dei lavori					3 840 000.00 €
Importo progetto					5 000 000.00 €

Tabella 18: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al Collettore Est, ipotesi 1

Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Vasca di laminazione	135 000	m³	10.00 €	a corpo	1 350 000.00 €
Adeguamento del canale	500.00	m	600.00 €	a corpo	300 000.00 €
Importo dei lavori					1 650 000.00 €
Importo progetto					2 200 000.00 €

Tabella 19: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al Collettore Est, ipotesi 2

Come anticipato in precedenza, inoltre, per ciascuna ipotesi progettuale sono stati assegnati dei valori per i parametri utili per valutarne la fattibilità e, in base ad essi, è stata effettuata un'analisi costi-benefici per stabilire le soluzioni progettuali ottimali da candidare a finanziamento.

Nelle tabelle seguenti è mostrata la sintesi di tale analisi per le due tipologie di intervento. Tale analisi vede prevalere l'ipotesi 2 per gli interventi di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano e l'ipotesi 1 per quelli di difesa dalle alluvioni del Collettore Est.

Interventi per la difesa dalle alluvioni del fiume Bradano									
Parametro	Valore - Ipotesi 1	Valore - Ipotesi 2	Valore - Ipotesi 3	Valore min	Valore max	Peso	Valore pesato - Ipotesi 1	Valore pesato - Ipotesi 2	Valore pesato - Ipotesi 3
Costo	13.70	10.40	10.90	10.40	13.70	10.00	7.59	10.00	9.54
Abitanti salvaguardati	5.00	4.00	3.00	3.00	5.00	10.00	10.00	8.00	6.00
Realizzabilità amministrativa	3.00	5.00	5.00	3.00	5.00	10.00	6.00	10.00	10.00
Impatto ambientale	3.00	4.00	5.00	3.00	5.00	15.00	9.00	12.00	15.00
Impatto sul contesto socio-economico	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	5.00	3.75	5.00	5.00
Oneri gestionali	1.00	3.00	2.00	1.00	3.00	5.00	1.67	5.00	3.33
Punteggio totale							38.01	50.00	48.87

Tabella 20: Analisi costi-benefici per le tre ipotesi progettuali di difesa dalle alluvioni dovute al fiume Bradano



Interventi per la difesa dalle alluvioni del Collettore Est							
Parametro	Valore - Ipotesi 1	Valore - Ipotesi 2	Valore min	Valore max	Peso	Valore pesato - Ipotesi 1	Valore pesato - Ipotesi 2
Costo	5.00	2.20	2.20	5.00	10.00	4.40	10.00
Abitanti salvaguardati	3.00	5.00	3.00	5.00	10.00	6.00	10.00
Realizzabilità amministrativa	3.00	1.00	1.00	3.00	10.00	10.00	3.33
Impatto ambientale	4.00	1.00	1.00	4.00	15.00	15.00	3.75
Impatto sul contesto socio-economico	3.00	4.00	3.00	4.00	5.00	3.75	5.00
Oneri gestionali	2.00	3.00	2.00	3.00	5.00	3.33	5.00
Punteggio totale						42.48	37.08

Tabella 21: Analisi costi-benefici per le tre ipotesi progettuali di difesa dalle alluvioni dovute al Collettore Est

Accanto a tali interventi principali è stato necessario prevedere anche degli interventi “secondari” di adeguamento dei rilevati arginali esistenti su altri canali di bonifica che non risultano in grado di contenere i volumi di piena. In maniera analoga a quanto effettuato per il Collettore Est, pertanto, tali interventi devono essere realizzati anche per il Collettore Nord ed il Terzo Colatore della Marinella. Oltre ad essi è necessario prevedere anche un intervento di adeguamento in quota del rilevato arginale sinistro del torrente Galaso nel tratto a valle della linea ferroviaria.

L'adeguamento dei rilevati arginali dei canali consiste essenzialmente nell'innalzamento delle quote arginali dei canali in c.a. esistenti. Più in dettaglio, si prevede di realizzare dei muri in c.a. le cui armature dovranno essere innestate a quelle esistenti. In base al Listino prezzi della Regione Puglia è stato possibile stimare un costo unitario, inteso per ogni metro di lunghezza del canale, pari a 600 €/m.

