



**Città di
Paderno Dugnano**

**VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE
SEVESO IN COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)
ai sensi dell'All. 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017**

RELAZIONE

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2.1	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI	4
2.1.1	<i>Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico (DGR 19 giugno 2017 n. X/6738)</i>	<i>5</i>
2.2	PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ESONDAZIONE (ALL. 4).....	7
3	ANALISI DEGLI STUDI IDRAULICI PREGRESSI	10
3.1	VARIANTE AL PAI - TORRENTE SEVESO DA LUCINO ALLA CONFLUENZA NELLA MARTESANA IN MILANO (DICEMBRE 2020)	11
4	TORRENTE SEVESO.....	14
4.1	IL TORRENTE SEVESO A PADERNO DUGNANO.....	15
5	RILIEVI TOPOGRAFICI E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO DEL TERRENO	17
5.1	INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE UTILIZZATE COSTRUZIONE DEL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	17
6	STUDIO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	19
6.1	DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	19
6.2	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	22

6.2.1	<i>Descrizione della geometria dell'alveo</i>	22
6.2.2	<i>Descrizione geometrica delle aree di allagamento.....</i>	24
6.2.3	<i>Condizioni al contorno e coefficienti di scabrezza</i>	27
6.3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI	27
7	ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	31
7.1	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....	31
7.2	ZONAZIONE DEL RISCHIO	32

ALLEGATI E TAVOLE

TAV. 1	-	TRACCIA DELLE SEZIONI – SCALA 1:5.000
TAV. 2	-	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – SCALA 1:5.000
TAV. 3	-	ZONAZIONE DEL RISCHIO – SCALA 1:5.000
ALL. 1	-	SEZIONI IDRAULICHE DA MODELLO HEC-RAS

1 PREMESSA

Il Comune di Paderno Dugnano, ai sensi della D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017 - punto 3.1.4, è tenuto a verificare e, ove necessario, ad aggiornare le condizioni di pericolosità e rischio idraulico locale del torrente Seveso.

La valutazione del rischio idraulico dovrà essere predisposta secondo le metodologie contenute nell'Allegato 4 *"Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione"* alla D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 *"Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. n. 12 dell'11/3/2005"* approvati con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e successivamente modificati con D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, per un tempo di ritorno di 100 anni.

Le elaborazioni effettuate hanno definito il grado di pericolosità idraulica (H) ritenuta adeguata alla caratterizzazione dei fenomeni di esondazione interessanti le aree limitrofe al torrente Seveso.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi procedurali:

- analisi degli studi idraulici pregressi allo scopo di acquisire dati di carattere tecnico utili all'elaborazione dello studio (valori di portata, assetto idraulico del corso d'acqua, aree inondabili ecc.);
- rilievo geomorfologico di dettaglio del corso d'acqua, delle sponde fluviali, supportato dalla base aerofotogrammetrica del comune di Paderno Dugnano e dal rilievo LIDAR del torrente Seveso;
- rilievo topografico delle sezioni idrauliche di interesse con aggancio delle quote all'aerofotogrammetrico comunale;
- rilievo del profilo fluviale per un tratto sufficiente alla definizione della pendenza media dell'asta;
- determinazione, sulla base dei dati idrologici ed idraulici degli studi sopramenzionati, della portata al colmo per un tempo di ritorno di 100 anni e degli idrogrammi;
- modellazione idraulica bidimensionale in condizioni di moto vario;
- definizione della pericolosità idraulica incrociando i valori di velocità della corrente a quelli del tirante ottenuti dalla simulazione idraulica bidimensionale;
- individuazione delle aree di rischio (R).

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato adottato con deliberazione n.4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Per il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po, brevemente PGRA-Po.

Il PGRA-Po è stato predisposto dalle amministrazioni competenti per la difesa del suolo e la protezione civile nel Distretto Padano, in coordinamento tra loro e con gli enti sovra regionali competenti per le due materie. Per il Distretto Padano gli autori sono: l'Autorità di Bacino del Po, le Regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, la Provincia Autonoma di Trento e il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile.

Il PGRA-Po contiene in sintesi:

- la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio, con particolare riferimento alle situazioni a maggiore criticità;
- il quadro attuale dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni;
- le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità ed analisi.

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità (P1 - alluvioni rare con $T=500$ anni), di media probabilità (P2- alluvioni poco frequenti $T=100-200$ anni) e alta probabilità (P3 - alluvioni frequenti $T=20-50$ anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati, secondo la seguente classificazione:

- Reticolo idrografico principale (RP)
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM)
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP)
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente livello di rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Nell'ambito della redazione del PGRA è stata condotta una specifica attività volta a verificare le esigenze di aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (Piano per l'Assetto Idrogeologico – PAI e PAI Delta) allo scopo di armonizzarli con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – PGRA.

Con deliberazione 5/2015, nella seduta del 17 dicembre 2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del F. Po adotta il Progetto di Variante alle Norme di Attuazione del PAI e del PAI Delta. Con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 5 del 7 dicembre 2016 è stata successivamente adottata la Variante, articolata come segue:

PARTE PRIMA: introduzione del Titolo V delle NA del PAI, recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)";

PARTE SECONDA: introduzione della Parte III delle NA del PAI Delta, recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI Delta e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)".

Di seguito si richiamano sinteticamente alcuni articoli desunti dall'Allegato 1 alla sopracitata Deliberazione C.I. n. 5 del 7 dicembre 2016 (nuovo Titolo V), significativi dal punto di vista urbanistico.

- l'art. 57, comma 1 sancisce che le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA costituiscono integrazione del quadro conoscitivo del PAI;
- art. 57, comma 3 sancisce che le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI con riguardo, in particolare, all'Elaborato n. 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo), all'Elaborato n. 3 (Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico) nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF en dell'Elaborato 8 del Piano;
- l'art. 58, comma 1 e 2 demanda alle Regioni, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D. Lgs. n. 152/2006, l'emanazione, entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del presente Titolo V, di disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico (integrative rispetto a quelle già assunte con DGR VII/7365/2001, ora sostituita dalla vigente DGR IX/2616/2011) coordinate con quelle assunte in materia di Protezione civile ai sensi della legge 12 luglio 2012, n. 100;
- all'art. 59 innesca, ove necessario, una nuova fase di adeguamento degli strumenti urbanistici, una valutazione dettagliata delle condizioni di rischio all'interno dei centri edificati che si trovano a ricadere entro le aree allagabili e, conseguentemente, una fase di verifica e eventuale aggiornamento della pianificazione di emergenza.

2.1.1 Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico (DGR 19 giugno 2017 n. X/6738)

Regione Lombardia, con d.g.r. X/6738 del 19.06.2017, ha approvato le "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel

settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 07.12.2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po".

Le disposizioni di cui al punto 3 dell'allegato A della suddetta DGR costituiscono integrazione a quelle dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica approvati con DGR IX/2616 del 30.11.2011, relativamente all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore urbanistico alla scala comunale.

L'allegato A alla D.G.R. X/6738/17, al punto 3.1.4, introduce le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA per i corsi d'acqua **GIÀ** interessati, nella pianificazione di bacino vigente, dalla delimitazione delle fasce fluviali, quale risulta il torrente Seveso a seguito della Variante 2021.

In questi corsi d'acqua, alle perimetrazioni di fascia fluviale vigenti si sono sovrapposte nuove perimetrazioni di aree allagabili, che non sostituiscono le fasce, ma ne rappresentano un aggiornamento ed una integrazione.

Normativa

Fino all'adozione delle specifiche varianti PAI a scala di asta fluviale (con le relative norme di salvaguardia) che porteranno alla revisione delle fasce fluviali vigenti, entrambe le perimetrazioni (fascia fluviale e aree allagabili) rimangono in vigore. In caso di sovrapposizione deve essere applicata la classificazione e di conseguenza la norma più restrittiva.

In particolare, la norma prevede che:

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P3/H si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia fluviale A del PAI;
- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P2/M si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia fluviale B del PAI;
- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P1/L si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia fluviale C del PAI.

Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali

Ai sensi dell'art. 59 delle N.d.A. del PAI (introdotto con il nuovo Titolo V), tutti i Comuni, ove necessario, provvedono ad adeguare i rispettivi strumenti urbanistici conformandoli alla normativa sopraindicata.

In particolare, nelle aree allagabili per la piena frequente (P3/H), poco frequente (P2/M) e rara (P1/L):

1. i Comuni applicano da subito la normativa sopraindicata sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA, modificando di conseguenza le previsioni degli strumenti urbanistici comunali che risultassero in contrasto, ed aggiornando conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali;
2. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 pubblicata sul GEOPortale della

Regione Lombardia) i Comuni sono tenuti a verificare e, ove necessario, aggiornare le valutazioni dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali già svolte in passato.

3. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 pubblicata sul GEOPortale della Regione Lombardia) nelle more del completamento/aggiornamento della valutazione dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali di cui al punto 2. e del suo recepimento nello strumento urbanistico comunale, è facoltà del Comune applicare, anche all'interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che, partendo dalla valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio già svolta (qualora presente) e recepita nel PGT, ne approfondisca gli esiti utilizzando come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza).

4. entro i territori compresi tra un limite B di progetto e un limite di fascia C delle fasce fluviali vigenti: se si è proceduto in passato a svolgere una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali, questa valutazione deve essere verificata e, ove necessario, aggiornata tenendo conto dell'estensione dell'area allagabile contenuta nelle mappe di pericolosità del PGRA e dei relativi dati associati.

5. entro e non oltre i termini stabiliti dall'art. 5 della l.r. 31/2014 per l'adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), i Comuni procedono con il recepimento delle aree allagabili e relative norme (incluse quelle di dettaglio derivanti dalla valutazione del rischio svolta sugli edificati esistenti che si trovano a ricadere entro le aree allagabili P3/H e P2/M) nello strumento urbanistico comunale secondo le modalità già definite per le fasce fluviali nelle N.d.A. del PAI nonché nella d.g.r. IX/2616/2011, parte II, paragrafo 5.1, punti 1 e 2.

2.2 PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ESONDAZIONE (ALL. 4)

La direttiva "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente con D.G.R. 28 maggio n. 8/7374", approvata con D.G.R. IX/2616/2011, stabilisce che la valutazione delle condizioni di rischio nelle aree classificate come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati si intende raggiunta a condizione che sia effettuata secondo la metodologia riportata nell'Allegato 4 ai Criteri stessi "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione". Le risultanze delle valutazioni diventano efficaci al momento della conclusione dell'iter approvativo del Piano di Governo del Territorio; fino ad allora, o in assenza di tale valutazione, si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B.

Il suddetto Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 fornisce indicazioni per gli studi finalizzati alla valutazione e alla zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nonché a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali, o

più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibili esondazioni.

Le metodologie proposte si basano sulla conoscenza dei valori delle altezze d'acqua e delle velocità della corrente che si verificano in corrispondenza di portate con determinato tempo di ritorno; l'Allegato richiede quindi di verificare l'esistenza e l'affidabilità di studi già realizzati in grado di fornire tali informazioni con il grado di dettaglio necessario.

Sulla base dei risultati ottenuti in termini di altezze e velocità d'acqua, desunti da studi esistenti o determinati mediante i nuovi approfondimenti condotti tramite l'analisi idrologica e la verifica idraulica, l'Allegato indica infine la metodologia da seguire per la valutazione della compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte d'uso del suolo.

La valutazione deve basarsi sull'individuazione della pericolosità e dei rischi ai quali è soggetta l'area di indagine e che devono essere mitigati tramite la definizione di interventi.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità si utilizza il grafico, in Figura 2.1, che fornisce le condizioni di pericolosità in funzione del tirante idrico (m) e della velocità della corrente (m/s) al margine (lato fiume) della zona di interesse.

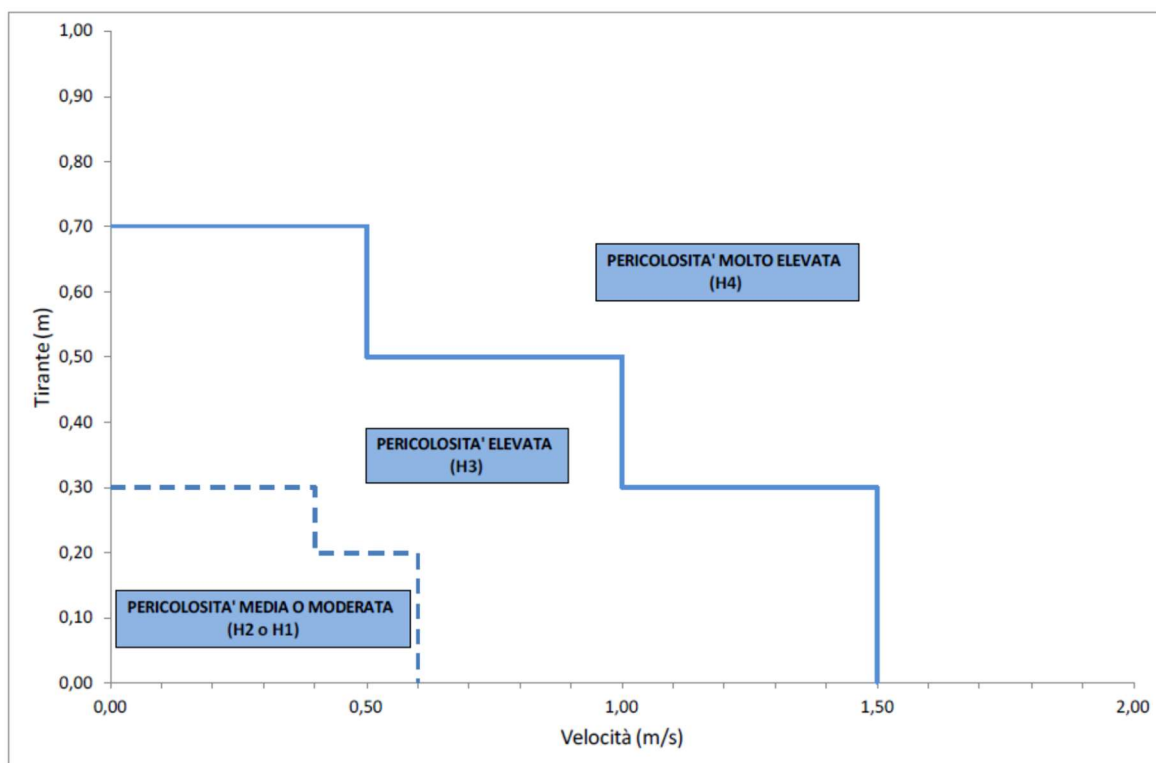


Figura 2.1 – Zonazione della pericolosità (Par. 3.4, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

Il grafico individua tre condizioni a differente livello di pericolosità:

- pericolosità molto elevata (H4) con velocità $> 1,5$ m/s e tirante $> 0,7$ m;
- pericolosità elevata (H3) con velocità compresa tra 0,5 e 1,5 m/s e tirante compreso tra 0,3 e 0,7 m;
- pericolosità medio o moderata con velocità compresa tra 0 e 0,6 m/s e tirante compreso tra 0 e 0,3.

