

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI15**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing.
Raffaele Franco Carso

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Arch. N.Kamenicky
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Geol. G.Cerquiglini
Geom. S.Scopetta
Dott.Ing. L.Sbrenna
Dott.Ing. E.Sellari
Dott.Ing. L.Dinelli
Dott.Ing. L.Nani
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. G.Cordua
Dott. Ing. V.De Gori
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Geom. C.Vischini
Dott. Ing. V.Piunno
Dott. Ing. G.Pulli
Geom. C.Sugaroni



IDROLOGIA ED IDRAULICA

Relazione modellazione bidimensionale

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-ID00-IDR-RE03		
L O F I 1 5	E	1 9 0 1	CODICE ELAB. T 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 3	A	-
A	Emissione		28/02/2020	C.Calcina	E.Bartolucci N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

INDICE

1	Introduzione	3
1.1	Normativa di riferimento	7
1	Inquadramento generale e obiettivi dello studio	8
1.2	Pericolosità idraulica nell'area di intervento	8
1.3	Obiettivo dello studio idraulico.....	10
2	Dati di base	12
1.4	Rilievi	12
1.1	Opere di progetto	14
3	Implementazione modello idraulico.....	15
1.5	Generalità	15
1.6	Scenari simulati.....	17
1.7	Geometria.....	17
1.8	Orografia.....	19
1.9	Scabrezza	23
1.10	Condizioni al contorno del modello	25
1.11	Teoria alla base del modello	32
4	Risultati delle simulazioni numeriche 2D	35
1.12	Area 1	38
1.1.1	Pericolosità PGRA	39
1.1.2	Mappe dei tiranti	40
1.1.3	Particolari su opere interessate dall'esondazione	46
1.1.4	Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam.....	48
1.1.5	Considerazioni finali.....	52
1.13	Area 2.....	53
5	Pericolosità PGRA	54
1.1	Mappe dei tiranti.....	55
1.1.1	Particolari su opere interessate dall'esondazione	62
1.1.2	Differenze tra scenario Poste-Operam e Ante-Operam.....	66



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.1	Considerazioni finali	70
1.14	Area 3.....	71
6	Pericolosità PGRA	72
1.1	Mappe dei tiranti.....	73
1.1.1	Particolari su opere interessate dall'esondazione	80
1.1	Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam	88
1.1.1	Considerazioni finali	95
1.15	Area 4.....	97
7	Pericolosità PGRA	98
7.1	Mappe dei tiranti.....	99
7.1.1	Particolari su opere interessate dall'esondazione	105
7.1.2	Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam.....	106
7.1.3	Considerazioni finali	110
8	Risposta alle prescrizioni del Genio Civile	111
1.16	Verifica Viadotto sul fiume Merse.....	119
9	Riferimenti bibliografici.....	120

1 INTRODUZIONE

La presente relazione, parte integrante del progetto esecutivo “Itinerario Internazionale E78”, illustra lo studio idrodinamico dell’area in esame e in particolare valuta le interferenze delle opere di progetto con le dinamiche di esondazione del fiume Merse.

L’area interessata dall’intervento è mostrata in [Figura 1](#)~~Figura 4~~.



Figura 1- Inquadramento dell’area oggetto di intervento

L’opera interferisce con due corsi d’acqua principali (Merse e Ornate; Figura 2) e con 6 corsi d’acqua secondari (Bagnoli, Fosso San Biagio, Fosso Maceratano, Fosso Barattoli, Fosso Cerri, Fosso Faule; Figura 3).



Figura 2 - Interferenza del tracciato con i corsi d'acqua principali: fiume Merse e fiume Ornate

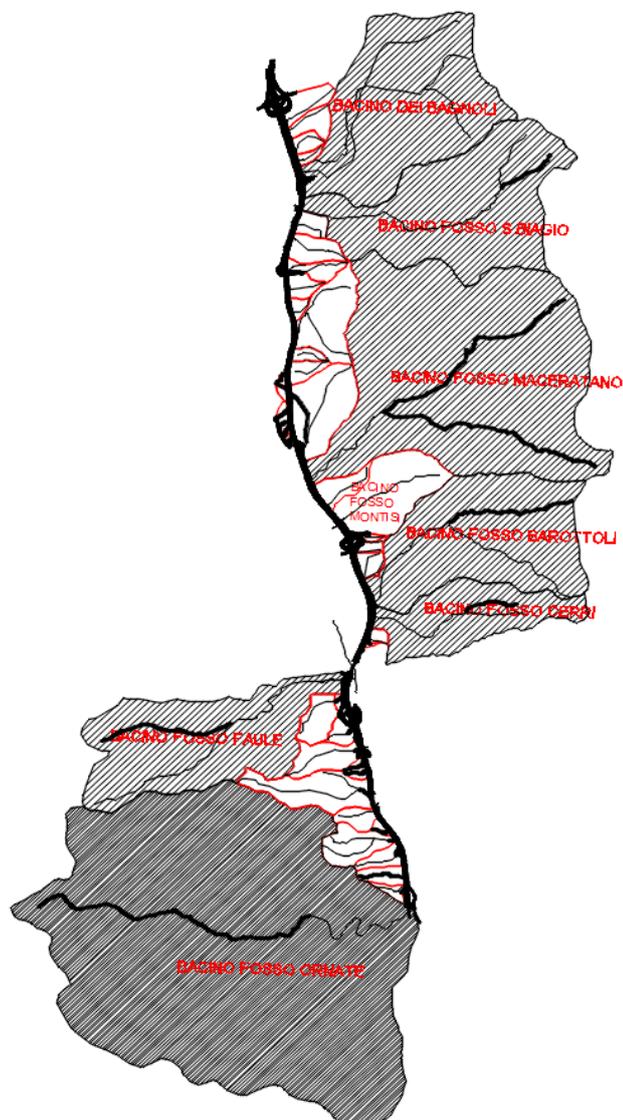


Figura 3 - Interferenza del tracciato con i corsi d'acqua secondari.

E' stato condotto quindi uno studio idrodinamico bidimensionale del fiume Merse finalizzato alla valutazione delle aree potenzialmente inondabili e delle interazioni di queste con le opere di progetto. Per quanto riguarda le interferenze con il fiume Ornate e con i corsi d'acqua secondari sono stati sviluppati modelli monodimensionali.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Le analisi svolte sono state condotte in conformità a quanto previsto ed effettuato nell’ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) della Regione Toscana e delle Nuove NTC2018.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1 Normativa di riferimento

I principali riferimenti normativi e/o strumenti di pianificazione utilizzati nel presente progetto sono i seguenti:

- Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Toscana (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018)
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.
- Legge Regionale 79/2012
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523
- Legge regione Toscana n. 65/2014
- D.P.CR. Toscana 53/R del 25 ottobre 2011
- Legge regione Toscana n. 41/2018
- Legge regione Toscana n. 80/2015

21 INQUADRAMENTO GENERALE E OBIETTIVI DELLO STUDIO

1.2 Pericolosità idraulica nell'area di intervento

Il quadro conoscitivo di riferimento per la caratterizzazione idrologica del bacino del fiume Merse e la definizione delle aree a pericolosità idraulica sono attualmente riportati nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2014).

In particolare, sono individuate 3 classi di pericolosità idraulica (P3 - elevata, P2 - media, P1 - bassa).

- La classe di pericolosità elevata (P3) fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni.
- La classe di pericolosità media (P2) fa riferimento ad un evento caratterizzato da tempo di ritorno compreso tra i 100 e 200 anni.
- La classe di pericolosità bassa (P1) fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno compreso tra i 200 e i 500 anni.

Di seguito, una tabella riepilogativa delle classi di pericolosità adottate.

TR (anni)	Pericolosità
20-50	P3 - Elevata
100-200	P2 - Media
200-500	P1 - Bassa

Tabella 1 - Classi di pericolosità idraulica (PGRA).

La pericolosità idraulica nell'area di intervento è mostrata in Figura 4.

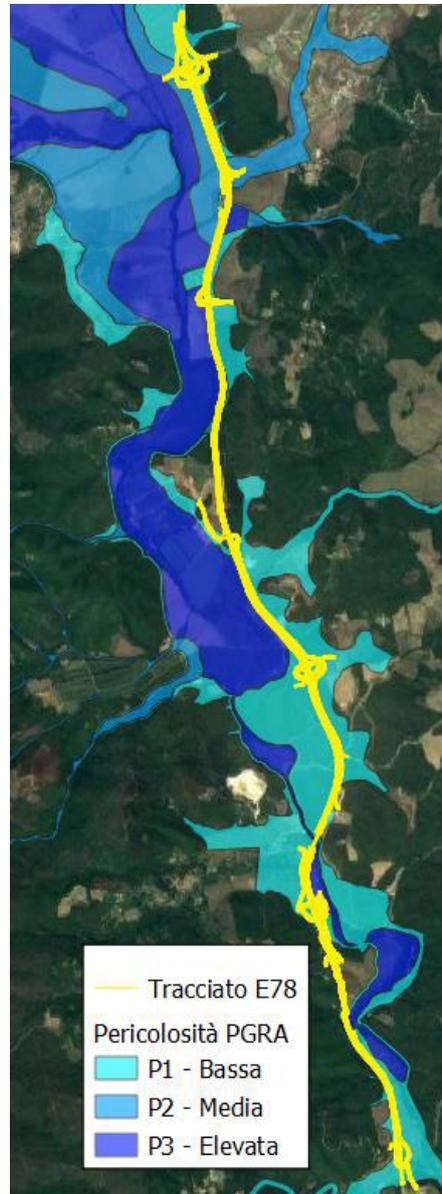


Figura 4 – Pericolosità idraulica secondo il PGRA.

1.3 Obiettivo dello studio idraulico

Obiettivo del presente studio idraulico è quello di valutare la compatibilità idraulica del nuovo rilevato stradale, del nuovo ponte sul fiume Merse e dei nuovi svincoli previsti nel presente progetto.

Sono stati simulati due scenari: Ante-Operam e Post-Operam. Dal loro confronto è possibile valutare l'impatto che i nuovi interventi hanno sulle caratteristiche idrauliche delle aree inondabili.

Per la sicurezza idraulica dell'intervento, le opere d'arte di attraversamento esistenti devono osservare le prescrizioni riportate nelle Nuove NTC2018 (e nella relativa circolare applicativa del 7 gennaio 2019).

In sintesi, le opere idrauliche di attraversamento devono essere verificate per eventi di massima piena caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Per gli attraversamenti principali (ponti e viadotti), relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena, si specifica quanto segue:

- il franco idraulico tra la quota di intradosso del manufatto ed il livello idrico corrispondente alla piena di progetto ($Tr = 200$) non deve essere inferiore a 1.5 m nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento;
- il franco minimo tra la quota di intradosso del manufatto e la quota di carico idraulico totale deve essere almeno pari a 50 cm.

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018), l'opera deve rispondere ai seguenti requisiti:

“Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. Nel caso di pile e/o spalle in alveo, cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

tenuto anche conto del materiale galleggiante che il corso d'acqua può trasportare. In tali situazioni, una stima anche speditiva dello scalzamento è da sviluppare fin dai primi livelli di progettazione. Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena.”

Nella relativa circolare applicativa del 9 gennaio 2019, si asserisce inoltre:

“Quando, per caratteristiche del territorio e del corso d'acqua, si possa verificare nella sezione oggetto dell'attraversamento il transito di tronchi di rilevanti dimensioni, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50 m, e da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia indicativamente non inferiore a 6÷7 m. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotravesara comunque non inferiore alla quota della sommità arginale per l'intera luce. Per tutti gli attraversamenti è opportuno che sia garantito il transito dei mezzi di manutenzione delle sponde e/o delle arginature.”

In definitiva, in accordo alle NTC2018, nonché alle classi di pericolosità idraulica indicate nel P.G.R.A. (Tabella 1), sono state effettuate le simulazioni idrauliche per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni. È stata effettuata inoltre un'ulteriore simulazione per un tempo di ritorno pari a 10 anni per valutare tiranti e velocità di esondazione durante la fase di realizzazione dell'opera. Il tempo di ritorno di 10 anni per l'analisi della vulnerabilità del cantiere è stato ottenuto tramite la seguente formula:

$$Tr = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^{n/v}$$



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

32 DATI DI BASE

1.4 Rilievi

Il confronto tra le diverse informazioni, ed in particolare tra le sezioni trasversali dell'alveo rilevate durante apposite campagne topografiche ed i rilievi LiDAR, ha permesso, nell'implementazione del modello idraulico sviluppato, di utilizzare i dati più aggiornati, che riproducessero maggiormente le attuali condizioni in alveo e nelle aree golenali, potenzialmente inondabili.

La campagna di rilievi topografici ha permesso di acquisire il profilo delle sezioni in diversi punti del fiume Merse (Figura 5).



Figura 5 - Sezioni idrauliche rilevate in sito

Per la riproduzione dell'orografia al di fuori dell'alveo è stato utilizzato un modello digitale di elevazione (DEM) laser-altimetrico (LiDAR) con risoluzione 1x1 m². Tale dato è scaricabile gratuitamente dal geoportale della Regione Toscana al seguente sito:

<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>.

In Figura 6 è rappresentato, a titolo esemplificativo, il modello digitale di elevazione in una specifica porzione dell'area considerata.

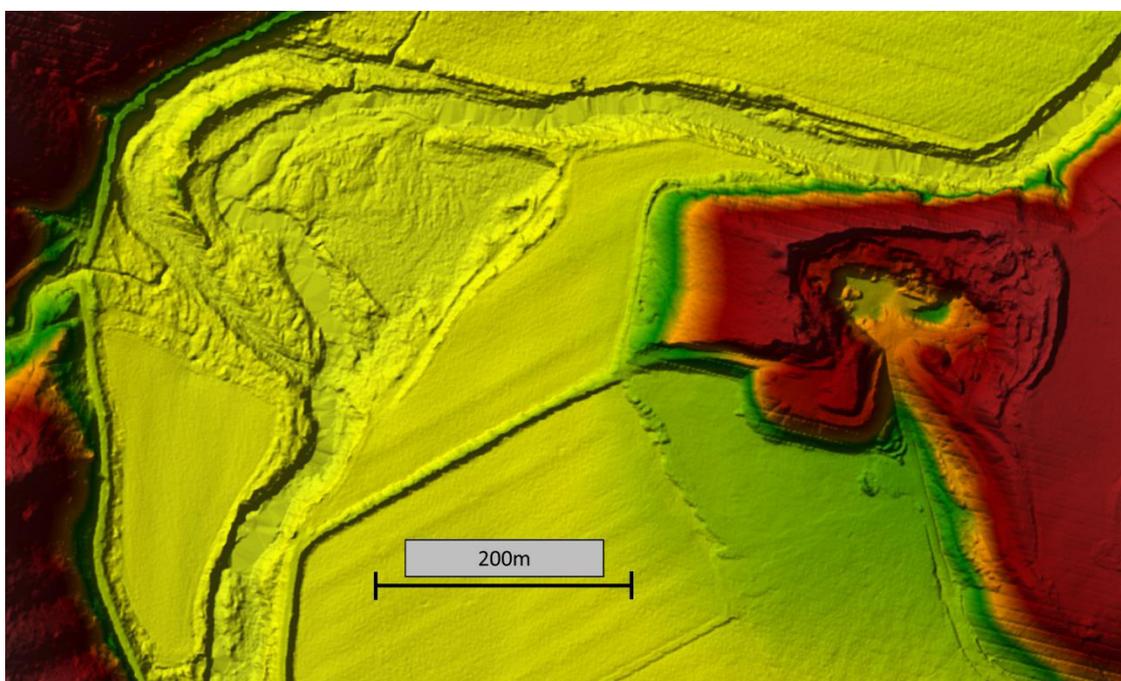


Figura 6 - Esempio di modello di elevazione (particolare dell'area di studio).

1.1 Opere di progetto

L'intervento consiste nell'adeguamento della esistente S.S. 223 “Di Paganico” a 4 corsie. Tale adeguamento comporta l'allargamento del rilevato stradale, la realizzazione di 8 svincoli e la riconfigurazione del viadotto per l'attraversamento sul fiume Merse.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

43 IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO

1.5 Generalità

Lo studio idrodinamico ha interessato l'area di esondazione del fiume Merse lungo la statale “SS223” delimitata a nord dall'incrocio con la provinciale “SP99” e a sud con l'attraversamento sul fiume Ornate, per una lunghezza di tratto di fiume analizzato pari a 16.2 km e per un'area totale di 15.2 km². In Figura 7 è mostrata l'area oggetto di studio:

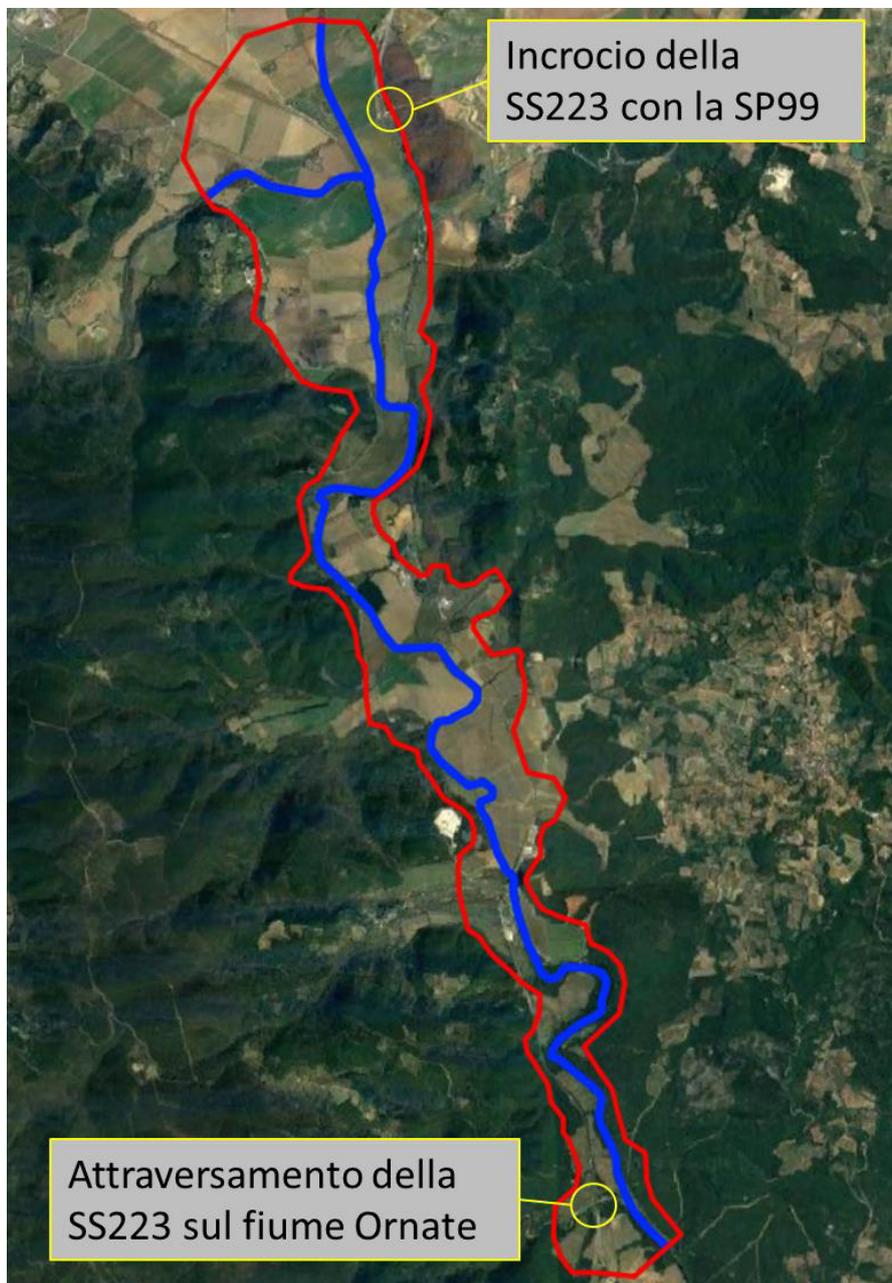


Figura 7 - Area di studio per la modellazione idrodinamica.

Questa modellazione è finalizzata alla determinazione delle aree potenzialmente inondabili (per le portate di piena di riferimento) lungo il nuovo rilevato, alla loro possibile interferenza con tutti i nuovi interventi (ponti, svincoli, etc.) e quindi alla valutazione del cambiamento tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam.

1.6 Scenari simulati

Come precedentemente accennato, si è proceduto alla simulazione delle onde di piena riferite ai tempi di ritorno di 10, 30 e 200 anni sia in condizioni Ante-Operam che in condizioni Post-Operam.

1.7 Geometria

La griglia di calcolo per la modellazione è stata posta pari a 20×20 m². Lungo tutto l'alveo e in tutte quelle aree con bruschi cambiamenti di quota (argini, risaie, rilevati, pile), è stata aumentata la risoluzione della griglia, come mostrato in Figura 8.



Figura 8 - Griglia di calcolo del modello bidimensionale: lungo tutto l'alveo e in corrispondenza di argini, rilevati, pile e limiti delle risaie, la griglia è stata infittita per tener conto del brusco cambiamento di quota.

In prossimità dell'attraversamento sul fiume Merse, la griglia è stata ulteriormente infittita per cogliere bruschi cambiamenti di tiranti e velocità dovuti a diversi restringimenti di sezione, come mostrato in Figura 9.

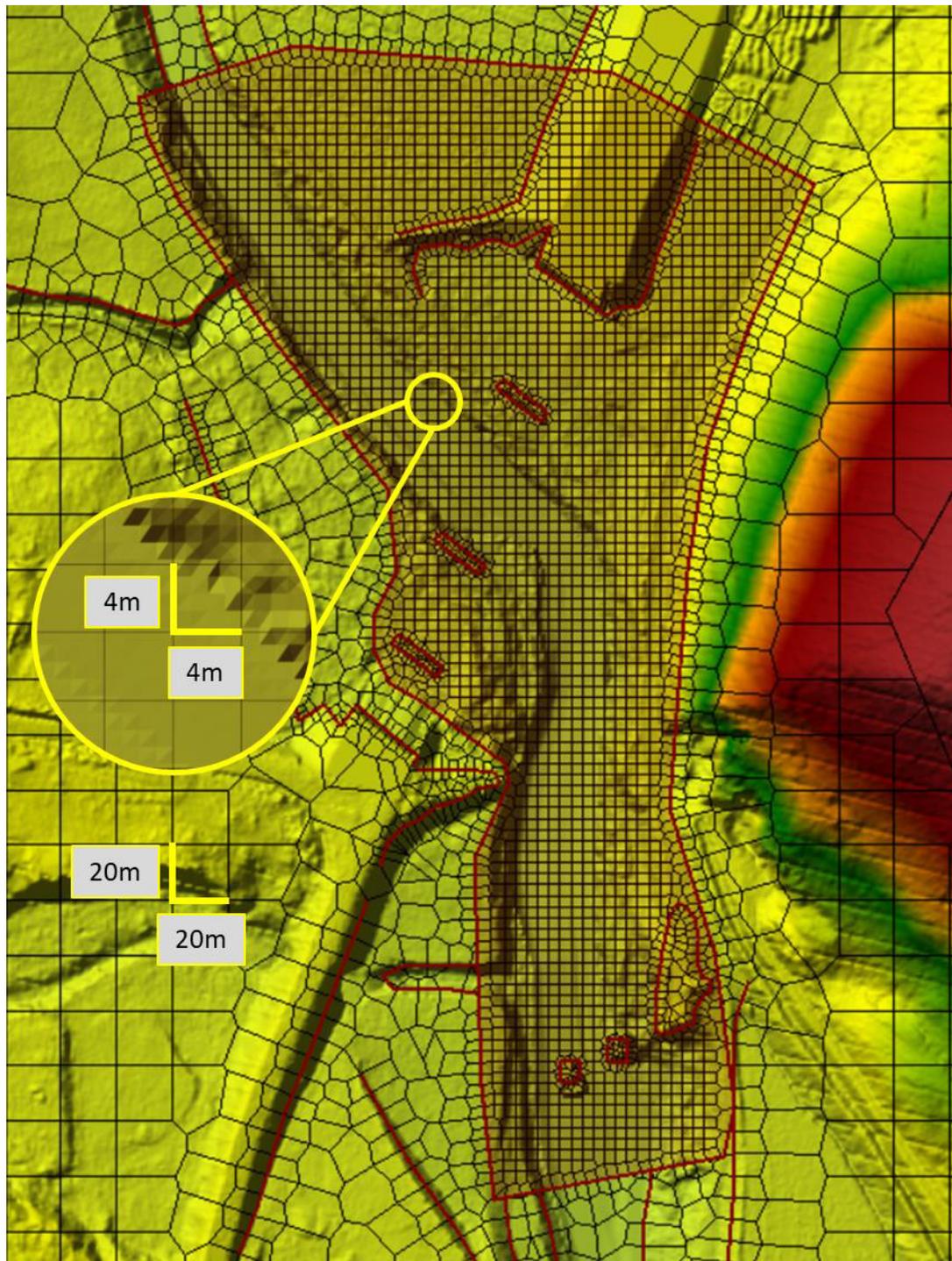


Figura 9 - Infitimento della griglia in corrispondenza dell'attraversamento sul fiume Merse.

1.8 Orografia

È importante sottolineare che il LiDAR è in grado di riprodurre in modo accurato la forma dell'alveo in tutti quei punti in cui la profondità della superficie dell'acqua è minore di circa 1 metro. La dove ciò non accade, il LiDAR riporta delle quote del fondo dell'alveo maggiori rispetto a quelle reali. Figura 10 mostra la differenza tra una sezione tracciata sul LiDAR e una sezione rilevata. Importante anche notare la congruenza tra l'orografia delle sezioni rilevate e quella del LiDAR (vedere anche Figura 11 e Figura 12).

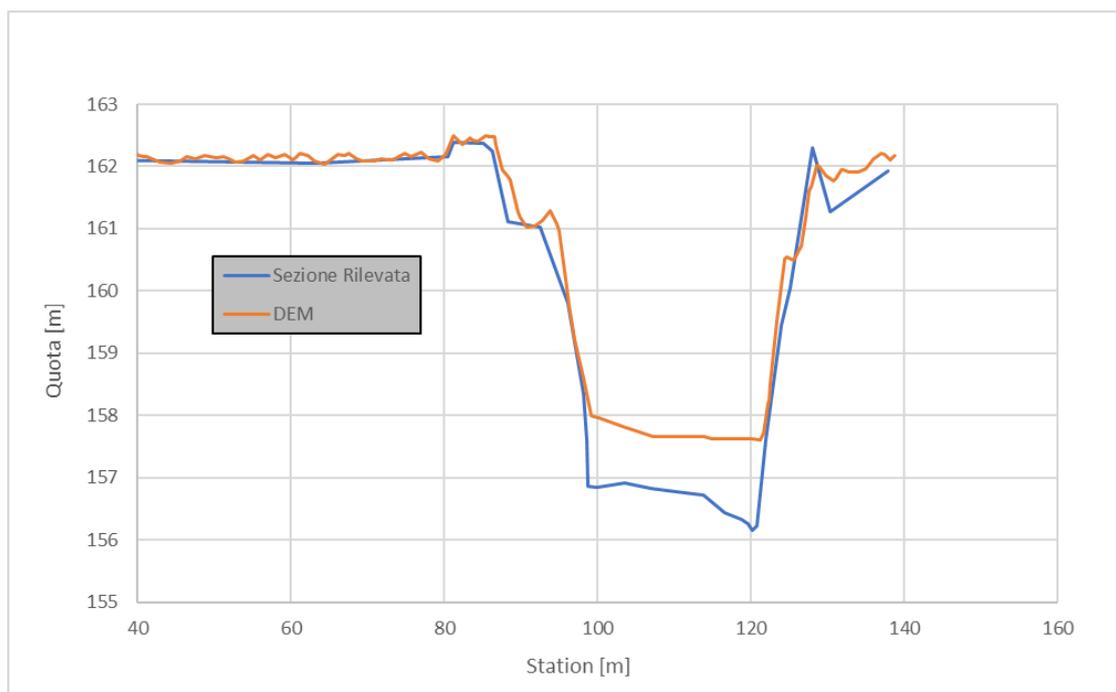


Figura 10 - Differenza tra una sezione rilevata e una sezione tracciata sul LiDAR – Esempio 1.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

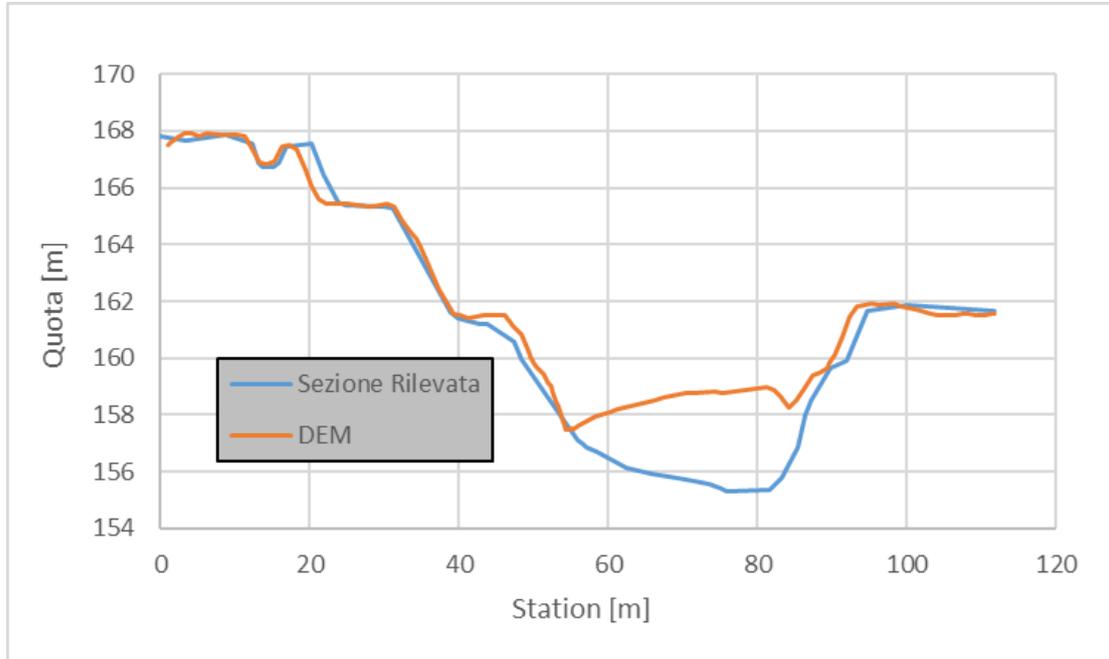


Figura 11 - Differenza tra una sezione rilevata e una sezione tracciata sul LiDAR – Esempio 2.

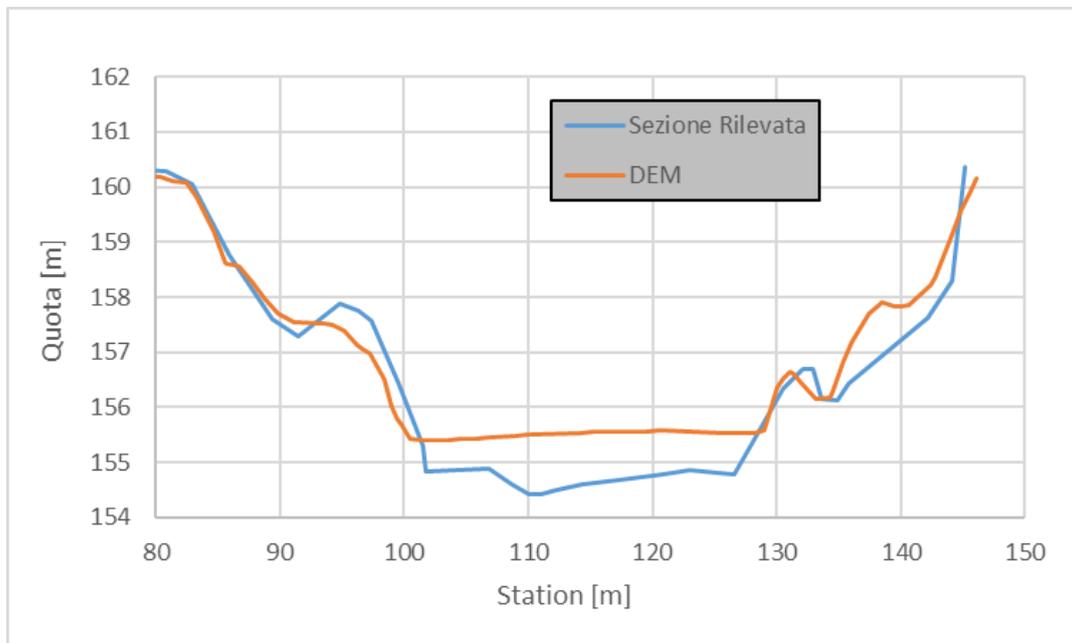


Figura 12 - Differenza tra una sezione rilevata e una sezione tracciata sul LiDAR – Esempio 3.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Per rimediare a tale “errore” del LiDAR, quest’ultimo è stato modificato all’interno delle sponde dell’alveo utilizzando l’informazione delle sezioni rilevate, lungo tutto il tratto analizzato. Figura 13 mostra un esempio di LiDAR grezzo e LiDAR modificato tenendo conto dei rilievi topografici.

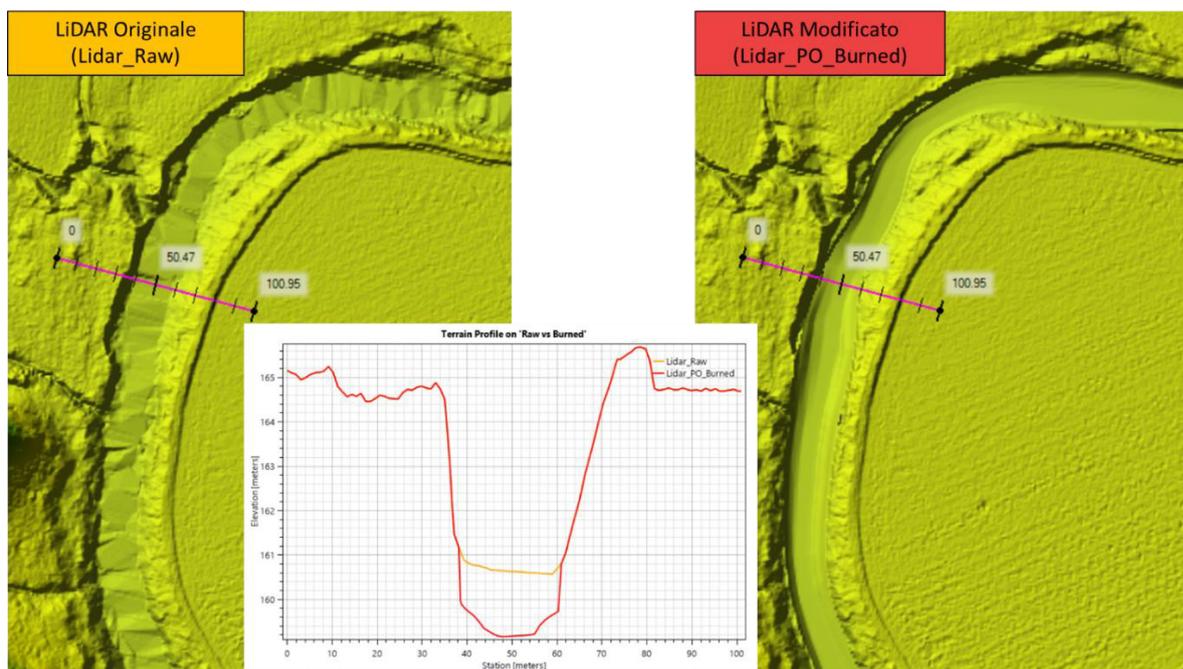


Figura 13 – Confronto tra LiDAR originale (figura di sinistra) e LiDAR modificato (figura di destra) in funzione dei rilievi topografici disponibili. Il grafico mostra il profilo della sezione tracciata sulle mappe secondo i due LiDAR.

Le pile e le spalle dei ponti sono state considerate modificando il LiDAR originale. Figura 14 mostra un esempio della modellazione delle pile e delle spalle del ponte sul fiume Merse nello scenario Post-Operam e Ante-Operam.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

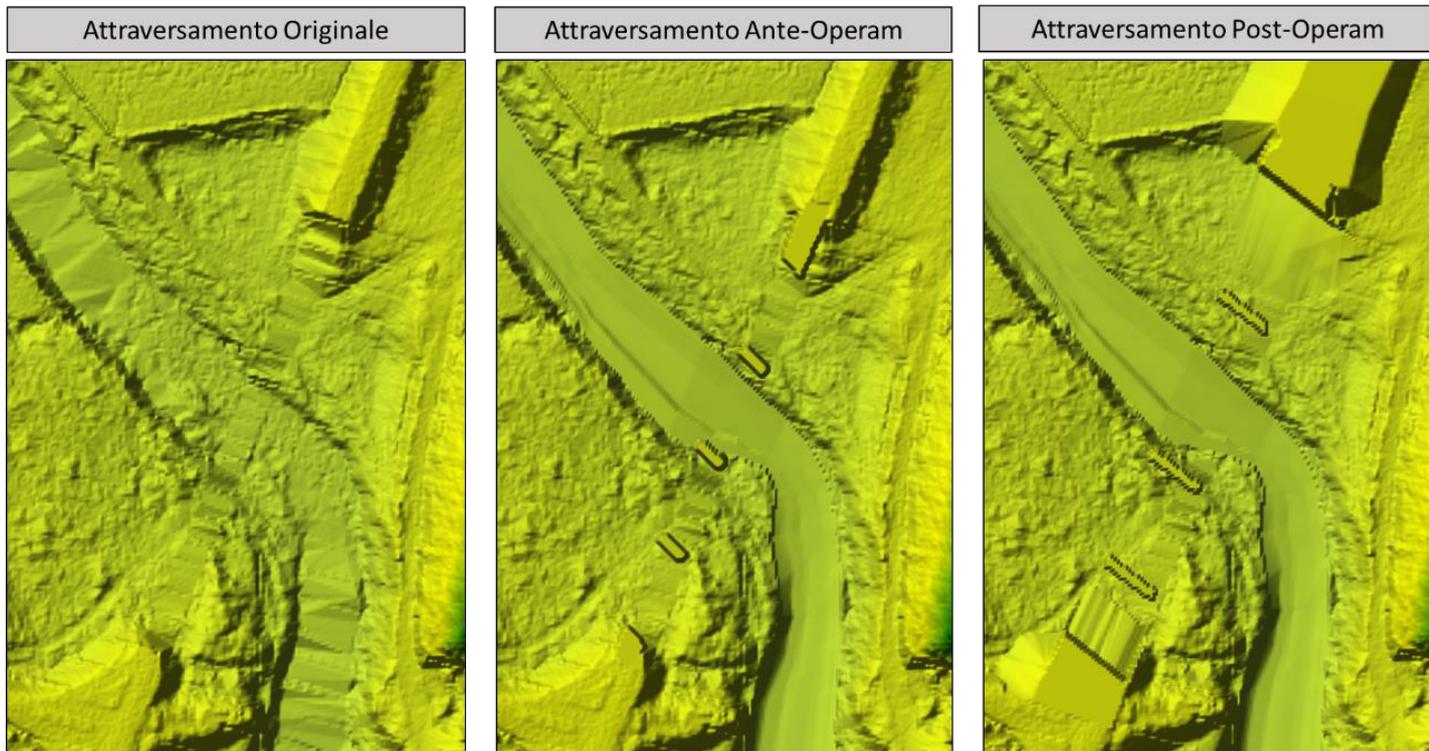


Figura 14 - Confronto tra lidar originale e lidar modificato tenendo conto delle pile e delle spalle del ponte sul fiume Merse nello scenario Ante-Operam e Post-Operam

1.9 Scabrezza

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza su tutta l'area di studio è stato utilizzato il dataset CORINE Land Cover (CLC) scaricabile dal geoportale della Regione Toscana al sito <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>. Ad ogni classe di uso del suolo è stato associato un valore del coefficiente di Manning, secondo la seguente tabella (Pestana et al., 2013):

Classe CLC	Manning	Classe CLC	Manning
111	0.23	311	0.23
141	0.023	312	0.127
1411	0.023	324	0.058
142	0.023	331	0.138
210	0.043	3331	0.138
213	0.023	511	0.035
221	0.043	512	0.035
2221	0.043	1121	0.115
223	0.043	121	0.23
231	0.298	122	0.038
241	0.043	1221	0.038
112	0.115	131	0.0104
242	0.023	132	0.115
243	0.058	133	0.115
244	0.058		

Tabella 2 - Tabella per la conversione tra classe di uso del suolo CLC e il coefficiente di Manning (Pestana et al., 2013)

Figura 15 mostra la mappa dei coefficienti di Manning per tutta l'area di studio. Per l'alveo è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.035 (Chow, 1959).

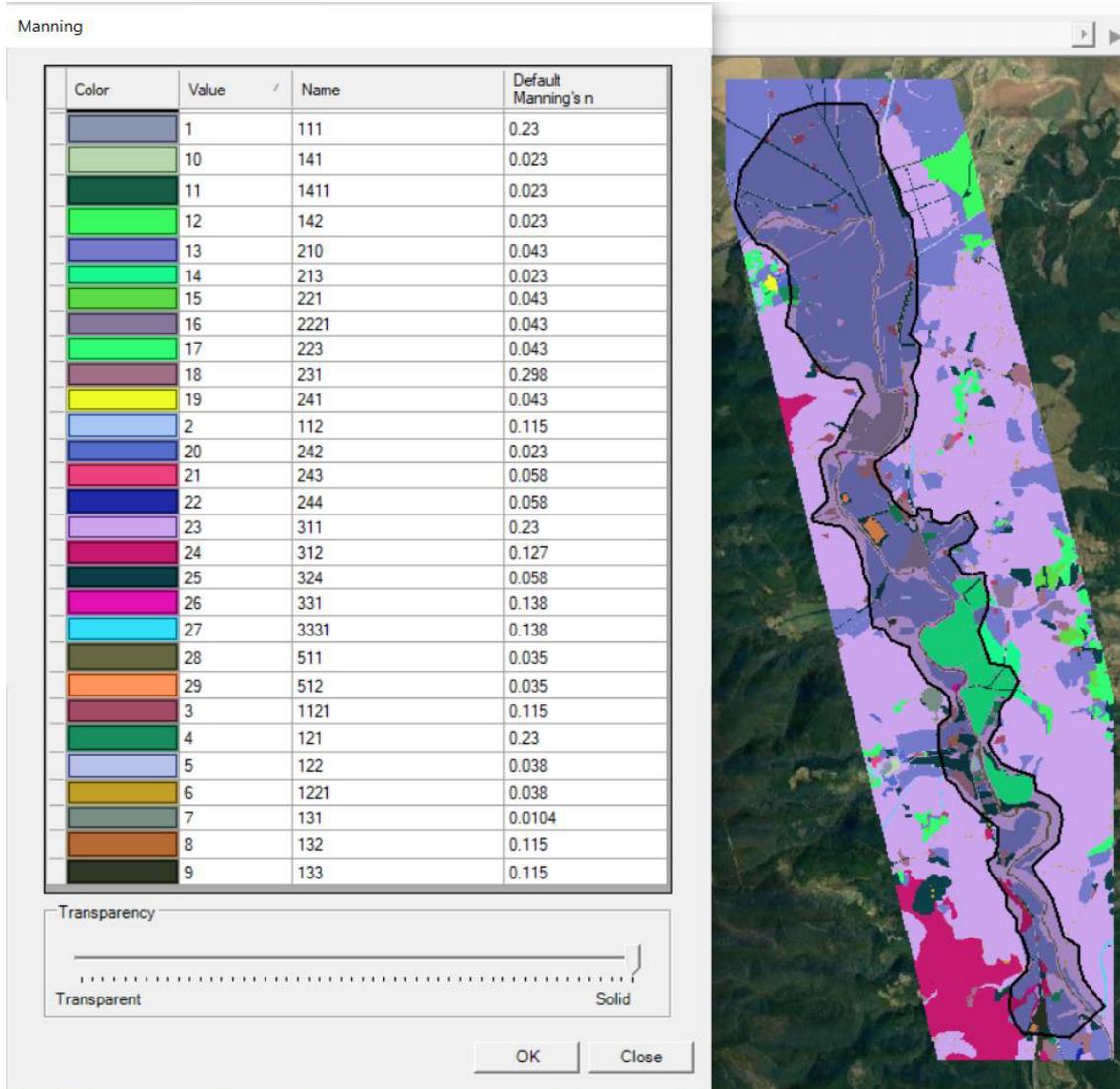


Figura 15 - Distribuzione spaziale del coefficiente di Manning per l'area di studio. La tabella di conversione è quella presente in Tabella 3 dell'articolo "Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river" di Pestana et al. (2013).

