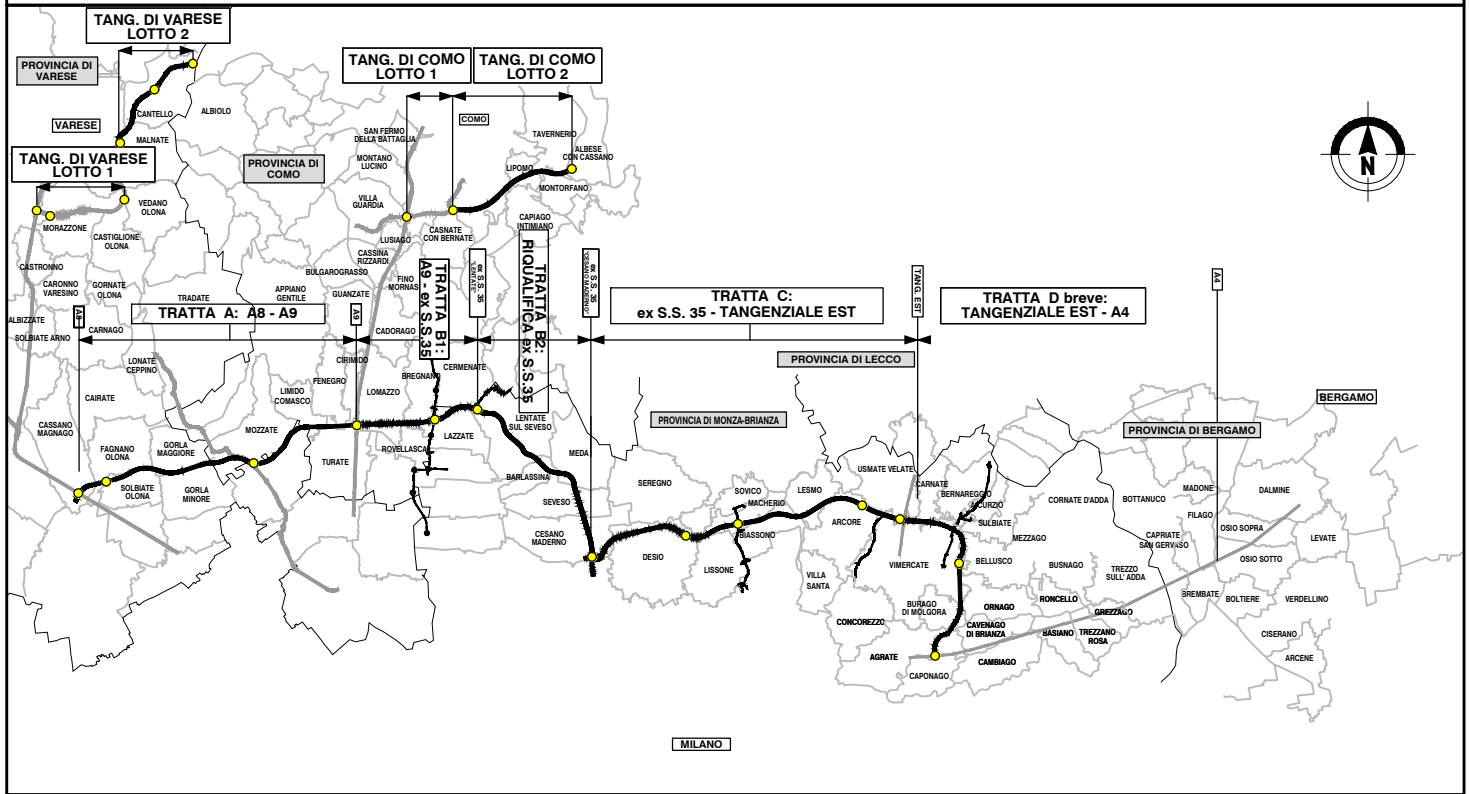


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO VARIANTE TRATTA D

IDROLOGIA ED IDRAULICA
STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA - FIUME MOLGORA
Relazione di calcolo

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	ID	DD 000	GE00	000	RC	001	A	

DATA 30 Giugno 2023

SCALA

PROGETTAZIONE



DATA

REVISIONE

Giugno 2023 EMISSIONE A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

Direzione Ingegneria BIM Center
Arch. Fabio Massimo Saldini
RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Ing. Lucia Samorani

Redatto: Ing. Tambozzo
Visto: Ing. Gardella
Contributo specialistico: Ing. Norese

CONCESSIONARIO

Direttore Ingegneria e BIM Center: Arch. Fabio Massimo Saldini
Direttore Tecnico: Ing. Paolo Simonetta
Responsabile Funzione Tecnica, Project Financing e ACT: Ing. Andrea Monguzzi

VERIFICA E VALIDAZIONE

RTI: Conteco Check S.r.l. (Mandante), Rina Check S.r.l. (Mandataria), Bureau Veritas Italia S.p.a. (Mandataria)



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

**PROGETTO DEFINITIVO
VARIANTE TRATTA D**

**VARIANTE TRATTA D
IDROLOGIA E IDRAULICA**

FIUME MOLGORA – RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI ED ENTI COMPETENTI	3
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DEL TERRITORIO	4
3.1 Caratteristiche fisiografiche	6
3.2 Pianificazione vigente - Fasce di pericolosità idraulica	8
3.3 area di dissesto ex art. 9 PAI	11
4. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA	12
5. ANALISI IDRAULICA	12
5.1 Descrizione dell'interferenza	12
5.2 Approccio metodologico	13
5.3 Costruzione del modello MIKE FLOOD	14
5.3.1 Costruzione del modello del terreno per il modello bidimensionale M21	14
5.3.2 Costruzione del modello del terreno per il modello monodimensionale	16
5.4 Condizioni al contorno	18
5.5 Simulazioni idrodinamiche	19

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce l'analisi idraulica relativa al fiume Molgora per il tratto interferente con il tracciato della Tratta D "Breve" dell'Autostrada Pedemontana Lombarda, che si estende dalla A51-Tangenziale Est fino all'interconnessione esistente tra TEEM-Tangenziale Est Esterna di Milano e l'Autostrada A4 nel Comune di Agrate Brianza; nel seguito viene eseguita la verifica del rischio idraulico atta a verificare la compatibilità idraulica dell'opera in progetto nell'area fluviale del fiume Molgora, nei termini di non aggravio delle condizioni di rischio idraulico attuale al deflusso dell'evento di piena di riferimento (tempo di ritorno di 200 anni);

Le valutazioni idrauliche sono state supportate da analisi modellistiche (MIKE FLOOD del DHI) eseguite nelle situazioni attuale e di progetto.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI ED ENTI COMPETENTI

I principali riferimenti normativi emanati dalla Pianificazione vigente in materia di difesa del suolo e progettazione delle infrastrutture a cui ci si è riferiti per la redazione del presente Progetto sono di seguito elencati:

- "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", emanata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art.10 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico;
- "Il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia - Modello di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata", redatto dalla regione Lombardia nell'ambito del progetto STRADA 2.0 "STRategie di ADAttamento ai cambiamenti climatici" (2013 – 2015);
- Deliberazione 11 maggio 1999 n.2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006 "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" e degli altri riferimenti normativi in essa citati;
- Direttiva alluvioni 2007/60/CE, D.Lgs. 49/2010;
- Deliberazione 07/12/2016 n. 5 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po "Variante alle Norme di Attuazione del PAI e del PAI Delta";
- D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Gli Enti competenti sul territorio attraversato dall'autostrada in progetto sono:

- l'Autorità di bacino Distrettuale del fiume Po che esercita funzioni di Pianificazione ambientale coordinando operativamente tutti gli Organi Istituzionali interessati alla salvaguardia e allo sviluppo del bacino padano;
- l'Agenzia interregionale per il fiume Po preposto alla progettazione ed esecuzione degli interventi sulle opere idrauliche di prima, seconda e terza categoria, di cui al Testo Unico

- n. 523/1904, sull'intero bacino del Po; nonché nei compiti Polizia Idraulica e Servizio di Piena sulle opere idrauliche di prima, seconda (R.D. 2669/1937) e terza categoria arginata (art. 4 comma 10ter Legge 677/1996); inoltre, gestione e manutenzione delle opere per la navigazione fluviale nei tratti di competenza e, relativamente ad alcune aree, progettazione ed esecuzione di opere per la "mobilità dolce";
- Regione Lombardia che assolve funzioni di Pianificazione in materia di difesa del suolo e progettazione delle opere idrauliche di quarta e quinta categoria (corsi d'acqua non arginati).

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DEL TERRITORIO

Il ramo autostradale in progetto, denominato in seguito come "Tratta D", è l'ultima tratta dell'Autostrada Pedemontana Lombarda e si estende dalla A51-Tangenziale Est (dove finisce la Tratta C) fino allo svincolo esistente tra TEEM-Tangenziale Est Esterna di Milano e l'Autostrada A4.

La Tratta D si estende per una lunghezza di circa 9 km, attraversando i comuni di: Vimercate, Carnate, Bellusco, Burago di Molgora e Agrate Brianza.

Come descritto nella relazione idrologica, alla quale si rimanda per ogni dettaglio, il torrente Molgora interferisce con l'infrastruttura autostradale in corrispondenza dell'attraversamento in viadotto e dell'interconnessione con la A4; quest'ultima interferenza nell'analisi idraulica non viene considerata, in quanto riguarda opere esistenti nelle quali la piattaforma stradale viene allargata a causa dell'innesto di un ramo di svincolo, senza modificare la struttura esistente e dunque il comportamento complessivo del corso d'acqua in tale tratto.

Il torrente Molgora si origina da due rami nei comuni di Colle Brianza e Santa Maria Hoè. Si sviluppa poi fino a Olgiate Molgora dopo aver raccolto alcuni affluenti con pendenza di fondo caratteristica delle aste a regime torrentizio. Prosegue quindi verso Osnago attraversando la valle cui dà il nome. Ad Usmate Velate riceve l'apporto del bacino del Molgoretta, che è a sua volta costituito dai sottobacini del Lavandaia e del Curone. In corrispondenza della loro confluenza i bacini del Molgora e Molgoretta misurano aree molto simili rispettivamente pari a circa 30,7 e 35,0 km². Dopo pochi chilometri a valle del nodo confluenza, l'asta del Molgora, all'altezza della località Passirano, interferisce con il viadotto della Milano Serravalle, facendo registrare un bacino di alimentazione di superficie circa pari a 68,7 km².

In Figura 1 si riporta la delimitazione del bacino idrografico dell'asta fluviale del Molgora interferente con l'autostrada in progetto.

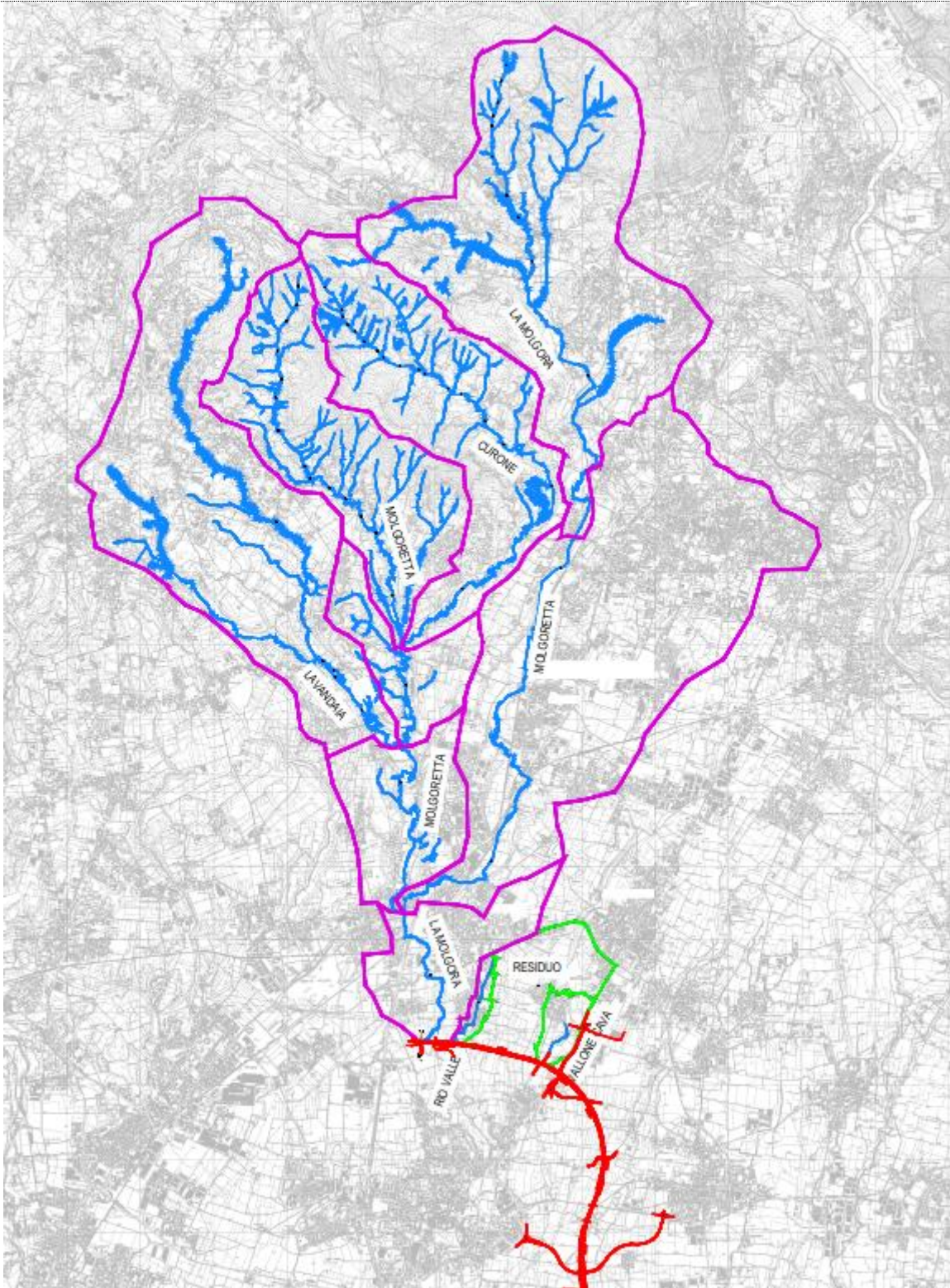


Figura 1 – Corografia dei bacini idrografici interferenti con l'autostrada in progetto.

Figura 2 – Reticolo idrografico presente sul territorio attraversato dall'autostrada in progetto.

3.1 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE

Lo studio delle principali caratteristiche morfologiche e fisiografiche è stato eseguito sulla base del DTM a maglia quadrata di dimensione 5,0X5,0 m elaborato a partire dalla base cartografica realizzata da Hydrodata S.p.A., basata sul dataset DTM 2015 della Regione Lombardia; in Figura 3 si riporta la geometria dei bacini idrografici su supporto DTM.

I parametri morfologici d'interesse sono i seguenti:

- l'area della superficie dei bacini (S) espressa in km²;
- la lunghezza (L) delle aste principali espressa in km;
- la pendenza (i) delle aste principali espressa in %;
- la pendenza (s) dei versanti espressa in %;
- le quote massima (Hmax), minima (Hmin) e media (Hmed) dei bacini espresse in m s.m.

In Tabella 1 si riportano i parametri fisiografici determinati per i sottobacini e le loro caratteristiche geometriche.

Denominazione bacino	S (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L (km)	i (%)	s (%)
MOLGORETTA MONTE CONFL. CURONE	7,2	851,19	352,64	238,94	6,77	9,04	28,4
CURONE	8,4	530,00	333,99	239,70	10,32	2,81	26,3
LAVANDAIA	13,7	727,33	339,91	231,62	11,10	4,47	13,2
MOLGORETTA MONTE CONFL. LAVANDAIA	18,0	851,19	331,98	229,86	12,43	5,00	25,6
MOLGORETTA MONTE CONFL. MOLGORA	35,0	851,19	323,23	203,42	12,23	5,30	19,1
MOLGORA MONTE CONFLUENZA MOLGORETTA	30,7	850,24	328,91	213,97	16,13	3,95	13,4
MOLGORA ALL'INTERSEZIONE MILANO- SERRAVALLE	68,7	851,19	323,23	203,42	18,46	3,51	15,8

Tabella 1 - Caratteristiche fisiografiche dei sottobacini del Molgora.