L'adeguamento in quota dell'esistente rilevato arginale sinistro del torrente Galaso, invece, verrà realizzato in terra e sarà in grado di difendere la parte meridionale dell'abitato di Marina di Ginosa situata tra la linea di costa e la linea ferroviaria. In base al Listino prezzi della Regione Puglia è stato possibile stimare un costo unitario, inteso per ogni metro di lunghezza del canale, pari a 800 €/m. In funzione di tali costi è stato possibile stimare il valore del presente intervento.

Stima sommaria					
Attività previste	Valore	UM	Prezzo	Voce di prezzo	Costo
Adeguamento del Collettore Nord	2 200.00	m	600.00 €	a corpo	1 320 000.00 €
Adeguamento del Collettore Est (tratto terminale)	400.00	m	600.00 €	a corpo	240 000.00 €
Adeguamento del Terzo Colatore della Marinella	600.00	m	600.00 €	a corpo	360 000.00 €
Rilevato arginale sinistro del torrente Galaso	300.00	m	800.00 €	a corpo	240 000.00 €
Importo dei lavori					2 160 000.00 €
Importo progetto					2 900 000.00 €

Tabella 22: Stima sommaria degli interventi di difesa dalle alluvioni dovute agli altri canali di bonifica

Di conseguenza, le ipotesi progettuali previste nel presente studio sono le seguenti:

- **realizzazione di un rilevato arginale (corredato da un canale ed una strada laterale) di lunghezza pari a circa 7 km in posizione intermedia tra il paleoalveo del fiume Bradano ed il torrente Galaso per un importo dei lavori stimato di 7.990.000 € ed un importo progetto di 11.500.000 €;**
- **realizzazione di una cassa di espansione sul Collettore Est (corredato da interventi di adeguamento del medesimo collettore) di capacità utile pari a circa 270.000 m³**



per un importo dei lavori stimato di 3.840.000 € ed un importo progetto di 5.000.000 €;

- **adeguamento in quota degli argini esistenti per il Collettore Nord, il Terzo Colatore della Marinella ed il torrente Galaso per un importo dei lavori stimato di 2.160.000 € ed un importo progetto di 3.000.000 €.**

Le suddette ipotesi progettuali sono state sottoposte alla stessa verifica idraulica effettuata per lo stato di fatto in modo da valutarne l'efficacia in termini di protezione del territorio (cfr. il cap. seguente).

Negli elaborati allegati alla presente relazione sono illustrati con maggior dettaglio tali ipotesi in termini sia di andamento planimetrico che di particolari costruttivi che di impegno economico.



5 Analisi idraulica dello stato di progetto

In maniera analoga a quanto effettuato per lo stato di fatto, nella presente analisi sono state verificate le ipotesi progettuali descritte nel capitolo precedente mediante l'utilizzo della modellistica integrata mono e bidimensionale grazie al modello idrodinamico MIKE FLOOD del DHI (la cui descrizione è riportata nell'allegato A).

Naturalmente sono state mantenute, rispetto all'analisi dello stato di fatto, le medesime condizioni iniziali, condizioni al contorno ed i parametri di scabrezza. Le uniche modifiche introdotte riguardano la geometria dei canali e delle aree golenali in linea con gli interventi previsti in progetto.

Anche per il presente caso, inoltre, sono state effettuate le stesse simulazioni relative ai tre tempi di ritorno di riferimento pari a 30, 200 e 500 anni. Tali simulazioni sono state effettuate, ovviamente, in regime di moto vario e nell'elaborato C3.4 sono stati indicati i risultati in termini di inviluppo dei valori massimi registrati durante il corso delle stesse.

Nell'elaborato C3.5 infine, sono mostrate le perimetrazioni delle aree ad "alta", "media" e "bassa" pericolosità idraulica proposte nel presente studio in conseguenza di tali risultati. Anche in questo caso si è preferito assumere i medesimi limiti di rappresentazione della pericolosità utilizzati nel corso dell'analisi dello stato di fatto.