1.10 Condizioni al contorno del modello

La condizione al contorno di valle (Figura 16) consiste nell'imporre la pendenza delle perdite di carico totali pari alla pendenza dell'alveo, pari a 0.005 nel tratto terminale di alveo considerato.

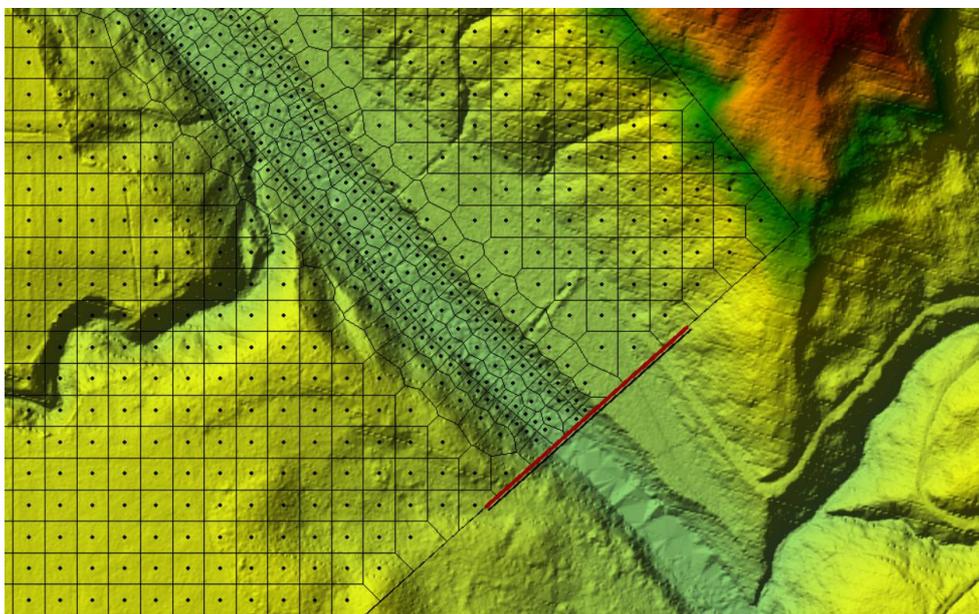


Figura 16 - Condizione al contorno di valle: perdita dei carichi totali pari alla pendenza dell'alveo.

Le condizioni al contorno di monte consistono in due idrogrammi e nella uguaglianza tra pendenza del terreno e perdite di carico totali lungo il perimetro della griglia di calcolo, come mostrato in Figura 17.

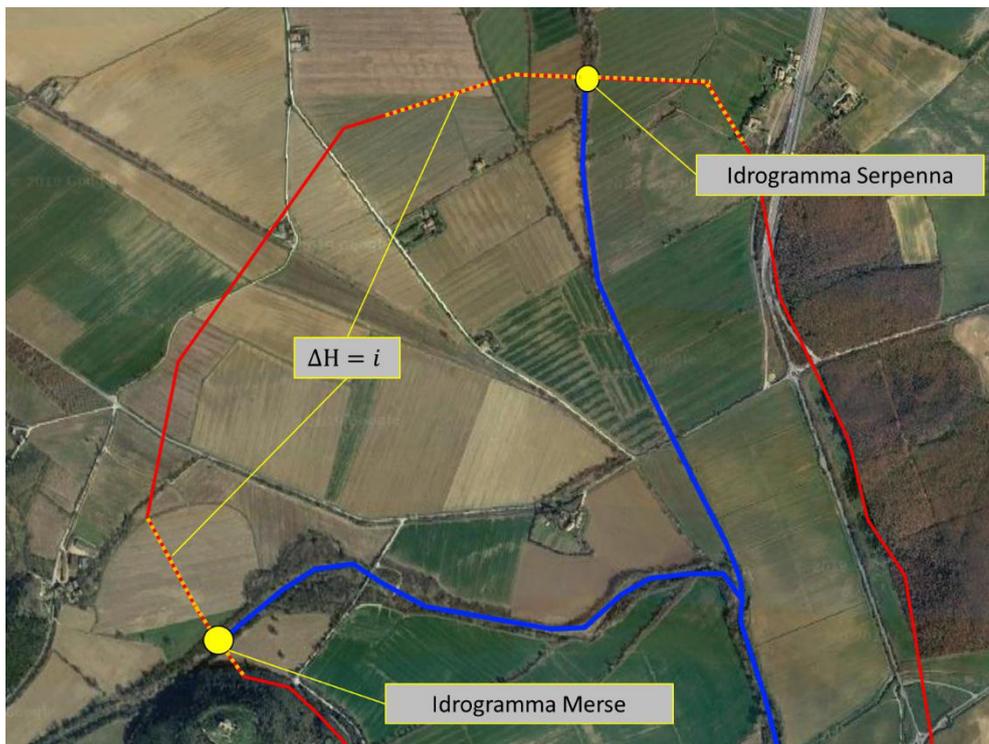


Figura 17 – Posizionamento delle condizioni al contorno di monte: due idrogrammi in corrispondenza dei cerchi gialli e uguaglianza tra pendenza del terreno e perdite di carico totali lungo il perimetro dell'area del modello (linea arancione tratteggiata).

La portata di picco per il fosso Serpenne è stata calcolata con il metodo razionale, utilizzando la seguente espressione:

$$Q_{T_r} = C_{T_r} * i_{T_r} * A$$

Con C_{T_r} coefficiente di deflusso, i_{T_r} intensità critica e A area del bacino.

L'intensità critica è stata calcolata come rapporto tra altezza critica e il tempo di corrivazione del bacino. L'altezza critica è stata stimata tramite i coefficienti a e n della curva di possibilità pluviometrica, ricavati dalle mappe di regionalizzazione scaricabili gratuitamente dal sito della Regione Toscana al sito <https://www.regione.toscana.it/-/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni>. L'altezza critica è stata calcolata in ogni pixel e poi è stato calcolato il

valore medio delle altezze critiche sul tutto il bacino del fosso Serpenna, per i tempi di ritorno 10, 30 e 200 anni. (la Figura 18 mostra un esempio relativo al parametro a_{200}).

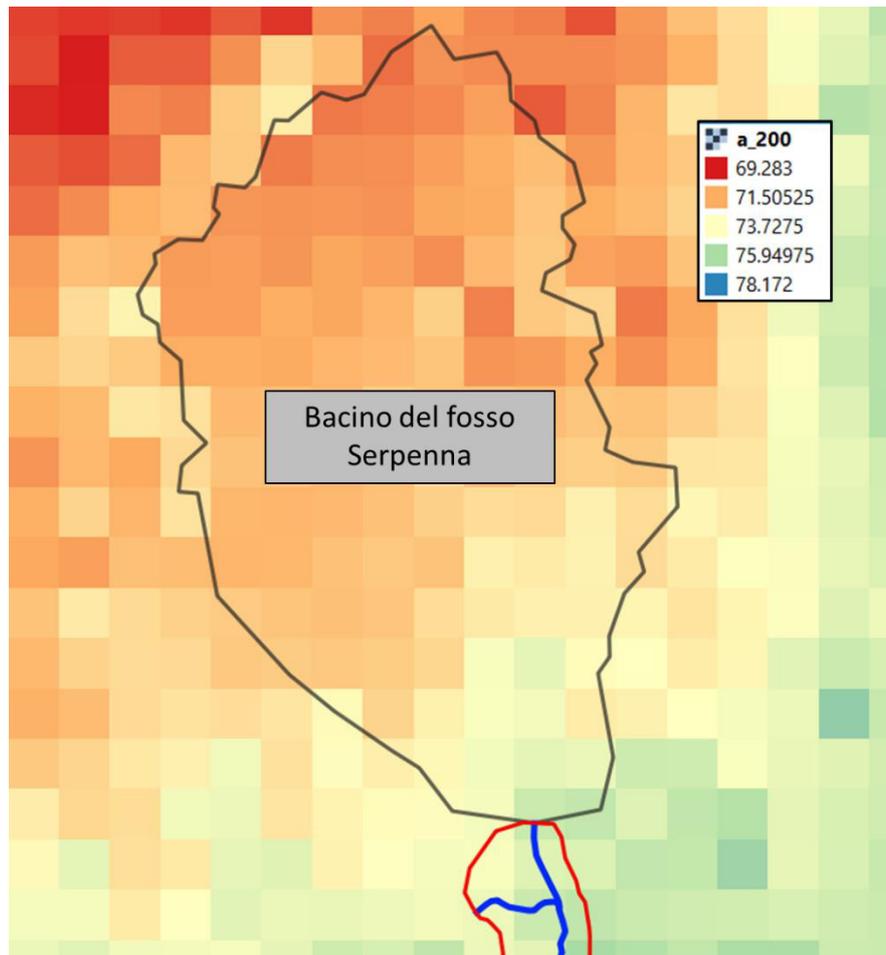


Figura 18 - Distribuzione del parametro a della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno pari a 200 anni. L'area del bacino del fosso Serpenna è stata utilizzata per calcolare il valore medio delle altezze critiche sul tutto il bacino.

Il tempo di corrvazione, necessario per il calcolo dell'intensità critica, è stato calcolato tramite la formula di Giandotti (valida per bacini di area superiore ai 100km²):

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - h_0}}$$

Con L lunghezza dell'asta principale, H_m altezza media del bacino e h_0 altezza del bacino in corrispondenza della sezione di chiusura. Tali grandezze sono state ricavate sulla base del

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

DEM a risoluzione 10x10m² scaricabile gratuitamente al sito <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>.

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato tramite il metodo del Soil Conservation Service (SCS), in funzione del parametro CN, tramite la seguente espressione:

$$C = \frac{(1 - 0.2K)^2}{(1 + 0.8K)}$$

con $K = S/h_c$ e $S = 25.4(\frac{100}{CN} - 10)$. Per la stima del CN è stato utilizzata la mappa dei CN scaricabile gratuitamente al sito <https://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>; successivamente è stata calcolata la media di tutti i CN ricadenti all'interno del bacino del fosso Serpenna, in modo analogo alla stima dei parametri medi a e n della curva di possibilità pluviometrica (vedi Figura 18).

Tabella 3 riassume i dati necessari al calcolo della portata di picco del fosso Serpenne.

	$T_r = 200$	$T_r = 30$	$T_r = 10$
CN	72	72	72
S [mm]	99	99	99
A [km²]	108	108	108
H_{med} [mm]	303	303	303.0
H_{min} [mm]	180	180	180.0
L [km]	20.2	20.2	20.2
T_c [h]	8.1	8.1	8.1
h_c [mm]	150.47	94.86	68.40
i_c [mm/h]	18.6	11.7	8.4
k	0.7	1.1	1.4
C	0.49	0.34	0.23
Q [m³/s]	276	120	59

Tabella 3 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche del bacino del fosso Serpenna e dei parametri necessari alla stima della portata di picco.

La portata di picco per il fiume Merse è stata calcolata riscaldando la portata di 1050 m³/s (derivante dallo studio idrologico della relazione T00ID00IDRRE01_B) sottraendo all'area complessiva del fiume Merse (483 km²) l'area del bacino del fosso Serpenna.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Le portate di picco utilizzate nella modellazione sono riportate in Tabella 4 - Portate di picco per la definizione delle condizioni al contorno di monte del modello. Tabella 4.

Portate di picco	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
Fosso Serpenna	59	116	275
Fiume Merse	455	582	815

Tabella 4 - Portate di picco per la definizione delle condizioni al contorno di monte del modello.

La forma degli idrogrammi (Figura 19) è stata ricavata con il modello di Nash, utilizzando gli stessi parametri della relazione idrologica (T00ID00IDRRE01_B) e utilizzando lo stesso tempo di picco dell'idrogramma relativo alla portata di 1050 m³/s (11 ore) sia per l'idrogramma del fiume Merse che per l'idrogramma del fosso Serpenna, come condizione cautelativa.

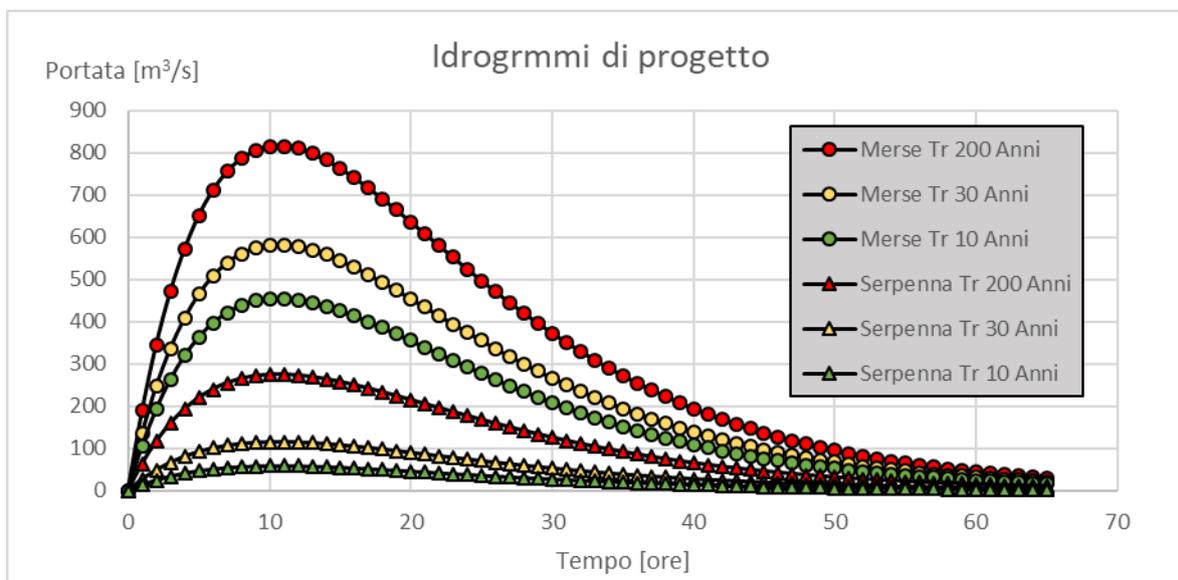


Figura 19 - Idrogrammi in input al modello come condizioni al contorno di monte, per il fiume Merse (indicato con cerchi) e per il fosso Serpenna (indicato con triangoli), per un tempo di ritorno pari a 10 anni (in verde), 30 anni (in giallo) e 200 anni (in rosso).

È stata poi eseguita un'analisi sui dati idrometrici osservati dell'idrometro Montepescini [TOS03005711] del Servizio Idrologico della Regione Toscana (SIR) per individuare un possibile evento di piena maggiore di quello corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni ottenuto dall'analisi di inferenza statistica (con una distribuzione di Gumbel) sui dati idrometrici storici dal 1933 al 1979. Tuttavia, l'impossibilità del reperimento della scala di deflusso (Figura 20) e l'incongruenza delle quote dello zero idrometrico e della quota s.l.m. dell'idrometro Montepescini rispetto alle quote del LiDAR (la quota minima della sezione in corrispondenza dell'idrometro secondo il LiDAR è pari a circa 122m, mentre la quota dell'idrometro e dello zero idrometrico secondo il SIR sono pari rispettivamente a 161.63m e 140m), hanno portato a risultati con un elevato grado di incertezza.

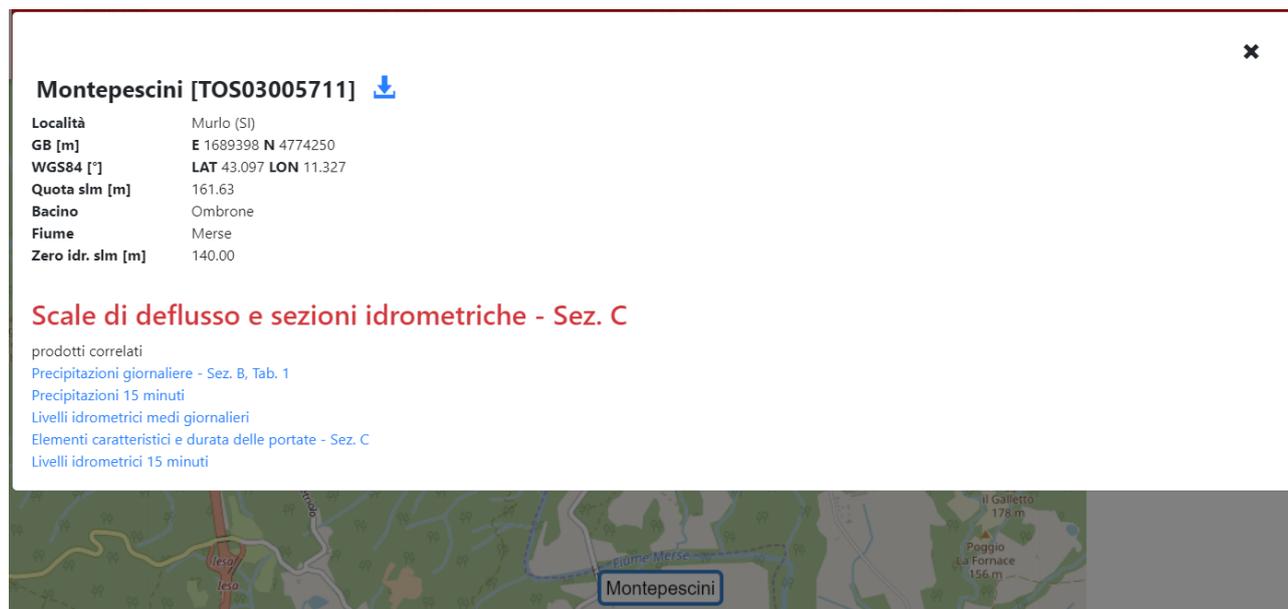


Figura 20 - Informazioni sull'idrometro Montepescini per l'analisi degli eventi di piena osservati.

La scala di deflusso è stata ricostruito in HEC-RAS con una modellazione monodimensionale, come mostrato in Figura 21. In assenza di sezioni rilevate, le sezioni sono state definite in funzione del LiDAR.

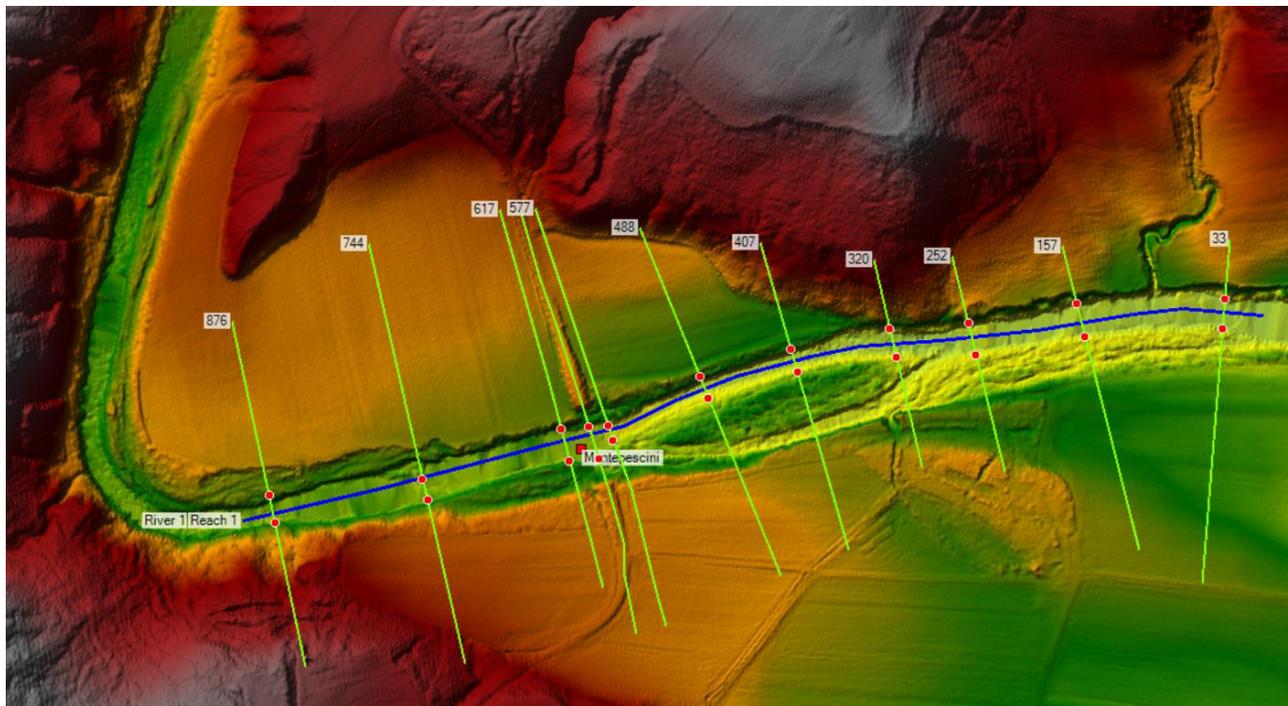


Figura 21 - Modello monodimensionale HEC-RAS per la ricostruzione della scala di deflusso della sezione dell'idrometro Montepescini.

Sono stati generati diversi profili corrispondenti a diverse portate, ottenendo la scala di deflusso (Figura 22).

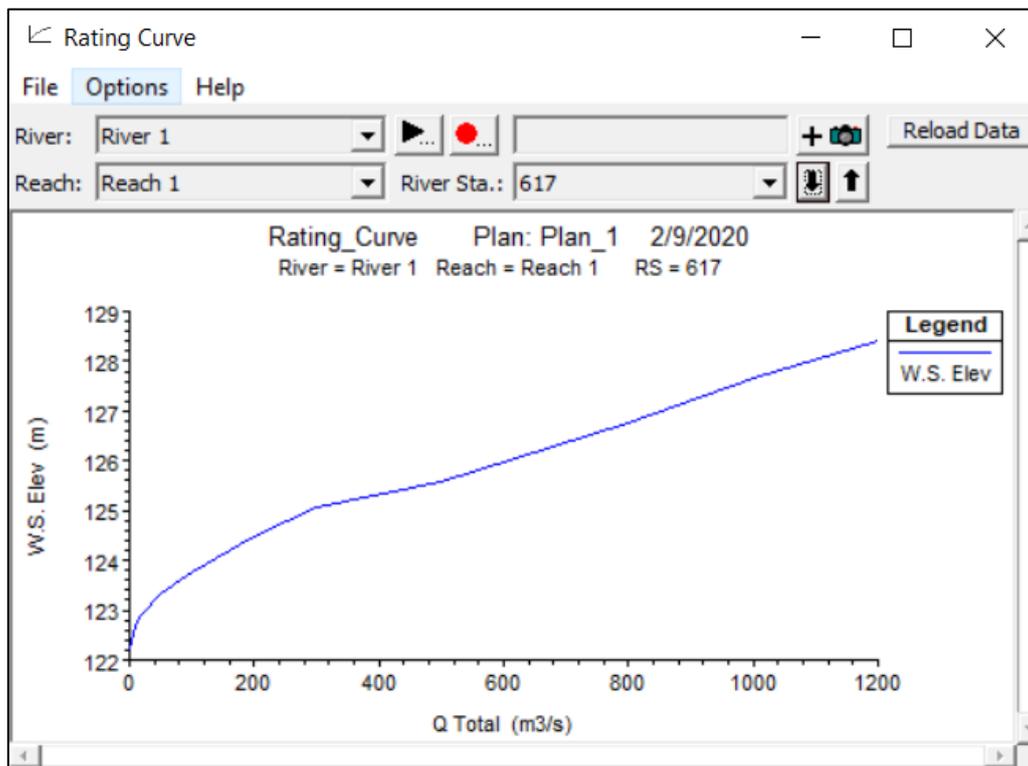


Figura 22 – Ricostruzione della scala delle portate dell'idrometro Montepescini.

Dal 2003 fino ad oggi, il livello idrometrico medio giornaliero massimo registrato è quello del 17 Novembre 2019, pari a 2.16m. Secondo la scala delle portate ottenute con il modello precedentemente descritto, a 2.16m corrisponde una portata pari a 154 m³/s.

1.11 Teoria alla base del modello

Il codice di calcolo utilizzato per l'implementazione del modello bidimensionale del fiume Merse è il software Hec-Ras 5.0.7 sviluppato dall'Hydrologic Center del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. La modellazione bidimensionale di un corso d'acqua permette di rappresentare con accuratezza la propagazione delle onde di piena nell'asta fluviale e nelle aree ripariali attigue con la riuscendo a modellare il comportamento della corrente in prossimità di bruschi restringimenti/allargamenti e forti curvature; è possibile inoltre rappresentare con un elevato grado di dettaglio la propagazione del moto in prossimità di attraversamenti o di eventuali interferenze presenti lungo lo sviluppo del tratto

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

fluviale verso valle. Allo stesso tempo la rappresentazione in termini bidimensionali del campo di velocità consente di analizzare l'evoluzione degli allagamenti indotti dal propagarsi delle onde di piena all'interno dell'area esaminata. Il software impiegato è in grado di contenere all'interno dello stesso modello numerico elementi di tipo bidimensionale e monodimensionale. Il modello numerico utilizzato risolve le equazioni in condizioni di moto vario.

La rappresentazione bidimensionale del moto si basa sulla risoluzione delle shallow water equations (o SWE). Le ipotesi alla base per la soluzione delle SWE sono che il flusso sia orizzontale e che la variazione della velocità nella verticale rispetto alla direzione del moto sia trascurabile. Inoltre, le equazioni sono sviluppate accettando a priori l'ipotesi di idrostaticità del gradiente delle pressioni lungo la direzione verticale. La formulazione delle SWE utilizzate nel software è riassunta di seguito:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1d}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1d}$$

I termini citati rappresentano rispettivamente: h, il tirante idrico della corrente; u e v, rispettivamente le componenti della velocità lungo le direzioni x e y; t, il tempo; g, l'accelerazione di gravità; S_{0,x}, S_{0,y} le componenti dovute alle tensioni tangenziali al fondo, rispettivamente in direzione x e y; S_{f,x}, S_{f,y}, le componenti dovute alla pendenza del fondo, rispettivamente in direzione x e y; q_{1D}, la portata immessa per unità di superficie; u_{1d} e v_{1d}, le componenti di velocità relative alla portata immessa rispettivamente in direzione x e y.

Il contributo degli effetti turbolenti viene considerato limitatamente alla turbolenza localizzata alla parete (wallfriction), mentre gli effetti turbolenti legati alle fluttuazioni di velocità nelle



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

regioni più interne del fluido vengono trascurate. In genere si ingloba quest'ultimo effetto dissipativo nel termine che rappresenta la dissipazione localizzazione alla parete.

La formulazione conservativa delle SWE è essenziale al fine di preservare la massa e la quantità di moto. Questo tipo di formulazione permette di rappresentare le discontinuità nel flusso e i cambiamenti tra moto gradualmente e rapidamente vario (gradually varied flow e rapidly varied flow).

Le SWE, applicate in forma conservativa, sono discretizzate usando lo schema esplicito di primo ordine ai volumi finiti. Gli schemi ai volumi finiti utilizzano volumi di controllo per rappresentare le aree di interesse. Il dominio di calcolo è suddiviso in forme geometriche in grado di interpretare le caratteristiche peculiari del campo di moto stesso sulle quali vengono integrate le SWE.

Lo schema che risolve le SWE è basato sullo schema numerico di Gudonov con i flussi numerici attraverso i contorni dei volumi di controllo calcolati. La metodologia secondo i volumi finiti è considerata essere vantaggiosa in termini di flessibilità della geometria e semplicità concettuale.

Per ciascun elemento di calcolo il timestep richiesto è calcolato utilizzando le condizioni di Courant-Friedrichs-Lewy al fine di raggiungere la stabilità numerica. La formulazione della condizione di Courant-Friedrichs-Lewy è la seguente:

$$c \frac{\Delta x}{\Delta t} \leq 1$$

dove: c è il numero di Courant (il valore di default è 0.95). Inoltre, He-Ras utilizza mesh non strutturate per rappresentare il dominio di calcolo bidimensionale.

54 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle modellazioni bidimensionali. Verranno mostrati i tiranti e le velocità dello scenario Post-Operam per un tempo di ritorno di 10, 30 e 200 anni e le differenze in termini di tirante, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni. L'area studiata verrà divisa in 4 parti per una visualizzazione a scala maggiore (Figura 23).

La definizione delle classi di magnitudo è quella presente nel CAPO 1, Articolo 2, comma 1, lettera h della Legge Regionale N. 30/2018 del Consiglio Regionale della Toscana, riportata in Tabella 5. La magnitudo per un tempo di ritorno di 200 anni in condizioni di Post-Operam è rappresentata in Figura 24.

Magnitudo idraulica	Caratteristiche idrauliche
Moderata	$\begin{cases} h \leq 0.5m \\ v \leq 1m/s \end{cases}$
Severa	$\begin{cases} h \leq 0.5m \\ v > 1 m/s \end{cases}$ <i>oppure</i> $\begin{cases} 0.5m < h \leq 1m \\ v \leq 1 m/s \end{cases}$
Molto severa	$\begin{cases} 0.5m < h \leq 1m \\ v \geq 1 m/s \end{cases}$ <i>oppure</i> $h > 1m$

Tabella 5 - Classi di magnitudo secondo la Legge Regionale N. 30/2018 del Consiglio Regionale della Toscana.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

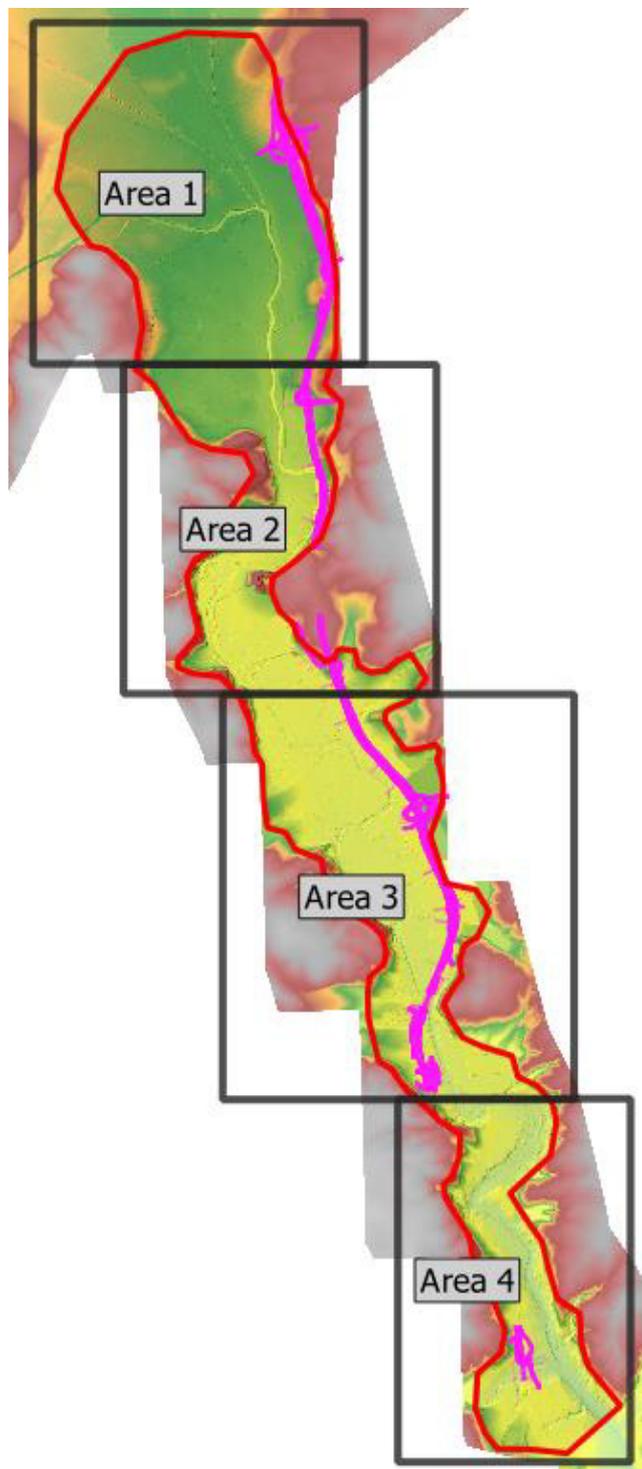


Figura 23 – Porzioni in cui è stata suddivisa l'area di studio per una più chiara visualizzazione ed esposizione dei risultati.

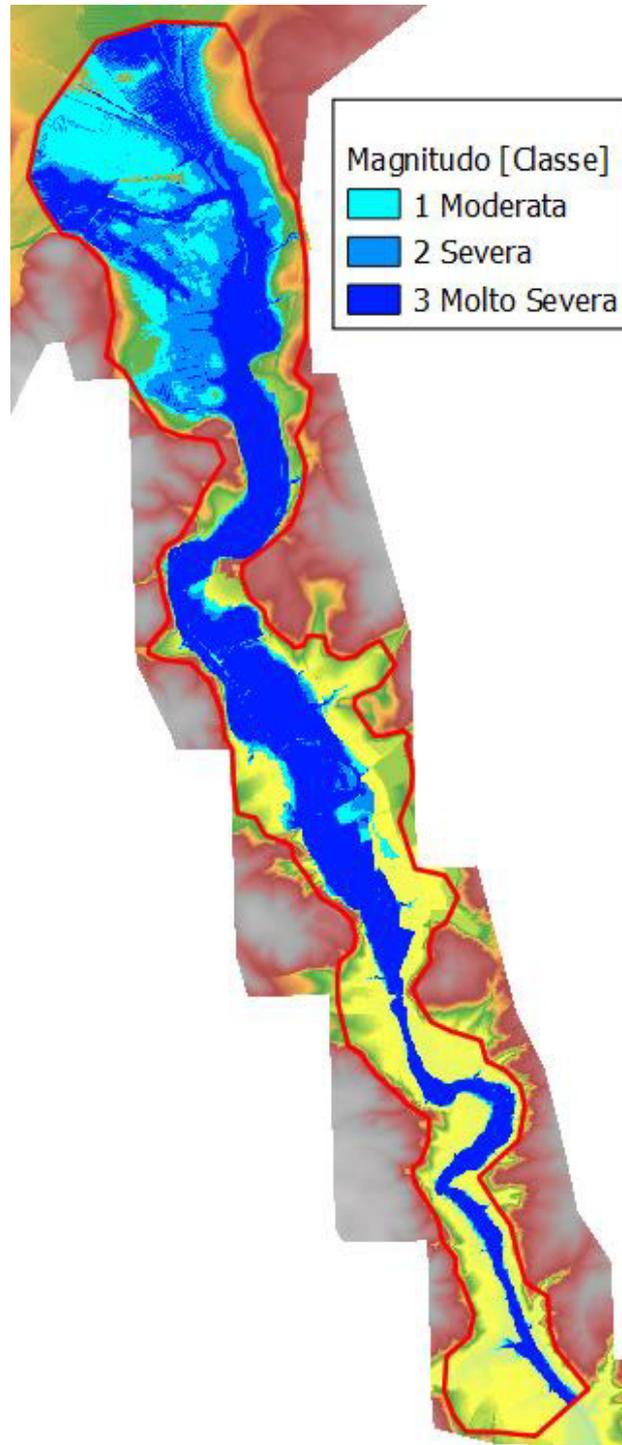


Figura 24 - Magnitudo per Tr200 in condizioni Post-Operam.

1.12 Area 1

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle simulazioni relativamente all'Area 1.

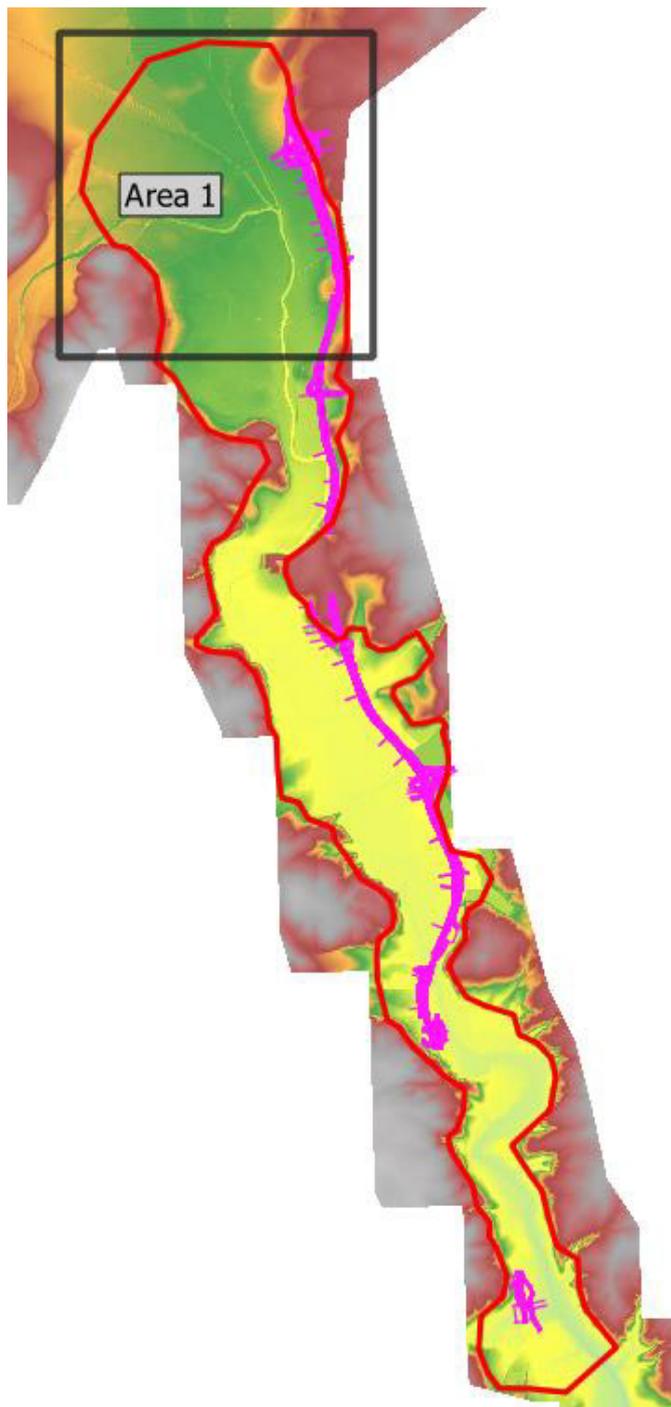


Figura 25 - Area 1

1.1.1 Pericolosità PGRA

In Figura 26 è rappresentata la pericolosità idraulica secondo il PGRA.

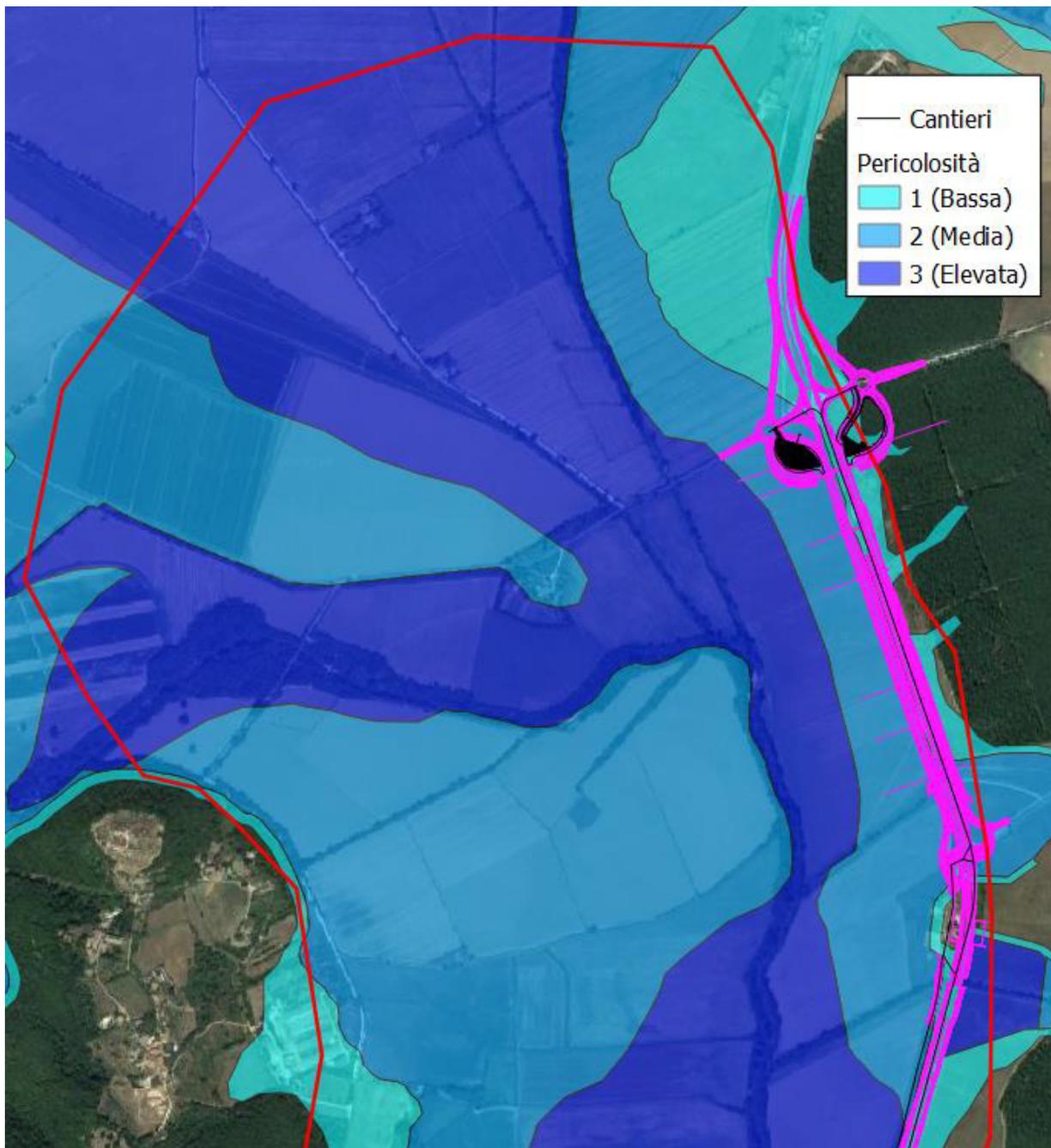


Figura 26 - Area 1, Pericolosità idraulica secondo il PGRA

1.1.2 Mappe dei tiranti

Di seguito vengono riportate le mappe dei tiranti relativamente alle condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni (Figura 27 e Figura 28), 30 anni (Figura 29 e Figura 30) e 10 anni (Figura 31 e Figura 32).