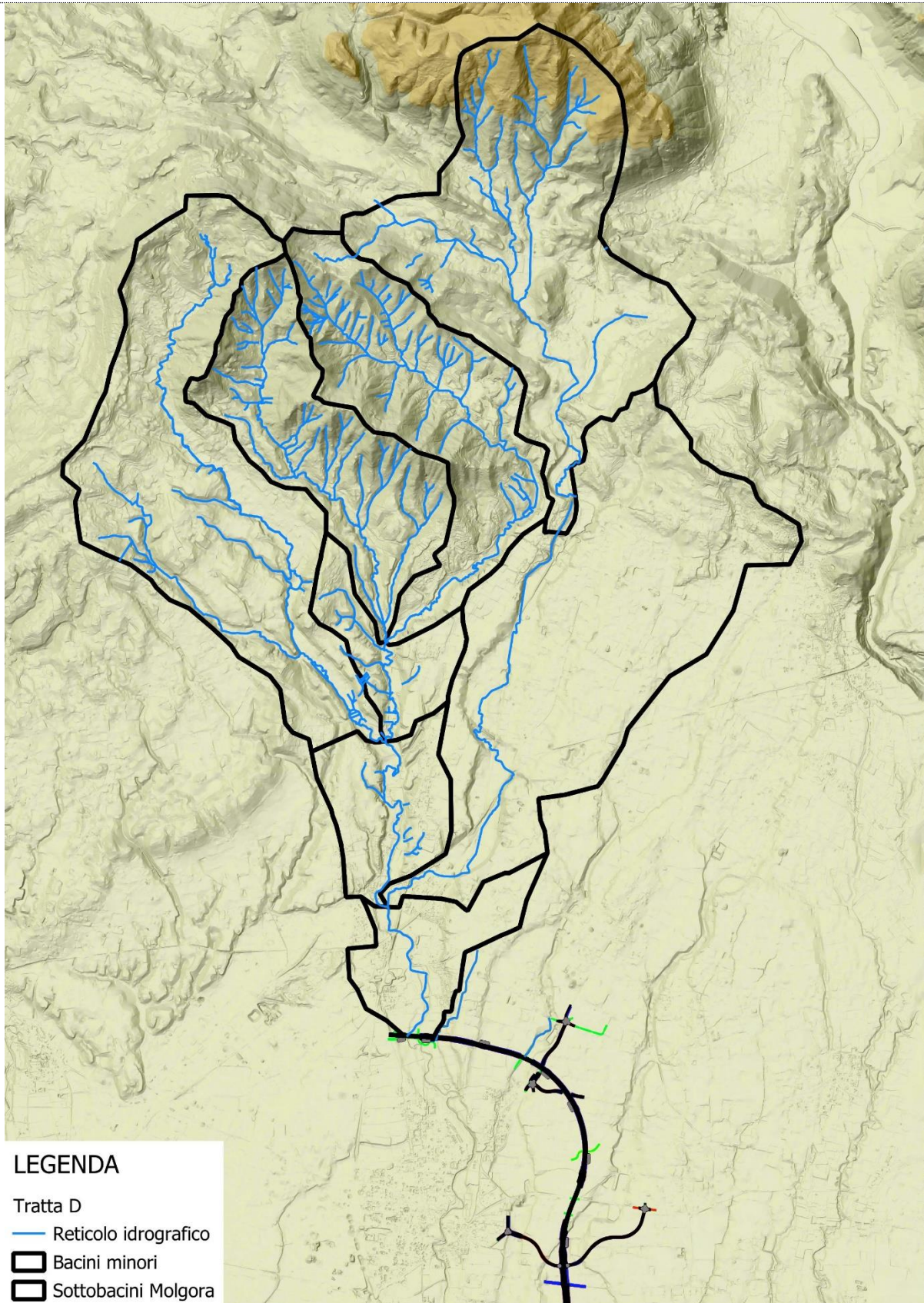


Figura 3 – Bacini idrografici su base DTM a maglia quadrata 5,0x5,0 m.

3.2 PIANIFICAZIONE VIGENTE - FASCE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Sul torrente Molgora non sono state delimitate le Fasce Fluviali; sono invece state delimitate le Fasce di Pericolosità idraulica nell'ambito della redazione del P.G.R.A., distinte nei seguenti scenari:

- aree **P3** (H nella cartografia) ad alta pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (tempi di ritorno compresi tra 10 e 20 anni);
- aree **P2** (M nella cartografia) a media pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (tempi di ritorno compresi tra 100 e 200 anni);
- aree **P1** (L nella cartografia) a bassa pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (tempo di ritorno di riferimento di 500 anni).

In Figura 4, Figura 5 e Figura 6 si riportano rispettivamente la corografia del tracciato autostradale e i due punti di interferenza con le fasce di pericolosità idraulica.

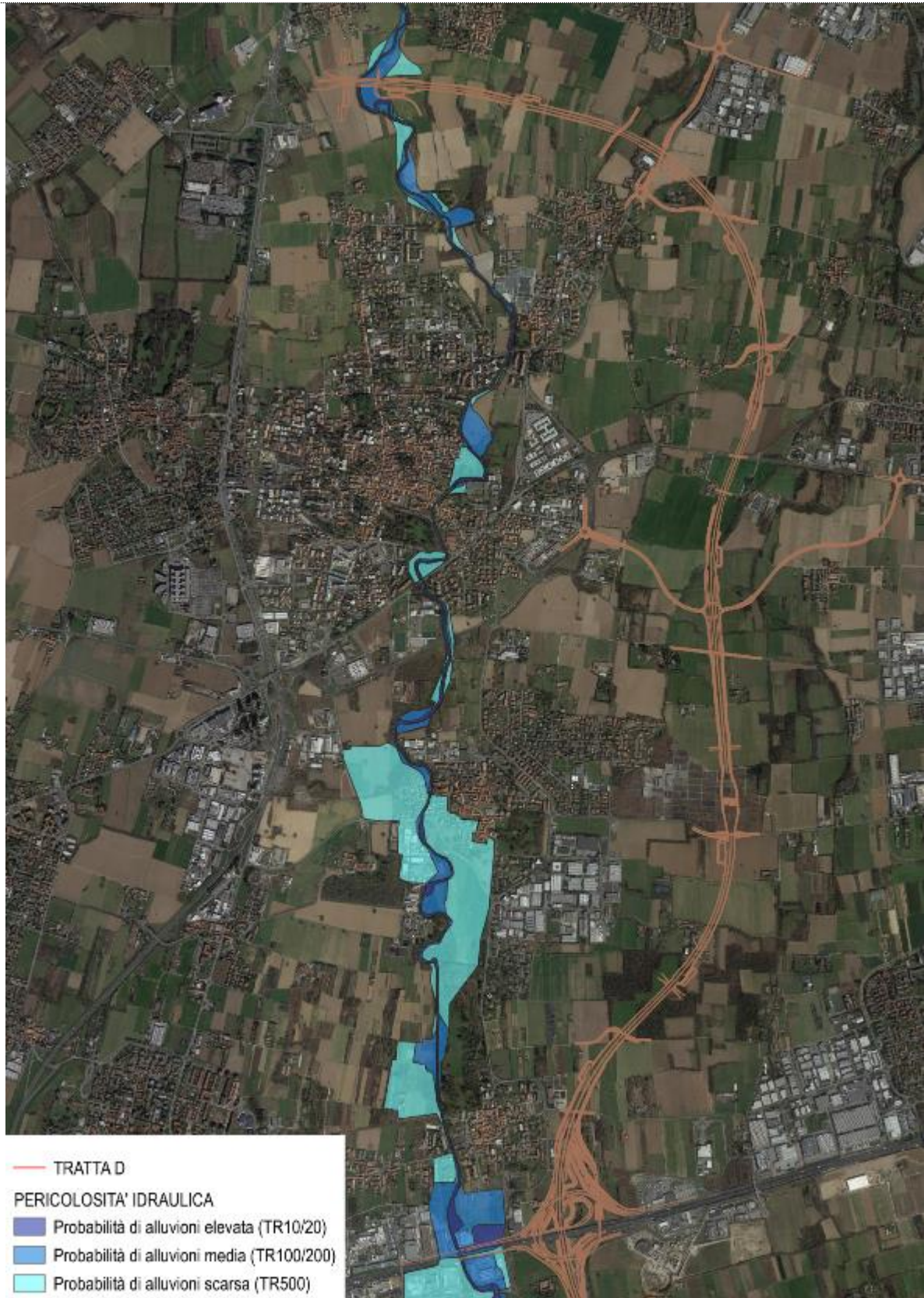


Figura 4 – Corografia Tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda con riportata la delimitazione delle aree di pericolosità idraulica del Molgora.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO



Figura 5 – Corografia di dettaglio dell'interferenza del viadotto sul T. Molgora della Tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda con l'area a pericolosità media (P2).

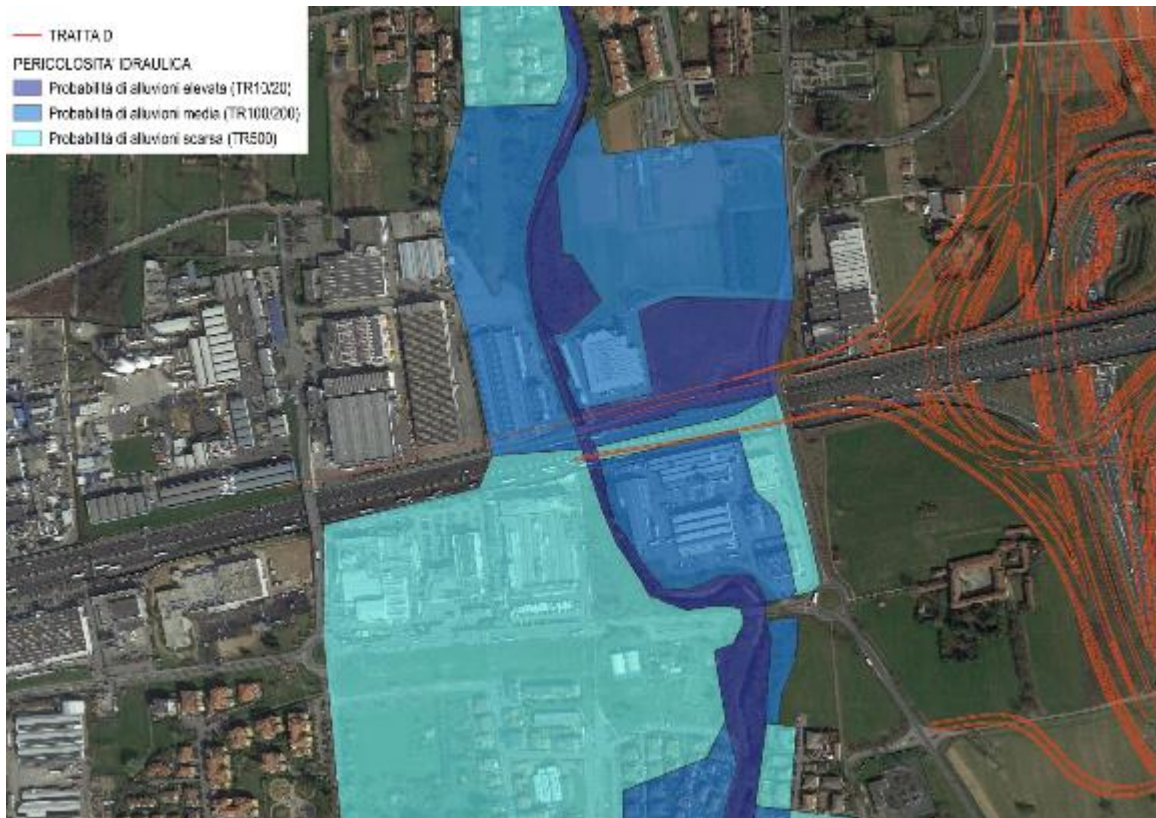


Figura 6 – Corografia di dettaglio dell'interferenza del viadotto di attraversamento dell'A4 all'interconnessione con l'A4 con l'area a pericolosità media (P2).

Come anticipato nell'inquadramento idrografico del territorio, nell'analisi idraulica l'interferenza dell'interconnessione con l'A4 non viene considerata, in quanto riguarda opere esistenti nelle quali la piattaforma stradale viene allargata a causa dell'innesto di un ramo di svincolo, senza modificare la struttura esistente e dunque il comportamento complessivo del corso d'acqua in tale tratto.

3.3 AREA DI DISSESTO EX ART. 9 PAI

Nel tratto di alveo fluviale a monte dell'attraversamento autostradale in progetto è individuata, in sponda sinistra, un'area di dissesto ex art.9 del PAI; tale area si estende lungo la sponda sinistra dell'alveo del torrente Molgora, per un lungo tratto a nord dell'autostrada in progetto. Il dissesto segnalato riguarda un'area nel comune di Carnate, con pericolosità di esondazione media o moderata. Si riporta nel seguito lo stralcio della ortofoto con il dissesto in oggetto.



Poiché l'infrastruttura in progetto, nel breve tratto interferente, è costituita dal ponte di attraversamento del corso d'acqua, la cui configurazione planoaltimetrica è stata studiata in conformità con le normative vigenti e per il quale si forniscono nel seguito le opportune analisi idrauliche, si considera che il dissesto segnalato non avrà effetti sull'opera in progetto.

4. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Sulla base delle analisi pluviometriche descritte nella relazione idrologica il torrente Molgora, a cui si rimanda per ogni dettaglio, le portate di riferimento per la progettazione, da utilizzare per la verifica dell'interferenza del viadotto autostradale sono quelle definite nel P.G.R.A. nel seguito esposte.

Bacino	Corso d'acqua	Progr. (km)	Sezione	Denominazione	Superficie (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Adda	Molgora	16.698	MO 98.1	Usmate (valle confl. Molgoretta)	66	50	124	183
Adda	Molgora	20.592	MO 86	Vimercate	88	51	125	183

Tabella 2 – Portate di riferimento per tempo di ritorno assegnato per il torrente Molgora determinate dal P.G.R.A.

La modellazione condotta dall'Autorità di Bacino, non è stata effettuata con riferimento ad un tempo di ritorno $T=200$ anni; tale portata è tuttavia importante in quanto rappresenta lo scenario di riferimento per la definizione della compatibilità idraulica delle infrastrutture in progetto. Pertanto, tramite interpolazione, con linea di tendenza logaritmica, è stato ricostruito il valore al picco per un evento di piena duecentennale, come riportato nel seguito e che risulta essere pari a 151 m³/s.

5. ANALISI IDRAULICA

5.1 DESCRIZIONE DELL'INTERFERENZA

Il tracciato in progetto attraversa il fiume Molgora con un ponte a carreggiate separate, avente 5 campate di luce pari a 28 – 44 – 52 – 52 – 44 m, da ovest verso est. Ai sensi del p.to 5.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", la luce netta minima tra pile contigue della campata di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (la seconda a partire da ovest) è maggiore di 40 m, misurati ortogonalmente al filone principale della corrente.

Le pile sono realizzate ognuna con 4 colonne in c.a., di diametro pari a 2.5 m, su un plinto di fondazione di spessore pari a 2.5 m, su pali di grande diametro ($D = 1200$ mm); le spalle, anch'esse in c.a. con fondazione su pali di grande diametro, risultano posizionate al di fuori delle aree golenali della piena con $T_r = 200$ anni.

Data la morfologia dell'alveo nel tratto interferente, che presenta un andamento sinuoso, si rende necessario un intervento di sistemazione per salvaguardare la stabilità plano altimetrica nel tempo dell'opera di attraversamento in relazione alla potenziale evoluzione morfo - planimetrica del corso d'acqua; tale intervento consiste nella sistemazione dell'alveo con massi di cava di pezzatura non inferiore ai 1000 kg, collocati su un elemento di interposizione costituito da geotessile tessuto non tessuto di resistenza a trazione >18 kN/m, secondo due configurazioni:

- In corrispondenza dell'opera, per una lunghezza che si estende circa 20 m a valle e a monte del ponte: la sistemazione in massi, avente uno spessore di circa 1.0 m, ha una sezione continua che comprende sia le sponde sia il fondo dell'alveo;
- A monte della sistemazione precedente, per una lunghezza di circa 80 m: viene realizzata la protezione in massi della sponda sinistra del fiume, che in tale tratto presenta una curva verso destra.

Per la descrizione di dettaglio dell'intervento di riprofilatura, risagomatura e rivestimento del tratto di alveo interferente si rimanda agli specifici elaborati grafici di progetto.

5.2 APPROCCIO METODOLOGICO

Al fine di descrivere con approfondito dettaglio la propagazione idrodinamica della portata a tempo di ritorno 200 anni lungo l'asta del Molgora nel tratto di attraversamento autostradale, è stato messo a punto un modello numerico basato sul codice di calcolo MIKE Flood del DHI che combina dinamicamente l'approccio monodimensionale e quello bidimensionale.

Il codice di calcolo MIKE Flood è uno strumento modellistico integrato che permette di accoppiare in maniera dinamica, attraverso un'interfaccia utente grafica, il codice monodimensionale MIKE 11 e quello bidimensionale MIKE 21.

MIKE Flood consente di sfruttare al massimo le potenzialità di MIKE 11 e di MIKE 21, facendo intervenire nell'ambito di uno stesso modello l'uno o l'altro codice in funzione delle specifiche esigenze di rappresentazione geometrica e di simulazione necessarie:

- MIKE 11 per la simulazione monodimensionale di tratti di alveo incisi non coperti o mal rappresentati da un DTM e per il deflusso idrodinamico attraverso ponti, tombini, salti di fondo ecc.;
- MIKE 21 per il deflusso nelle aree golenali o di esondazione e di invaso ben rappresentate da un DTM.

