

COMUNE DI SAN GIULIANO TERME-PI

COMMITTENTE:

Edilizia Dauti Muhadri Srl
Piazza S. Luigi Gonzaga 4 -San Giuliano Terme (Pi)
P.Iva-02408160501

EDILIZIA DAUTI MUHADRI SRL
P.zza SAN LUIGI GONZAGA,4
56017 SAN GIULIANO TERME(PI)
P.I.02408160501.Tel.3245363645

PROGETTO ARCHITETTONICO:

Arch. Gabriele Monaco
Via Palermo 45 -56127- Pisa
tel/fax 050552396- cell 3356059629
E-mail: monaco.gabriele71@gmail.com
Pec: gabriele.monaco@archiworldpec.it



TITOLO

**PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE
VARIANTE AL POC
PER LA REALIZZAZIONE DI UNITA'
IMMOBILIARI A CIVILE ABITAZIONE- VIA
DELLE SORGENTI N°16- LOC. ASCIANO-SAN
GIULIANO TERME - PISA.**

URBANISTICA ED EDITING

Arch. Gabriele Monaco

GEOLOGIA

Dott. Geol. Monica Laquidara
via V. Fiorentina, 254-56021
Loc. Montione di Cascina-PI

STUDI IDRAULICI

ING. Valentina Altieri
STUDI DI INGEGNERIA BONACCI & ALTIERI
Viale Giovanni Pisano n. 67 - 56123 Pisa

AGRONOMIA

Arch. Gabriele Monaco

OGGETTO:

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

CONSULENTI

DOCUMENTO PRELIMINARE PER LA VERIFICA DI
ASSOGGETTABILITA' A V.A.S.
ai sensi dell'artt. 22 e 23 della L.R.T. 10/10 e s.m.i.
Arch. Martina Maria Lucia Trebbi
Via Monte Ortigara n°2 -56127- Pisa

CONSULENZA ENERGETICA:

CONSULENZA ACUSTICA:

Pratica

-

Scala

-

Formato

A4-A3

Elaborato

B.03

Rev	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
	GIUGNO 2023					
	NOVEMBRE 2023	INTEGRAZIONE A SOSTITUZIONE				

1. PREMESSA	1
2. INTRODUZIONE E DESCRIZIONE DEI LUOGHI	3
3. QUADRO CONOSCITIVO ATTUALE	6
4. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO	7
4.1 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	7
4.2 – BACINI IMBRIFERI	10
4.3 – ANALISI PLUVIOMETRICA	11
4.4 – ANALISI IDROLOGICA	12
4.4.1 – <i>SCelta DEL TEMPO DI RITORNO</i>	12
4.4.2 – <i>STIMA DELLA PIOGGIA EFFICACE</i>	12
4.4.3 – <i>DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE</i>	13
4.4.4 – <i>TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI</i>	14
4.5 – MODELLISTICA IDRAULICA	18
4.5.1 – <i>MODELLO DI CALCOLO A MOTO VARIO MONODIMENSIONALE</i>	19
4.5.2 – <i>MODELLO DI CALCOLO A MOTO VARIO BIDIMENSIONALE</i>	20
4.5.3 – <i>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL MODELLO IDRAULICO</i>	21
4.5.4 – <i>PARAMETRI DI SCABREZZA E COEFFICIENTI DI PERDITA CONCENTRATA</i>	24
4.5.5 – <i>MODELLAZIONE ATTRAVERSAMENTI</i>	24
4.5.6 – <i>CONDIZIONI AL CONTORNO E IDROGRAMMI DI PIENA</i>	25
4.5.7 – <i>SIMULAZIONE A MOTO VARIO</i>	28
4.5.8 – <i>RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA</i>	29
4.6 – <i>DATI DI OUPUT DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA</i>	32
5. GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE AI SENSI DELLA LRT 41/18	68
6. CONCLUSIONI	70

1. PREMESSA

Il presente studio idrologico - idraulico è stato redatto a supporto del “PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC PER LA REALIZZAZIONE DI UNITA' IMMOBILIARI A CIVILE ABITAZIONE- VIA DELLE SORGENTI N°16- LOC. ASCIANO- SAN GIULIANO TERME – PISA”, di proprietà della Società Edilizia Dauti Muhadri srl.

L'area in oggetto ricade in zona classificata come P2 – Pericolosità da alluvioni media disciplinata dagli artt. 9 e 10 della Disciplina di Piano del P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale, ovvero “sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio del rischio idraulico”, nel rispetto delle disposizioni di cui alla L.R. 41/2018.

*Poiché la zona di interesse risulta priva di studi idraulici di dettaglio, si è reso necessario procedere dapprima ad uno studio idrologico-idraulica dei canali interessati, per valutare la dinamica esondativa sia del **Fosso del Monte delle acque Calde** sia dell'**Antifosso del Monte** per l'evento di piena trentennale e duecentennale, individuare le aree soggette ad allagamento, e stimare i valori del battente idrico e della velocità, fondamentali per la caratterizzazione della classe di magnitudo e l'applicazione delle disposizioni di cui alla L.R. 41/18.*

Il modello idraulico impiegato è in regime di moto vario con schema quasi-bidimensionale, in cui il canale è analizzato nel dominio 1D e la propagazione dei fenomeni esondativi sul territorio circostante viene simulata nel dominio 2D. L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, cioè consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche della base DTM del volo Lidar maglia 1 metro per 1 metro. La scelta di procedere con il modello misto 1D/2D anziché con quello puramente bidimensionale è dipeso dalle dimensioni delle celle di calcolo da adottare (che non possono essere minori della maglia del DTM) e che quindi non avrebbero consentito di ben rappresentare l'alveo dei canali.

L'analisi è stata quindi condotta per l'evento di piena trentennale e duecentennale, mediante la costruzione per fasi successive di modelli sempre più dettagliati fino alla costruzione del modello completo, che ha permesso di ricavare il battente e la velocità su celle di dimensioni pari a quella della griglia di calcolo.

Noto il valore del battente è stato possibile analizzare le condizioni idrauliche dell'area in termini di superfici allagate e di altezze di ristagno, al fine di valutare le eventuali misure e gli accorgimenti tecnico-costruttivi da adottare, allo scopo di escludere la vulnerabilità delle opere in progetto nei confronti dell'evento atteso, nonché assicurare il non aggravio delle condizioni di rischio idraulico delle aree circostanti, secondo quanto disciplinato dalla L.r.41/18.

Il presente studio si è basato sui seguenti documenti e studi:

- *Progetto architettonico a firma dell'Arch. Gabriele Monaco;*

- *Relazione geologica a firma della dott.ssa Geol. Monica Laquidara;*
- *P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale;*
- *Studio idrologico e idraulico riguardante l'aggiornamento delle indagini idrauliche a supporto del Piano Operativo Comunale (luglio 2017) a firma dell'ing. Jacopo Taccini;*
- *Volo LiDar eseguito nel 2008 dalla Regione Toscana (risoluzione 1x1)*
- *Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000*

» » »

Tali fabbricati sono costituiti da (fig. 2.2):

1. EDIFICIO N°1- Corpo di fabbrica principale a due piani fuori terra e sottotetto. Attualmente costituito da due unità immobiliari di cui una, ad uso residenziale posta su una porzione del piano terra e piano primo. E una ad uso magazzino al piano terra
2. EDIFICIO N°2- Locale forno-sgombero ad un piano fuori terra
3. EDIFICIO N°3- Locale deposito ad un piano fuori terra
4. EDIFICIO N°4- Locale porcilaia-latrina ad un piano fuori terra

L'analisi delle indicazioni provenienti dallo stato attuale ha portato, anche alla luce delle disposizioni in materia urbanistica, la progettazione verso la riqualificazione dell'intera area.

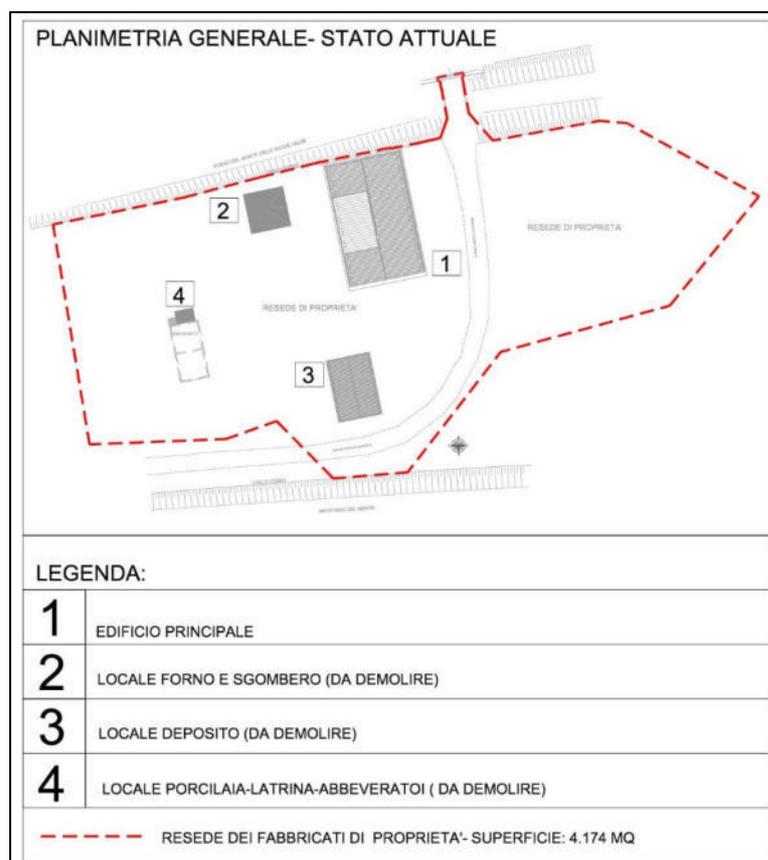


Fig. 2.2 – Planimetria – Stato attuale

Il progetto di riqualificazione in particolare prevede (fig. 2.3):

- 1- il recupero del corpo di fabbrica principale (Edificio principale n.1), attualmente costituito da due unità immobiliari di cui una, ad uso residenziale posta su una porzione del piano terra e piano primo e una ad uso magazzino al piano terra.
- 2- Il cambio d'uso e frazionamento in due o massimo tre unità abitative da realizzarsi entro il volume esistente (Edificio principale UI N°1 e UI N°2).
- 3- la demolizione, il cambio di destinazione d'uso e l'aumento della superficie edificabile degli edifici ad uso: locale deposito, locale forno-sgombero e locale porcilaia-latrina (edifici n°2-3-4), che si

- presentano estremamente degradati e non recuperabili con la realizzazione di un nuovo fabbricato ad uso residenziale composto da una unità abitativa (Edificio secondario UI N°3).
- 4- la sistemazione e la riorganizzazione degli spazi delle pertinenze esterne dell'intero resede di proprietà. Tale riorganizzazione avrà caratteristiche di unitarietà ed omogeneità con l'identificazione di nuove pertinenze al fine della tutela dell'ambiente e del paesaggio circostante.



Fig. 2.3 – Planimetria – Stato di progetto

4. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

Come già anticipato, poiché la zona di interesse risulta priva di studi idraulici di dettaglio, si è reso necessario procedere ad uno studio idrologico-idraulica ad hoc, allo scopo di valutare la dinamica esondativa dei canali di bonifica prossimi all'area di interesse, individuare le aree soggette ad allagamento, e stimare così i valori del battente idrico e della velocità, fondamentali per la caratterizzazione della classe di magnitudo e l'applicazione delle disposizioni di cui alla L.R. 41/18

Il modello idraulico impiegato è in regime di moto vario con schema misto mono-bidimensionale, in cui il canale è analizzato nel dominio 1D e la propagazione dei fenomeni esondativi sul territorio circostante viene simulata nel dominio 2D. L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, cioè consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche della base DTM del volo Lidar maglia 1 metro per 1 metro. La scelta di procedere con il modello misto 1D/2D anziché con quello puramente bidimensionale è dipeso dalle dimensioni delle celle di calcolo da adottare (che non possono essere minori della maglia del DTM) e che quindi non avrebbero consentito di ben rappresentare il piccolo alveo del canale.

Mediante l'utilizzo del software open source Quantum GIS 3.14 e del plug-in *Profile tool* è stato possibile estrapolare il profilo delle sezioni trasversali dei canali indagati a partire dal modello digitale del terreno del Volo Lidar anno 2008, la cui accuratezza (maglia 1x1 m) ha permesso una corretta modellazione; le sezioni del canale così ricavate sono state tarate e verificate mediante misurazioni sul posto, comprese le singolarità presenti quali tombamenti e ponticelli.

4.1 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area di intervento è compresa tra il **Fosso del Monte delle Acque Calde** (a nord) e l'**Antifosso del Monte** (a sud).

Il primo è un canale a scolo naturale, tributario del Fiume Morto e nasce dall'unione di tre corsi d'acqua: il Canale Monte Bianco, il Botro dei Pancacci e il Botro della Ragnaia, di cui quest'ultimo costituisce proprio il tratto collinare del Fosso del Monte delle Acque Calde.

Il secondo è invece un canale a sollevamento meccanico con recapito finale nell'Idrovora di Agnano, tributario anch'esso del Fiume Morto.

Entrambi i canali rientrano nell'elenco delle acque pubbliche del "Reticolo idrografico e di gestione di cui alla L.R. 79/2012 aggiornato con DCR 20/2019" (Figura 4.1), identificati con il codice BV5285 e BV5422, di competenza del Genio Civile Toscana Nord.

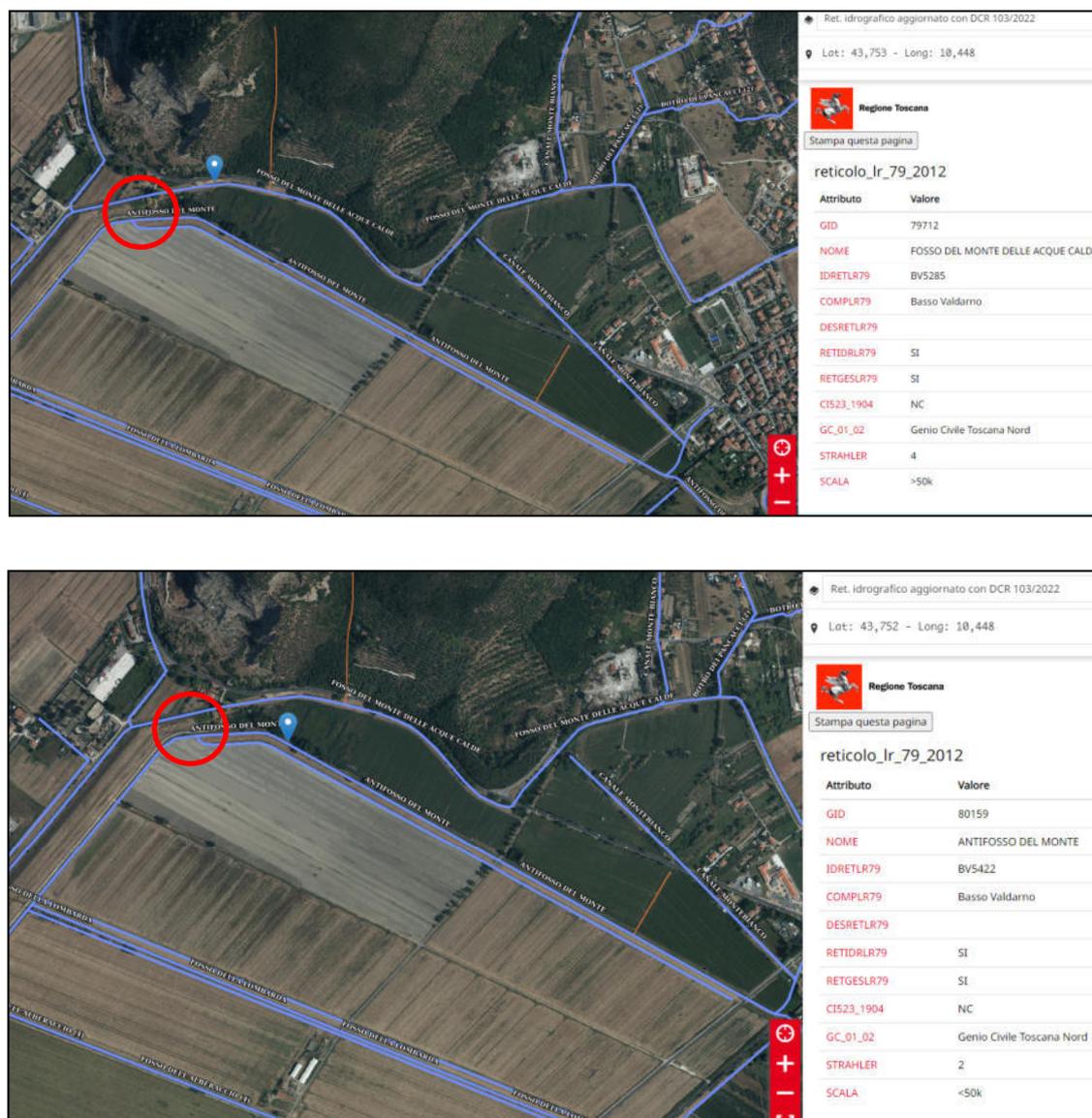


Figura 4.1: Estratto dal Portale Opendata della Regione Toscana “Rete Idrografica DCR 20/2019”

Come si evince dalla passata Carta Comprensoriale del Consorzio di Bonifica ex “Fiumi e Fossi” di Pisa (fig. 4.2), il Canale del Monte delle Acque Calde è un fosso arginato di raccolta delle “acque alte” e rappresenta dunque lo spartiacque rispetto alla zona depressa di “acque basse” posta in sinistra idrografica al medesimo, dove ricade l’Antifosso del Monte (i canali di bonifica rappresentati in colore celeste su campitura gialla sono a scolo meccanico).

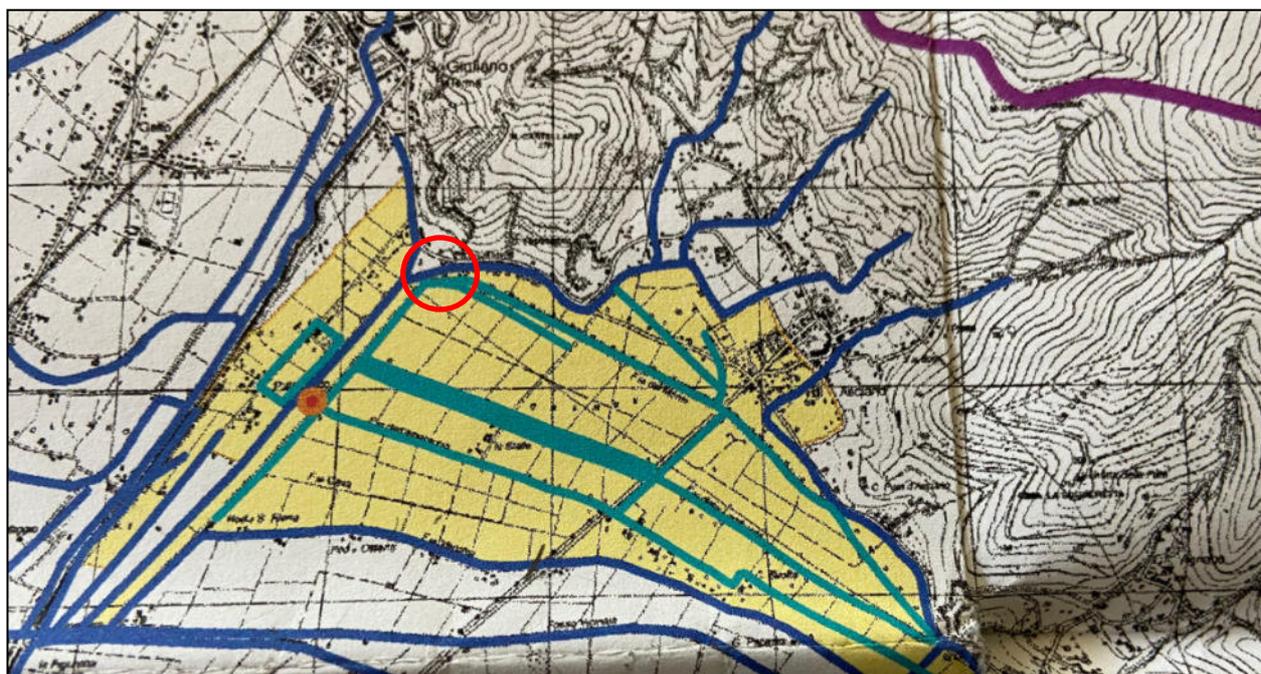


Figura 4.2: Cartografia comprensoriale ex “Ufficio Fiumi e Fossi” di Pisa – perimetrazione bonifica a sollevamento meccanico (campitura colore giallo)

Come descritto nei paragrafi successivi, nonostante da un punto di vista orografico la zona di studio appartenga al bacino imbrifero dell’Antifosso del Monte, l’estrema vicinanza alla rete di scolo delle acque alte - con tempi di corrivazione nettamente inferiori rispetto alla rete di scolo a sollevamento meccanico – comporta senz’altro un maggior rischio idraulico dovuto alla possibile esondazione del Fosso del Monte delle Acque Calde.

Il modello idraulico sarà dunque in grado di evidenziare la dinamica esondativa della zona e la interconnessione tra i canali a scolo naturale e quelli a sollevamento meccanico.

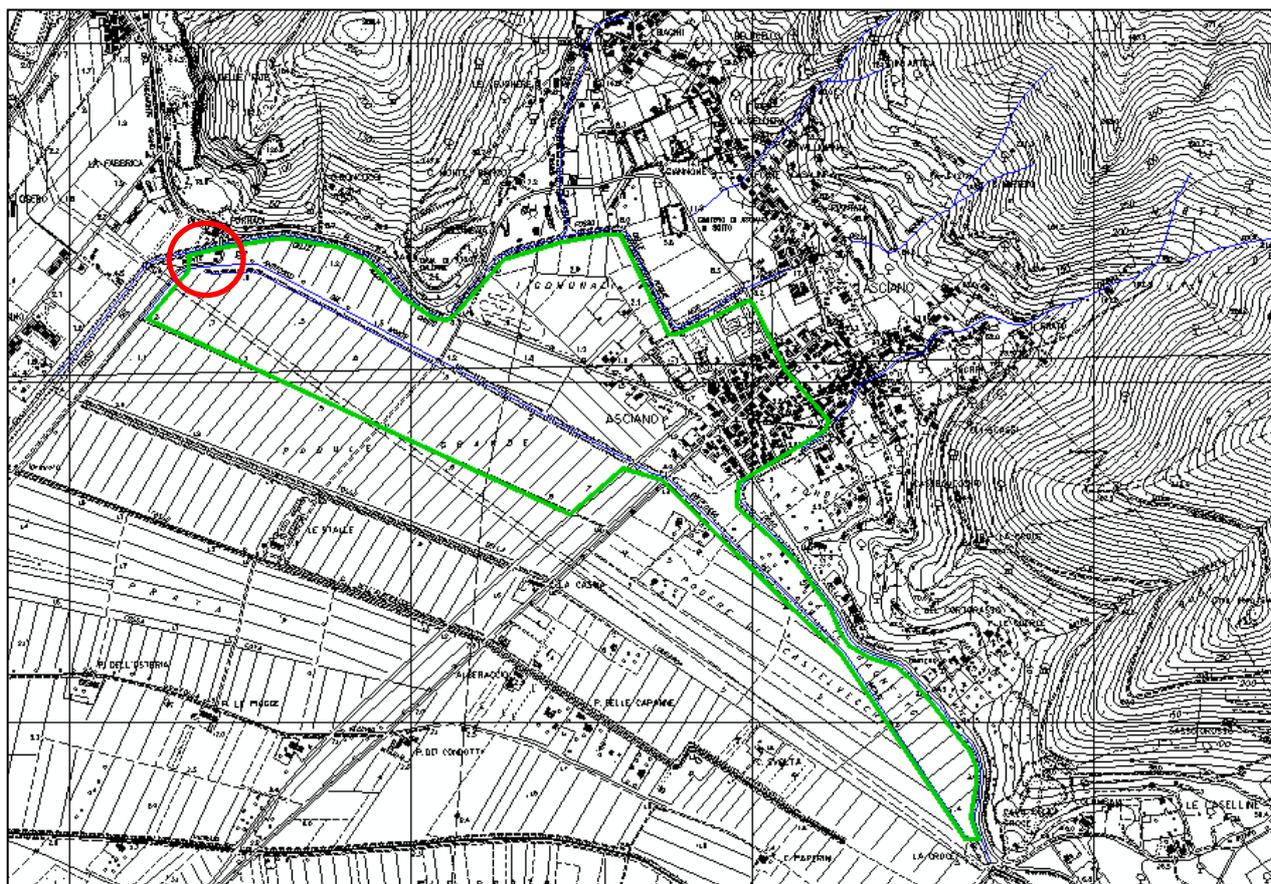


Figura 4.4: Estratto dalla CTR – Bacino idrografico del Antifosso del Monte alla sezione di chiusura

4.3 – ANALISI PLUVIOMETRICA

Per l'analisi pluviometrica sono stati utilizzati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica definite nella Relazione Idrologica a firma dell'ing. Taccini, di cui di seguito si riporta la tabella riassuntiva, per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni:

		TR30		TR200	
		Parametro "a"	Parametro "n"	Parametro "a"	Parametro "n"
Pugnano	Durate < 0.5 ore	78.348	0.48	107.110	0.48
	Durate > 0.5 ore	68.189	0.27964	94.894	0.30530
Molina di Quosa	Durate < 0.5 ore	75.884	0.48	103.738	0.48
	Durate > 0.5 ore	66.937	0.28671	92.359	0.31238
Rigoli	Durate < 0.5 ore	75.884	0.48	103.738	0.48
	Durate > 0.5 ore	66.369	0.28671	92.359	0.31238
San Giuliano	Durate < 0.5 ore	75.563	0.48	103.300	0.48
	Durate > 0.5 ore	66.080	0.28654	91.958	0.31221
Asciano	Durate < 0.5 ore	75.437	0.48	103.126	0.48
	Durate > 0.5 ore	66.138	0.29021	92.038	0.31589
Agnano	Durate < 0.5 ore	73.660	0.48	100.696	0.48

Tabella 3.1 – Parametri delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) estratte dallo studio comunale.

4.4 – ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica del bacino del Fosso del Monte Acque Calde e dell'Antifosso del Monte alla sezione di studio (ovvero nella sezione immediatamente a monte del ponticello di accesso al lotto in questione) è stata condotta valutando le massime portate defluenti, secondo il *Metodo Curve Number*, introdotto nel 1957 dal Soil Conservation Service (S.C.S) degli Stati Uniti d'America, utilizzando i medesimi dati di input estratti dallo studio idrologico del POC.

4.4.1 – Scelta del tempo di ritorno

In osservanza alle disposizioni contenute nel DPGR 53/R della Regione Toscana e del PGRA del Bacino del Fiume Arno, le verifiche idrauliche sono state svolte sia per eventi pluviometrici con tempo di ritorno trentennale "TR30", sia duecentennale "TR200".

I valori scelti per il tempo di ritorno sono conformi anche alle necessarie verifiche ai sensi della recente L.R. 24 luglio 2018 n. 41.

4.4.2 – Stima della pioggia efficace

I dati utilizzati per l'evento di piena per $Tr = 30$ e 200 anni sono quindi i seguenti:

- **ietogramma ad "intensità costante";**
- **durate di pioggia pari a 20-30-60-120-180-240 minuti.**

Riguardo la valutazione delle perdite di bacino sono state valutate con il *Metodo SCS-Curve Number* (S.C.S., 1972), che si basa sulla curva di precipitazione e perdita cumulate ed in cui, in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, viene calcolato istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso.