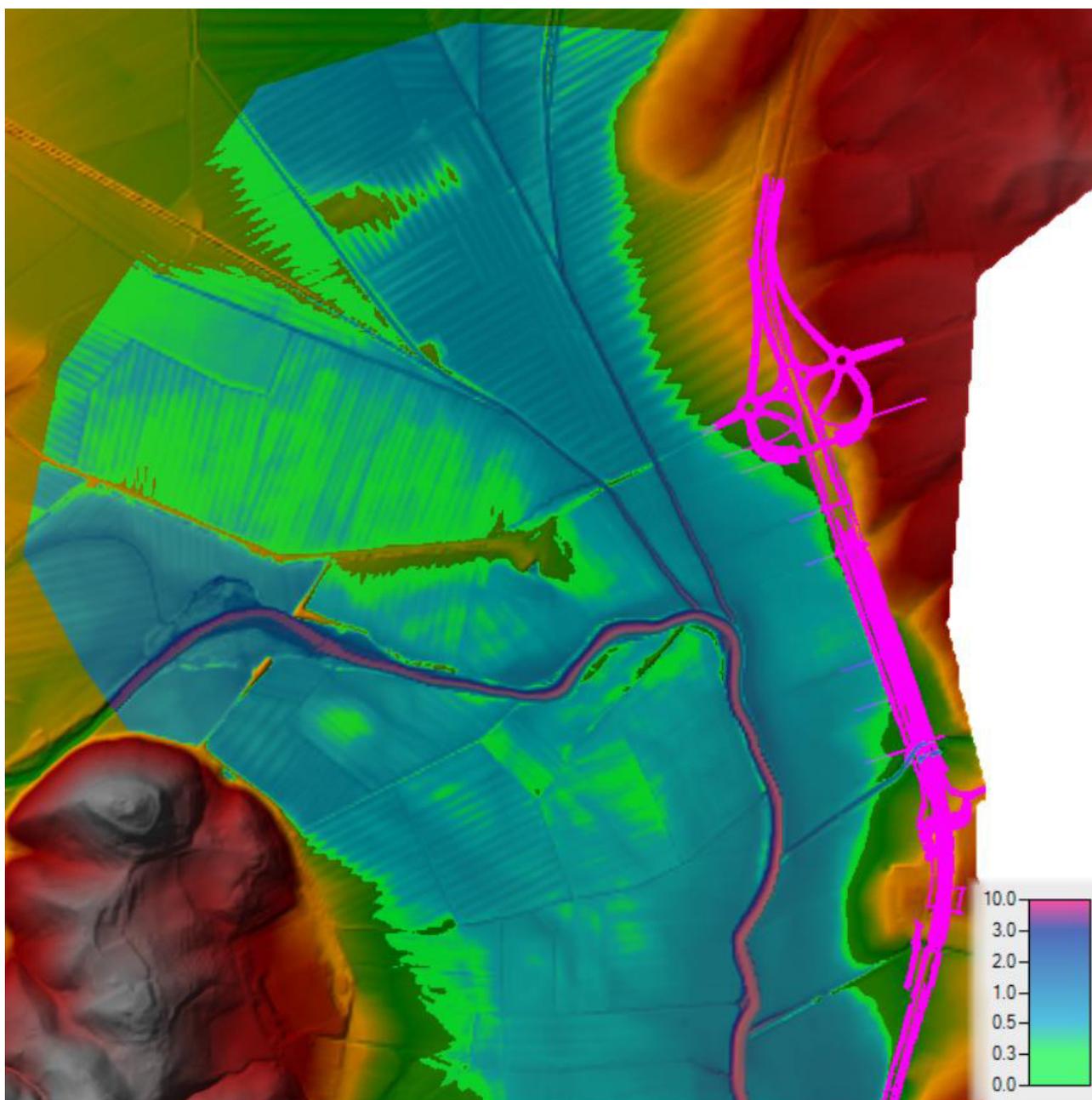


Figura 27 - Area 1, Tr200, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

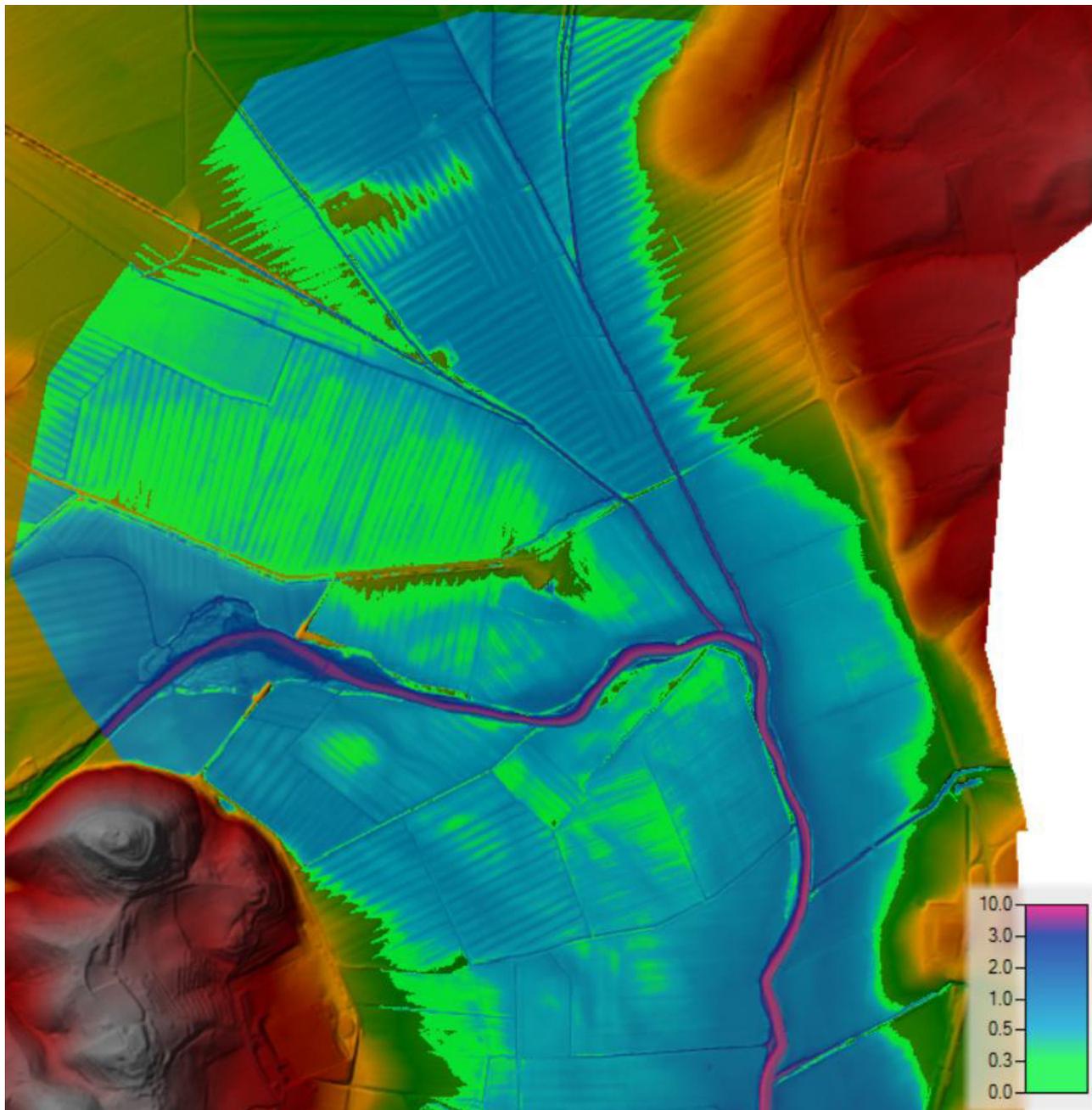


Figura 28 - Area 1, Tr200, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

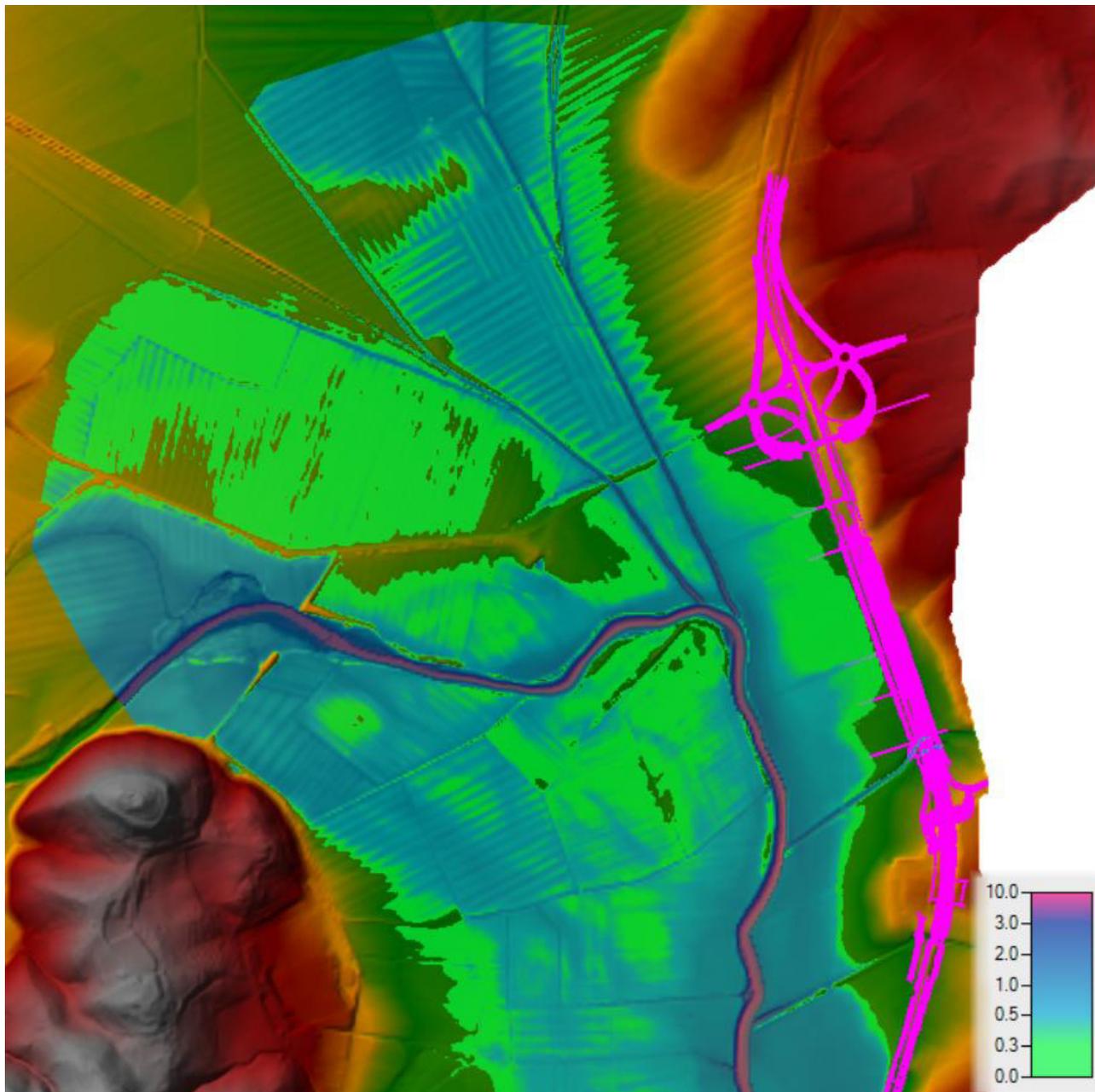


Figura 29 - Area 1, Tr30, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

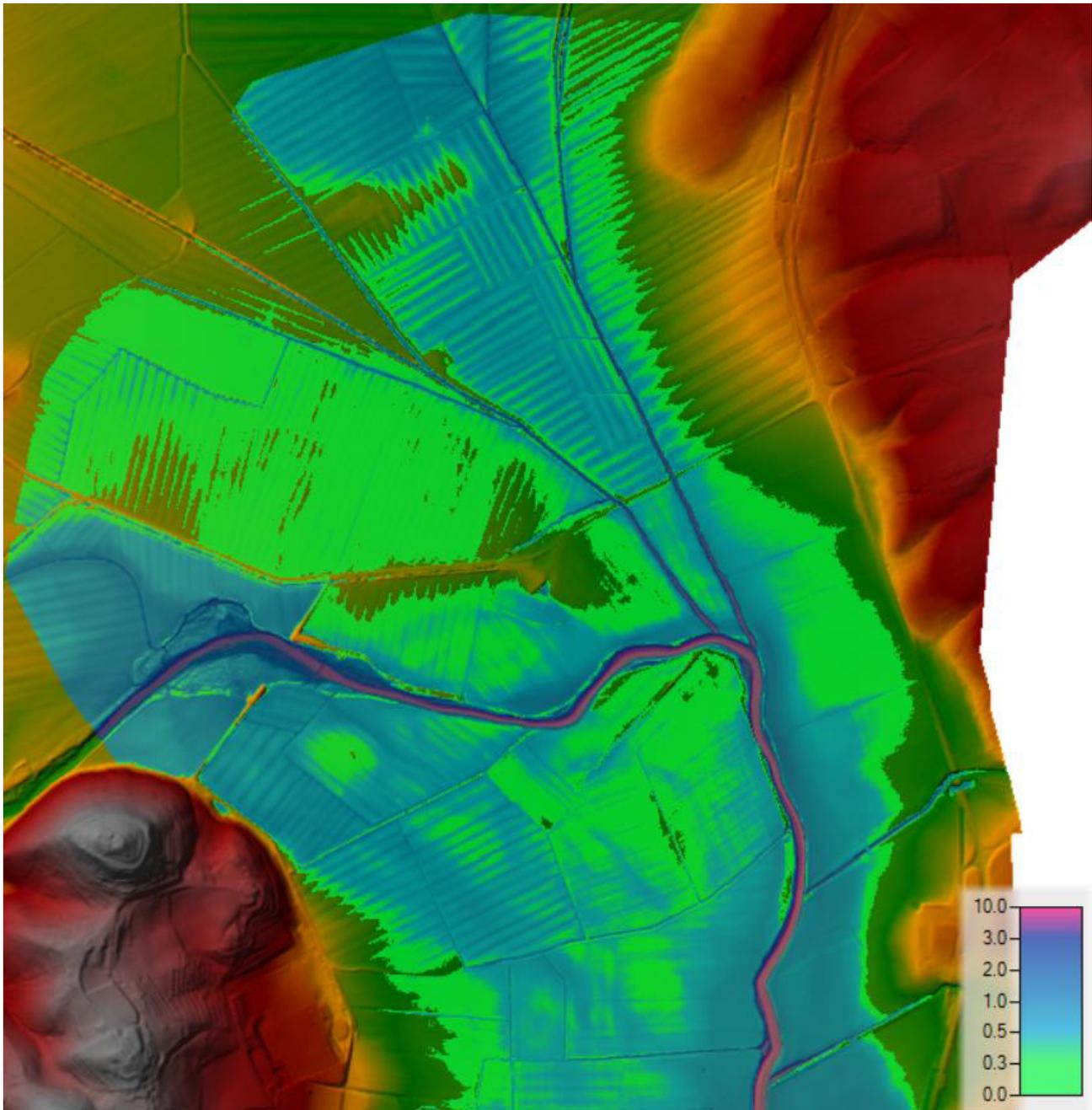


Figura 30 - Area 1, Tr30, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

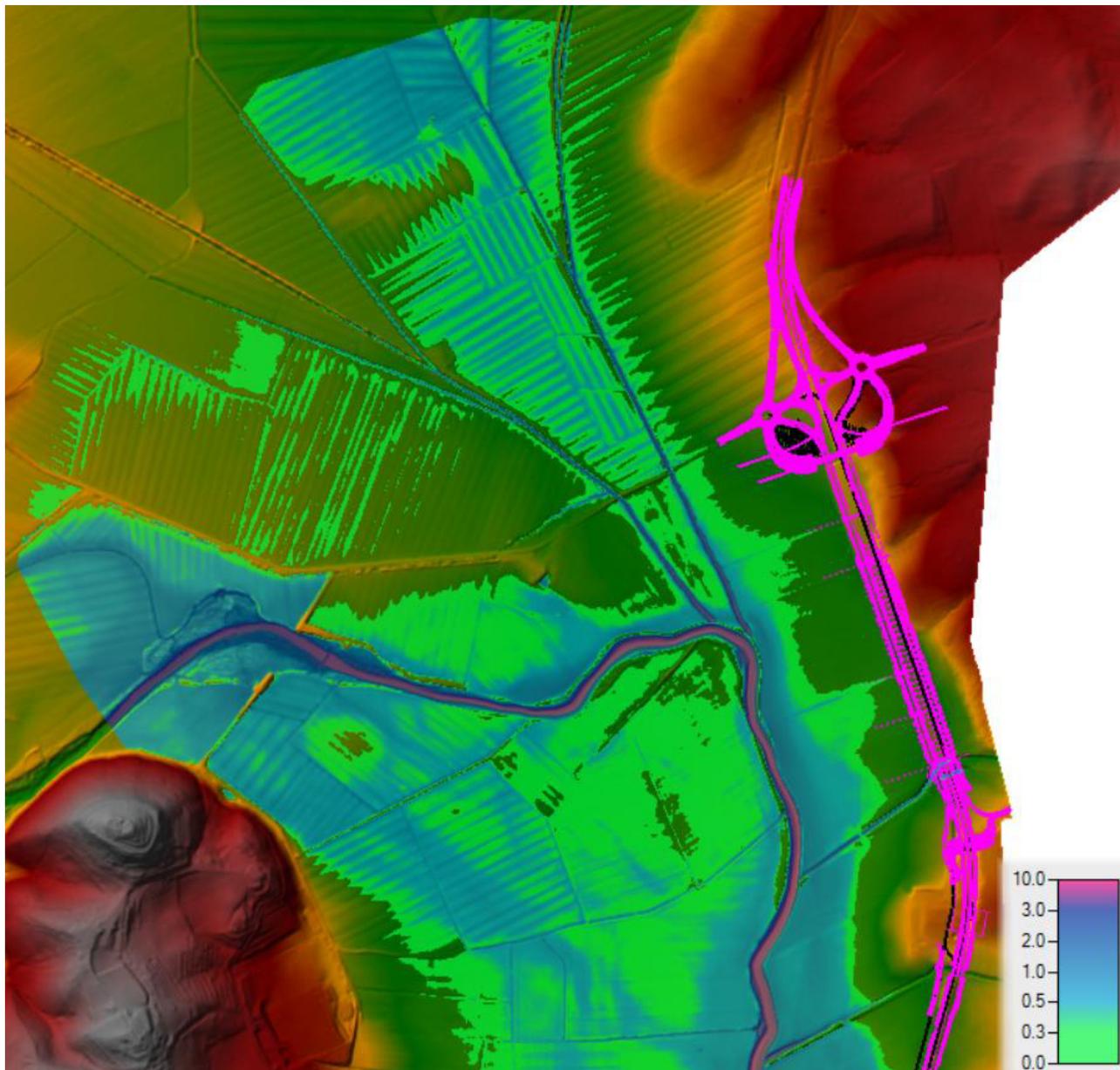


Figura 31 - Area 1, Tr10, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

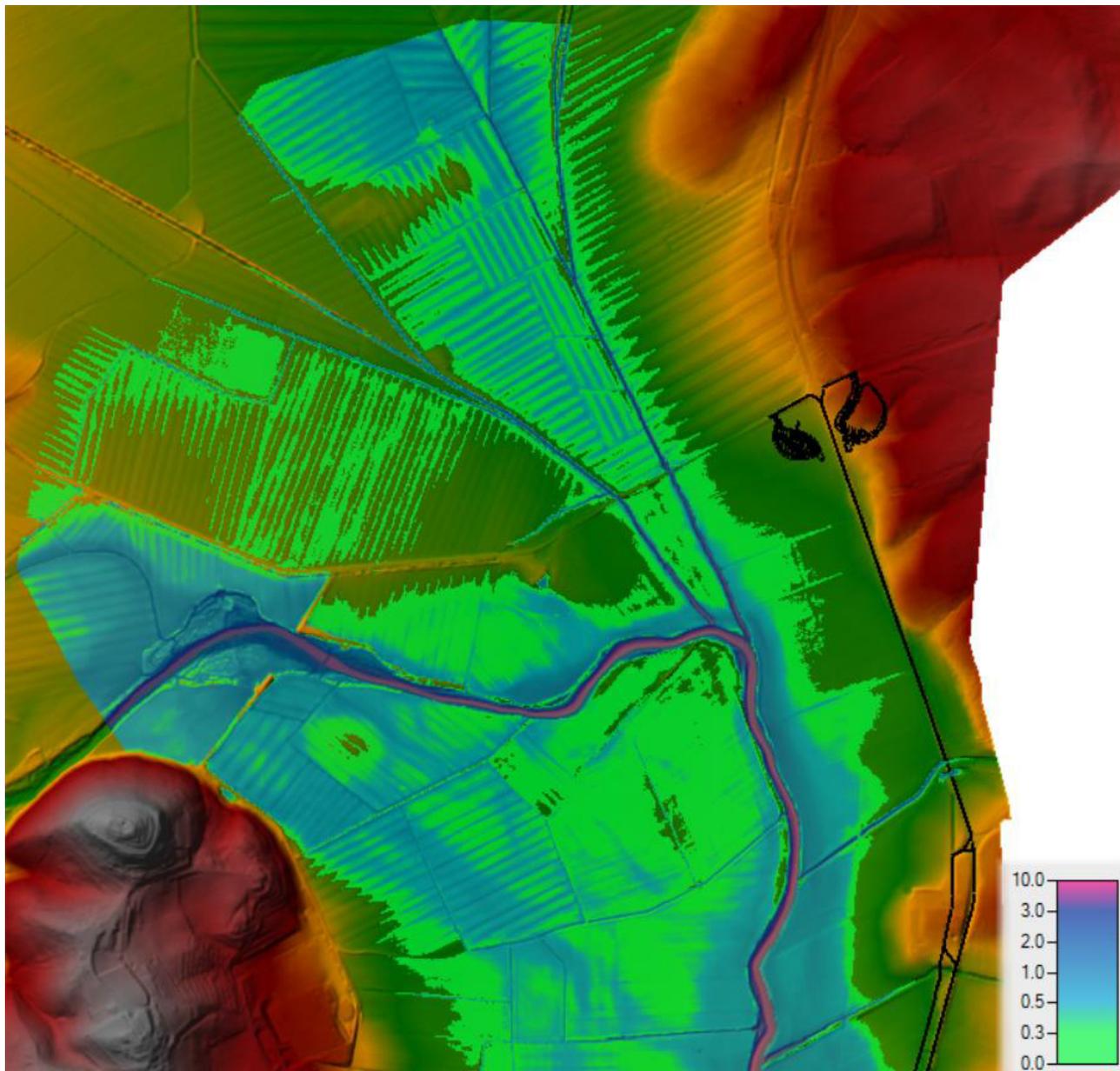


Figura 32 - Area 1, Tr10, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

1.1.3 Particolari su opere interessate dall'esonazione

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle simulazioni relativamente ad alcuni punti caratteristici dell'area.

Per un tempo di ritorno di 200 anni, in condizioni di Post-Operam lo svincolo e le aree di cantiere in Figura 33 non vengono interessate dalla piena. Il tirante in corrispondenza del nuovo rilevato (Figura 34) è pari a circa 60cm e la distanza dalla pavimentazione stradale al livello dell'acqua è pari a 1.3m.

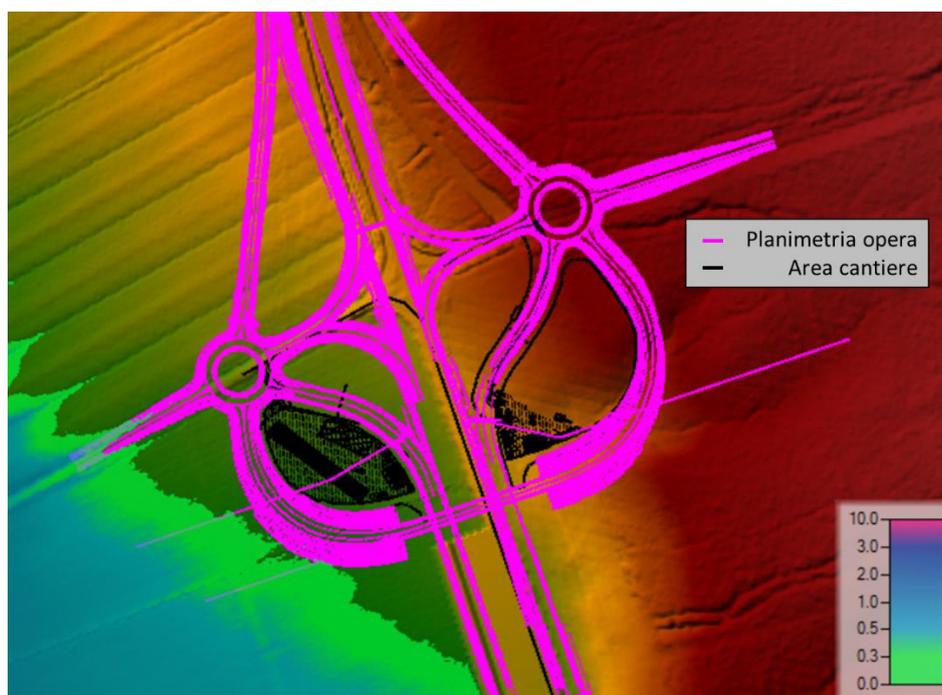


Figura 33 - Particolare dell'area 1, Tr200, Post-Operam. Lo svincolo e le aree di cantiere non sono interessate dalla piena di Tr200.

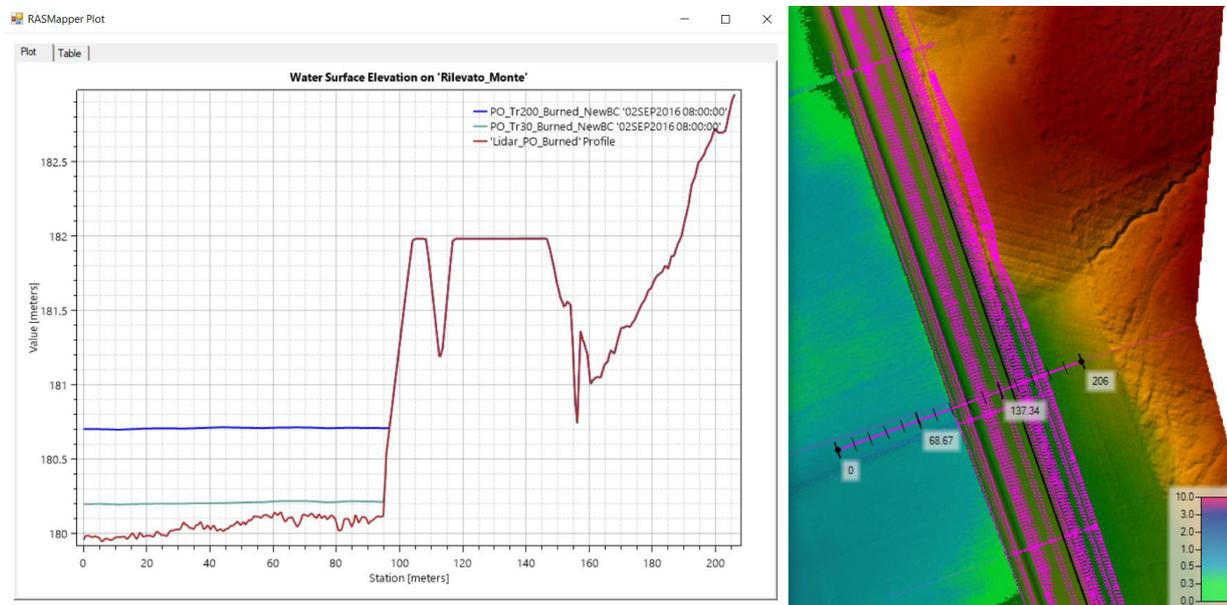


Figura 34 - Particolare dell'area 1, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Per un tempo di ritorno pari a 200 anni, il tirante in corrispondenza del nuovo rilevato è pari a circa 60cm e la distanza dalla pavimentazione stradale al livello dell'acqua è pari a 1.3m. La mappa del tirante si riferisce alla piena con tempo di ritorno 200 anni.



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.4 Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam

In questo capitolo vengono presentate le differenze in termini di tiranti, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

Non sono presenti differenze significative né in termini di tiranti (Figura 35) né in termini di velocità (Figura 36). Di conseguenza non sono presenti differenze in termini di magnitudo (Figura 37). L'unica differenza apprezzabile in termini di tirante si può notare in corrispondenza del nuovo rilevato (all'interno del cerchio rosso) dovuta al fatto che il terreno, a causa della presenza del nuovo rilevato, presenta quote maggiori rispetto alle condizioni Ante-Operam e quindi un tirante minore (Figura 35). Simile discorso è applicabile alla differenza di velocità (Figura 36). Tali differenze determinano una variazione di una classe in termini di magnitudo (Figura 37).

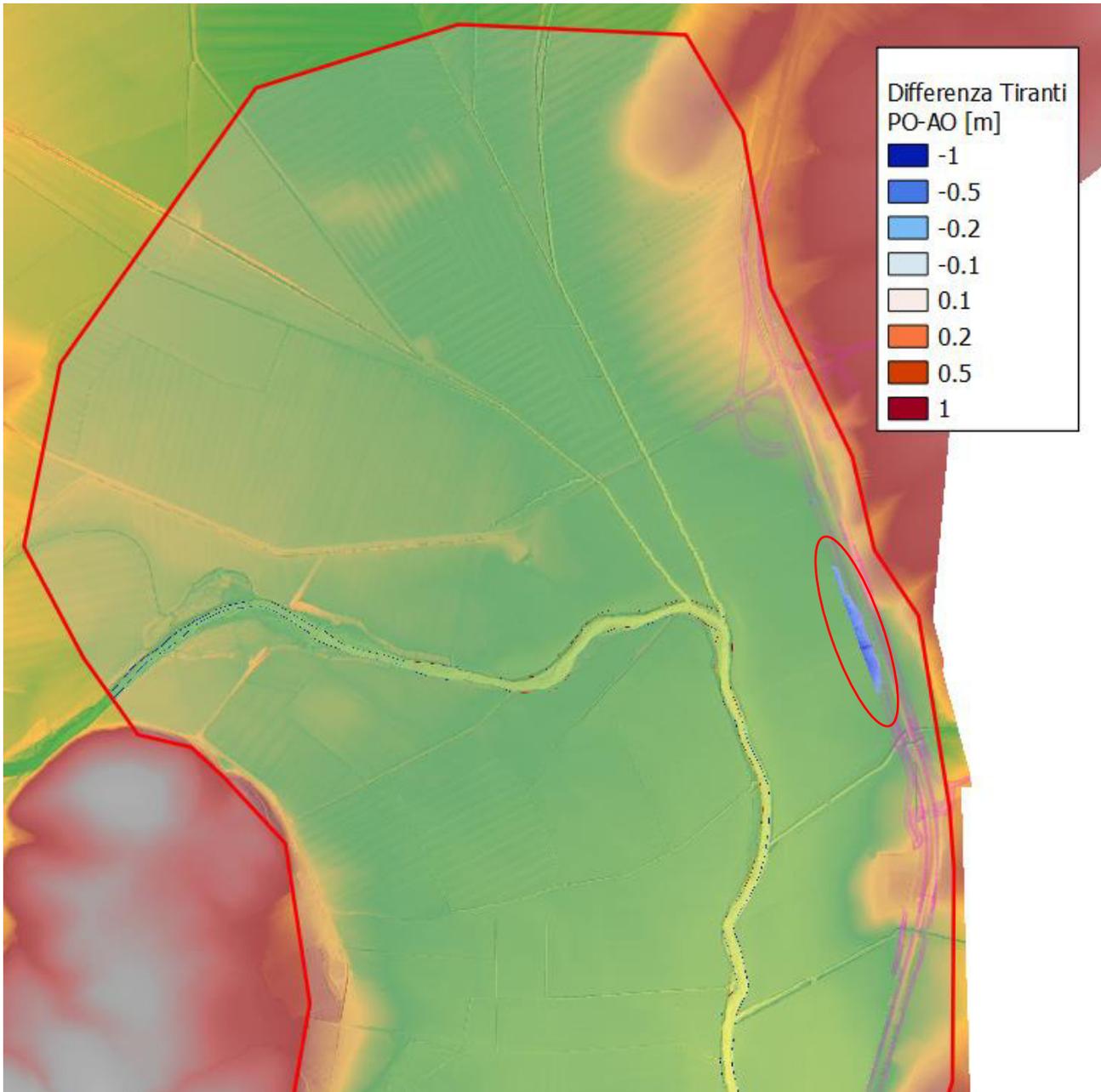


Figura 35 - Area 1, Tr200, Differenza tra tiranti Post-Operam e Ante-Operam. L'unica differenza apprezzabile è in corrispondenza nel nuovo rilevato, in cui l'allargamento del nuovo rilevato implica l'aumento di quota di una striscia di terreno che causa un abbassamento dei tiranti rispetto alle condizioni Ante-Operam.

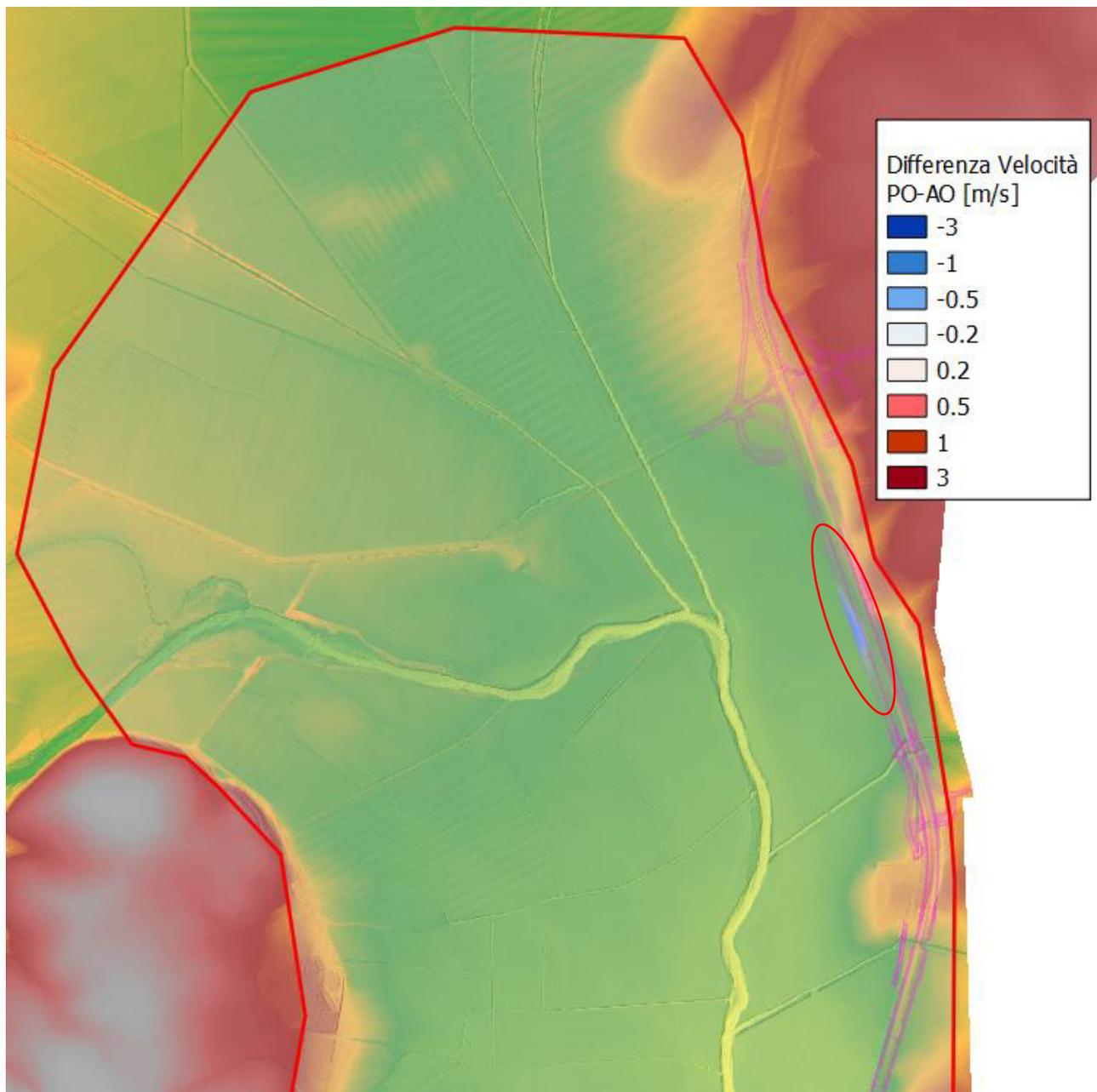


Figura 36 - Area 1, Tr200, Differenza tra velocità Post-Operam e Ante-Operam. L'unica differenza apprezzabile è in corrispondenza nel nuovo rilevato, in cui l'allargamento del nuovo rilevato implica un aumento di quota di una striscia di terreno che conseguentemente riduce i tiranti e va ad aumentare le perdite di carico per una maggiore vicinanza al rilevato, diminuendo quindi le velocità.

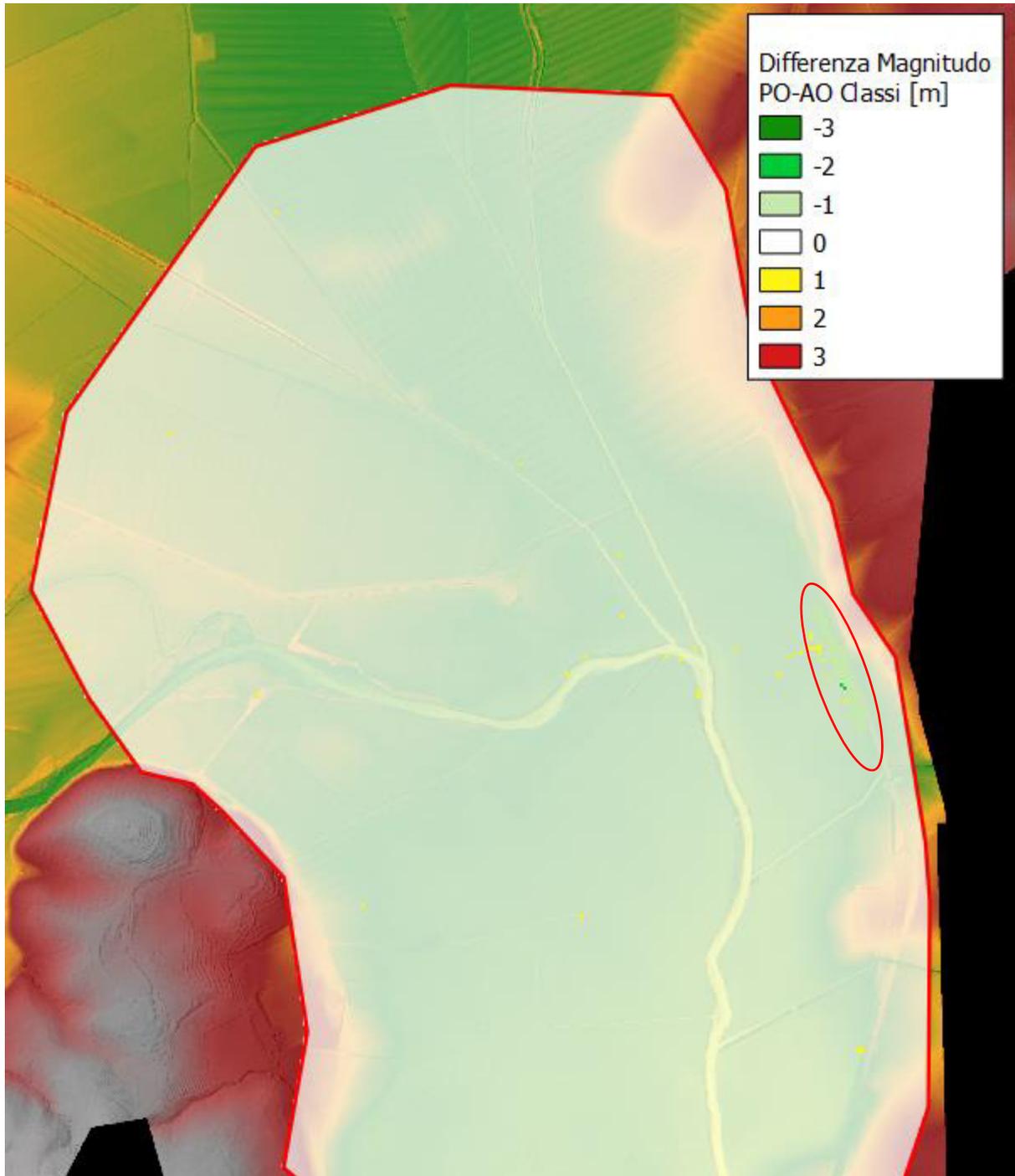


Figura 37 - Area 1, Tr200, Differenza tra classi di magnitudo Post-Operam e Ante-Operam. L'unica differenza apprezzabile è in corrispondenza nel nuovo rilevato, in cui l'allargamento del nuovo rilevato implica l'aumento di quota di una striscia di terreno che causa un abbassamento dei tiranti e quindi di magnitudo rispetto alle condizioni Ante-Operam.

1.1.5 Considerazioni finali

- L'area 1 non presenta particolari criticità.
- Per un tempo di ritorno di 200 anni, il tirante in corrispondenza dello svincolo è trascurabile e il tirante massimo in corrispondenza del nuovo rilevato è pari a 60cm, garantendo un franco di 1.3m rispetto alla pavimentazione stradale.
- Le aree di cantiere non sono interessate dall'evento di piena con tempo di ritorno di 10 anni.
- Non ci sono apprezzabili differenze in termini di velocità, tiranti e quindi di magnitudo tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam. In corrispondenza di un tratto del nuovo rilevato osserviamo una riduzione di magnitudo dovuta al fatto che questo riduce leggermente l'area disponibile all'esondazione, passando quindi da livelli idrometrici maggiori di zero a livelli nulli.