MIKE Flood è caratterizzato dal fatto che MIKE 11 e MIKE 21 rimangono singoli codici indipendenti l'uno dall'altro nella messa a punto e nell'input-output, mentre una specifica interfaccia grafica consente di definire i collegamenti reciproci e biunivoci di MIKE 11 e MIKE 21 per gli interscambi di portata e di quantità di moto e per la congruenza dei livelli idrici di calcolo.

Nel caso in esame è stato messo a punto un modello MIKE Flood nel modo seguente:

- modello MIKE 11 monodimensionale per la rappresentazione dell'alveo inciso del Molgora;
- modello MIKE 21 bidimensionale per la rappresentazione delle aree golenali allagabili coperte dal modello idrodinamico;
- connessione dinamica dei modelli MIKE 11 e MIKE 21: il collegamento dinamico è di tipo "laterale" lungo tutto lo sviluppo di entrambe le sponde dell'alveo inciso del Molgora.

5.3 COSTRUZIONE DEL MODELLO MIKE FLOOD

5.3.1 Costruzione del modello del terreno per il modello bidimensionale M21

Il modello del terreno (DTM) utilizzato come batimetria del modello numerico deve poter rappresentare in modo esaustivo i più estesi ambiti di allagamento indotti dal transito della massima piena simulata (a tempo di ritorno 200 anni).

Nel modello bidimensionale alle differenze finite MIKE21 la descrizione geometrica del terreno è rappresentata definendo la quota media del terreno in ogni cella di calcolo. Tale valore è usualmente calcolato mediante tecniche di interpolazione, stabilendo una dimensione di cella a partire dalle basi topografiche disponibili. Nel caso in esame si è eseguita una elaborazione dei dati topografici LiDAR approntando il modello con una risoluzione spaziale 2,0 x 2,0 m (resi disponibili dal MATTM secondo griglia quadrata originale di dimensione 1x1 m).

La definizione della dimensione del passo spaziale della griglia, da utilizzare per la messa a punto del modello, è un passaggio fondamentale nella sua realizzazione ed influenza direttamente i tempi di calcolo e l'accuratezza spaziale della soluzione. Aumentando le dimensioni del passo della griglia diminuiscono i tempi di calcolo, ma diminuisce anche l'accuratezza dei risultati. La scelta deve quindi essere un compromesso tra le due esigenze.

Nel caso in esame la scelta è condizionata dalla necessità di rappresentare con sufficiente dettaglio la geometria delle aree allagabili, l'interferenza della struttura in progetto e delle possibili vie di deflusso conseguenti a fenomeni di esondazione. Si è deciso pertanto di adottare una griglia di calcolo a maglia 2,0 x 2,0 m, composta da 331 righe e 229 colonne (75.799 punti di calcolo).

Il DTM ottenuto è rappresentato nella seguente Figura 7.

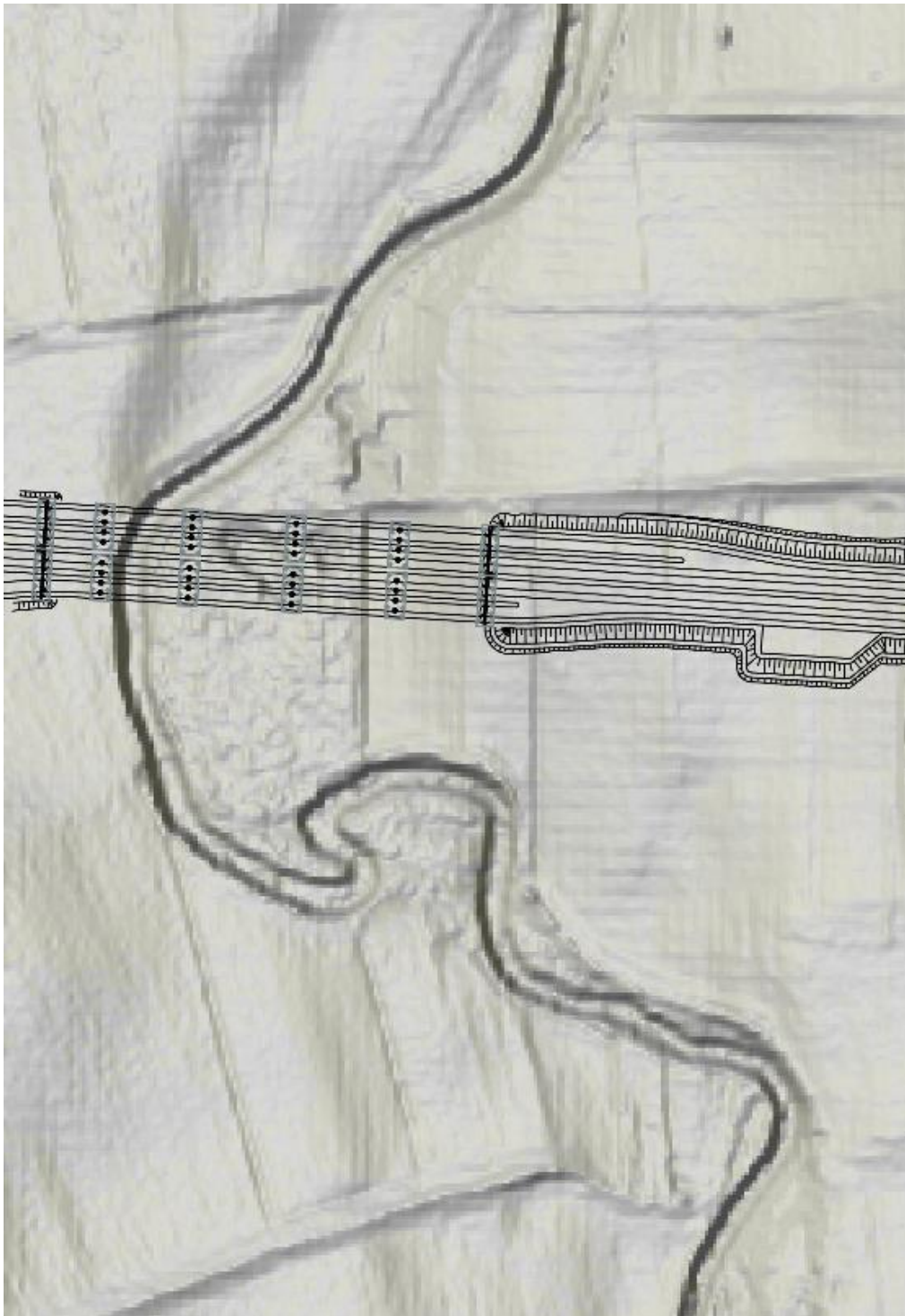


Figura 7 –DTM Lidar reinterpolato a maglia 2x2 m nel tratto simulato.

5.3.2 Costruzione del modello del terreno per il modello monodimensionale

Ai fini della messa a punto del modello MIKE Flood si è realizzato inoltre il modello monodimensionale dell'alveo inciso del Molgora utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 HD (modulo idrodinamico).

La geometria dell'alveo inciso del corso d'acqua è stata rappresentata sulla base del rilievo eseguito un rilievo (anno 2022); esso si estende per un tratto pari a circa 1070 m; esso è compreso tra le sezioni del PGRA denominate MO_91_1 a monte e MO_88_1 a valle.

In Figura 8 si riportano le sezioni di rilievo misurate in campo in colore rosso, unitamente alle sezioni utilizzate nei calcoli idraulici del PGRA in colore blu.

Nella Tabella 3 è riportato il profilo longitudinale del modello monodimensionale (M11) con denominazione delle sezioni di rilievo, la loro progressiva metrica e la quota di fondo alveo minimo (thalweg).

Sezione	Progressiva	Fondo alveo
-	m	m s.m.
MO_91_1	0	204,27
estratta DTM	114,91	203,5
1	183,2	202,94
2	272,92	203,14
3	374,98	203,06
4.1	453,02	202,73
4.2	506,47	202,63
5	632,08	202,06
6	831,73	200,71
7	1070,14	200,11
estratta DTM	1239,58	199,73
MO_88_1	1267,35	199,55

Tabella 3 – Profilo longitudinale del modello monodimensionale del Molgora.

Il modello monodimensionale associato a quello bidimensionale costituisce il MIKE FLOOD la cui rappresentazione complessiva è riportata nella Figura 9.

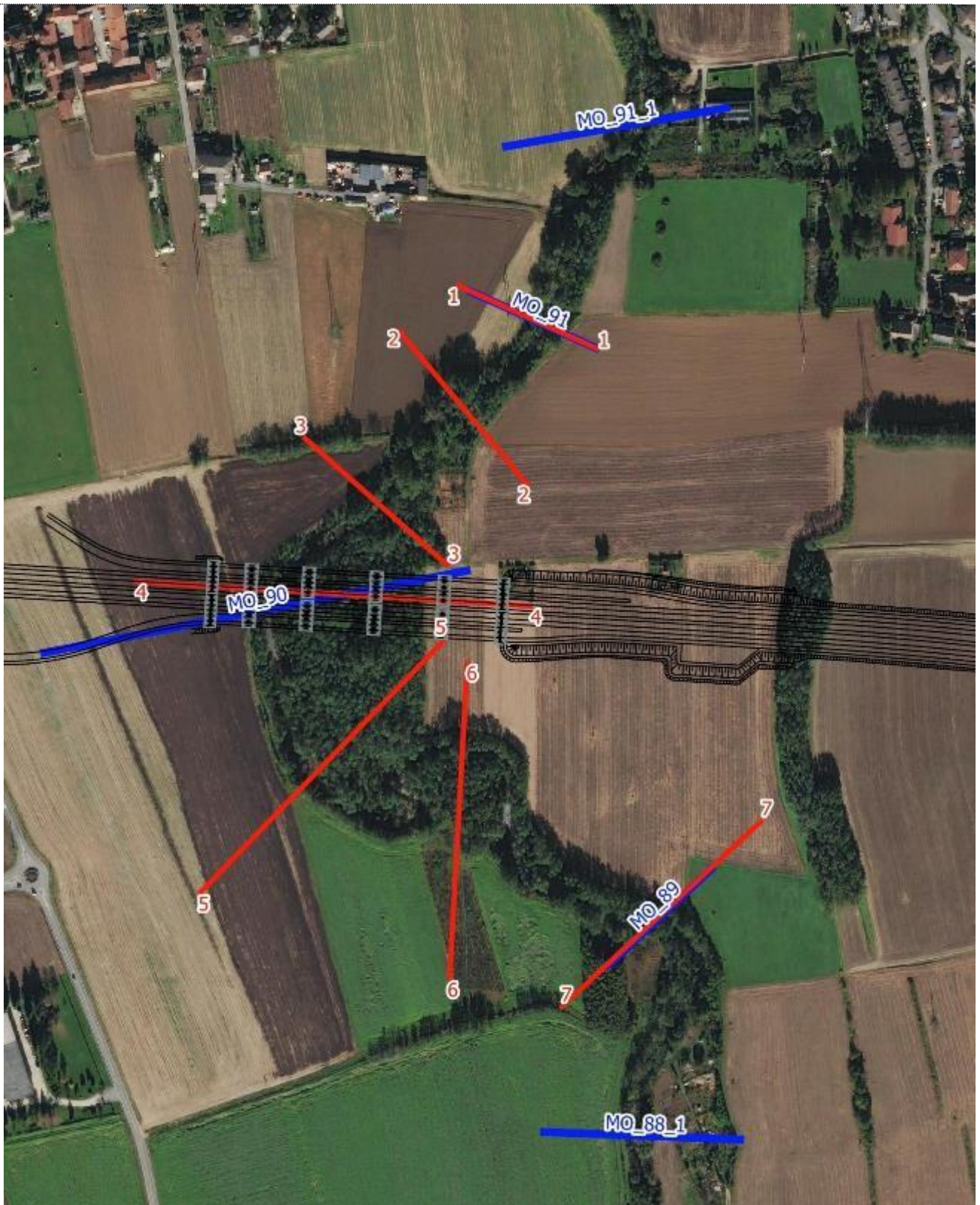


Figura 8 –Sezioni trasversali rilevate nell'anno 2022 (colore rosso) e unitamente alle sezioni utilizzate nel PGRA dell'anno 2003 (colore blu).

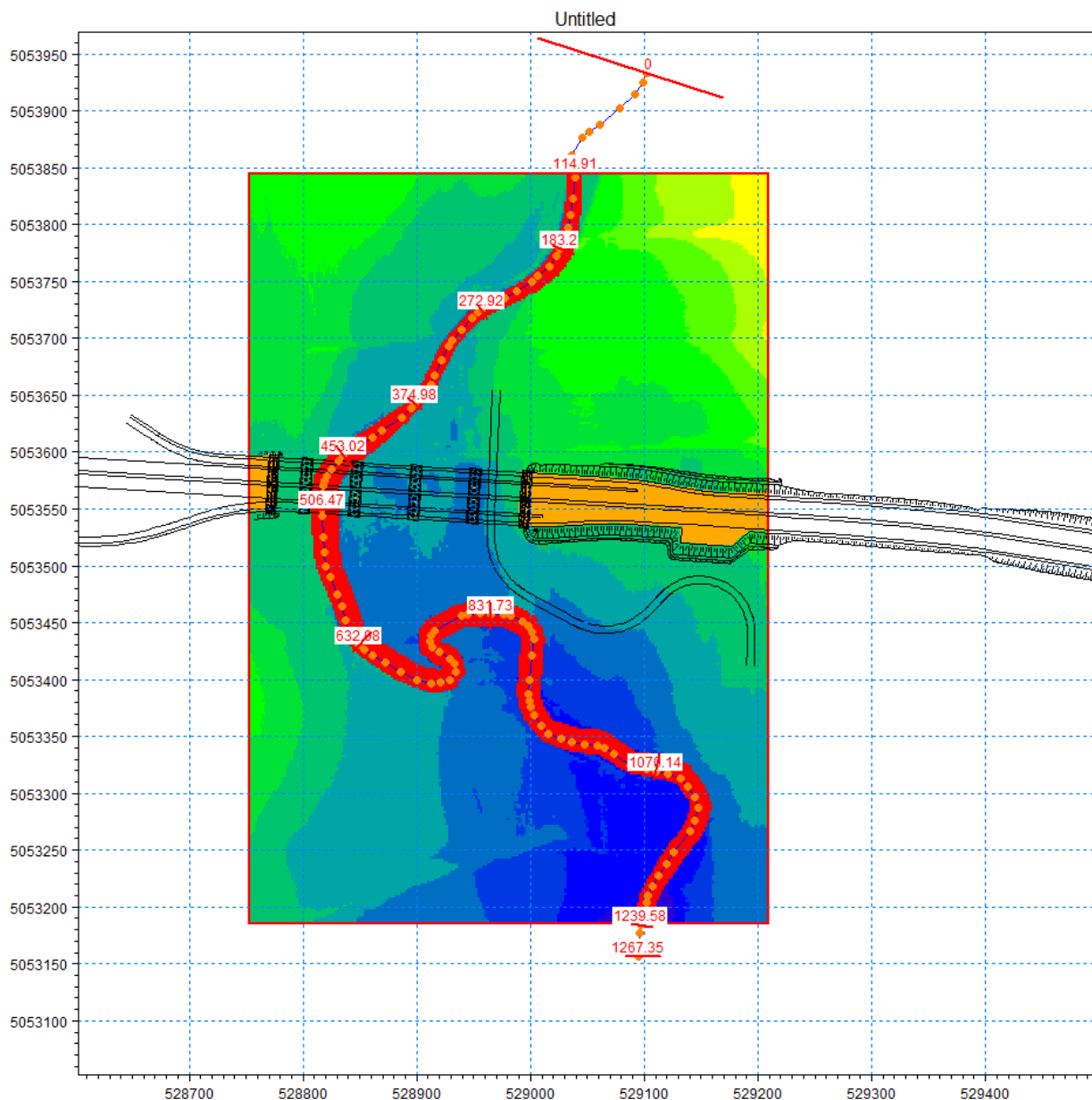


Figura 9 – Dominio del modello MIKE FLOOD con network monodimensionale M11 e batimetria del modello M21.

5.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Nel modello Mike Flood sono state assunte le seguenti condizioni al contorno:

- portata TR 200 anni in entrata nel modello M11 pari a $151 \text{ m}^3/\text{s}$, assegnata nella sezione MO_91_1 alla progressiva 0,00 m;
- scala di deflusso in moto uniforme imposta nella sezione di valle del modello M11 (MO_88_1) alla progressiva 1267,35 m.

Si specifica che nella sezione MO_88_1, per la portata pari a 100 anni si raggiunge un livello congruente con quello ottenuto dal PGRA utilizzato nell'ambito della stesura del Piano delle fasce di pericolosità idraulica.

Per quanto riguarda le resistenze distribuite si sono assegnati nel modello monodimensionale (per la parte incisa dell'alveo) valori di Strickler pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e per la parte di modello bidimensionale si sono assegnati valori di Strickler variabili tra valori di 22 e 26 (valori meno scabri del 15% rispetto a quelli assegnabili in un modello monodimensionale, in quanto il modello 2D sono già direttamente considerati nelle equazioni del moto, gli effetti di resistenza indotti dalle condizioni di moto non-monodimensionali quali turbolenze, moti vorticosi, sinuosità dell'alveo ecc.)