Dal punto di vista litologico, il citato metodo classifica i suoli in 4 gruppi, in base al tipo di copertura vegetale presente, alla morfologia e la potenzialità di deflusso del suolo.

Nel caso in esame, l'area scolante appartiene al gruppo litologico "B" e comprende suoli sottili contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D, caratterizzati per la maggior parte da potenzialità di deflusso moderatamente alta.

Una volta individuato il gruppo di appartenenza del terreno, si deducono i valori di CN a seconda del tipo di uso del suolo.

Il metodo distingue inoltre tre condizioni di umidità del terreno all'istante in cui ha inizio la pioggia, in base all'altezza complessiva di precipitazione (in mm) caduta nei cinque giorni precedenti la

pioggia stessa; in questo caso è stata considerata la condizione di umidità corrispondente alla classe AMC III, come da studio idraulico comunale.

Il valore del CN ottenuto per i bacini (cfr. § 3.1) è risultato:

- **FOSSO DEL MONTE (BACINO DI MONTE) → CN = 83,64**

- **FOSSO DEL MONTE (BACINO DI VALLE) → CN = 80,51**

- **ANTIFOSSO DEL MONTE → CN = 84,92**

4.4.3 – Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché tutta la superficie sottesa alla sezione di studio contribuisca al deflusso, è stato calcolato con la stessa metodologia proposta nello studio idraulico comunale, ovvero attribuendo al tempo di corrivazione la media dei valori calcolati mediante le seguenti formule:

- **Giandotti** (valida per bacini di dimensioni maggiori di 10 km²);
- **Kirpic** (per bacini piccoli e collinari);
- **SCS Chow-Maydment-Mays** (dipendente dal valore del parametro CN);
- **Puglisi** (per bacini dell'appennino di superficie fra 43 e 94 km²);
- **Viparelli** (che ipotizza una velocità media di deflusso pari a 1 m/s);
- **Merlo Tournon** (per bacini piemontesi di estensione molto piccola).

Il tempo di corrivazione medio del Fosso del Monte delle Acque Calde alla sezione di chiusura dei due bacini imbriferi è risultato:

- **BACINO DI MONTE → Tc = 1,81 ore**

- **BACINO DI VALLE → Tc = 1,19 ore**

Al contrario il tempo di corrivazione dell'Antifosso del Monte, è stato determinato con la formula di Pasini, poiché si tratta di un canale di bonifica con pendenza prossima allo zero e in taluni tratti in contropendenza.

Il tempo di corrivazione dell'Antifosso del Monte è risultato pari a 10 ore.

4.4.4 – Trasformazione afflussi - deflussi

Come già descritto ai paragrafi precedenti è stato adottato il modello dell'Idrogramma Unitario SCS, un idrogramma adimensionale definito da Soil Conservation Service in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di varia natura.

Il metodo si basa sulla stima del "**lag time**" che rappresenta lo sfasamento temporale tra il picco dell'idrogramma ed il baricentro dello ietogramma che lo ha prodotto. Il valore del "lag time" è definito dalla seguente espressione empirica: $T_L = 3/5 T_C$, dove T_C è il tempo di corrivazione precedentemente determinato.

Per la stima delle portate di progetto è stato dunque sviluppato un modello trasformazione afflussi-deflussi costruito ad-hoc, che ha permesso di stimare il valore di portata con ritorno prescelto pari a 30 e 200 anni e di costruire l'idrogramma di piena in ingresso.

Il modello di calcolo è stato fatto girare per **durate di pioggia pari a 20-30-60-120-180-240 minuti**, determinando i corrispondenti idrogrammi di piena, allo scopo di individuare quello che massimizza il valore di picco e il volume piovuto. Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle portate di picco in $[m^3/s]$ e gli idrogrammi di piena di progetto.

Idrogrammi FOSSO DEL MONTE DELLE ACQUE CALDE

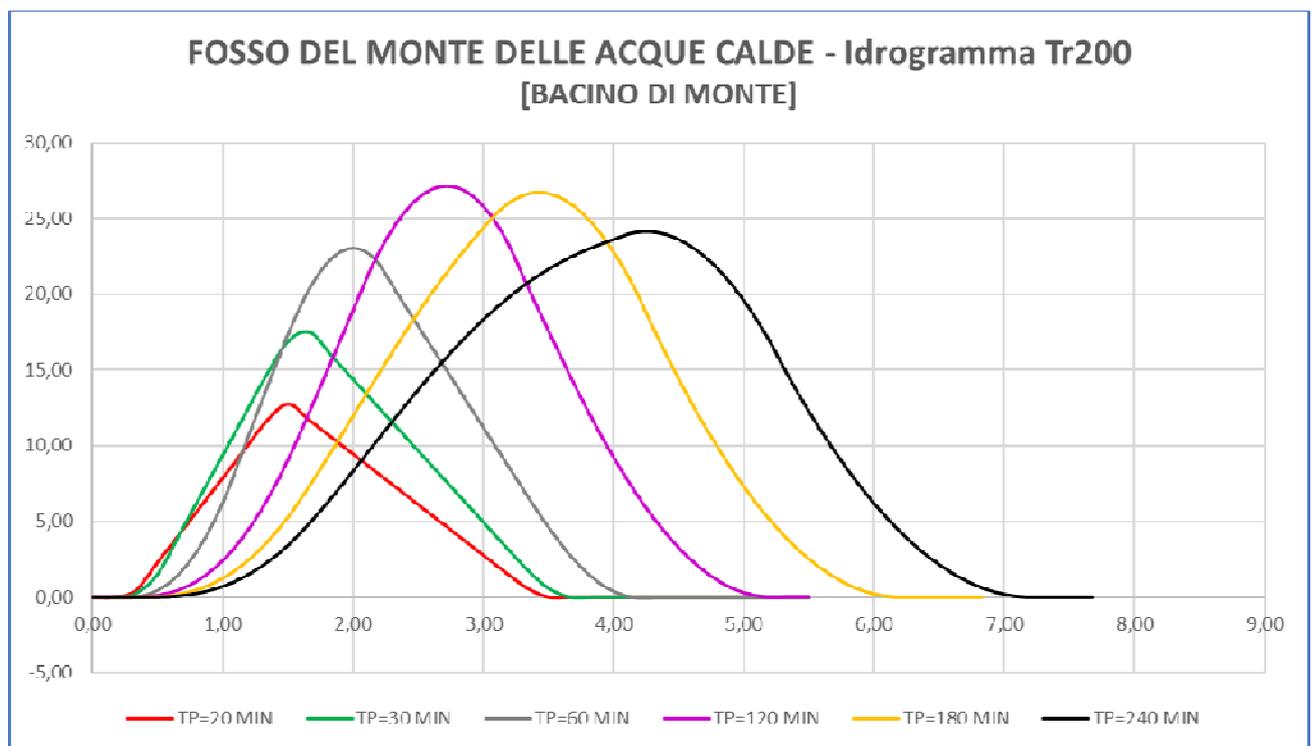
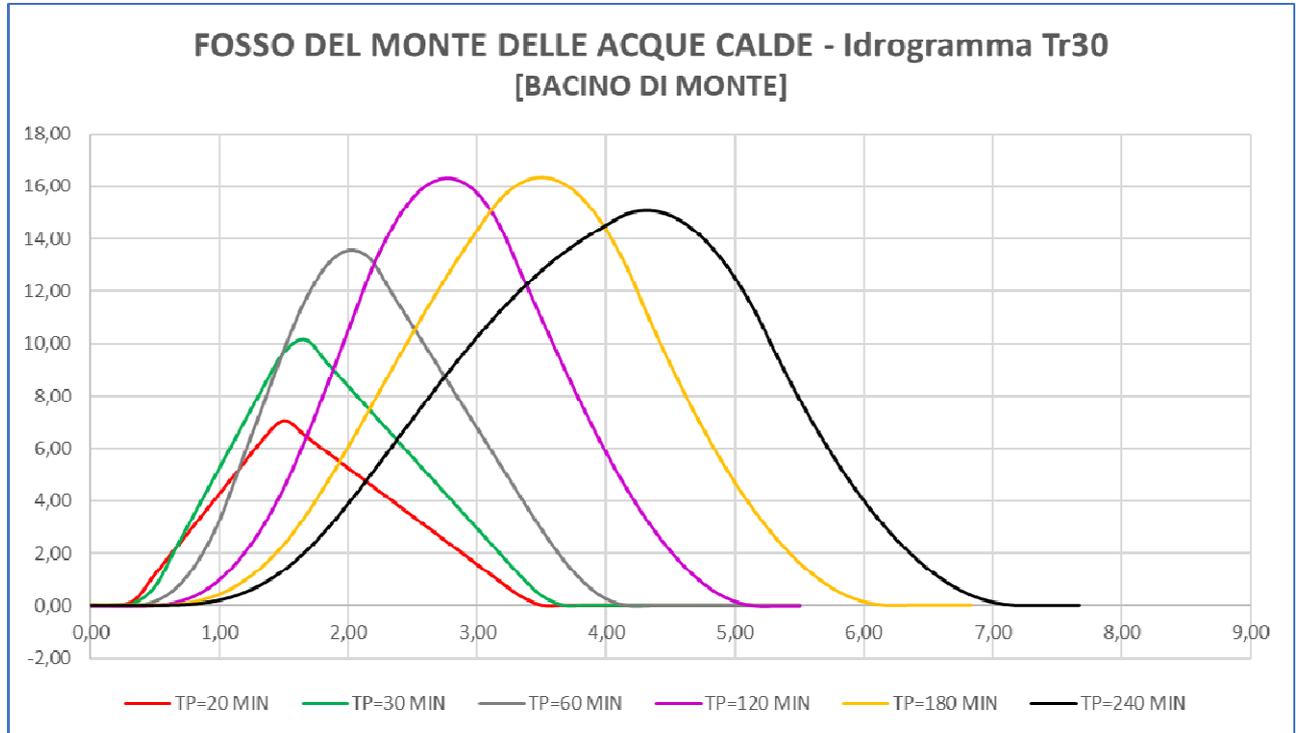
Durata Tp [minuti]	PORTATE BACINO di MONTE - alla confluenza - $[m^3/s]$		BACINO di VALLE - alla sezione di chiusura - $[m^3/s]$	
	TR 30 anni	TR 200 anni	TR 30 anni	TR 200 anni
20	7,05	12,76	1,14	2,19
30	10,15	17,48	1,68	3,02
60	13,58	23,07	2,29	4,03
120	16,27	27,11	2,60	4,43
180	16,37	26,66	2,40	3,96
240	15,08	24,11	2,14	3,46

Idrogrammi ANTIFOSSO DEL MONTE

Durata Tp [minuti]	PORTATE BACINO - alla confluenza - $[m^3/s]$	
	TR 30 anni	TR 200 anni
20	0.57	0.98
30	0.72	1.22
60	1.01	1.71
120	1.37	2.29
180	1.63	2.05
240	1.81	2.99

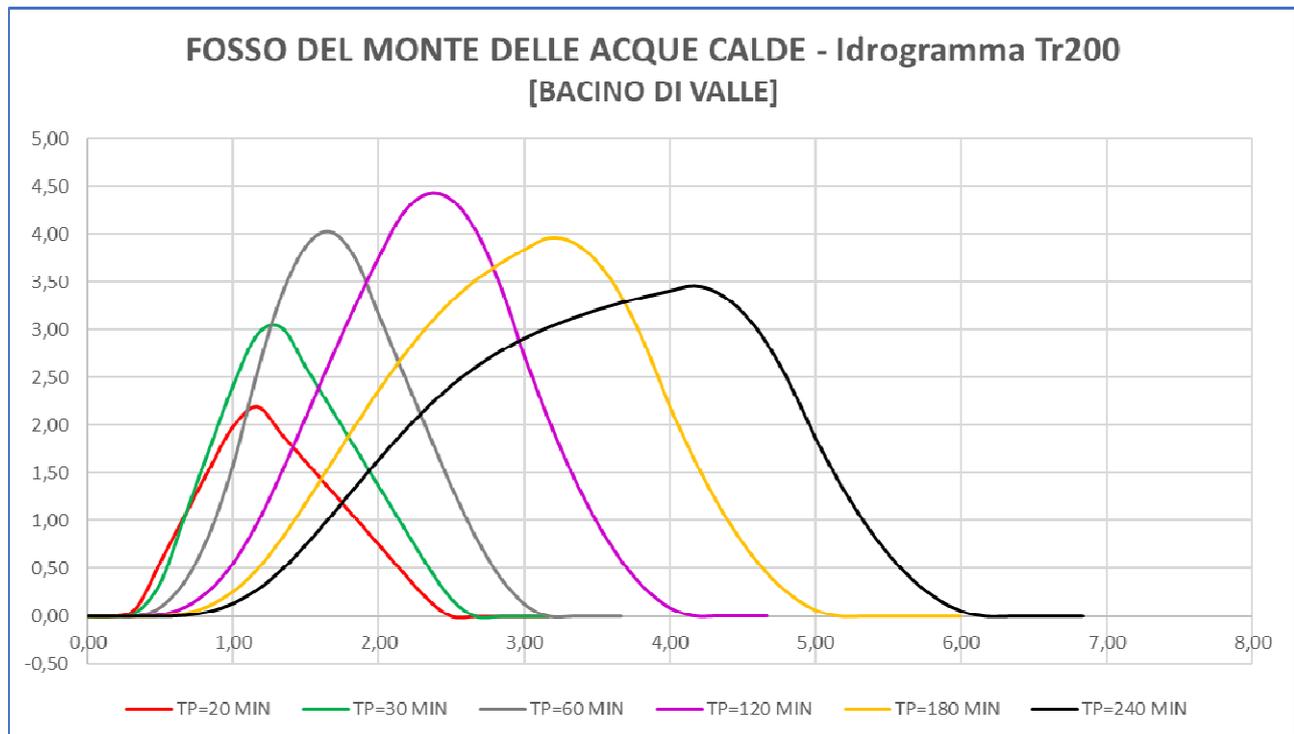
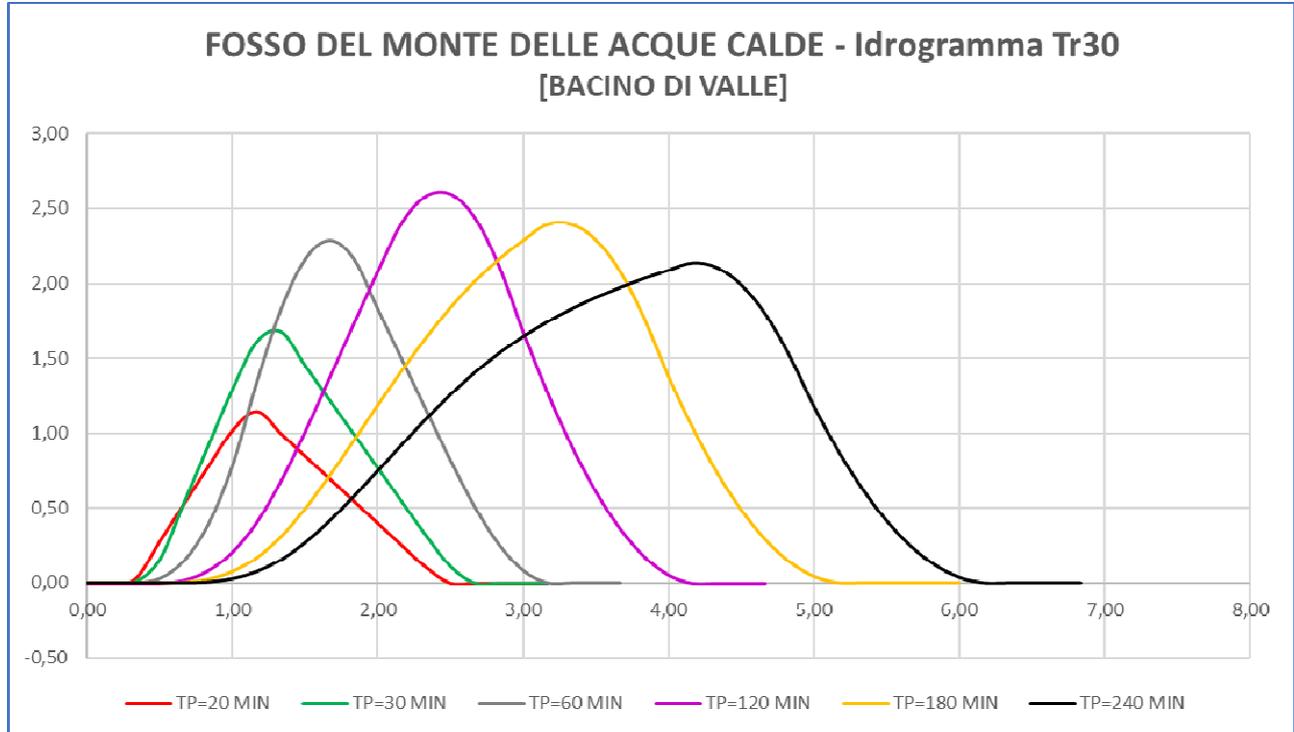
FOSSO DEL MONTE DELLE ACQUE CALDE – BACINO DI MONTE

Idrogrammi di piena per durate di pioggia pari a 20-30-60-120-180-240 minuti e tempi di ritorno pari a Tr 30 e 200 anni relativamente al BACINO DI MONTE



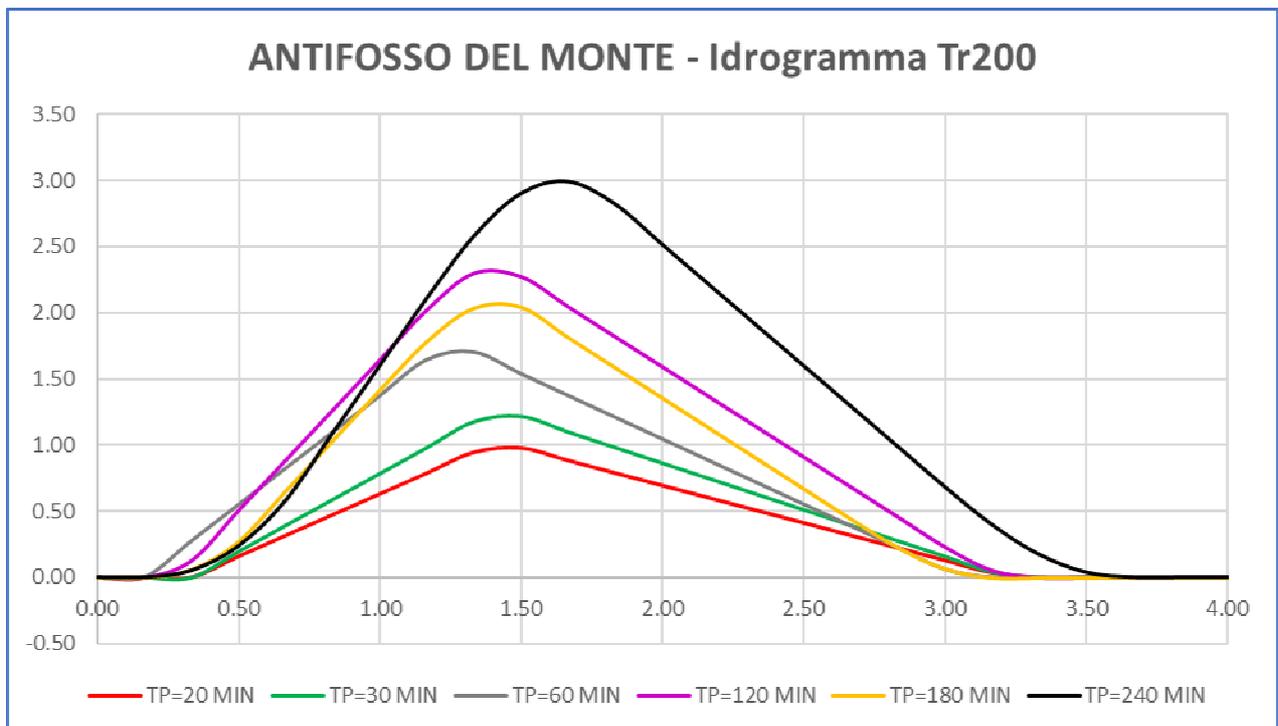
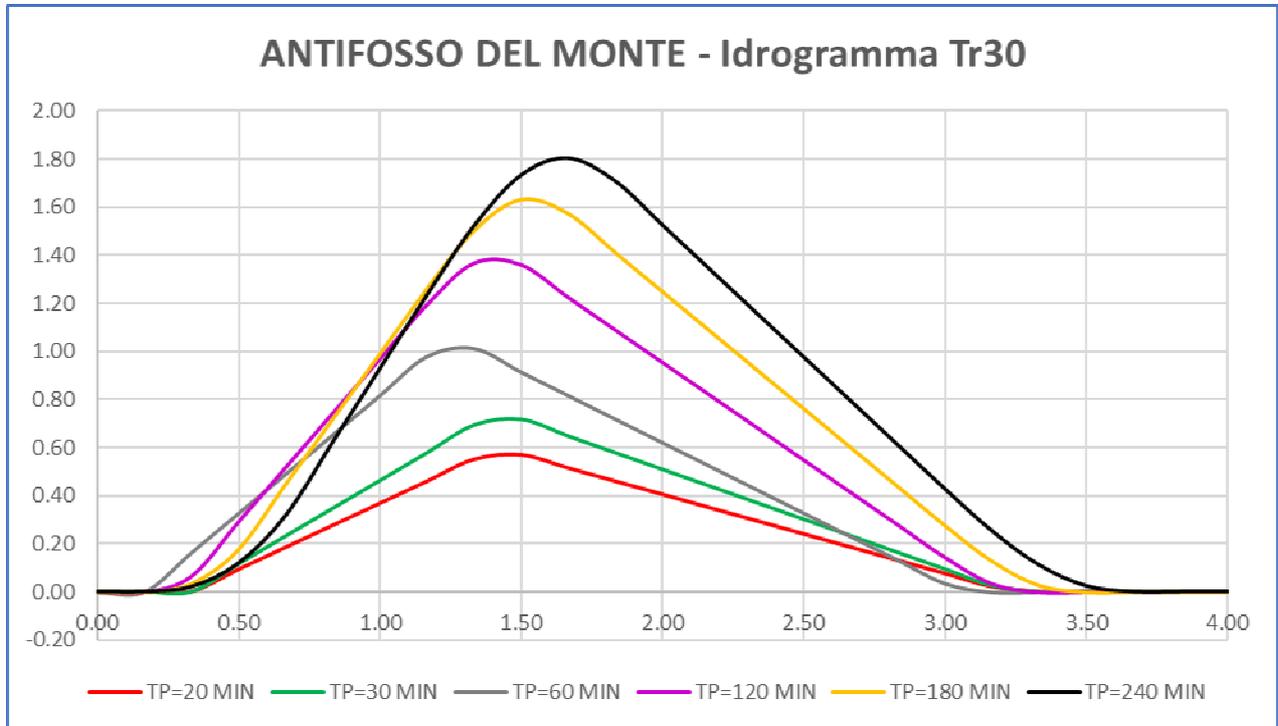
FOSSO DEL MONTE DELLE ACQUE CALDE- BACINO DI VALLE

Idrogrammi di piena per durate di pioggia pari a 20-30-60-120-180-240 minuti e tempi di ritorno pari a Tr 30 e 200 anni relativamente al BACINO DI VALLE.



ANTIFOSSO DEL MONTE

Idrogrammi di piena per durate di pioggia pari a 20-30-60-120-180-240 minuti e tempi di ritorno pari a Tr 30 e 200 anni



4.5 – MODELLISTICA IDRAULICA

La modellazione idraulica del Fosso del Monte Acque Calde e dell'Antifosso del Monte per la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.5 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state varie, partendo dal modello con schema monodimensionale e procedendo per fasi successive fino ad arrivare al modello idraulico completo.

Di seguito si riportano le fasi di sviluppo del modello:

1. **modello con schema monodimensionale del canale in regime di moto permanente** volto ad individuare i tratti in cui si hanno fuoriuscite d'acqua dalle sponde;
2. **modello con schema monodimensionale del canale in regime di moto vario** volto a verificare la coerenza tra i due regimi e nel contempo eventuale modifica dei parametri che potrebbero dare problemi di instabilità numerica del modello;
3. **implementazione del modello monodimensionale del canale in regime di moto vario mediante inserimento degli sfioratori laterali** nei tratti critici del canale dove si ha fuoriuscita dalle sponde, con funzionamento libero dello sfioratore (funzione “*out of the system*”);
4. **implementazione del modello mediante l'inserimento degli elementi bidimensionali (creazione di una maglia in area a deflusso 2D)** nelle zone esterne al corso d'acqua e loro connessione tramite gli sfioratori laterali (precedentemente inseriti) al fine di simulare lo scenario degli allagamenti.

Nel seguito, dopo una succinta esposizione delle caratteristiche dei modelli matematici in regime di moto vario implementati su RAS, è stata riportata la descrizione dei parametri di modellazione adottati per il corso d'acqua indagato.

4.5.1 – Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1-\Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al main channel (alveo centrale) ed alle floodplain (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la conveyance (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida y), A l'area liquida, Sf la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come box scheme.

Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo skyline, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "Local Partial Inertia", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico).

Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

4.5.2 – Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti (fig. 4.5).

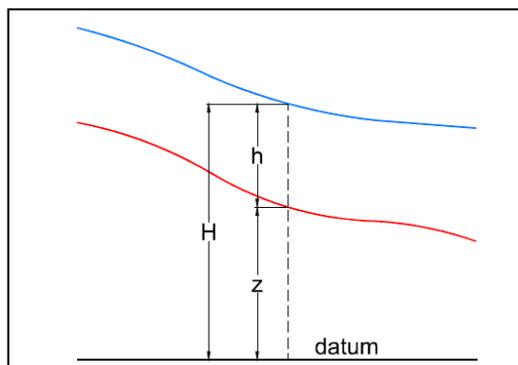


Figura 4.5: Sistema di riferimento di HEC-RAS 2D: la quota del terreno indicata con $z(x,y)$, l'altezza con $h(x,y,t)$ e la quota del pelo libero con $H(x,y,t)=z(x,y)+h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Per la modellazione del campo di moto, HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di pre-processione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso (fig. 4.6).

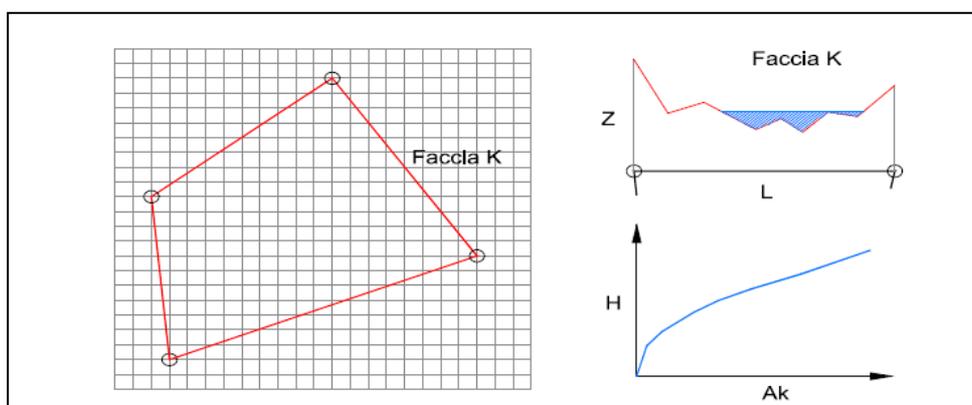


Figura 4.6: In grigio il dato della griglia DTM, in rosso la cella di calcolo del modello idraulico. A destra la schematizzazione effettuata da RAS sulle facce di bordo della cella.