6 Conclusioni

Il presente studio è stato condotto secondo le indicazioni tecniche riportate nella relazione generale del Piano di Assetto Idrogeologico della Basilicata redatta dall'Autorità di Bacino, al fine di procedere all'aggiornamento del PAI del Comune di Ginosa ed a individuazioni delle possibili opere di mitigazione.

Le valutazioni effettuate si ritengono necessarie in seguito all'analisi di dettaglio effettuata sugli studi "AdB Basilicata 2" e "AdB Puglia 1" (cfr. il cap. 1) che hanno condotto all'attuale perimetrazione PAI e che si ritengono, per alcuni versi, non perfettamente in linea con l'effettivo regime idrologico del fiume Bradano e con l'effettiva geometria dei luoghi.

In relazione all'effettivo regime idrologico del fiume Bradano, in particolare, si è riscontrata in tali studi la assenza di valutazioni sull'effetto di laminazione dovuto alla presenza della diga di San Giuliano. Tale effetto, tuttavia, è stato considerato negli studi "AdB Basilicata 1" e "Commissario 1", quest'ultimo relativo al progetto di ripristino dell'officiosità idraulica del medesimo corso d'acqua, approvato dalla medesima AdB Basilicata che, tuttavia, non ha ritenuto opportuno tenerne conto anche nello studio successivo.

Atteso che non può essere ignorata la presenza di un'opera dimensionata con un tempo di ritorno di almeno 1000 anni (quindi ben superiore a quelli considerati per le perimetrazioni PAI) e che proprio l'AdB ha commissionato all'Università della Basilicata lo studio "AdB Basilicata 1" che ha dimostrato una rilevante riduzione dei colmi di piena perfino in caso di assenza di manovre e in caso di invaso pieno, si è ritenuto doveroso tenere conto di tale effetto.

In relazione all'affettiva geometria dei luoghi, inoltre, si è riscontrata in tali studi l'assenza della definizione dell'idrografia locale oltre alla mancanza degli edifici che risultano, entrambi, in grado di modificare le vie preferenziali di deflusso delle acque e concorrono ad una individuazione più aderente alla realtà delle dinamiche di deflusso dei volumi di piena e, quindi, dell'estensione delle aree a rischio idraulico.

Per tali ragioni, pertanto, è stato condotto uno studio idraulico accoppiato 1D-2D (mono e bidimensionale) che ha valutato il livello di rischio idraulico dell'abitato di Marina di Ginosa a causa principalmente di eventi di piena all'interno del bacino del fiume Bradano. Per ragioni cautelative, ed in conformità con quanto effettuato negli studi "AdB Basilicata 2" e "AdB Puglia 1", è stata considerata la contemporaneità degli eventi anche all'interno del bacino del torrente Galaso e dei canali di bonifica situati in riva destra e sinistra idraulica del medesimo torrente.

Le analisi idrologiche, in particolare, sono state condotte con particolare riferimento agli studi "AdB Basilicata 1" e "Commissario 1" per il fiume Bradano e allo studio "Ginosa 1" per il torrente Galaso ed i canali di bonifica ed hanno valutato le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni corrispondenti all'"alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica ai sensi del PAI Puglia.

Le analisi idrauliche sono state effettuate con il modello idrodinamico MIKE FLOOD del DHI ed hanno valutato le modalità di deflusso degli eventi di piena suddetti con lo scopo di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e del modulo di velocità della corrente. Per ciascuno dei tempi di ritorno di riferimento sono state valutate attentamente le dinamiche di deflusso in stretta



relazione con la geometria del dominio di calcolo al fine di determinare l'estensione delle aree allagabili.

I risultati di tali analisi hanno dimostrato, rispetto agli studi posti alla base dell'attuale perimetrazione PAI, che:

- 1) le portate al colmo di piena riscontrabili alla foce del fiume Bradano risultano essere inferiori pur mantenendo un volume di piena identico a causa di assenza di esondazioni fino alla sezione 380;
- 2) l'esondazione del fiume Bradano risulta l'evento maggiormente dannoso per il livello di rischio idraulico dell'abitato di Marina di Ginostra, ma i volumi di piena devono superare diversi ostacoli per raggiungere il centro storico; gli ostacoli principali sono:
 - il rilevato stradale della SS 106;
 - i rilevati arginali del torrente Galaso;
 - il leggero incremento di quota del terreno in corrispondenza di viale Italia;
 - il leggero incremento di quota del terreno in corrispondenza di viale Trieste;
- 3) gli allagamenti riscontrabili all'interno dell'abitato sono dovuti principalmente ai volumi di piena dell'idrografia locale che non hanno più modo di defluire all'interno del proprio recapito, costituito dal torrente Galaso, a causa dei volumi provenienti dal fiume Bradano in grado di impegnare tutti i corsi d'acqua situati nella zona sud-ovest dell'abitato stesso.