I valori di resistenza distribuita assegnati al modello sono congruenti con quelli del PGRA.

5.5 SIMULAZIONI IDRODINAMICHE

L'analisi idraulica ha analizzato il tratto di torrente Molgora nelle condizioni di stato attuale e in quelle di progetto per portata con tempo di ritorno di 200 anni.

In particolare nello stato di progetto è stata inserita nella batimetria la struttura del viadotto in progetto (pile, spalle e rilevato) rispetto allo stato attuale così come mostrato Figura 10 e Figura 11

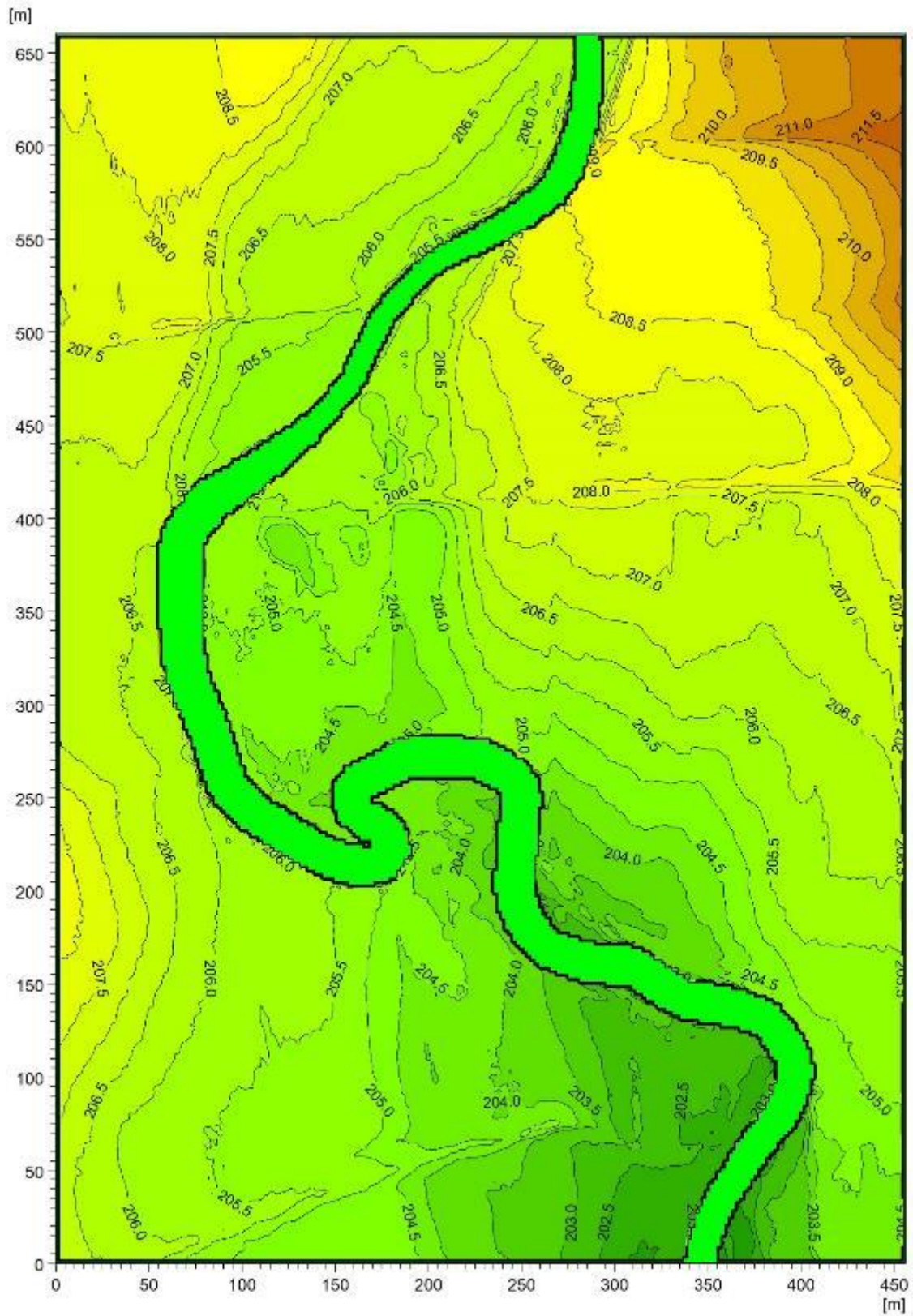


Figura 10 – Batimetria dello stato attuale.

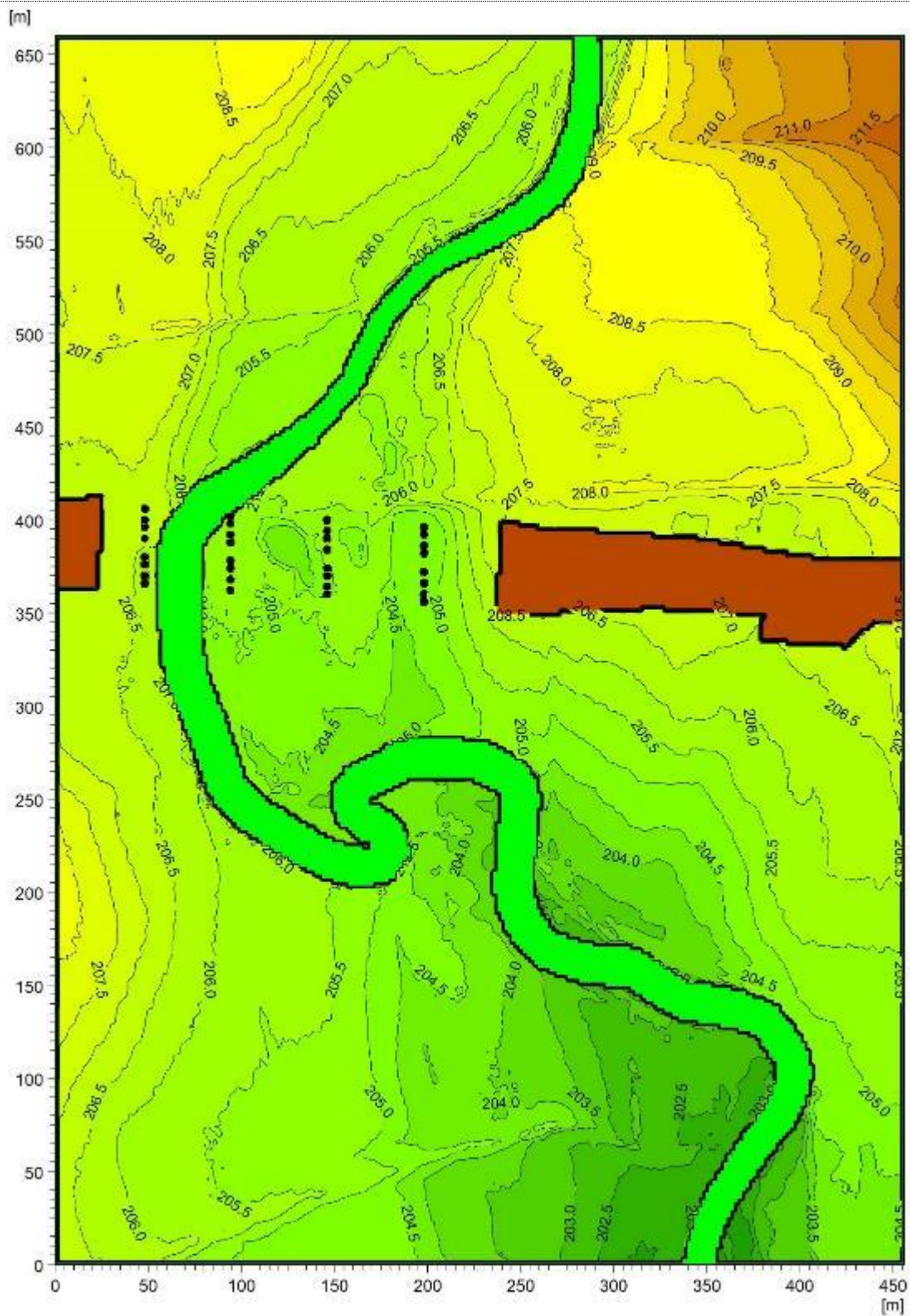


Figura 11 – Batimetria dello stato di progetto.

I risultati della simulazione a tempo di ritorno 200 anni ottenuti con il MIKE FLOOD sono nel seguito riportati in termini di mappe idrodinamiche che rappresentano l'involuppo dei massimi livelli idrici, dei massimi tiranti idrici e delle massime velocità.

In riferimento allo stato di progetto si sono riprodotte inoltre delle mappe di dettaglio che analizzano i risultati nell'intorno del viadotto in progetto.

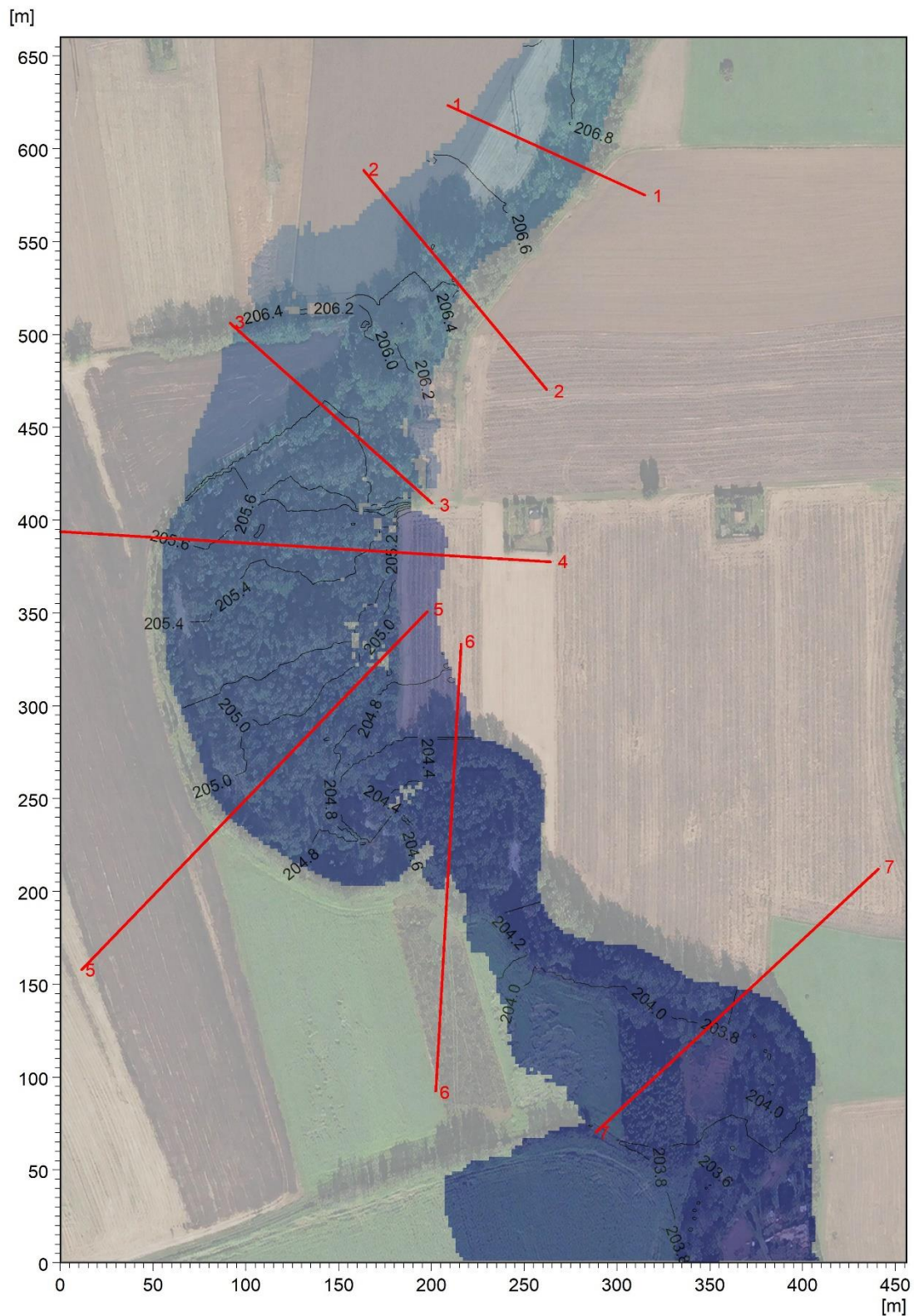


Figura 12 – Mappa involuppo dei massimi livelli idrici nello stato attuale.

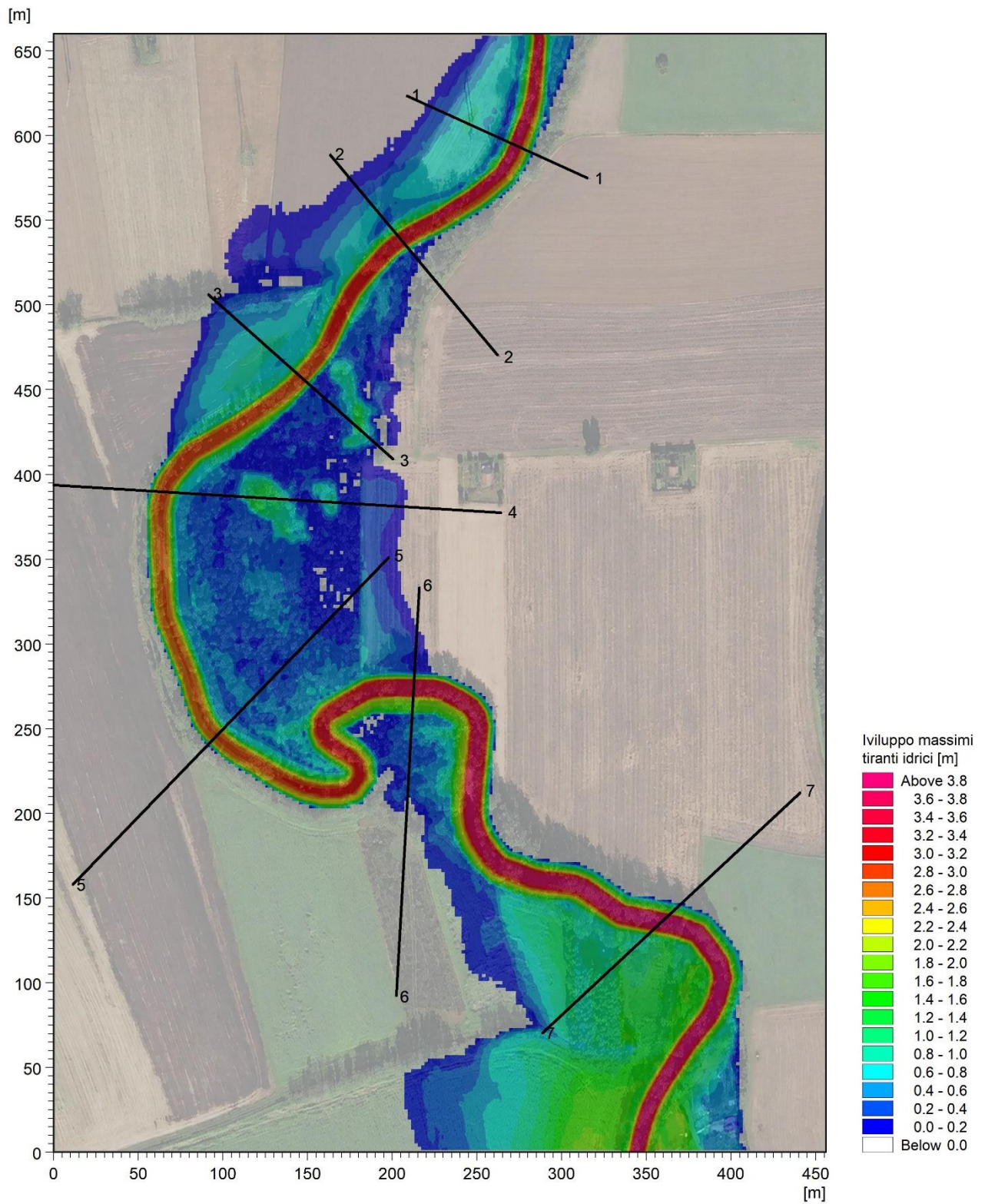


Figura 13 – Mappa inviluppo dei massimi tiranti idrici nello stato attuale.