Partendo dalle aree a diversa pericolosità, la quantificazione del rischio dovrà essere effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H), l'entità degli elementi a rischio o danno potenziale (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo la relazione di natura qualitativa $R = H \times E \times V$.

Le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti, come riportato in Tabella 2.1.

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Tabella 2.1 – Classificazione del rischio (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

Le aree caratterizzate da livello di rischio R4 sono incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione e in esse dovrà escludersi ogni nuova edificazione; nella carta di fattibilità delle azioni di piano a tali aree deve essere attribuita la classe 4.

Le aree caratterizzate da livello di rischio R3 possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o tramite accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. Nella carta di fattibilità delle azioni di piano a tali aree deve essere attribuita la classe 3.

3 ANALISI DEGLI STUDI IDRAULICI PREGRESSI

A supporto delle elaborazioni condotte nel presente studio, si sono analizzati gli studi idrologico-idraulici disponibili relativi al torrente Seveso:

- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona, Torrente Seveso – Autorità di Bacino del Fiume Po, dicembre 2003;
- Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa C.S.N.O. in località Palazzolo in comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del C.S.N.O. a Senago (MI), 2011;
- Progetto preliminare area di laminazione del torrente Seveso in Comune di Senago (MI) - AIPO 2011
- Progetto preliminare area di laminazione del torrente Seveso nei comuni di Varedo, Paderno Dugnano e Limbiate - AIPO 2011
- Progetto definitivo area di laminazione del torrente Seveso nel comune di Lentate sul Seveso (MB) - AIPO 2011.

Quanto condotto nei suddetti studi è stato, ove opportuno, aggiornato ed approfondito nell'ambito delle attività a supporto della variante PAI 2017 "Torrente Seveso da Lucino (Montano Lucino - CO) alla confluenza nella Martesana in Milano" redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Tale studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- Acquisizione preliminare del modello idrologico-idraulico del torrente Seveso aggiornato da AIPo nello "Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa C.S.N.O. in località Palazzolo in comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del C.S.N.O. a Senago (MI)"; tale modello costituisce aggiornamento di quello implementato nello studio di fattibilità AdbPo-2003;
- Aggiornamento del modello per il tratto a valle, fino all'ingresso della tombinatura di Milano, sulla base degli stessi set di dati utilizzati in AIPo-2011;
- Aggiornamento del modello complessivo secondo i nuovi dati di superficie urbanizzata relativi al DUSAF aggiornato al 2012;
- Aggiornamento della taratura del modello idrologico-idraulico del torrente Seveso dalle sorgenti fino alla tombinatura di Milano, così come ottenuto al punto precedente, utilizzando i dati pluvio-idrometrici dell'intero periodo compreso tra gennaio 2010 e dicembre 2015.

Il modello così aggiornato è stato poi sollecitato con le precipitazioni di progetto (aggiornamento LSPP ARPA); ne è così discesa la definizione aggiornata delle portate e degli idrogrammi di riferimento lungo l'asta sia per l'assetto attuale sia per quello di progetto.

3.1 VARIANTE AL PAI - TORRENTE SEVESO DA LUCINO ALLA CONFLUENZA NELLA MARTESANA IN MILANO (DICEMBRE 2020)

La Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguarda il torrente Seveso per quasi tutto il suo sviluppo e costituisce integrazione al PAI 2001 che, per questo corso d'acqua, non aveva definito la delimitazione delle fasce Fluviali e l'assetto di progetto.

Successivamente all'approvazione del PAI 2001 sono stati condotti sul bacino e sull'asta del torrente Seveso numerosi studi con finalità di pianificazione e di progettazione di interventi, che hanno permesso di costituire un significativo ed approfondito quadro conoscitivo.

In particolare, i principali studi condotti sono:

- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona, Torrente Seveso – Autorità di Bacino del Fiume Po, 2001-2004;
- Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa C.S.N.O. in località Palazzolo in comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del C.S.N.O. a Senago (MI), 2011;
- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del torrente Seveso nella tratta compresa tra Palazzolo e Milano nell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona – MM – 2011;
- Progetto preliminare di adeguamento delle aree golenali nei comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantù – AIPO 2011-2015
- Progetto definitivo della vasca di laminazione sul fiume Seveso in comune di Senago – AIPO 2015-2016;
- Progetto preliminare area di laminazione del torrente Seveso nei comuni di Varedo, Paderno Dugnano e Limbiate – AIPO 2015
- Progetto definitivo della sistemazione idraulica del torrente Seveso – MM 2015
- Progetto definitivo area di laminazione del torrente Seveso nel comune di Lentate sul Seveso – AIPO 2016.

Parallelamente alla procedura di variante è stato effettuato anche un aggiornamento progettuale degli interventi sopra elencati.

L'analisi approfondita dei diversi studi precedentemente elencati e dei progetti in fase di realizzazione ha portato all'aggiornamento delle portate e dei profili di piena. In particolare, sono state riviste le portate al colmo per i diversi tempi di ritorno (TR 10, 100, 500 anni). Tali valori derivano dalle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate nell'ambito dello studio a supporto della Variante stessa.

Inoltre, sono state introdotte le fasce fluviali in coerenza con il metodo definito nel PAI e in funzione anche del maggiore dettaglio del rilievo morfologico dato dal DTM del 2008.

Le fasce sono state così definite:

FASCIA A

La fascia A è stata delimitata tenendo conto sia del criterio idraulico sia di quello morfologico

FASCIA B

La delimitazione della fascia B sottende l'assunzione di uno specifico progetto di assetto idraulico, morfologico e ambientale del corso d'acqua rivolto a mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica insieme alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

La delimitazione della fascia B rappresenta l'involuppo delle:

- Aree allagabili per la piena di riferimento con TR 100 anni aggiornata nell'ambito della Variante
- Aree della regione fluviale che rivestono un importante ruolo o in relazione agli aspetti morfologici, paesaggistici, naturalistici ed ambientali o in quanto funzionali al recupero della capacità di espansione e laminazione delle piene;
- Aree appartenenti al demanio fluviale.

Dalla fascia B sono state escluse, introducendo il limite di progetto tra le fasce B e C, quelle aree allagabili per la piena di riferimento classificate a rischio R4 nelle mappe del PGRA, ricomprese all'interno dei centri abitati o dei principali insediamenti residenziali/produttivi.

FASCIA C

La fascia C è stata individuata sulla base dell'area allagabile TR 500 anni aggiornata nell'ambito della Variante.

FASCIA B DI PROGETTO

La Variante ha introdotto il limite di fascia B di Progetto che si attua mediante la realizzazione degli interventi di laminazione indicati negli studi precedentemente elencati.

L'attuazione dei limiti B di progetto è finalizzata alla mitigazione delle condizioni di rischio elevato o molto elevato, che comportano gravi danni o perdita di vite umane. L'individuazione di tali limiti deriva dall'affinamento delle analisi di mappatura della pericolosità idraulica e del rischio già effettuate nell'ambito del PGRA.

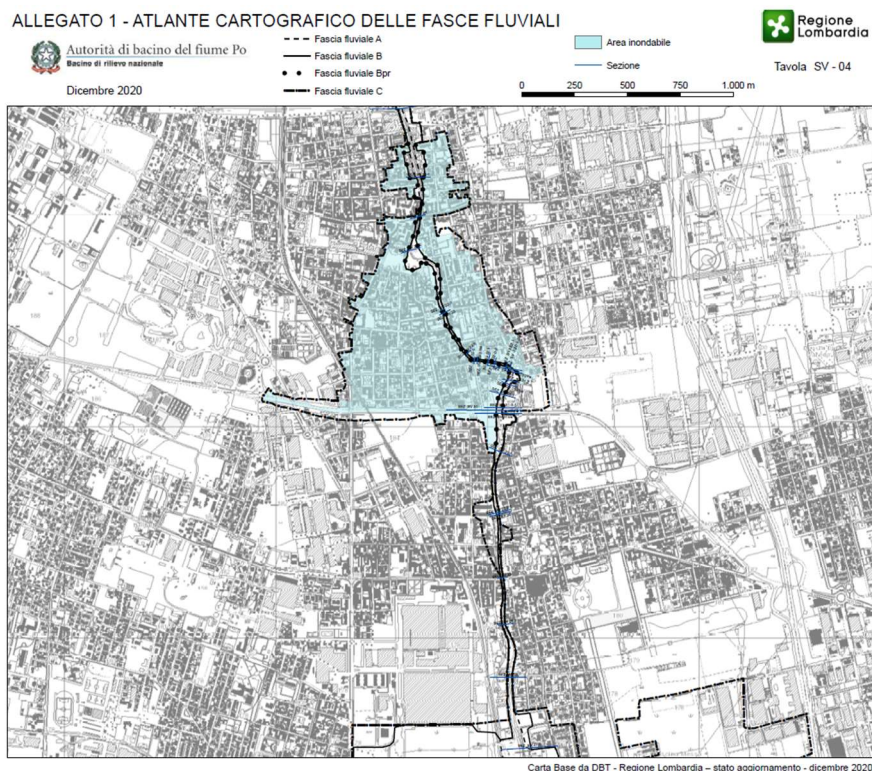


Figura 3.1 – Mappa Fasce Variante PAI – zona nord

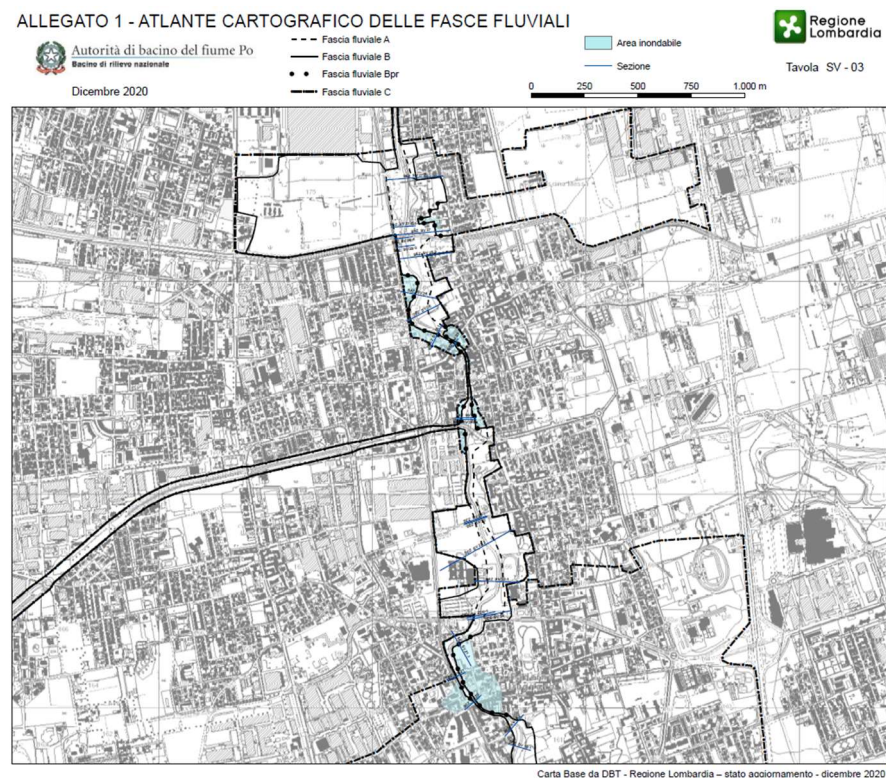


Figura 3.2 – Mappa Fasce Variante PAI – zona sud

4 TORRENTE SEVESO

Il torrente Seveso nasce alle falde del monte Pallanza nel territorio del comune di San Fermo della Battaglia (CO), nelle vicinanze del confine svizzero con il Canton Ticino, sul versante meridionale del Sasso Cavallasca, a circa 490 m s.l.m. Il suo corso si svolge da nord verso sud attraversando la Brianza ed entrando in Milano, fino ad unirsi con il Naviglio della Martesana.

Il torrente Seveso si caratterizza per l'entità del grado di vincolo presente nella zona terminale dell'asta. Essendo posto, infatti, al centro della zona urbana milanese ed attraversando una porzione di territorio che ha subito uno sviluppo urbanistico senza paragoni in Lombardia negli anni 50 anni, il torrente Seveso risulta caratterizzato dal seguente assetto idraulico:

- il torrente Seveso ha un bacino di oltre 200 km²;
- il bacino ha origine nella zona delle Prealpi e pertanto le onde di piena che interessano il corso d'acqua hanno una base di tipo "naturale" con volumetrie dell'onda superiori a quelle derivanti dagli ambiti collinari e urbani che caratterizzano gli altri corsi d'acqua limitrofi (Groane, Bozzente ed anche Lura);
- il corso d'acqua, fin dall'ingresso nel territorio comunale di Milano, è tombinato con capacità di deflusso (stimata in 30÷40 m³/s e limitata da vincoli a valle) assai inferiore rispetto all'apporto di monte;
- la capacità idraulica sopra riportata è appena sufficiente al drenaggio delle acque meteoriche urbane dell'hinterland per eventi che non superino i 2 anni di tempo di ritorno;
- il corso d'acqua, nel percorso in Milano, non presenta sezioni a cielo aperto;
- il tratto terminale del corso d'acqua da Lentate sul Seveso a Milano presenta aree urbanizzate di vaste proporzioni ed inoltre in buona parte di tale tratto (da Lentate sul Seveso a Cusano Milanino) il corso d'acqua si presenta incassato di parecchi metri rispetto al piano campagna;
- il sistema spondale per ampi tratti è costituito dai muri stessi delle case realizzate ai margini dell'alveo, che in alcuni casi ne riducono la capacità di deflusso;
- lo sviluppo urbanistico dei Comuni dell'hinterland a monte ha indotto alla progressiva impermeabilizzazione di vaste aree con conseguente aumento delle portate scaricate dal reticolo fognario. Le potenzialità di scarico di detto reticolo sono in grado di saturare la capacità di deflusso del corso d'acqua già per eventi associati a modesti tempo di ritorno, pur in assenza di afflussi da monte.