4.5.3 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico

La geometria del modello è stata ricavata utilizzando i dati LIDAR disponibili per l'area in esame, verificando la congruenza tra le misurazioni dirette sul posto ed i dati forniti dal modello digitale del terreno, con interpolazione delle sezioni lidar con passo 10 metri.

La modellazione con schema monodimensionale in regime di moto vario ha interessato entrambi i canali di bonifica, allo scopo di valutare quale dei due canali ha una dinamica esondativa maggiormente critica per la nostra area di intervento.

- 1) **Fosso del Monte delle Acque Calde:** per una lunghezza di circa 2'100 m, a partire dalla sezione di confluenza dei 3 canali affluenti ed estendendosi ben oltre l'area di interesse del presente studio; in sostanza si tratta di un'estensione del tratto di valle non indagato dalla Studio Comunale (fig. 4.7).

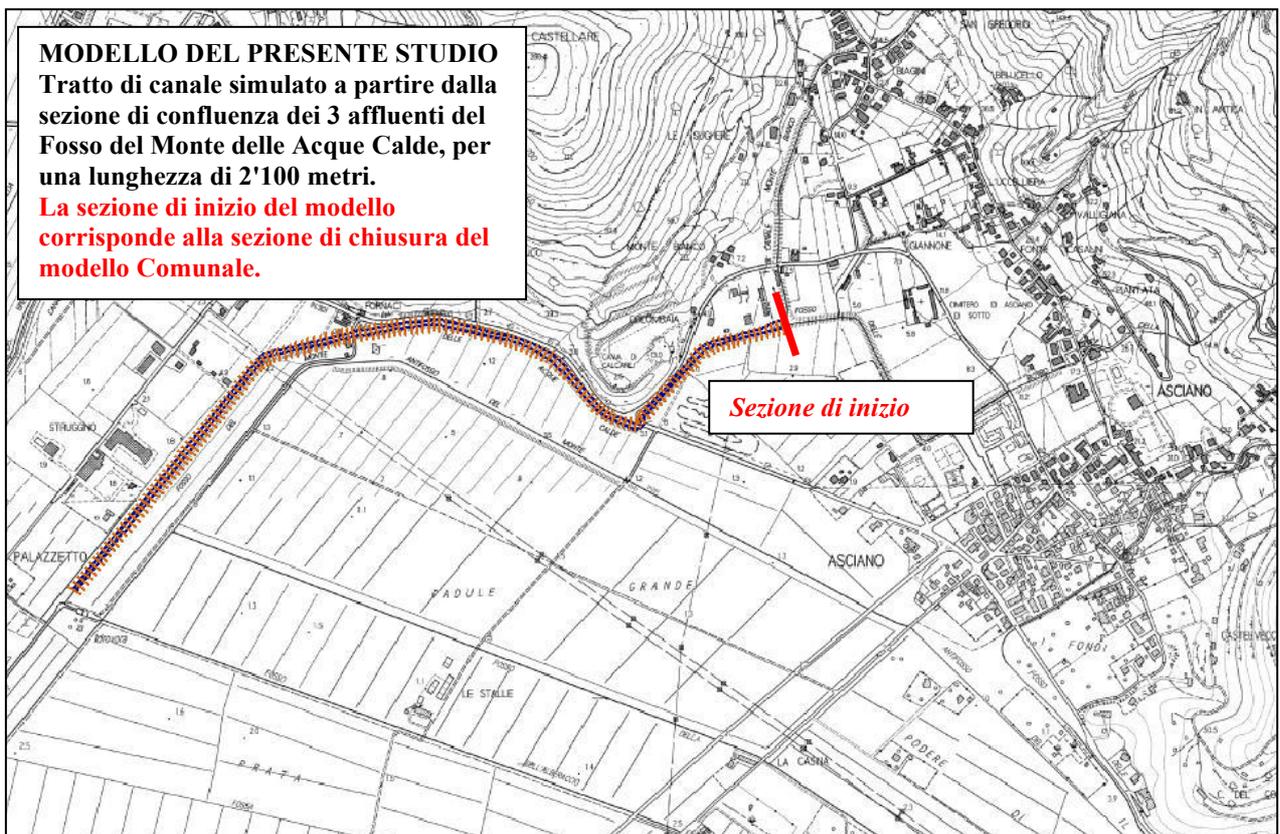
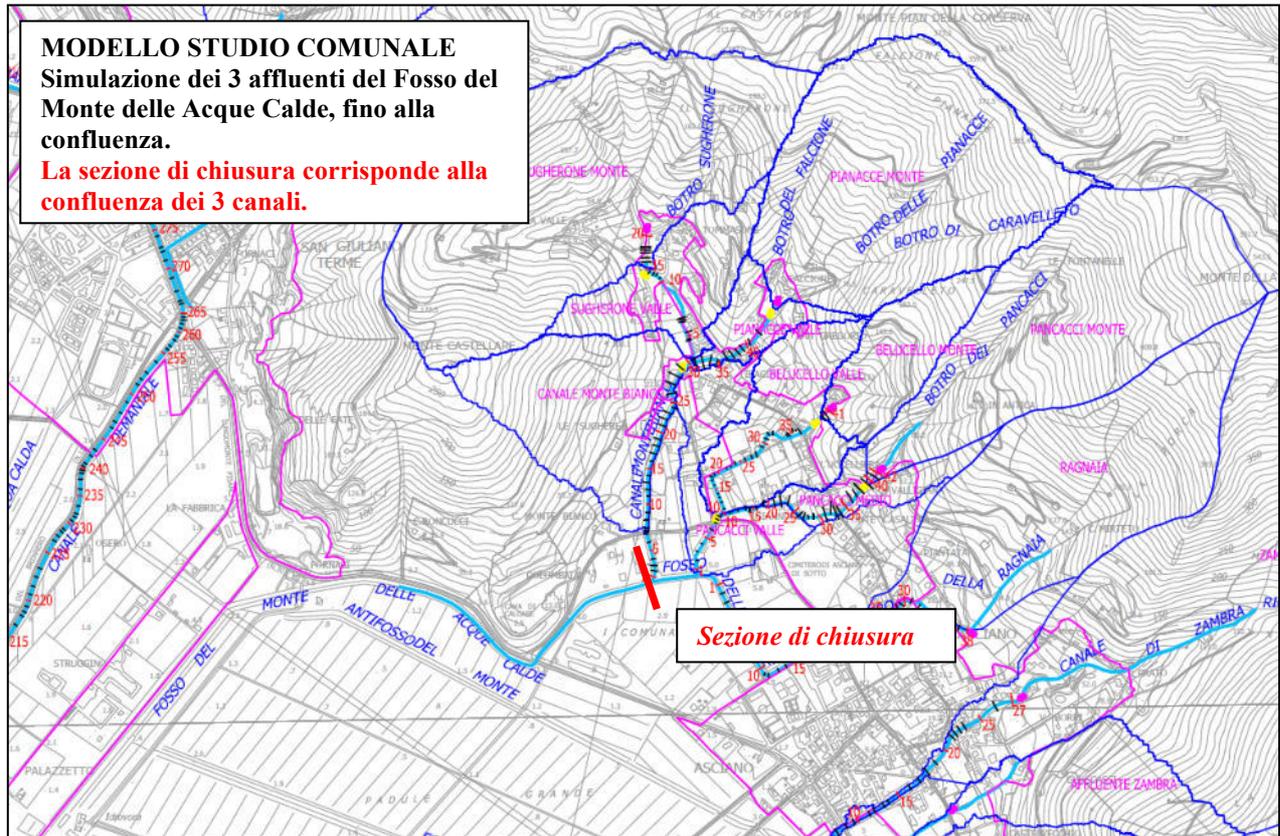


Figura 4.7: Confronto tra tratti indagati nello Studio Comunale e nel presente studio.

- 2) **Antifosso del Monte:** per una lunghezza di circa 1'900 m, fino all'area di interesse del presente studio (fig. 4.8).

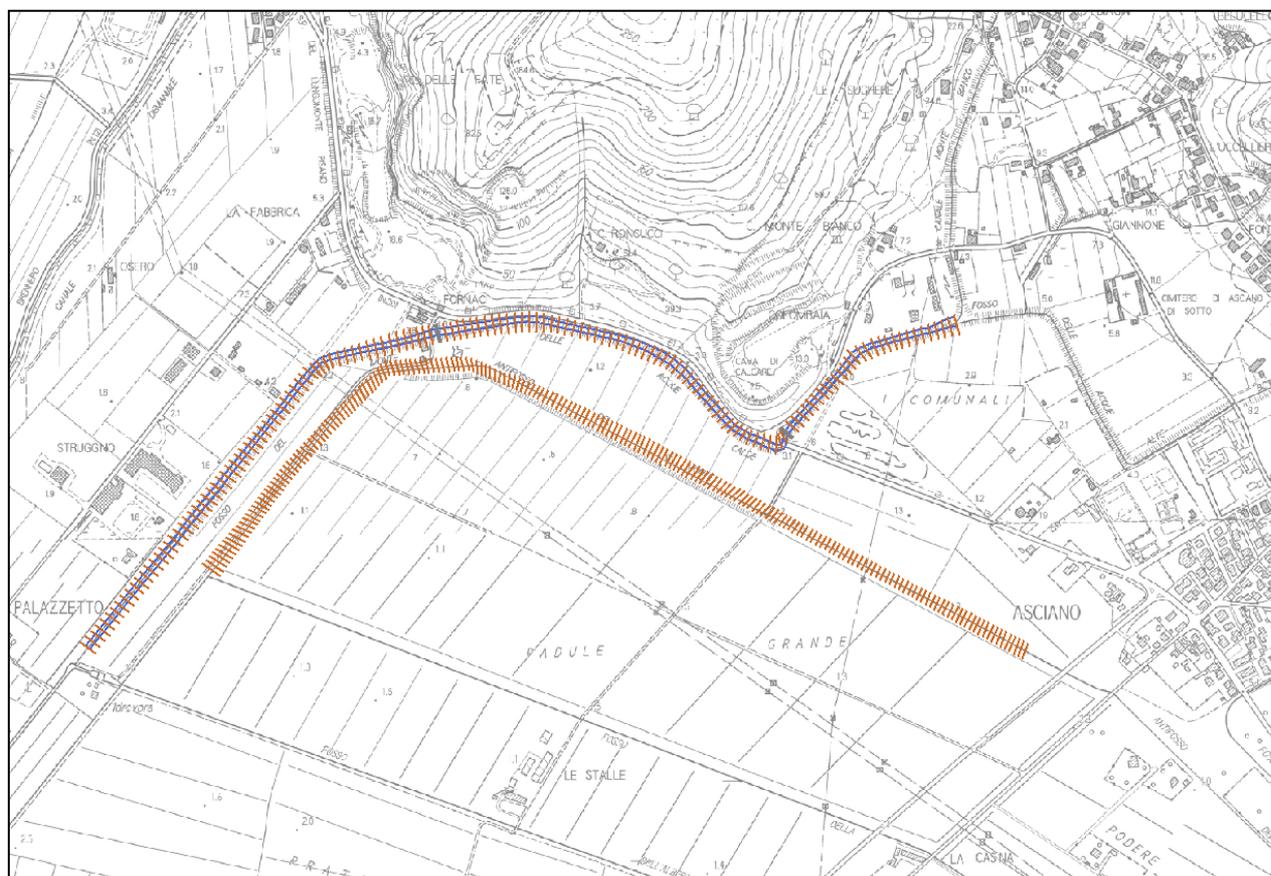


Figura 4.8: Tracciato dell'Antifosso del Monte in colore arancione

Le caratteristiche topografiche della rete di calcolo 2D sono state desunte dal DTM generato dai dati LIDAR della Regione Toscana disponibili per l'area di studio con maglia 1x1 metro.

La rete di calcolo bidimensionale ha interessato le aree esterne all'alveo inciso in sinistra idrografica al Fosso del Monte delle Acque Calde, escludendo cautelativamente le aree in destra idrografica dove è presente un'estesa fascia collinare. Un'eccezione è data dal tratto di monte, in corrispondenza del punto di confluenza dei tre canali, dove il modello con schema monodimensionale ha mostrato possibili esondazioni anche in destra idrografica; si è tuttavia ritenuto maggiormente cautelativo non prevedere alcuna area di accumulo in destra, contribuendo così ad incrementare la dinamica esondativa in sinistra dove si trova proprio l'area da indagare.

La "storage area 2D" è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in RAS, mediante la creazione di una maglia di calcolo 2D con celle di dimensioni 10x10 metri.

La rete bidimensionale è stata poi collegata al modello monodimensionale tramite delle “*lateral structure*” (ovvero degli sfioratori laterali) lungo la “*left bank station*” da cui si ha lo scambio di acqua (bidirezionale) tra modello monodimensionale e modello bidimensionale.

Il coefficiente di stramazzo dello sfioratore laterale è stato scelto pari a 1,1 valore utilizzato in condizioni di trasferimento del deflusso dal canale (elemento 1d) all’area esterna (dominio 2D) quando è presente un argine di limitata altezza (inferiore al metro).

4.5.4 – Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I **coefficienti di scabrezza n di Manning** sono stati fissati avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d’acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per cui si hanno a disposizione misure di taratura di n, considerando anche la possibilità che la piena possa avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione del corso d’acqua.

I dati utilizzati nel modello sono coerenti con quelli forniti dalla Studio Comunale, ovvero:

- n= 0.035 *main channel*
- n= 0.035 *overbanks*

Sono stati inoltre assegnati **coefficienti perdita concentrata per contrazione/espansione** pari rispettivamente a 0.1/0.3 per ogni sezione di calcolo.

Il **coefficiente di scabrezza delle celle bidimensionali** è stato assegnato a partire dall’uso del suolo derivato dal progetto Corine, secondo la tabella di corrispondenza (ripresa da R. Pestana et al., *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river, ESA Living Planet Symposium 2013*).

4.5.5 – Modellazione attraversamenti

La modellazione degli attraversamenti e di altre opere geometricamente rilevanti è avvenuta mediante misure speditive sul posto. La geometria delle opere individuate è stata così ricollegata alla morfologia derivante dai rilievi lidar e introdotta nel software di calcolo HEC-RAS.

Oltre all’introduzione geometrica dell’attraversamento, sono stati definiti i parametri di calcolo: per quanto riguarda il “*low flow method*” è stato impiegato il metodo dell’energia a standard step, per quanto riguarda invece il “*high flow method*” si è scelto il metodo noto come “*pressure and/or weir*” per il quale è stato assegnato un coefficiente per il flusso sommerso pari a 0.98, mentre è stato assegnato 1.44 per il coefficiente weir.

Per quanto riguarda i Contraction/Expansion Coefficients sono stati adottati rispettivamente i valori di 0.3 e 0.5 per le sezioni immediatamente a monte e a valle di tutti gli attraversamenti o altre singolarità che impongono sollecitazioni al normale deflusso.

I parametri così adottati risultano cautelativi per il caso in analisi.

4.5.6 – Condizioni al contorno e idrogrammi di piena

Per consentire l'avvio della simulazione di deflusso, è necessario introdurre le condizioni al contorno, tanto per i modelli idraulici di tipo monodimensionali quanto per quelli esclusivamente bidimensionali.

Le condizioni al contorno devono essere obbligatoriamente definite nelle sezioni di monte e di valle di ciascun modello monodimensionale e lungo il canale sono introducibili numerose condizioni al contorno aggiuntive utili a migliorare l'aderenza del modello alla realtà.

Nella maggior parte dei modelli è conveniente introdurre come condizione al contorno in corrispondenza della sezione di monte l'idrogramma calcolato per il bacino chiuso a tale sezione; per la sezione di valle è solitamente definita la pendenza della linea dell'energia in condizioni di deflusso a moto uniforme, per la quale è possibile assumere generalmente il medesimo valore di pendenza al fondo desumibile dal profilo longitudinale del corso d'acqua nel tratto terminale.

Un importante affinamento della qualità dei modelli bidimensionali è ottenibile modificando localmente la struttura della maglia di calcolo. Il software HEC-RAS, infatti, basa il calcolo bidimensionale su una maglia di celle regolari quadrate di lato imposto dall'utente; tuttavia è in grado di supportare celle di forma irregolare con un numero massimo di otto lati. L'utente ha così la possibilità di introdurre graficamente delle "break lines" in corrispondenza di particolarità morfologiche quali terrazzamenti, strade, rilevati o sbarramenti in genere, lungo le quali si forza così il programma a modificare la geometria delle celle di calcolo incrementandone notevolmente la qualità del risultato nell'intorno.

FOSSO DEL MONTE DELLE ACQUE CALDE

➤ Condizione al contorno di monte

Nel caso in esame la **condizione al contorno di monte** è data dall'idrogramma di piena trentennale TR30 e duecentennale TR200 "flow hydrograph" dell'intero BACINO DI MONTE (cfr. § 4.3.4) assegnando in testa al modello (punto di confluenza dei tre canali) l'intera portata attesa alla sezione di chiusura del bacino medesimo, condizione estremamente severa, che non tiene conto del reale effetto di laminazione dovuto alle cospicue esondazioni lungo i canali affluenti di monte.

Come riportato nello Studio Idraulico comunale nel documento “04 – Allegato Idraulico”, in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei 3 affluenti modellati, la portata di progetto (riferita all'idrogramma di piena in ingresso) subisce una marcata riduzione a causa proprio delle diffuse esondazioni verso le floodplain del modello. In particolare si rileva che alla sezione di chiusura del BACINO DI MONTE, le portate in uscita (laminare) dai 3 affluenti sono:

- Canale Monte Bianco = 1,96 m³/s (per qualsiasi durata e tempo di ritorno rif. Fig. 4.9);
- Botro dei Pancacci = 2,18 m³/s (per qualsiasi durata e tempo di ritorno rif. Fig. 4.10);
- Botro della Ragnaia = laminazione variabile, dal 40% al 6%.(rif. Fig. 4.11).

Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp030	8.94	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp030	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp060	8.45	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp060	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp120	6.33	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp120	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp180	5.07	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp180	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp240	4.29	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp240	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR200tp020	7.02	Canale monte bia	1	Max WS	TR200tp020	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp020	3.55	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp020	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp030	4.93	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp030	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp060	4.96	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp060	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp120	3.87	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp120	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp180	3.14	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp180	1.96
Canale monte bia	42	Max WS	TR30tp240	2.68	Canale monte bia	1	Max WS	TR30tp240	1.96

Figura 4.9: **Canale Monte Bianco** – estratto da Allegato 04 _ sez.42 (portate di picco degli idrogrammi in ingresso) e sez.1 (portate in uscita laminare)

Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp030	17.82	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp030	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp020	15.10	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp020	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp010	7.65	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp010	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp060	16.08	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp060	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp120	11.60	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp120	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp180	8.73	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp180	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR200tp240	7.19	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR200tp240	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp240	4.13	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp240	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp180	5.14	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp180	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp120	6.68	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp120	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp060	9.04	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp060	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp030	9.64	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp030	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp020	7.07	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp020	2.18
Botro dei Panca2	9	Max WS	TR30tp010	3.15	Botro dei Panca2	1	Max WS	TR30tp010	2.18

Figura 4.10: **Botro dei Pancacci** – estratto da Allegato 04 _ sez.9 (portate di picco degli idrogrammi in ingresso) e sez.1 (portate in uscita laminare)

Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp030	7.91	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp030	4.67
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp020	6.22	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp020	4.55
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp060	7.62	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp060	4.86
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp120	5.73	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp120	5.00
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp180	4.57	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp180	4.31
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR200tp240	3.85	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR200tp240	3.84
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp240	2.44	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp240	2.43
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp180	2.88	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp180	2.86
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp120	3.57	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp120	3.48
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp060	4.57	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp060	4.27
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp030	4.51	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp030	4.03
Botro Ragnaia	38	Max WS	TR30tp020	3.30	Botro Ragnaia	1	Max WS	TR30tp020	2.90

Figura 4.11: **Botro della Ragnaia** – estratto da Allegato 04 _ sez.38 (portate di picco degli idrogrammi in ingresso) e sez.1 (portate in uscita laminare)

Alla luce di quanto riportato nelle figure precedenti, si evince che la massima portata duecentennale alla sezione di chiusura (quale contributo dei 3 bacini afferenti) risulta:

$$[1,96+2,18+5,00] = \mathbf{9,14 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Le portate in uscita dal modello comunale sono quindi nettamente inferiori alle portate in ingresso riferite al modello costruito nel presente studio (rif. § 4.3.4), dove per Tr 200 anni e tp di durata 180 minuti, si ha una portata di picco pari a **26,66 m³/s.**, condizione dunque estremamente severa.

Per una maggiore confrontabilità con lo Studio Comunale, l'analisi dei deflussi è stata condotta anche per l'evento duecentennale per una durata Tp=120 minuti con laminazione della portata in uscita pari a 9,14m³/s, riferito allo Studio idraulico medesimo.

➤ Condizione al contorno di valle

Quale **condizione al contorno di valle** è stata assunta l'altezza di moto uniforme "*unsteady flow data normal depth*" pari a 0.001, poiché in fase di taratura del modello mediante lo schema monodimensionale è risultata essere maggiormente cautelativa rispetto all'altezza critica.

➤ Unsteady Flow data

Si riassumono di seguito le condizioni al contorno di monte e di valle dei 12 modelli simulati per Tr30-Tr200 anni e durate di pioggia Tp = 20, 30, 60, 120, 180 e 240 minuti, tra cui è anche il contributo laterale uniformemente distribuito lungo il tracciato proveniente dal BACINO DI VALLE per i medesimi Tr e Tp. In ultima colonna si riportano anche le condizioni al contorno estrapolate dallo studio comunale.

River	RS	Boundary Condition	Q30 tp20	Q30 tp30	Q30 tp60	Q30 tp120	Q30 tp180	Q30 tp240	Q200 tp20	Q200 tp30	Q200 tp60	Q200 tp120	Q200 tp180	Q200 tp240	Q200 tp120 (Taccini)
acque calde	2111.08	Flow Hydrograph	7.05	10.15	13.58	16.27	16.37	15.08	12.76	17.48	23.07	27.11	26.66	24.11	9.14
acque calde	2058.11	Uniform Laterla Inflow	1.14	1.68	2.29	2.6	2.4	2.14	2.149	3.02	4.03	4.43	3.96	3.46	4.43
acque calde	0	Normal depth	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

ANTIFOSSO DEL MONTE

➤ Condizione al contorno di monte

La **condizione al contorno di monte** è data dall'idrogramma di piena trentennale TR30 e duecentennale TR200 "*flow hydrograph*" del bacino dell'Antifosso del Monte (cfr. § 4.3.4) assegnando in testa al modello l'intera portata attesa alla sezione di chiusura del bacino medesimo, condizione estremamente severa.

➤ **Condizione al contorno di valle**

Quale **condizione al contorno di valle** è stata assunta l'altezza di moto uniforme "*unsteady flow data normal depth*" pari a 0.0001 (anche se in alcuni tratti si trova in contropendenza).

➤ **Unsteady Flow data**

Si riassumono di seguito le condizioni al contorno di monte e di valle dei 12 modelli simulati per Tr30-Tr200 anni e durate di pioggia $T_p = 20, 30, 60, 120, 180$ e 240 minuti.

River	RS	Boundary Condition	Q30 tp20	Q30 tp30	Q30 tp60	Q30 tp120	Q30 tp180	Q30 tp240	Q200 tp20	Q200 tp30	Q200 tp60	Q200 tp120	Q200 tp180	Q200 tp240
antifosso	1912.26	Flow Hydrograph	0.57	0.72	1.01	1.37	1.63	1.81	0.98	1.22	1.71	2.29	2.05	2.99
antifosso	41.12	Normal depth	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

In ogni caso, è opportuno precisare che il metodo d'integrazione numerica adottato dal software (*Standard Step Method*) è intrinsecamente autoregolante, ovvero, dopo pochi step spaziali (sezioni) l'altezza d'acqua della corrente risulta invariante rispetto alla condizione al contorno adottata. Per questo motivo eventuali imprecisioni nella valutazione delle altezze di controllo diventano inessenziali se si dispone di un numero di sezioni in eccesso (XS interpolation by reach pari a 10 metri) rispetto a quelle strettamente necessarie a valutare il rischio idraulico del tratto da indagare.

4.5.7 – Simulazione a moto vario

Per eseguire la simulazione a moto vario "*Unsteady flow analysis*" è stato necessario impostare l'intervallo del passo temporale di integrazione (pari a 1 minuto), affinché ricada entro il range di stabilità fornito dalla condizione di Courant, che permette di ovviare ad eventuali problemi numerici di non convergenza del modello.

Di seguito i dati di input della schermata Unsteady flow analysis

Simulation Time Window		Starting Date: 07MAR2023		Starting Time: 0	
Ending Date: 07MAR2023		Ending Time: 7:50			
Computation Settings					
Computation Interval: 1 Minute		Hydrograph Output Interval: 1 Minute			
Mapping Output Interval: 4 Minute		Detailed Output Interval: 4 Minute			

4.5.8 – Risultati della modellazione idraulica

Partendo dunque dall'analisi dei modelli con schema monodimensionale si è dimostrato che la dinamica esondativa del Fosso del Monte delle Acque Calde è maggiormente critica per l'area di studio; d'altro canto il modello dell'Antifosso del Monte ha evidenziato che per l'evento di pioggia $T_r=200$ anni e $T_p=240$ minuti si manifestano le maggiori esondazioni in destra e sinistra ad una distanza tuttavia di 1000 metri e dunque ininfluenti per l'area in esame (fig. 4.12).