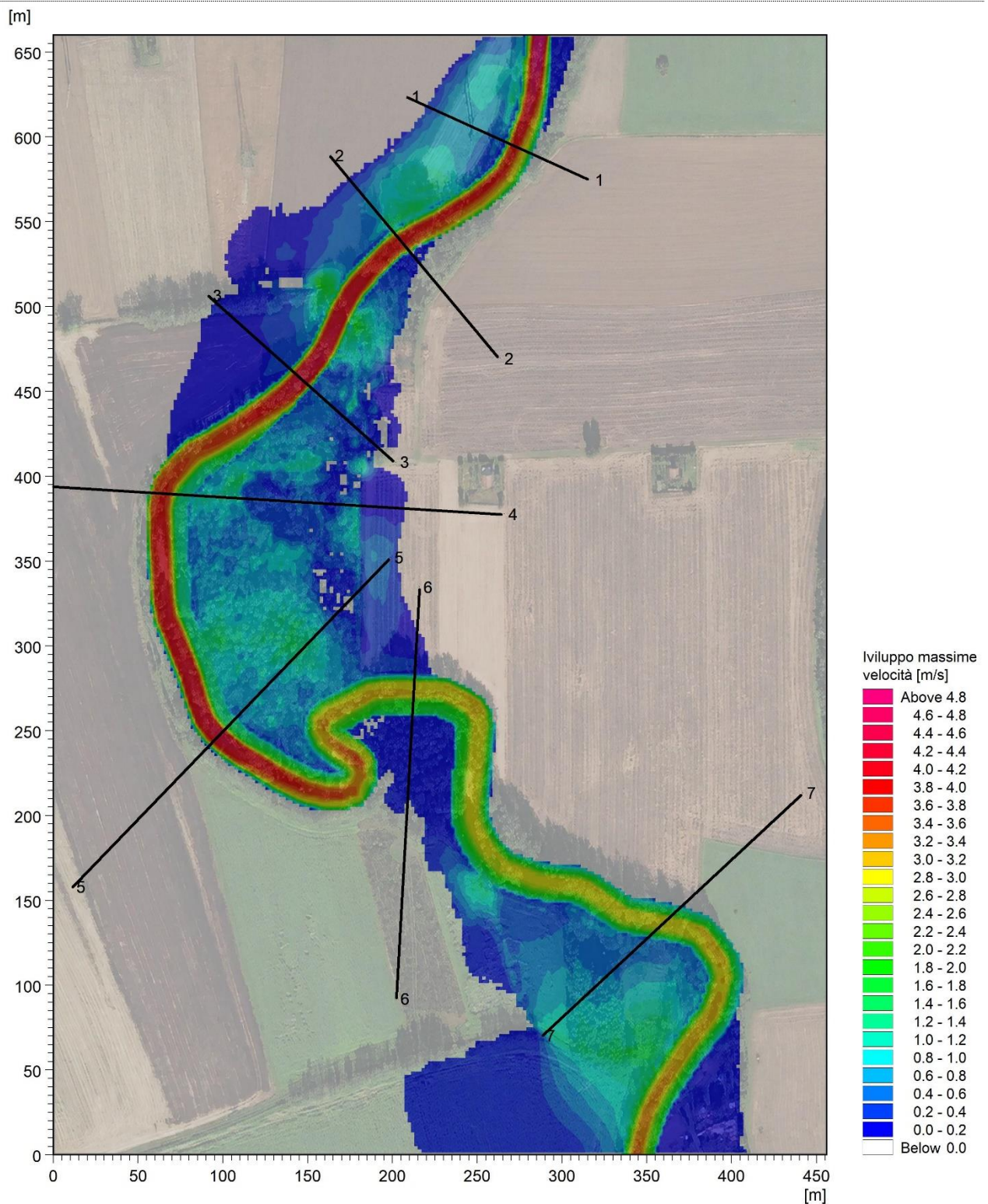


Figura 14 – Mappa inviluppo delle massime velocità nello stato attuale.

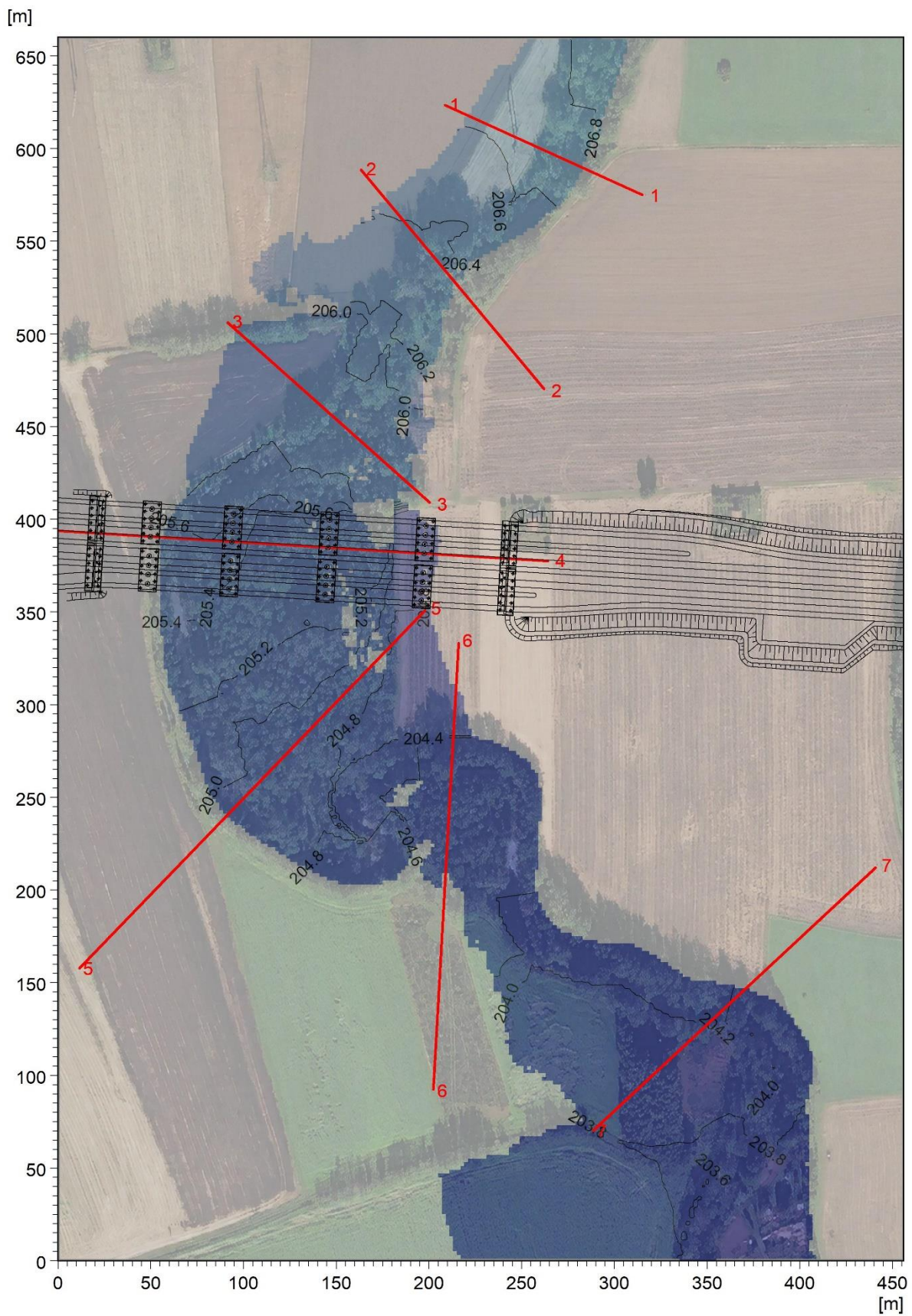


Figura 15 – Mappa involuppo dei massimi livelli idrici nello stato di progetto.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

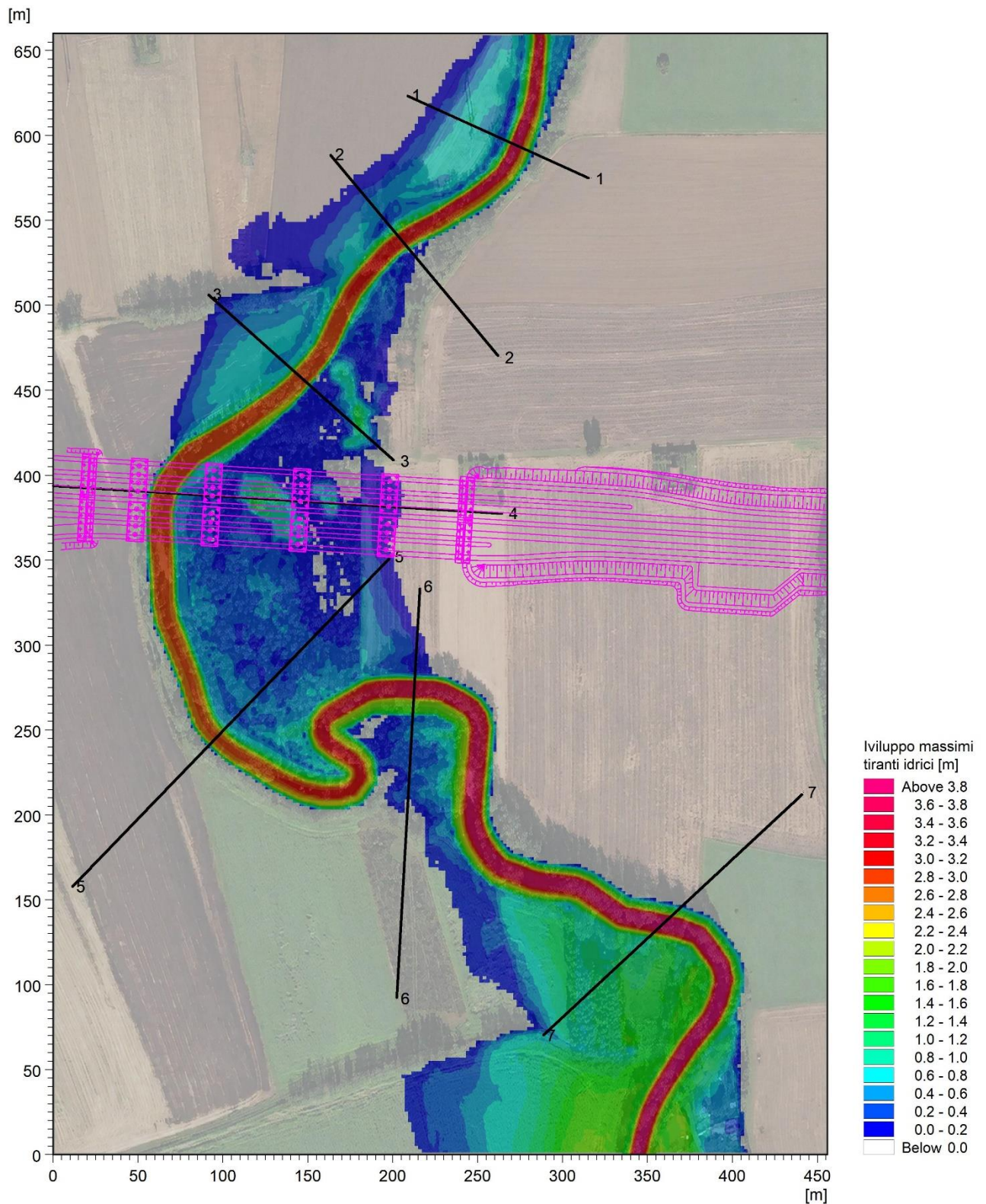


Figura 16 – Mappa inviluppo dei massimi tiranti idrici nello stato di progetto.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

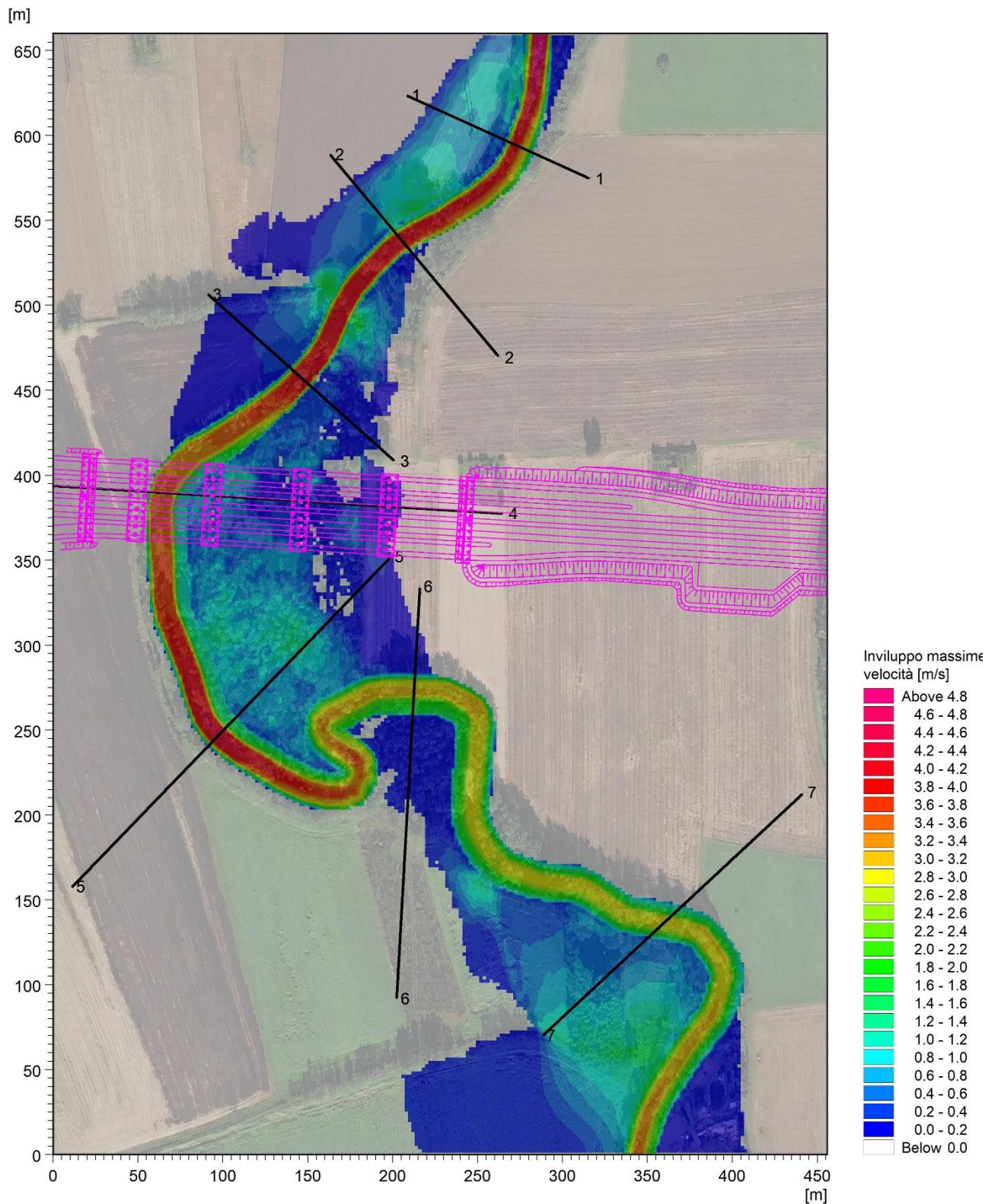


Figura 17 – Mappa involuppo delle massime velocità nello stato di progetto.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