1.13 Area 2

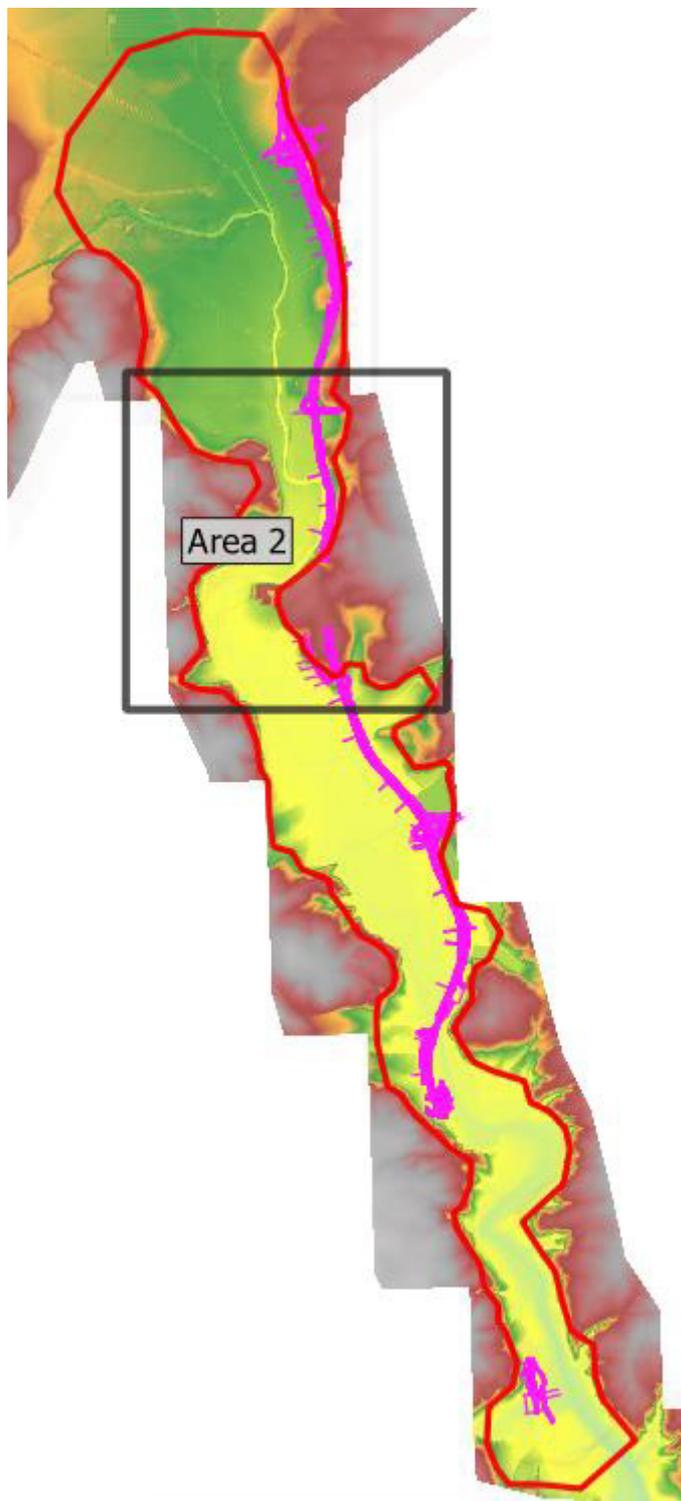


Figura 38 - Area 2

65 PERICOLOSITÀ PGRA

In Figura 39 è rappresentata la pericolosità idraulica secondo il PGRA.

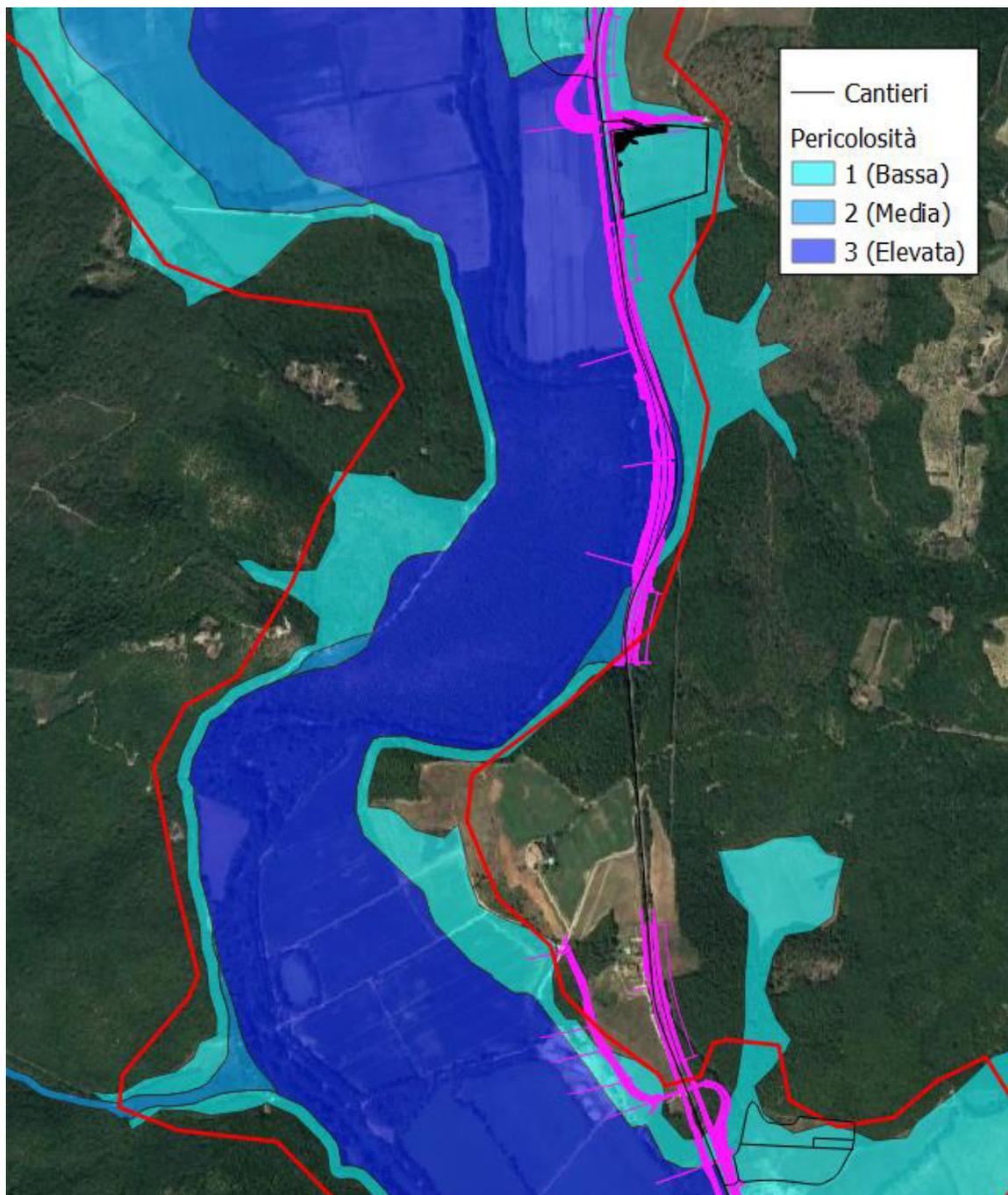


Figura 39 - Pericolosità idraulica secondo il PGRA.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1 Mappe dei tiranti

Di seguito vengono riportate le mappe dei tiranti relativamente alle condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni (Figura 40 e Figura 41), 30 anni (Figura 42 e Figura 43) e 10 anni (Figura 44 e Figura 45).

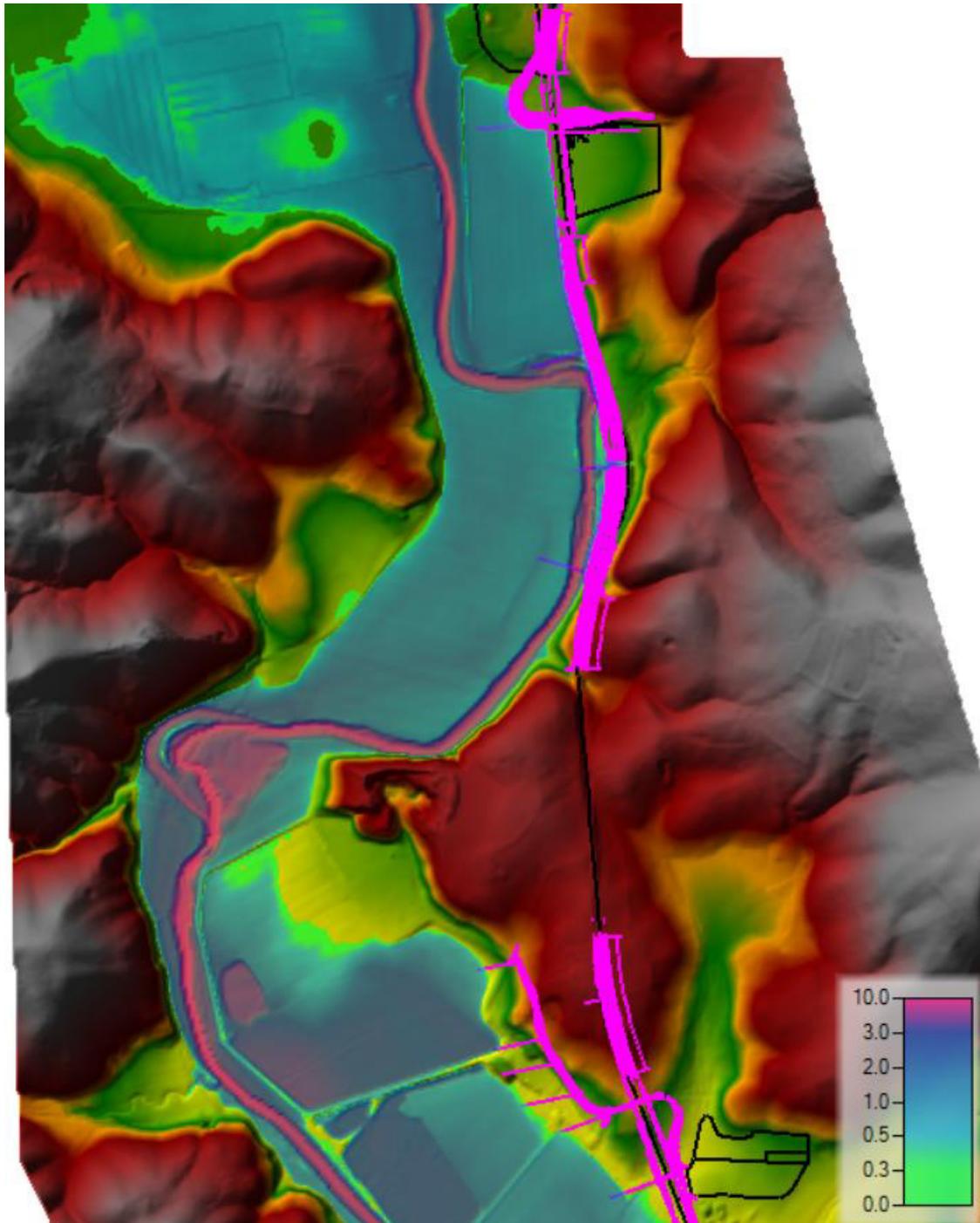


Figura 40 - Area 2, Tr200, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

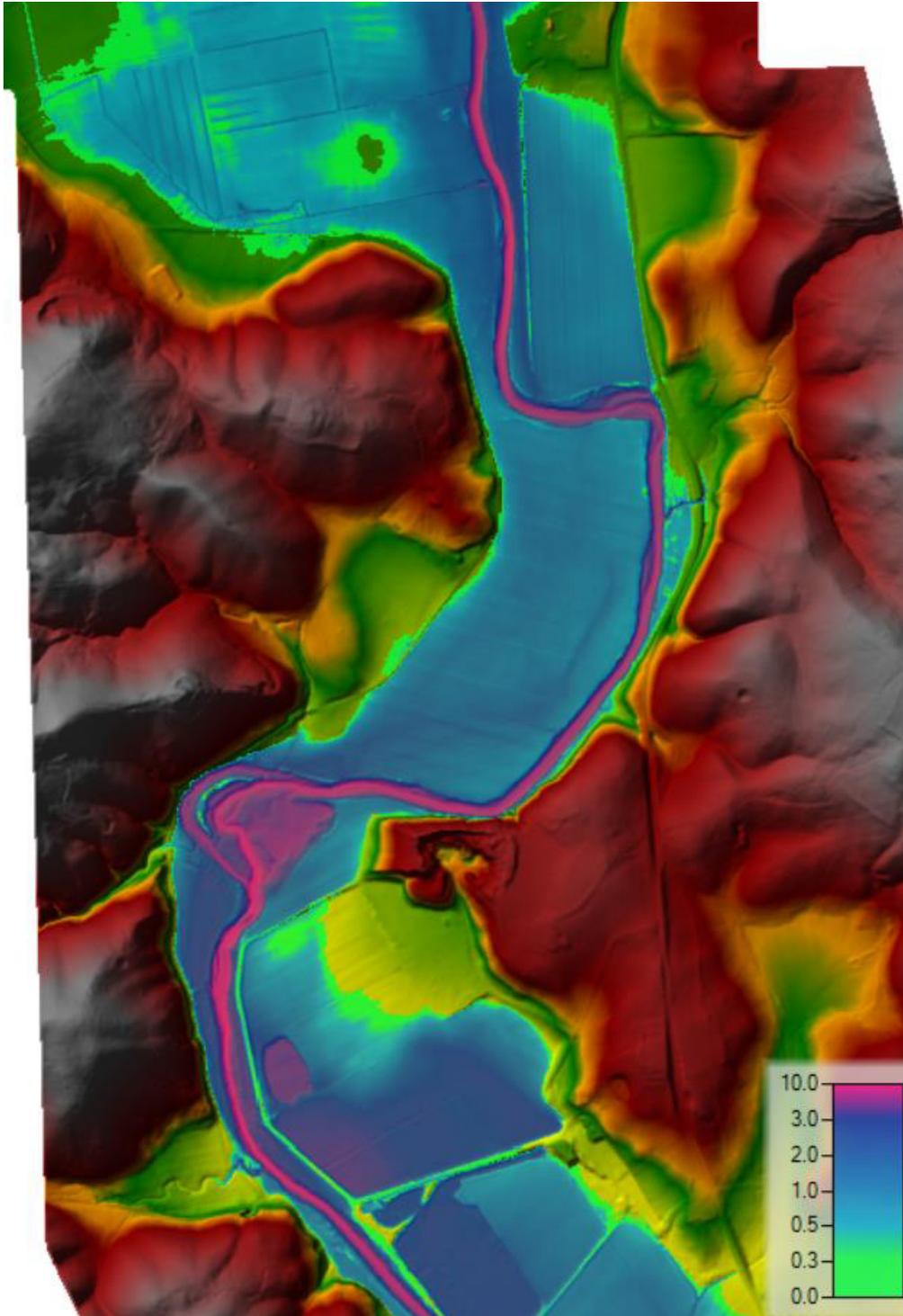


Figura 41- Area 2, Tr200, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

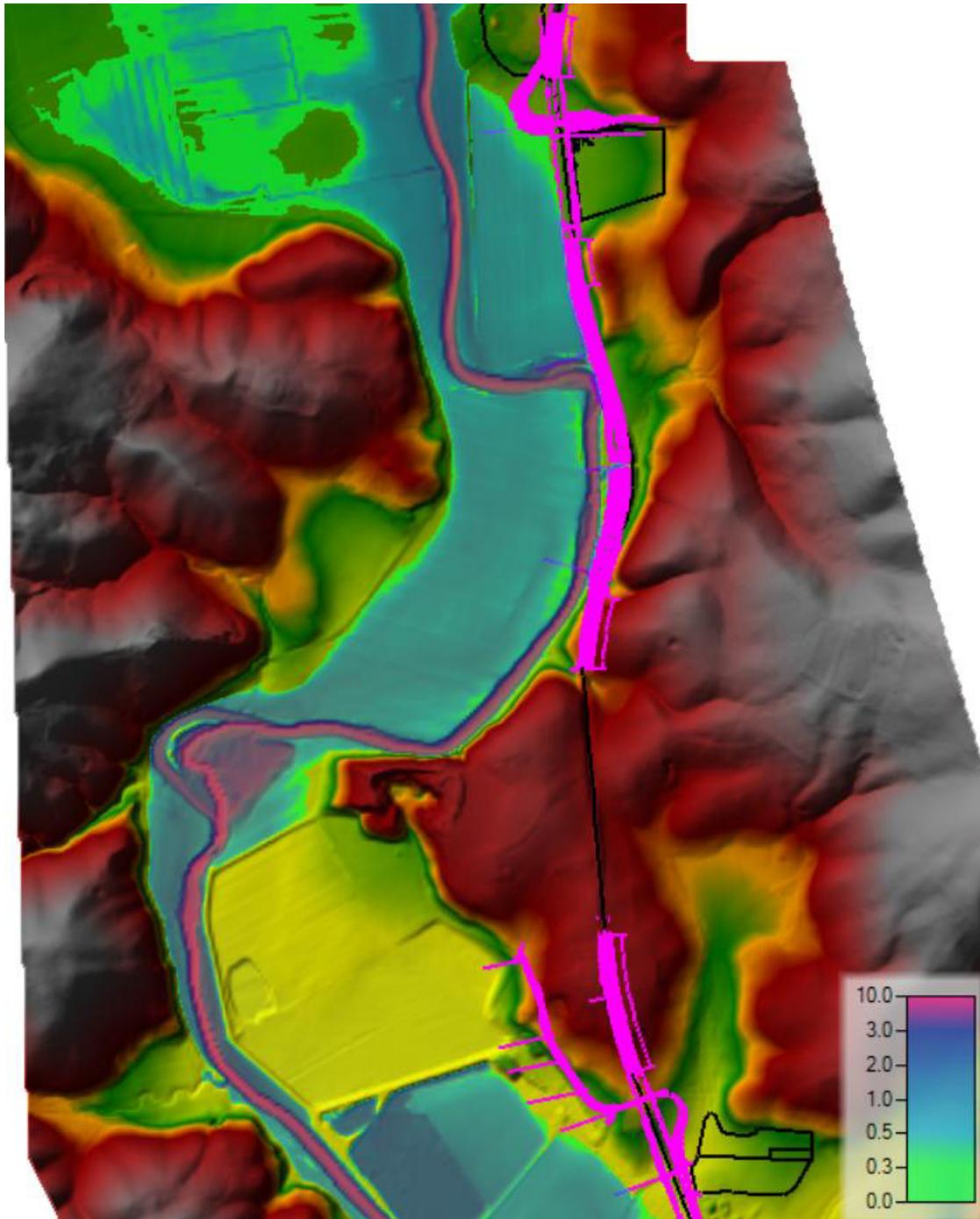


Figura 42 - Area 2, Tr30, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

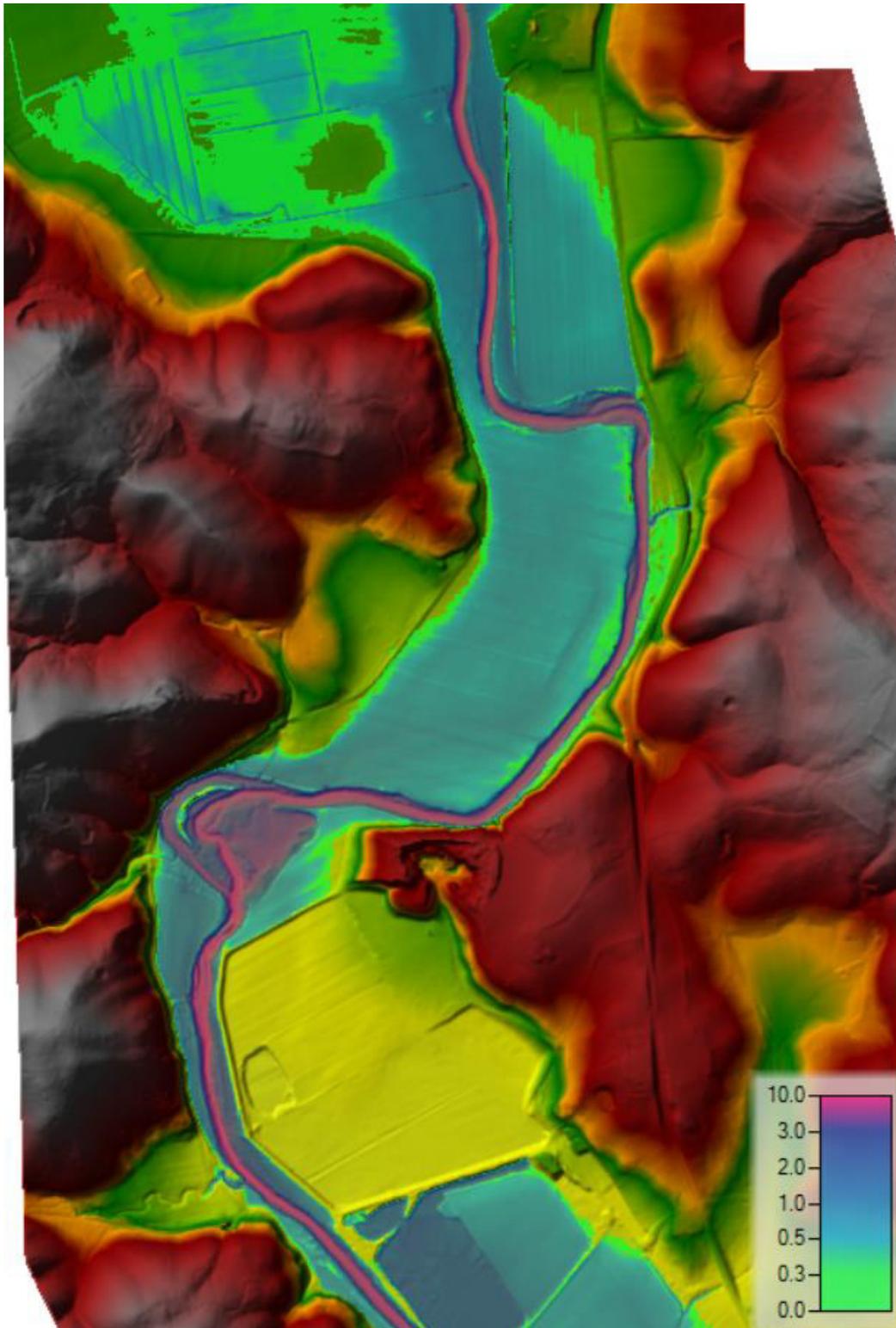


Figura 43 - Area 2, Tr30, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

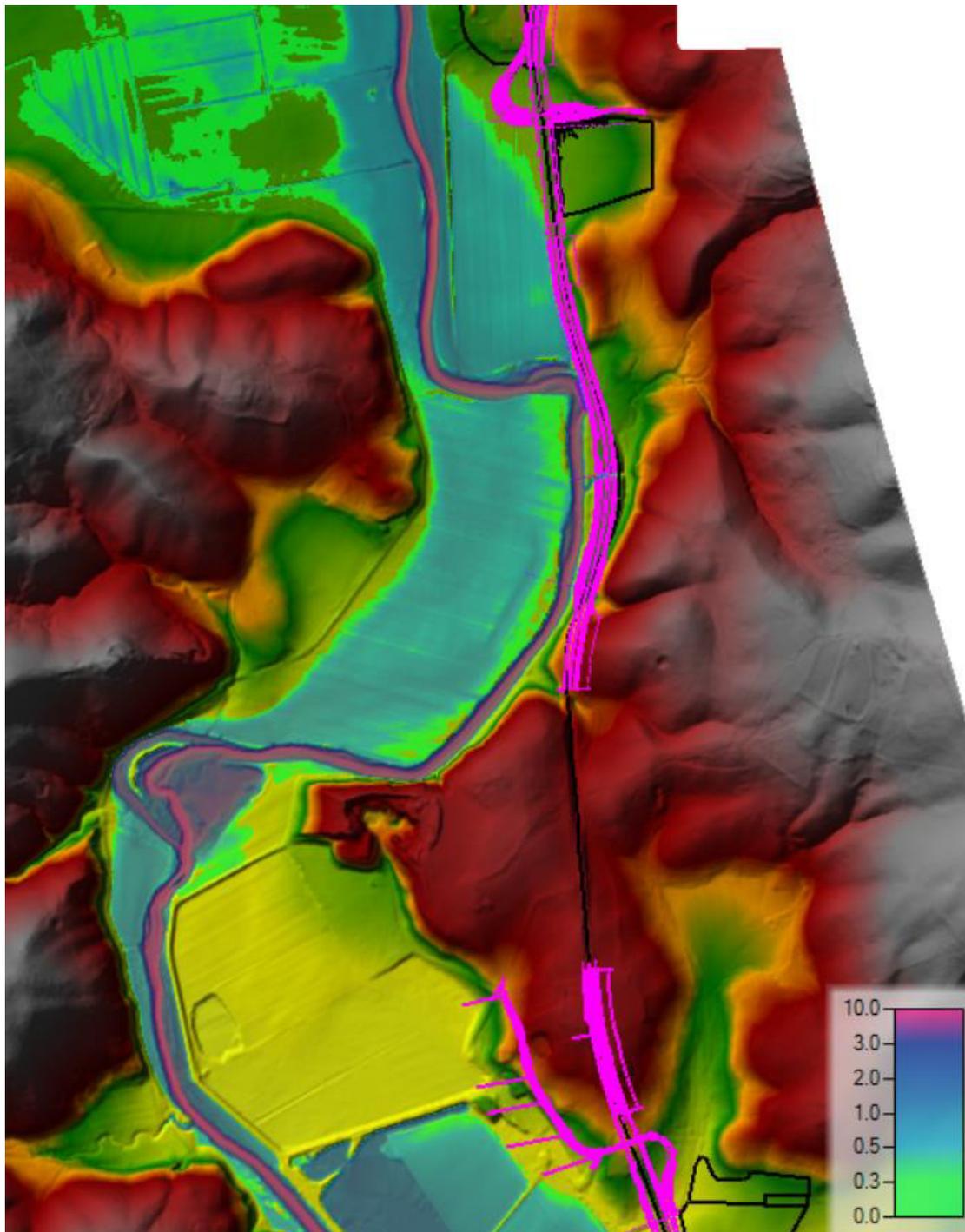


Figura 44 - Area 2, Tr10, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

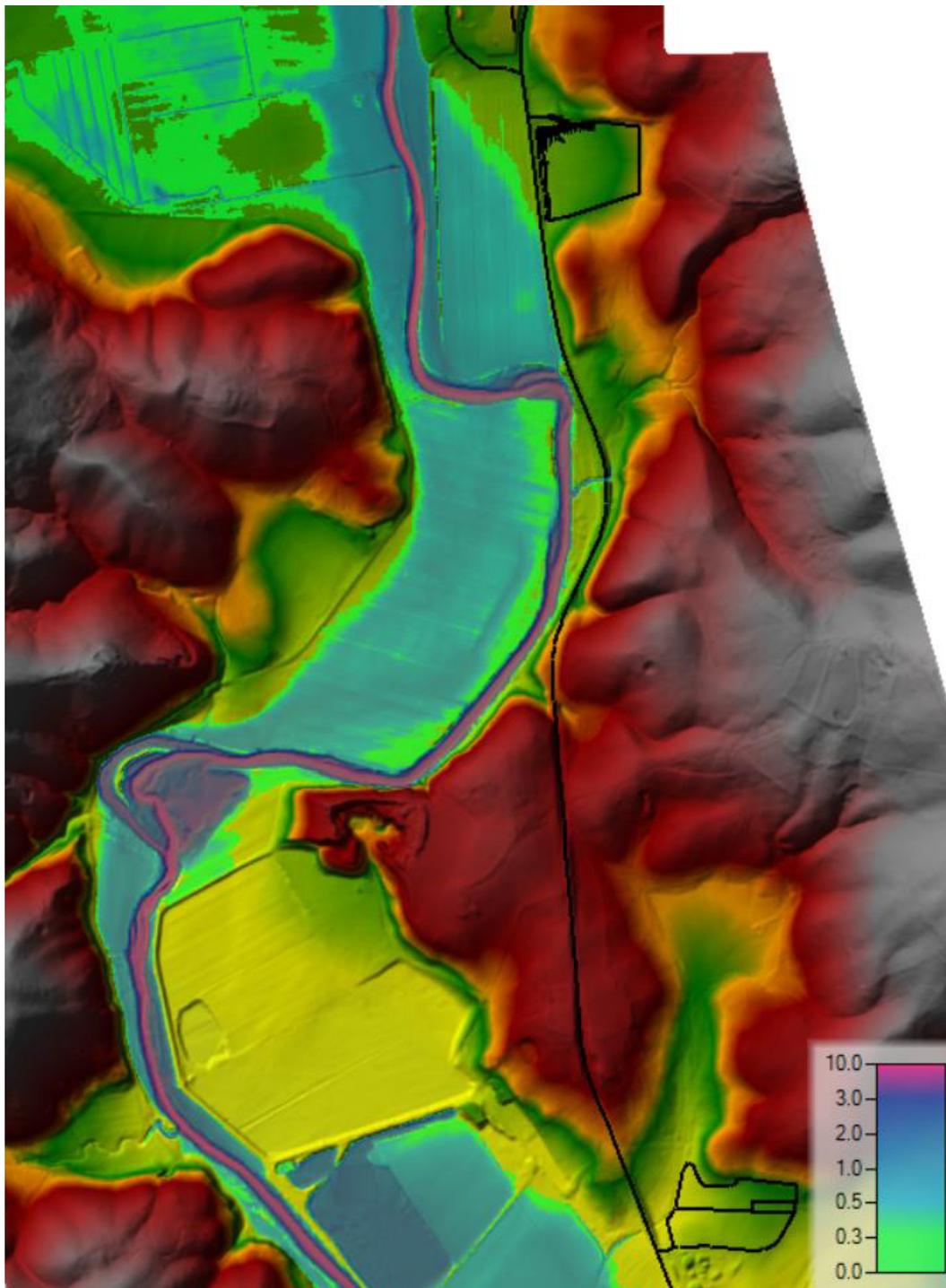


Figura 45 - Area 2, Tr10, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

1.1.1 Particolari su opere interessate dall'erosione

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle simulazioni relativamente ad alcuni punti caratteristici dell'area.

Lo svincolo in Figura 46 viene interessato dall'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni. Come è possibile vedere dalla sezione tracciata in Figura 46, in corrispondenza dello svincolo viene a formarsi un tirante di 0.6m metri, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di 1.5m. Per un tempo di ritorno di 30 anni il tirante è inferiore a zero al piede dello svincolo. Poiché l'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni non interessa l'area di cantiere, non esistono criticità per la stessa in riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 10 anni.

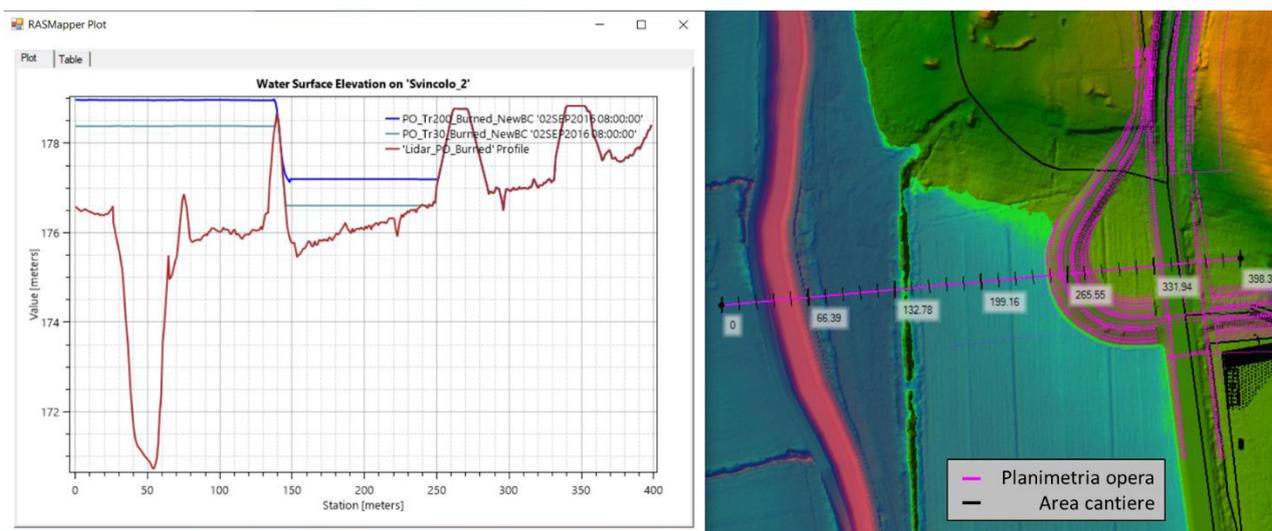


Figura 46 - Particolare dell'area 2, Tr30 e Tr200, Post Operam. Sezione sullo svincolo in cui si può notare, per Tr200, un tirante di 0.6m metri in corrispondenza dello svincolo, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di 1.5m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno 200 anni. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200.

Per quantificare l'effetto dell'introduzione del nuovo rilevato sulla riduzione dell'area disponibile all'erosione e quindi alla riduzione del volume di laminazione dovuto alla piena, è stata calcolato il rapporto tra il volume all'interno del poligono 1 e il volume all'interno del poligono 2 di Figura 47. Tale percentuale è pari al 1.47%. Questo calcolo è stato effettuato come dimostrazione del fatto che l'influenza dell'inserimento di rilevati o svincoli all'interno dell'area alluvionale sulle capacità di laminazione della stessa sono trascurabili.

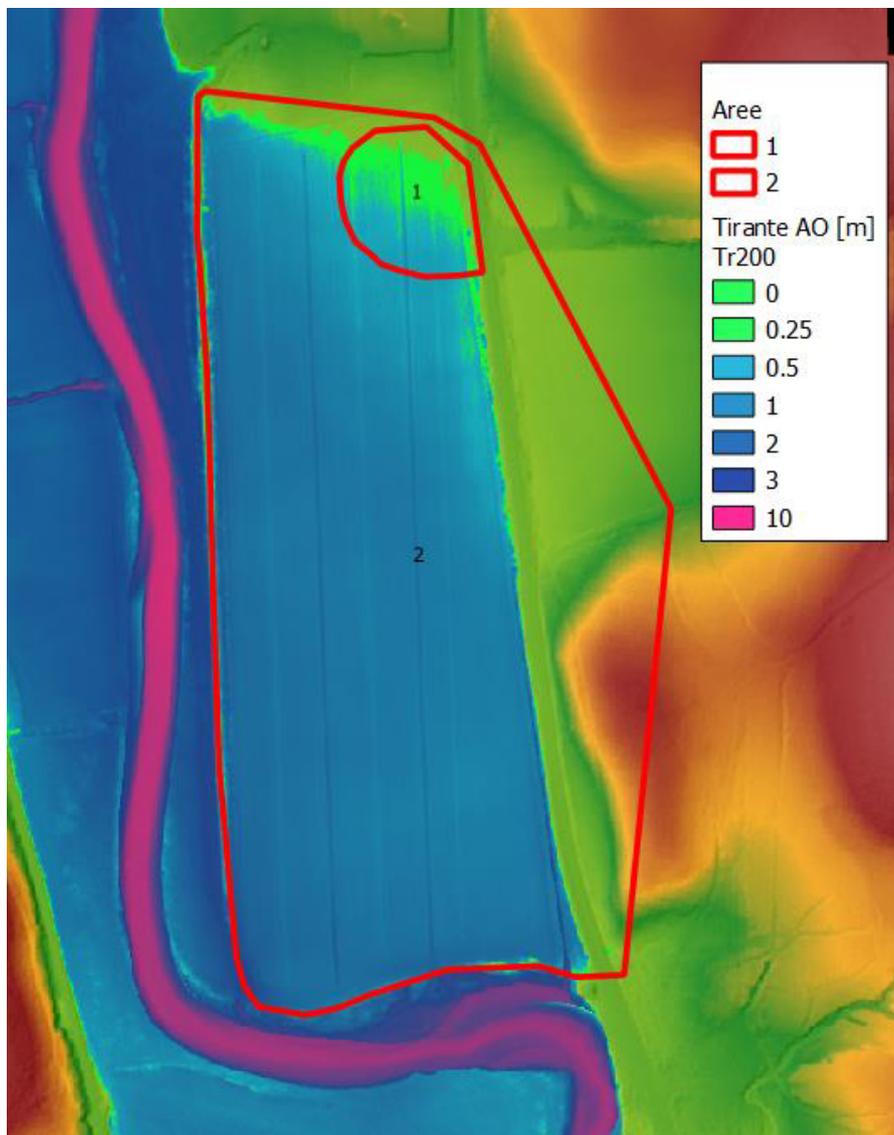


Figura 47 - Calcolo del volume di laminazione sottratto all'area inondabile a causa della presenza dello svincolo. Tale volume è espresso in percentuale come rapporto tra il volume all'interno del poligono 1 e il volume all'interno del poligono 2. Tale percentuale è pari al 1.47%.

Sono poi state tracciate altre sezioni di controllo per determinare i tiranti in corrispondenza del rilevato. Per un tempo di ritorno di 200 anni, in corrispondenza della sezione di Figura 48 si ha un franco di circa 1m, mentre in corrispondenza della sezione di Figura 49 si ha un franco di circa 2.4m. Relativamente a quest'ultimo punto del tratto fluviale, si ricorda che qui il rilevato stradale si trova all'interno di 10m dal ciglio dell'alveo.

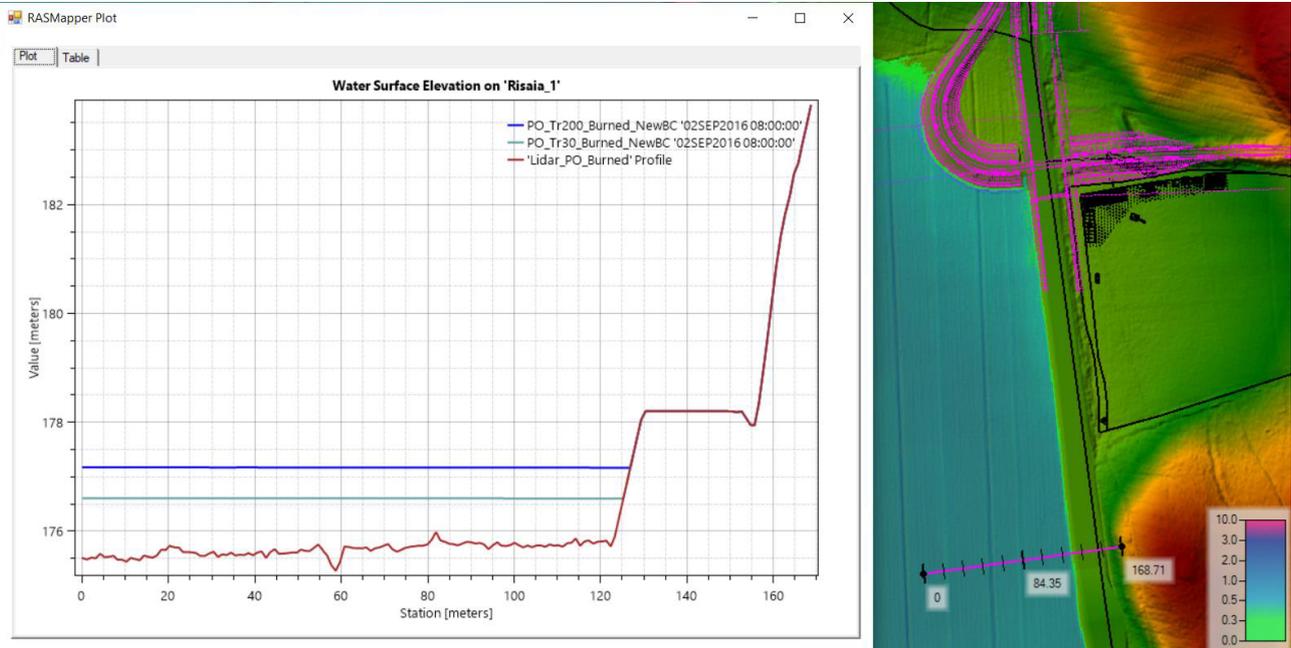


Figura 48 - Particolare dell'area 2, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Sezione sul rilevato in cui si può notare, per Tr200, un tirante di 1.2m in corrispondenza del nuovo rilevato, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di 1m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno 200 anni. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200.

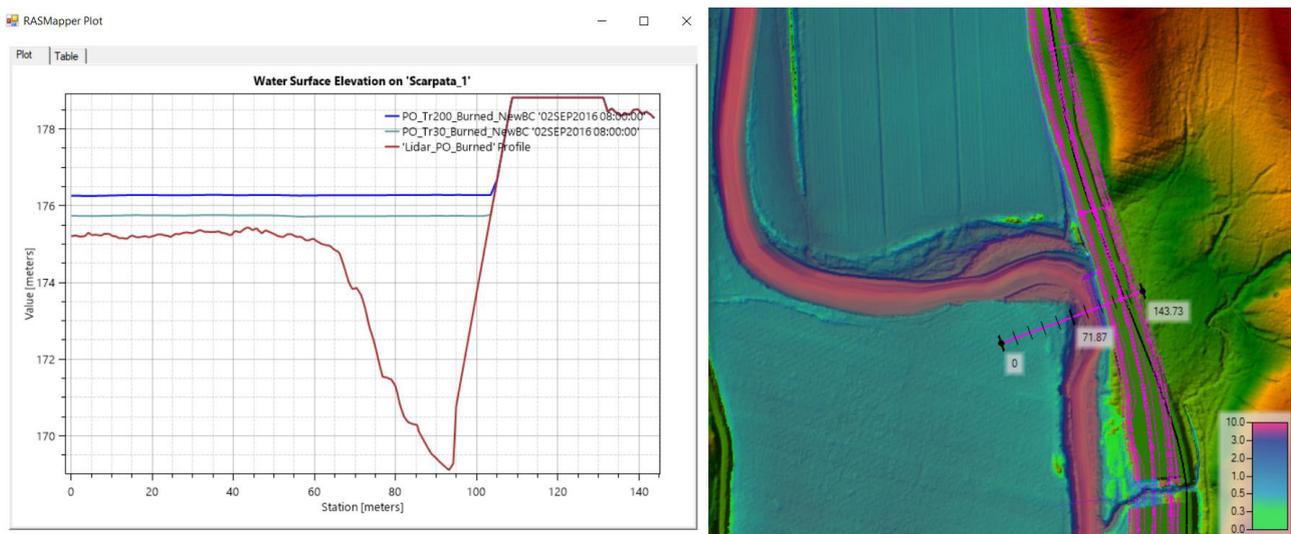


Figura 49 - Particolare dell'area 2, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Sezione sul rilevato in cui si può notare, per Tr200, un franco di circa 2.4m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno 200 anni. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200. Questo tratto è critico poiché la strada si trova all'interno di 10m dal ciglio dell'alveo.