Le analisi sono state ripetute dopo aver ipotizzato una serie di interventi di mitigazione che riguardano la realizzazione di argini, di casse di espansione e di adeguamenti dei canali esistenti. Nella configurazione di stato di progetto, pertanto, si riscontra una notevole riduzione del rischio idraulico, in modo particolare all'interno dell'abitato di Marina di Ginostra.



Allegato A: Descrizione del codice di calcolo **MIKE FLOOD del DHI**

1. PREMESSA

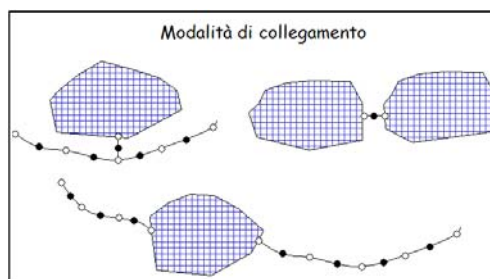
MIKE FLOOD è il codice di calcolo del DHI Water • Environment • Health che consente di utilizzare in modo integrato i modelli idrodinamici MIKE 11, monodimensionale, MIKE 21, bidimensionale ed il codice MIKE URBAN CS per le reti di drenaggio.

L'integrazione tra i diversi modelli avviene in modo totalmente dinamico, garantendo quindi la conservazione di massa e quantità di moto tra i due sistemi, ed è impostata attraverso un'interfaccia grafica comune.

MIKE FLOOD offre quindi un valido supporto in tutti gli studi di idrodinamica fluviale grazie alla sua estrema flessibilità, poiché consente di sfruttare al massimo le potenzialità di MIKE 11 e MIKE 21 facendo intervenire nell'ambito di uno stesso modello l'uno o l'altro codice in funzione delle specifiche esigenze di rappresentazione geometrica e di simulazione:

- MIKE 11 per la simulazione monodimensionale dei tratti dove l'approccio 1d sia sufficiente o dove non sia disponibile un modello del terreno;
- MIKE 21 per il deflusso in alveo, nelle golene e nelle aree di esondazione e di invaso coperte dalla batimetria.

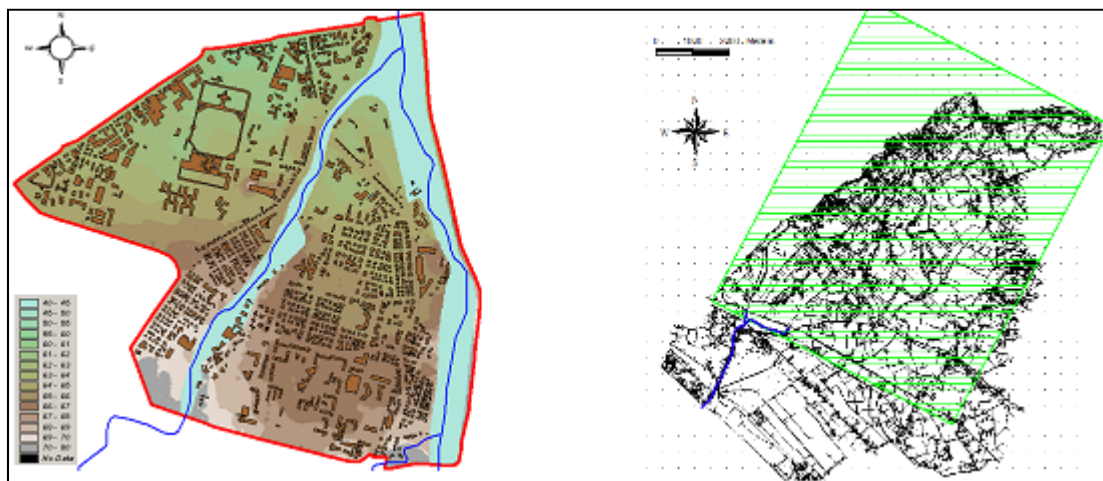
L'approccio integrato consente quindi di costruire un unico modello idrodinamico per un sistema fluviale esteso e complesso, adottando la schematizzazione e la risoluzione spaziale più consona ad ogni area pur mantenendo relativamente limitato il numero dei punti di calcolo e senza incorrere in problemi di condizioni al contorno tra le diverse zone.