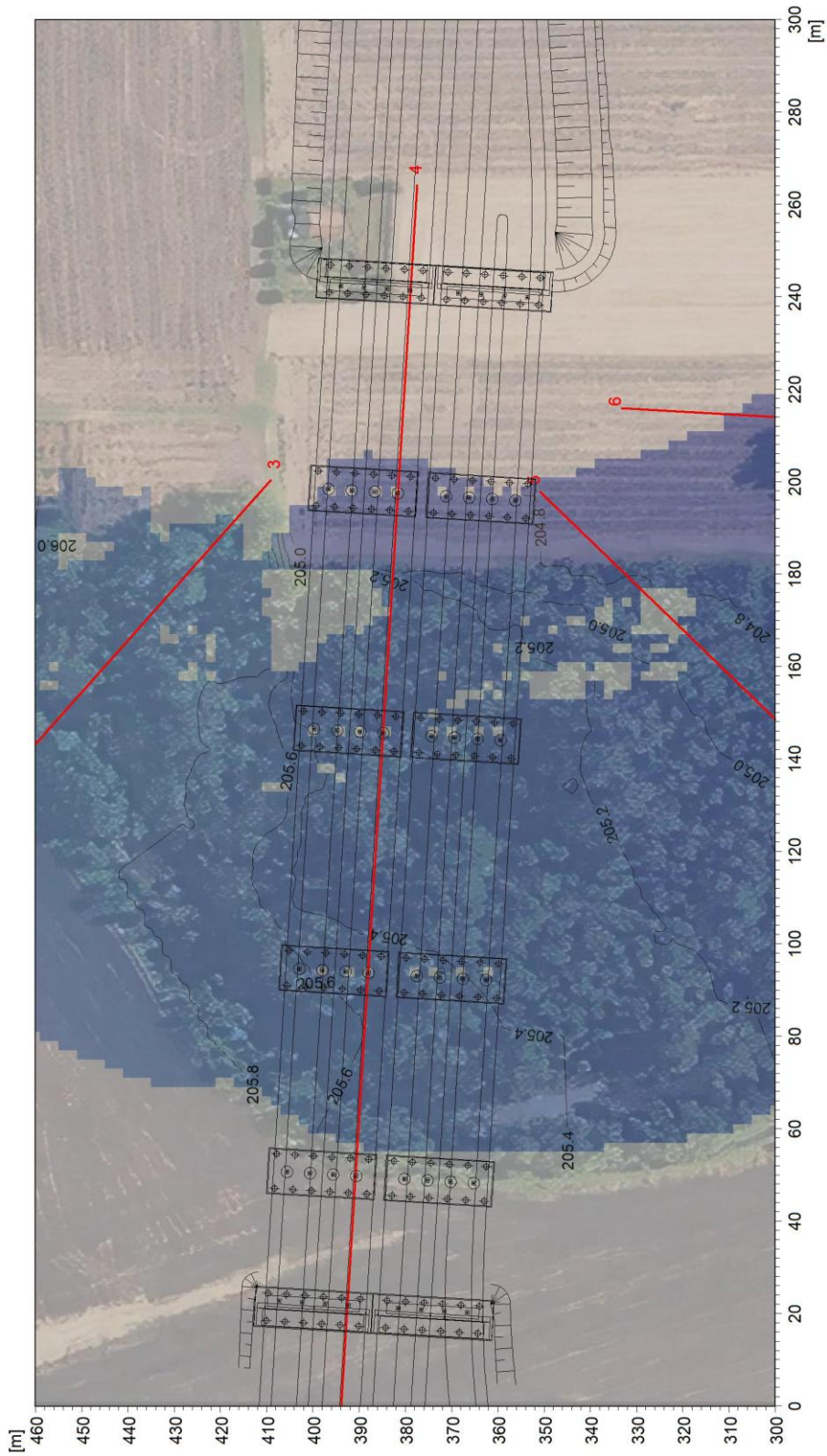


Figura 18 – Mappa involuppo di dettaglio dei massimi livelli idrici nello stato di progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

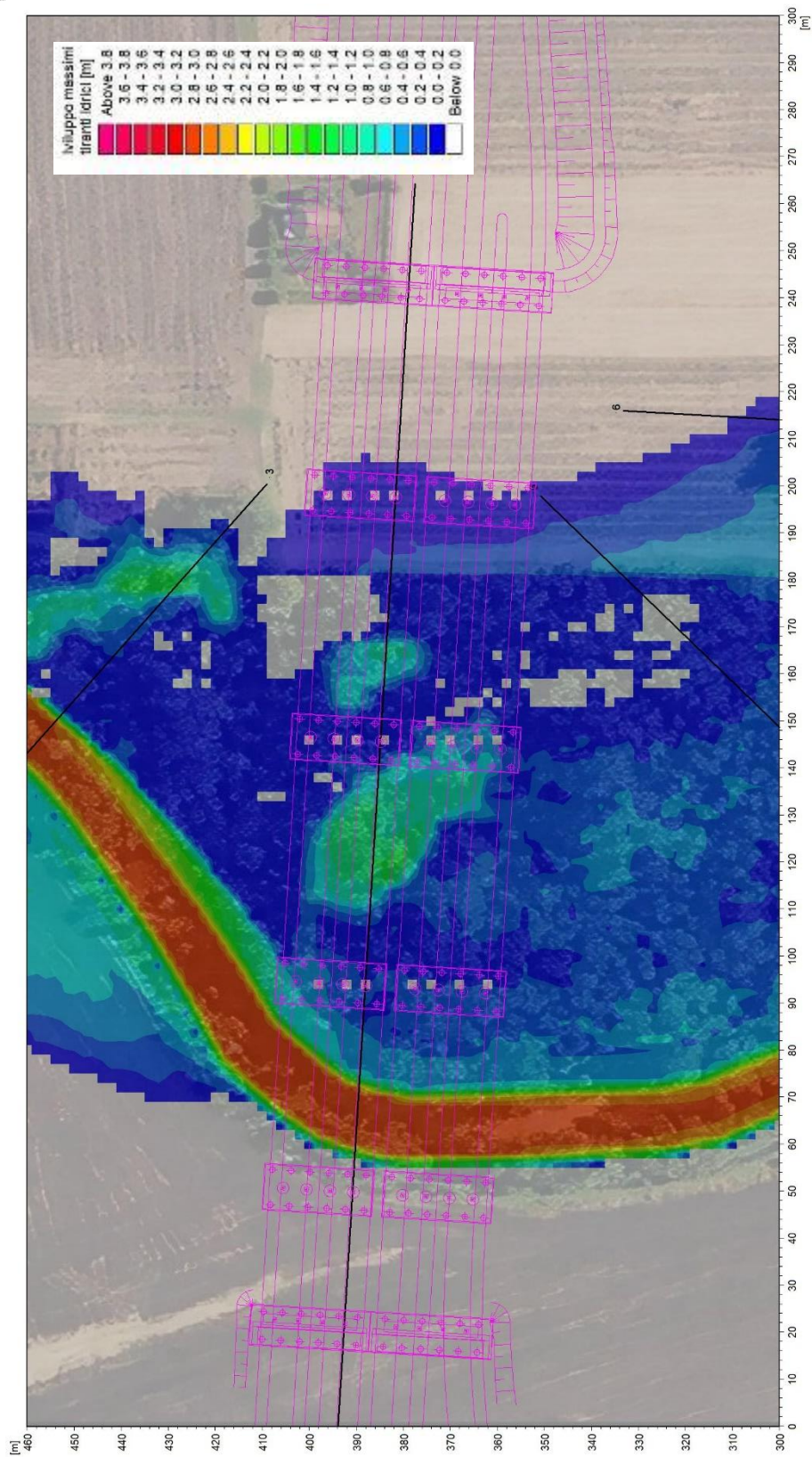


Figura 19 – Mappa involuppo dei massimi tiranti idrici nello stato di progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

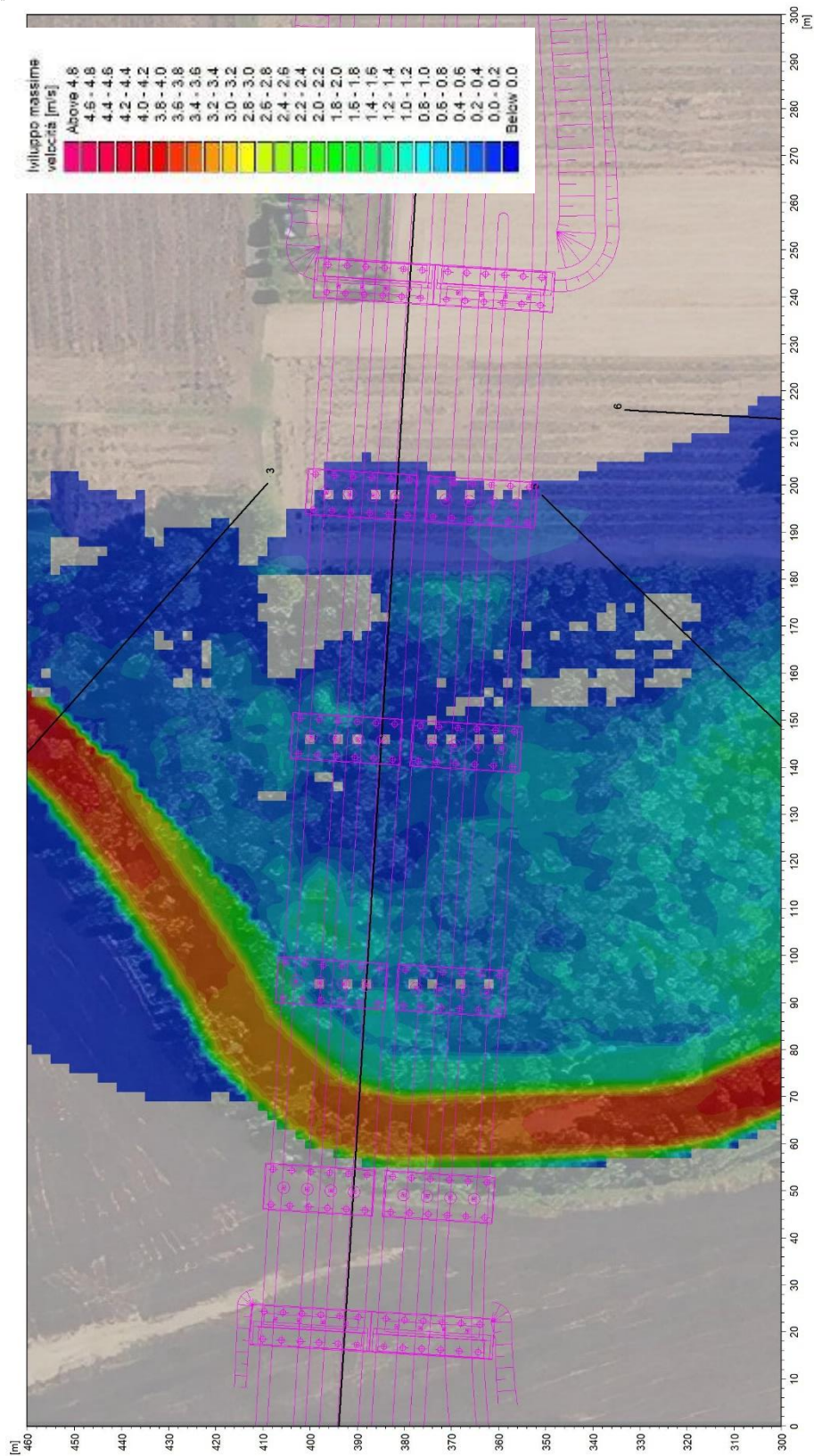


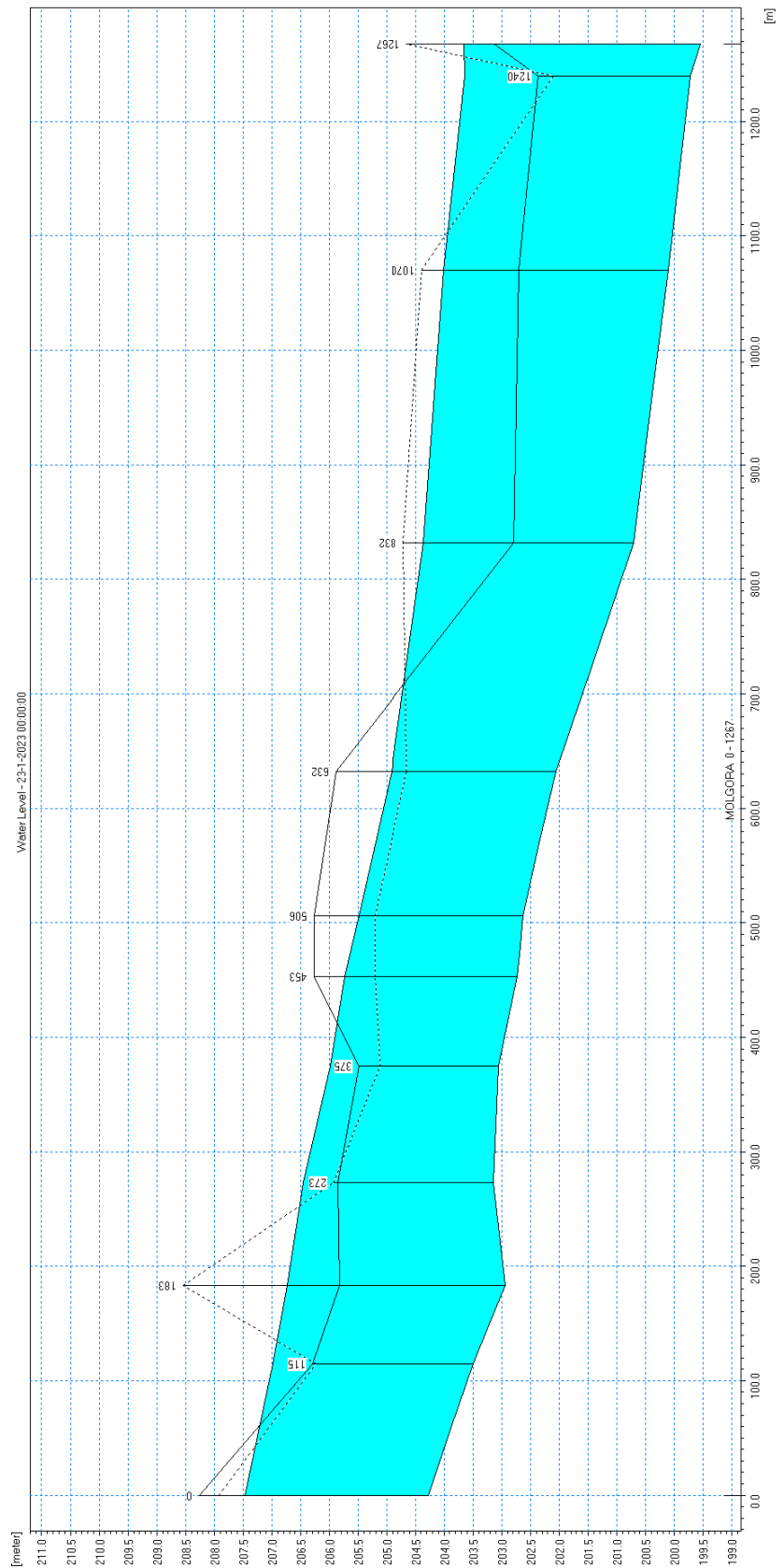
Figura 20 – Mappa involgimento delle massime velocità nello stato di progetto

PROGETTO DEFINITIVO

Le simulazioni eseguite mostrano che la realizzazione dell'attraversamento autostradale in viadotto non modifica il deflusso della piena a tempo di ritorno 200 anni sul Molgora; la sistemazione d'alveo prevista a difesa delle fondazioni dell'opera comporta la riprofilatura ed il rivestimento dell'alveo inciso; essa esercita un'influenza positiva sul profilo idrico di progetto rispetto allo stato attuale (seppure in quantità impercettibile); infatti la sistemazione induce un abbassamento del profilo di progetto verso monte in quantità variabile da 0,01 a 0,10 m (cfr. Tabella 4). Si può quindi affermare che il viadotto non interferisce idrodinamicamente con il deflusso della piena bicentenaria.

Il franco idraulico del viadotto è pari a 1,88 m; esso è stato calcolato per differenza tra la quota minima dell'intradosso dell'opera, pari a 207,48 m s.m., e il massimo livello idrico raggiunto a monte pari a 205,60 m s.m.