Lo svincolo in Figura 50 non presenta alcune criticità e l'area di cantiere non viene interessata dalla piena con tempo di ritorno 200 anni.

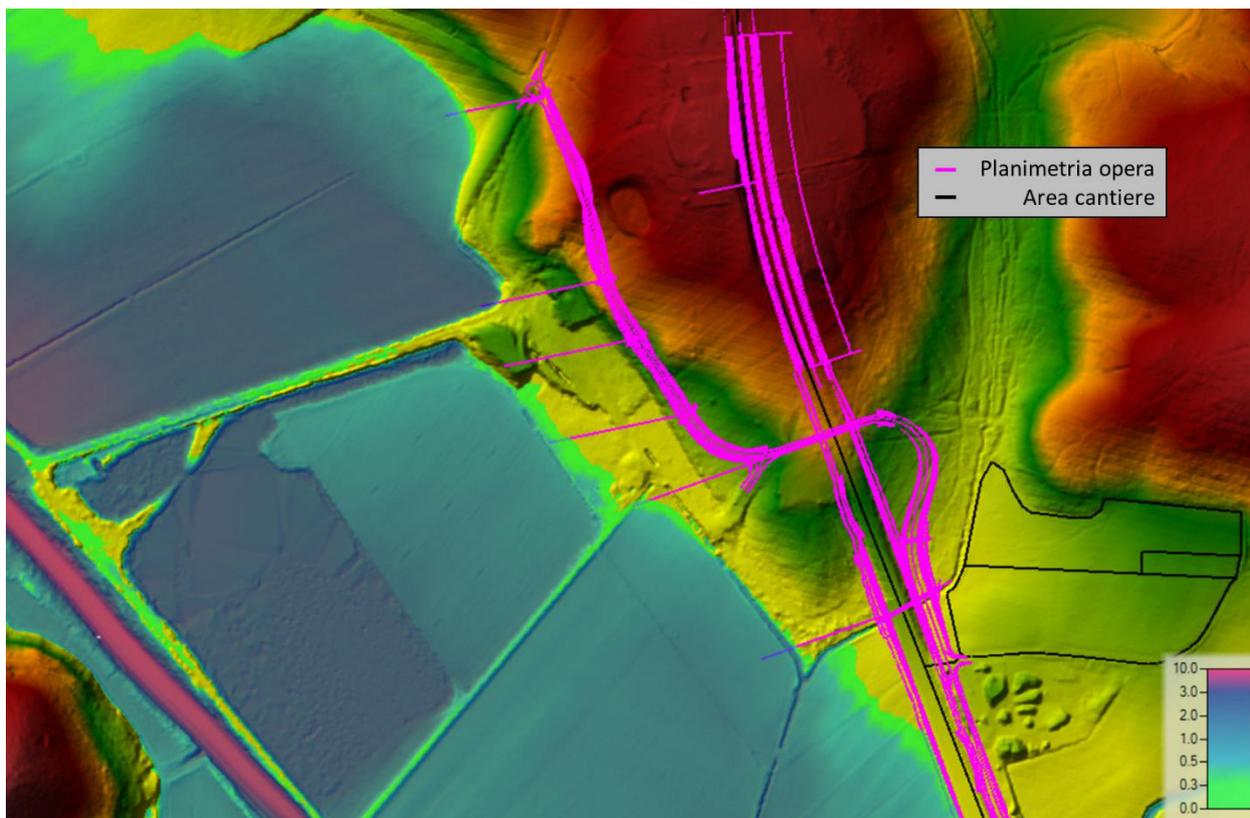


Figura 50 - Particolare dell'area 2, Tr200, Post-Operam. Lo svincolo e le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno 200 anni.



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.2 Differenze tra scenario Poste-Operam e Ante-Operam

In questo capitolo vengono presentate le differenze in termini di tiranti, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

Non sono presenti differenze significative né in termini di tiranti (Figura 51) né in termini di velocità (Figura 52). Di conseguenza non sono presenti differenze in termini di magnitudo (Figura 53). L'unica differenza apprezzabile in termini di tirante si può notare in corrispondenza dello svincolo di monte e lungo il nuovo rilevato. In questi punti il terreno presenta quote maggiori rispetto alle condizioni Ante-Operam e quindi un tirante minore. Tali differenze determinano una variazione fino a tre classi in termini di magnitudo, confinate tuttavia nell'intorno del nuovo rilevato e dei nuovi svincoli.

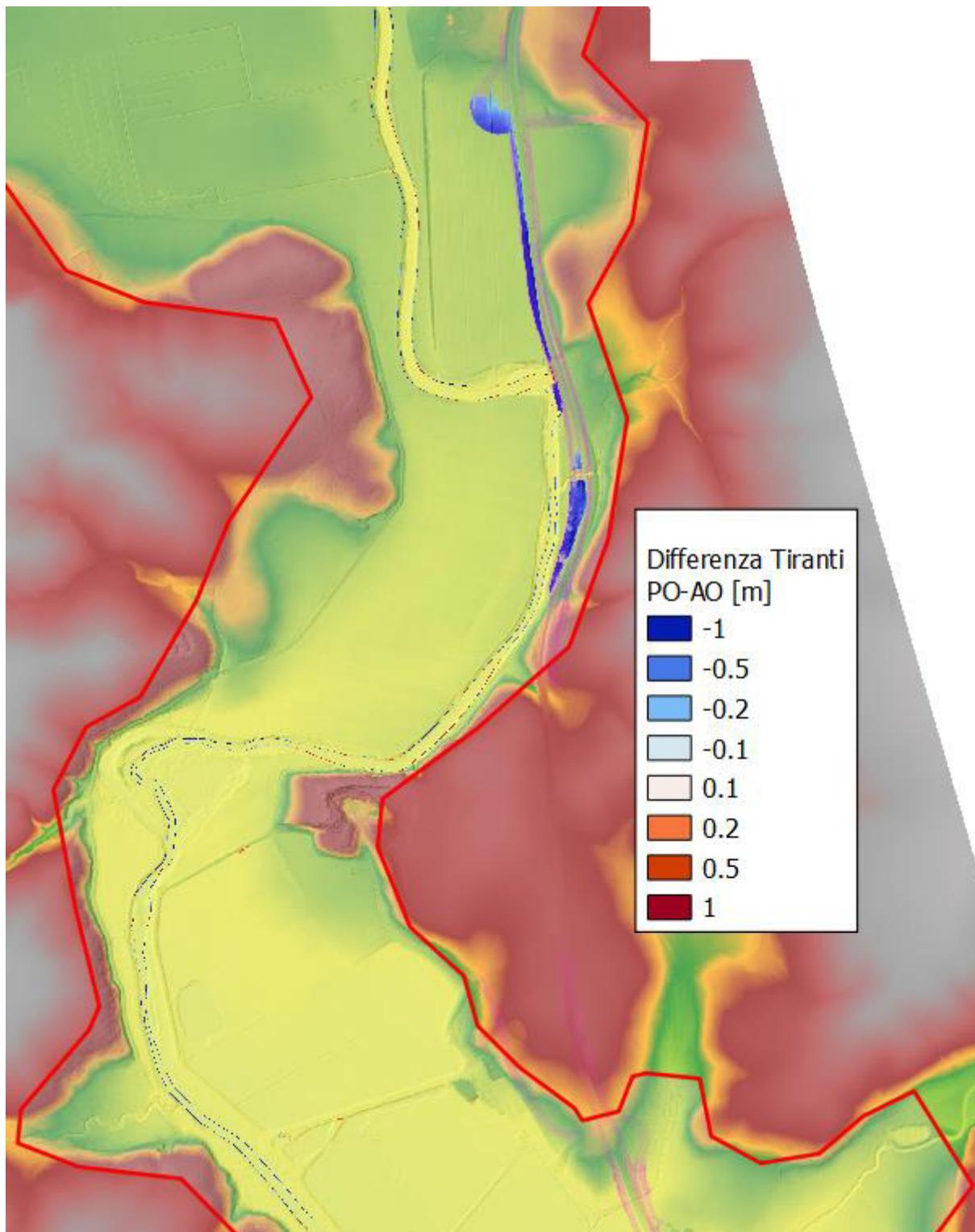


Figura 51 - Area 2, Tr200, Differenza di tiranti tra Post-Operam e Ante-Operam

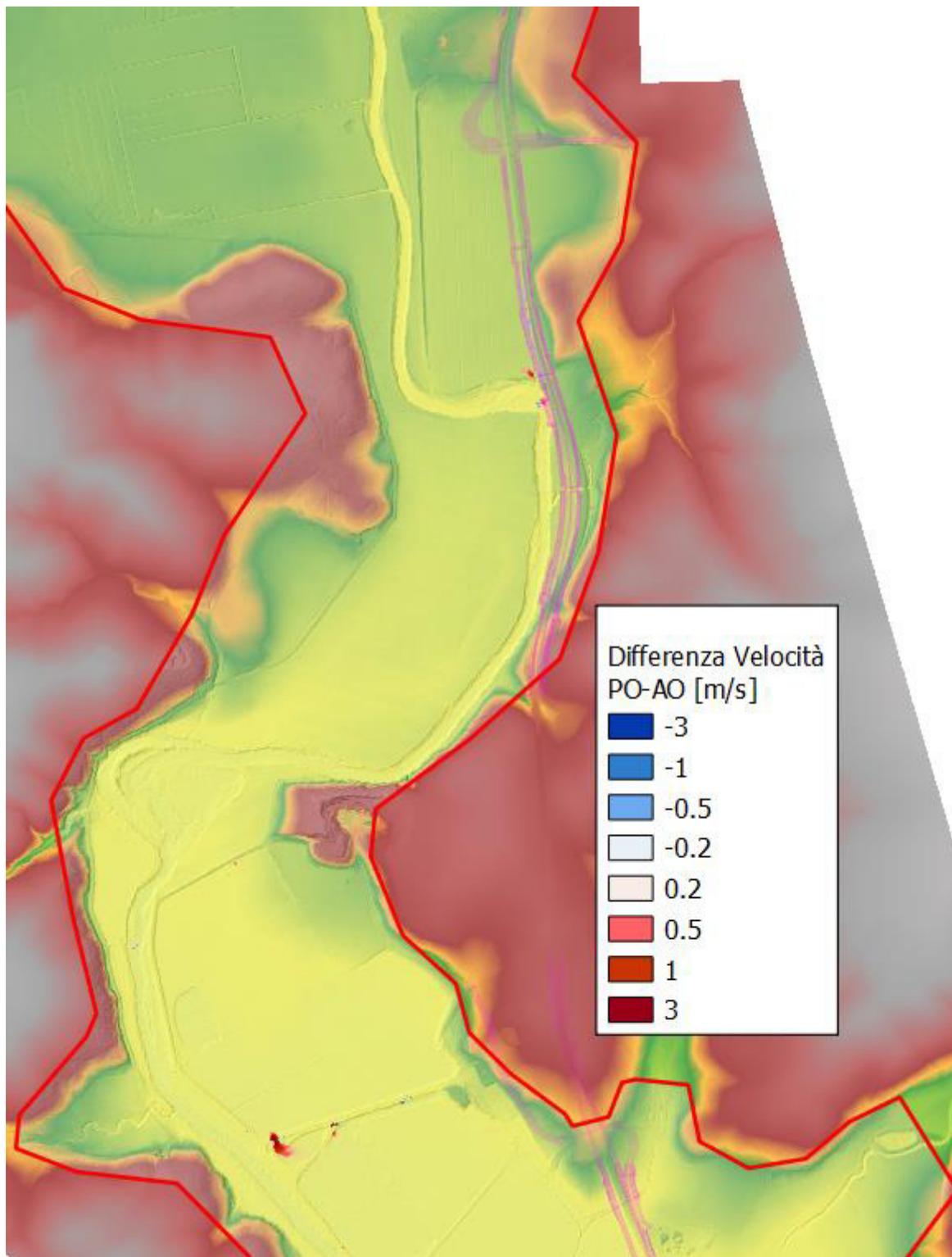


Figura 52 - Area 2, Tr200, Differenza tra velocità Post-Operam e Ante-Operam. L'aumento di velocità visibile in basso a destra dell'Area 2 è dovuto a piccole differenze tra la geometria

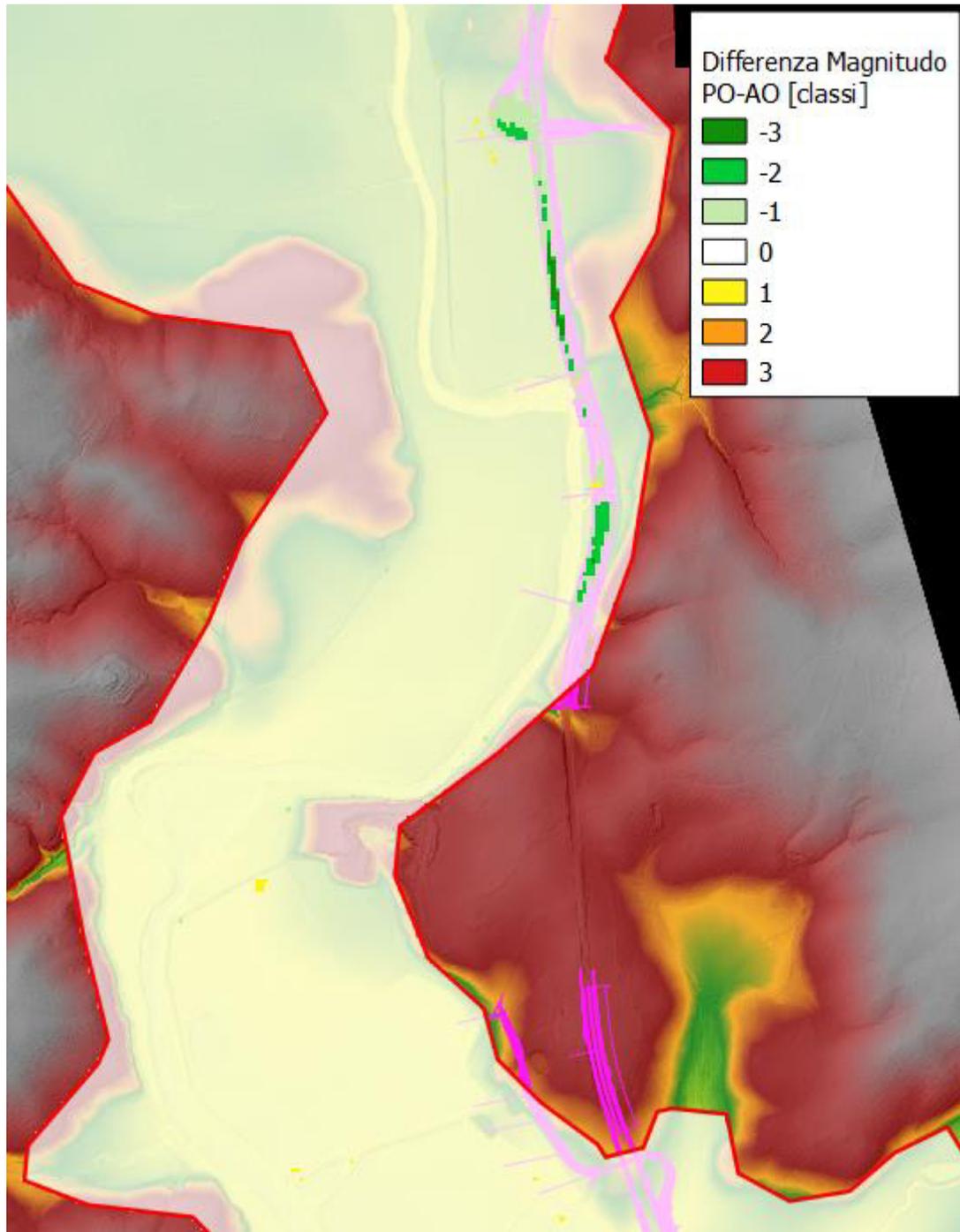


Figura 53 - Area 2, Tr200, Differenza di classi di magnitudo tra Post-Operam e Ante-Operam. Lo svincolo più a monte e il nuovo rilevato più a valle presentano una riduzione di magnitudo dovuta al fatto che tali opere implicano un aumento di quota che conseguentemente riduce i tiranti.

1.1.1 Considerazioni finali

- L'area 2 non presenta particolari criticità.
- Per un tempo di ritorno di 200 anni, il tirante in corrispondenza dello svincolo di monte è pari 0.6, stabilendo un franco di 1.5m rispetto alla pavimentazione stradale.
- Le aree di cantiere per entrambi gli svincoli non sono interessate dalla piena.
- Non ci sono apprezzabili differenze in termini di velocità, tiranti e quindi di magnitudo tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam. In corrispondenza dello svincolo di monte osserviamo una riduzione di magnitudo dovuta al fatto che lo svincolo in progetto si comporta da argine e riduce quindi l'estensione dell'area inondabile. A dimostrazione del fatto che tale arginatura non comporta un'ingente impatto sulla capacità di laminazione dell'area inondabile, è stato calcolato il volume che in condizioni di Ante-Operam sarebbe esondato e che invece in condizioni di Post-Operam è stato eliminato (poligono 1 di Figura 47). Tale volume è stato poi diviso per il volume di esondazione contenuto all'interno del poligono 2 (Figura 47). Tale percentuale è pari al 1.47%. Queste considerazioni valgono anche per il volume di esondazione che viene ridotto a causa dell'allargamento del rilevato.
- Il tratto di strada all'interno dei 10m dal ciglio spondale presenta un franco di sicurezza maggiore di 2m (Figura 49). Si ricorda tuttavia che questo tratto ricade all'interno della fascia di 10m dal ciglio dell'alveo.

1.14 Area 3

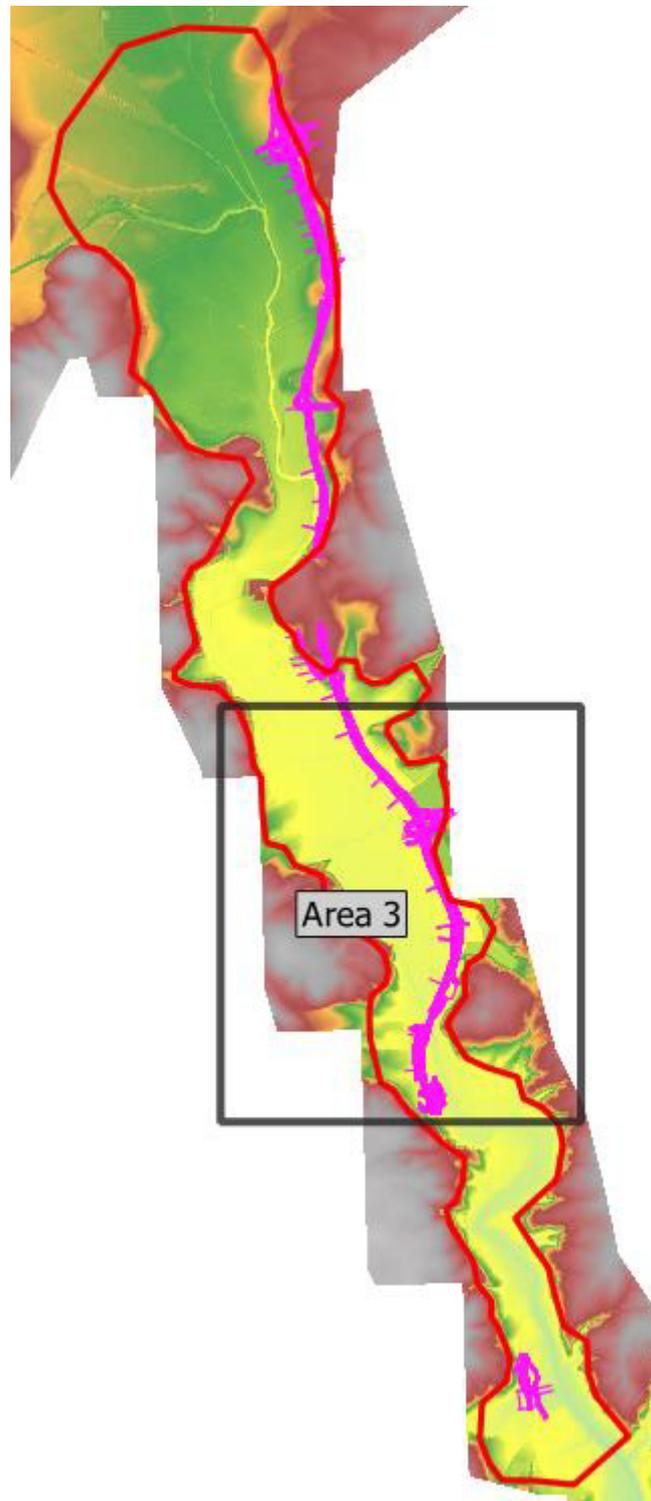


Figura 54 - Area 3

76 PERICOLOSITÀ PGRA

Di seguito viene riportata la mappa della pericolosità idraulica secondo il PGRA.

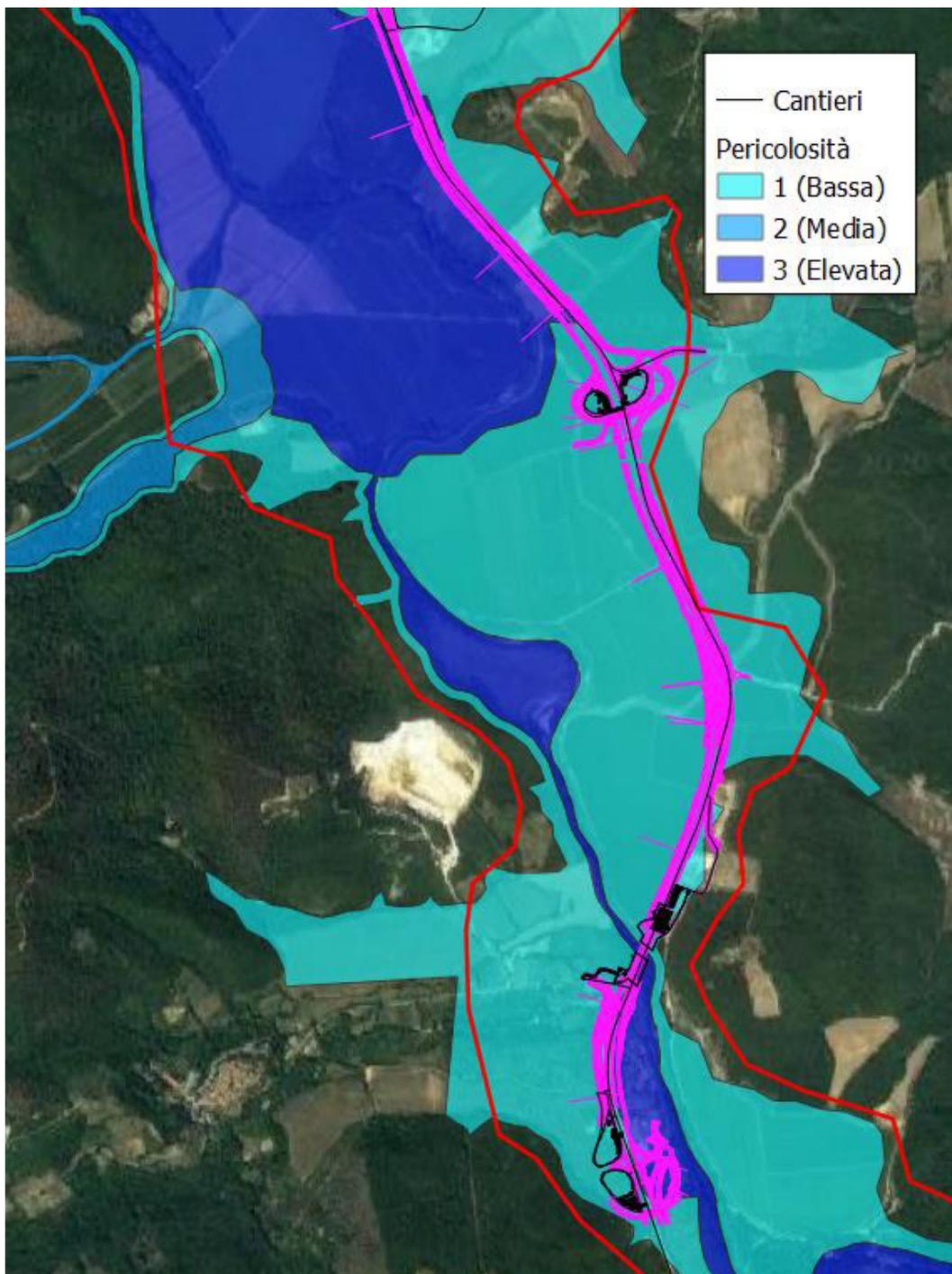


Figura 55 - Area 3, Pericolosità idraulica secondo il PGRA.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1 Mappe dei tiranti

Di seguito vengono riportate le mappe dei tiranti relativamente alle condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni (Figura 56 e Figura 57), 30 anni (Figura 58 e Figura 59) e 10 anni (Figura 60 e Figura 61).

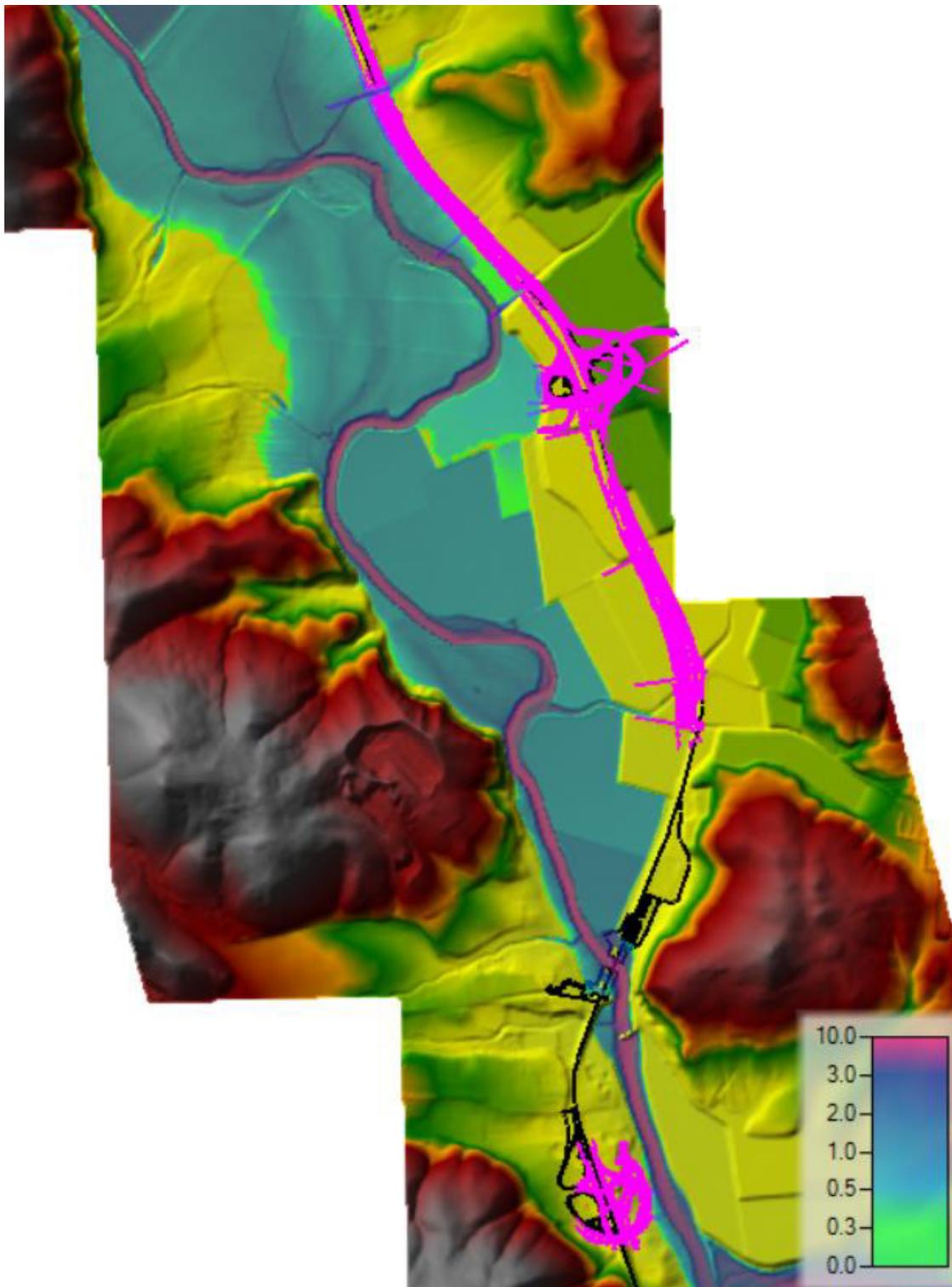


Figura 56 - Area 3, Tr200, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

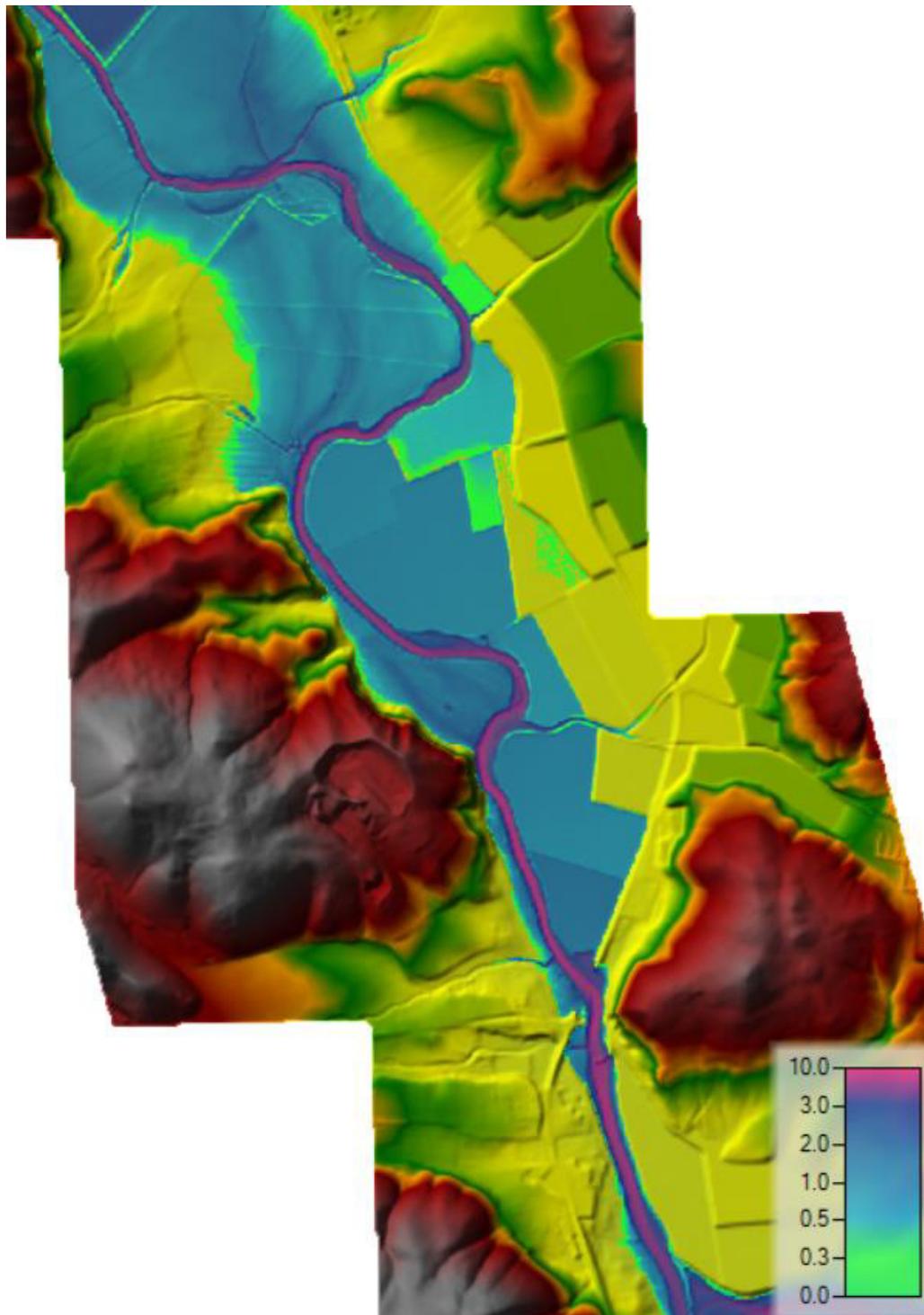


Figura 57 - Area 3, Tr200, Ante-Operam. Mappa dei tiranti

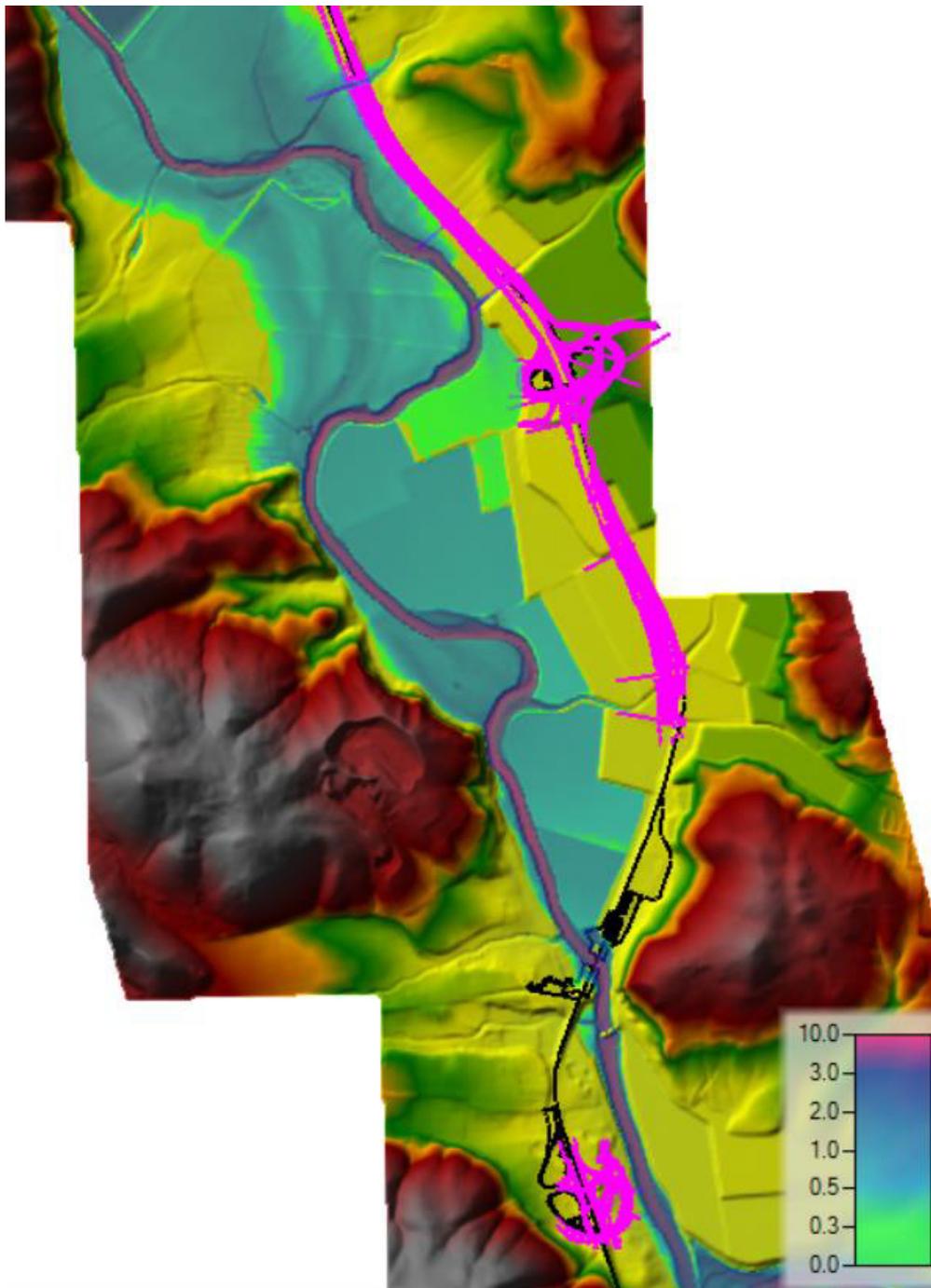


Figura 58 - Area 3, Tr30, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

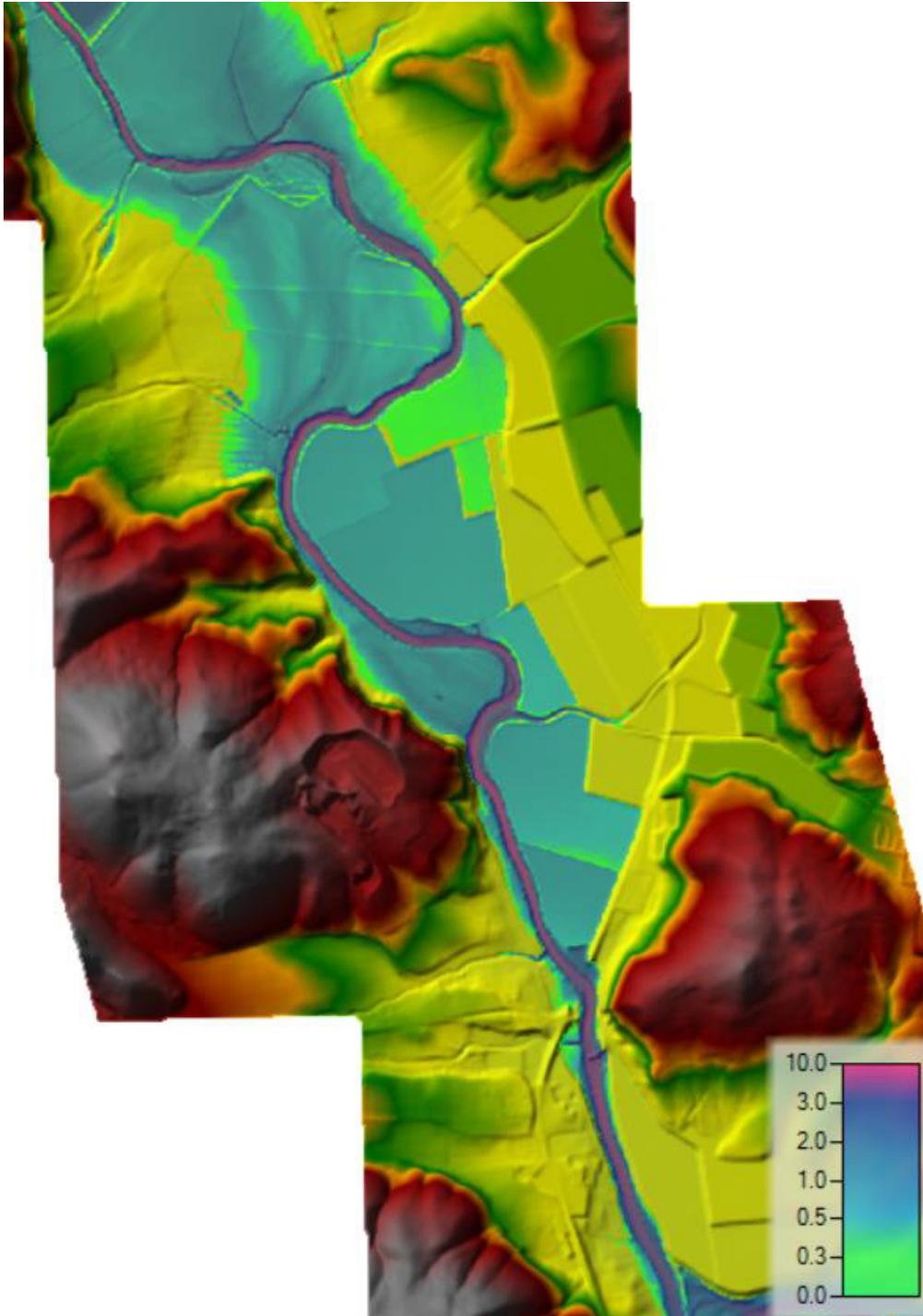


Figura 59 - Area 3, Tr30, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

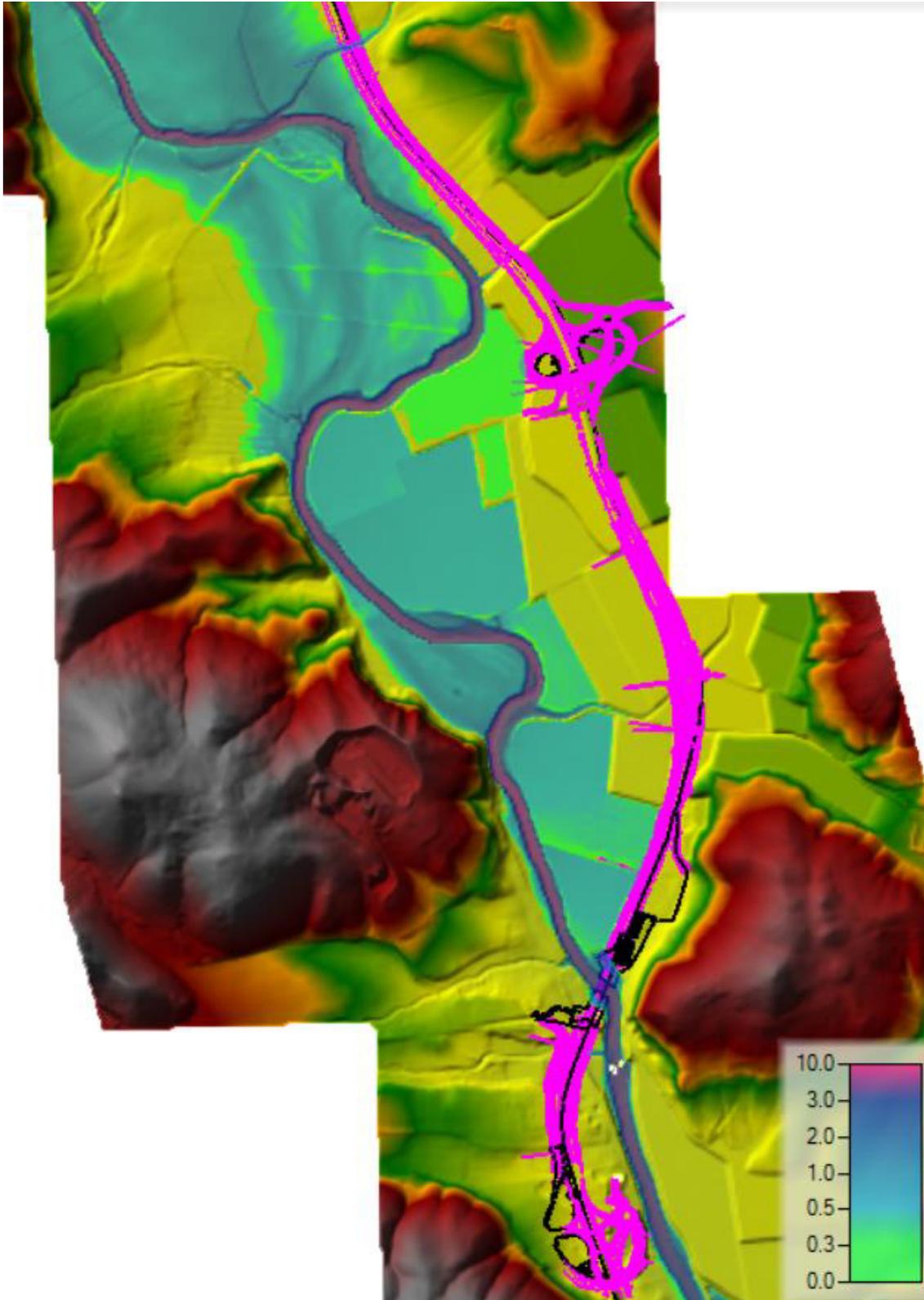


Figura 60 - Area 3, Tr10, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

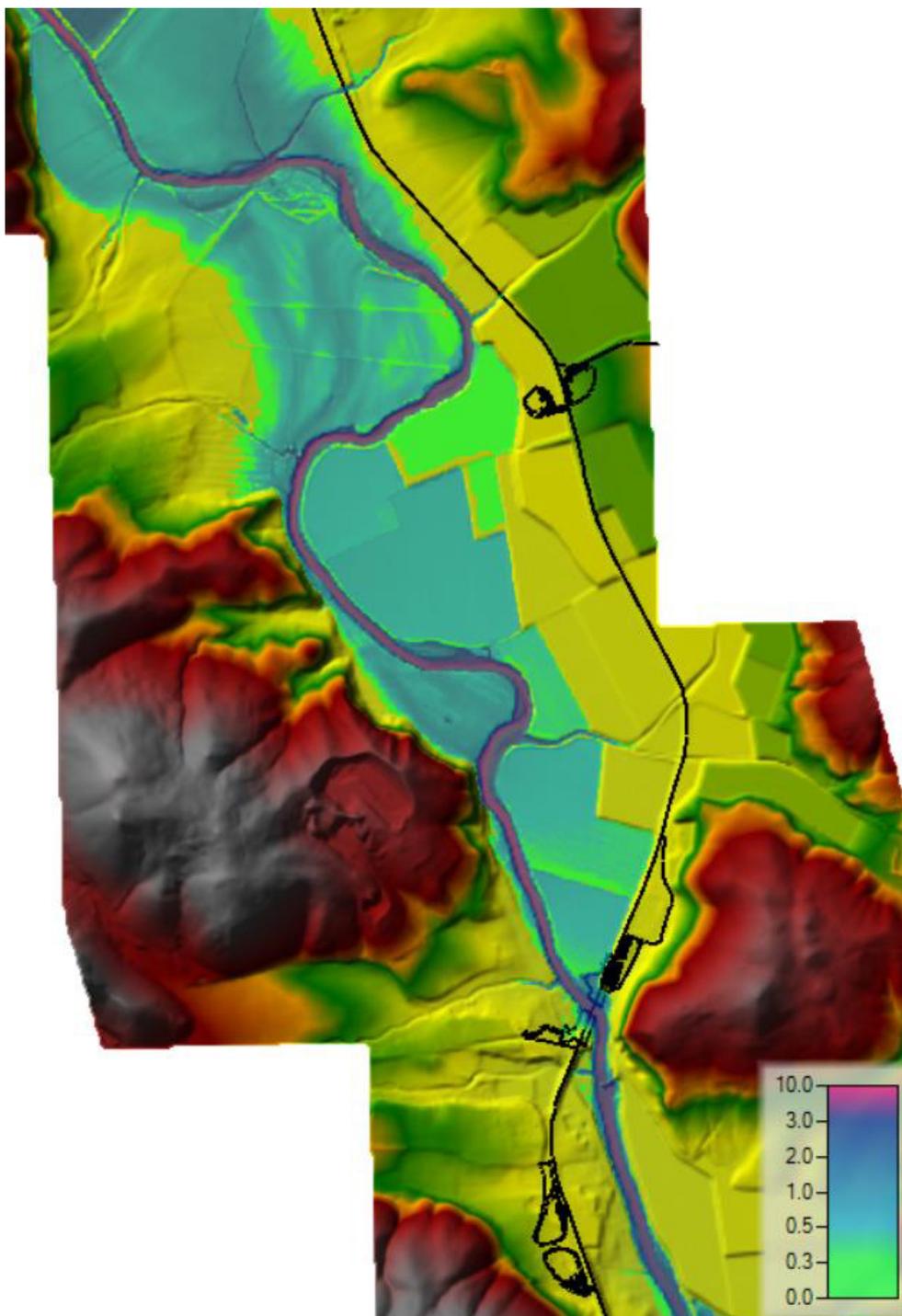


Figura 61 - Area 3, Tr10, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

1.1.1 Particolari su opere interessate dall'esonazione

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle simulazioni relativamente ad alcuni punti caratteristici dell'area.