L'insieme delle citate particolarità fa sì che gli eventi alluvionali del torrente Seveso, con particolare riferimento alla Città di Milano, assumano una frequenza di più volte l'anno.

L'intero bacino idrografico del Seveso può essere suddiviso sostanzialmente in quattro parti:

- la prima parte più settentrionale, denominata "Seveso naturale", afferente all'asta del torrente Seveso dalla sorgente fino al comune di Lentate sul Seveso, presenta versanti acclivi o mediamente acclivi ed è caratterizzato da urbanizzazione ridotta, comunque tale da non produrre modifiche rilevanti rispetto al processo di piena naturale;

- la seconda parte, denominata "Certesa naturale", ad est della precedente e afferente al torrente Certesa (o Roggia Vecchia), principale affluente del Seveso, si estende dalle sorgenti fino alla confluenza con il torrente Terrò ed è caratterizzato da versanti acclivi e da scarsa urbanizzazione;
- la terza parte, denominata "Certesa urbano", anch'essa afferente al Torrente Certesa, dalla confluenza con il Torrente Terrò fino alla confluenza nel torrente Seveso, presenta versanti poco acclivi e vaste aree urbanizzate (Mariano Comense, Cabiате e Meda);
- la quarta parte, denominata "Seveso urbano", afferente direttamente al torrente Seveso, da Lentate sul Seveso all'ingresso nel tratto tombato nel comune di Milano, presenta versanti pressoché pianeggianti ed un'elevata urbanizzazione (Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Varedo, Paderno Dugnano, Cusano Milanino, Cormano, Bresso e Cinisello Balsamo).

Tali quattro parti in cui è stato suddiviso il bacino idrografico del Seveso possono essere raggruppate, in relazione alla tipologia di funzionamento idrologico di formazione delle piene: i deflussi delle zone Seveso naturale e Certesa naturale dipendono zone Seveso urbano e Certesa urbano, eccetto gli apporti di alcuni piccoli affluenti (es. Comasinella), risultano influenzati principalmente dalla capacità di smaltimento delle reti di drenaggio urbano.

4.1 IL TORRENTE SEVESO A PADERNO DUGNANO

Il tratto da Lentate sul Seveso alla presa del CNSO di Paderno Dugnano è caratterizzato dalla presenza di un alveo canalizzato con funzione di solo trasporto con la presenza di aree di allagamento pianeggianti che interessano i centri abitati.

A valle della presa del CNSO, l'alveo è inciso rispetto al piano campagna con la presenza di aree golenali di ridotta espansione. L'alveo, inoltre, presenta tratti canalizzati.

In comune di Paderno Dugnano si verificano esondazioni che interessano le aree pianeggianti in parte anche urbanizzate.

In località Palazzolo è presente la presa di regolazione del Canale Scolmatore Nord Ovest (CNSO) che consente la derivazione di una portata massima di 30 m³/s nella situazione attuale e di 60 m³/s nella situazione di progetto.

Il nodo idraulico della presa del CNSO è costituito dalle seguenti opere:

- Paratoia a settore posta lungo il torrente Seveso a valle della soglia di sfioro di alimentazione del CNSO;
- Soglia di sfioro fissa in C.A. posta in sponda destra del torrente Seveso a monte della paratoia a settore;
- Paratoie di scarico contigue allo sfioratore laterale e poste a valle dello stesso.



Figura 4.1 – Opera di derivazione del CNSO vista da valle

5 RILIEVI TOPOGRAFICI E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO DEL TERRENO

5.1 INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE UTILIZZATE COSTRUZIONE DEL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

Al fine di studiare correttamente il comportamento del torrente Seveso, è necessario disporre di un rilievo topografico di dettaglio dell'area oggetto di studio, esteso lungo tutto il territorio comunale, che sarà la base di riferimento del modello idraulico che verrà implementato con il software HEC-RAS 6.3.1.

Il rilievo topografico si sviluppa per una lunghezza di circa 5.5 km lungo il quale sono state rilevate circa 70 sezioni trasversali del corso d'acqua. Oltre alle sezioni d'alveo sono state rilevate le opere di difesa presenti nonché le quote del piano campagna in alcuni tratti significativi nei quali si è reso necessario dettagliare l'informazione topografica.

I risultati del rilievo topografico sono stati successivamente sottoposti a una verifica di congruenza con il rilievo LIDAR a maglia 1x1 del Ministero dell'Ambiente, in particolare per quanto riguarda il terreno in corrispondenza delle aree golenali. Il confronto ha messo in evidenza una buona corrispondenza. Le quote rilevate sono state alzate di 65 cm per uniformarle ancora meglio al base esistente.

È necessario precisare che le discrepanze del fondo alveo sono dovute al fatto che il LIDAR non riesce a rilevare il fondo del corso d'acqua, ma solamente la superficie liquida.

La descrizione delle aree di esondazione, in sinistra e destra idrografica del torrente Seveso, è stata effettuata utilizzando il rilievo LIDAR a maglia 1x1. LIDAR è una tecnica di telerilevamento che ha permesso il rilevamento di tutta la costa italiana e di tutte le aste fluviali.

Partendo dall'informazione topografica in esso contenuta, è stato ricavato il modello digitale del terreno per il territorio comunale di Paderno Dugnano.

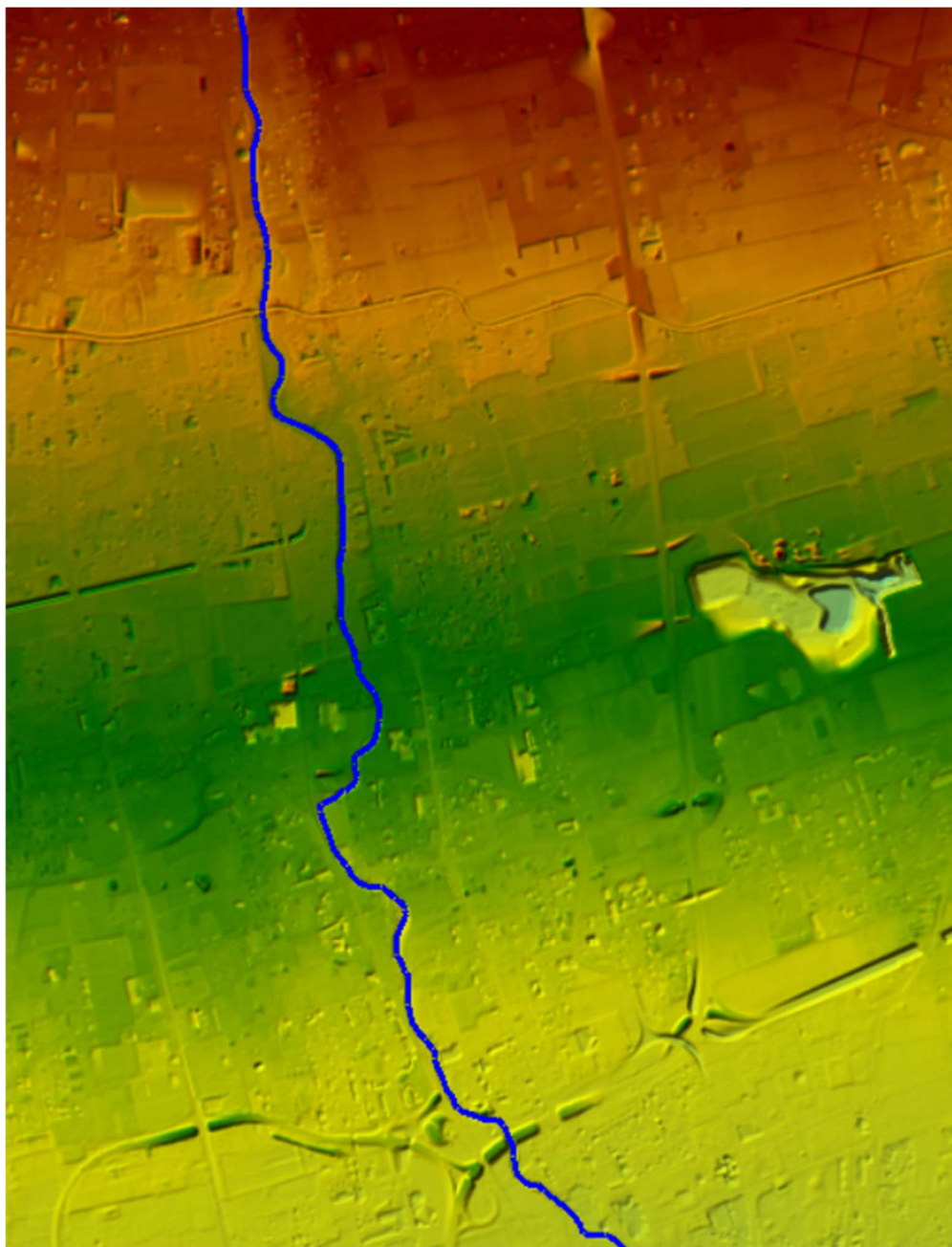


Figura 5.1 – Modello Digitale del Terreno – torrente Seveso a Paderno Dugnano

6 STUDIO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

Per ricostruire il comportamento idrodinamico del torrente Seveso e definire i tiranti idrici che si instaurano lungo il corso d'acqua e nelle aree golenali ad esso collegate è stato implementato un modello idraulico monodimensionale accoppiato ad un modello bidimensionale delle aree golenali. Il tempo di ritorno di riferimento è $T=100$ anni.

Nei paragrafi successivi dopo una breve descrizione del codice di calcolo utilizzato, vengono descritte le verifiche idrauliche condotte per la definizione delle aree allagabili e delle quote minime di difesa.

Il modello bidimensionale è stato implementato mediante l'uso del software HEC-RAS 6.3.1 sviluppato dall'*U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*.

6.1 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Il modello monodimensionale accoppiato al bidimensionale è stato implementato mediante l'uso del software HEC-RAS 6.3.1 sviluppato dall'*U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*.

Per la parte monodimensionale HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

dove

- x : distanza lungo il canale;
- t tempo;
- Q portata;
- A area della sezione;
- S area della sezione non considerata contribuente al deflusso (ineffective flow area);
- q_l flusso laterale per unità di lunghezza.

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golenella destra e per la golenella sinistra, di seguito, per semplicità, si riportano le equazioni per l'alveo inciso e per le golene complessivamente:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_g = 0$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

dove la sotto scrittura a e g indica alveo inciso e golene rispettivamente, q_c e q_g indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali. Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

Equazione dell'energia

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

- g accelerazione di gravità;
- S perdite di energia dovute alla scabrezza;
- V velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left(\frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left(\frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

dove M rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che

$$\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$$

Nelle equazioni z (livello d'acqua) non è sottoscritto, infatti, un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore a . Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gsx} \frac{V_{gsx}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gsx} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gsx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gsx} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove K rappresenta la conveyance o conduttività idraulica. Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{gsx}^3}{A_{gsx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione.

HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivise ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato.

Oltre alle perdite di carico per attrito HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove c è il coefficiente di contrazione.

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso.

Per le strutture trasversali la valutazione delle perdite di carico dovute alla presenza della struttura è fatta mediante la schematizzazione con 4 sezioni del tratto in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida.

Il calcolo del deflusso attraverso gli stramazzi avviene con le formule degli stramazzi. Si possono considerare sia stramazzi in parete sottile che in parete grossa, liberi o controllati da paratoie verticali o radiali.

Oltre alle strutture trasversali alla corrente è possibile considerare delle strutture parallele alla corrente che simulano lo sfioro dell'acqua al di sopra di un argine o di una apposita struttura di sfioro laterale. In HEC-RAS il calcolo della portata sfiorante avviene considerando unicamente il livello di una sezione, ma considerando la variazione di livello sia dello stramazzo che del livello d'acqua, permettendo una più precisa valutazione.

Per la parte bidimensionale il codice risolve le equazioni di De Saint Venant bidimensionali. Per la soluzione il codice utilizza la tecnica dei volumi finiti su griglia non strutturata. La tecnica dei volumi finiti consente di rappresentare in modo corretto sia correnti in moto subcritico che supercritico, come pure di descrivere fronti d'onda ripidi come quelli che si verificano in caso di rottura d'argini o dighe. La tecnica dei volumi finiti consente inoltre il controllo preciso dell'equazione di continuità nei problemi di flood and dry, continuità non sempre strettamente garantita nei metodi agli elementi finiti e differenze finite. HEC-RAS è perciò particolarmente adatto a descrivere propagazioni di onde su asciutto come quelle

che si verificano durante gli allagamenti delle zone golenali. Le griglie non strutturate consentono di descrivere in dettaglio il dominio di calcolo, permettendo di variare le dimensioni degli elementi infittendo la griglia di calcolo dove le variazioni geometriche sono più accentuate e/o dove si vuole un livello di dettaglio più accurato. Inoltre, l'utilizzo della tecnica dei volumi finiti consente di accelerare i tempi di calcolo. Il codice di calcolo definisce per ogni faccia di una cella di calcolo della mesh le grandezze idrodinamiche caratteristiche in una fase di preelaborazione, accelerando quindi il calcolo in fase di simulazione.

Attraverso l'accoppiamento 1D-2D è possibile simulare sistemi complessi quale quello in oggetto, garantendo la massima affidabilità dei livelli in alveo anche in presenza di strutture interferenti che creano funzionamenti rigurgitati dell'alveo, e al tempo stesso fornire un'accurata definizione delle dinamiche bidimensionali nelle aree golenali e dell'interconnessione tra alveo e golenale.

Per non appesantire la trattazione e per dettagli sul funzionamento computazionale del codice di calcolo utilizzato, si rimanda all'ampia documentazione disponibile al seguente indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

6.2 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

Vengono di seguito descritti i criteri utilizzati per l'implementazione del modello idraulico del torrente Seveso, in particolare per la ricostruzione geometrica dell'alveo monodimensionale e le aree bidimensionali relative alle zone allagabili prese in considerazione.

6.2.1 Descrizione della geometria dell'alveo

Il tratto di corso d'acqua oggetto di studio si estende per una lunghezza complessiva di circa 5.5 km, lungo tutto il territorio comunale di Paderno Dugnano, e un'e una pendenza pari a circa il 5‰.

Per la ricostruzione geometrica dell'alveo si è fatto riferimento al modello digitale del terreno (DTM) descritto nel capitolo 3.

Il DTM è stato costruito sulla base del rilievo LIDAR a maglia 1x1 del Ministero dell'Ambiente.