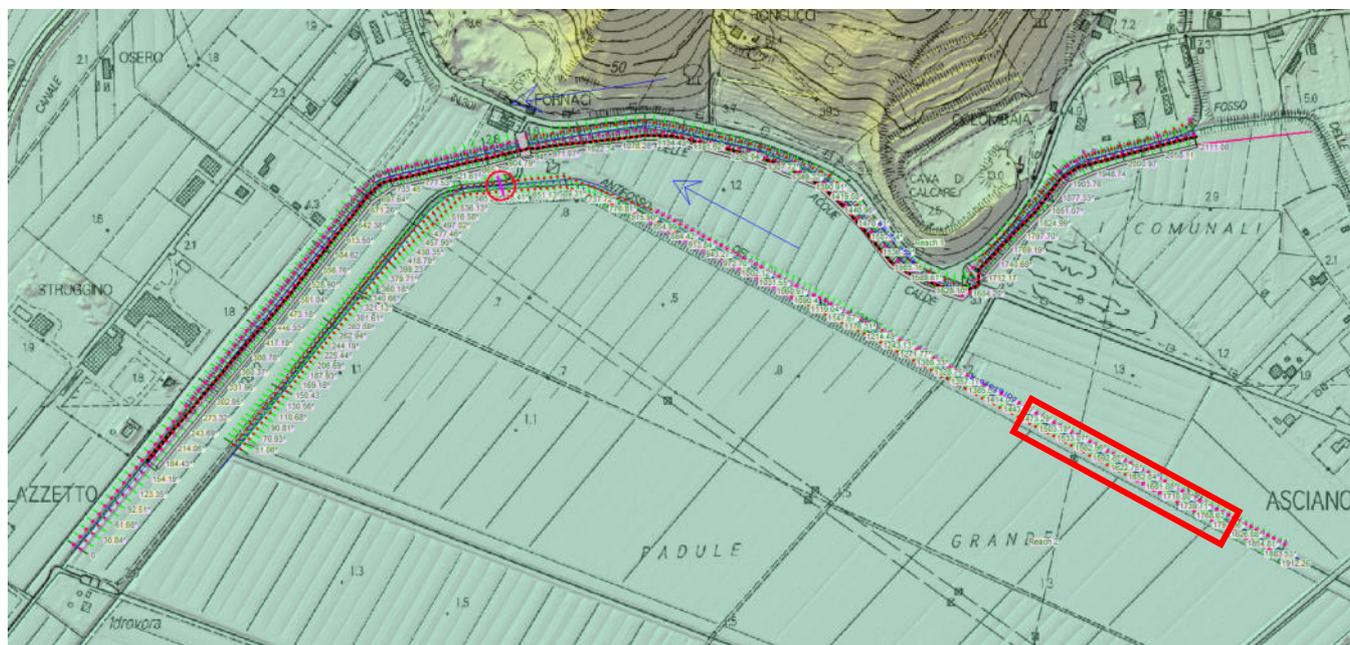
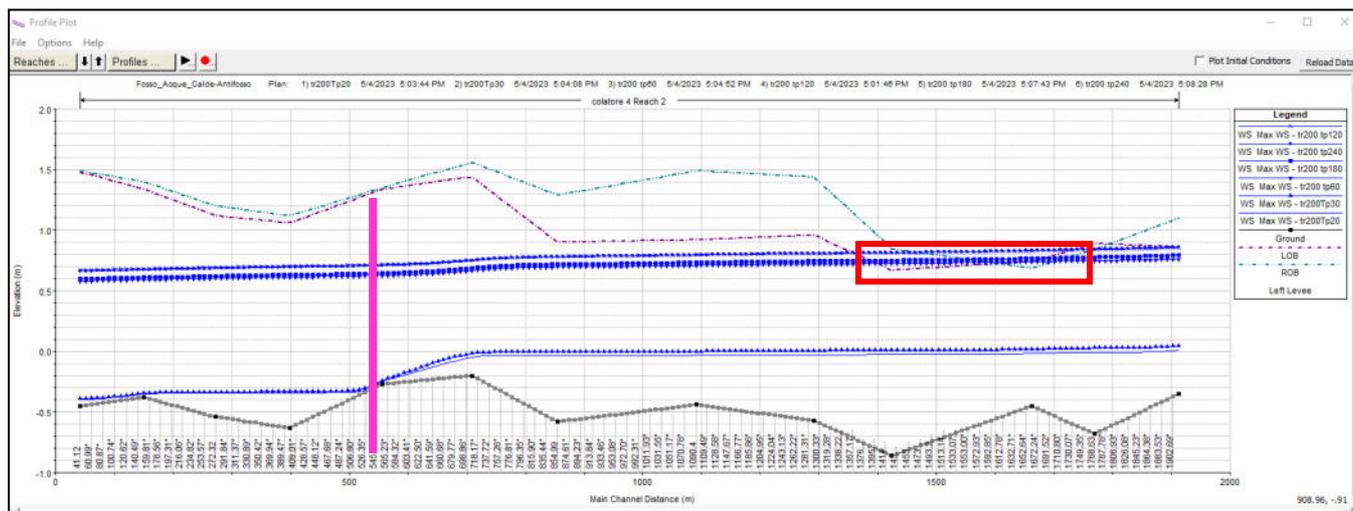


Figura 4.12: Antifosso del Monte – modello monodimensionale per $T_r=200$ anni e durate di pioggia di 20, 30, 60, 120, 180 e 240 minuti. Nel tratto di canale compreso in riquadro rosso si hanno esondazioni. L'area di intervento si trova nel cerchietto rosso, ovvero in corrispondenza dell'asta color magenta del profilo.

Alla luce di ciò, si è dunque scelto di proseguire la modellazione idraulica simulando con schema monodimensionale solo il **Fosso del Monte delle Acque Calde** inserendo gli sfioratori laterali nei tratti critici del canale, dove si ha fuoriuscita dalle sponde e impostando l'uscita verso un'area a deflusso 2D in sinistra idrografica, dove è presente anche l'alveo dell'Antifosso del Monte.

Il modello idraulico è stato quindi rappresentato nella seguente immagine (fig. 4.13) estratta dal RAS Mapper, dove con la freccia rossa è indicata l'ubicazione del lotto in oggetto. L'area campita con quadrettatura nera rappresenta l'area 2D della foodplain.

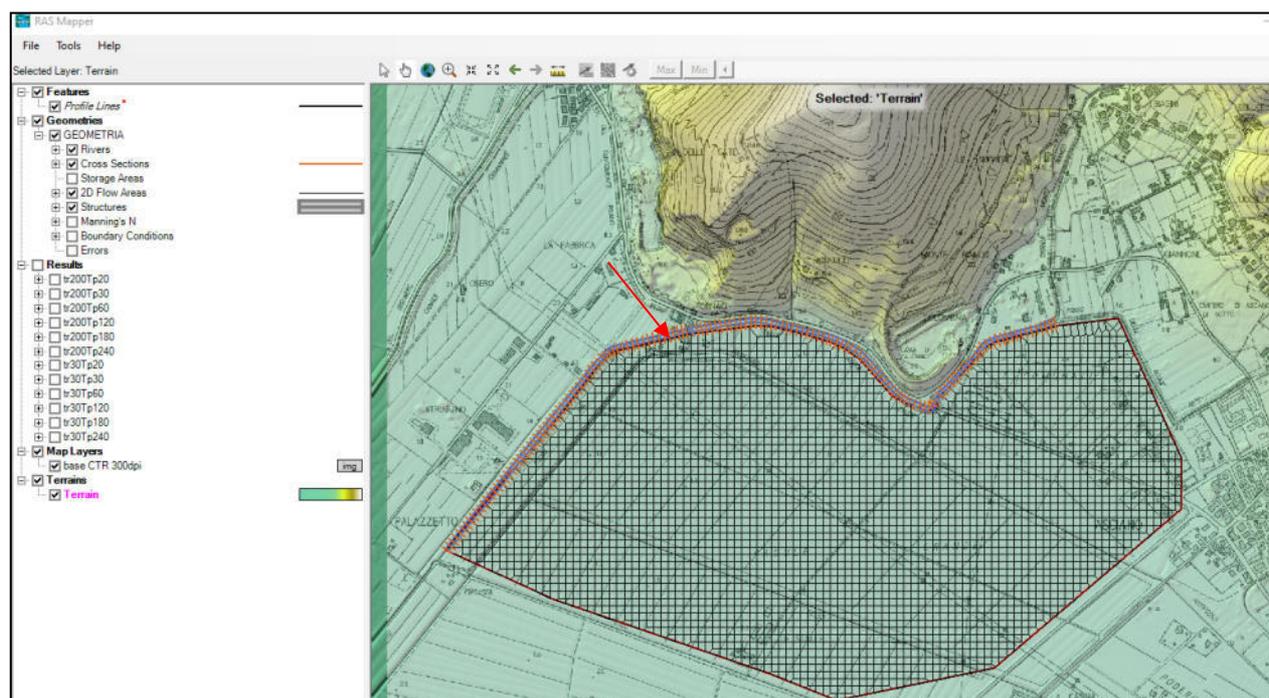


Figura 4.13: Modello 1D/2D – Fosso del Monte delle Acque Calde e area 2D per Tr200 anni e durate di pioggia di 20, 30, 60, 120, 180 e 240 minuti.

I risultati delle simulazioni effettuate sono stati riassunti nel paragrafo 4.6, da cui si desume quanto segue:

- In tutte le simulazioni, il moto è nel regime supercritico (correnti veloci di tipo S2) nel tratto di monte e subcritico (correnti lente di tipo M2) nel tratto di valle;
- l'evento pluviometrico maggiormente critico, che comporta maggiori esondazioni è rappresentato da Tr=200 anni e Tp=180 minuti;
- In tutte le simulazioni, nel tratto di monte - compreso tra le sezioni 2058 e 1700 - sono presenti esondazioni in destra e/o in sinistra idrografica;
- nella zona di studio - sezioni da 930 a 880.39 - NON sono presenti esondazioni e le portate defluiscono in alveo;

- gli allagamenti nella zona depressa delle acque basse NON raggiungono mai l'area di intervento e le portate risultano contenute nell'Antifosso di Monte.
- le aree allagate sono coerenti con la cartografia dei Battenti Idraulici dello studio comunale.

Alla luce della modellizzazione idraulica svolta, si assevera che **il lotto d'intervento NON è dunque soggetto ad alcun battente idraulico.**

Vengono allegate alla presente relazione le seguenti tavolette:

- Estratto da Cartografia grid del POC - battenti per Tr200
- Estratto da Studio idrologico-idraulico di dettaglio - battenti idraulici per Tr200

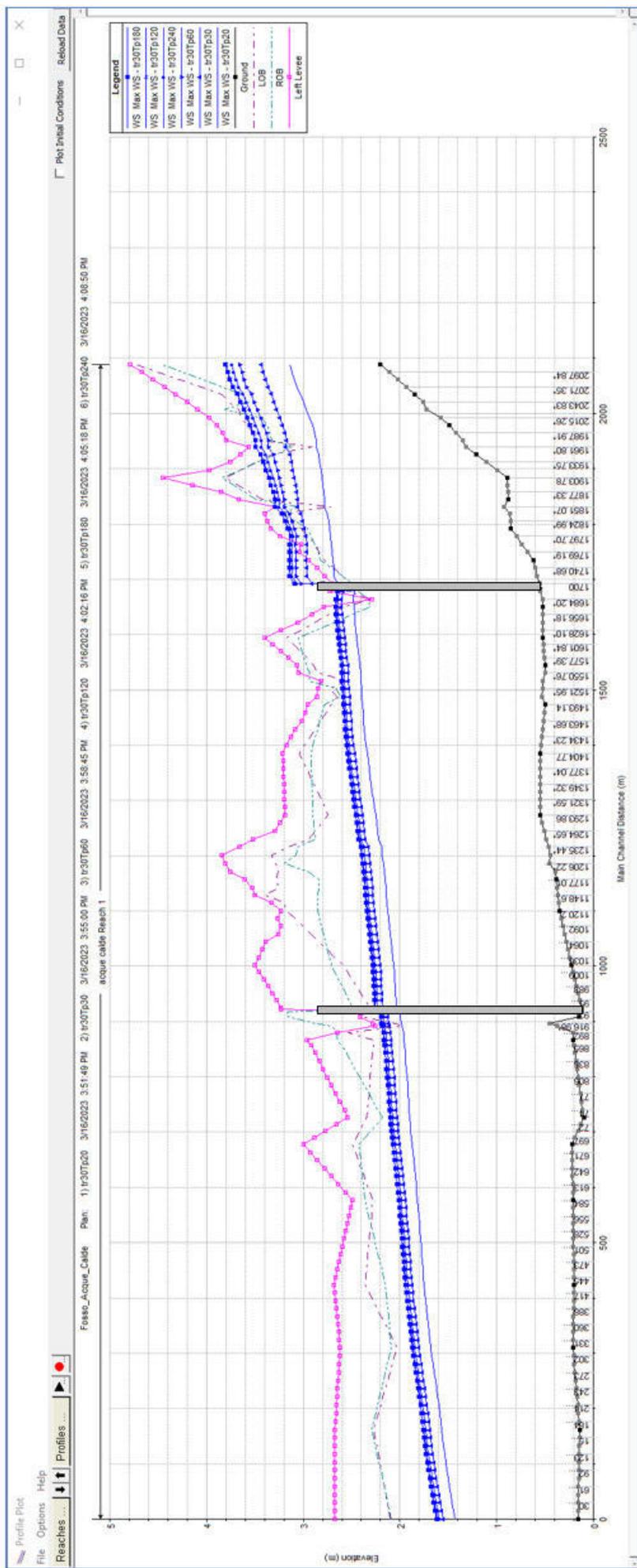
Si precisa che le tavole sono state ottenute come massimo inviluppo dei valori di battente idraulico determinato dall'evento modellato di durata 180 minuti e Tr200 anni, che rappresentano la condizione di esondazione maggiormente gravosa per ciascun tempo di ritorno.

4.6 –DATI DI OUPUT DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

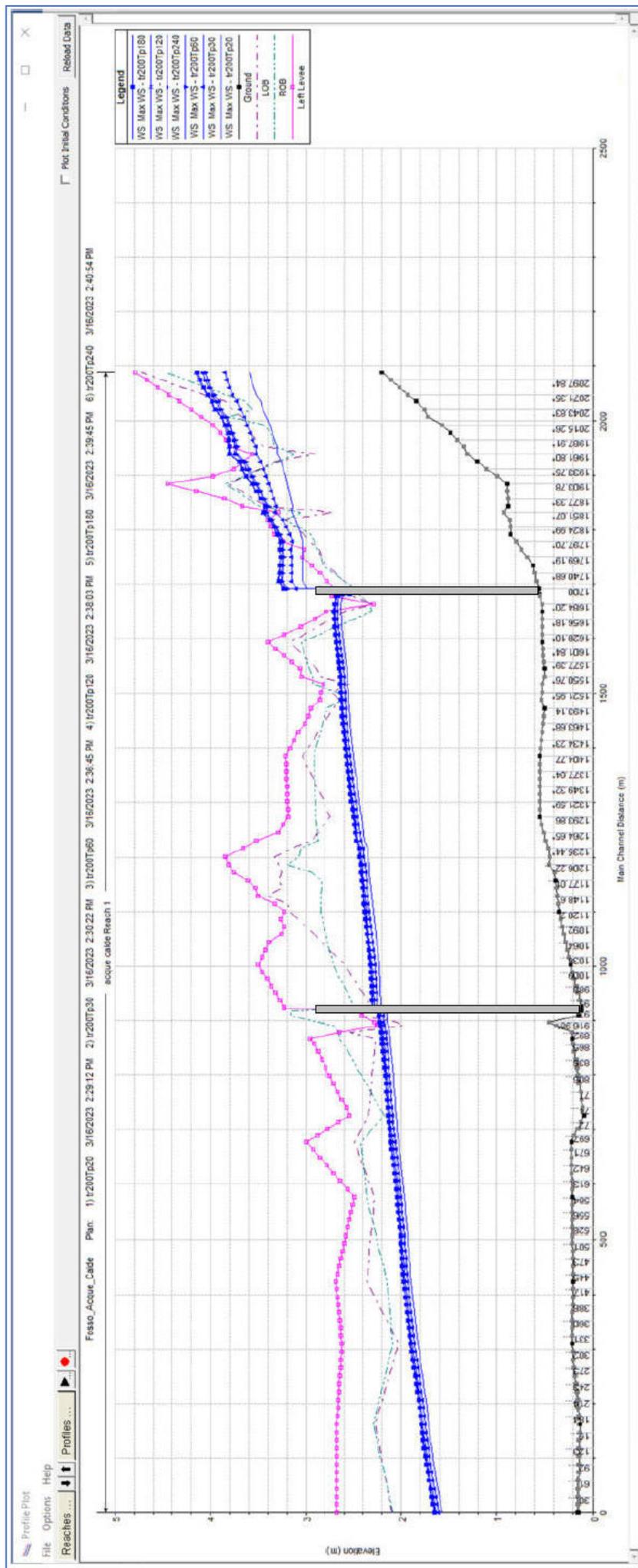
Si riportano nel seguito i risultati forniti dal codice di calcolo HEC-RAS per la massima Water Surface:

1. Profilo longitudinale Fosso del Monte delle Acque Calde per Tr30
 2. Profilo longitudinale Fosso del Monte delle Acque Calde per Tr200
 3. Sezioni trasversali Fosso del Monte delle Acque Calde per Tr30 e Tr200
 4. Tabelle Fosso del Monte delle Acque Calde per Tr30 e Tr200
 5. Idrogramma stage-flow dello sfioratore laterale per Tr200 Tp180 minuti
 6. “Depth” valori battenti per Tr30 e durate Tp=20,30,60,120,180,240 min
 7. “Depth” valori battenti per Tr200 e durate Tp=20,30,60,120,180,240 min
 8. “Depth” valori battenti per Tr200 e Tp=120 min (portata laminata), rif. Studio comunale.
-

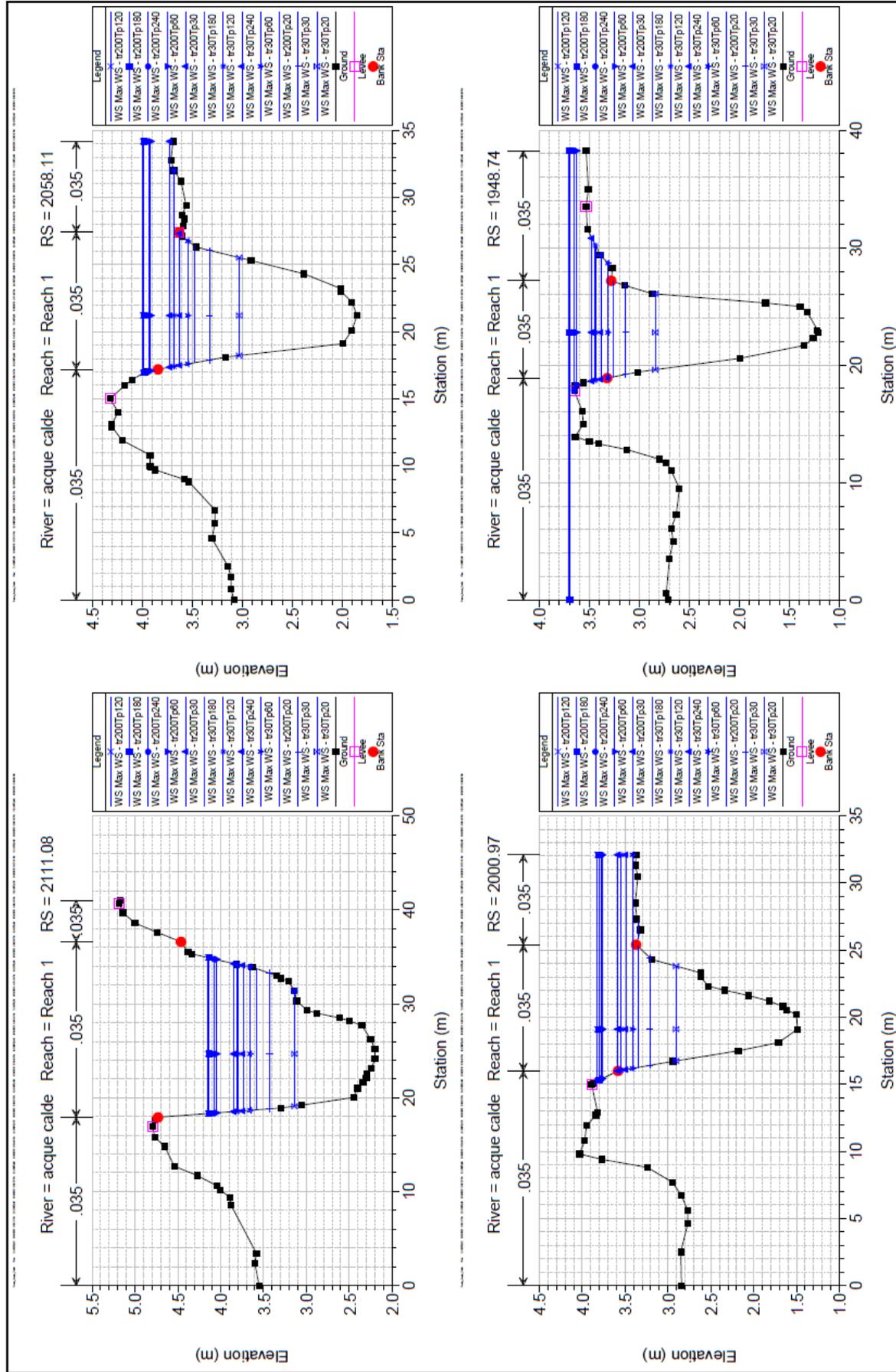
1. Profilo longitudinale Fosso del Monte Acque Calde per Tr30 – Max water surface

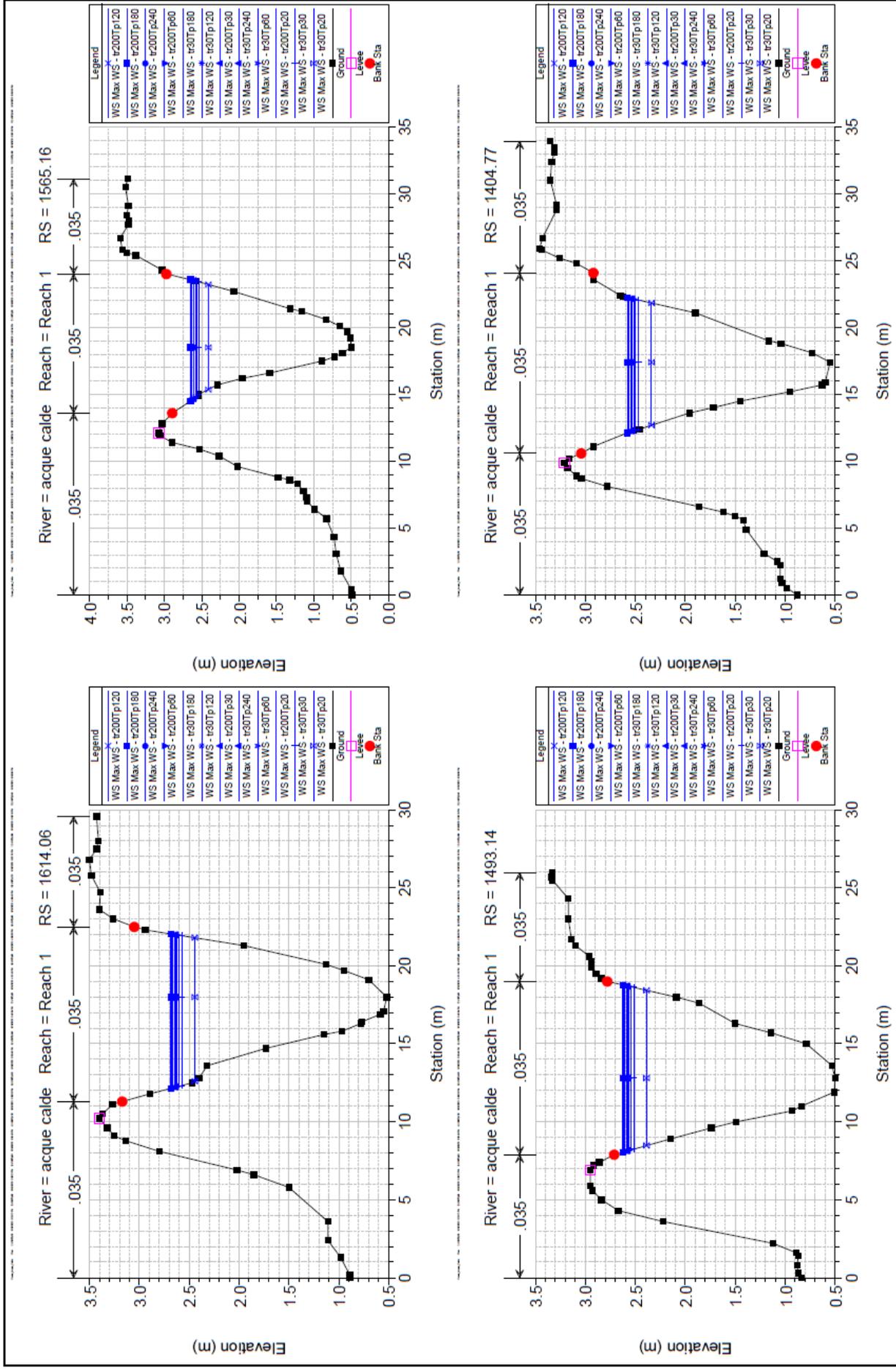


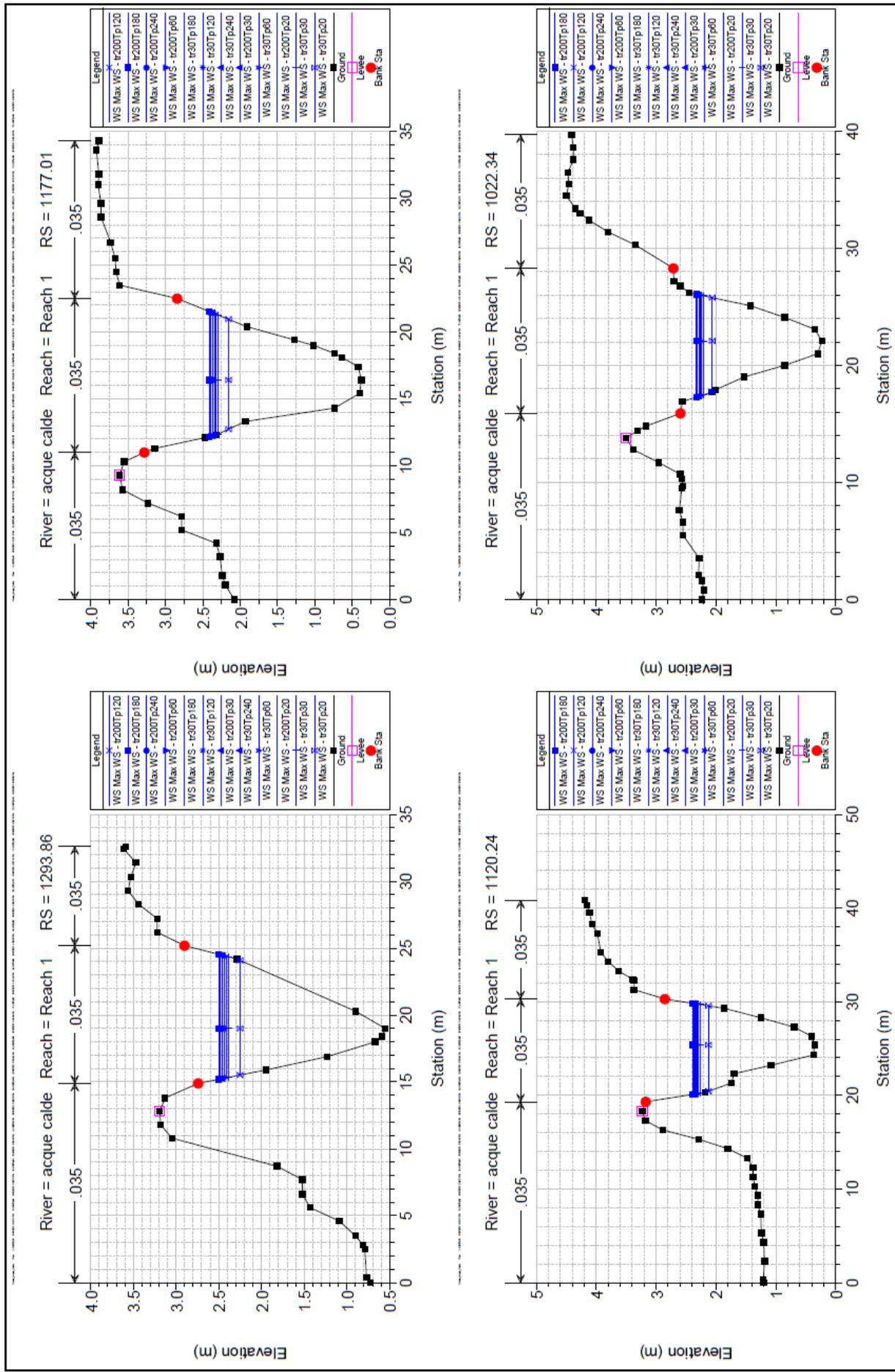
2. *Profilo longitudinale Fosso del Monte Acque Calde per Tr200 – Max water surface*