Il rilevato in Figura 62 viene interessato dall'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni. Come è possibile vedere dalla sezione tracciata in Figura 62, in corrispondenza del rilevato viene a formarsi un tirante di 1m metri, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di 2m. Per un tempo di ritorno di 30 anni il franco è invece pari a 2.4m. Poiché l'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni non interessa l'area di cantiere, non esistono criticità per la stessa in riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 10 anni.

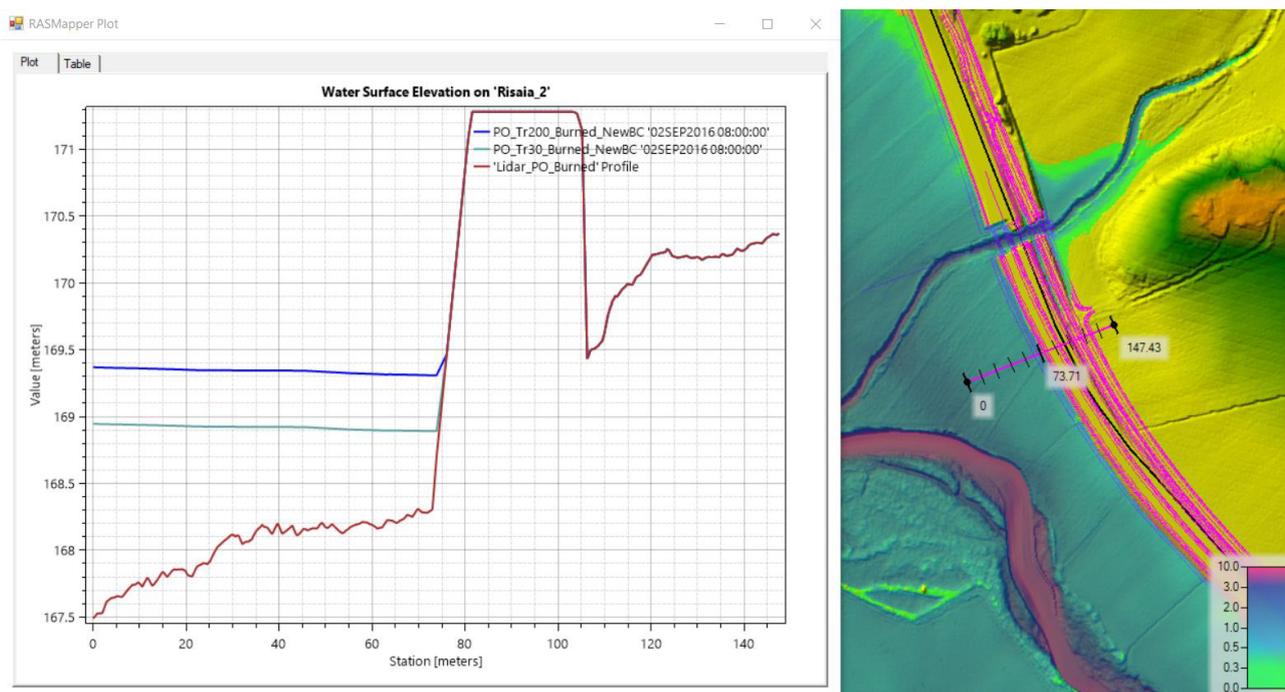


Figura 62 - Particolare dell'area 3, Tr30 e Tr200, Post Operam. Sezione sul nuovo rilevato in cui si nota un tirante in corrispondenza del rilevato pari a 1m, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di circa 2m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno 200 anni. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Lo svincolo in Figura 63 viene interessato dall'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni. Come è possibile vedere dalla sezione tracciata in Figura 63, in corrispondenza dello svincolo viene a formarsi un tirante di circa 0.5m, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di circa 5m. Il franco è simile anche per un tempo di ritorno di 30 anni. Poiché l'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni non interessa l'area di cantiere, non esistono criticità per la stessa in riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 10 anni.

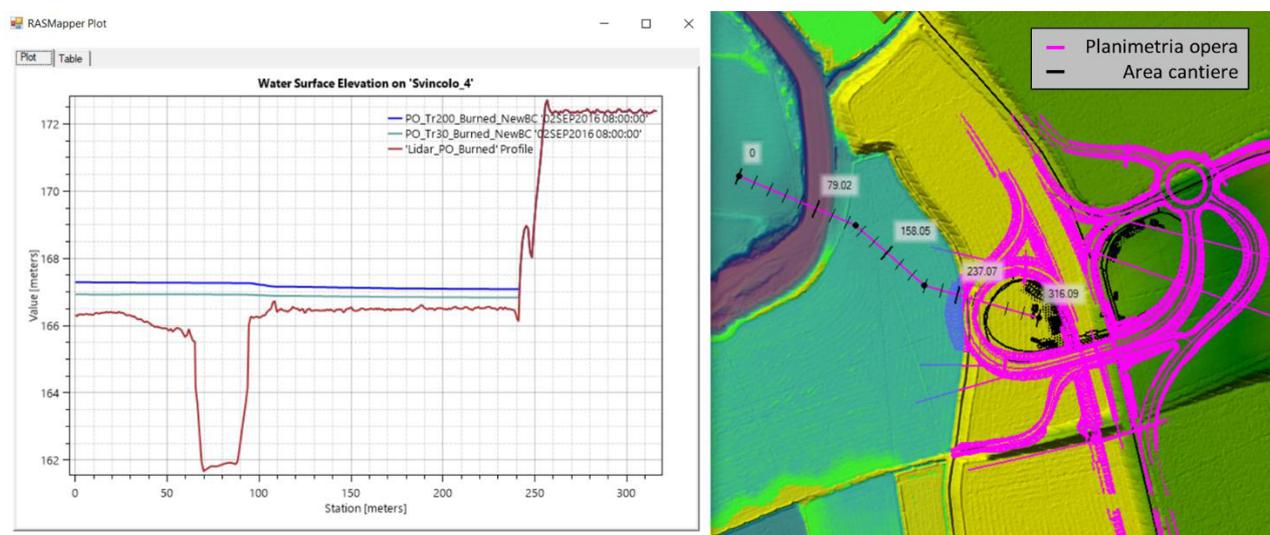


Figura 63 - Particolare dell'area 3, Tr30 e Tr200, Post Operam. Sezione sullo svincolo di monte in cui si può notare, per Tr200, un tirante di 0.6m metri in corrispondenza della scarpata della risaia, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di circa 5m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

In Figura 64 è rappresentata la sezione in corrispondenza dell'attraversamento sul fiume Merse. Si può notare che per un tempo di ritorno pari a 200 anni viene a formarsi un franco (2.2m) minore di quello di sicurezza (1.5m), essendo la quota dell'intradosso pari a 166m e quella della superficie dell'acqua pari a 163.8. Per un tempo di ritorno di 30 anni il la quota della superficie è pari a 162.4m, formando quindi un franco pari a 3.6m.

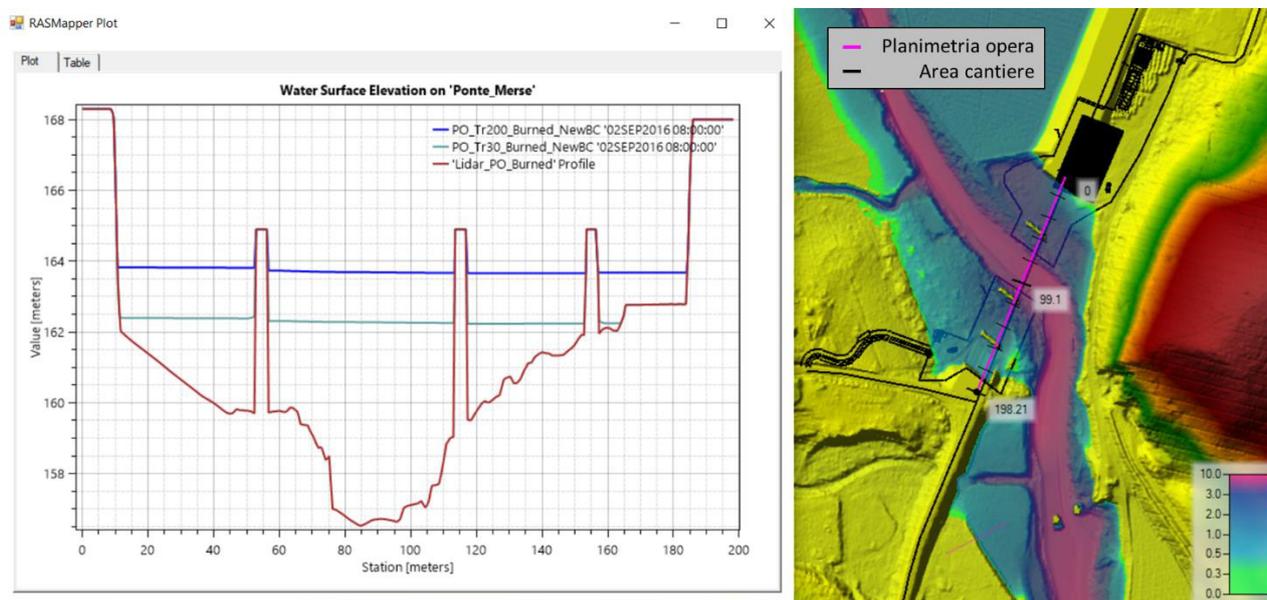


Figura 64 - Particolare dell'area 3, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Sezione sul ponte di attraversamento del fiume Merse in cui si può notare, per Tr200, un livello idrometrico a quota 163.8m, stabilendo quindi un franco di 2.2m rispetto all'intradosso dell'attraversamento (posto a quota 166m). La mappa dei livelli idrici è quella corrispondente ad una piena di tempo di ritorno di 200 anni.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Figura 65 mostra la mappa delle velocità in corrispondenza dell'attraversamento sul fiume Merse. Si notano elevate velocità oltre che in corrispondenza dell'alveo, anche in corrispondenza della pila in sinistra idraulica e nell'area alluvionale in sinistra idraulica a monte dell'attraversamento. Queste elevate velocità sono dovute al fatto che gran parte della portata esondata in sinistra idraulica confluisce in una sezione più stretta (cerchio blu in Figura 65), che poi interessa anche la pila in sinistra idraulica. Per questo motivo è prevista un'opera di difesa dall'erosione in corrispondenza della pila.

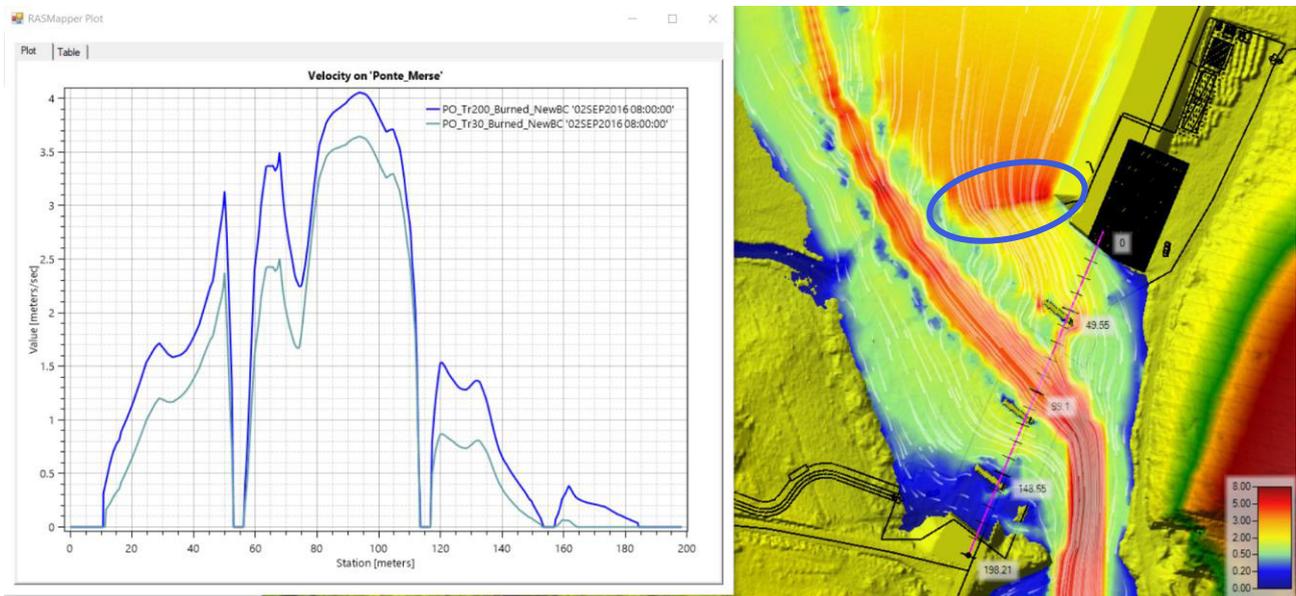


Figura 65 - Particolare dell'area 3, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Sezione sul ponte di attraversamento del fiume Merse in cui si notano elevate velocità (3-4 m/s) di scorrimento in corrispondenza delle pile. La mappa delle velocità si riferisce alla piena con tempo di ritorno 200 anni.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

Figura 66 e Figura 67 mostrano tiranti e velocità in corrispondenza dell’attraversamento sul fiume merse per un tempo di ritorno di 10 anni in condizioni Ante-Operam. In questo caso l’area di cantiere (indicata con linee nere) è interessata dalla piena, con importanti tiranti e velocità. Per completezza vengono mostrate anche le stesse grandezze in condizioni Post-Operam (Figura 68 e Figura 69) e la differenza rispetto allo scenario Ante-Operam è discussa nel capitolo [1.16.3.4](#).

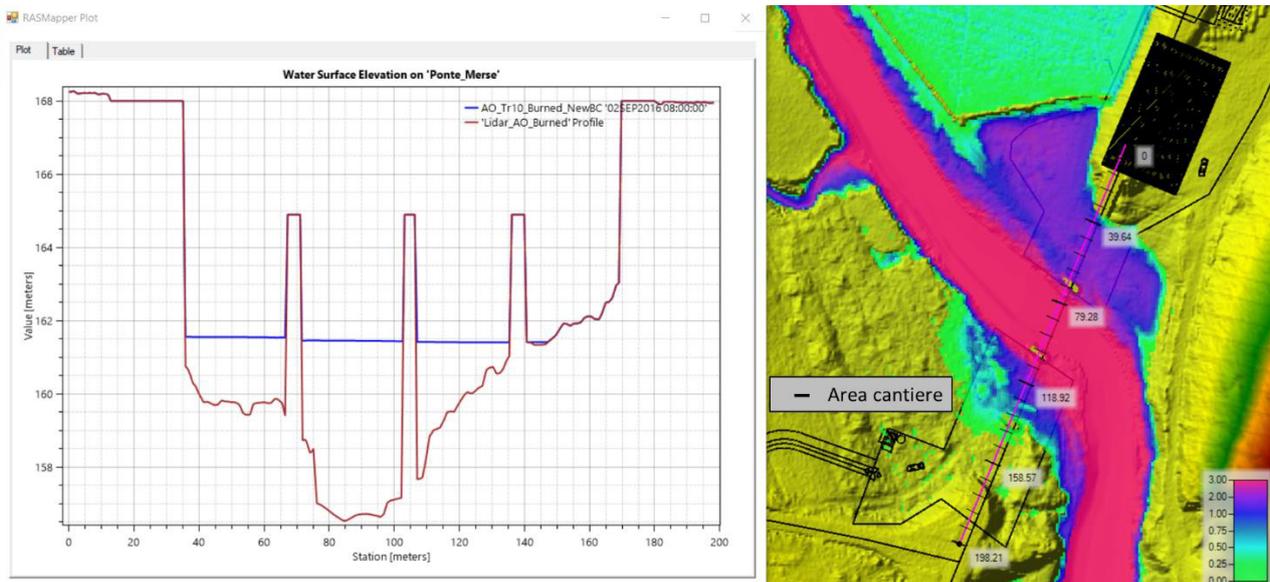


Figura 66 - Particolare dell’area 3, Tr10, Ante-Operam. Per un tempo di ritorno di 10 anni alcune aree di cantiere sono interessate dalla piena. Nell’area in sinistra idraulica i tiranti variano tra 1m e 2m. Nell’area in destra idraulica i tiranti sono inferiori (fino ad 1m) e sono maggiori di 2 metri solamente nella parte interna all’alveo.

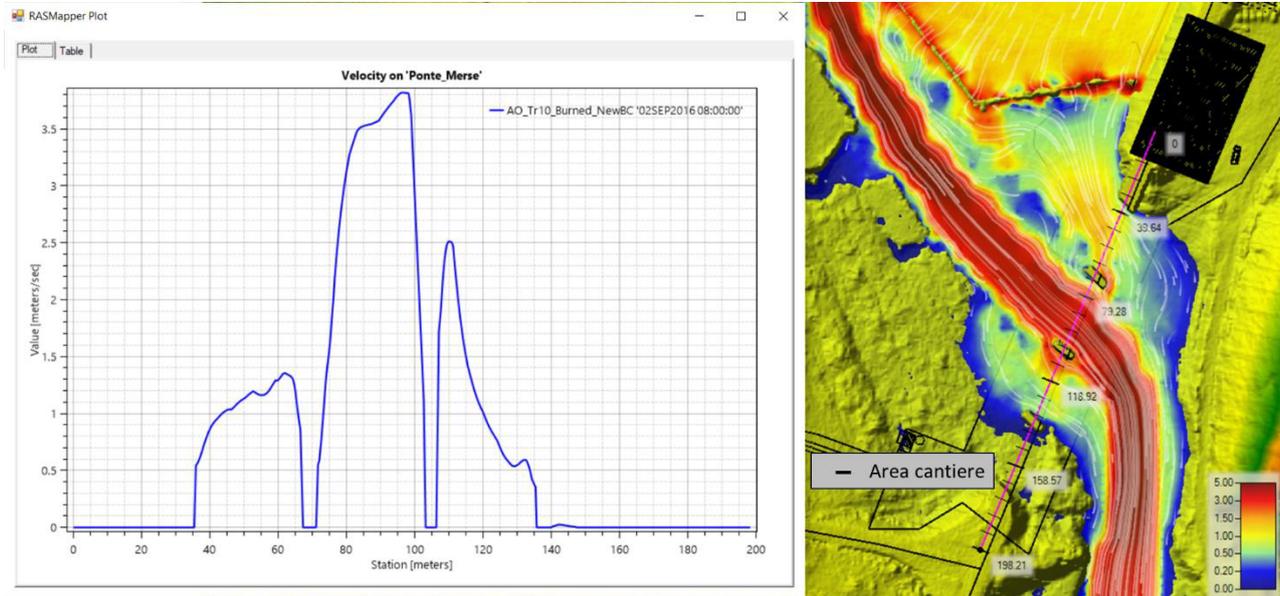


Figura 67 - Particolare dell'area 3, Tr10, Ante-Operam. Per un tempo di ritorno di 10 anni, le velocità di flusso delle aree di inondazione in sinistra idraulica variano tra i 0.2 e i 3 m/s. In destra idraulica le velocità sono globalmente più basse ma raggiungono valori elevati in prossimità dell'alveo del fiume Merse.

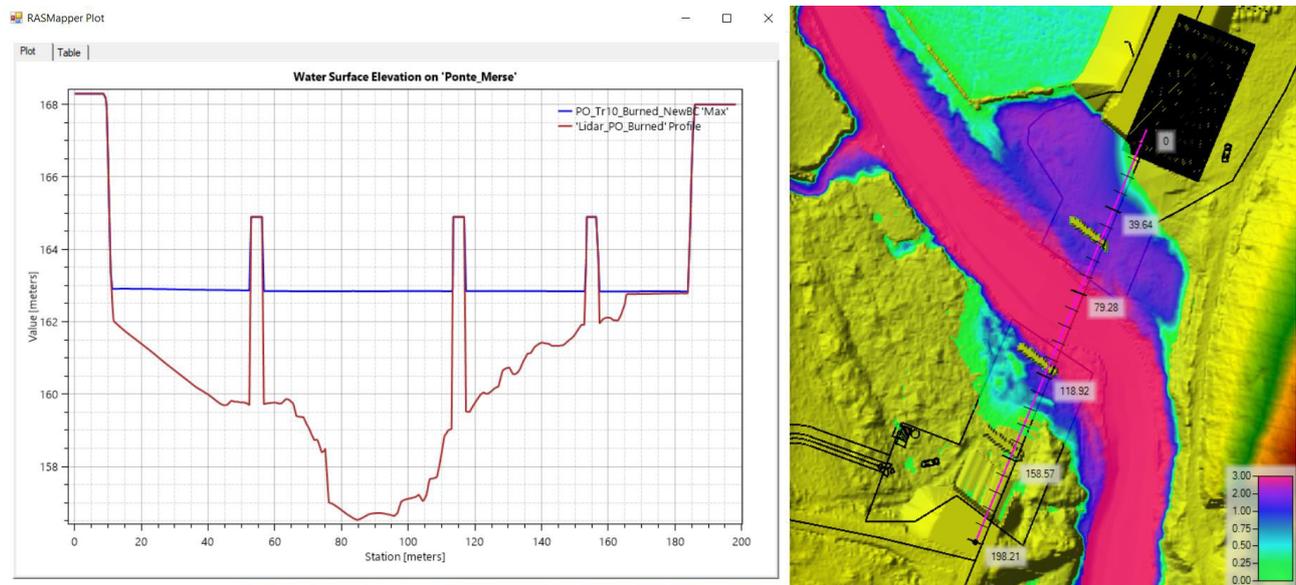


Figura 68 - Particolare dell'area 3, Tr10, Post-Operam. Tiranti idraulici. Per il confronto con le condizioni Ante-Operam si rimanda al capitolo [1.16.3.4](#).

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

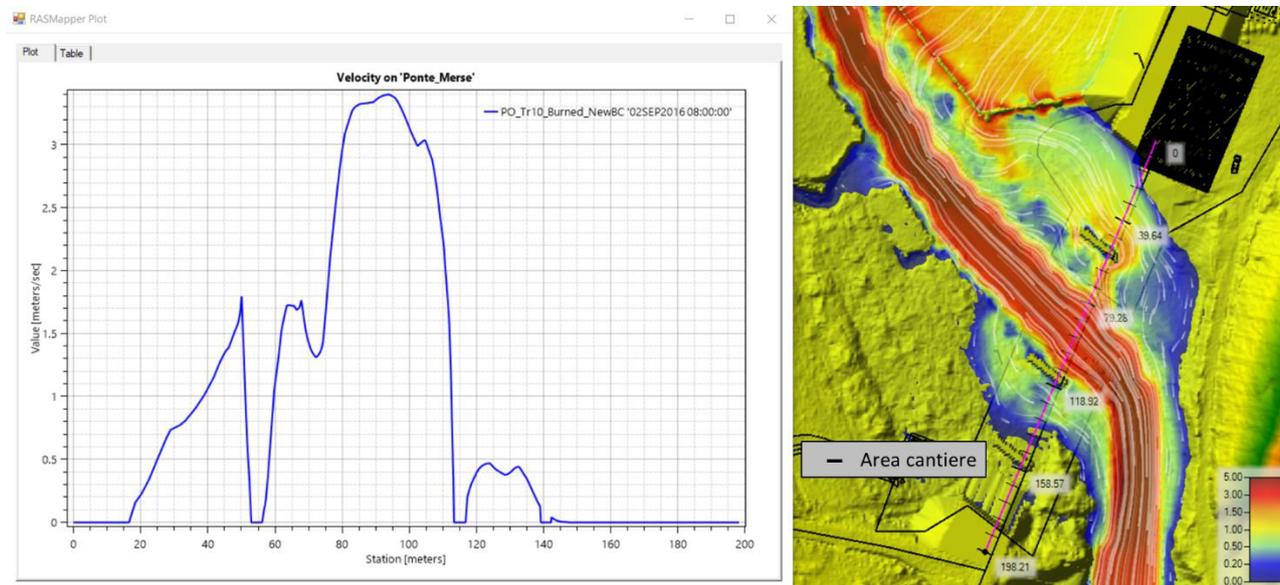


Figura 69 - Particolare dell'area 3, Tr10, Post-Operam. Velocità. Per il confronto con le condizioni Ante-Operam si rimanda al capitolo [1.16.3.4](#).

Figura 70 mostra un particolare sullo svincolo a valle dell'attraversamento sul fiume Merse. Contrariamente a quanto evidenziato dal PGRA (Figura 55), l'area in cui è prevista la costruzione dello svincolo non presenta particolari criticità, essendo il tirante idraulico in corrispondenza del rilevato dello svincolo pari a 20cm. Il franco rispetto alla pavimentazione stradale risulta pari a 5m. Per un tempo di ritorno pari a 200 anni (e quindi anche per 10 anni), le aree di cantiere non sono interessate dalla piena.

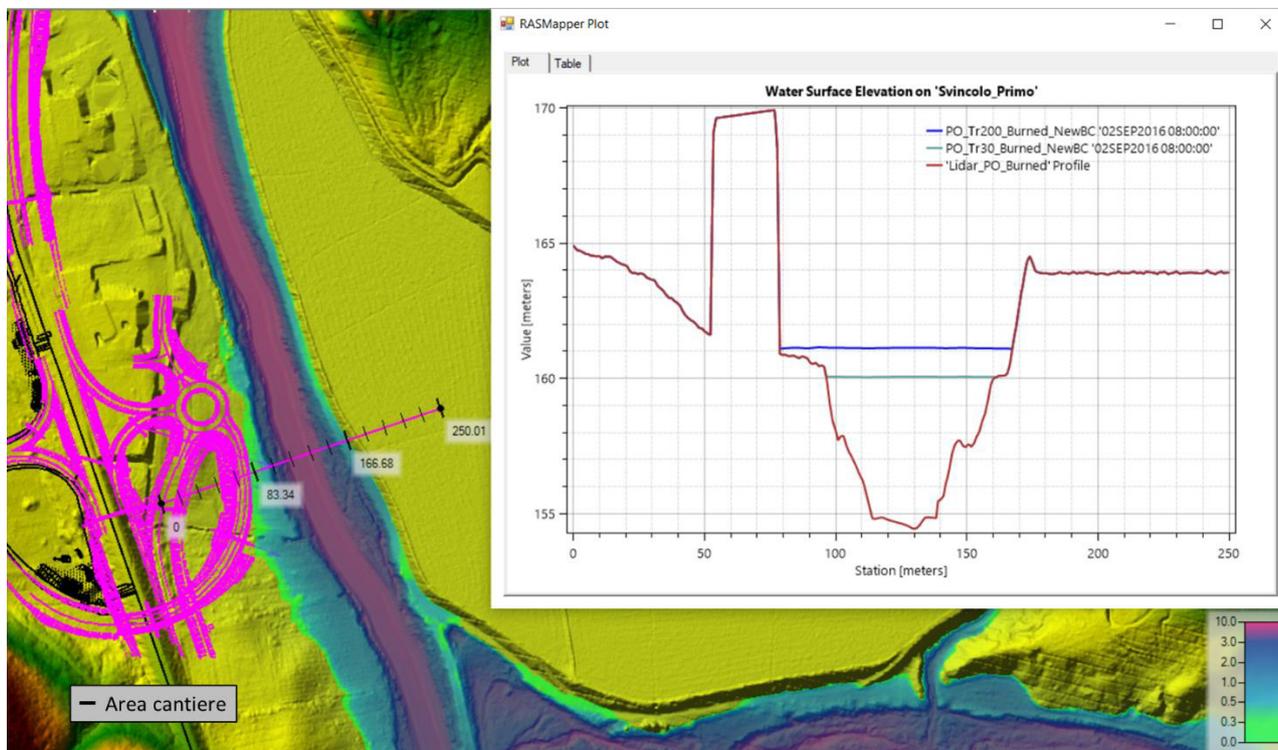


Figura 70 – Particolare dell'area 3, Tr30 e Tr200, Post-Operam. Sezione sullo svincolo di valle in cui si può notare, per Tr200, un tirante di 20cm in corrispondenza dello svincolo, quindi al di sotto della pavimentazione stradale di più di 5m. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena. La mappa dei livelli idrici si riferisce alla piena di Tr200.

1.1 Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam

In questo capitolo vengono presentate le differenze in termini di tiranti, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

Globalmente, non sono presenti differenze significative né in termini di tiranti (Figura 71) né in termini di velocità (Figura 73). Di conseguenza non sono presenti significative differenze in termini di magnitudo (Figura 76).

Le uniche differenze apprezzabili in termini di tiranti sono in corrispondenza del nuovo rilevato e delle spalle dell'attraversamento (Figura 72). Le differenze positive in corrispondenza del nuovo rilevato sono dovute al fatto che rispetto alle condizioni Ante-Operam il rilevato riduce leggermente l'estensione dell'area inondabile, per cui quella porzione di terreno non è più interessata da esondazione. In corrispondenza delle spalle invece accade l'opposto: parte del vecchio rilevato viene rimosso e spianato per spostare le spalle del ponte, dando quindi possibilità all'acqua di raggiungere tali aree. Le differenze positive e negative lungo le sponde dell'alveo sono dovute a piccole differenze tra la geometria del modello Ante-Operam e Post-Operam, da considerare come errori nella simulazione e trascurabili.

Le uniche differenze apprezzabili in termini di velocità sono in corrispondenza del nuovo rilevato, delle spalle dell'attraversamento e delle pile (Figura 74). Si possono osservare diverse aree con variazioni sia in positivo che in negativo delle velocità di deflusso tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam. In corrispondenza delle pile osserviamo un aumento o una diminuzione di velocità nel caso in cui le pile vengono rispettivamente rimosse o aggiunte. Osserviamo un aumento di velocità in corrispondenza della spalla esistente in sinistra idraulica, poiché in progetto è prevista la sua rimozione che dà quindi modo al flusso di scorrere. Lungo il rilevato notiamo una diminuzione di velocità poiché il flusso che prima poteva scorrere in quella striscia adesso è occupato dal lato ovest del rilevato. Un'ulteriore differenza riguarda l'area compresa tra la sinistra idraulica del fiume Merse e il pendio ovest del nuovo rilevato. In questa area osserviamo un importante aumento di velocità dovuto al

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

restringimento di sezione causato dall'allargamento del rilevato verso l'alveo, come mostrato in Figura 75.

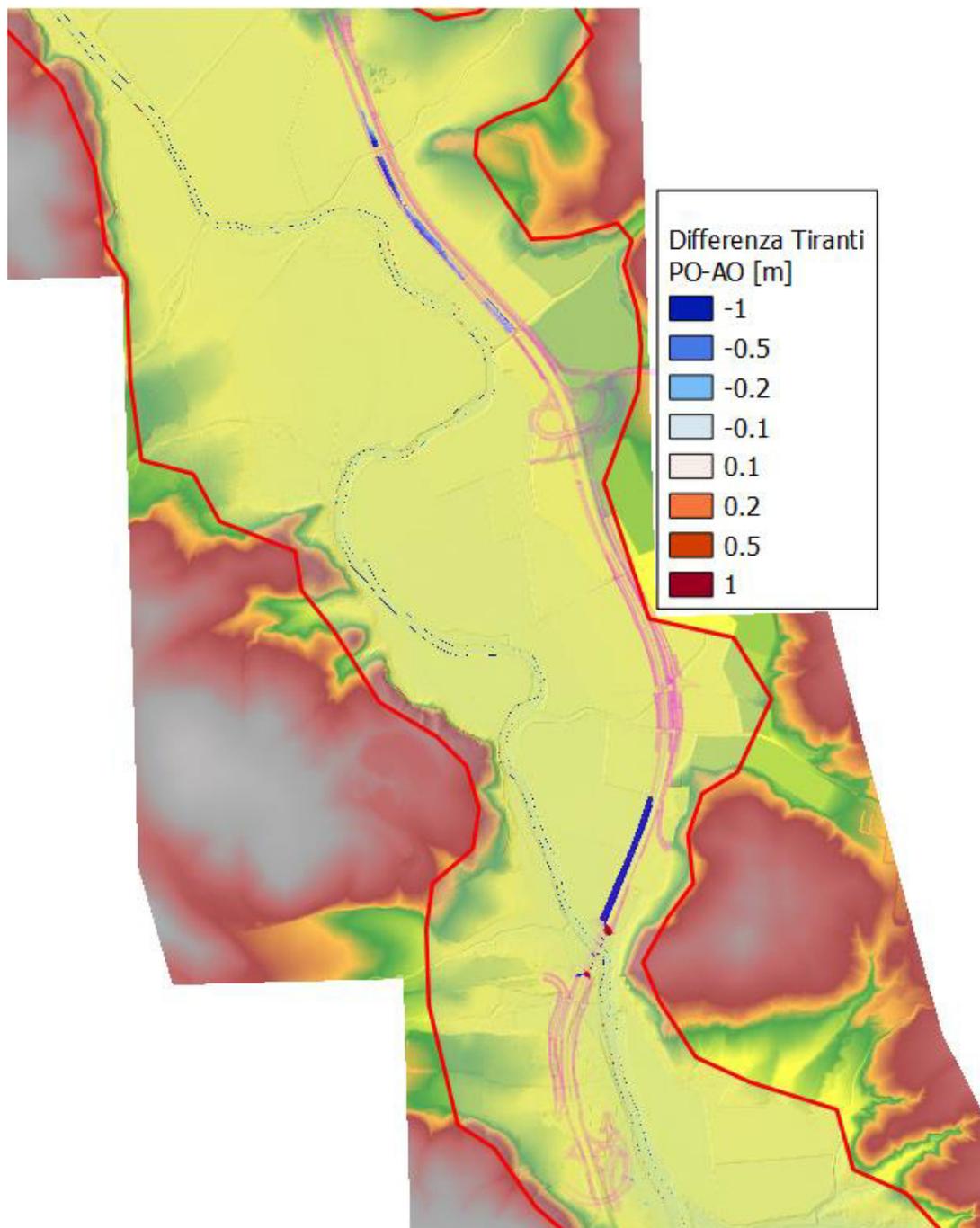


Figura 71 - Area 3, Tr200, Differenza tiranti PO-AO. L'unica differenza apprezzabile è quella in corrispondenza dell'attraversamento sul fiume Merse, dovuta ad una rimodellazione del terreno a causa delle nuove spalle (Figura 72) mostra un livello di dettaglio maggiore). Le aree in corrispondenza

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

delle sponde dell'alveo presentano differenze positive e negative per ragioni di piccole differenze di geometria della maglia di calcolo tra il modello Ante-Operam e Post-Operam, che possono essere considerate come errori.

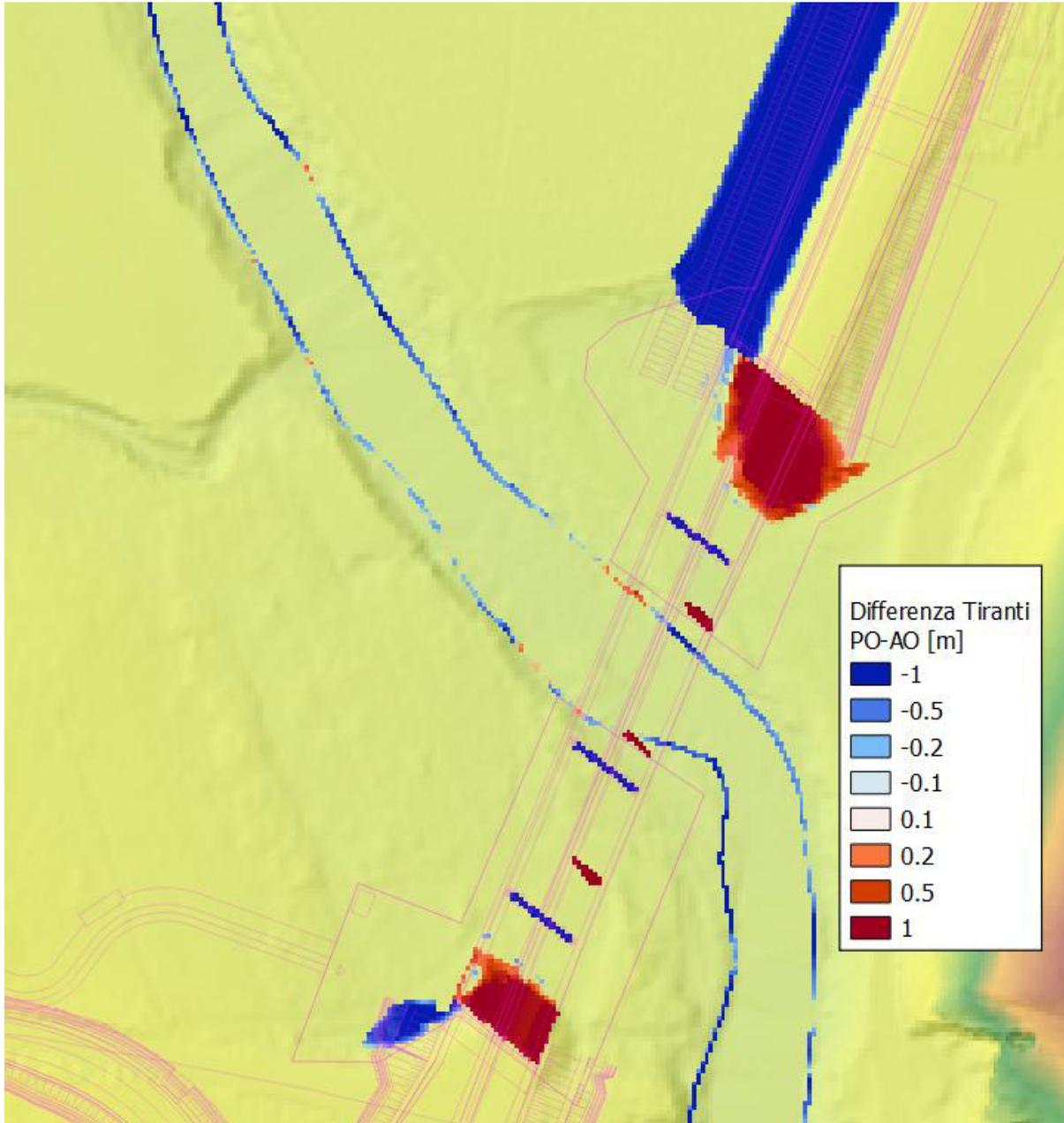


Figura 72 - Particolare Area 3, Tr200, Differenza di tiranti tra Post-Operam e Ante-Operam in corrispondenza dell'attraversamento. Le differenze principali sono in corrispondenza del nuovo rilevato e delle spalle dell'attraversamento. Le differenze positive in corrispondenza del nuovo rilevato sono dovute al fatto che rispetto alle condizioni Ante-Operam il rilevato riduce leggermente l'area inondabile, per cui quella porzione di terreno non è più interessata da esondazione. In corrispondenza delle spalle

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

invece accade l'opposto: parte del vecchio rilevato viene rimosso e spianato per spostare le spalle del ponte, dando quindi possibilità all'acqua di raggiungere tali aree. Le differenze positive e negative lungo le sponde dell'alveo sono dovute a piccole differenze tra la geometria del modello Ante-Operam e Post-Operam, da considerare come errori nella simulazione e trascurabili.