In Tabella 4, si riportano i risultati delle simulazioni di stato attuale e progetto eseguite con



il MIKE FLOOD, mentre nelle

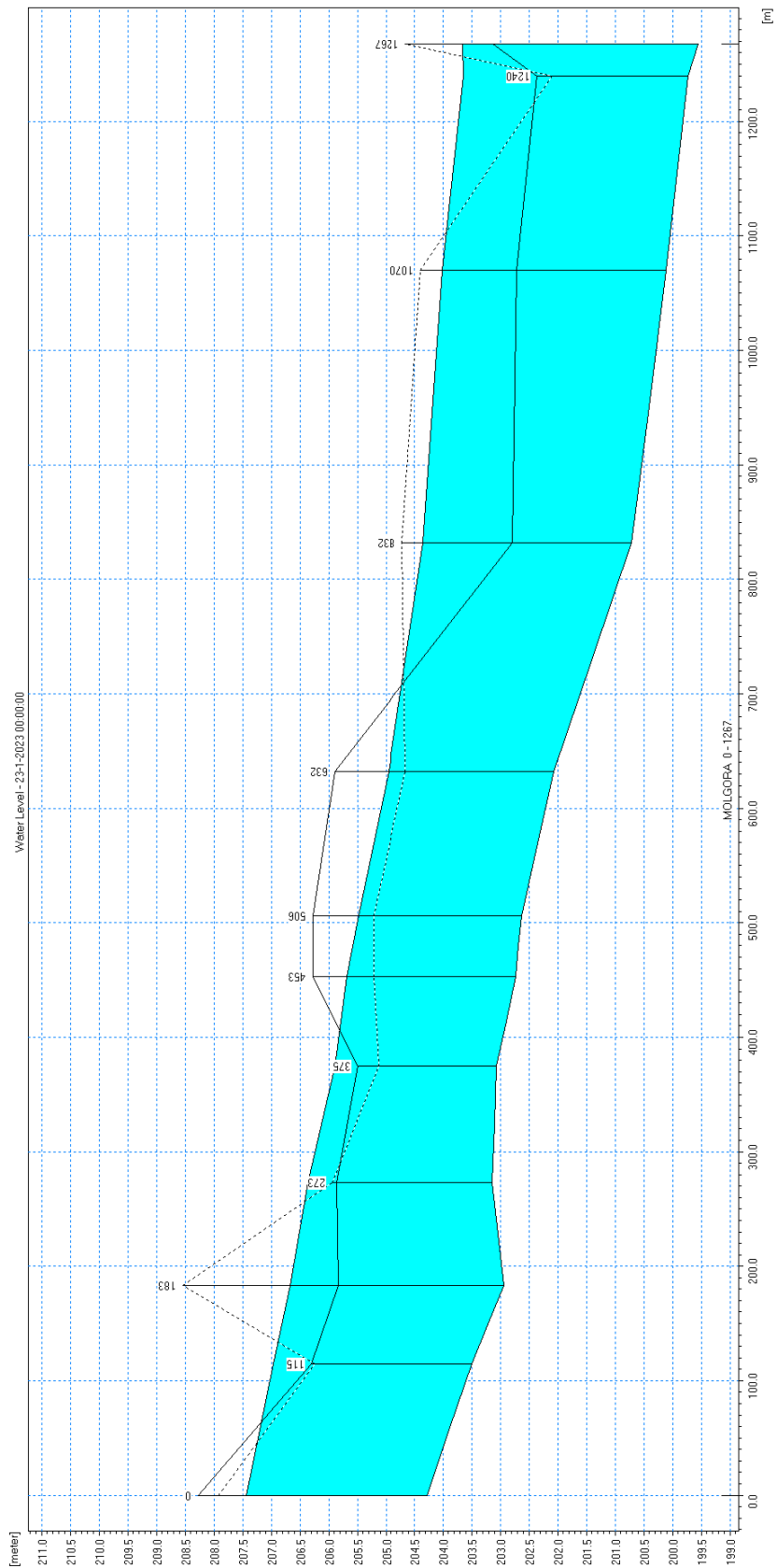


Figura 21 e nella
Figura 22 i profili monodimensionali del M11.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Portata	Livello TR 200 attuale	Livello TR 200 progetto	Differenza profilo progetto - attuale	Intradosso minimo	Franco idraulico
-	m	m s.m.	m ³ /s	m s.m.	m s.m.	m	m s.m.	m
MO_91_1	0,00	204,27	151,00	207,44	207,44	0,00		
1	183,2	202,94	151,00	206,73	206,68	-0,06		
2	272,92	203,14	151,00	206,48	206,41	-0,08		
3	374,98	203,06	151,00	206,05	205,95	-0,10		
4.1	453,02	202,73	151,00	205,64	205,60	-0,04	207,48	1,88
4.2	506,47	202,63	151,00	205,46	205,45	-0,01	207,48	2,03
5	632,08	202,06	151,00	204,95	204,95	0,00		
6	831,73	200,71	151,00	204,80	204,80	0,00		
7	1070,14	200,11	151,00	204,01	204,01	0,00		

Tabella 4 – Risultati delle simulazioni di stato attuale e di progetto

Inoltre si allegano le sezioni trasversali di rilievo dalla 1 alla 7 con rappresentazione dei livelli di stato attuale e di progetto (in corrispondenza della sezione 1, 4 e 7 si sono inoltre sovrapposte quelle utilizzate dal PGRA per i calcoli idraulici).

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

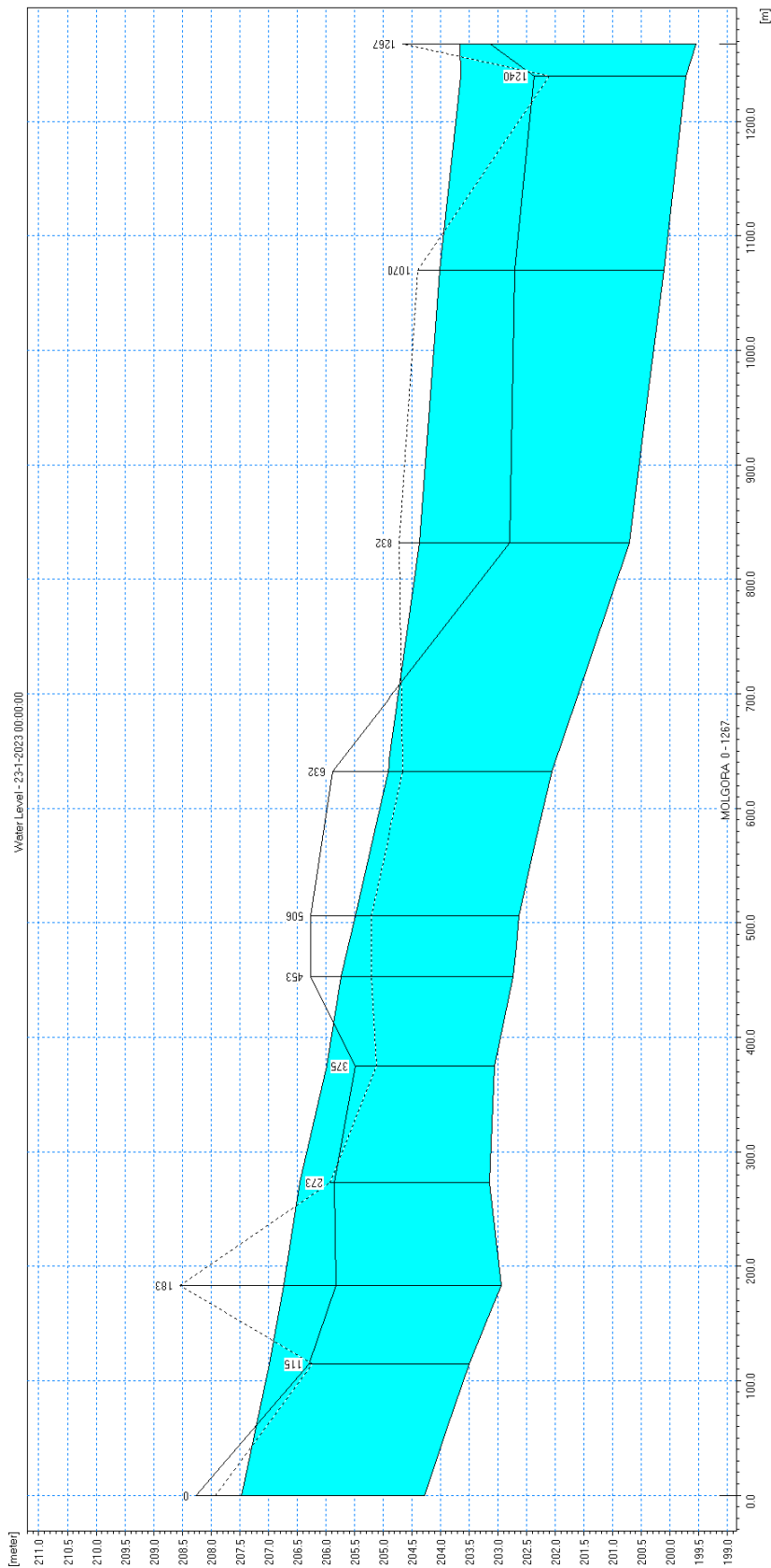


Figura 21 – Profilo M11 nello stato attuale

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

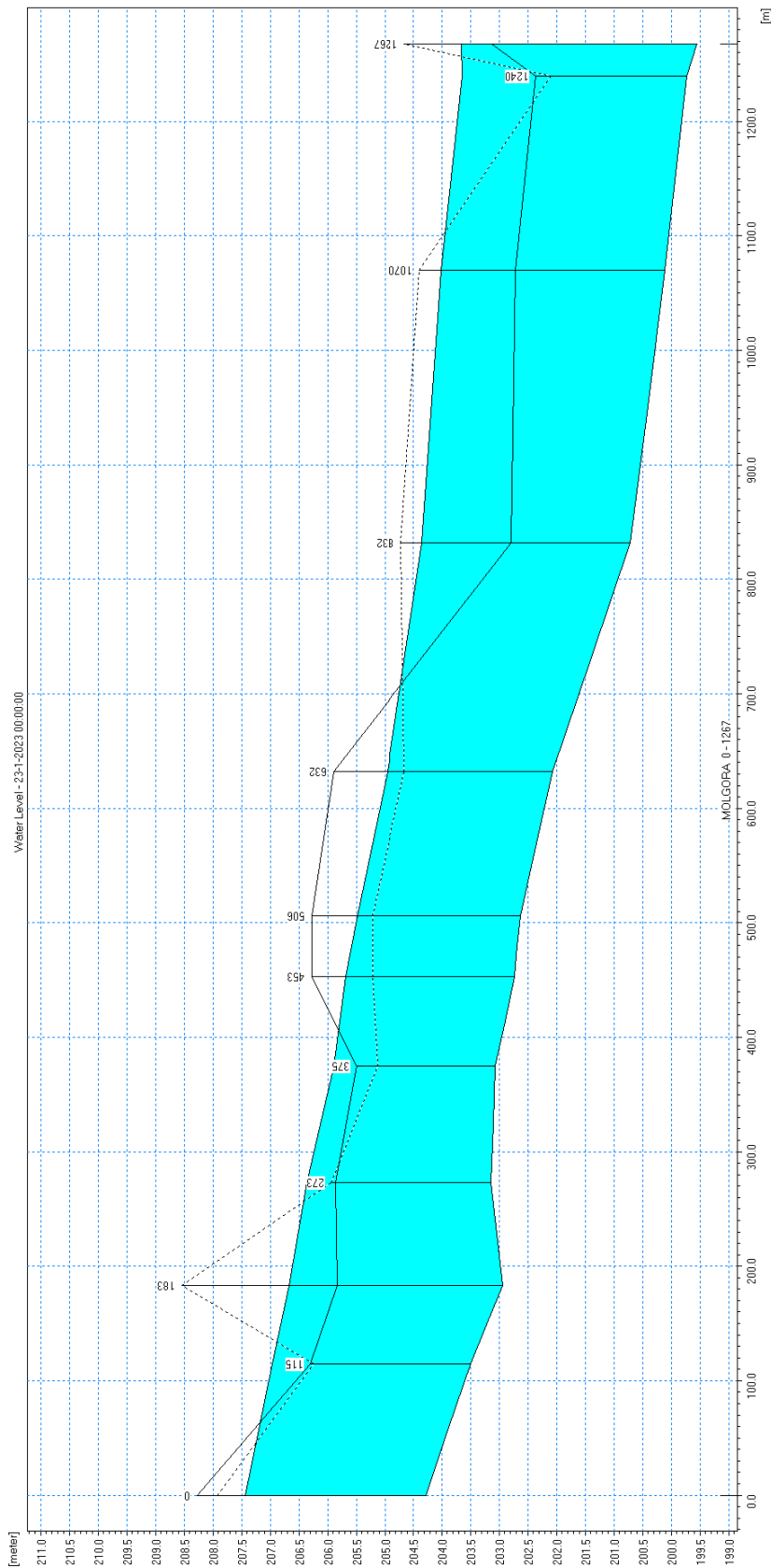


Figura 22 – Profilo M11 nello stato di progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

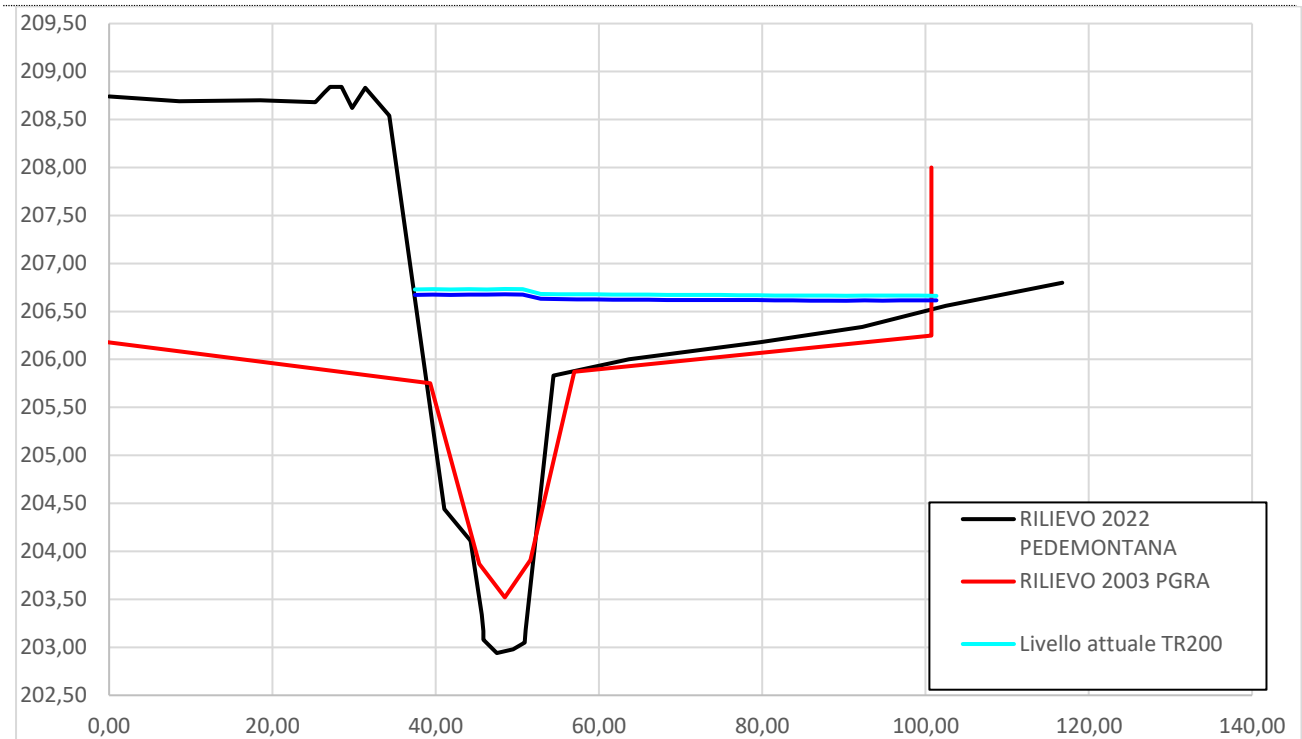


Figura 23 – Sezione 1 (MO_91 PGRA) - livelli di stato attuale e progetto

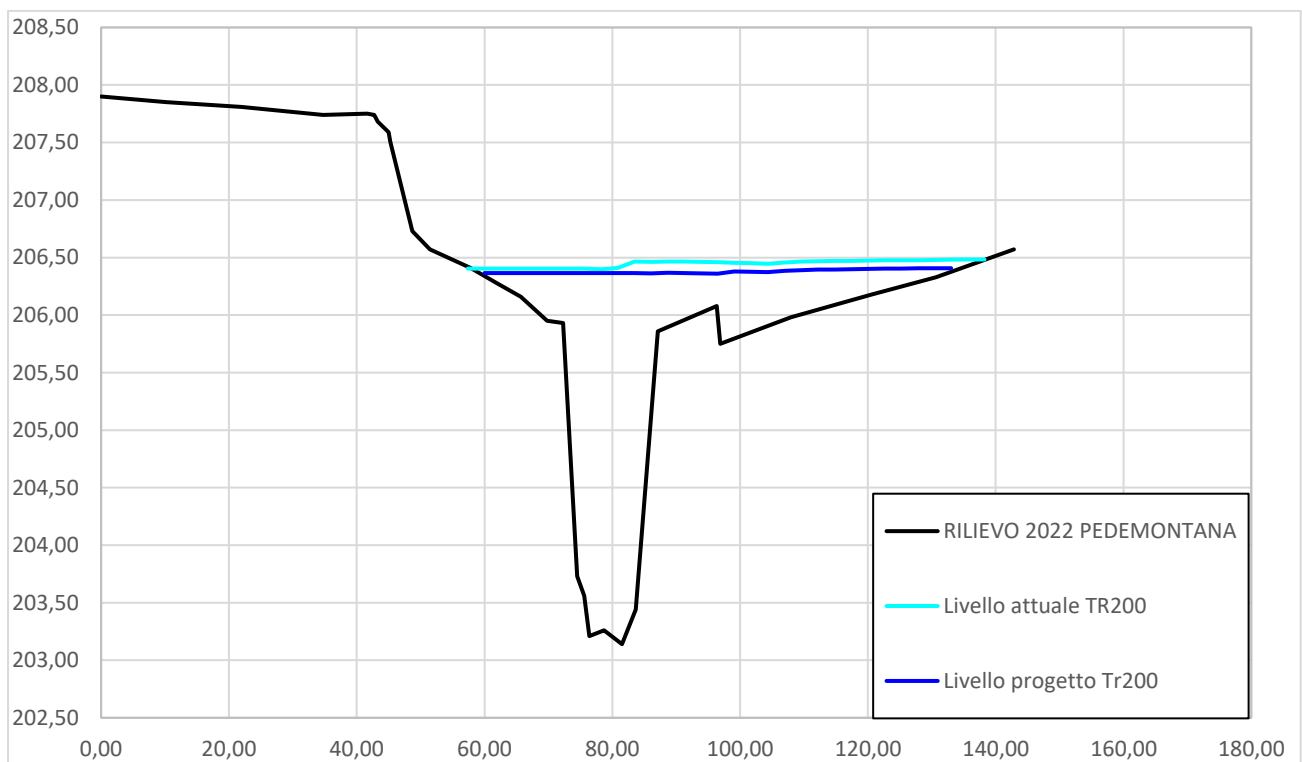


Figura 24 – Sezione 2 - livelli di stato attuale e progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