Con MIKE FLOOD è inoltre possibile accoppiare in modo dinamico anche MIKE URBAN Collection System e MIKE 21, al fine di simulare gli effetti di allagamento di aree urbane e non conseguente ad insufficienze della rete di drenaggio.

MIKE FLOOD presenta le seguenti caratteristiche principali:

- i singoli codici di calcolo rimangono indipendenti l'un l'altro nella messa a punto, nell'interfaccia grafica e nell'input-output;
- una specifica interfaccia grafica consente di definire i collegamenti reciproci e biunivoci tra i diversi modelli per gli scambi di flusso e la congruenza dei livelli;
- i sistemi possono essere collegati secondo uno schema monte-valle oppure attraverso apposite strutture laterali che consentono, ad esempio, di simulare l'esondazione dagli argini sulle aree golenali;
- il collegamento tra i sistemi può avvenire in tutte le direzioni, orizzontale, verticale e diagonale;
- i dati di input possono essere preparati in ambiente GIS;
- i risultati possono essere rappresentati con i molteplici strumenti di visualizzazione statica e dinamica a corredo di MIKE FLOOD, nonché essere esportati in ambiente GIS.



2.COMPONETE MONODIMENSIONALE - MIKE 11

Il modello idrodinamico MIKE 11 simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni: portate laterali, flusso libero o rigurgitato, differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi, resistenze localizzate e perdite di carico concentrate, aree d'espansione, nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint-Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti). La soluzione del sistema di De Saint-Venant permette di rappresentare, in dettaglio, tutte le trasformazioni che l'onda di piena subisce nella traslazione da monte a valle per effetto della laminazione naturale, dell'interferenza con le opere idrauliche, delle esondazioni al di fuori dell'alveo attivo, della confluenza di tributari laterali e del contributo distribuito dei bacini versanti.

3.COMPONETE MONODIMENSIONALE - MIKE URBAN CS

MIKE URBAN Collection System è il codice di calcolo monodimensionale per le reti di drenaggio. Con MIKE URBAN CS è possibile utilizzare quale motore di calcolo per la simulazione idrodinamica delle correnti non stazionarie nelle reti fognarie, a pelo libero o in pressione, sia SWIM che MOUSE, quest'ultimo sviluppato dal DHI.

MOUSE, permette la modellazione di un'ampia gamma di strutture idrauliche, incrementi di pressione, particolari strutture idrauliche definite dall'utente, regole operative complesse, ecc.. oltre ad avere a disposizione un'ampia gamma di ulteriori strumenti e moduli per l'idrologia, la qualità delle acque ed il tempo reale. MIKE URBAN opera in ambiente ArcGIS, in cui è possibile costruire il modello numerico, eseguire le simulazioni e visualizzarne i risultati.

Il modello di calcolo idrodinamico risolve le equazioni complete di De Saint-Venant attraverso la rete di drenaggio (a maglia chiusa o ramificata), permettendo la modellazione degli effetti di rigurgito, inversioni di flusso, sovrappressioni nei tombini, deflusso a pelo libero ed in pressione, condizioni al contorno variabili nel tempo (ad esempio effetti di marea), bacini di accumulo. Il motore di calcolo MOUSE è stato progettato per simulare qualsiasi tipologia di



rete e tubazioni con sezione di qualsiasi forma. Qualsiasi struttura può essere rappresentata, comprese pompe, luci sottobattenti, sifoni ecc..