Figura 6.1 – Stralcio modello digitale del terreno utilizzato per la ricostruzione geometrica dell'alveo
Sulla base del DTM così implementato sono inserite 60 sezioni rilevate e una serie di sezioni trasversali interpolate che sono state utilizzate nel modello per la descrizione monodimensionale dell'alveo. Sono quindi stati inseriti i manufatti di attraversamento presenti lungo il corso d'acqua.

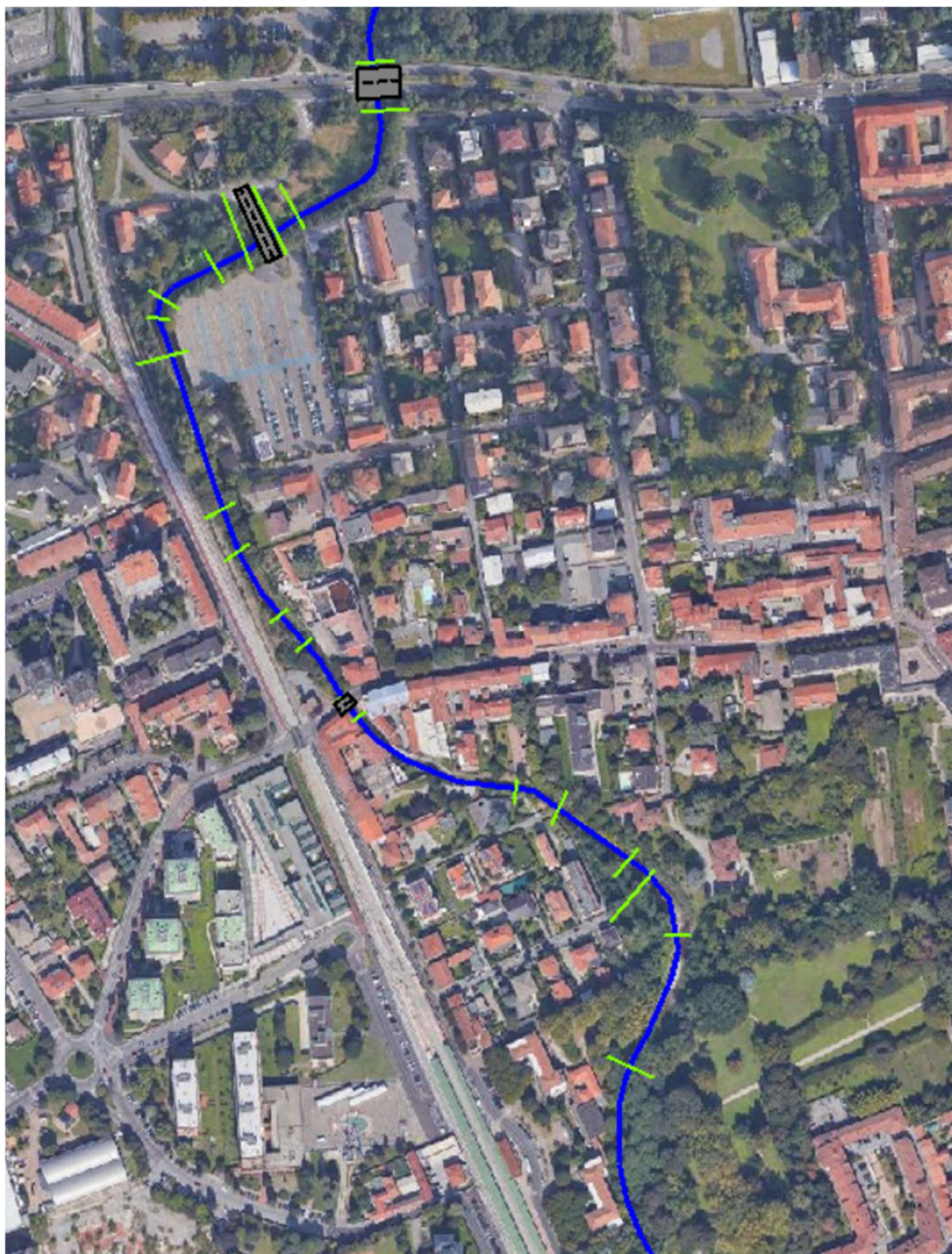


Figura 6.2 – Tratto di torrente Seveso nell'area oggetto di studio

6.2.2 Descrizione geometrica delle aree di allagamento

Per la simulazione delle esondazioni, cioè per la definizione delle aree di allagamento nella zona oggetto di studio, si è fatto riferimento sempre al DTM ricostruito sulla base del rilievo LIDAR.

Le dimensioni dell'area oggetto di simulazione e il grado di dettaglio della maglia di calcolo sono state definite tenendo conto delle seguenti esigenze:

1. avere un'adeguata estensione e grado di dettaglio tale da consentire una corretta ricostruzione della fenomenologia di allagamento nelle aree di interesse e minimizzare l'influenza delle condizioni al contorno sui risultati.
2. implementare un modello compatibile da un punto di vista computazionale con i processori di ultima generazione.

In relazione al grado di dettaglio necessario nella zona da simulare, per la zona oggetto di studio si è utilizzata una maglia di dimensioni 10 x 10 metri.

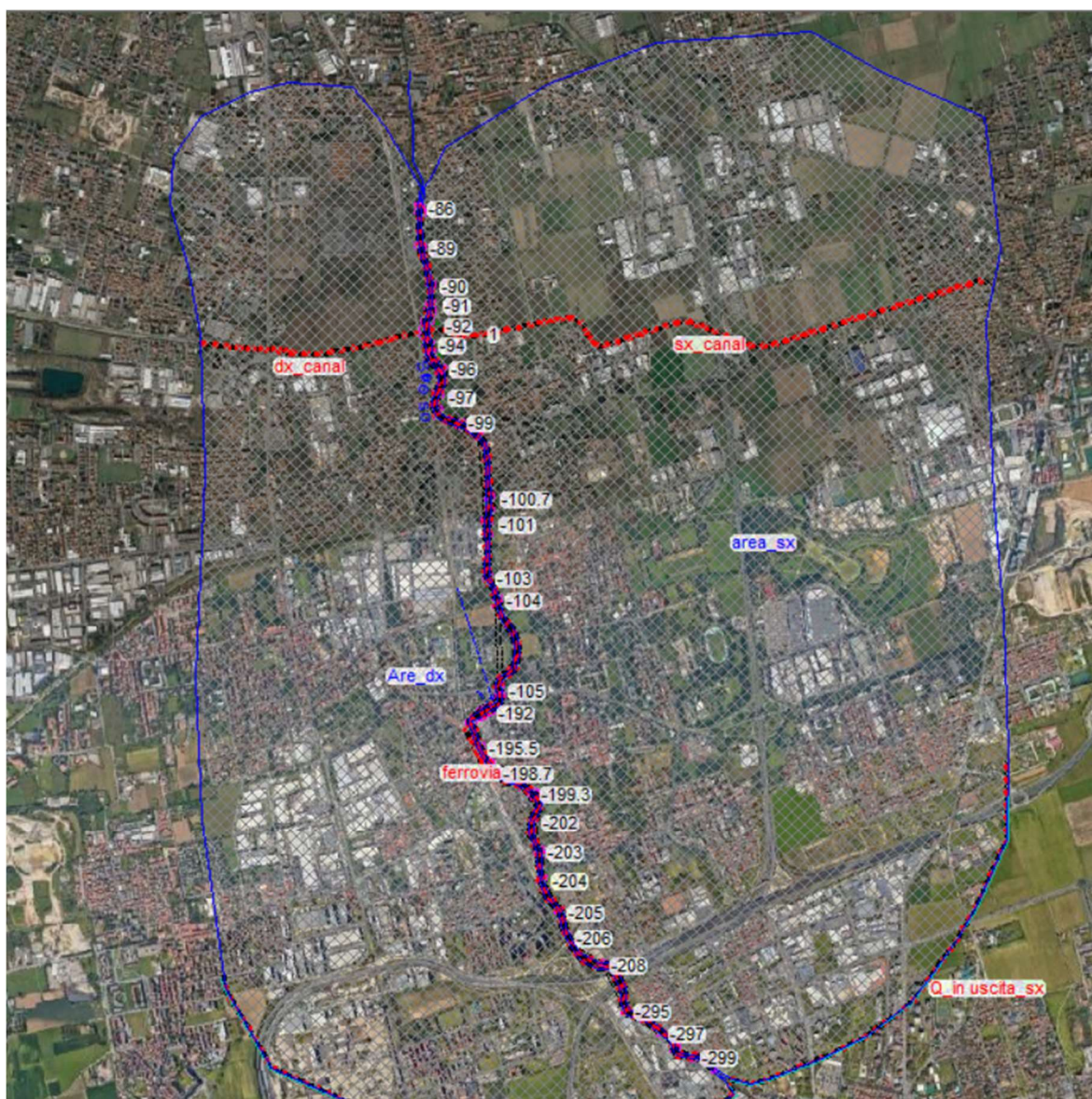


Figura 6.3 – Schematizzazione 2D del tratto oggetto di studio

All'interno delle aree golenali sono quindi stati dettagliati alcuni elementi fondamentali per simulare correttamente il fenomeno delle esondazioni. In particolare, è stato dettagliato

sia nell'area golenale destra sia in quella sinistra il rilevato dell'Adduttore principale del canale Villoresi. In golenale destra, per un breve tratto, è stato dettagliato il rilevato ferroviario



Figura 6.4 – particolare area 2D sinistra e destra con rilevato dell'Adduttore principale

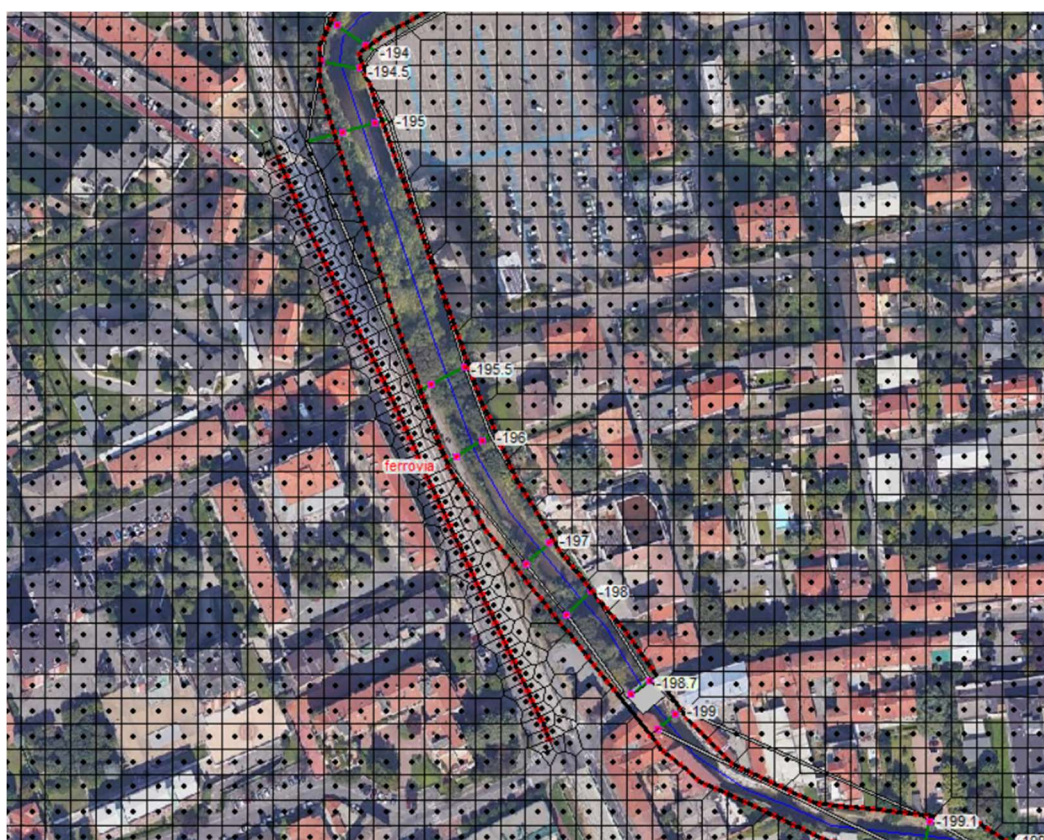


Figura 6.5 – Particolare area 2D golenale destra con rilevato ferroviario

6.2.3 Condizioni al contorno e coefficienti di scabrezza

La definizione delle condizioni al contorno ha fatto riferimento alla Variante PAI "Torrente Seveso da Lucino (Montano Lucino – CO) alla confluenza nella Martesana in Milano" dal quale è stato ricavato l'idrogramma di piena per tempo di ritorno pari a 100 anni, utilizzato come condizione di monte.



Figura 6.6 – idrogramma di piena per $Tr = 100$ anni inserito a monte del modello

Come condizione al contorno di valle invece è stata inserita la pendenza dell'alveo.

L'attribuzione del coefficiente di scabrezza caratteristico dell'alveo fa riferimento alle indicazioni fornite dalle tabelle del "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions.

Con riferimento al coefficiente di scabrezza di Strikler K_S per l'alveo inciso sono stati adottati i seguenti valori:

- Per l'alveo naturale: $K_S = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Per le aree esterne all'alveo: $K_S = 22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

6.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI

La simulazione bidimensionale, effettuata con tempi di ritorno centennali, ha permesso di definire le condizioni di esondazione che si verificano nelle aree golenali e di confrontare i tiranti con le quote dell'area oggetto di studio.

Dall'analisi dei risultati si evince che l'esondazione del torrente Seveso risulta estesa ad aree non molto ampie ma tutte urbanizzate.