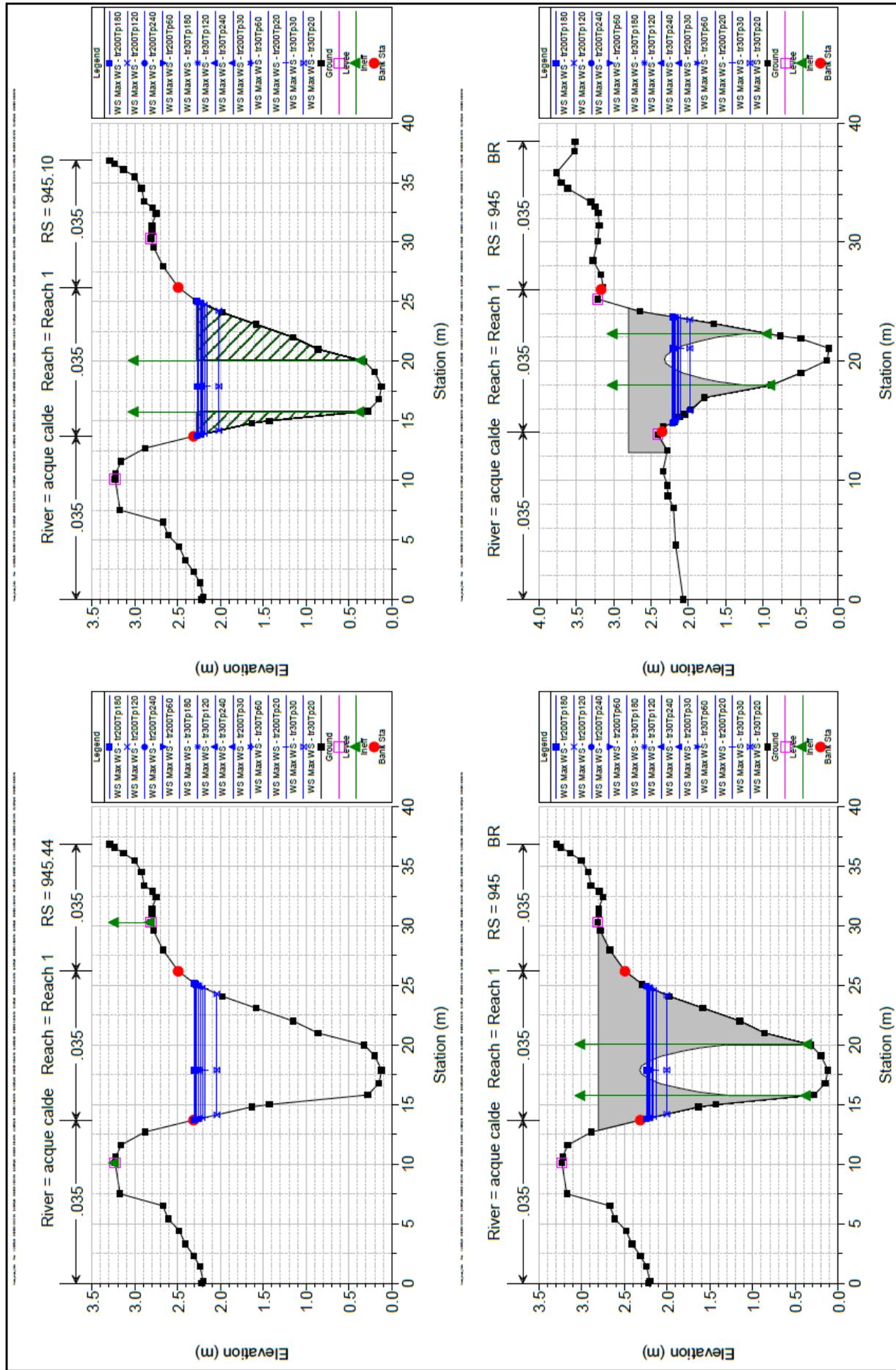


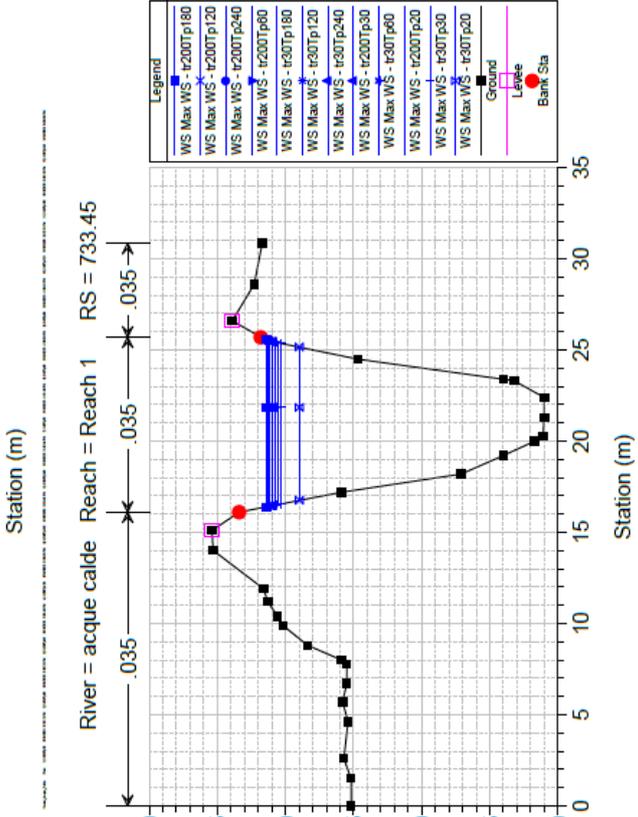
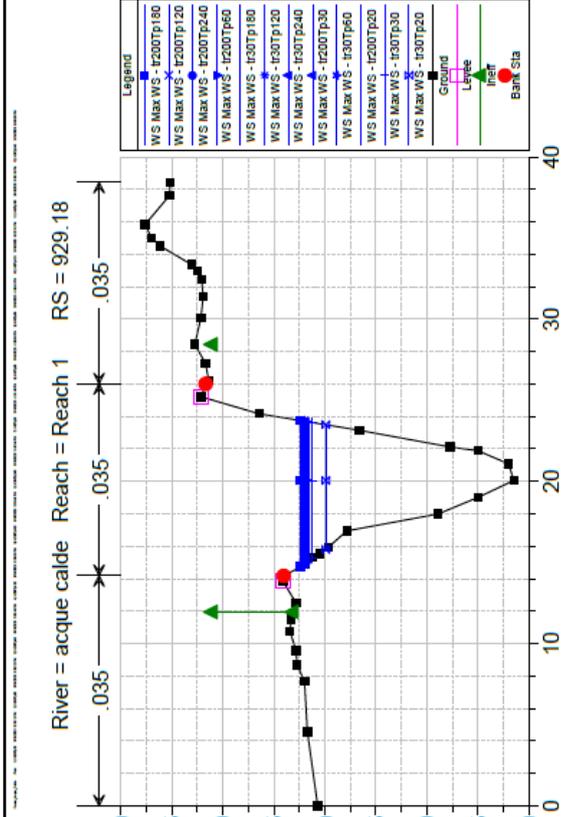
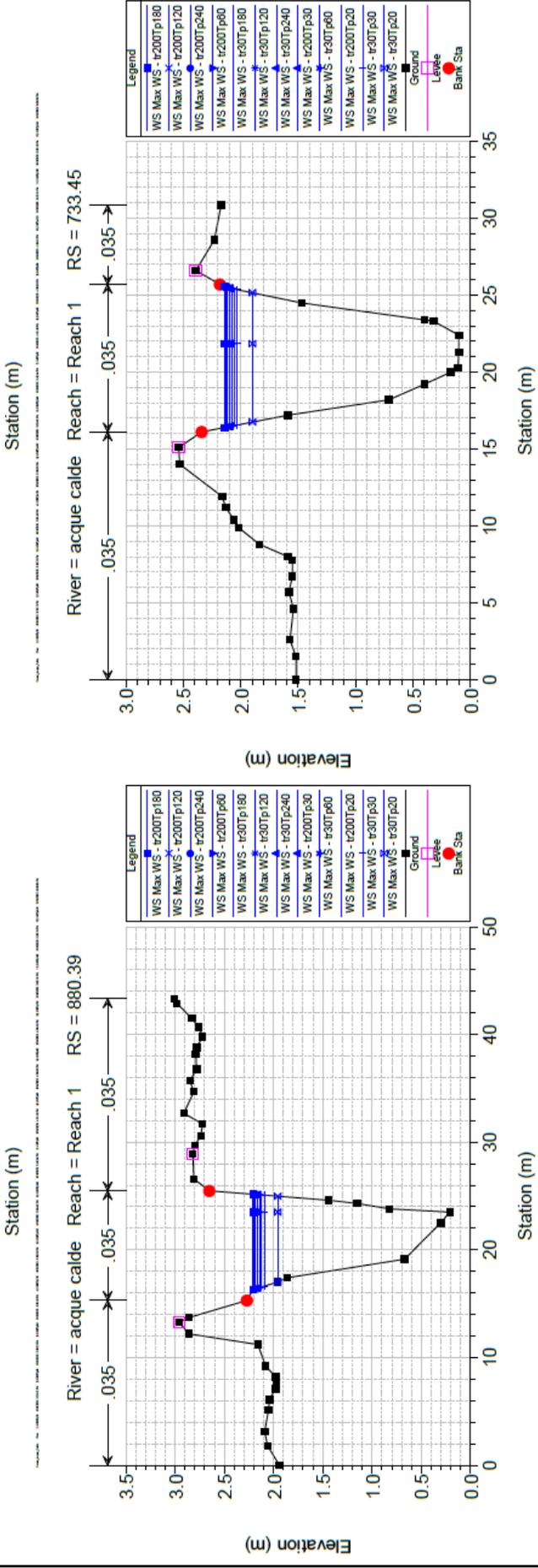
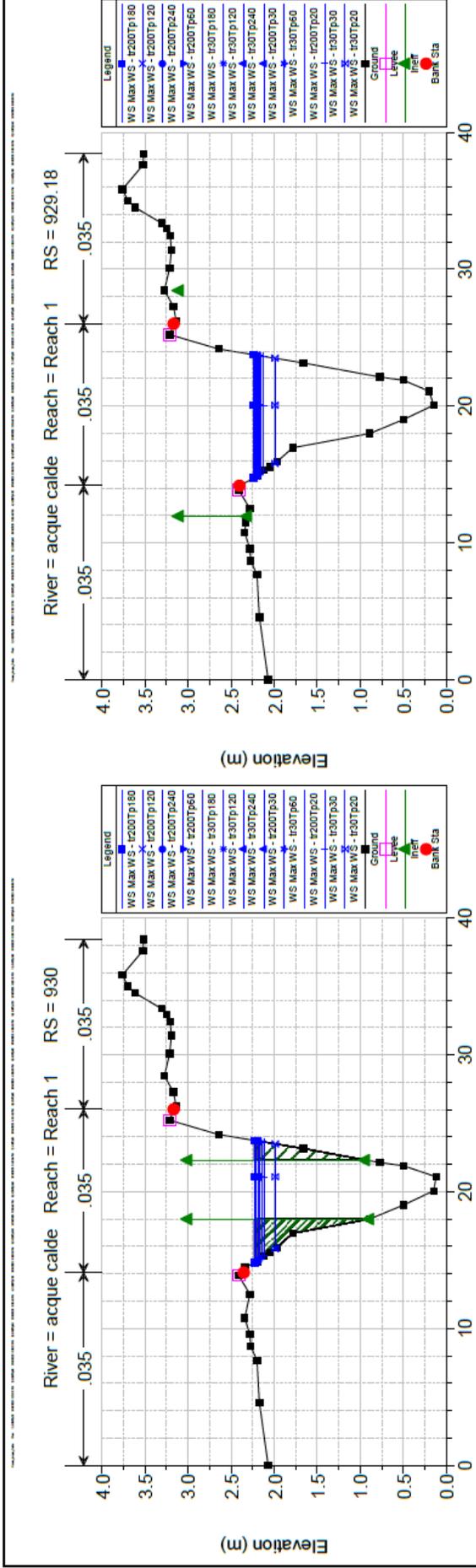
3. Sezioni trasversali Fosso del Monte Acque Calde per Tr 30 e Tr200 – Max water surface

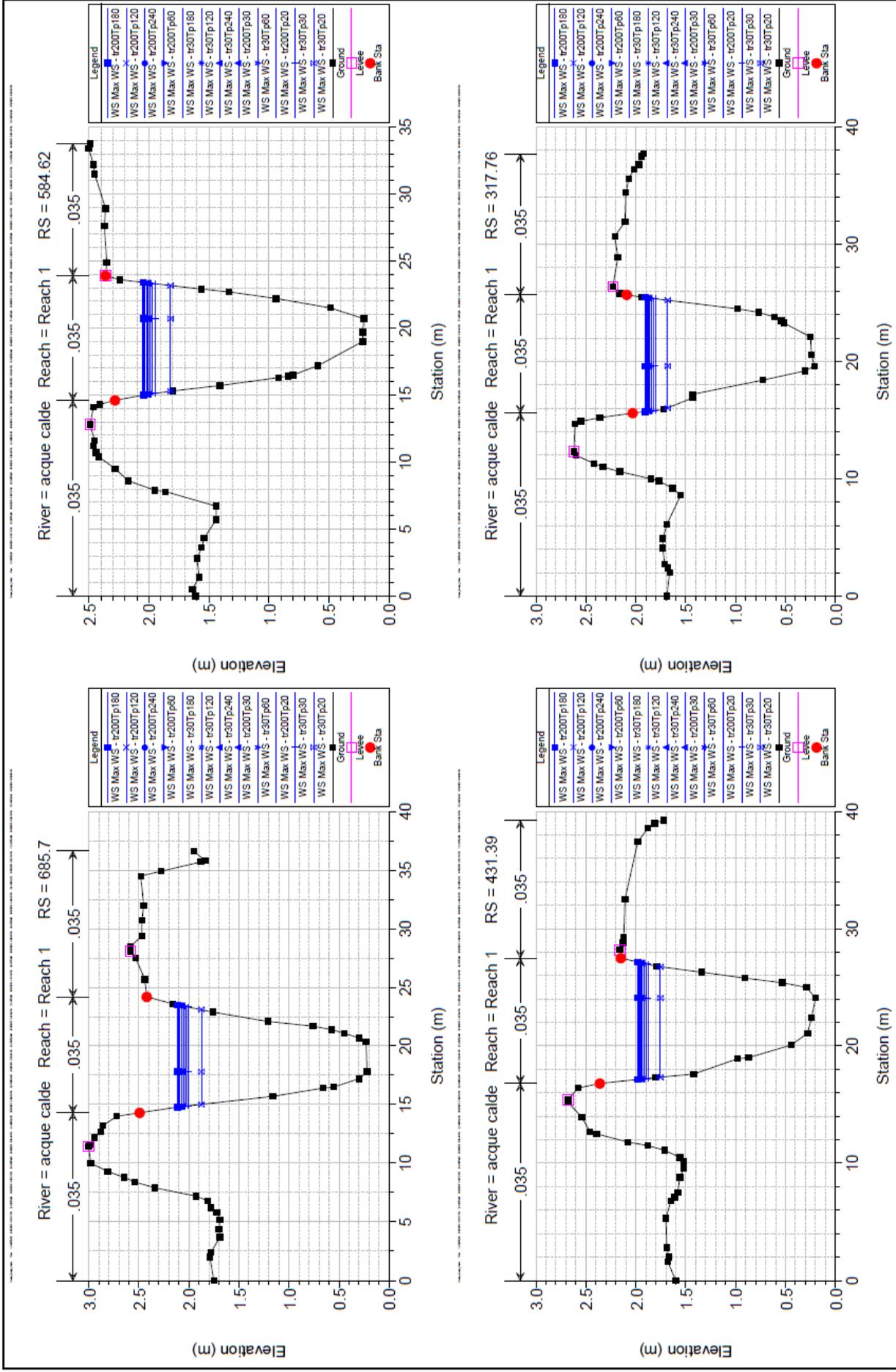




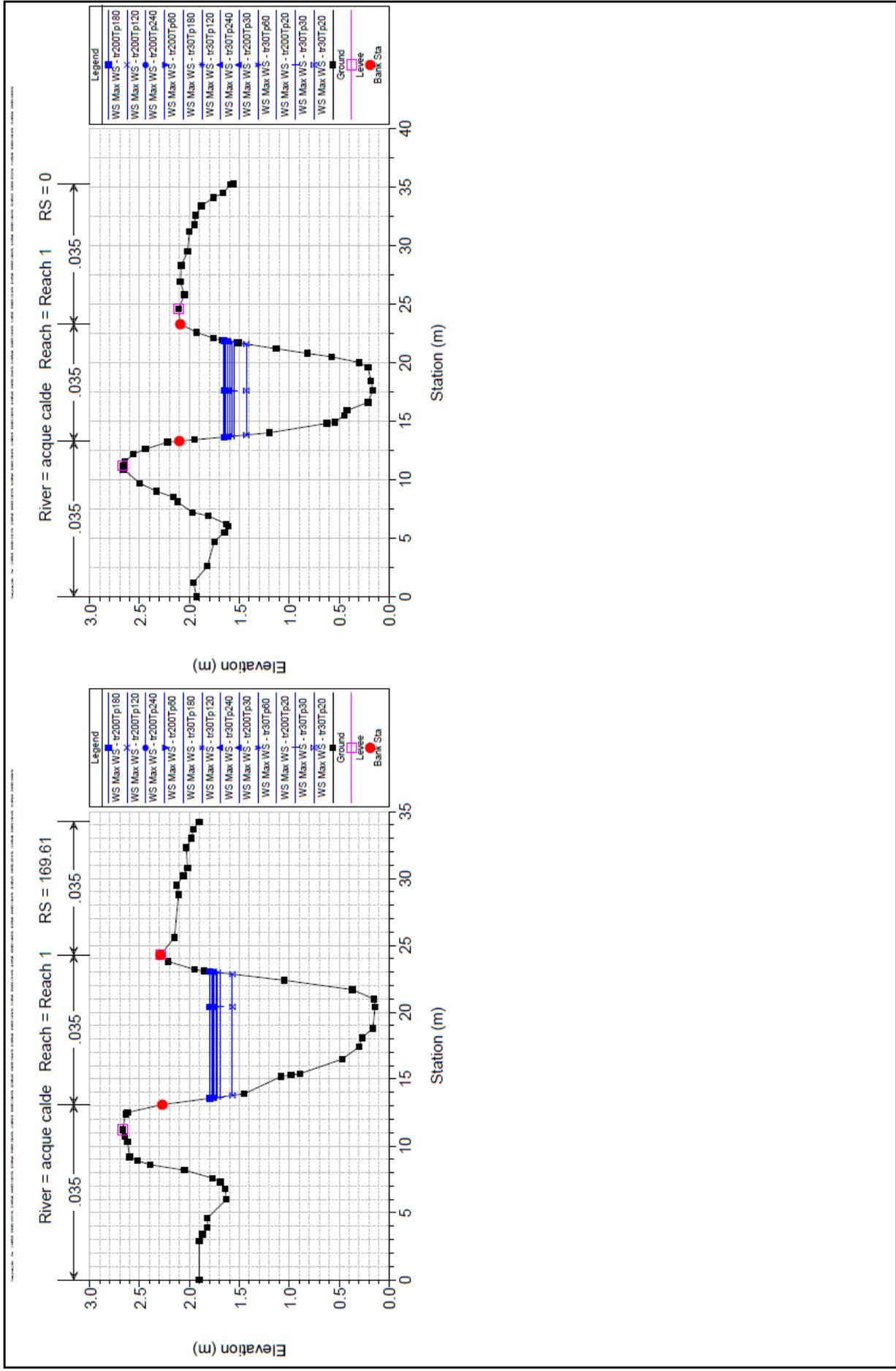








PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC
 Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 43



4. Tabella per Tr30 e Tr200 – Max water surface

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp20	12.54	2.2	3.59	2.91	3.63	0.001122	0.89	14.1	15.07	0.29
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp30	17.48	2.2	3.84	3.06	3.89	0.001027	0.97	18.05	15.76	0.29
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp60	23.07	2.2	4.05	3.24	4.11	0.001083	1.08	21.35	16.34	0.3
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp120	27.11	2.2	4.14	3.32	4.22	0.001214	1.18	22.9	16.6	0.32
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp180	26.66	2.2	4.13	3.31	4.2	0.001201	1.17	22.73	16.57	0.32
Reach 1	2111.08	Max WS	tr200Tp240	24.11	2.2	4.07	3.25	4.14	0.001112	1.11	21.75	16.4	0.31
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp20	6.99	2.2	3.14	2.71	3.18	0.001888	0.9	7.8	12.31	0.36
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp30	10.15	2.2	3.43	2.83	3.47	0.00126	0.86	11.76	14.46	0.31
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp60	13.58	2.2	3.65	2.94	3.7	0.001069	0.9	15.1	15.29	0.29
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp120	16.24	2.2	3.8	3.03	3.84	0.001002	0.94	17.33	15.63	0.28
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp180	16.37	2.2	3.8	3.03	3.85	0.001007	0.94	17.4	15.64	0.28
Reach 1	2111.08	Max WS	tr30Tp240	15.08	2.2	3.74	2.99	3.78	0.001024	0.92	16.4	15.49	0.29
Reach 1	2111.08	Max WS	Tr200_Taccini	9.06	2.2	3.39	2.79	3.43	0.00116	0.81	11.22	14.31	0.29
Reach 1	2100		Lat Struct										
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp20	12.53	1.85	3.48	2.8	3.56	0.001909	1.27	9.9	8.71	0.38
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp30	17.46	1.85	3.72	2.99	3.82	0.002156	1.41	12.85	16.82	0.41
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp60	23.06	1.85	3.92	3.18	4.03	0.002164	1.55	16.15	17.09	0.42
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp120	27.09	1.85	3.99	3.3	4.13	0.002428	1.7	17.44	17.27	0.45
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp180	26.64	1.85	3.98	3.29	4.12	0.002407	1.68	17.28	17.23	0.44
Reach 1	2058.11	Max WS	tr200Tp240	24.11	1.85	3.93	3.21	4.06	0.002245	1.59	16.47	17.12	0.43
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp20	6.88	1.85	3.03	2.53	3.09	0.001975	1.09	6.34	7.3	0.37
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp30	10.12	1.85	3.33	2.7	3.4	0.001797	1.17	8.64	8.18	0.36
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp60	13.56	1.85	3.54	2.84	3.63	0.001978	1.29	10.47	9.16	0.39
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp120	16.23	1.85	3.68	2.94	3.77	0.002088	1.36	12.2	14.58	0.4
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp180	16.36	1.85	3.68	2.95	3.78	0.002098	1.37	12.26	14.7	0.4
Reach 1	2058.11	Max WS	tr30Tp240	15.07	1.85	3.62	2.9	3.71	0.002106	1.34	11.25	9.83	0.4
Reach 1	2058.11	Max WS	Tr200_Taccini	8.99	1.85	3.3	2.64	3.36	0.001501	1.06	8.46	8.11	0.33
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp20	12.82	1.49	3.35	2.7	3.44	0.002308	1.33	9.66	10.29	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp30	17.85	1.49	3.58	2.9	3.69	0.002236	1.45	13.27	16.1	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp60	23.39	1.49	3.77	3.09	3.89	0.002222	1.59	16.29	16.67	0.42
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp120	27.83	1.49	3.82	3.23	3.97	0.002697	1.79	17.23	16.85	0.47
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp180	27.36	1.49	3.8	3.22	3.95	0.002772	1.8	16.84	16.78	0.47
Reach 1	2000.97	Max WS	tr200Tp240	24.75	1.49	3.77	3.13	3.9	0.002446	1.67	16.39	16.69	0.44
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp20	6.98	1.49	2.9	2.35	2.97	0.00219	1.13	6.16	7.06	0.39
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp30	10.33	1.49	3.21	2.55	3.29	0.002002	1.22	8.46	8.03	0.38
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp60	13.9	1.49	3.41	2.74	3.5	0.002296	1.36	10.52	15.91	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp120	16.66	1.49	3.55	2.85	3.65	0.002166	1.41	12.71	16.06	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp180	16.79	1.49	3.55	2.86	3.65	0.002175	1.41	12.76	16.06	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	tr30Tp240	15.47	1.49	3.49	2.81	3.59	0.002221	1.39	11.8	16	0.41
Reach 1	2000.97	Max WS	Tr200_Taccini	9.4	1.49	3.2	2.49	3.27	0.001683	1.12	8.39	7.97	0.35

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica - pag. 45

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp20	13.08	1.21	3.26	2.33	3.34	0.001584	1.22	10.69	8.13	0.34	0.34
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp30	18.18	1.21	3.47	2.55	3.58	0.001855	1.45	12.92	12.17	0.38	0.38
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp60	24	1.21	3.63	2.76	3.77	0.002218	1.69	15.65	19.94	0.42	0.42
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp120	27.33	1.21	3.7	2.88	3.75	0.000993	1.16	30.85	38.26	0.28	0.28
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp180	27	1.21	3.69	2.87	3.75	0.000995	1.16	30.54	38.26	0.28	0.28
Reach 1	1948.74	Max WS	tr200Tp240	24.98	1.21	3.65	2.8	3.8	0.002285	1.73	16.05	20.39	0.43	0.43
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp20	7.06	1.21	2.84	2.01	2.88	0.001044	0.92	7.68	6.47	0.27	0.27
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp30	10.52	1.21	3.14	2.2	3.2	0.001278	1.08	9.75	7.57	0.3	0.3
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp60	14.21	1.21	3.31	2.38	3.4	0.001668	1.27	11.2	9.79	0.35	0.35
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp120	17.06	1.21	3.44	2.5	3.54	0.001781	1.4	12.5	11.49	0.37	0.37
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp180	17.18	1.21	3.44	2.5	3.54	0.00179	1.4	12.53	11.56	0.37	0.37
Reach 1	1948.74	Max WS	tr30Tp240	15.83	1.21	3.38	2.45	3.48	0.001739	1.35	11.92	10.56	0.36	0.36
Reach 1	1948.74	Max WS	Tr200_Taccini	9.78	1.21	3.14	2.16	3.19	0.001105	1	9.74	7.57	0.28	0.28
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp20	13.28	0.89	3.2	2.16	3.27	0.001393	1.19	11.15	7.88	0.32	0.32
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp30	18.48	0.89	3.39	2.4	3.49	0.001958	1.46	12.7	8.61	0.38	0.38
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp60	24.37	0.89	3.51	2.64	3.67	0.002767	1.77	13.79	9.08	0.46	0.46
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp120	27.55	0.89	3.57	2.76	3.76	0.003215	1.92	14.33	9.34	0.5	0.5
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp180	27.24	0.89	3.56	2.75	3.75	0.003175	1.91	14.28	9.31	0.49	0.49
Reach 1	1903.78	Max WS	tr200Tp240	25.34	0.89	3.53	2.68	3.7	0.002906	1.82	13.95	9.16	0.47	0.47
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp20	7.17	0.89	2.8	1.81	2.84	0.000879	0.87	8.28	6.69	0.25	0.25
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp30	10.69	0.89	3.09	2.02	3.15	0.001102	1.04	10.32	7.55	0.28	0.28
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp60	14.46	0.89	3.25	2.21	3.33	0.001518	1.25	11.54	8.08	0.33	0.33
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp120	17.39	0.89	3.36	2.35	3.45	0.001827	1.4	12.44	8.51	0.37	0.37
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp180	17.5	0.89	3.36	2.35	3.46	0.00184	1.4	12.46	8.52	0.37	0.37
Reach 1	1903.78	Max WS	tr30Tp240	16.12	0.89	3.31	2.29	3.4	0.001698	1.34	12.05	8.33	0.36	0.36
Reach 1	1903.78	Max WS	Tr200_Taccini	10.08	0.89	3.09	1.99	3.14	0.000975	0.97	10.34	7.56	0.27	0.27
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp20	13.48	0.88	3.15	2.08	3.21	0.001189	1.13	11.91	8.14	0.3	0.3
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp30	18.77	0.88	3.31	2.32	3.42	0.00172	1.41	13.28	8.58	0.36	0.36
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp60	24.79	0.88	3.4	2.55	3.56	0.002613	1.77	14	8.82	0.45	0.45
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp120	28.04	0.88	3.43	2.67	3.62	0.003177	1.96	14.28	8.95	0.5	0.5
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp180	27.75	0.88	3.42	2.65	3.62	0.003129	1.95	14.25	8.93	0.49	0.49
Reach 1	1864.11	Max WS	tr200Tp240	25.8	0.88	3.41	2.59	3.58	0.002787	1.83	14.09	8.85	0.46	0.46
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp20	7.22	0.88	2.77	1.73	2.81	0.000073	0.8	9.01	7.29	0.23	0.23
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp30	10.84	0.88	3.05	1.94	3.1	0.000923	0.97	11.14	7.94	0.26	0.26
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp60	14.69	0.88	3.19	2.14	3.27	0.001302	1.2	12.27	8.26	0.31	0.31
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp120	17.7	0.88	3.29	2.27	3.38	0.001598	1.35	13.07	8.51	0.35	0.35
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp180	17.8	0.88	3.29	2.28	3.38	0.001609	1.36	13.09	8.52	0.35	0.35
Reach 1	1864.11	Max WS	tr30Tp240	16.4	0.88	3.25	2.22	3.33	0.001473	1.29	12.73	8.4	0.33	0.33
Reach 1	1864.11	Max WS	Tr200_Taccini	10.37	0.88	3.06	1.92	3.1	0.000838	0.93	11.17	7.95	0.25	0.25