Lo schema di calcolo utilizza una soluzione numerica implicita alle differenze finite delle equazioni di De Saint-Venant. L'algoritmo numerico usa un passo di calcolo auto-adattante, che fornisce una soluzione efficiente e accurata sia nelle reti ramificate sia in quelle a maglia chiusa. Possono essere simulate condizioni sia di corrente lenta sia di corrente veloce grazie allo schema computazionale che si adatta alle condizioni locali di deflusso. Infine sono simulati con precisione gli effetti di rigurgito e le sovrappressioni.

4.COMPONENETE BIDIMENSIONALE - MIKE 21

MIKE 21 rappresenta lo stato dell'arte tra i codici di calcolo bidimensionali oggi disponibili. Il codice di calcolo MIKE 21 è un programma modulare contenente diversi codici per la simulazione di corpi idrici per i quali sia possibile approssimare il comportamento con l'approssimazione idrodinamica bidimensionale, piana, per fluidi verticalmente omogenei.

E' presente sia nella versione classica alle differenze finite su griglia rettangolare sia nella versione Flexible Mesh, ai volumi finiti, di tipo triangolare, quadrangolare o misto. Entrambe le tipologie di schema geometrico possono essere utilizzate in accoppiamento con MIKE 11 e MIKE URBAN CS per simulare in 2 dimensioni la propagazione sul territorio di volumi di piena non contenuti in alveo o nella rete di drenaggio.

Il principale modulo di MIKE 21 utilizzato in accoppiamento con il MIKE 11 e MIKE URBAN CS è il modulo idrodinamico HD il quale simula le variazioni di livello e corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate.

Il modulo idrodinamico risolve le equazioni complete del moto di De Saint-Venant in un caso bidimensionale piano (la terza dimensione - asse z - è implicitamente integrata nelle equazioni considerando un mezzo verticalmente omogeneo), non stazionario. Le equazioni del modello sono risolte alle differenze finite utilizzando il metodo ADI (Alternating Direction Implicit). Il sistema di equazioni linearizzate che scaturisce dall'algoritmo è risolto con il metodo DS (Double Sweep, Abbott, 1979).

Il modulo idrodinamico (HD), cuore del codice MIKE 21, simula le variazioni di livello e corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate, potendo essere utilizzato da solo o come base per i calcoli effettuati dagli altri moduli disponibili. In particolare, il modulo HD di MIKE 21 permette di tenere in considerazione i seguenti fenomeni:

- flooding and drying;
- perdite di carico;
- attrito al fondo;
- forza di Coriolis;
- effetto del vento;
- gradienti di pressione barometrica;
- coperture di ghiaccio;
- effetto delle maree;
- precipitazioni/Evaporazioni;
- radiation stresses;
- pozzi e sorgenti.

Come menzionato in precedenza, i risultati di una simulazione MIKE 21 HD possono essere usati come input per la simulazione di fenomeni fisici strettamente dipendenti dagli aspetti idrodinamici:

- trasporto di sostanze disciolte/sospese in acqua, modulo AD e modulo "Mud Transport";
- trasporto solido di materiale non coesivo, modulo ST;
- qualità delle acque ed idroecologia, modulo ECO Lab.



Infine, per quanto riguarda le analisi dei fenomeni di esondazione, MIKE 21 può essere accoppiato in modo dinamico attraverso l'interfaccia MIKE FLOOD al codice monodimensionale MIKE 11, per la simulazione degli alvei e dei canali, ed al codice MIKE URBAN, per la simulazione delle reti di drenaggio e collettamento urbano, schematizzando il dominio di calcolo in modo integrato 1D/2D.

Il modulo idrodinamico HD del Mike 21 risolve le equazioni complete del moto di De Saint-Venant in un caso bidimensionale piano (la terza dimensione - asse z - è implicitamente integrata nelle equazioni considerando un mezzo verticalmente omogeneo), non stazionario. Il sistema delle equazioni di De Saint-Venant è costituito dalle seguenti equazioni.