Figura 6.7 – Tiranti idrici con piena centennale del torrente Seveso

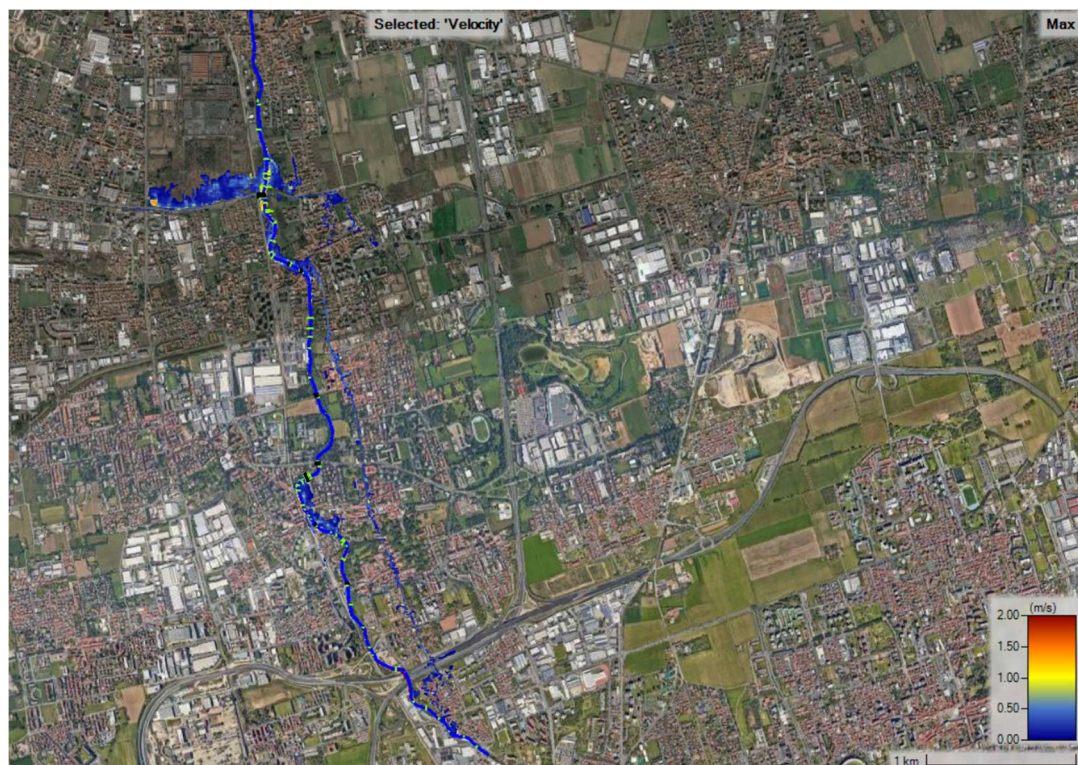


Figura 6.8 – Andamento delle velocità durante la piena centennale del torrente Seveso

In particolare, nella porzione nord del territorio il rilevato dell'Adduttore principale del canale Villoresi funge da argine e confina l'esondazione nei territori a nord del rilevato.

Un altro punto critico è l'attraversamento di via Coti Zelati dove in sinistra idrografica, l'avvelamento del terreno e della viabilità favoriscono l'incanalamento delle acque esondate verso via Sant'Ambrogio lungo la quale scorrono verso la zona meridionale del territorio comunale.

Sempre in sinistra idrografica, l'ultima area interessata dall'esondazione è la piazza del mercato e l'area lungo via Oslavia.

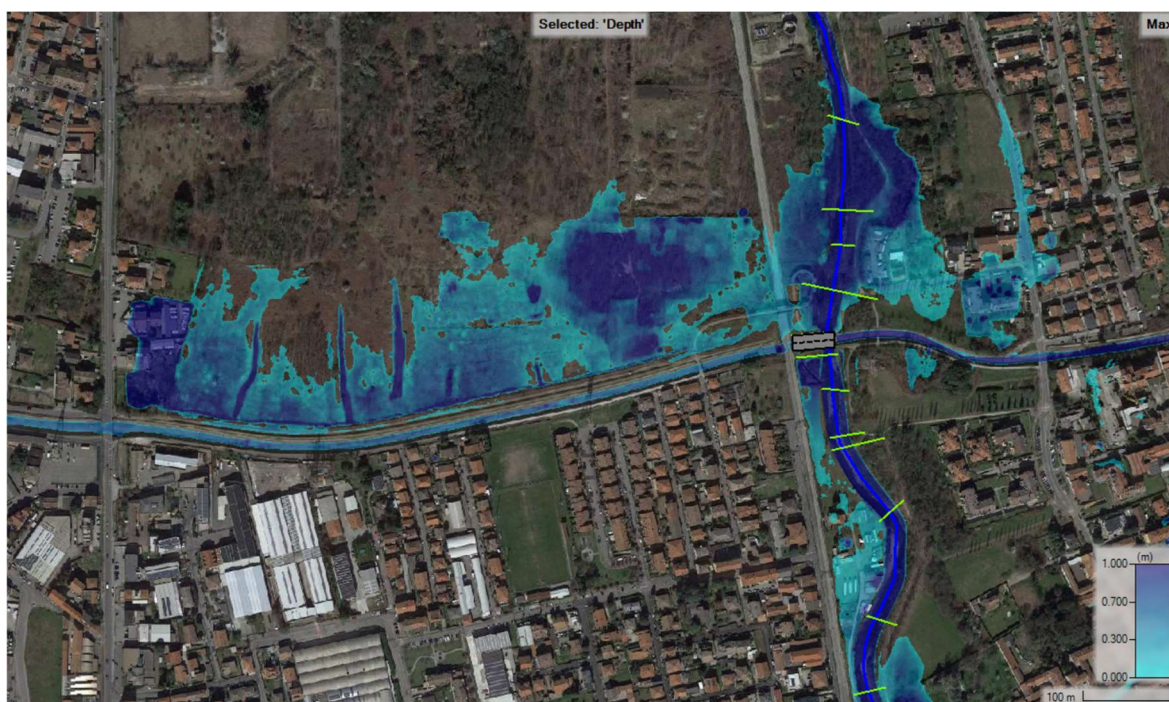


Figura 6.9 – esondazione torrente Seveso a nord del rilevato dell'Adduttore principale Villoresi

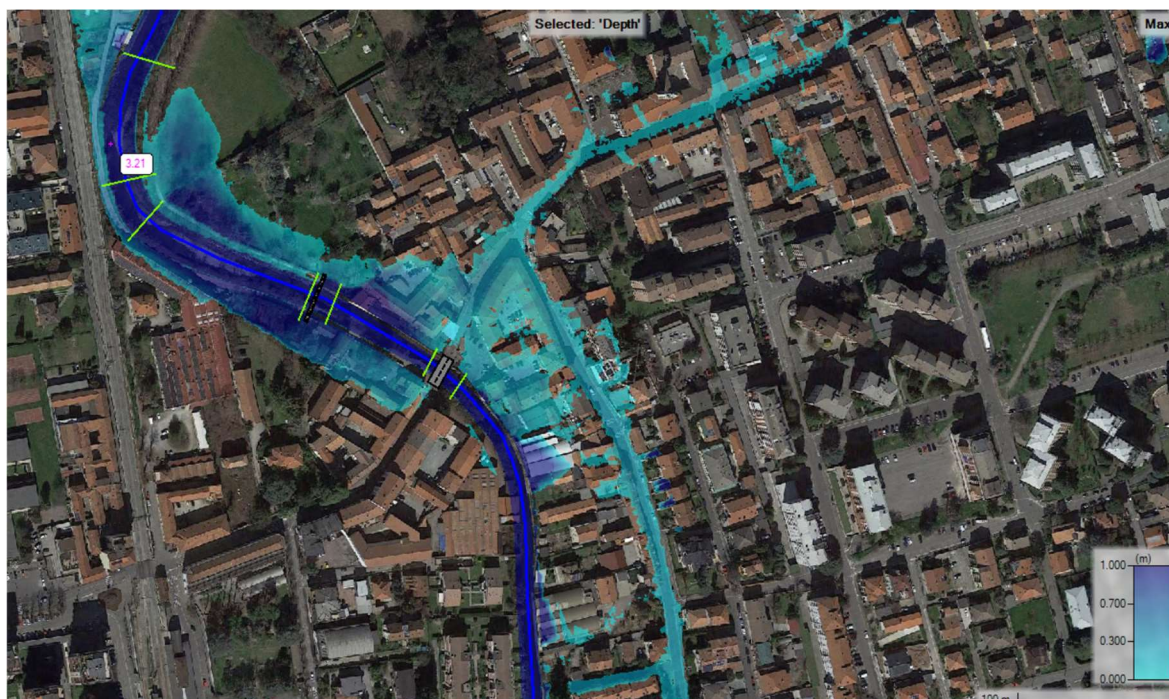


Figura 6.10 – esondazione del torrente Seveso in via Coti Zelati

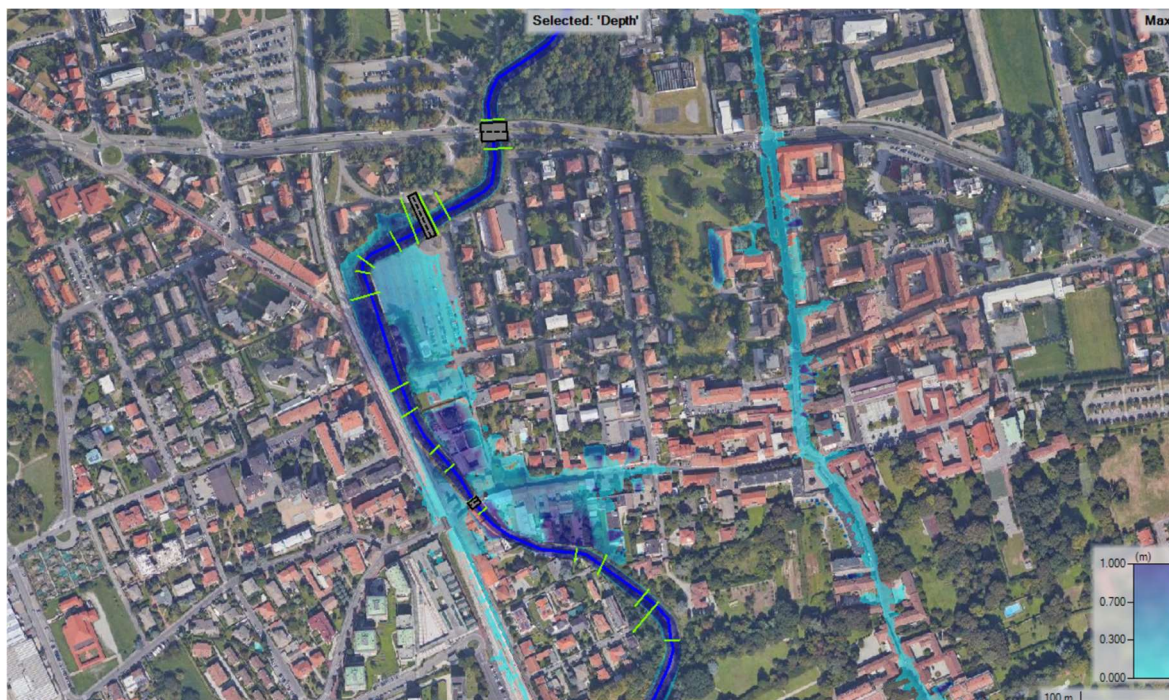


Figura 6.11 – esondazione del torrente Seveso nella zona di piazza mercato e via Oslavia

7 ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

L'attività di valutazione e zonazione delle condizioni di rischio idraulico sul corso d'acqua di interesse è stata condotta secondo i criteri indicati nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 - Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12" approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. n. 8/7374 del 28/5/2008.

La zonazione del rischio idraulico ha comportato le seguenti attività:

1. Zonazione della pericolosità in funzione del tirante idrico e della velocità di scorrimento;
2. Zonazione del rischio.

7.1 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

La definizione delle classi di pericolosità è stata condotta a partire dalle modalità di propagazione dell'onda di piena in corrispondenza di un evento con tempo di ritorno di 100 anni basandosi sui valori del tirante idrico e della velocità (Figura 7.1).

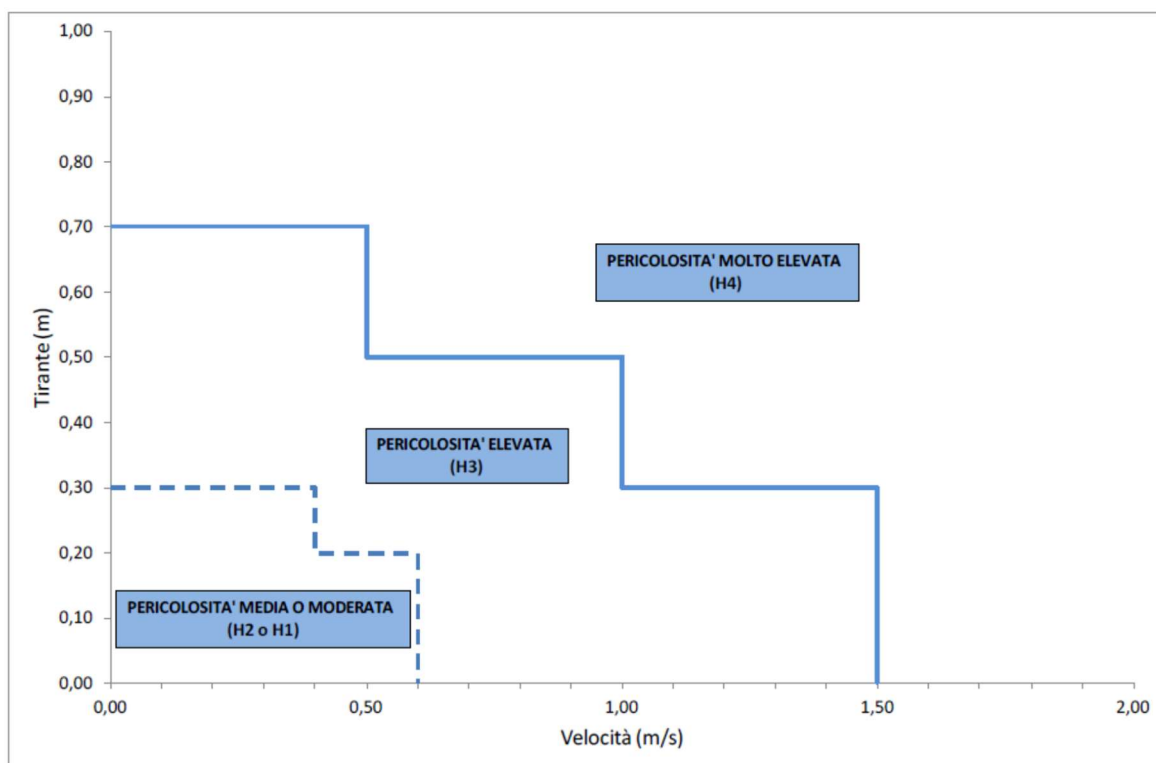


Figura 7.1 – Zonazione della pericolosità (Par. 3.4, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

Il grafico individua tre condizioni a differente livello di pericolosità:

- pericolosità molto elevata (H4) con velocità $> 1,5$ m/s e tirante $> 0,7$ m;
- pericolosità elevata (H3) con velocità compresa tra 0,5 e 1,5 m/s e tirante compreso tra 0,3 e 0,7 m;
- pericolosità medio o moderata (H2/H1) con velocità compresa tra 0 e 0,6 m/s e tirante compreso tra 0 e 0,3 m.