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp20	7.9	0.52	2.63	1.31	2.64	0.000251	0.51	15.63	13.73	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp30	8.23	0.52	2.67	1.33	2.68	0.000248	0.52	16.14	14.1	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp60	8.41	0.52	2.69	1.34	2.71	0.000242	0.52	16.51	14.37	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp120	8.52	0.52	2.71	1.34	2.72	0.000239	0.52	16.75	16.59	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp180	8.51	0.52	2.71	1.34	2.72	0.000238	0.52	16.74	16.52	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr200Tp240	8.43	0.52	2.7	1.34	2.72	0.000238	0.52	16.64	14.99	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp20	6.75	0.52	2.47	1.24	2.49	0.000271	0.5	13.59	12.38	0.15
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp30	7.66	0.52	2.6	1.3	2.62	0.000255	0.51	15.25	13.45	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp60	7.95	0.52	2.65	1.31	2.66	0.000245	0.51	15.84	13.89	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp120	8.1	0.52	2.67	1.32	2.68	0.00024	0.51	16.14	14.1	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp180	8.1	0.52	2.67	1.32	2.68	0.000239	0.51	16.16	14.12	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	tr30Tp240	8.02	0.52	2.66	1.32	2.68	0.000238	0.51	16.06	14.05	0.14
Reach 1	1670.22	Max WS	Tr200_Taccini	7.6	0.52	2.61	1.29	2.62	0.000247	0.5	15.33	13.51	0.14
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp20	7.87	0.52	2.6	1.41	2.62	0.000473	0.66	11.89	9.68	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp30	8.12	0.52	2.64	1.43	2.66	0.000462	0.66	12.25	9.78	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp60	8.32	0.52	2.66	1.44	2.69	0.000457	0.66	12.51	9.85	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp120	8.4	0.52	2.68	1.44	2.7	0.00045	0.66	12.67	9.89	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp180	8.39	0.52	2.68	1.44	2.7	0.000449	0.66	12.67	9.89	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.52	2.67	1.44	2.7	0.000449	0.66	12.6	9.87	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp20	6.7	0.52	2.44	1.34	2.47	0.000497	0.64	10.4	9.19	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp30	7.63	0.52	2.57	1.4	2.6	0.000474	0.66	11.62	9.6	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp60	7.91	0.52	2.62	1.41	2.64	0.00046	0.66	12.04	9.72	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp120	8.05	0.52	2.64	1.42	2.66	0.000453	0.66	12.26	9.78	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp180	8.04	0.52	2.64	1.42	2.66	0.000451	0.65	12.27	9.78	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	tr30Tp240	7.97	0.52	2.63	1.42	2.66	0.00045	0.65	12.2	9.76	0.19
Reach 1	1614.06	Max WS	Tr200_Taccini	7.57	0.52	2.58	1.39	2.6	0.000459	0.65	11.68	9.62	0.19
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp20	7.8	0.5	2.57	1.45	2.6	0.000629	0.75	10.44	8.67	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp30	8.12	0.5	2.6	1.47	2.63	0.000632	0.75	10.77	8.86	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp60	8.32	0.5	2.63	1.48	2.66	0.000629	0.76	11.01	8.99	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp120	8.4	0.5	2.65	1.48	2.68	0.00062	0.75	11.16	9.08	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp180	8.39	0.5	2.65	1.48	2.68	0.000619	0.75	11.16	9.08	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.5	2.64	1.48	2.67	0.000618	0.75	11.09	9.04	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp20	6.66	0.5	2.41	1.37	2.44	0.000628	0.73	9.15	7.86	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp30	7.6	0.5	2.54	1.43	2.57	0.000623	0.75	10.2	8.42	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp60	7.9	0.5	2.58	1.45	2.61	0.000624	0.75	10.58	8.75	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp120	8.04	0.5	2.61	1.46	2.63	0.000618	0.75	10.78	8.87	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp180	8.04	0.5	2.61	1.46	2.64	0.000616	0.74	10.8	8.87	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	tr30Tp240	7.97	0.5	2.6	1.46	2.63	0.000614	0.74	10.73	8.84	0.22
Reach 1	1565.16	Max WS	Tr200_Taccini	7.56	0.5	2.55	1.43	2.57	0.000615	0.74	10.27	8.56	0.21

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 48

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp20	7.8	0.5	2.54	1.3	2.56	0.00033	0.58	13.48	10.46	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp30	8.11	0.5	2.58	1.32	2.6	0.00033	0.58	13.88	10.59	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp60	8.28	0.5	2.61	1.33	2.63	0.000325	0.58	14.17	10.67	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp120	8.4	0.5	2.63	1.34	2.64	0.000323	0.59	14.35	10.73	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp180	8.39	0.5	2.63	1.34	2.64	0.000322	0.58	14.35	10.73	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.5	2.62	1.33	2.64	0.000321	0.58	14.27	10.7	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp20	6.62	0.5	2.39	1.24	2.4	0.000338	0.56	11.88	9.96	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp30	7.58	0.5	2.52	1.29	2.53	0.000331	0.57	13.19	10.37	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp60	7.89	0.5	2.56	1.31	2.58	0.000326	0.58	13.66	10.52	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp120	8.04	0.5	2.58	1.32	2.6	0.000323	0.58	13.9	10.59	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp180	8.03	0.5	2.59	1.32	2.6	0.000321	0.58	13.92	10.6	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	tr30Tp240	7.97	0.5	2.58	1.31	2.6	0.000321	0.58	13.84	10.57	0.16
Reach 1	1493.14	Max WS	Tr200_Taccini	7.55	0.5	2.52	1.29	2.54	0.000323	0.57	13.28	10.4	0.16
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp20	7.79	0.55	2.5	1.47	2.52	0.00057	0.7	11.12	9.76	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp30	8.06	0.55	2.53	1.48	2.56	0.000557	0.7	11.49	9.9	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp60	8.28	0.55	2.56	1.49	2.59	0.000553	0.7	11.76	10.03	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp120	8.39	0.55	2.58	1.5	2.6	0.000547	0.7	11.94	10.11	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.55	2.58	1.5	2.6	0.000546	0.7	11.94	10.11	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.55	2.57	1.5	2.6	0.000546	0.7	11.87	10.08	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp20	6.58	0.55	2.34	1.39	2.36	0.000602	0.68	9.62	9.14	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp30	7.55	0.55	2.47	1.45	2.49	0.000574	0.7	10.84	9.66	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp60	7.87	0.55	2.51	1.47	2.54	0.000557	0.7	11.29	9.81	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp120	8.03	0.55	2.54	1.48	2.56	0.00055	0.7	11.52	9.91	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp180	8.03	0.55	2.54	1.48	2.56	0.000548	0.7	11.54	9.92	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.55	2.53	1.48	2.56	0.000547	0.69	11.47	9.89	0.21
Reach 1	1404.77	Max WS	Tr200_Taccini	7.53	0.55	2.48	1.45	2.5	0.000558	0.69	10.94	9.69	0.21
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp20	7.73	0.55	2.42	1.53	2.45	0.000776	0.79	9.8	9.09	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp30	8.06	0.55	2.45	1.55	2.49	0.000763	0.79	10.16	9.21	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp60	8.25	0.55	2.48	1.56	2.51	0.000744	0.79	10.43	9.29	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp120	8.39	0.55	2.5	1.57	2.53	0.000735	0.79	10.6	9.34	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.55	2.5	1.57	2.53	0.000734	0.79	10.6	9.34	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.55	2.49	1.56	2.53	0.000735	0.79	10.53	9.32	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp20	6.48	0.55	2.25	1.45	2.28	0.000854	0.78	8.35	8.57	0.25
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp30	7.5	0.55	2.39	1.52	2.42	0.000789	0.79	9.54	9.01	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp60	7.85	0.55	2.43	1.54	2.47	0.000762	0.79	9.98	9.15	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp120	8.02	0.55	2.46	1.55	2.49	0.000748	0.79	10.2	9.22	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp180	8.03	0.55	2.46	1.55	2.49	0.000745	0.79	10.22	9.23	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.55	2.45	1.54	2.48	0.000746	0.78	10.16	9.21	0.24
Reach 1	1293.86	Max WS	Tr200_Taccini	7.51	0.55	2.4	1.52	2.43	0.000768	0.78	9.65	9.04	0.24
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp20	7.67	0.38	2.32	1.19	2.35	0.00054	0.7	10.98	9.04	0.2

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 49

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp30	8.01	0.38	2.36	1.21	2.39	0.00054	0.71	11.35	9.18	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp60	8.25	0.38	2.39	1.22	2.42	0.000536	0.71	11.62	9.29	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp120	8.38	0.38	2.41	1.23	2.44	0.000532	0.71	11.8	9.36	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.38	2.41	1.23	2.44	0.000531	0.71	11.8	9.36	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.38	2.41	1.22	2.43	0.000531	0.71	11.74	9.33	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp20	6.41	0.38	2.15	1.12	2.18	0.000538	0.67	9.52	8.22	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp30	7.44	0.38	2.29	1.18	2.32	0.000541	0.69	10.71	8.9	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp60	7.83	0.38	2.34	1.2	2.37	0.000538	0.7	11.16	9.11	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp120	8.01	0.38	2.37	1.21	2.39	0.000534	0.7	11.4	9.2	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp180	8.02	0.38	2.37	1.21	2.4	0.000532	0.7	11.42	9.21	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.38	2.36	1.21	2.39	0.000532	0.7	11.35	9.18	0.2	0.2
Reach 1	1177.01	Max WS	Tr200_Taccini	7.49	0.38	2.31	1.18	2.33	0.000533	0.69	10.83	8.96	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp20	7.67	0.35	2.29	1.21	2.32	0.000534	0.68	11.22	9.55	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp30	8.01	0.35	2.33	1.23	2.36	0.000527	0.69	11.6	9.64	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp60	8.25	0.35	2.36	1.25	2.39	0.00052	0.69	11.9	9.7	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp120	8.38	0.35	2.38	1.25	2.41	0.000513	0.69	12.09	9.74	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.35	2.38	1.25	2.41	0.000512	0.69	12.09	9.74	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr200Tp240	8.32	0.35	2.38	1.25	2.4	0.000513	0.69	12.02	9.72	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp20	6.38	0.35	2.12	1.13	2.15	0.000574	0.66	9.62	9.14	0.21	0.21
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp30	7.42	0.35	2.26	1.2	2.29	0.000539	0.68	10.93	9.49	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp60	7.82	0.35	2.31	1.22	2.34	0.000527	0.69	11.41	9.59	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp120	8.01	0.35	2.34	1.23	2.36	0.00052	0.69	11.66	9.65	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp180	8.02	0.35	2.34	1.23	2.37	0.000518	0.69	11.68	9.65	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.35	2.34	1.23	2.36	0.000519	0.68	11.62	9.64	0.2	0.2
Reach 1	1120.24	Max WS	Tr200_Taccini	7.49	0.35	2.28	1.2	2.3	0.000529	0.68	11.06	9.52	0.2	0.2
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp20	7.67	0.23	2.23	1.15	2.26	0.000588	0.73	10.47	8.55	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.23	2.27	1.17	2.3	0.000581	0.74	10.82	8.66	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.23	2.3	1.19	2.33	0.000578	0.74	11.09	8.74	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp120	8.38	0.23	2.33	1.2	2.35	0.000575	0.74	11.26	8.79	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.23	2.33	1.2	2.35	0.000574	0.74	11.27	8.79	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.23	2.32	1.19	2.35	0.000575	0.74	11.2	8.77	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp20	6.32	0.23	2.06	1.07	2.09	0.000599	0.7	9.04	8.07	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp30	7.41	0.23	2.2	1.14	2.23	0.000588	0.72	10.22	8.46	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp60	7.81	0.23	2.25	1.16	2.28	0.000582	0.73	10.65	8.6	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp120	8	0.23	2.28	1.17	2.31	0.000578	0.74	10.88	8.67	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp180	8.02	0.23	2.28	1.18	2.31	0.000577	0.74	10.9	8.68	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.23	2.28	1.17	2.3	0.000576	0.73	10.84	8.66	0.21	0.21
Reach 1	1022.34	Max WS	Tr200_Taccini	7.48	0.23	2.22	1.14	2.25	0.00058	0.72	10.34	8.5	0.21	0.21
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp20	7.66	0.12	2.21	0.86	2.23	0.000287	0.54	14.27	10.99	0.15	0.15
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.12	2.25	0.88	2.27	0.000287	0.54	14.72	11.18	0.15	0.15

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 50

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.12	2.28	0.9	2.3	0.000288	0.55	15.06	11.33	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp120	8.38	0.12	2.3	0.9	2.32	0.000288	0.55	15.29	11.46	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.12	2.3	0.9	2.32	0.000288	0.55	15.29	11.46	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.12	2.3	0.9	2.31	0.000287	0.55	15.22	11.41	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp20	6.32	0.12	2.04	0.79	2.05	0.000277	0.51	12.45	10.16	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp30	7.39	0.12	2.18	0.85	2.2	0.000284	0.53	13.95	10.84	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp60	7.8	0.12	2.23	0.87	2.25	0.000286	0.54	14.5	11.09	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp120	8	0.12	2.26	0.88	2.27	0.000286	0.54	14.79	11.22	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp180	8.02	0.12	2.26	0.88	2.28	0.000285	0.54	14.82	11.23	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	tr30Tp240	7.96	0.12	2.25	0.88	2.27	0.000285	0.54	14.75	11.19	0.15	
Reach 1	945.44	Max WS	Tr200_Taccini	7.48	0.12	2.2	0.85	2.21	0.000282	0.53	14.1	10.91	0.15	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp20	7.62	0.12	2.18	0.87	2.22	0.000392	0.89	8.6	10.85	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.12	2.22	0.9	2.27	0.000402	0.91	8.77	11.04	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.12	2.25	0.91	2.3	0.000408	0.92	8.9	11.18	0.21	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp120	8.38	0.12	2.27	0.92	2.32	0.00041	0.93	8.98	11.28	0.21	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp180	8.38	0.12	2.27	0.92	2.32	0.00041	0.93	8.98	11.28	0.21	
Reach 1	945.1	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.12	2.27	0.92	2.31	0.000408	0.93	8.96	11.25	0.21	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp20	6.29	0.12	2.02	0.79	2.05	0.000357	0.8	7.89	10.05	0.19	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp30	7.39	0.12	2.16	0.86	2.19	0.000387	0.87	8.48	10.71	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp60	7.8	0.12	2.2	0.89	2.25	0.000397	0.9	8.69	10.95	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp120	8	0.12	2.23	0.9	2.27	0.000401	0.91	8.8	11.07	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp180	8.02	0.12	2.23	0.9	2.27	0.000401	0.91	8.81	11.09	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.12	2.23	0.89	2.27	0.000399	0.91	8.78	11.05	0.2	
Reach 1	945.1	Max WS	Tr200_Taccini	7.47	0.12	2.17	0.87	2.21	0.000386	0.87	8.54	10.78	0.2	
Reach 1	945		Bridge											
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp20	7.62	0.12	2.14	1.09	2.2	0.00068	1.01	7.51	8.49	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.12	2.18	1.11	2.24	0.000693	1.04	7.67	8.75	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.12	2.21	1.12	2.26	0.000701	1.06	7.79	8.88	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.12	2.23	1.13	2.28	0.000703	1.06	7.87	8.95	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.12	2.23	1.13	2.28	0.000702	1.06	7.87	8.95	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.12	2.22	1.13	2.28	0.0007	1.06	7.84	8.93	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp20	6.27	0.12	1.99	1.01	2.03	0.000629	0.92	6.83	7.66	0.23	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp30	7.37	0.12	2.12	1.07	2.17	0.000667	1	7.4	8.31	0.24	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp60	7.79	0.12	2.16	1.1	2.22	0.000684	1.03	7.6	8.63	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp120	8	0.12	2.19	1.11	2.24	0.000689	1.04	7.7	8.79	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.12	2.19	1.11	2.24	0.000689	1.04	7.71	8.81	0.25	
Reach 1	930	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.12	2.18	1.11	2.24	0.000686	1.04	7.68	8.77	0.25	
Reach 1	930	Max WS	Tr200_Taccini	7.46	0.12	2.13	1.08	2.18	0.000667	1	7.46	8.4	0.24	
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp20	7.62	0.15	2.15	1.12	2.18	0.000813	0.8	9.51	8.54	0.24	

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 51

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.15	2.19	1.14	2.22	0.000825	0.81	9.84	8.81	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.15	2.22	1.15	2.25	0.000823	0.81	10.09	8.93	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.15	2.24	1.16	2.27	0.000818	0.82	10.25	9.01	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.15	2.24	1.16	2.27	0.000817	0.82	10.26	9.02	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.15	2.23	1.16	2.26	0.000817	0.81	10.2	8.99	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp20	6.27	0.15	1.99	1.03	2.02	0.000783	0.76	8.21	7.68	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp30	7.37	0.15	2.12	1.1	2.16	0.000801	0.79	9.28	8.35	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp60	7.79	0.15	2.17	1.13	2.2	0.000816	0.8	9.68	8.68	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp120	8	0.15	2.2	1.14	2.23	0.000818	0.81	9.9	8.84	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.15	2.2	1.14	2.23	0.000817	0.81	9.92	8.85	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.15	2.19	1.14	2.22	0.000817	0.81	9.86	8.82	0.24	0.24
Reach 1	929.18	Max WS	Tr200_Taccini	7.46	0.15	2.14	1.11	2.17	0.0008	0.79	9.4	8.45	0.24	0.24
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp20	7.62	0.21	2.12	1.09	2.15	0.000611	0.73	10.43	8.55	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp30	7.97	0.21	2.16	1.11	2.19	0.000616	0.74	10.76	8.69	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp60	8.22	0.21	2.19	1.12	2.21	0.000617	0.75	11.01	8.79	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.21	2.2	1.13	2.23	0.000616	0.75	11.17	8.85	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.21	2.2	1.13	2.23	0.000615	0.75	11.17	8.85	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.21	2.2	1.13	2.23	0.000614	0.75	11.12	8.83	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp20	6.24	0.21	1.96	1.01	1.98	0.000589	0.69	9.1	7.98	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp30	7.37	0.21	2.09	1.08	2.12	0.000606	0.72	10.2	8.46	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp60	7.78	0.21	2.14	1.1	2.17	0.00061	0.73	10.61	8.62	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp120	8	0.21	2.16	1.11	2.19	0.000612	0.74	10.82	8.71	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.21	2.17	1.11	2.19	0.000611	0.74	10.84	8.72	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.21	2.16	1.11	2.19	0.00061	0.74	10.79	8.7	0.21	0.21
Reach 1	880.39	Max WS	Tr200_Taccini	7.46	0.21	2.11	1.08	2.13	0.000603	0.72	10.32	8.51	0.21	0.21
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp20	7.58	0.1	2.06	0.84	2.08	0.00039	0.63	11.99	8.88	0.17	0.17
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp30	7.94	0.1	2.09	0.86	2.11	0.000398	0.64	12.32	9	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp60	8.2	0.1	2.12	0.88	2.14	0.000402	0.65	12.57	9.08	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.1	2.14	0.89	2.16	0.000406	0.66	12.73	9.17	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.1	2.14	0.89	2.16	0.000406	0.66	12.74	9.17	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.1	2.13	0.88	2.15	0.000404	0.66	12.68	9.14	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp20	6.21	0.1	1.9	0.77	1.92	0.000363	0.58	10.63	8.41	0.17	0.17
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp30	7.34	0.1	2.03	0.83	2.05	0.000385	0.62	11.76	8.81	0.17	0.17
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp60	7.77	0.1	2.08	0.86	2.1	0.000394	0.64	12.16	8.94	0.17	0.17
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp120	7.99	0.1	2.1	0.87	2.12	0.000398	0.65	12.38	9.02	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.1	2.1	0.87	2.12	0.000398	0.65	12.4	9.02	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.1	2.1	0.86	2.12	0.000396	0.64	12.35	9.01	0.18	0.18
Reach 1	733.45	Max WS	Tr200_Taccini	7.45	0.1	2.04	0.84	2.06	0.000386	0.63	11.88	8.85	0.17	0.17
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp20	7.58	0.22	2.03	0.92	2.05	0.00047	0.68	11.15	8.51	0.19	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp30	7.94	0.22	2.07	0.94	2.09	0.000478	0.69	11.47	8.61	0.19	0.19

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 52

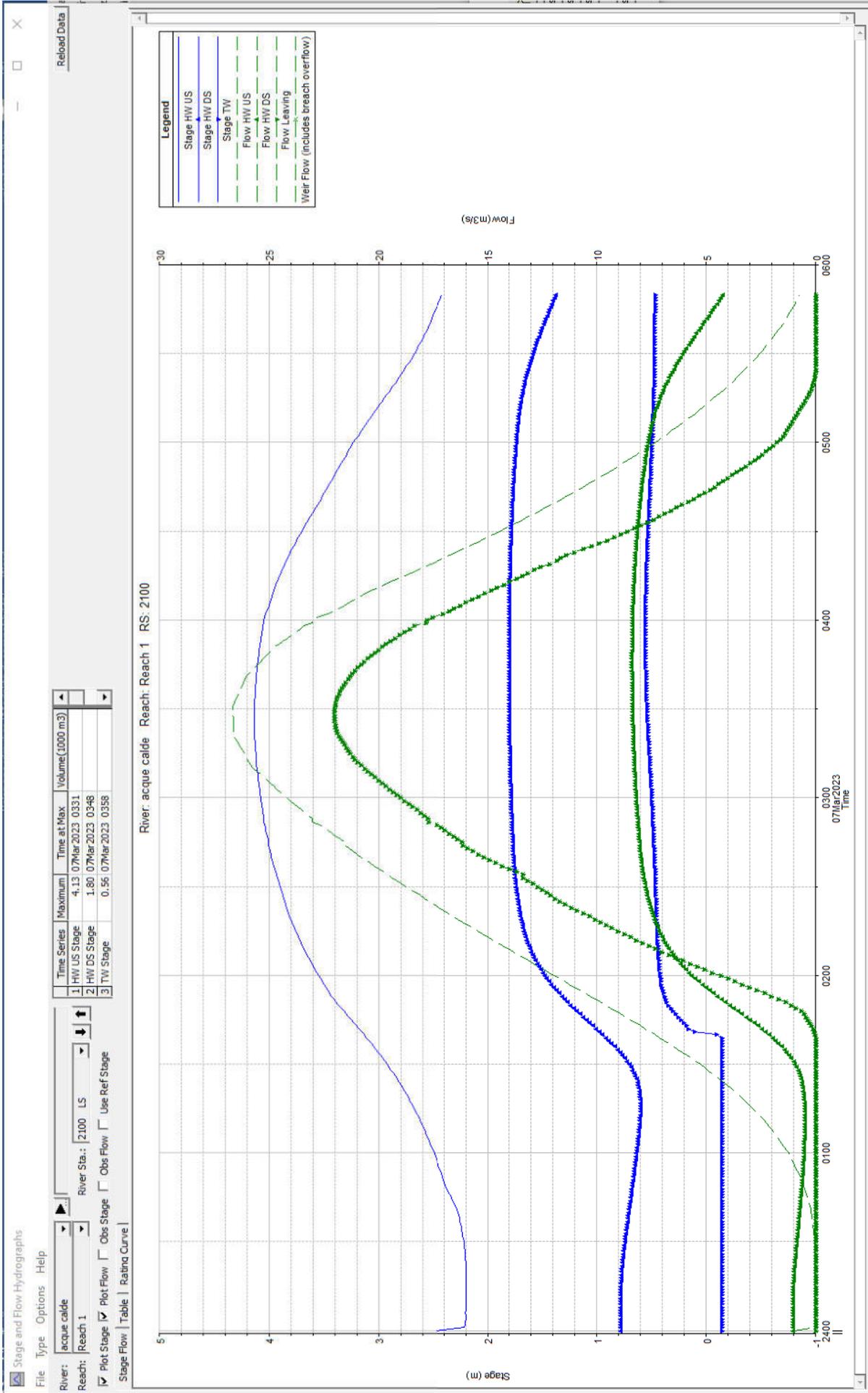
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp60	8.2	0.22	2.09	0.95	2.12	0.000482	0.7	11.7	8.68	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.22	2.11	0.96	2.14	0.000485	0.71	11.85	8.73	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.22	2.11	0.96	2.14	0.000485	0.71	11.86	8.73	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.22	2.11	0.96	2.13	0.000484	0.7	11.81	8.72	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp20	6.19	0.22	1.88	0.84	1.9	0.000438	0.63	9.86	8.09	0.18
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp30	7.34	0.22	2	0.9	2.03	0.000465	0.67	10.93	8.44	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp60	7.77	0.22	2.05	0.93	2.07	0.000473	0.69	11.32	8.56	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp120	7.99	0.22	2.07	0.94	2.1	0.000478	0.69	11.52	8.63	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.22	2.08	0.94	2.1	0.000478	0.69	11.54	8.63	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.22	2.07	0.94	2.1	0.000476	0.69	11.49	8.62	0.19
Reach 1	685.7	Max WS	Tr200_Taccini	7.45	0.22	2.02	0.91	2.04	0.000466	0.67	11.05	8.48	0.19
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp20	7.58	0.21	1.97	0.98	2	0.000572	0.73	10.34	8.23	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp30	7.94	0.21	2.01	1	2.03	0.00058	0.75	10.64	8.32	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp60	8.2	0.21	2.03	1.02	2.06	0.000584	0.75	10.86	8.38	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp120	8.37	0.21	2.05	1.03	2.08	0.000587	0.76	11.01	8.42	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.21	2.05	1.03	2.08	0.000586	0.76	11.01	8.42	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.21	2.04	1.02	2.07	0.000585	0.76	10.96	8.41	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp20	6.17	0.21	1.82	0.91	1.84	0.000539	0.68	9.12	7.89	0.2
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp30	7.33	0.21	1.94	0.97	1.97	0.000566	0.72	10.14	8.18	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp60	7.76	0.21	1.99	0.99	2.02	0.000575	0.74	10.5	8.28	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp120	7.99	0.21	2.01	1.01	2.04	0.000579	0.75	10.69	8.33	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.21	2.01	1.01	2.04	0.000579	0.75	10.71	8.34	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.21	2.01	1.01	2.04	0.000578	0.75	10.67	8.32	0.21
Reach 1	584.62	Max WS	Tr200_Taccini	7.45	0.21	1.96	0.98	1.99	0.000567	0.73	10.25	8.21	0.21
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp20	7.57	0.2	1.9	0.86	1.92	0.000411	0.62	12.13	9.81	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp30	7.93	0.2	1.94	0.88	1.96	0.000417	0.64	12.47	9.9	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp60	8.19	0.2	1.96	0.89	1.98	0.00042	0.64	12.73	9.98	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp120	8.36	0.2	1.98	0.9	2	0.000421	0.65	12.91	10.03	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.2	1.98	0.9	2	0.000421	0.65	12.91	10.03	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.2	1.97	0.9	2	0.00042	0.65	12.86	10.01	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp20	6.15	0.2	1.75	0.79	1.77	0.000386	0.57	10.71	9.42	0.17
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp30	7.32	0.2	1.88	0.85	1.9	0.000405	0.62	11.89	9.74	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp60	7.75	0.2	1.92	0.87	1.94	0.000412	0.63	12.32	9.86	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp120	7.98	0.2	1.94	0.88	1.96	0.000416	0.64	12.54	9.92	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.2	1.94	0.88	1.97	0.000416	0.64	12.56	9.93	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.2	1.94	0.88	1.96	0.000415	0.64	12.51	9.91	0.18
Reach 1	431.39	Max WS	Tr200_Taccini	7.45	0.2	1.89	0.86	1.91	0.000407	0.62	12.03	9.78	0.18
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp20	7.55	0.21	1.83	0.93	1.85	0.000648	0.73	10.41	9.59	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp30	7.91	0.21	1.86	0.95	1.89	0.000649	0.74	10.75	9.66	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp60	8.19	0.21	1.89	0.96	1.92	0.00065	0.74	10.99	9.71	0.22

PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica – pag. 53

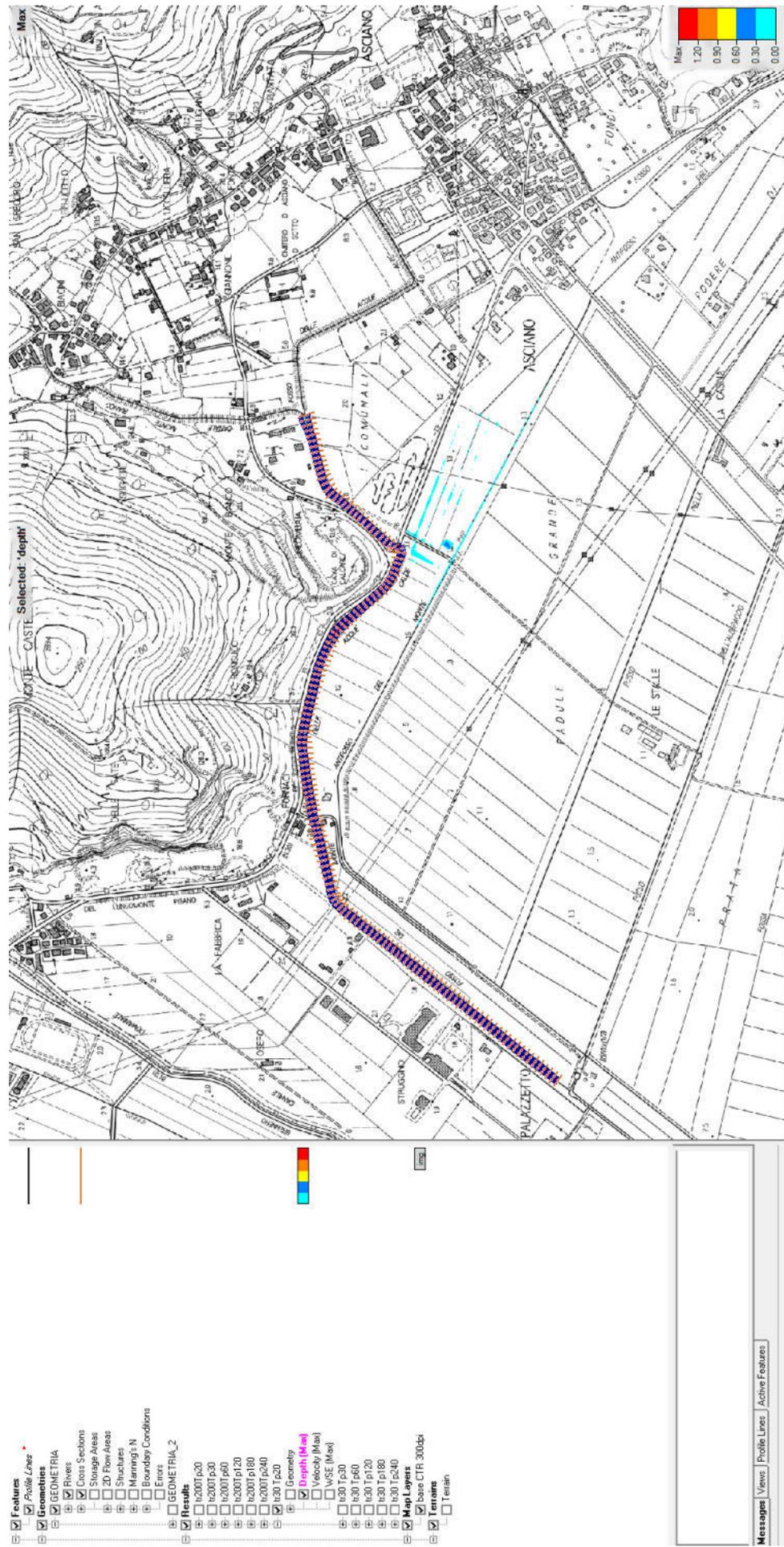
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp120	8.36	0.21	1.91	0.97	1.93	0.000648	0.75	11.16	9.74	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.21	1.91	0.97	1.93	0.000648	0.75	11.17	9.74	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.21	1.9	0.97	1.93	0.000648	0.75	11.12	9.73	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp20	6.14	0.21	1.68	0.86	1.7	0.000645	0.68	9.02	9.19	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp30	7.31	0.21	1.8	0.92	1.83	0.000649	0.72	10.18	9.54	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp60	7.75	0.21	1.85	0.94	1.87	0.000649	0.73	10.59	9.62	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp120	7.98	0.21	1.87	0.95	1.9	0.000649	0.74	10.81	9.67	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp180	8.01	0.21	1.87	0.95	1.9	0.000648	0.74	10.83	9.68	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.21	1.87	0.95	1.89	0.000648	0.74	10.78	9.66	0.22
Reach 1	317.76	Max WS	Tr200_Taccini	7.44	0.21	1.82	0.93	1.84	0.000648	0.72	10.31	9.57	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp20	7.55	0.14	1.72	0.83	1.74	0.000611	0.72	10.53	9.34	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp30	7.91	0.14	1.75	0.85	1.78	0.000613	0.73	10.86	9.41	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp60	8.18	0.14	1.78	0.86	1.81	0.000613	0.74	11.11	9.46	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp120	8.36	0.14	1.8	0.87	1.82	0.000613	0.74	11.28	9.49	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.14	1.8	0.87	1.82	0.000613	0.74	11.28	9.49	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.14	1.79	0.86	1.82	0.000613	0.74	11.23	9.48	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp20	6.12	0.14	1.57	0.75	1.59	0.000606	0.67	9.17	9.07	0.21
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp30	7.3	0.14	1.69	0.82	1.72	0.000609	0.71	10.31	9.3	0.21
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp60	7.75	0.14	1.74	0.84	1.76	0.000612	0.72	10.71	9.38	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp120	7.98	0.14	1.76	0.85	1.79	0.000612	0.73	10.93	9.42	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp180	8	0.14	1.76	0.85	1.79	0.000612	0.73	10.95	9.43	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.14	1.76	0.85	1.78	0.000612	0.73	10.9	9.42	0.22
Reach 1	169.61	Max WS	Tr200_Taccini	7.44	0.14	1.71	0.82	1.73	0.00061	0.71	10.44	9.32	0.22
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp20	7.55	0.16	1.58	0.85	1.62	0.001001	0.88	8.58	8.08	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp30	7.91	0.16	1.61	0.87	1.65	0.001003	0.89	8.86	8.15	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp60	8.18	0.16	1.64	0.89	1.68	0.001001	0.9	9.07	8.21	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp120	8.36	0.16	1.65	0.89	1.7	0.001	0.91	9.22	8.24	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp180	8.37	0.16	1.65	0.9	1.7	0.001	0.91	9.22	8.24	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr200Tp240	8.31	0.16	1.65	0.89	1.69	0.001001	0.91	9.18	8.23	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp20	6.12	0.16	1.43	0.78	1.46	0.001001	0.82	7.42	7.78	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp30	7.3	0.16	1.55	0.84	1.59	0.001	0.87	8.39	8.03	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp60	7.75	0.16	1.59	0.86	1.63	0.001002	0.89	8.74	8.12	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp120	7.98	0.16	1.62	0.88	1.66	0.001002	0.89	8.92	8.17	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp180	8	0.16	1.62	0.88	1.66	0.001003	0.9	8.94	8.17	0.27
Reach 1	0	Max WS	tr30Tp240	7.95	0.16	1.61	0.87	1.65	0.001003	0.89	8.89	8.16	0.27
Reach 1	0	Max WS	Tr200_Taccini	7.44	0.16	1.57	0.85	1.6	0.001001	0.88	8.5	8.06	0.27

5. *Idrogramma stage-flow dello sfioratore laterale per Tr200 per Tp180 minuti (evento di pioggia maggiormente critico)*

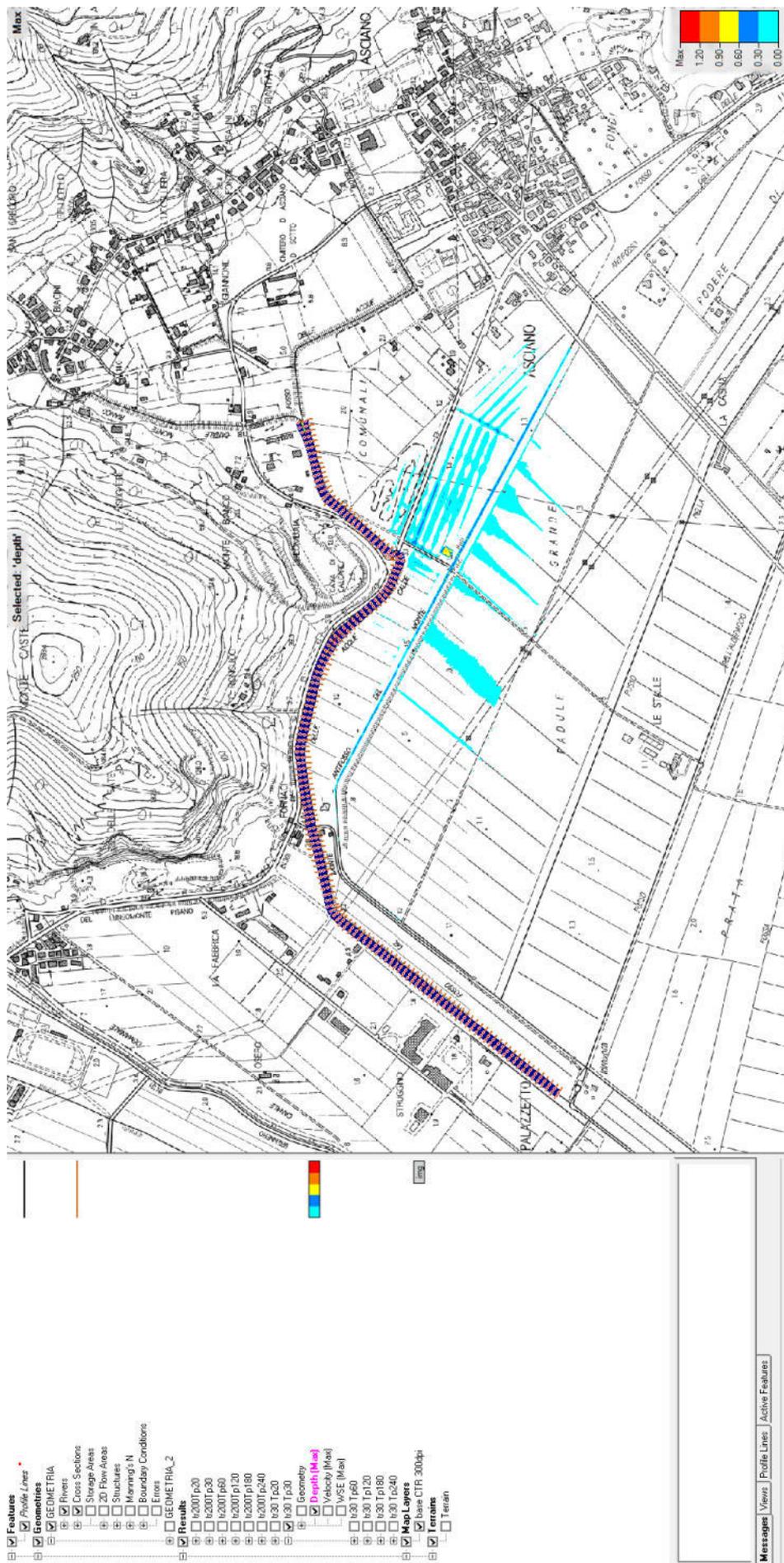


6. “Depth” valori battenti per $Tr=20,30,60,120,180,240$ min

$Tr30 - Tp=20$

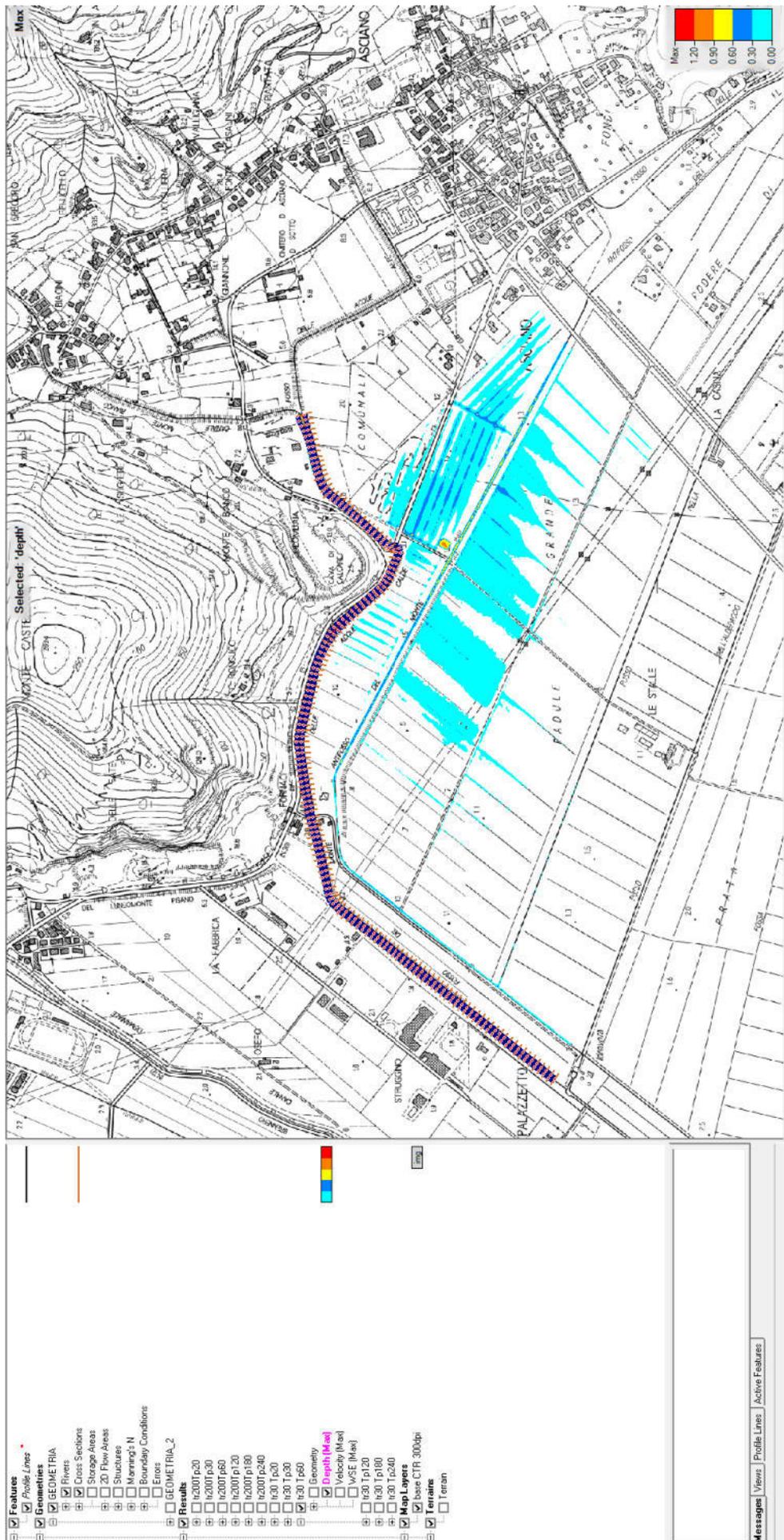


Tr30 - Tp=30

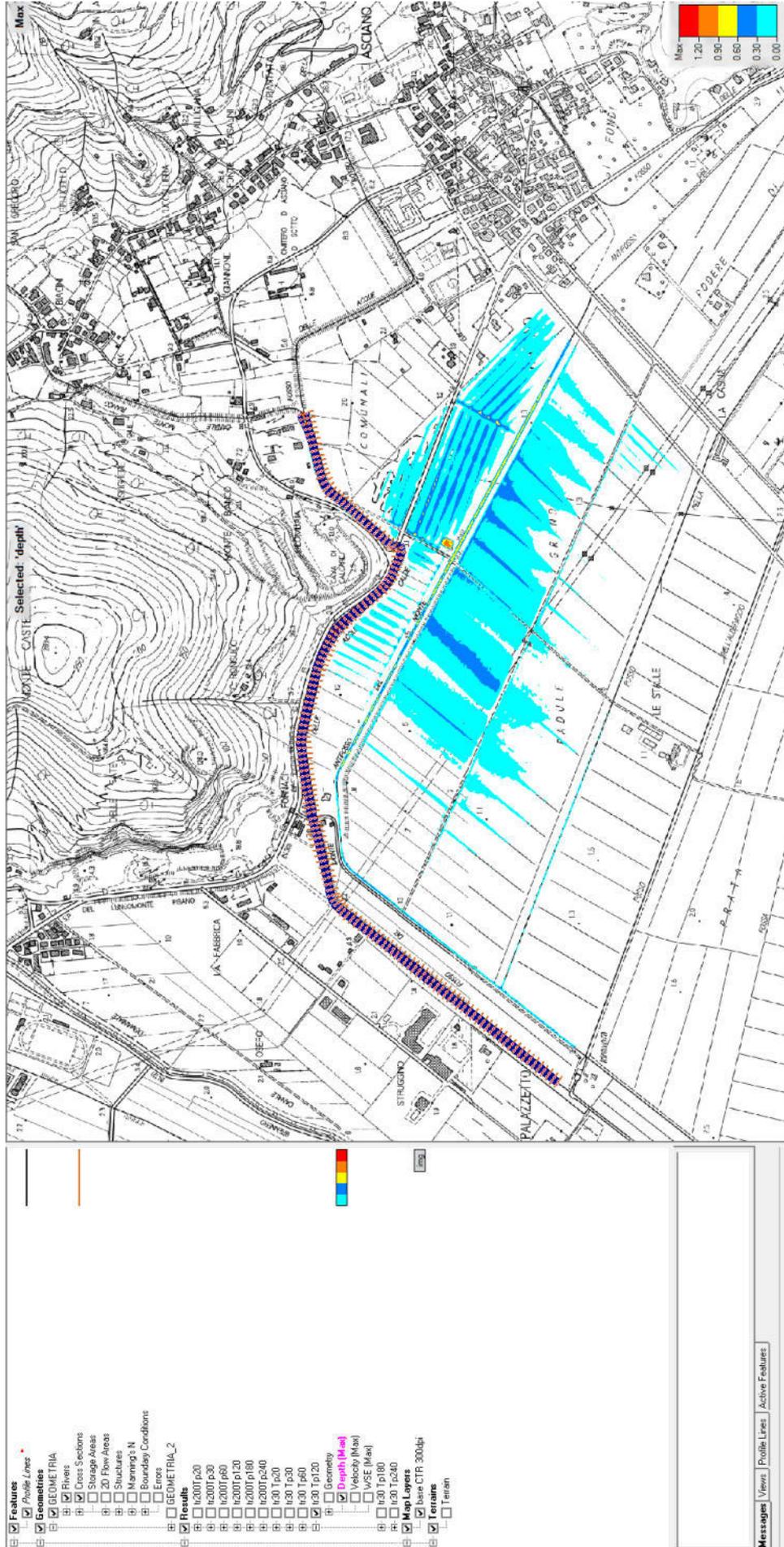


- Features
- Profile Lines
- Geometries
- GEOMETRIA
- Rivers
- Cross Sections
- Storage Areas
- 2D Flow Areas
- Structures
- Manning's N
- Boundary Conditions
- Errors
- GEOMETRIA_2
- Results
- h=2001p=0
- h=2001p=30
- h=2001p=60
- h=2001p=120
- h=2001p=180
- h=2001p=240
- h=30 T=0
- h=30 T=30
- Geometry
- Depth (Max)
- Velocity (Max)
- VSE (Max)
- h=30 T=60
- h=30 T=120
- h=30 T=180
- h=30 T=240
- Map Layers
- base CTR 300dpi
- Errors
- Terrain