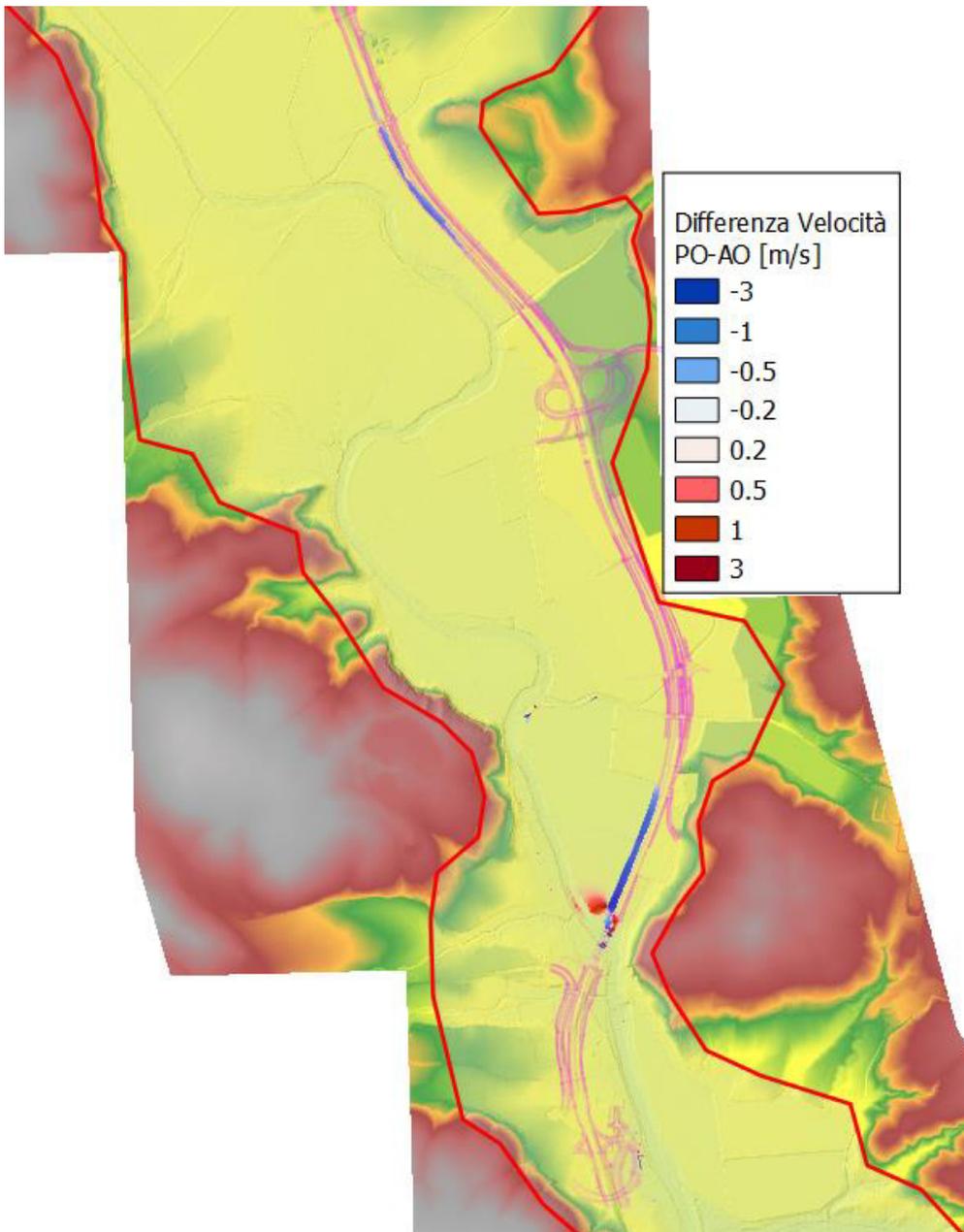


Figura 73 - Area 3, Tr200, Differenza tra velocità PO-AO. L'area 3 globalmente non presenta variazioni importanti di velocità tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam. L'unico punto che presenta criticità è quello in prossimità dell'attraversamento, mostrato con un livello di dettaglio maggiore in Figura 74.

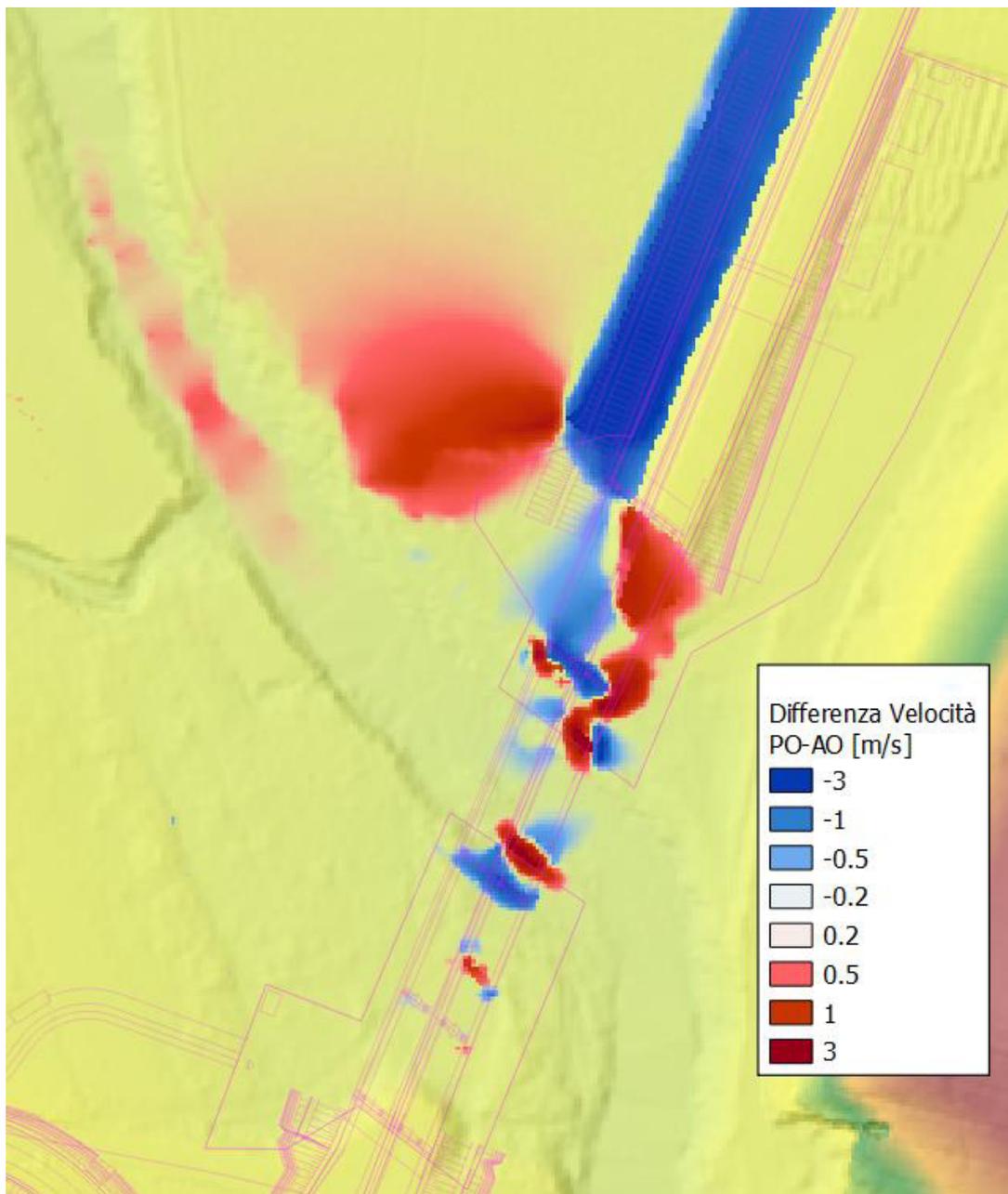
RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE


Figura 74 - Particolare area 3, Tr200, Differenza di velocità PO - AO. Si possono osservare diverse aree con variazioni sia in positivo che in negativo delle velocità di deflusso tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam. In corrispondenza delle pile osserviamo un aumento o una diminuzione di velocità nel caso in cui le pile vengono rispettivamente rimosse o aggiunte. Osserviamo un aumento di velocità in corrispondenza della spalla esistente in sinistra idraulica, poiché in progetto è prevista la sua rimozione che dà quindi modo al flusso di scorrere. Lungo il rilevato notiamo una diminuzione di velocità poiché il flusso che prima poteva scorrere in quella striscia adesso è occupato dal lato ovest del rilevato. Un'ulteriore differenza riguarda l'area compresa tra la sinistra idraulica del fiume Merse e il pendio ovest del nuovo rilevato. In questa area osserviamo un importante aumento di velocità dovuto al

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

restringimento di sezione causato dall'allargamento del rilevato verso l'alveo, come mostrato in Figura 75.

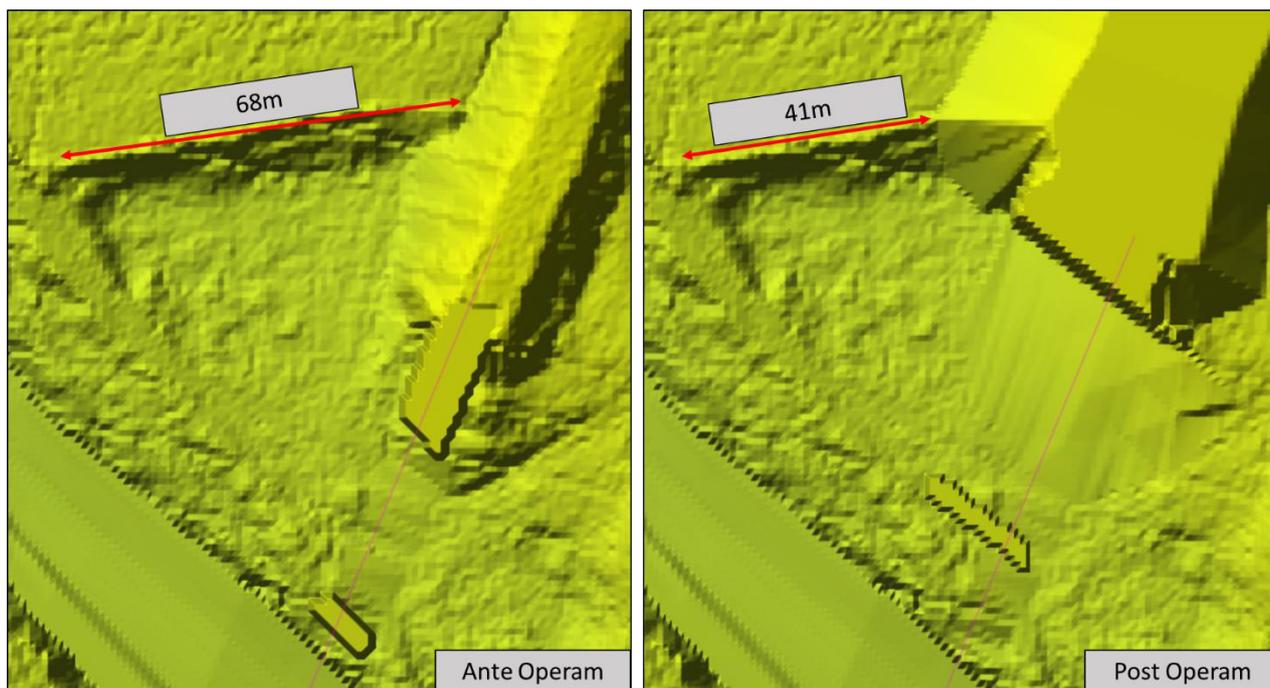


Figura 75 - Dettaglio sulla diversa configurazione tra Ante-Operam e Post-Opera che provoca un aumento delle velocità di deflusso nelle condizioni di Post-Operam.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

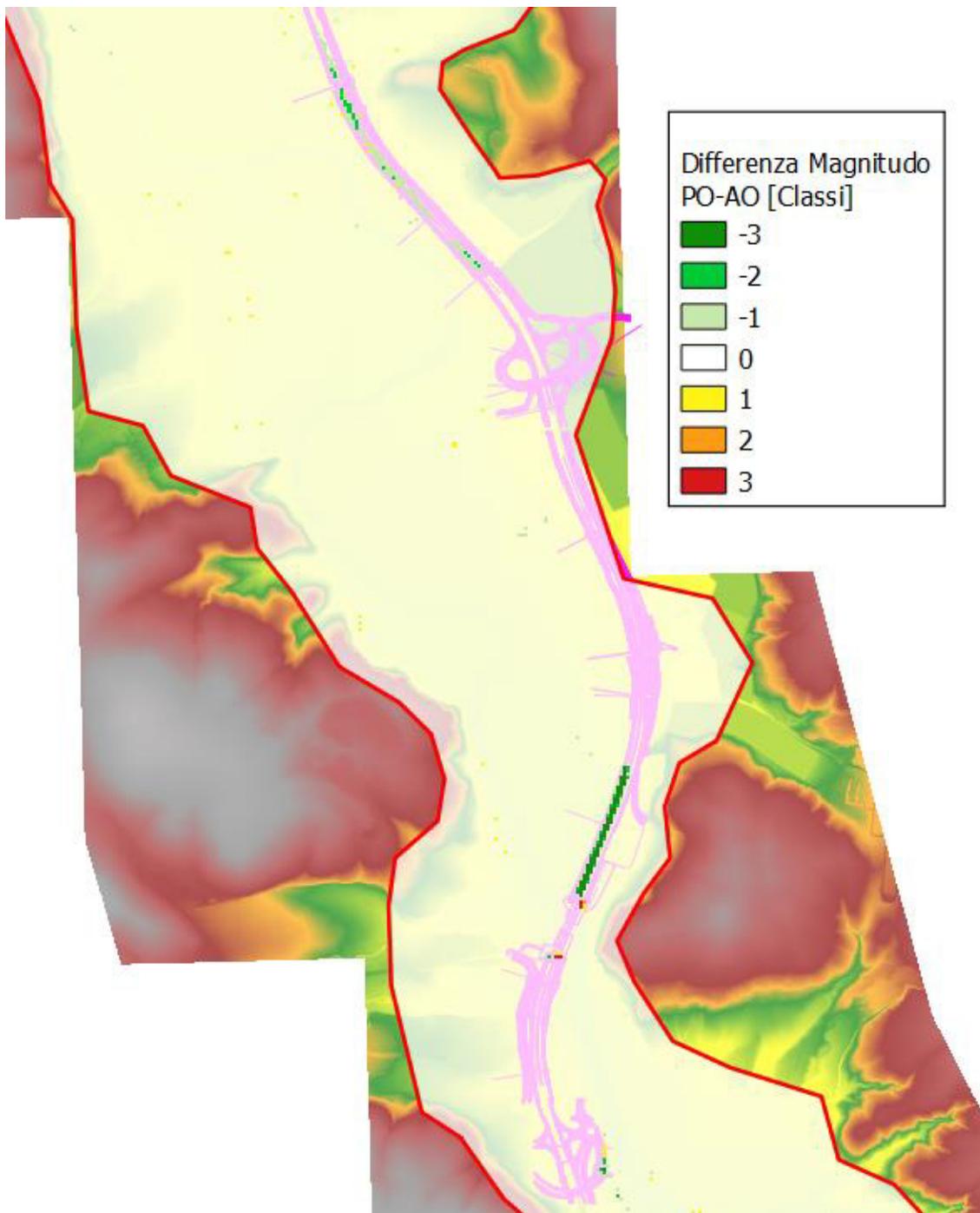


Figura 76 - Area 3, Tr200, Differenza di classi di magnitudo tra Post-Operam e Ante-Operam. L'unica differenza apprezzabile è in corrispondenza del nuovo rilevato (dove si ha una riduzione dell'area disponibile all'esondazione e quindi un annullamento di livelli idrometrici) e in corrispondenza delle nuove spalle dell'attraversamento (dove invece si ha una creazione di area disponibile all'esondazione, e quindi formazione di tiranti).

1.1.1 Considerazioni finali

L'area 3, globalmente, non presenta particolari criticità. Si possono esprimere alcune considerazioni sui tre elementi di interesse di questa area:

- **Svincolo di monte.** Lo svincolo di monte dell'area 3 è interessato dalla piena di tempo di ritorno 200 anni solamente in corrispondenza della scarpata che dal piano del manto stradale arriva a circa 6m più in basso (per la presenza di risaie). Il livello idrometrico che interessa questa scarpata è pari a circa 60cm. Per un tempo di ritorno di 10 anni le aree di cantiere non vengono interessate dalla piena. Non si ci sono particolari differenze in termini di velocità, tiranti e quindi di magnitudo tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam.
- **Attraversamento sul fiume Merse.**
 - a. Il livello idrometrico in corrispondenza del ponte sul fiume Merse per un tempo di ritorno pari a 200 anni è pari a 163.7m, rispettando quindi un franco minimo di 1.5m rispetto all'intradosso dell'impalcato.
 - b. Si sviluppano velocità dell'ordine di 3-4 m/s in corrispondenza delle pile del nuovo attraversamento.
 - c. Per un tempo di ritorno di 10 anni l'esondazione interessa l'area di cantiere, con tiranti medi di 1.5m in sinistra idraulica 0.5 in destra idraulica e con velocità medie di 1 m/s in sinistra idraulica e 0.6 m/s in destra idraulica. La parte maggiormente a rischio è quella in destra idraulica in prossimità dell'alveo dove vengono raggiunte alte velocità (3 m/s) e tiranti (3m).
 - d. Rispetto alle condizioni Ante-Operam, si verifica un aumento di livelli idrometrici in corrispondenza delle nuove spalle del ponte (dovuto al fatto che il progetto prevede un allontanamento delle spalle dall'alveo, andando a creare area disponibile all'esondazione) e si verifica una loro diminuzione a ridosso del nuovo rilevato (dovuta al fatto che parte dell'area disponibile all'esondazione viene occupata dal rilevato, eliminando area disponibile all'esondazione).
 - e. Rispetto alle condizioni Ante-Operam, si verificano diversi cambiamenti in termini di velocità. Nell'intorno delle pile osserviamo un aumento o una diminuzione nel caso in cui le pile vengono rispettivamente rimosse o aggiunte. Un ulteriore differenza riguarda l'area compresa tra la sinistra idraulica del fiume Merse e il pendio ovest del nuovo rilevato. In questa area osserviamo un importante aumento di velocità dovuto al



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

restringimento di sezione causato dall'allargamento del rilevato verso l'alveo.

- f. I cambiamenti di tiranti e velocità in corrispondenza delle spalle dell'attraversamento e del lato ovest del nuovo rilevato si traducono in cambiamenti di classi di magnitudo.
- **Svincolo di valle.** Lo svincolo di valle (immediatamente a valle dell'attraversamento) è interessato dalla piena con tempo di ritorno 200 anni formando un tirante di circa 20cm a ridosso del rilevato dello svincolo. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno di 10 anni. Non ci sono particolari differenze in termini di velocità, tiranti e quindi di magnitudo tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam.

1.15 Area 4

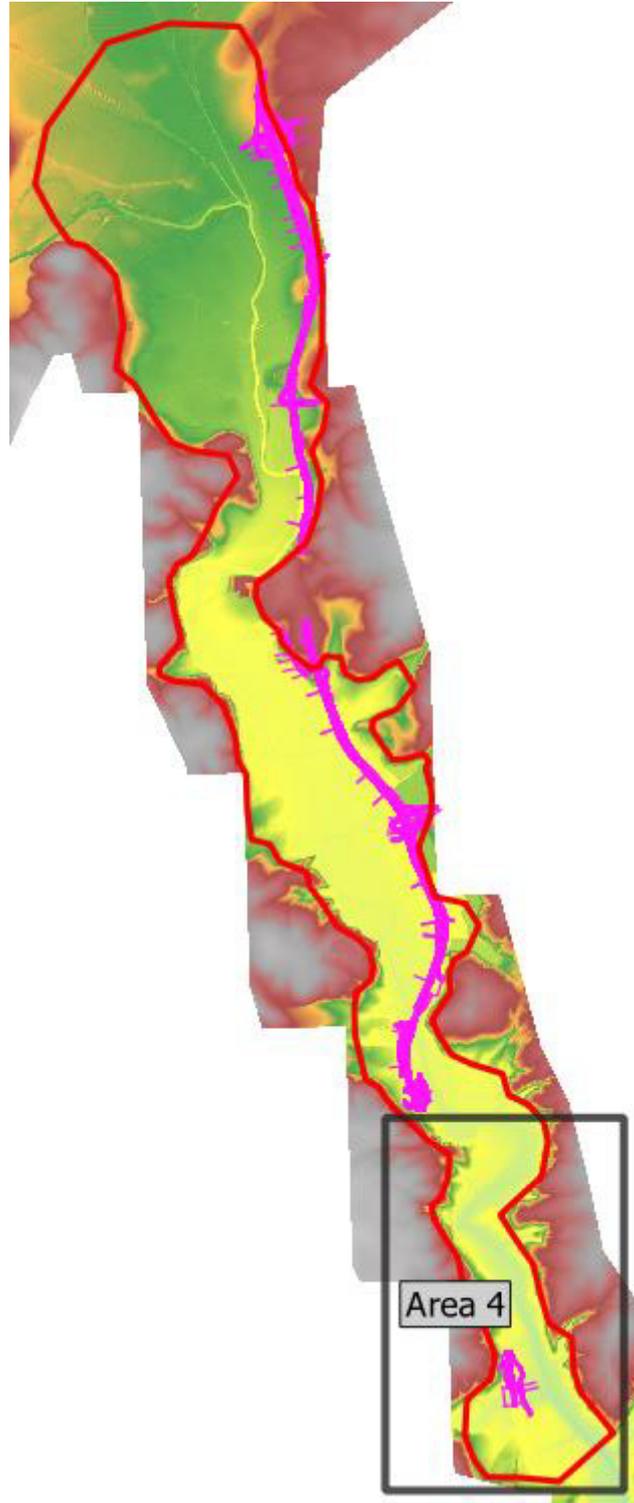


Figura 77 - Area 4

87 PERICOLOSITÀ PGRA

Di seguito viene riportata la mappa della pericolosità idraulica secondo il PGRA.

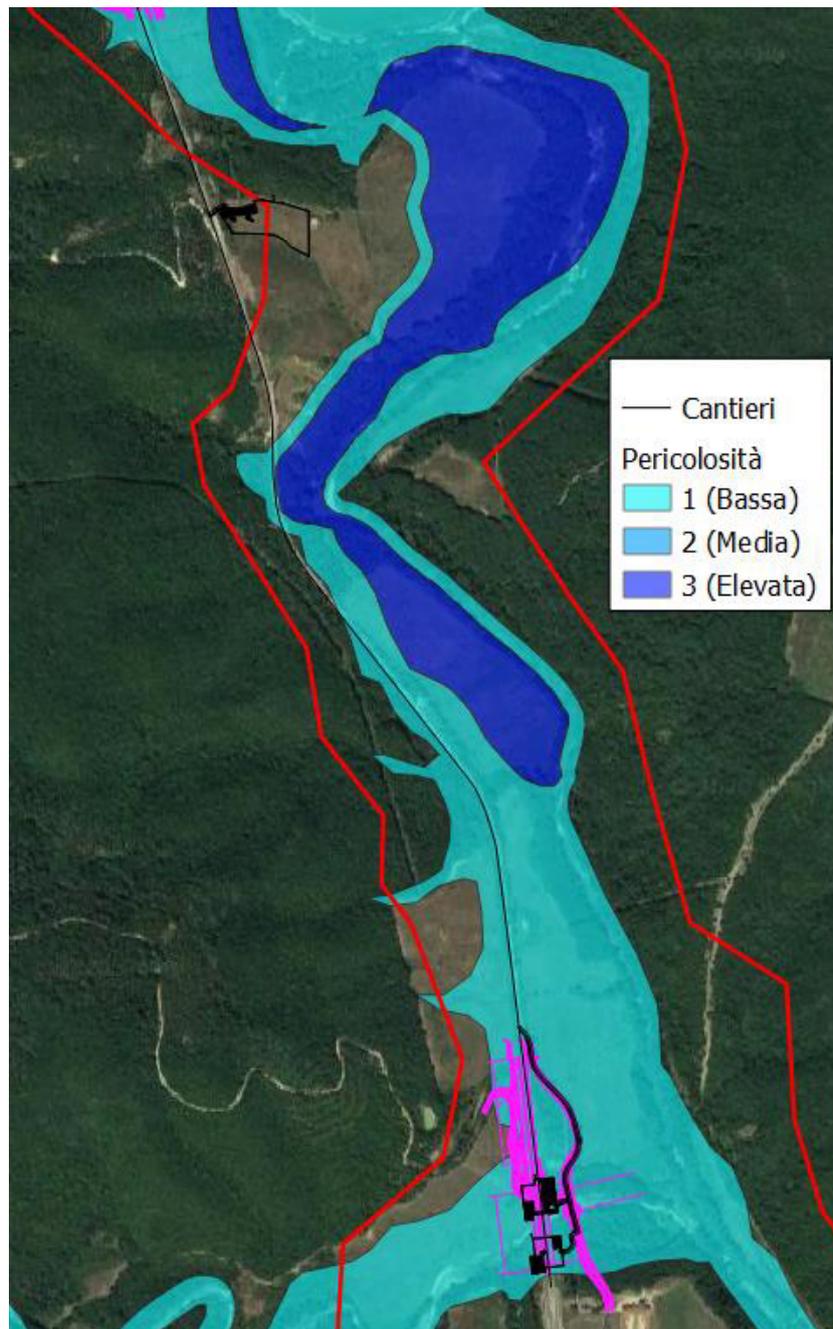


Figura 78 - Pericolosità idraulica secondo il PGRA.

8.17.1 Mappe dei tiranti

Di seguito vengono riportate le mappe dei tiranti relativamente alle condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni (Figura 79 e Figura 80), 30 anni (Figura 81 e Figura 82) e 10 anni (Figura 83 e Figura 84).

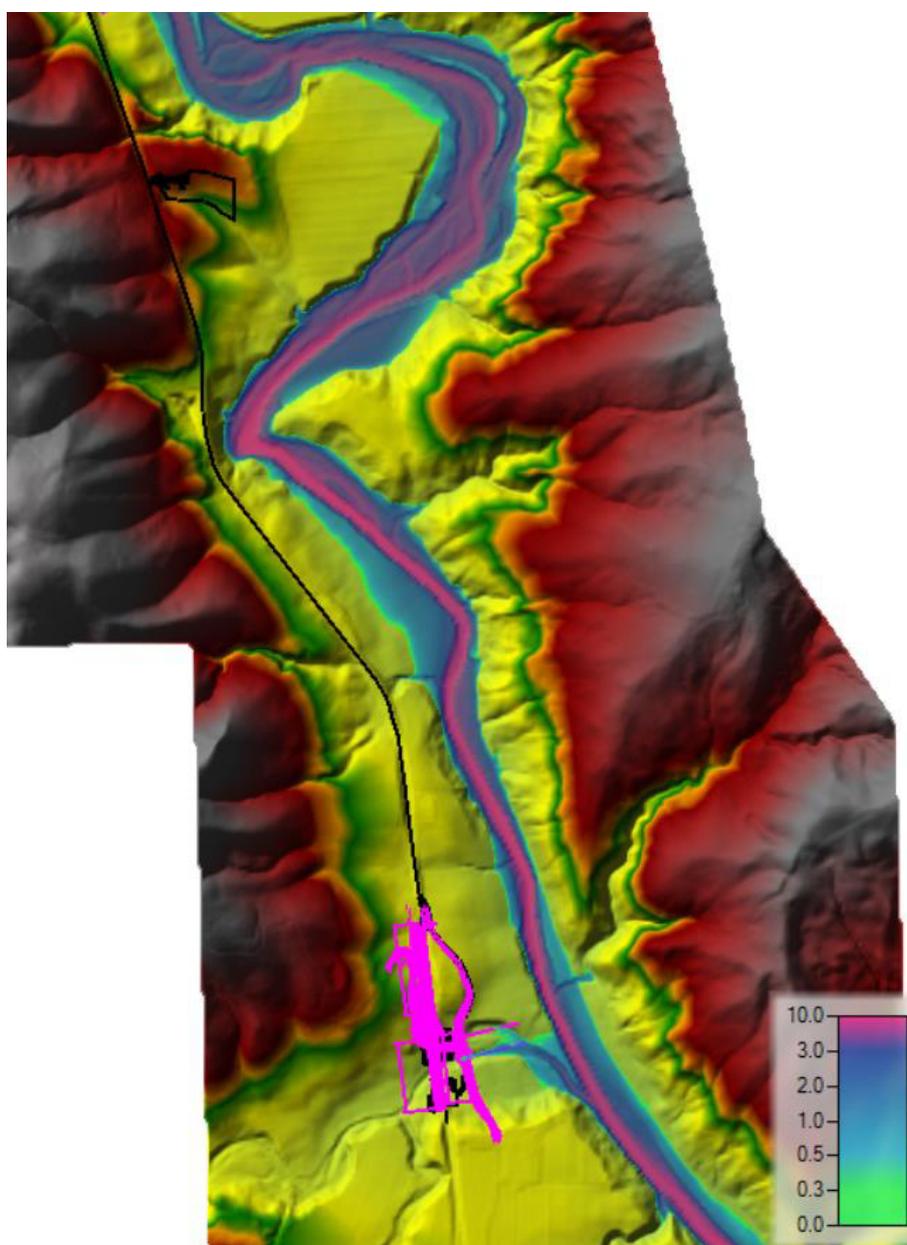


Figura 79 - Area 4, Tr200, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

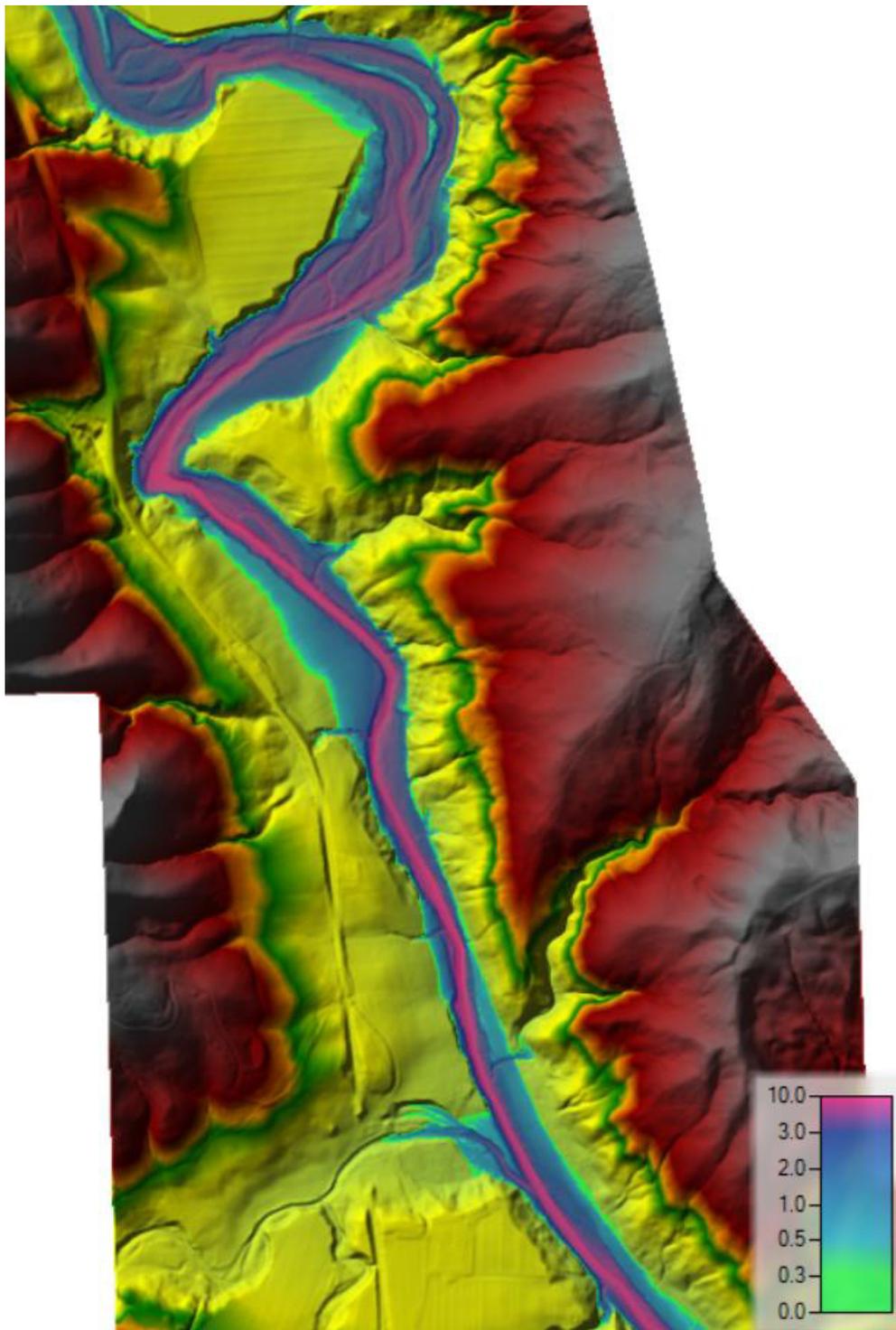


Figura 80 - Area 4, Tr200, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

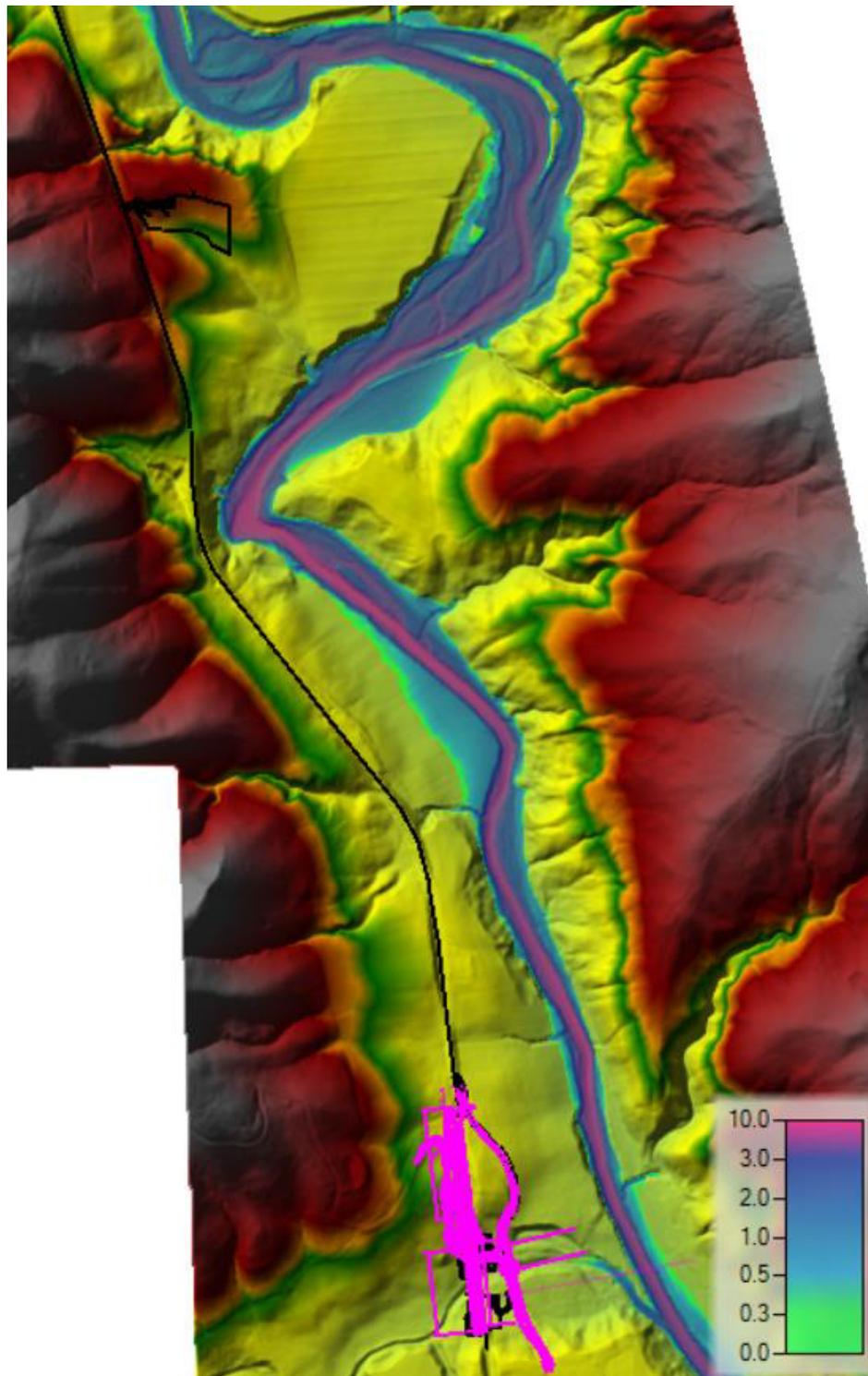


Figura 81 - Area 4, Tr30, Post-Operam. Mappa dei tiranti.

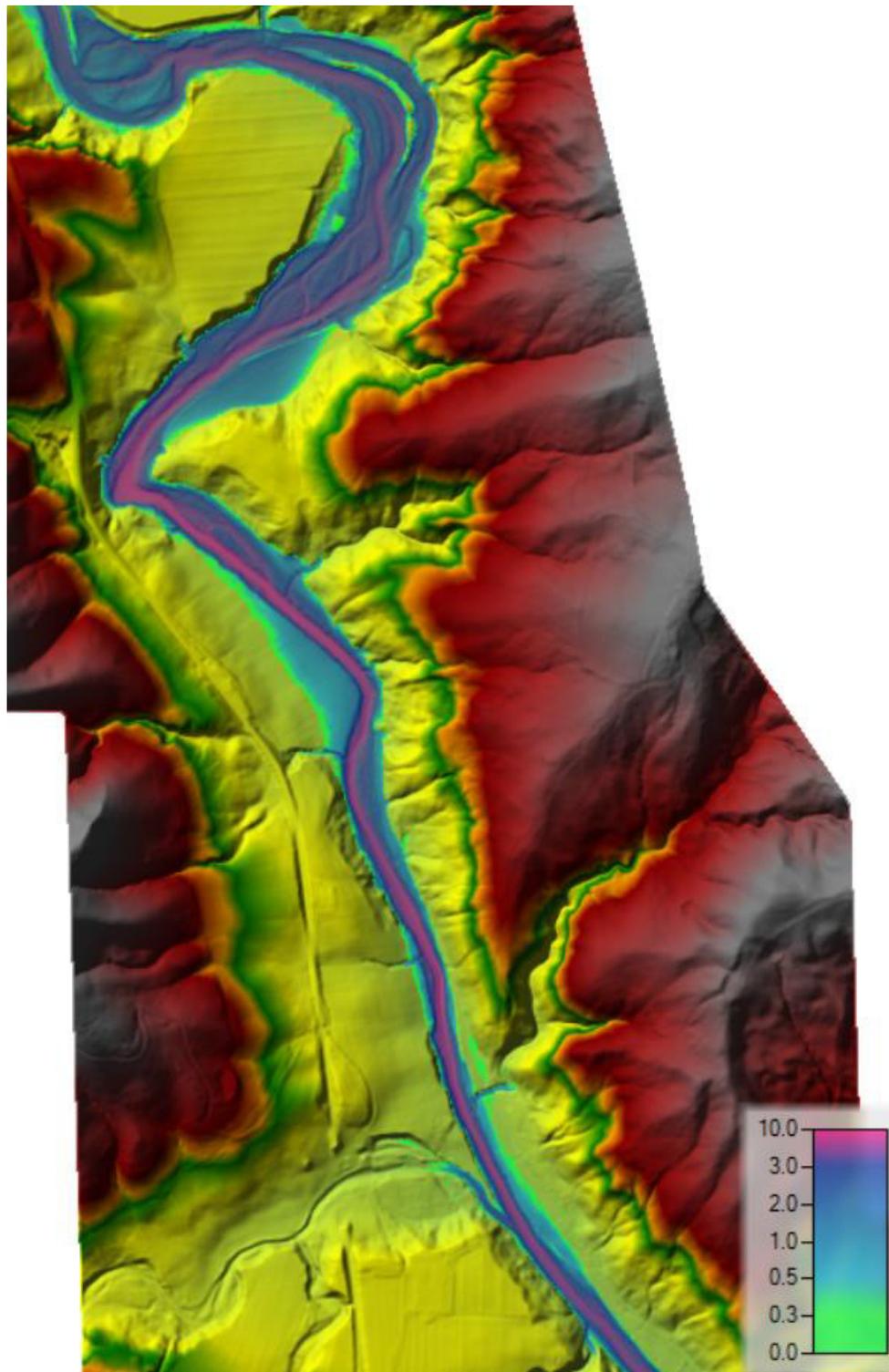


Figura 82 - Area 4, Tr30, Ante-Operam. Mappa dei tiranti.