In particolare, le classi di pericolosità, sul torrente Seveso, in comune di Paderno Dugnano, verranno ricavate sovrapponendo la mappa del tirante idrico alla mappa della distribuzione della velocità che sono state ottenute dal modello HEC-RAS. Dalla sovrapposizione delle due variabili viene ricavata la carta della pericolosità idraulica.

Le classi di pericolosità sono state così definite:

- H1: aree caratterizzate da pericolosità moderata;
- H2: aree caratterizzate da pericolosità media;
- H3: aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata compatibilizzabili mediante interventi di difesa adeguati;
- H4: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata.

7.2 ZONAZIONE DEL RISCHIO

La definizione delle classi di rischio è stata condotta incrociando il grado di pericolosità (H) e la relativa classe di danno potenziale (E), secondo le direttive contenute nell'allegato 4 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/11. Inoltre, si è tenuto conto delle definizioni di rischio suggerite dal PAI (art. 7 delle NdA del PAI) e di seguito riportate:

- R1 (rischio moderato): possibili danni sociali ed economici marginali;
- R2 (rischio medio): possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;
- R3 (rischio elevato): possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- R4 (rischio molto elevato): possibile perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale.

Le classi del danno potenziale (E) vengono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti (

Tabella 7.1).

Tabella 7.1 – Classi di danno potenziale (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Ponendo, a favore di sicurezza, la vulnerabilità (V) pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione tra la pericolosità e il danno potenziale come di seguito riportato:

Tabella 7.2 – Classificazione del rischio (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

L'individuazione della classe di rischio, relativa al territorio di Paderno Dugnano, è stata effettuata incrociando la carta delle pericolosità idraulica (H) e la carta del danno potenziale (E).

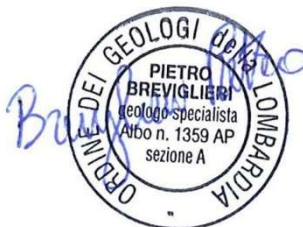
Utilizzando la matrice sopra riportata verranno evidenziate le aree a differente rischio.