Equazione di conservazione della massa:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto lungo x:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - f V V_x \\ + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} p_a + \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial \mathcal{S}_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{S}_{xy}}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned}$$

Equazione di conservazione della quantità di moto lungo y:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega p - f V V_y \\ + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} p_a + \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial \mathcal{S}_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{S}_{xy}}{\partial x} \right) = 0 \end{aligned}$$

nelle quali:

- $h(x,y,t)$ = profondità dell'acqua;
- $\zeta(x,y,t)$ = quota del pelo libero;
- $p,q(x,y,t)$ = portate unitarie nelle direzioni x e y;
- $C(x,y)$ = coefficiente di scabrezza di Chèzy;
- G = accelerazione di gravità;
- $f(V)$ = fattore d'attrito del vento;
- $V, V_x, V_y(x,y,t)$ = velocità del vento e componenti lungo le direzioni x e y;
- $\Omega(x,y)$ = parametro di Coriolis;
- $p_a(x,y,t)$ = pressione atmosferica;
- ρ_w = densità dell'acqua;
- x,y = coordinate spaziali;
- t = tempo;
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = componenti dello sforzo di taglio che tengono conto della turbolenza e del profilo verticale delle velocità;
- S_{xx}, S_{xy}, S_{yy} = componenti del radiation stress (nel caso la forzante idrodinamica derivi dall'interazione tra il moto ondoso ed il fondo).



Il termine di turbolenza è rappresentato dagli sforzi di taglio τ che compaiono nelle equazioni di conservazione della quantità di moto lungo le direzioni x e y . La formulazione utilizzata prende in considerazione il parametro E "eddy viscosity" che è implementato secondo due modalità:

1. dipendente dal flusso locale:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(E \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E \frac{\partial p}{\partial y} \right) \quad (\text{nella direzione } x);$$

2. oppure dipendente dalla velocità locale:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(hE \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hE \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (\text{nella direzione } x);$$

Le due equazioni rappresentano il termine di sforzo di taglio nelle equazioni di conservazione della quantità di moto. Il coefficiente E può essere specificato come costante su tutta la griglia, variabile da punto a punto, o come funzione del campo di velocità locale secondo la formulazione di Smagorinski:

$$E = c_s^2 \Delta^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]$$

nella quale u e v sono le componenti della velocità locale, Δ è la dimensione spaziale della griglia e c_s è una costante compresa tra 0,25 e 1.

In questo caso il termine di sforzo di taglio nelle equazioni di conservazione della quantità di moto (asse x) è dato da:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(hE \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{2} hE \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

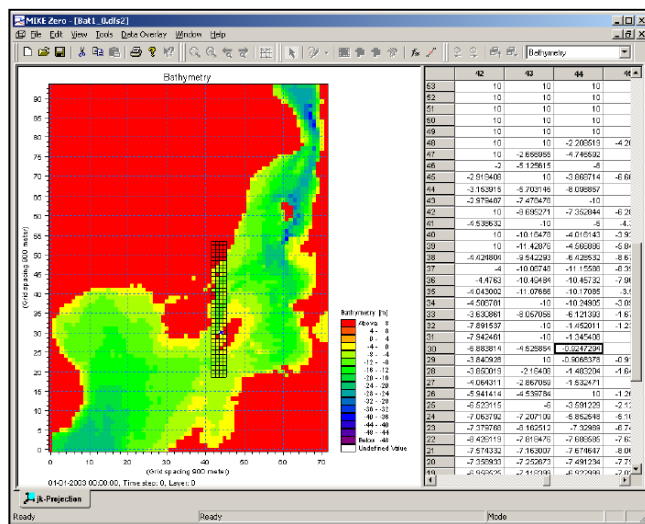
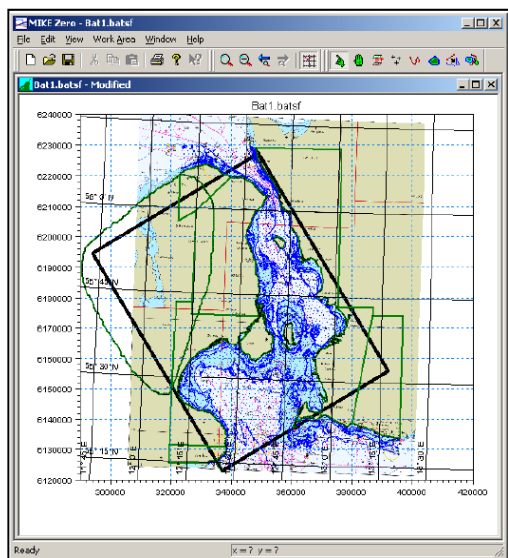
La portata entrante nell'area di calcolo viene assegnata come portata unitaria ($m^3/s/m$) lungo la frontiera libera dalla quale entra il flusso: viene assegnata al modello la portata complessiva (m^3/s) che viene poi ripartita automaticamente sui punti di calcolo della griglia.