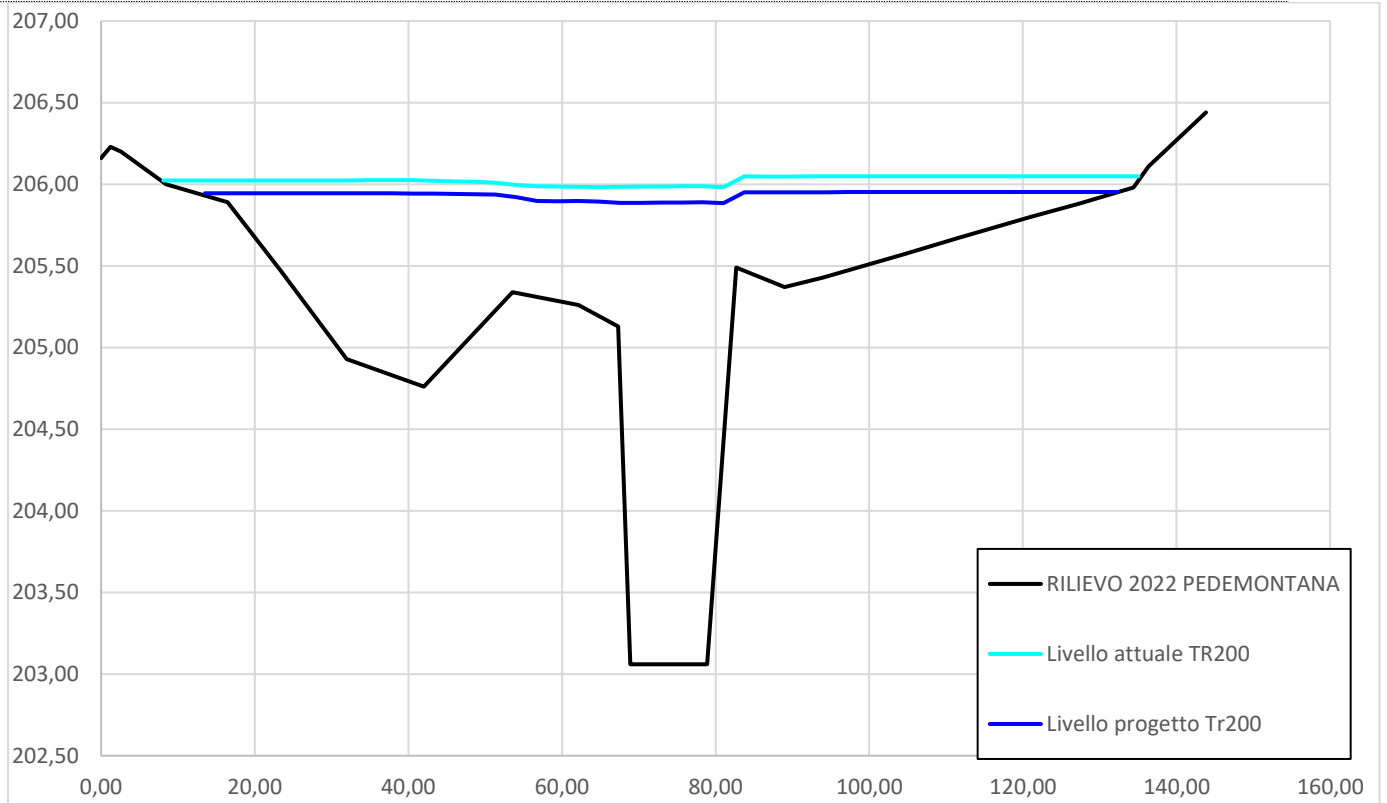


Figura 25 – Sezione 3 - livelli di stato attuale e progetto

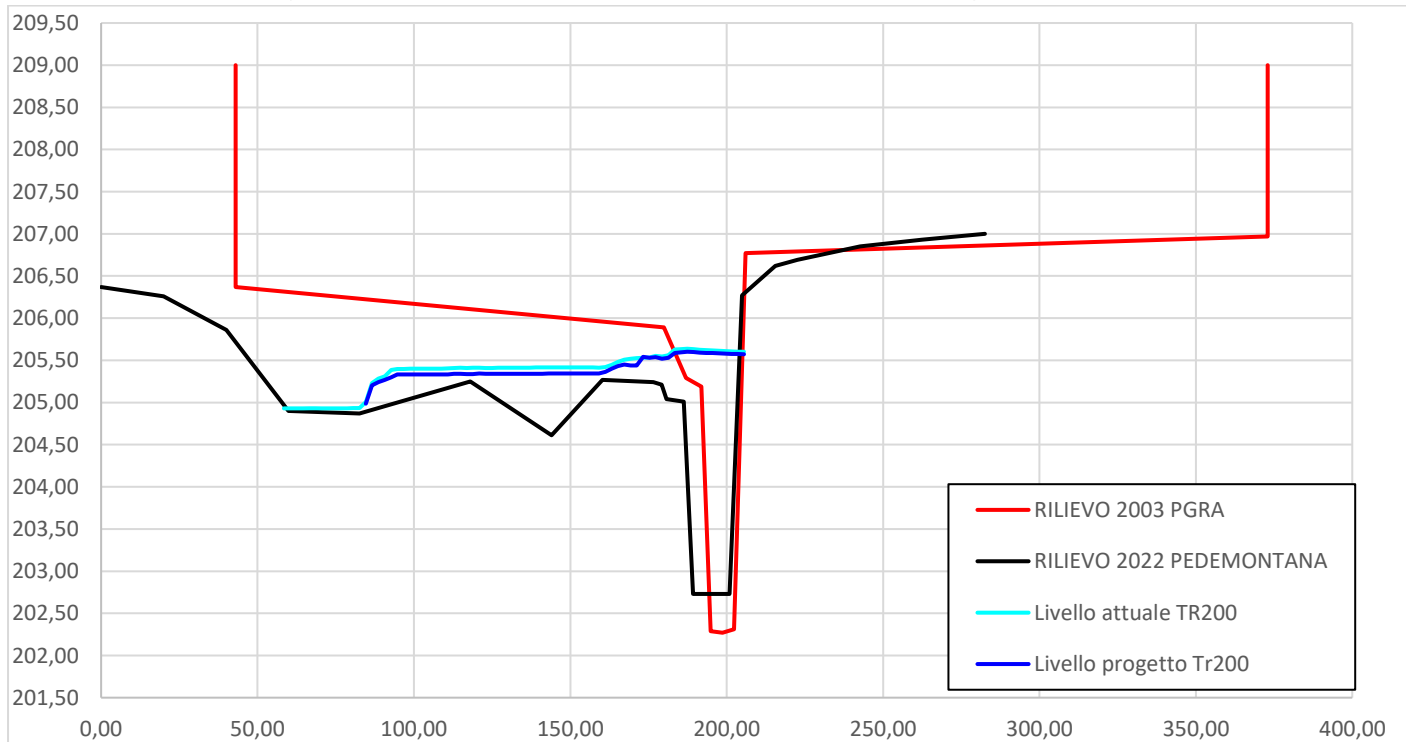


Figura 26 – Sezione 4 (MO_90 PGRA) - livelli di stato attuale e progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

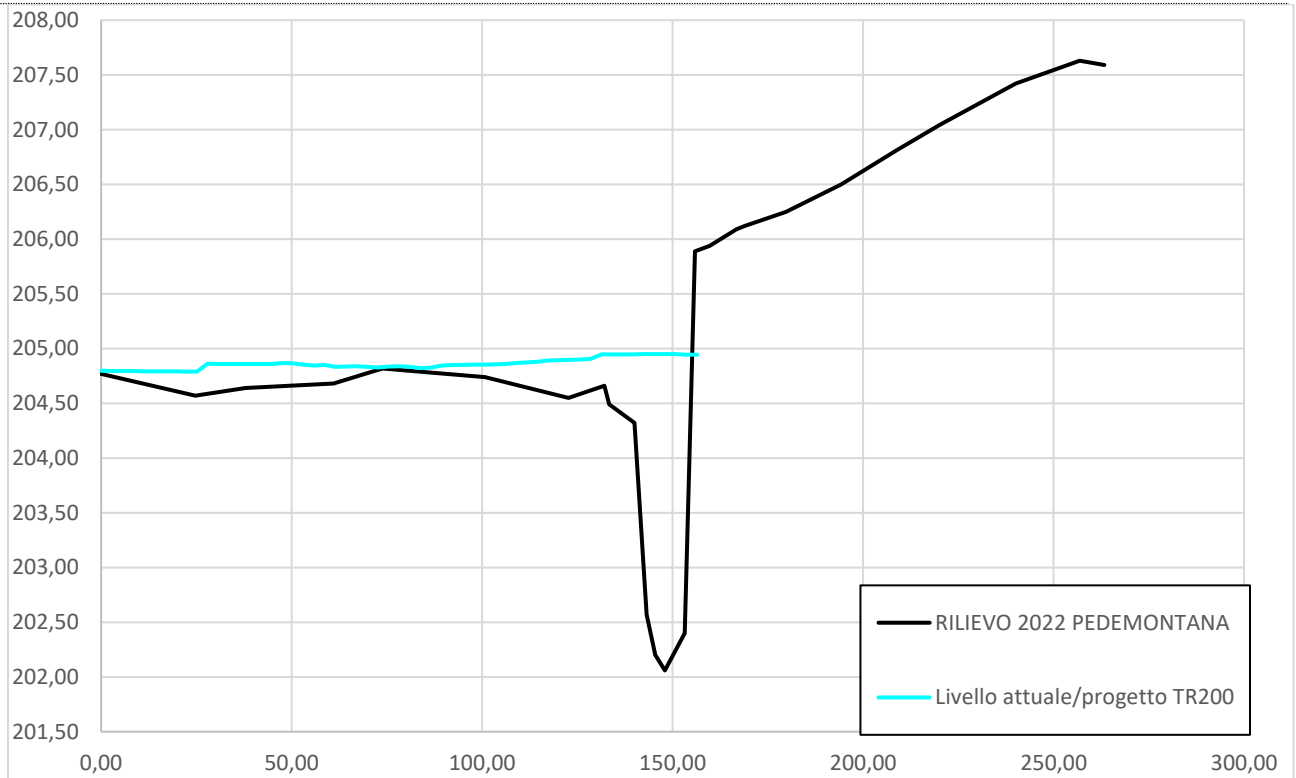


Figura 27 – Sezione 5 - livelli di stato attuale e progetto

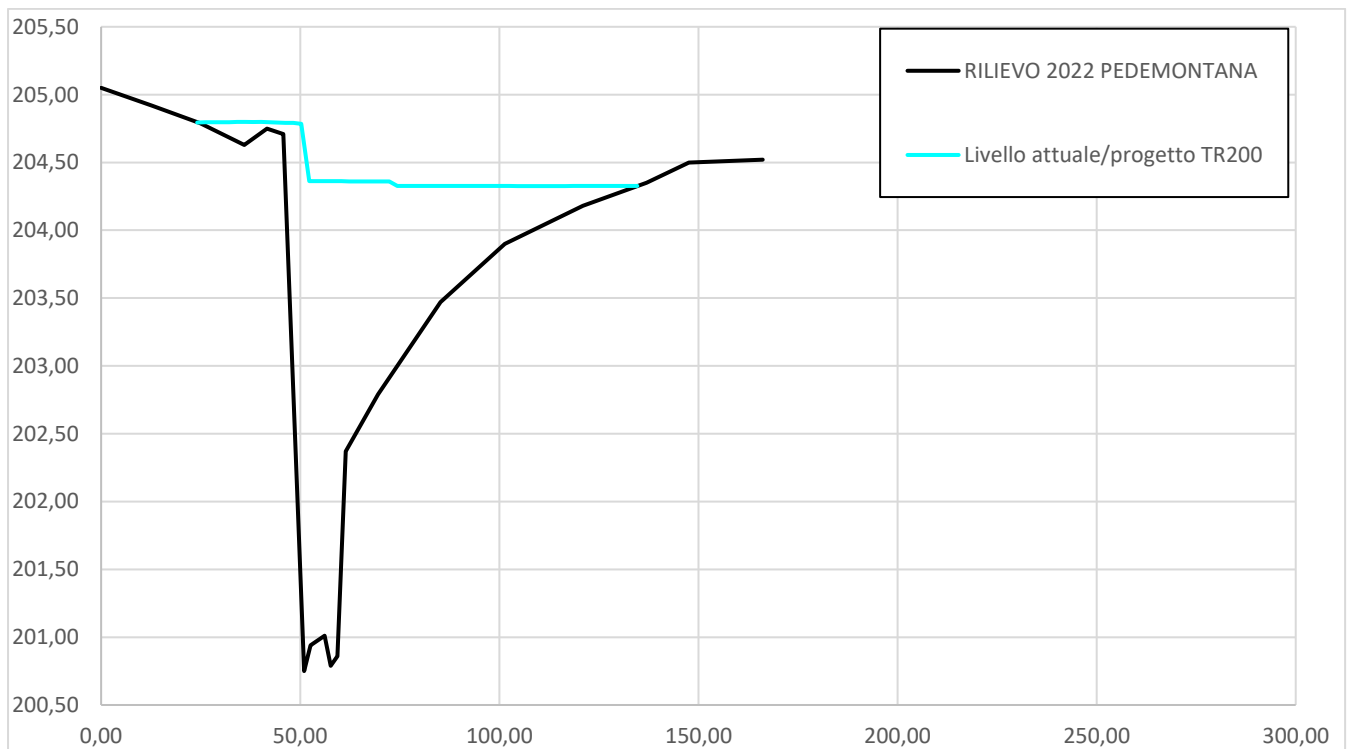


Figura 28 – Sezione 6 - livelli di stato attuale e progetto

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Progetto Definitivo delle opere della Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

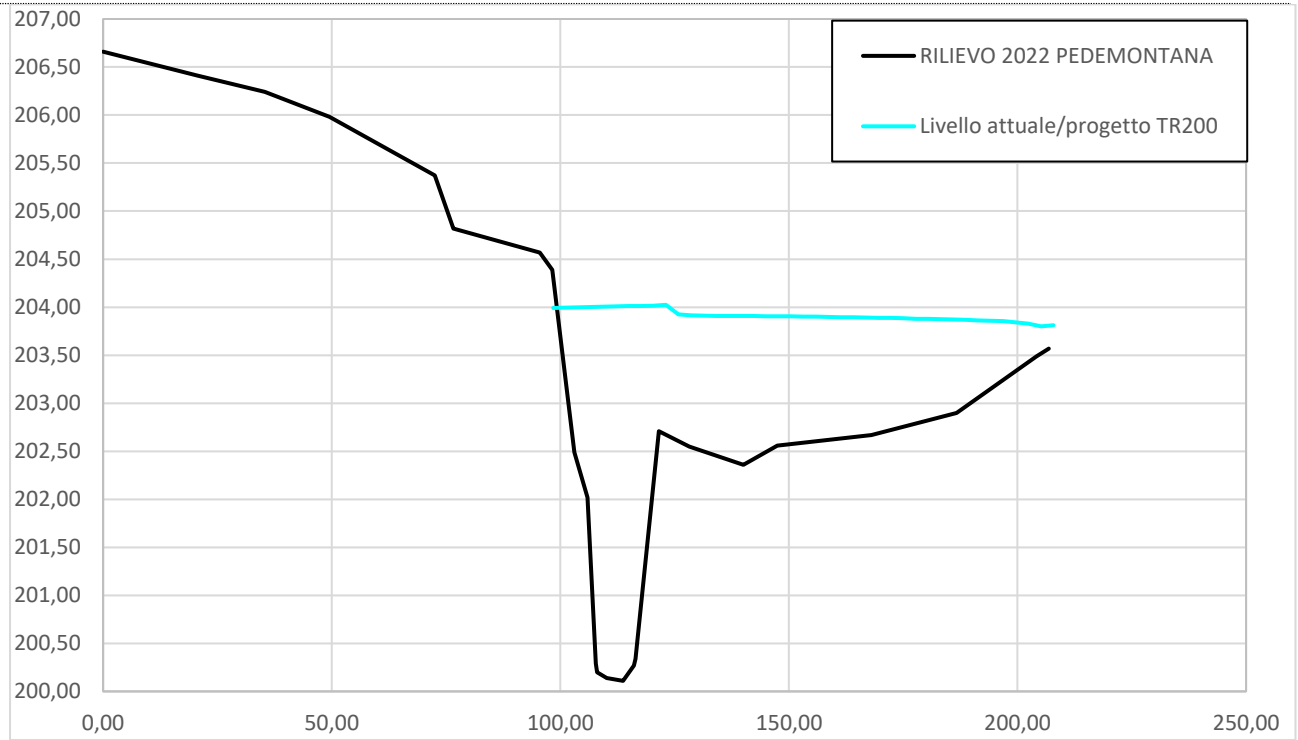


Figura 29 – Sezione 7 (MO_89 PGRA) - livelli di stato attuale e progetto