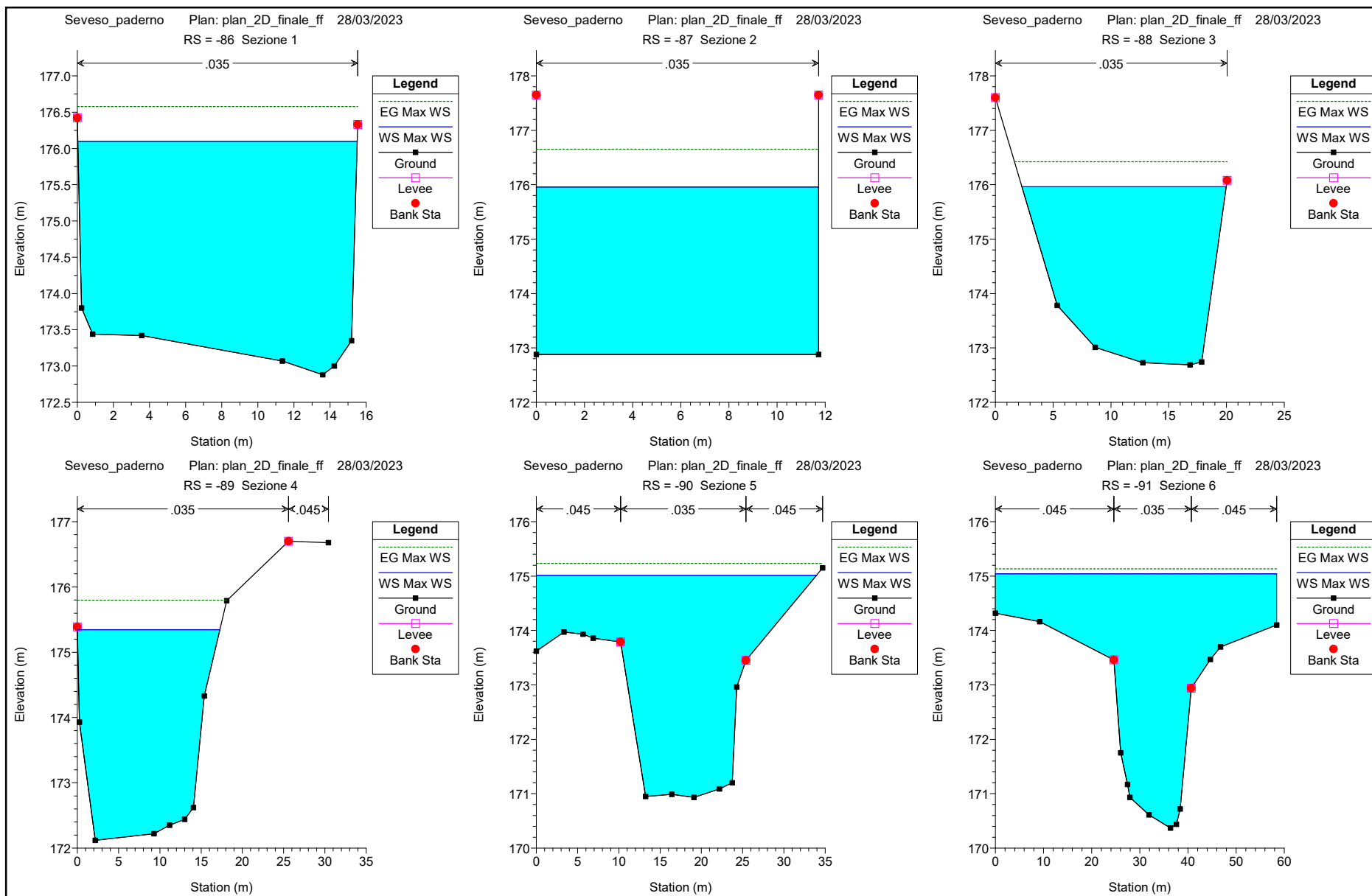
I tecnici

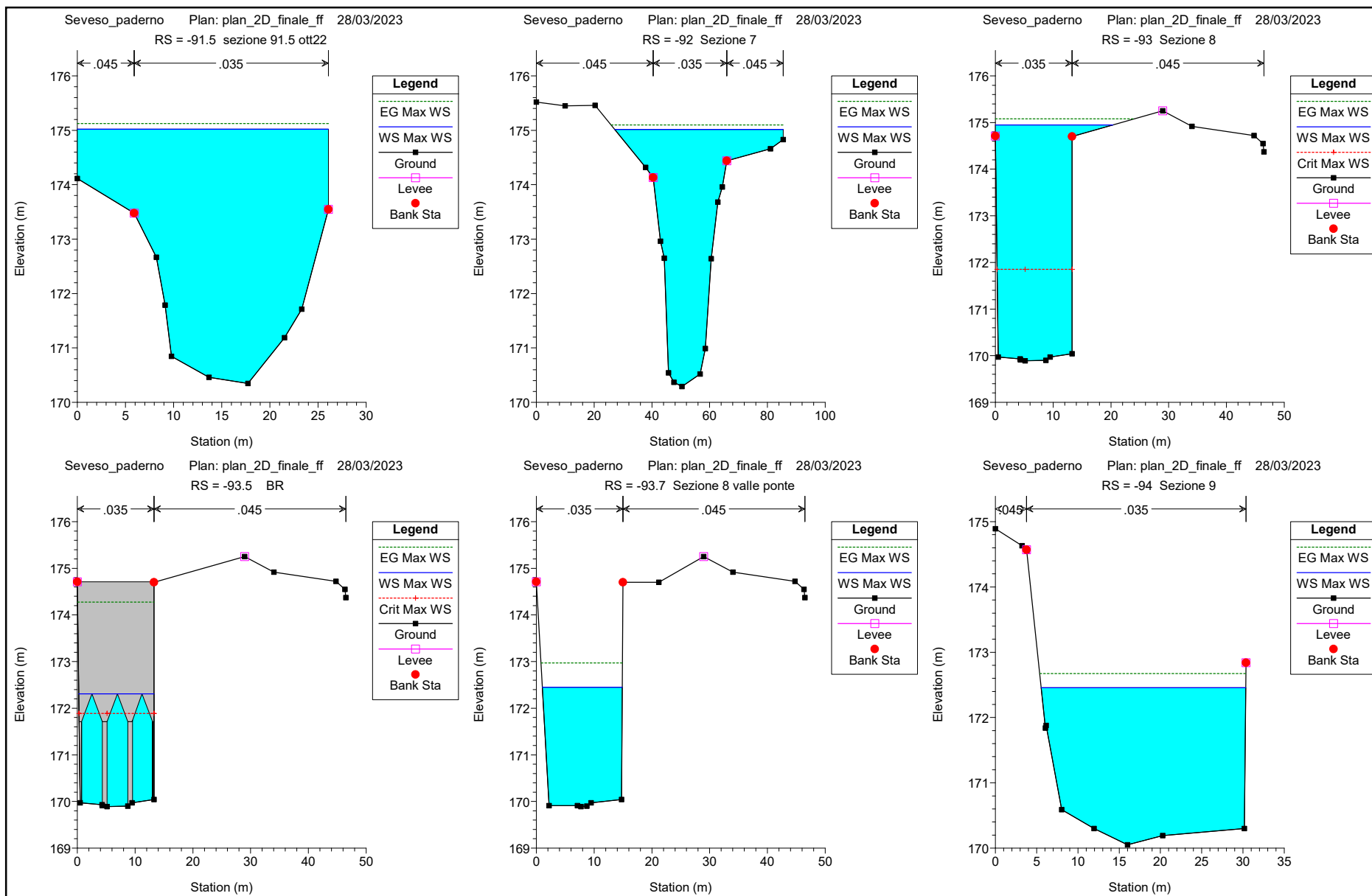
Dott. Geol. Efrem Ghezzi

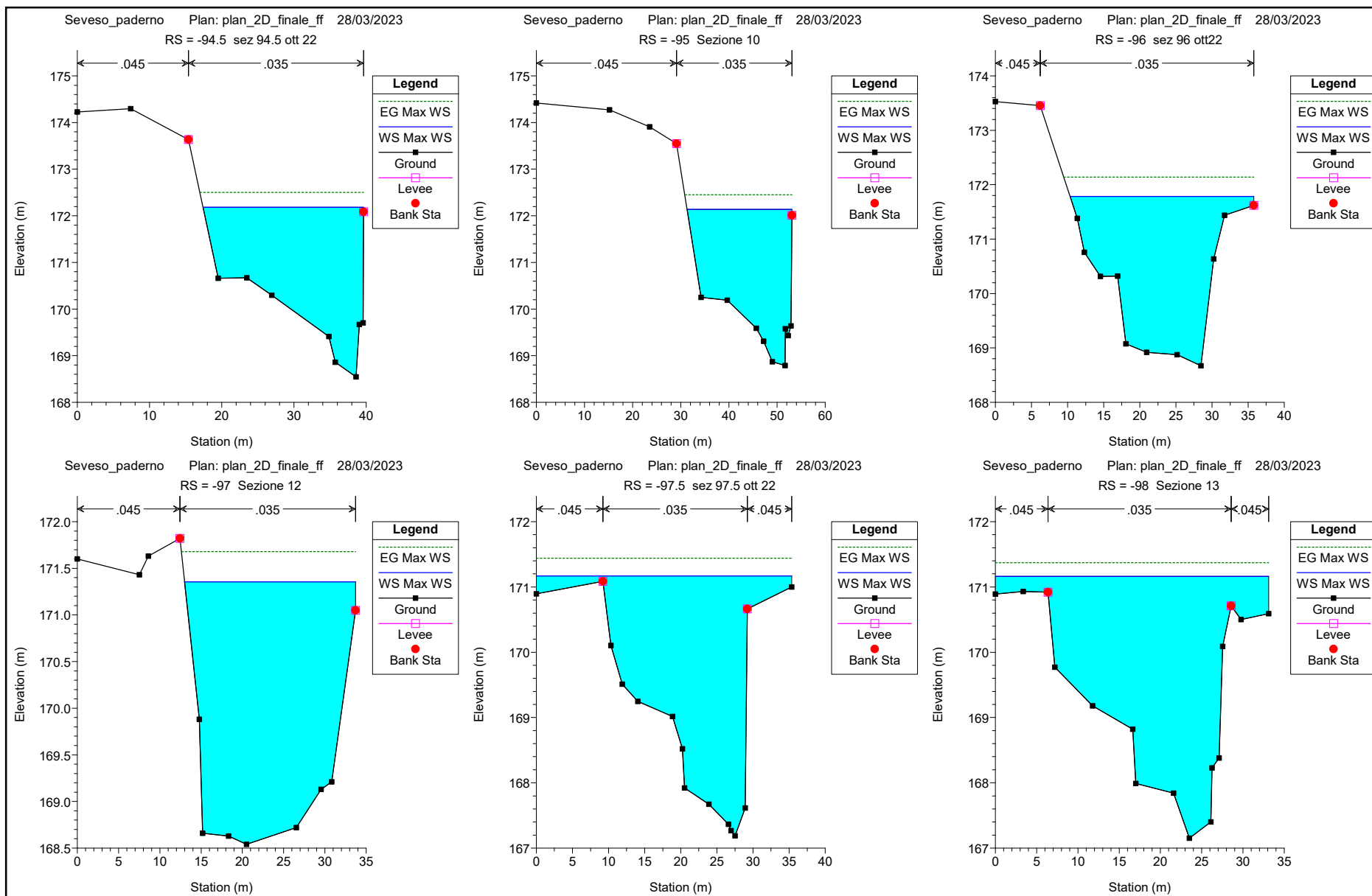
Dott. Geol. Pietro Breviglieri

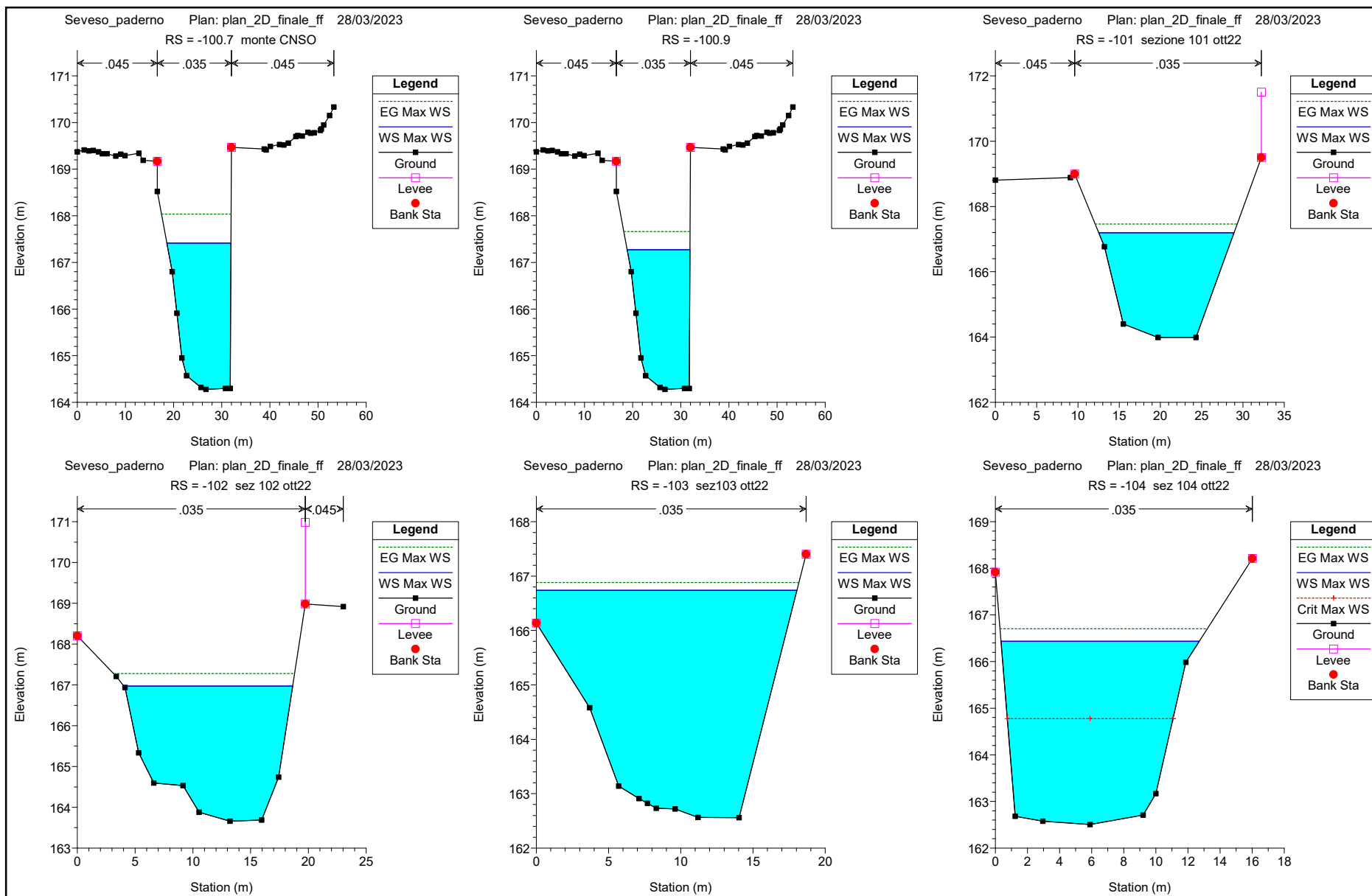
Dott. Ing. Marta Gaboardi

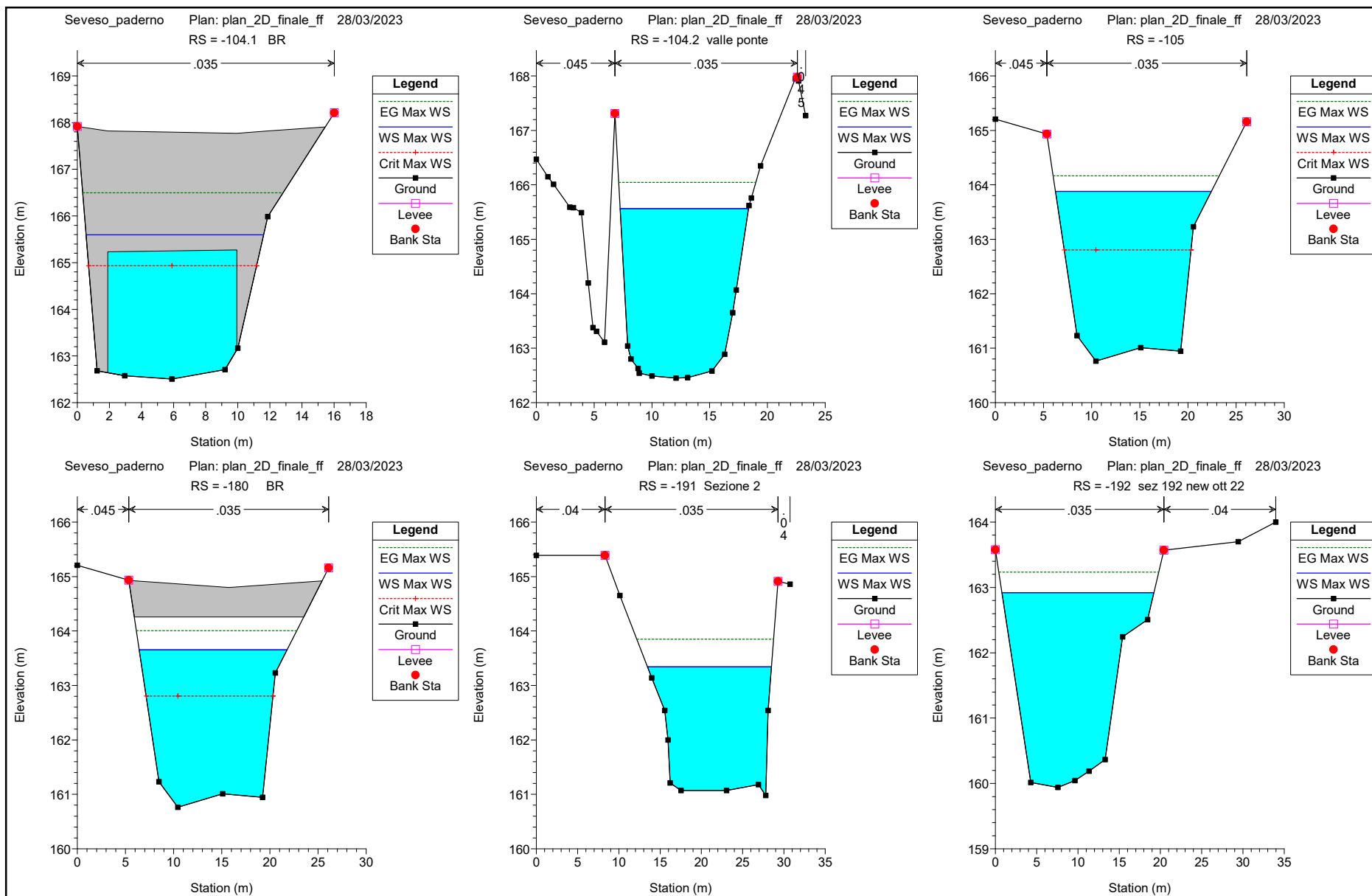


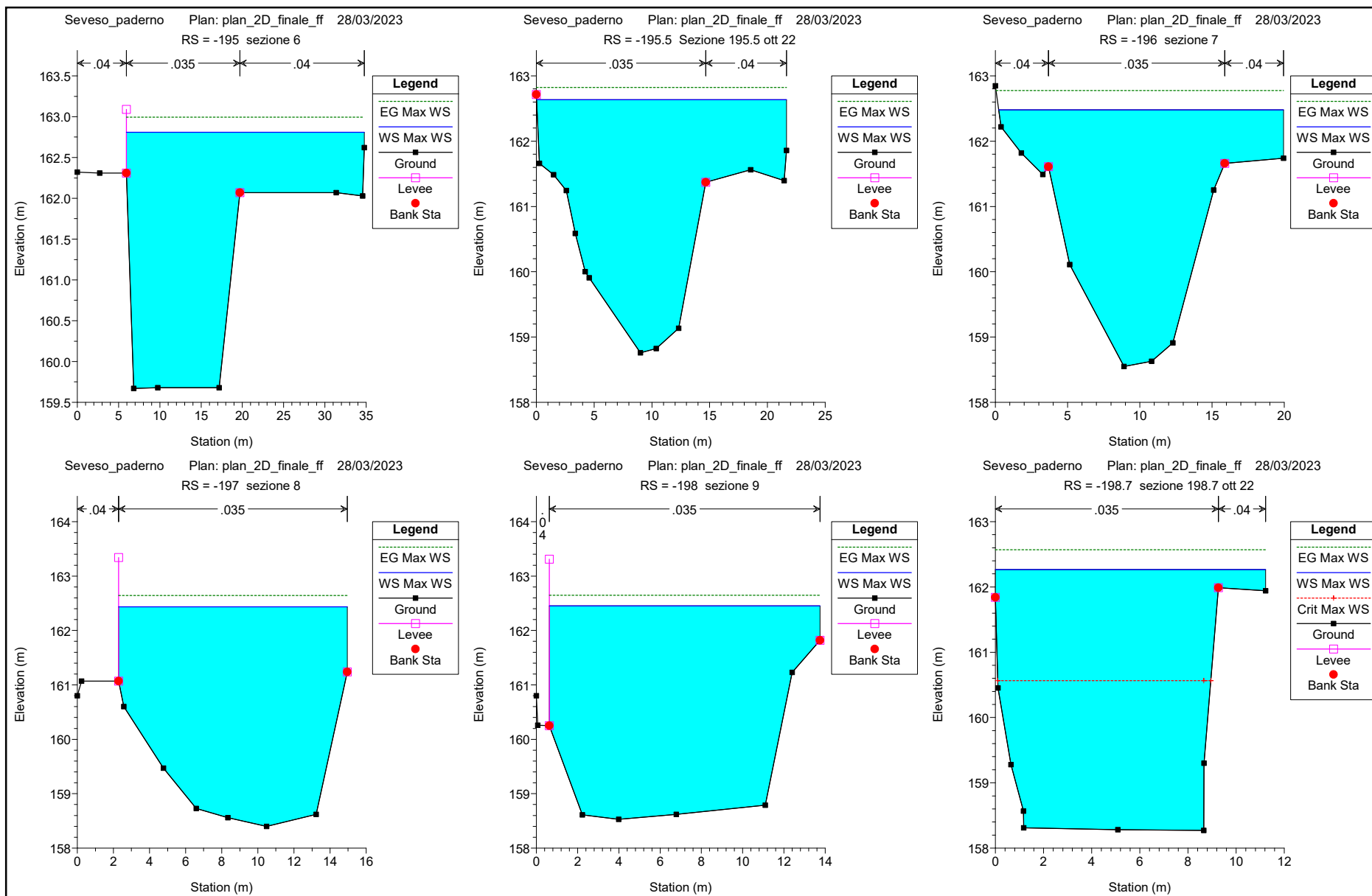


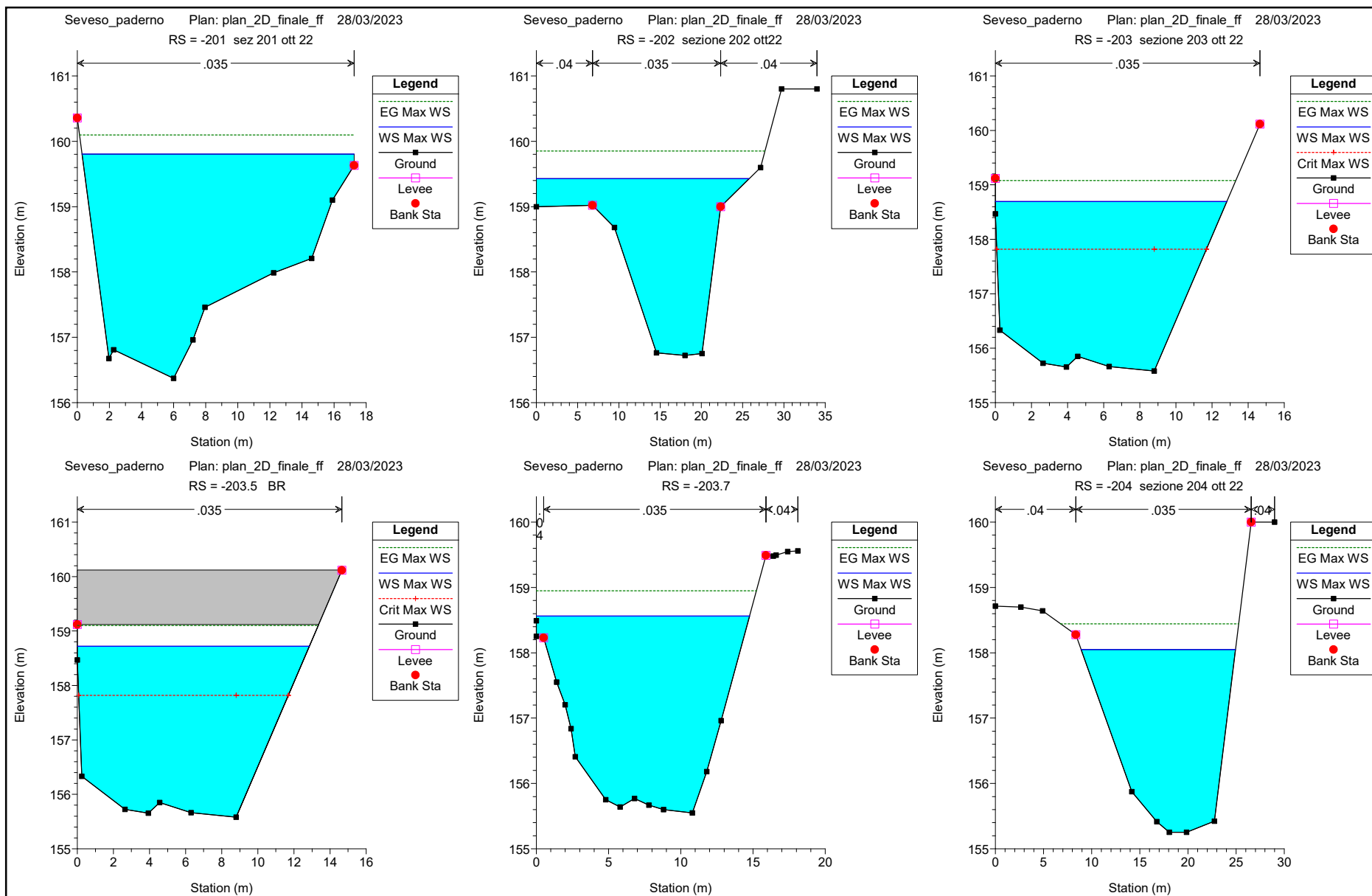


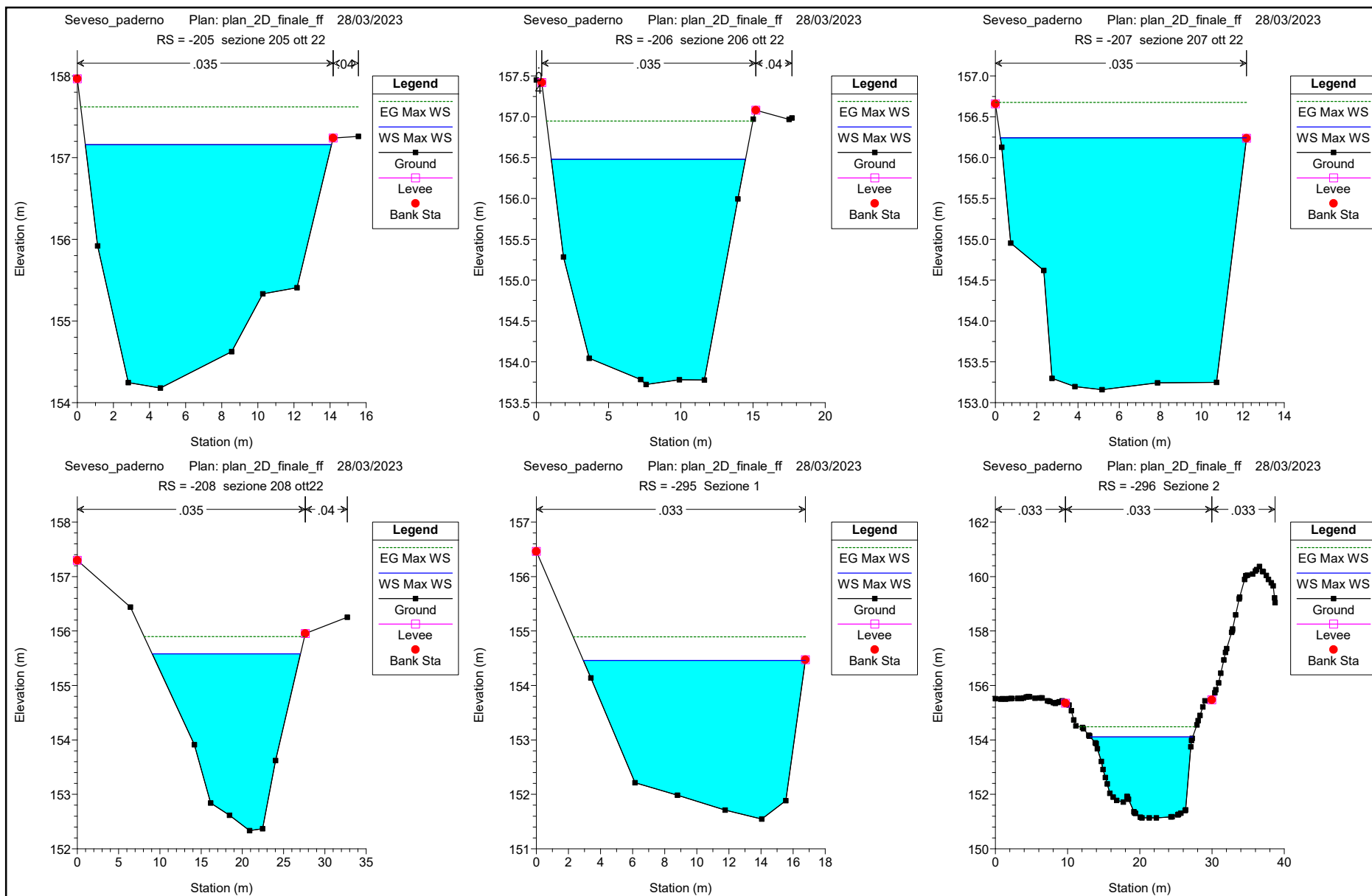


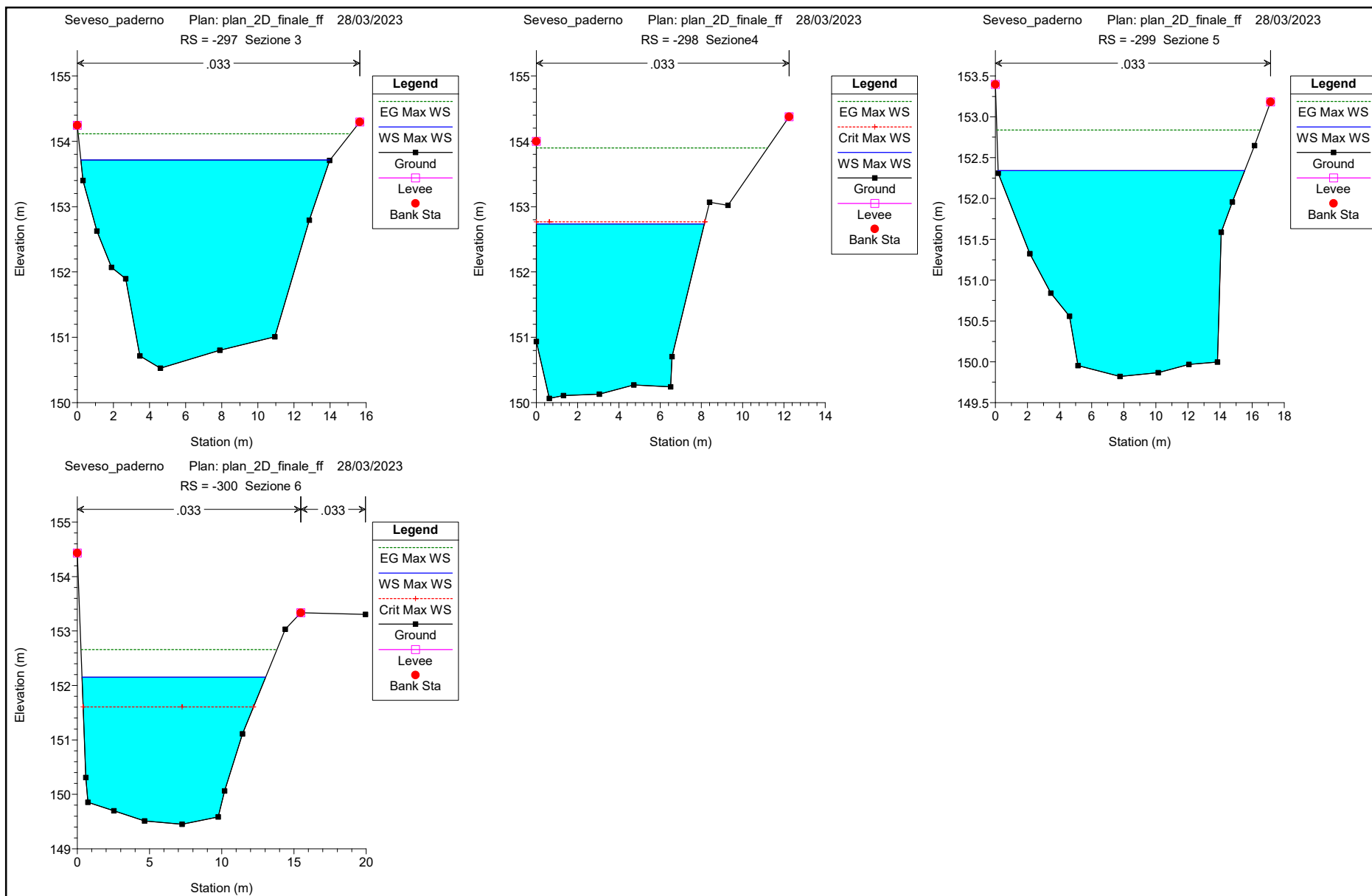














**VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRULICO
DEL TORRENTE SEVESO IN COMUNE DI PADERNO
DUGNANO (MI)**

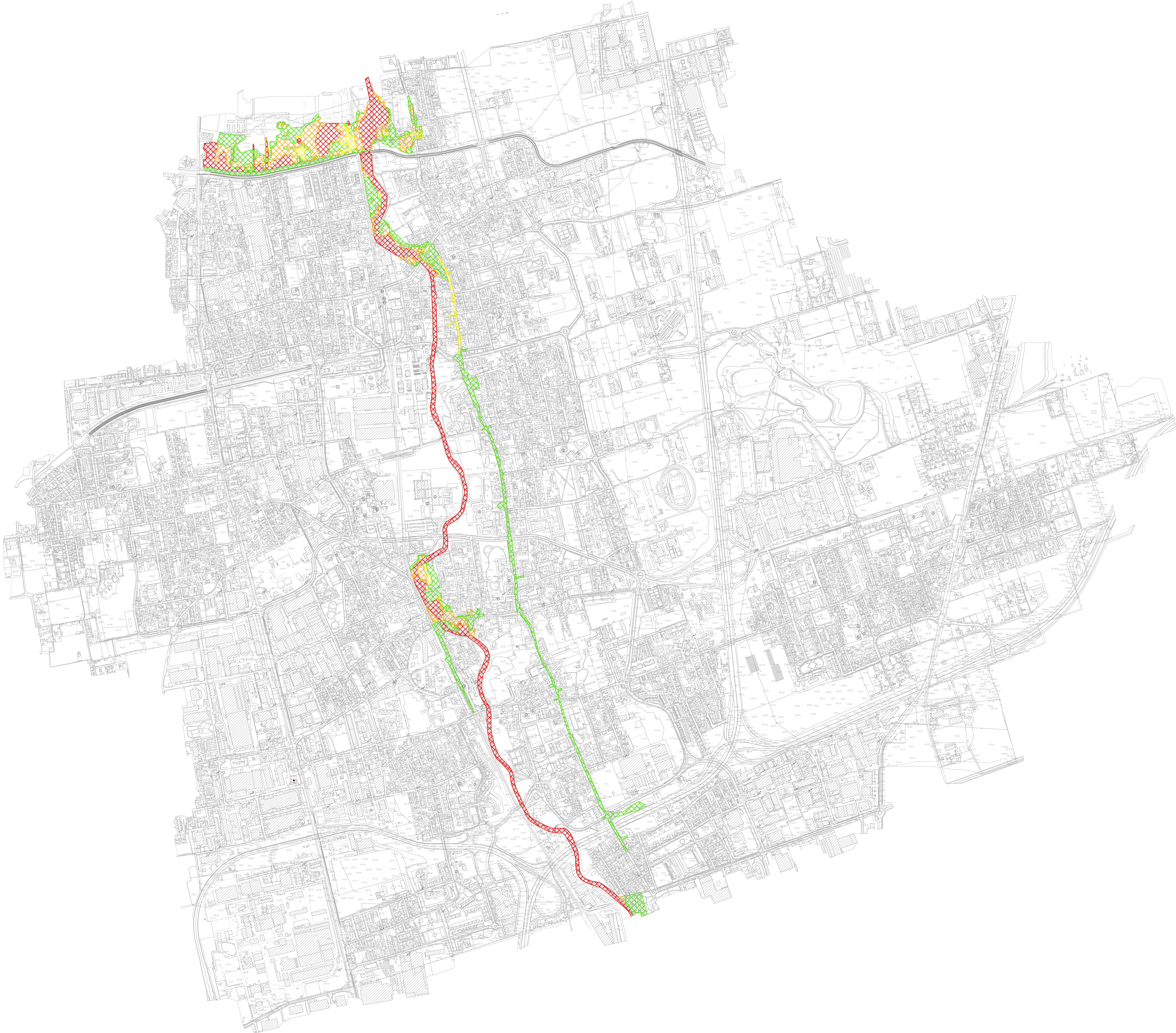
ai sensi dell'Art. 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e
della D.G.R. X/6738/2017

TRACCIA DELLE SEZIONI



STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Bustelli di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/655.78.57 - fax 02/655.11.68
e-mail: info@idrogeotecnico.it
www.studioidrogeotecnico.com

DATA	DENOMINAZIONE	SCALA	NOME FILE
aprile 2023	TAV. 1	1:5.000	M476860_TAV1



VALUTAZIONI DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA DEL TORRENTE SEVESO AI SENSI DELL'ALL. 4 D.G.R. IX/2616/2011 E D.G.R. X/6738/2017

H1: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica moderata H1 (tranti idrici sulla viabilità ordinaria compresi tra 0 e 0,30 m e velocità comprese tra 0 e 0,60 m/s)

H2: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica media H2 (tranti idrici sulla viabilità ordinaria compresi tra 0 e 0,30 m e velocità comprese tra 0 e 0,60 m/s)

H3: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata H3 (tranti idrici sulla viabilità ordinaria compresi tra 0,30 e 0,70 m e velocità comprese tra 0,6 e 1,5 m/s) compatibilizzabili mediante interventi di difesa adeguati