La condizione iniziale è rappresentata da una situazione di "quiete", nel senso che tutte le componenti delle forzanti sono nulle (portate, velocità, livelli) e variano poi linearmente nel tempo fino a raggiungere il valore assegnato in un tempo prefissato. Questa tecnica, detta del "soft start" consente di eliminare eventuali brusche oscillazioni iniziali della soluzione che potrebbero presentarsi per problemi di stabilità numerica. Al termine del "soft start" la situazione ottenuta è di effettiva stazionarietà.

Le equazioni di continuità del moto sono risolte con una tecnica implicita alle differenze finite su una griglia rettangolare, uniforme su tutto il dominio di calcolo, costituita da celle di dimensioni tali da poter descrivere in maniera sufficientemente corretta le variazioni plano-altimetriche della batimetria.

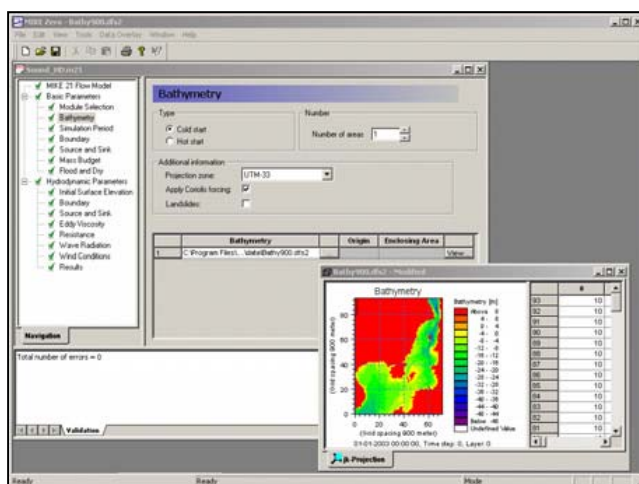
Il medesimo approccio della griglia singola viene utilizzato anche nella versione "*griglia multipla- nested grid*", che permette di innestare nel dominio di calcolo griglie a risoluzione crescente nelle aree ove sia richiesto un maggiore dettaglio.

Le equazioni della conservazione della massa e della quantità di moto sono risolte alle differenze finite utilizzando il metodo ADI (Alternating Direction Implicit). Il sistema di equazioni linearizzate che scaturisce dall'algorithm è risolto con il metodo DS (Double Sweep, Abbott, 1979).



Il modello MIKE 21 HD necessita di una serie di dati di input che si possono raggruppare in differenti categorie, ovvero:

- parametri temporali e del dominio (risoluzione della griglia di calcolo, time step, durata simulazione);
- fattori di calibrazione (bed resistance, viscosità turbolenta);
- condizioni iniziali (livelli e campi di corrente);
- condizioni al contorno (livelli, portate);
- altre forzanti (campi di vento, radiation stresses, sorgenti o pozzi).



I risultati di un'applicazione modellistica bidimensionale possono essere rappresentati con i molteplici strumenti di visualizzazione statica e dinamica a corredo dello strumento modellistico utilizzato. Gli strumenti di post processing consentono di creare animazione 2D da esportare ed utilizzare in ambiente di lavoro esterno alla piattaforma modellistica utilizzata per il calcolo numerico.

L'utilizzo di un approccio di tipo bidimensionale, permette di indagare non solo l'intensità del fenomeno ma anche direzione e verso del vettore velocità in ogni cella della



matrice. Ad esempio per ognuno degli elementi della griglia, sono rappresentati le variazioni temporali delle seguenti variabili:

- profondità e livelli idrici;
- flussi di corrente nelle direzioni principali;
- velocità di corrente e direzione.