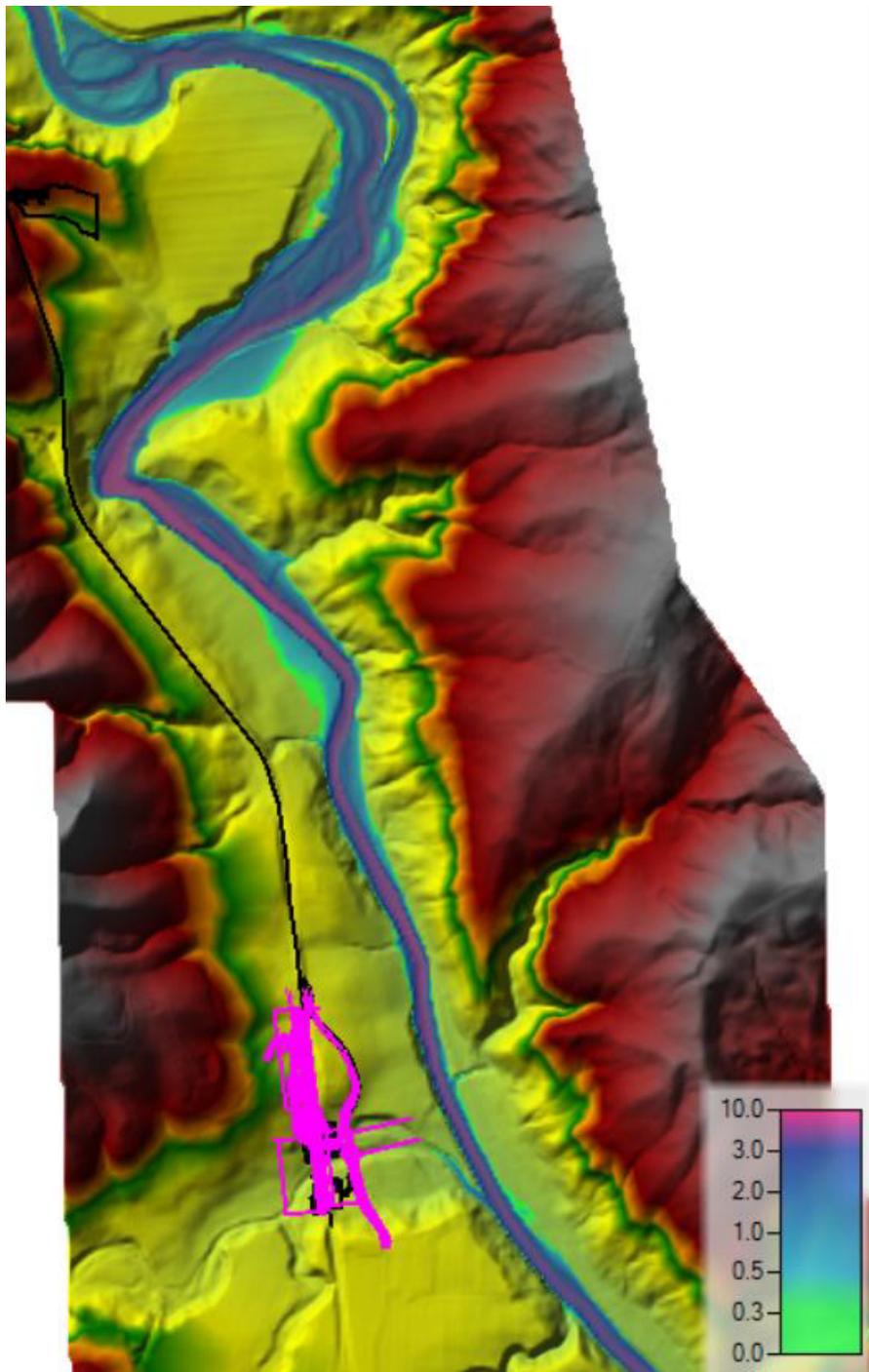


Figura 83 - Area 4, Tr30, Post-Operam. Mappa dei tiranti. Le aree di cantiere non sono interessate dalle piena con tempo di ritorno di 10 anni.

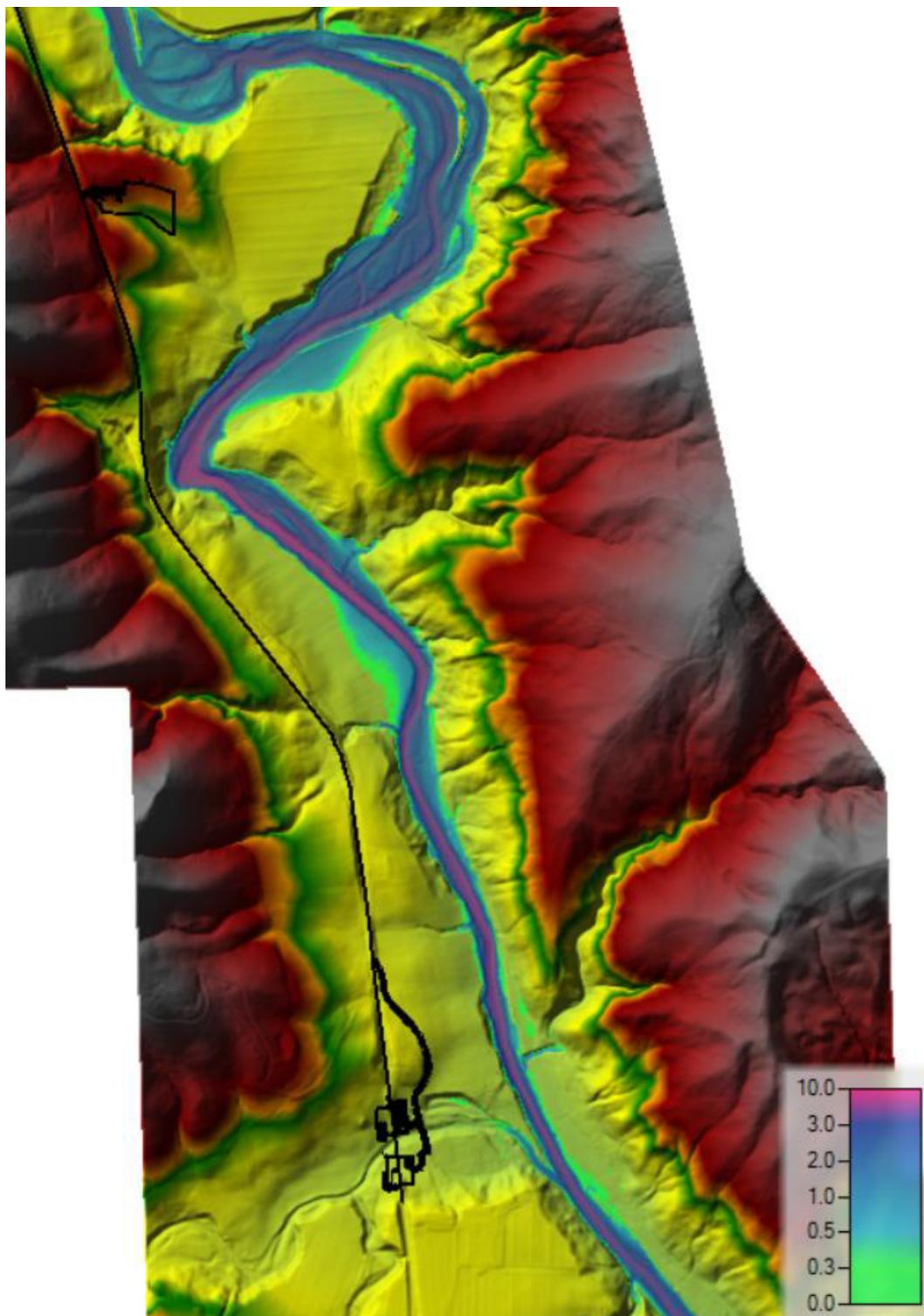


Figura 84 - Area 4, Tr10, Ante-Operam. Mappa dei tiranti. Le aree di cantiere non sono interessate dalla piena con tempo di ritorno di 10 anni.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

8.1.17.1.1 Particolari su opere interessate dall'esonazione

L'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni non interessa nessun intervento di progetto.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

8.1.27.1.2 Differenze tra scenario Post-Operam e Ante-Operam

In questo capitolo vengono presentate le differenze in termini di tiranti, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

Globalmente, non sono presenti differenze significative né in termini di tiranti (Figura 85) né in termini di velocità (Figura 86). Di conseguenza non sono presenti significative differenze in termini di magnitudo (Figura 87).

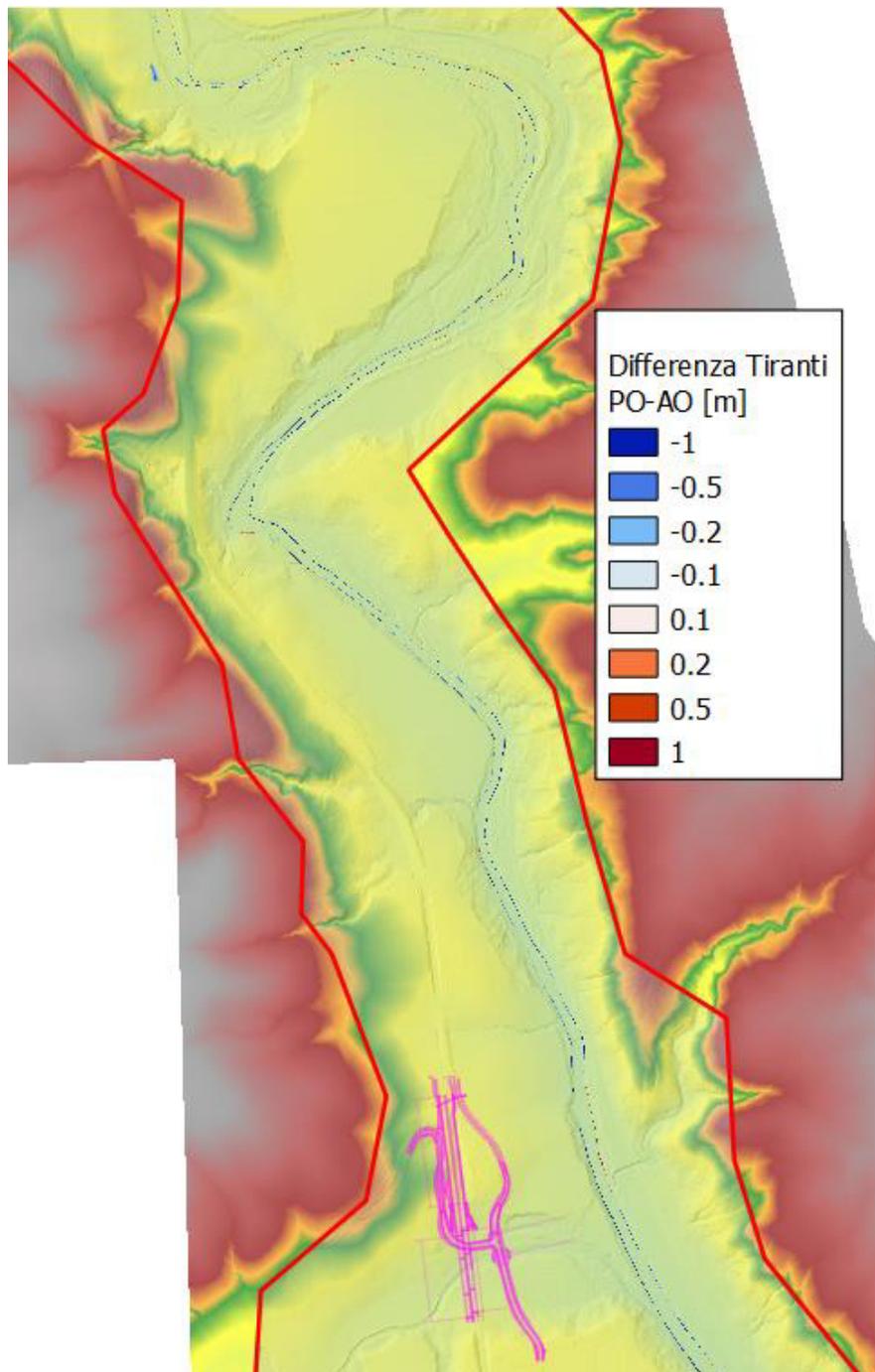


Figura 85 - Area 4, Tr200, Differenza di tiranti tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam. Globalmente non sono presenti grandi differenze in termini di tiranti tra condizioni Ante-Operam e Post-Operam. Le differenze positive e negative lungo le sponde dell'alveo sono dovute a piccole differenze tra la geometria del modello Ante-Operam e Post-Operam, da considerare come errori nella simulazione e trascurabili.

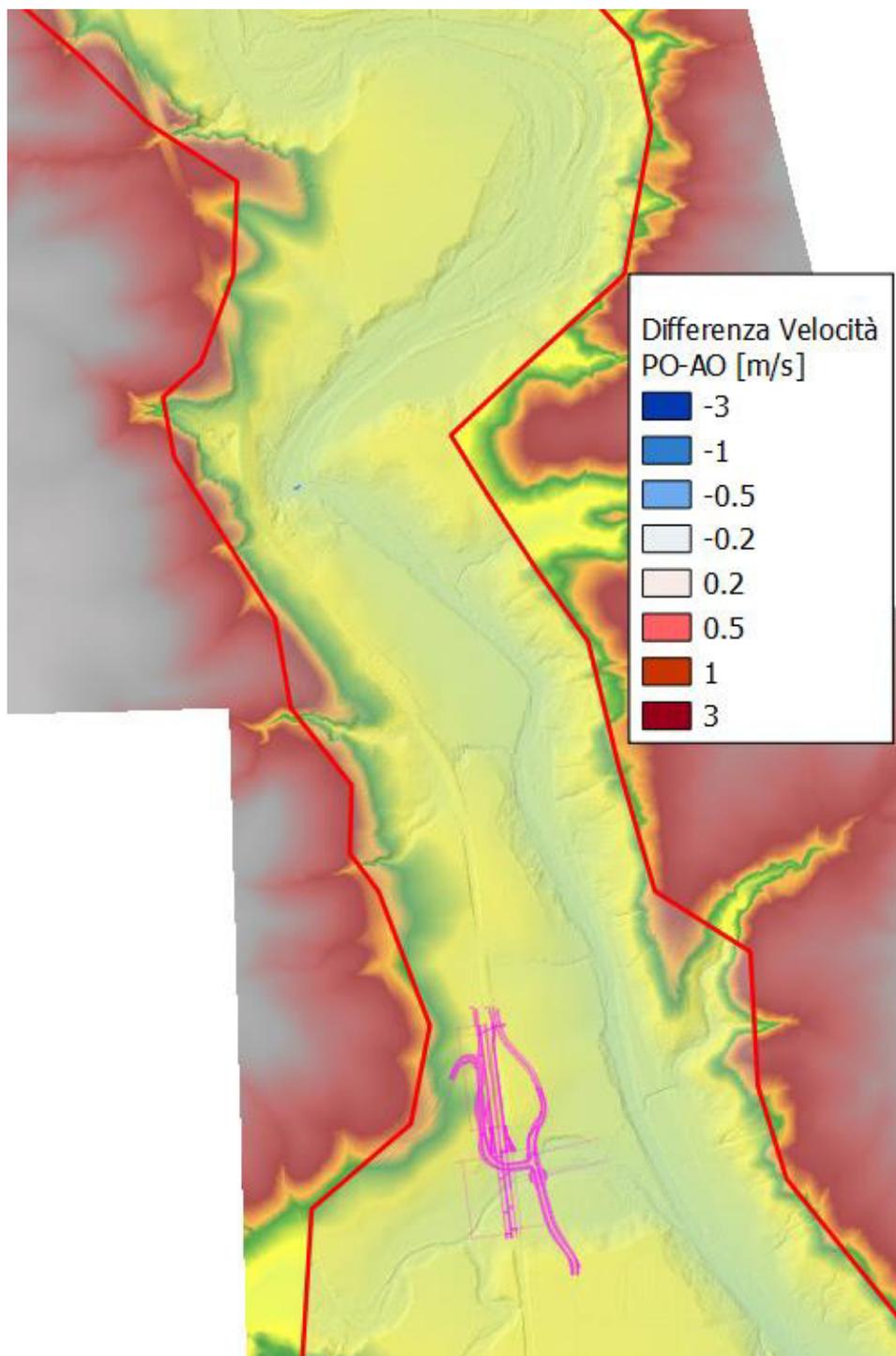


Figura 86 – Area 4, Tr200, Differenza di velocità tra scenario Post-Operam e Ante-Operam. Non sono presenti differenze in termini di velocità tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

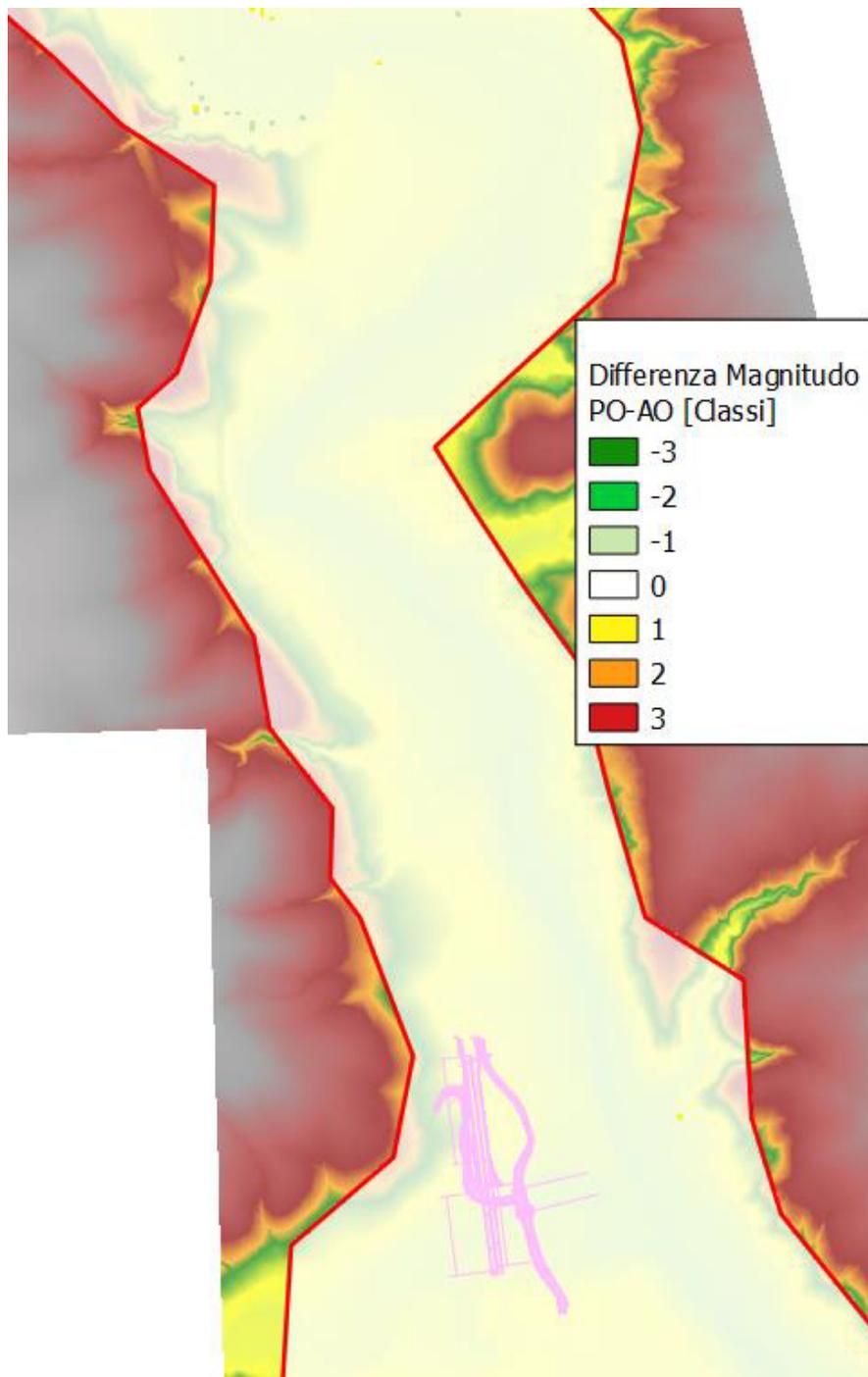


Figura 87 - Area 4, Tr200, Differenza di classi di magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam. L'assenza di differenze tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam in termini di velocità e tiranti determina di conseguenza l'assenza di differenze in termini di magnitudo.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

8.1.37.1.3 Considerazioni finali

L'area 4 non presenta criticità.

- Tutto il rilevato in progetto si trova al di fuori dell'area di inondazione per un tempo di ritorno 200 anni.
- L'area di cantiere non è interessata dalla piena con tempo di ritorno 10 anni.
- Non ci sono differenze in termini di tiranti, velocità e quindi di magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam.

98 RISPOSTA ALLE PRESCRIZIONI DEL GENIO CIVILE

In questo capitolo si darà risposta punto per punto alle prescrizioni del Genio Civile riguardo l'ambito idraulico e idrologico.

- 1.1.3.1 - Aggiornare la documentazione progettuale rispetto alle normative vigenti tra cui la L.R. 79/2012 (piuttosto che la L.R. 230/94), la L.R. 65/2014 e la D.P.C.R. Toscana 53/R del 25/10/2011 (piuttosto che la L.R. 1/2005) nonché le L.R. 80/2015 e L.R. 21/2012.
- 1.1.3.2 - Per i toponimi dei corsi d'acqua riportati nel progetto impiegare quelli della L.R. 79/2012 che definisce il reticolo ufficiale di riferimento.
- 1.1.3.3 - Gli elaborati progettuali dovranno evidenziare la congruenza per quanto riguarda la tipologia, le dimensioni, i materiali di costruzione e la denominazione attribuita agli attraversamenti.
- 1.1.3.4 - Censire i punti d'acqua (pozzi, sorgenti puntuali, lineari e diffuse e sorgenti termali) per la definizione delle curve isopiezometriche con la direzione e verso di deflusso della falda ed eventuali scambi falda/fiume e falda superficiale/falda carbonatica. Per ogni pozzo considerato è opportuno indicare la profondità, la stratigrafia ed il livello stratigrafico entro cui sono posizionati i filtri.
- 1.1.3.5 - Integrare i dati idrogeologici con la ricostruzione, dai dati di campagna, dell'andamento della superficie piezometrica.
- 1.1.3.6 - Realizzare un modello numerico del deflusso sotterraneo che calibrato con i dati sopra indicati possa essere predittivo sull'eventuale spostamento degli inquinanti immessi anche accidentalmente in falda.
- 1.1.3.6.1 - In base al modello della dinamica della falda ed in particolare alla luce della direzione effettiva di flusso delle stesse e delle interazioni con il vicino corso d'acqua, si dovrà valutare di aggiornare il PMA, in merito al posizionamento ed al numero dei punti di monitoraggio delle acque sotterranee.
- 1.1.3.7 - Si dovrà valutare l'adozione di un sistema di raccolta di tutte le acque di piattaforma ed il loro smaltimento nel reticolo idrografico a valle di specifiche aree idrologicamente impermeabilizzate di fitodepurazione delle stesse.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

- 1.1.3.7.1 - L'uscita delle acque da tali aree dovrà essere monitorata all'interno del PMA.
- 1.1.3.8 - Aggiornare gli studi idrogeologici - idraulici con l'evidenza delle condizioni di pericolosità e rischio ed in particolare dando evidenza del rispetto di:- art. 96 del R.D. 523/1904 (sia in generale che in merito alle piantagioni, ai corpi fabbrica ecc.);- franchi di sicurezza minimi stabiliti dalle NTC 2018.
- 1.1.3.9 - Effettuare lo studio e verifica della pericolosità idraulica (inquadramento cartografico rispetto alle sperimentazioni di pericolosità del PGRA, determinazione e esplicitazione dei franchi di sicurezza, ecc.) lungo il tracciato stradale compresi gli attraversamenti, gli svincoli, la viabilità principale e secondaria, le aree di cantiere e le aree di cava (laddove rientrano nella fascia dei 10 m dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda), tenendo presente il rispetto del franco minimo previsto per legge e la trasparenza idraulica nelle aree allagabili con tempo di ritorno 30 anni (PI3).

Numero Prescrizione	Ente	Testo	Risposta
1.1.3.1	Genio Civile Toscana Sud	Aggiornare la documentazione progettuale rispetto alle normative vigenti tra cui la L.R 79/2012 (piuttosto che la L.R 230/94), la L.R. 65/2014 e la D.P.C.R. Toscana 53/R del 25/10/2011 (piuttosto che la L.R. 1/2005) nonché le L.R. 80/2015 e L.R. 21/2012.	\
1.1.3.2	Genio Civile Toscana Sud	Per i toponimi dei corsi d'acqua riportati nel progetto impiegare quelli della L.R. 79/2012 che definisce il reticolo ufficiale di riferimento.	\
1.1.3.3	Genio Civile Toscana Sud	Gli elaborati progettuali dovranno evidenziare la congruenza per quanto riguarda la tipologia, le dimensioni, i materiali di costruzione e la denominazione attribuita agli attraversamenti.	\
1.1.3.4	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	Censire i punti d'acqua (pozzi, sorgenti puntuali, lineari e diffuse e sorgenti termali) per la definizione delle curve isopiezometriche con la direzione e verso di deflusso della falda ed eventuali scambi falda/fiume e falda superficiale/falda carbonatica. Per ogni pozzo considerato è opportuno indicare la profondità, la stratigrafia ed il livello stratigrafico entro cui sono posizionati i filtri.	\

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.3.5	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	Integrare i dati idrogeologici con la ricostruzione, dai dati di campagna, dell'andamento della superficie piezometrica.	\
1.1.3.6	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	Realizzare un modello numerico del deflusso sotterraneo che calibrato con i dati sopra indicati possa essere predittivo sull'eventuale spostamento degli inquinanti immessi anche accidentalmente in falda.	\
1.1.3.6.1	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	In base al modello della dinamica della falda ed in particolare alla luce della direzione effettiva di flusso delle stesse e delle interazioni con il vicino corso d'acqua, si dovrà valutare di aggiornare il PMA, in merito al posizionamento ed al numero dei punti di monitoraggio delle acque sotterranee.	\
1.1.3.7	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	Si dovrà valutare l'adozione di un sistema di raccolta di tutte le acque di piattaforma ed il loro smaltimento nel reticolo idrografico a valle di specifiche aree idrologicamente impermeabilizzate di fitodepurazione delle stesse.	\
1.1.3.7.1	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS	L'uscita delle acque da tali aree dovrà essere monitorata all'interno del PMA.	\
1.1.3.8	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS GENIO	Aggiornare gli studi idrogeologici - idraulici con l'evidenza delle condizioni di pericolosità e rischio ed in particolare dando evidenza del rispetto di: - art. 96 del R.D. 523/1904 (sia in generale che in merito alle piantagioni, ai corpi fabbrica ecc.); - franchi di sicurezza minimi stabiliti dalle NTC 2018.	\
1.1.3.9	Genio Civile Toscana Sud	Effettuare lo studio e verifica della pericolosità idraulica (inquadramento cartografico rispetto alle sperimentazioni di pericolosità del PGRA, determinazione e esplicitazione dei franchi di sicurezza, ecc.) lungo il tracciato stradale compresi gli attraversamenti, gli svincoli, la viabilità principale e secondaria, le aree di cantiere e le aree di cava (laddove rientrano nella fascia dei 10 m dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda), tenendo presente il rispetto del franco minimo previsto per legge e la trasparenza idraulica nelle aree allagabili con tempo di ritorno 30 anni (PI3).	Le mappe del capitolo “Risultati delle simulazioni numeriche 2D” inquadrano l'opera all'interno della pericolosità del PGRA e analizzano i franchi di sicurezza in relazione ad attraversamenti, rilevati, svincoli, viabilità primarie e secondarie e l'interazione tra aree di cantiere e inondazioni corrispondenti ad un tempo di ritorno di 10 anni.

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.3.10	Genio Civile Toscana Sud	Effettuare lo studio dell'incremento di rischio dovuto alla realizzazione dell'infrastruttura comprensivo della valutazione della variazione delle dinamiche di piena, della sottrazione dei volumi esondati, dei volumi esondati interclusi nonché delle variazioni delle condizioni di laminazione delle piene sui singoli corsi d'acqua nei quali si prevede di sostituire ponti insufficienti con ponti verificati. Tale analisi dovrà essere particolarmente concentrata nelle aree perimetrate a Rischio Idraulico molto elevato. In base ai risultati di questo studio dovranno essere eventualmente progettati degli interventi di mitigazione di incremento di rischio.	In ogni sotto capitolo del capitolo “Risultati delle simulazioni numeriche 2D” sono riportate le mappe delle differenze di tiranti, velocità e magnitudo tra condizioni Post-Operam e Ante-Operam per un tempo di ritorno di 200 anni. In un caso specifico (svincolo di monte dell'area 2), è stato calcolato il volume sottratto all'esondazione a causa dell'inserimento dello svincolo. Non è stato calcolato in altre aree poiché tali volumi sono trascurabili rispetto al volume di piena totale.
1.1.3.11	Genio Civile Toscana Sud	Rielaborazione degli studi idrologici applicando tutti gli elementi conoscitivi reperibili nella sezione "Attività di Ricerca per la mitigazione del Rischio Idraulico". Dovranno in particolare essere utilizzati la Guida all'Uso della sezione "Aggiornamento regionalizzazione precipitazioni" e i Curve Number scaricabili nella sezione "Implementazione di modello idrologico distribuito per il territorio toscano".	Il CN medio del bacino Serpenna è stato calcolato mediando i valori di CN distribuiti su tutto il bacino scaricabili nella sezione "Implementazione di modello idrologico distribuito per il territorio toscano". La portata di picco è stata calcolata secondo Guida all'Uso della sezione "Aggiornamento regionalizzazione precipitazioni".
1.1.3.12	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS GENIO	In area allagabile non è possibile fare depositi di materiale e tenere attrezzature e in nessun caso è possibile ridurre i volumi di esondazione in alcun modo.	
1.1.3.13	Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS GENIO	Affrontare e approfondire la problematica idraulica legata alle parzializzazioni dell'alveo.	/
1.1.3.14	Genio Civile Toscana Sud	Relativamente al corso d'acqua interferito dal Tombino n. 19, pur non essendo ricompreso nel reticolo della L.R. 79/2012, si rileva che il medesimo ha un bacino di estensione paragonabile a quello del Fosso Lellarone. Pertanto, nell'ambito della progettazione esecutiva, si chiede di integrare la relazione idrologico-idraulica con gli studi relativi al corso d'acqua sopra menzionato.	Di questo se ne è tenuto conto nel MONODIMENSIONALE
1.1.3.15	Genio Civile Toscana Sud	Esplicitazione di tutti i passaggi per determinare il valore dei parametri utilizzati (Abac, L asta, Hmin, Hmax, Hmed, imed asta, Tc, Coefficiente di deflusso, Dcr) all'interno della procedura di calcolo della portata di ciascuno dei bacini studiati.	Per i bacini minori, la procedura è spiegata nella relazione idrologica T00ID00IDRRE01_B. Nel capitolo “Condizioni al contorno del modello” viene descritto il metodo per la stima della portata del fiume Serpenna e per il fiume Merse e vengono esplicitati i passaggi per la determinazione dei parametri utilizzati nella formula

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

			razionale.
1.1.3.16	Genio Civile Toscana Sud	Nella rielaborazione degli studi si dovrà infine estendere il tratto di studio di ciascun corso d'acqua d'interesse in modo tale da garantire l'ininfluenza delle condizioni al contorno scelte rispetto al tratto studiato e lo studio di tutta l'area di interesse.	Di questo se ne è tenuto conto nel MONODIMENSIONALE
1.1.3.17	Genio Civile Toscana Sud	Rielaborazione degli studi idraulici considerando la modellistica idraulica adeguata (almeno moto permanente) per ciascuno dei corsi d'acqua di interesse (tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo della L.R. 79/2012 e il tombino n. 19) e impostando la geometria del modello tenendo conto delle confluenze dei corsi d'acqua tra loro e con il Fiume Merse. Laddove necessario occorrerà impostare un modello unico per più corsi d'acqua.	Di questo se ne è tenuto conto nel MONODIMENSIONALE
1.1.3.18	Genio Civile Toscana Sud	Rielaborazione degli studi idraulici degli attraversamenti tenendo conto anche delle problematiche di sovralluvionamento, valutandone caso per caso la presenza e, nel caso, motivandone l'esclusione. Dovrà inoltre essere valutato e tenuto in debito conto il trasporto solido flottante.	Si è tenuto conto del trasporto solido all'interno dei modelli monodimensionali
1.1.3.19	Genio Civile Toscana Sud	Rielaborazione della geometria dei modelli tenendo conto che per definire le sezioni e gli attraversamenti esistenti devono essere utilizzati rilievi ad hoc. Tali rilievi dovranno essere forniti insieme alla documentazione di progetto. Laddove le sezioni dovessero essere estese tramite l'utilizzo della CTR 10k occorre che venga prodotto un elaborato in cui si evidenzino quali tratti della sezione sono stati rilevati e quali sono stati estesi su CTR e che venga fatta un'analisi di congruenza tra i dati del rilievo e quelli della Cartografia.	<p>Per la costruzione del modello bidimensionale è stata verificata la congruenza tra sezioni rilevate e modello LiDAR (Figura 10, Figura 11, Figura 12). Entrambi questi dataset sono congruenti in tutte le parti dell'area analizzata e pertanto è stato possibile unire queste informazioni. In particolare modo le sezioni rilevate sono state utilizzate per rimodellare il fondo dell'alveo del LiDAR (Capitolo “Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.”)</p> <p>Nei modelli idrodinamici monodimensionali dei corsi d'acqua secondari si è tenuto conto di tutte le informazioni disponibili tra sezioni rilevate, LiDAR e rilevamento a risoluzioni 0.5x0.5m². Vista la scala di analisi di questi corsi d'acqua, si è ritenuto inappropriato l'utilizzo del DEM a risoluzione 10x10m² per la modellazione del terreno.</p>

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.3.20	Genio Civile Toscana Sud	Tutti gli attraversamenti presenti sul territorio dovranno essere inseriti nel modello idraulico.	L'attraversamento sul fiume Merse è stato considerato nel modello idrodinamico bidimensionale. Sono state modellate le pile e le spalle del ponte e in quel tratto la griglia di calcolo è stata infittita per una più accurata descrizione dei tiranti e dei campi di velocità.
1.1.3.21	Genio Civile Toscana Sud	I dati di base e le scelte effettuate per la costruzione della geometria del modello dovranno essere adeguatamente dettagliate e giustificate (delimitazioni d'alveo, ineffective flow areas, levee, utilizzo di culvert al posto dei bridge ecc.). I coefficienti di scabrezza allo stato di progetto dovranno corrispondere a quelli utilizzati per lo stato attuale. I coefficienti di scabrezza dovranno inoltre essere rivalutati utilizzando i valori più cautelativi (massimi) rispetto a quelli forniti nel manuale applicativo del programma utilizzato per le verifiche idrauliche ed esplicitare tutti i valori utilizzati.	La descrizione della geometria del modello bidimensionale è riportata nel capitolo “Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.” , “Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.” e “Scabrezza” . Per la definizione dei coefficienti di scabrezza è stata utilizzata una tabella di conversione da Corine Land Cover a Coefficiente di Manning (Figura 15 - Distribuzione spaziale del coefficiente di Manning per l'area di studio.Figura 15), estratta da Pestana R. et al. (2013). Giustificare levee, manning, culvert/bridges nel MONODIMENSIONALE
1.1.3.22	Genio Civile Toscana Sud	Fornire una relazione idraulica contenente gli studi idraulici relativi a ciascun corso d'acqua, corredando ciascuno studio con: 1) una planimetria sufficientemente ampia da permettere di visualizzare tutti gli elementi che eventualmente influiscono sulla dinamica del corso d'acqua, riportando la perimetrazione delle aree allagate ante e post operam; 2) indicazione delle condizioni al contorno sia di monte che di valle; 3) indicazione del modello utilizzato per lo studio dei ponti; 4) tabulati ed elaborati di Hec-Ras planimetria del modello, profili, sezioni con numerazione conforme a quella della planimetria, tabelle dei risultati con riportate anche le quote del pelo libero in corrispondenza degli attraversamenti studiati; 5) risultati delle verifiche ante e post operam, in particolare con riferimento ad eventuali criticità e/o incrementi di rischio indotto dall'opera in progetto in considerazione delle variazioni di livello idrico e di velocità della corrente; 6) valutazione di eventuali opere di sistemazione idraulica e/o opere di protezione spondale, corredate da appropriate valutazioni idrauliche, di progetto e tavole.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La planimetria è riportata in ciascuno dei sotto capitoli del capitolo “Risultati delle simulazioni numeriche 2D”. L'area è stata suddivisa in 4 parti proprio per avere un livello di dettaglio maggiore sulle mappe di tiranti, velocità e differenze tra condizioni Post-Operam e Ante.Operam. 2. Le condizioni al contorno al contorno sono riportate nel capitolo “Condizioni al contorno del modello”. 3. Il ponte di attraversamento del fiume merse è stato modellato tenendo conto delle pile e delle spalle sia in condizioni Ante-Operam che Post-Operam (Figura 14). 4. In ogni sotto capitolo del capitolo “Risultati delle simulazioni numeriche 2D” sono riportate analisi specifiche in ogni punto in cui l'area di

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

			<p>esondazione interessa l'opera in progetto: svincoli, attraversamenti, viabilità. In ognuna di queste analisi viene riportata una mappa dei tiranti a risoluzione maggiore e una sezione in cui è possibile osservare il livello idrometrico in corrispondenza dell'elemento in questione, con l'esplicitazione dei franchi.</p> <p>5. In ogni sotto capitolo del capitolo “Risultati delle simulazioni numeriche 2D” sono riportate le analisi riguardo i cambiamenti tra scenario Post-Operam e Ante-Operam in termini di tiranti, velocità e magnitudo.</p>
1.1.3.23	Genio Civile Toscana Sud	<p>Analizzare laddove si verificano elevate velocità sia allo stato attuale sia allo stato di progetto, le problematiche legate all'azione della corrente e l'eventuale introduzione di opere di difesa corredate di tutte le valutazioni necessarie (in particolare per il F.sso Ornate).</p>	<p>In corrispondenza delle pile del nuovo attraversamento sul fiume Merse si instaurano alte velocità di scorrimento dell'acqua (Figura 64, Figura 65, Figura 72, Figura 74). In questo punto sono previste opere di difesa per la riduzione dell'effetto dell'erosione del suolo dovuto ai moti turbolenti.</p>
1.1.3.24	Genio Civile Toscana Sud	<p>Verifica della presenza di tratti di strada sia principale che secondaria (compresi gli svincoli) all'interno dei 10 m dal ciglio di sponda o dal piede esterno dell'argine. Verificare in particolare lo svincolo presente in destra idraulica subito a valle del viadotto sul Fiume Merse e la viabilità secondaria nei pressi dell'attraversamento del Fosso Ornate.</p>	<p>Ci sono due tratti in cui la strada si trova all'interno dei 10 m dal ciglio di sponda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Figura 49, in cui è presente un franco maggiore di 2m 2) Figura 70, in cui è presente un franco maggiore di 5m.
1.1.3.25	Genio Civile Toscana Sud	<p>Prevedere opere di protezione spondale nel tratto subito a valle della località Molino di Mugnone in cui la strada in progetto passa tangente alla sponda sinistra del F. Merse in esterno curva di un tornante. Analogamente si richiede la valutazione dell'impiego di difese spondali anche in corrispondenza dello svincolo in destra idraulica subito a valle del ponte sul F. Merse.</p>	<p>\</p>
1.1.3.26	Genio Civile Toscana Sud	<p>Redazione di una tavola in cui vengano individuati in modo chiaro rispetto al reticolo idrografico tutti i punti di scarico dell'infrastruttura (comprese le tre vasche di prima pioggia previste lungo il tracciato) e che vengano quantificati tali scarichi.</p>	<p>\</p>

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

1.1.3.27	ARPAT	Per i presidi idraulici dovranno essere chiaramente descritte le tecniche e le modalità di funzionamento (anche con riferimento alla separazione delle acque meteoriche di prima pioggia dalle successive) in relazione all'obiettivo di conseguire adeguate prestazioni in termini di abbattimento del carico in ingresso di solidi sospesi e di idrocarburi emulsionati.	\
1.1.3.28	ARPAT	Specificare il dimensionamento rispetto alle portate attese.	\
1.1.3.29	ARPAT	Introdurre nel piano di manutenzione una specifica sezione relativa a questi dispositivi con le relative istruzioni per la gestione dei sistemi.	\
1.1.3.30	ARPAT	In merito alla richiesta di prevenire impatti sulle acque e suolo il proponente ha previsto l'adozione di canalette di raccolta delle acque meteoriche, impianto di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia ed impianto di lavaggio ruote. La predisposizione della documentazione prevista dall'Allegato 5 Parte II del Regolamento 46R/2008 della Regione Toscana viene rimandata alla progettazione esecutiva.	\
D.13.2	Direzione Ambiente ed energia Settore tutela della natura e del mare	SIC Basso Merse 1. Il Piano di Gestione del SIC Basso Merse prevede il mantenimento delle dinamiche idrauliche naturali, oltre all'attuazione di quanto previsto dalla normativa vigente per le aree di pertinenza fluviale (Azione n. 1 “Tutela degli habitat fluviali presenti all'interno del sito”; Tav. 6A “Carta degli indirizzi gestionali”).	\
D.13.10	Direzione Ambiente ed energia Settore tutela della natura e del mare	RE_J_09: Divieto di realizzare interventi di artificializzazione e modifica dell'assetto morfologico all'interno delle Aree di Pertinenza Fluviale, fatti salvi gli interventi a scopo di difesa idraulica,	\
D.13.12	Direzione Ambiente ed energia Settore tutela della natura e del mare	RE_J_11: Divieto di costruzione di opere (dighe, sbarramenti o altro) e realizzazione di interventi (rettificazioni, deviazioni o altro) che possano costituire impedimento al passaggio della fauna ittica, o causare fluttuazioni del livello delle acque tali da compromettere la stabilità degli ecosistemi. Nella manutenzione straordinaria di quelle esistenti, l'Ente Gestore del sito può prescrivere al soggetto che realizza le opere di cui sopra, laddove non vi siano ragioni ambientali contrarie, la realizzazione di idonee scale di rimonta dei pesci.	\



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
Adeguamento a 4 corsie
nel tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 “Di Paganico”)
dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE

G.1.4		4. Dovrà essere comunicata la data di inizio dei lavori e il nome ed il numero di telefono del Direttore dei lavori al fine di non interferire con i lavori di manutenzione del corso d'acqua;	\
-------	--	--	---

9.1.18.1.1 Verifica Viadotto sul fiume Merse

La verifica del franco idraulico eseguita secondo le normative vigenti dimostra la compatibilità idraulica del viadotto sul Fiume Merse, come riportato nella tabella seguente.

	Quota minima impalcato[m slm]	Livello di piena [m slm]	Franco sul livello idrico [m]	Verifica
NTC2018 TR200	166.4	163.7	2.7 (> 1.50 m)	OK

109 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Distretto dell'Appennino Settentrionale (2014), *Progetto Piano di Gestione Rischio Alluvioni – Unit of Management Ombrone*

GNDCI Linea 1. Rapporti di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia

Corine Land Cover 2012 IV Livello

Chow, Ven Te, "Open-Channel Hydraulics," 1959

Pestana R. et al. – “Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river” – 2013, https://ftp.space.dtu.dk/pub/loana/papers/s362_3pesta.pdf

Soil Conservation Service, (1972) National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

Rainfall Depth – Duration Relationship for South Italy, (1996) Vito Ferro and Vincenzo Bagarello, Journal of Hydrologic Engineering/October 1996.

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018 (circolare applicativa, 7 gennaio 2019),

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. [Soil Conservation Service Curve Number \(SCS-CN\) Methodology](#). Springer, pp. 84-146, 2003.

VenTe Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.