H4: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata H4 (tranti idrici superiori a 0,70 m e velocità superiori a 1,50 m/s)



VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE SEVESO IN COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)

ai sensi dell'All. 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017

ZONAZIONE DEL PERICOLOSITA' IDRAULICA



STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Bustelli di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/655.78.57 - fax 02/655.11.68
e-mail: info@idrogeotecnico.it
www.studioidrogeotecnico.com

DATA	DENOMINAZIONE	SCALA	NOME FILE
aprile 2023	TAV. 2	1:5.000	M476890_TAV3



VALUTAZIONI DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE SEVESO AI SENSI DELL'ALL. 4 D.G.R. IX/2616/2011 E D.G.R. X/6738/2017

R1 (rischio moderato): possibili danni sociali ed economici marginali;

R2 (rischio medio): possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;

R3 (rischio elevato): possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;

R4 (rischio molto elevato): possibile perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale



VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE SEVESO IN COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)

ai sensi dell'All. 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017

ZONAZIONE DEL RISCHIO



STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Bustelli di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/655.78.57 - fax 02/655.11.68
e-mail: info@idrogeotecnico.it
www.studioidrogeotecnico.com

DATA	DENOMINAZIONE	SCALA	NOME FILE
aprile 2023	TAV. 3	1:5.000	M476860_TAV3