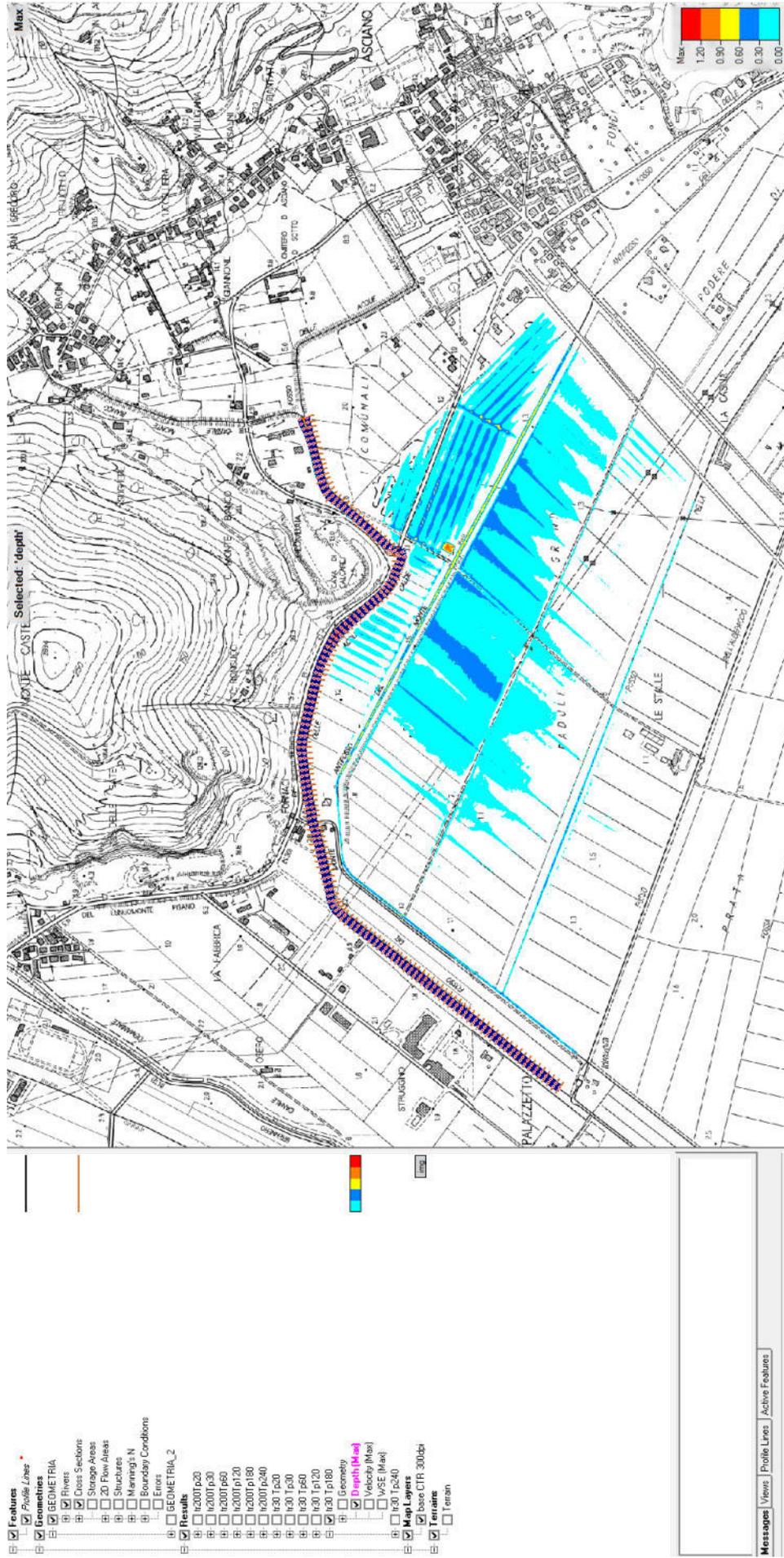
Tr30 - Tp=60



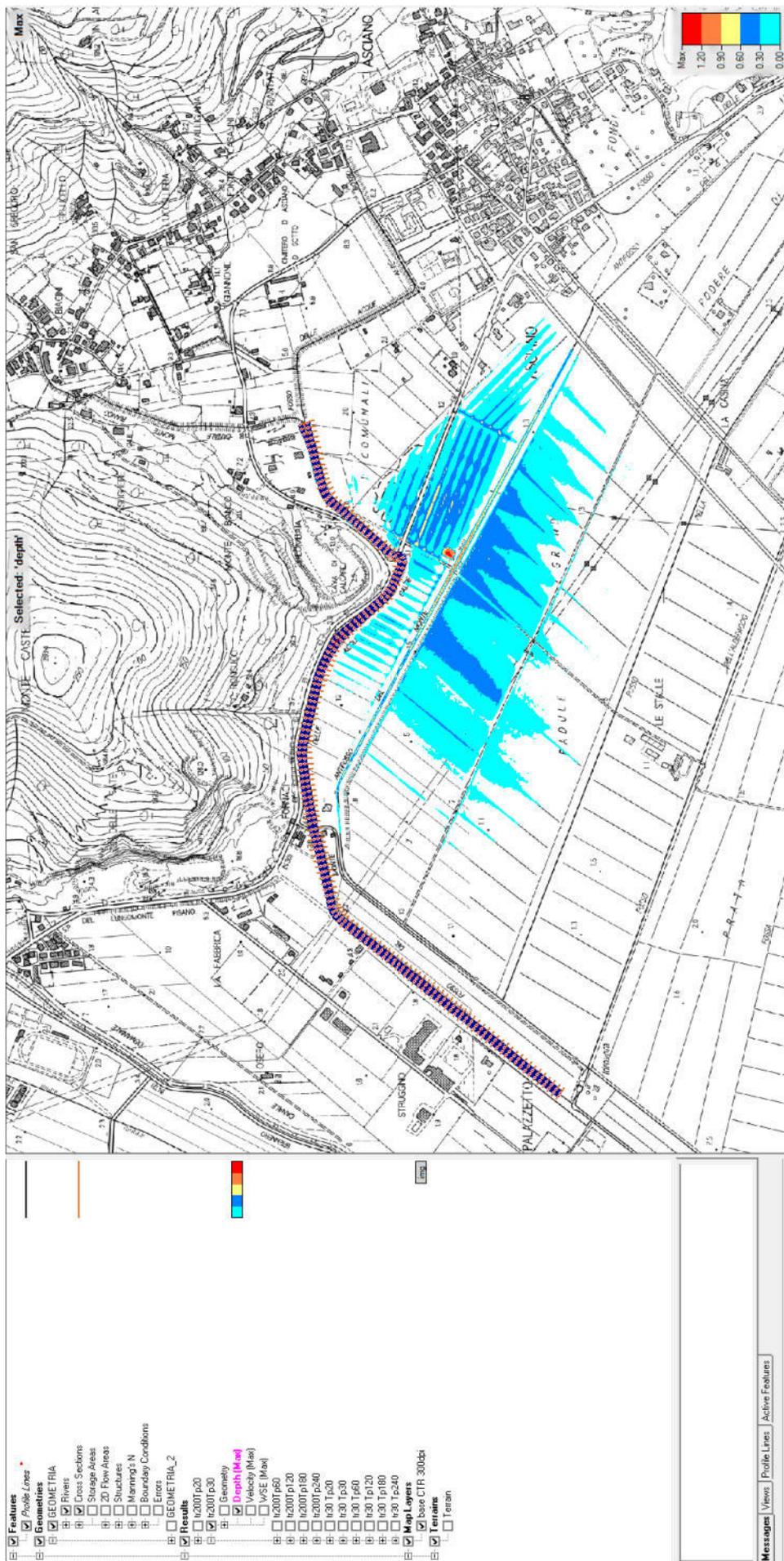
Tr30 - Tp=120



Tr30 - Tp=180



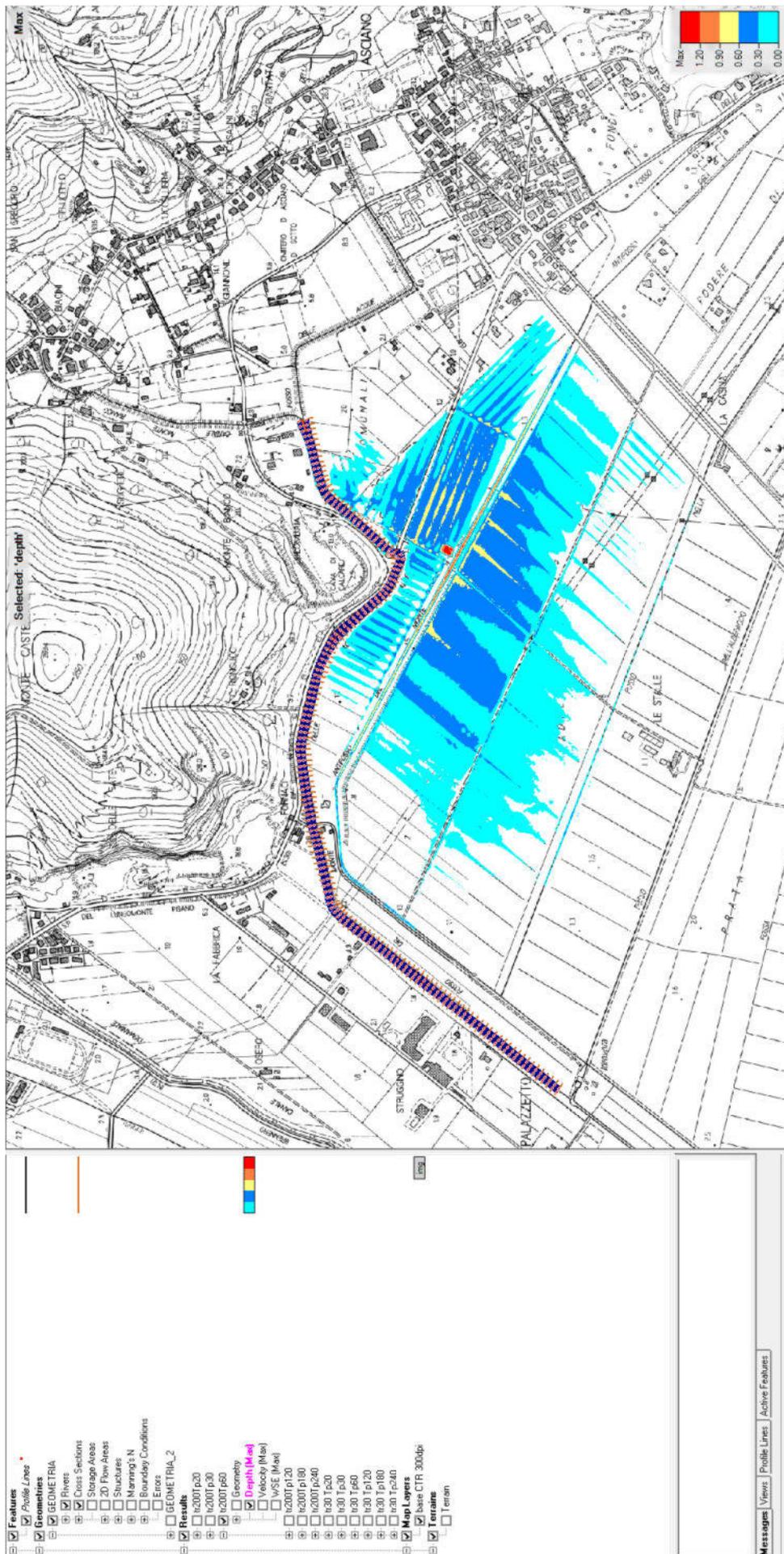
Tr200 - Tp=30



PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica - pag. 63

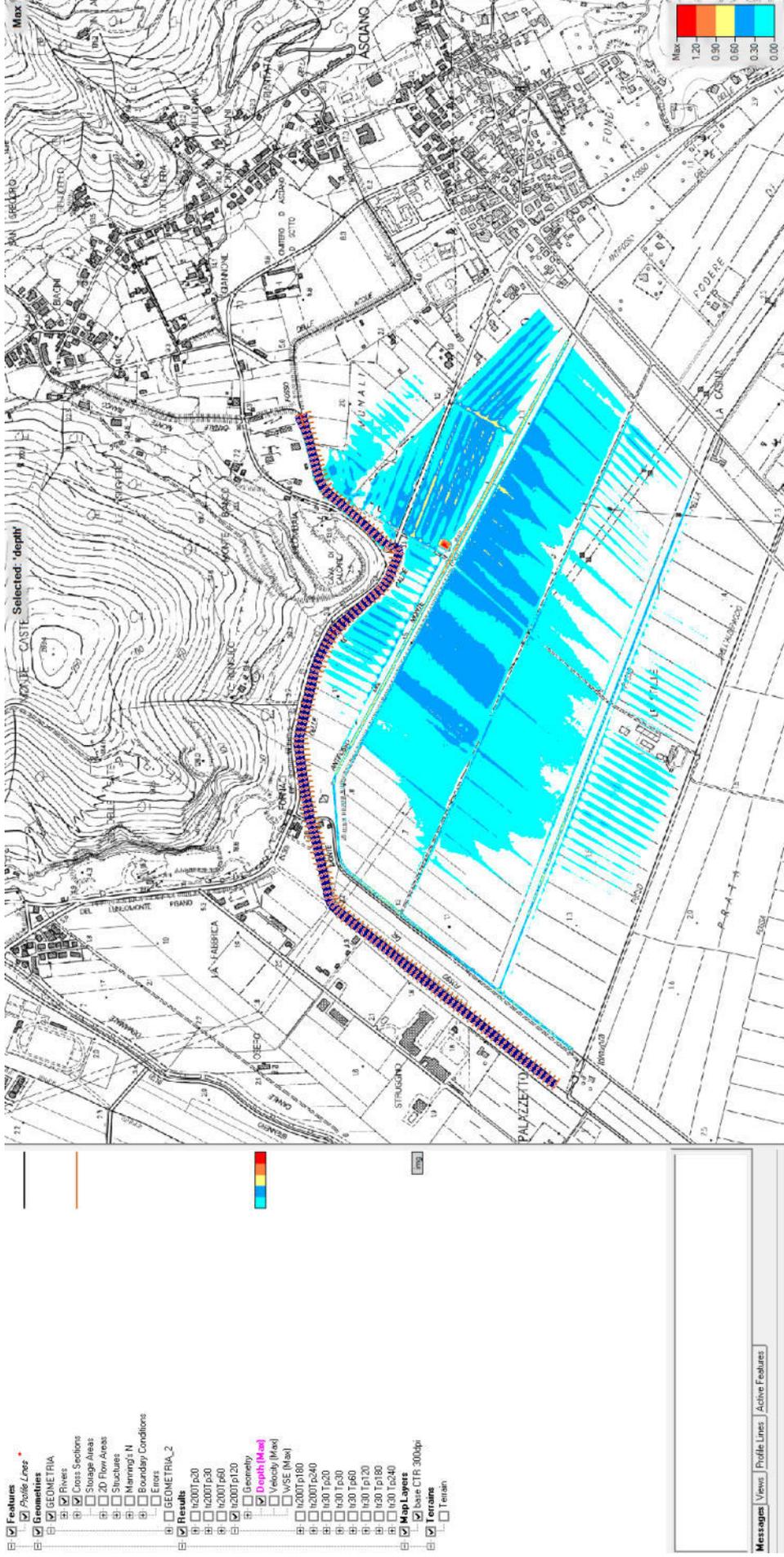
Tr200 - Tp=60



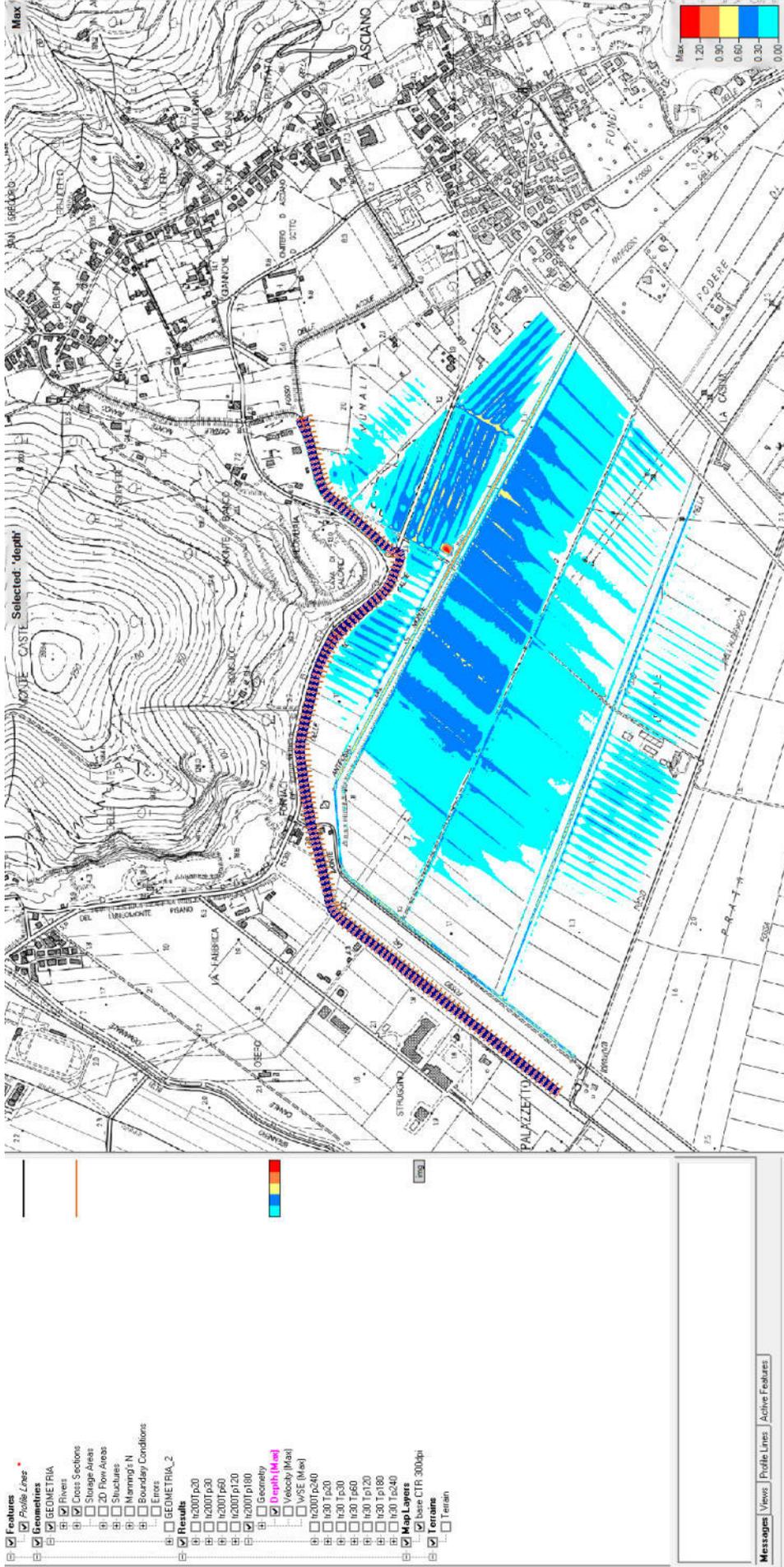
PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica - pag. 64

Tr200 - Tp=120



Tr200 - Tp=180 (evento maggiormente critico)



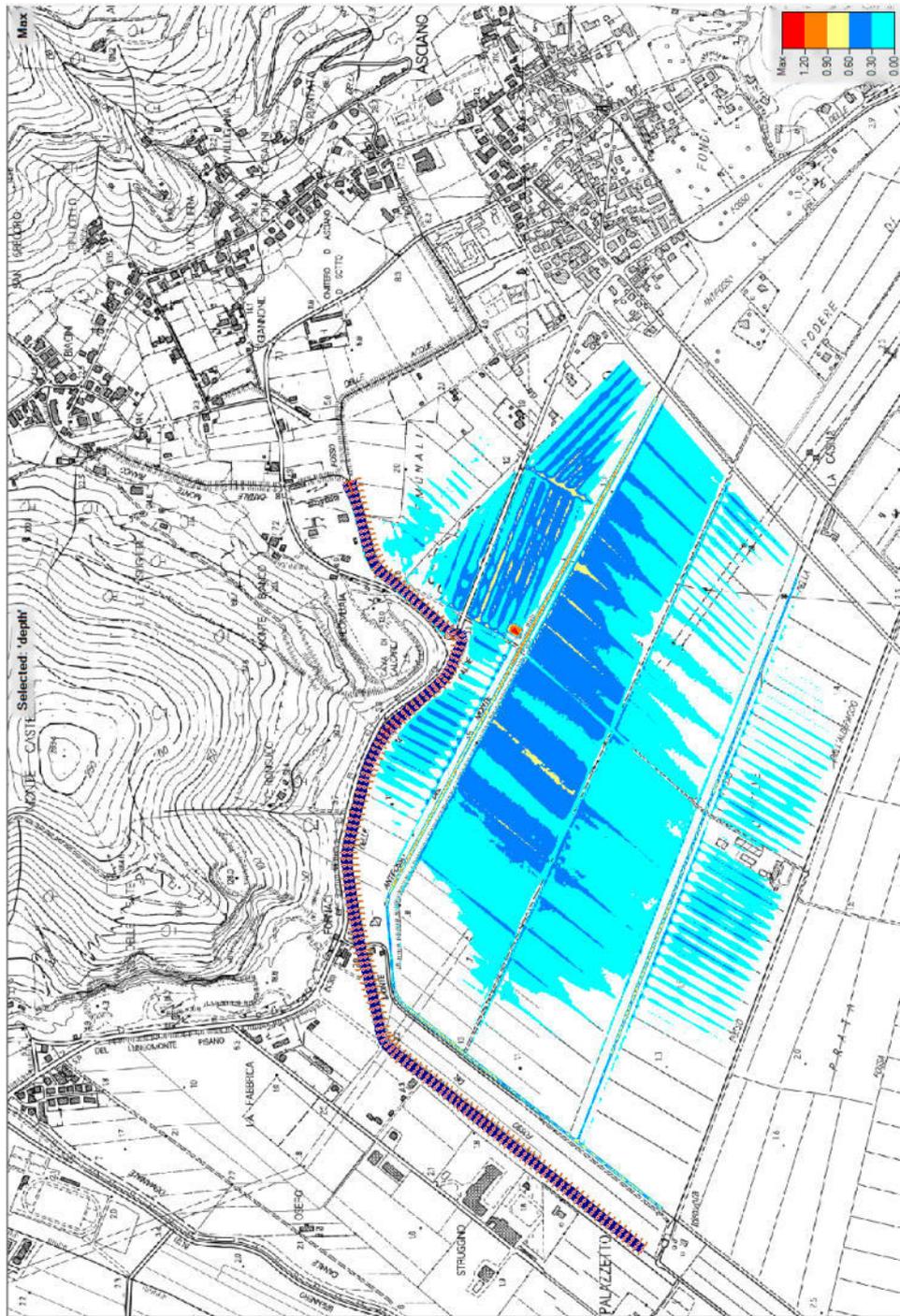
PIANO DI RECUPERO CON CONTESTUALE VARIANTE AL POC

Relazione Idrologico-Idraulica - pag. 66

Tr200 - Tp=240

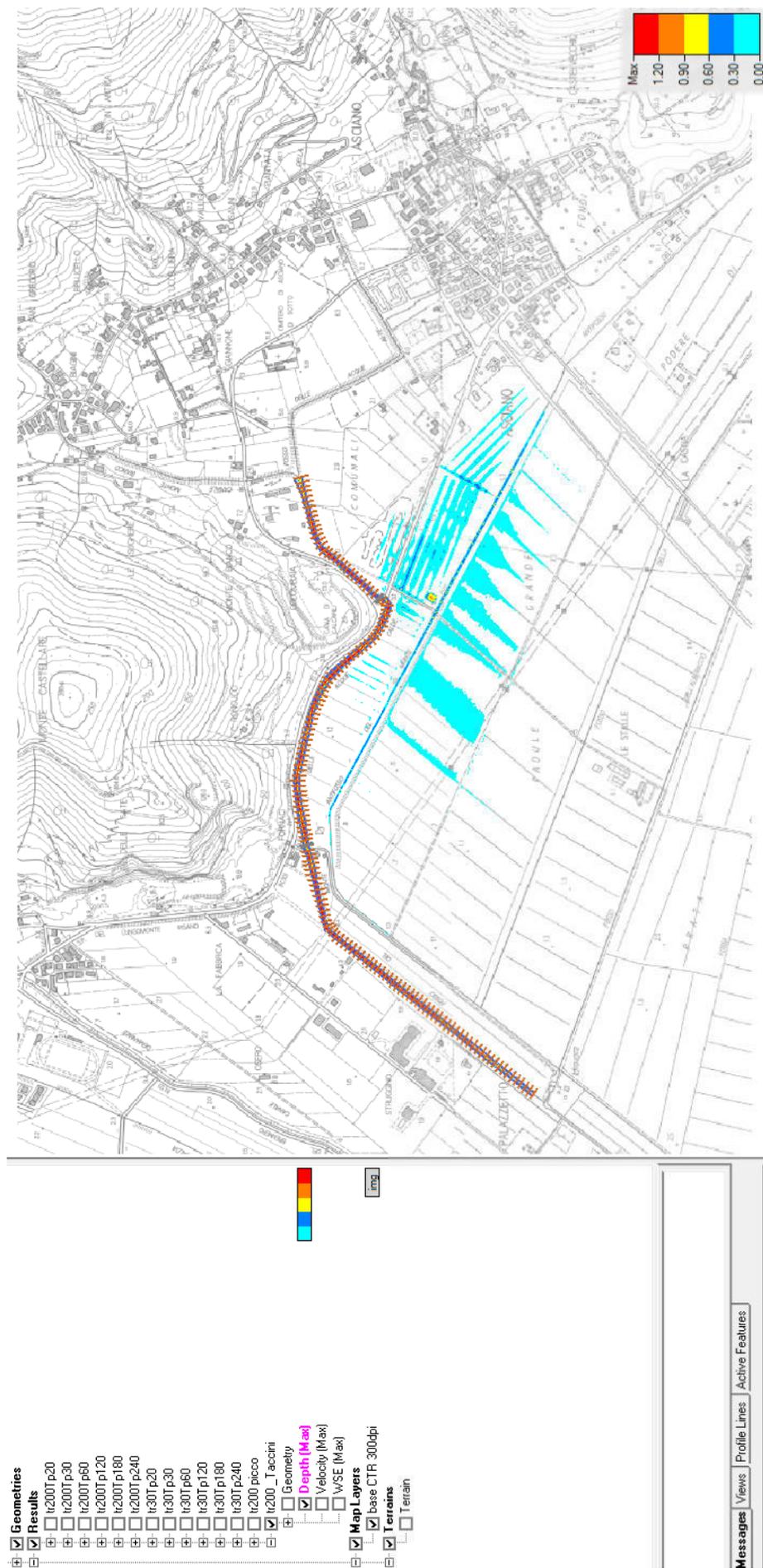
Features
 Profile Lines
 Geometries
 GEOMETRIA
 Rivers
 Cross Sections
 Storage Areas
 2D Flow Areas
 Structures
 Manning's N
 Boundary Conditions
 Errors
 GEOMETRIA_2
 Results
 %2007 p20
 %2007 p30
 %2007 p60
 %2007 p120
 %2007 p180
 %2007 p240
 Geometry
 Depth (Max)
 Velocity (Max)
 WSE (Max)
 %300 Tr20
 %300 Tr30
 %300 Tr60
 %300 Tr120
 %300 Tr180
 %300 Tr240
 Map Layers
 base CTR 300dpi
 Terrain

Messages | Views | Profile Lines | Active Features



8. "Depth" valori battenti per Tr200 e Tp=120 min (portata laminata), rif. Studio comunale.

Tr200 - Tp=120



5. GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE AI SENSI DELLA LRT 41/18

A seguito dello studio di approfondimento idraulico svolto si è dunque rilevato che l'area d'intervento **NON è soggetta ad alcun battente idraulico per tr30 e tr200 anni.**

Ai sensi dunque della L.R. 41/2018 art. 2 lettera h), tenuto conto che **NON risulta alcun battente né statico né dinamico, si ricade nella classe di magnitudo moderata.**

battente	$h \leq 0.3$ m	Magnitudo moderata
	$0.3 \leq h \leq 0.5$ m	Magnitudo severa
	$h \geq 0.5$ m	Magnitudo molto severa

Trattandosi di interventi sul patrimonio edilizio esistente (art. 12 L.R.T.41/18 – comma 2) con edificazione di nuova costruzione all'interno del territorio urbanizzato, attraverso interventi di demolizione con totale ricostruzione di nuovo manufatto funzionale al patrimonio edilizio esistente medesimo, la L.R.41/18 disciplina che nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti P2, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi anche di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

Nel caso in esame, nonostante l'area NON sia soggetta ad allagamenti, e si ricada già nell'applicazione dell'art. 8 comma 1 lettera a), la gestione del rischio alluvioni è stata comunque perseguita conseguendo la **classe di rischio medio R2**, mediante la realizzazione del **piano di calpestio del piano terra a quota + 30 cm rispetto al piano campagna attuale.**

Il "rischio medio R2", definito dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 settembre 1998, rappresenta infatti il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche.

Inoltre secondo il Principio dell'Invarianza idraulica, **gli interventi in progetto NON danno luogo ad alcun aggravio delle condizioni idrauliche al contorno**, sia in termini di volumi sottratti alla libera esondazione sul suolo, poiché allo stato attuale l'area interessata dagli interventi edificatori risulta già edificata e non soggetta ad allagamenti.

Infine in considerazione della natura del terreno che comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, con potenzialità di deflusso moderatamente alta e quindi scarsa capacità di infiltrazione a saturazione, si rende necessaria una **idonea riprofilatura del terreno (destinato al verde) con pendenza di scolo verso sud in direzione dell'Antifosso del Monte, per**

consentire un efficace drenaggio delle acque meteoriche durante gli eventi piovosi e scongiurare eventuali ristagni d'acqua.

Le misure messe in atto garantiscono pertanto il NON aggravio delle aree limitrofe nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

Si precisa inoltre che le opere di nuova edificazione si trovano fuori dalla fascia di rispetto dei due canali limitrofi (nel rispetto dell'art. 3 "*tutela dei corsi d'acqua*" comma 1) della L.R.T. 41/18), ovvero:

- fuori dai 10 metri dal piede esterno dell'argine sinistro del *Fosso di Monte delle Acque Calde*;
 - fuori dai 10 metri del ciglio di sponda destro dell'*Antifosso del Monte*.
-

6. CONCLUSIONI

Il presente studio idrologico-idraulico è stato condotto allo scopo di valutare la dinamica esondativa dell'area di d'intervento, poiché non rientrante nelle aree indagate dallo Studio idrologico e idraulico - riguardante l'aggiornamento delle indagini idrauliche a supporto del Piano Operativo Comunale (luglio 2017) a firma dell'ing. Jacopo Taccini – permettendo così di ricavare le aree soggette ad esondazione e i relativi battenti.

L'analisi pluviometrica, idrologica e di modellazione idraulica è stata condotta, utilizzando i medesimi criteri progettuali e parametri caratteristici dello studio idraulico comunale, ma con condizioni al contorno estremamente cautelative e severe; in particolare la modellazione 1D/2D è stata condotta imponendo un'idrogramma in ingresso non laminato, nonostante i risultati dello studio idraulico comunale dimostrino una marcata riduzione delle portate in uscita dal modello del canale.

In conclusione per tutto quanto analizzato nella presente relazione - considerata la piena coerenza con lo Studio Idraulico comunale - si può concludere, che la simulazione idraulica ha attestato l'assenza di allagamenti e pertanto **l'area di intervento NON è soggetta ad alcun battente idraulico né statico né dinamico.**

Tuttavia per una maggior tutela, la gestione del rischio di alluvioni ai sensi della L.R.T.41/18 è comunque assicurata mediante la **realizzazione di opere di sopraelevazione del piano di calpestio fino alla quota +30 cm rispetto al piano campagna**, conseguendo la classe di rischio medio R2.

Infine in considerazione della natura del terreno, che comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, con potenzialità di deflusso moderatamente alta e quindi scarsa capacità di infiltrazione a saturazione, si rende necessaria una **idonea riprofilatura del terreno (destinato al verde) con pendenza di scolo verso sud in direzione dell'Antifosso del Monte, per consentire un efficace drenaggio delle acque meteoriche durante gli eventi piovosi e scongiurare eventuali ristagni d'acqua.** Le misure messe in atto garantiscono pertanto il NON aggravio delle aree limitrofe nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica. Si precisa inoltre che tutte le opere di nuova edificazione si trovano fuori dalla fascia di rispetto di cui all'art.3 "tutela dei corsi d'acqua" comma 1) della L.R.T. 41/18.

O o - o O

Dott. Ing. Fabio BONACCI



Ing. Iun. Valentina ALTIERI



