Provincia di Arezzo

Nuova viabilità di collegamento tra ponte Leonardo ed il Centro direzionale di Viale Matteotti di Montevarchi

Progetto Definitivo

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

NOME FILE					SCALA	DATA	ELABORATO N.
0923	DXX	IDR	001	B		Febbraio 2025	4.1.1

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
A	Giugno 2024	Prima emissione	Bigazzi	Berni	Chiarini	Bilia
B	Febbraio 2025	Seconda emissione	Bigazzi	Berni	Chiarini	Bilia

MANDATARIA
smart engineering
CONNECTING HORIZONS

MANDANTI
cooprogetti

DAC

Studio di Geologia
Dott. Lorenzo SEDDA

Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Paolo Bracciali

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
1.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 4
1.2 IL RETICOLO IDROGRAFICO INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ DI PROGETTO 6
1.3 FINALITÀ DELLO STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO 7
2 PRESCRIZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI ATTINENTI AL R.D.5 N°523 DEL 1904, ALLA L.R. 41/2018 AL REGOLAMENTO 5R/2020 8
2.1 RECEPIMENTO DELLE PRESCRIZIONI EMERSE NELLA PRIMA SEDUTA DELLA CONFERENZA DEI SERVIZI 8
3 I VINCOLI NASCENTI DAL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO. 10
3.1 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.) 10
3.2 PIANO STRALCIO RISCHIO IDRAULICO - BACINO DEL FIUME ARNO 12
3.3 REGIO DECRETO N. 523/1904 14
3.4 NTC 2018 14
3.5 ADEMPIMENTI RISPETTO LA L.R. 41 DEL 24.07.2018. DISPOSIZIONI IN MATERIA DI RISCHIO DI ALLUVIONI E DI TUTELA DEI CORSI D'ACQUA IN ATTUAZIONE DEL DECRETO LEGISLATIVO 23 FEBBRAIO 2010, N. 49 (ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE RELATIVA ALLA VALUTAZIONE E ALLA GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONI). 15
3.6 D.P.C.M. 4 MARZO 1996 – DISPOSIZIONI IN MATERIA DI RISORSE IDRICHE 15
4 IDROLOGIA DEL FOSSO REALE E DEL FOSSO DI GUARDIA PRINCIPALE 17
4.1 REGIME PLUVIOMETRICO LOCALE E TEMPI DI RITORNO 18
4.2 STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO 19
4.2.1 Stima delle perdite idrologiche 19
4.2.2 La trasformazione afflussi – deflussi 20
4.3 DETERMINAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO 21
4.4 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA 22
5 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA 23
5.1 DESCRIZIONE DEI MODELLI NUMERICI DI PROPAGAZIONE DELLE PORTATE 23
5.1.1 Configurazione di stato attuale 23
5.1.2 Configurazione di progetto 32
5.2 RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO 34
5.3 VALUTAZIONI QUALITATIVE CIRCA L'INTERFERENZA DELLE OPERE CON LE AREE ALLAGABILI TR = 200 ANNI IN SINISTRA IDROGRAFICA DEL TORRENTE DOGANA (TRATTO VIA AMENDOLA – VIA MATTEOTTI) 41
6 IL FRANCO IDRAULICO RISPETTO ALL'IMPALCATO DEL PONTE SUL TORRENTE DOGANA 44
7 INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO E SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DAL CORPO STRADALE
7.1 DEFINIZIONE DEI BACINI DI COMPETENZA 50
7.2 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO E METODI ADOTTATI PER LE VERIFICHE IDRAULICHE 51
7.2.1 Regime pluviometrico locale e tempi di ritorno 51
7.2.2 Stima delle perdite idrologiche 52
7.2.3 Criteri di dimensionamento 52
7.2.4 Stima delle portate di progetto con il metodo di De Martino 52
7.2.5 Metodo Cinematico 53
7.2.6 Verifiche in moto uniforme dei fossi di guardia, dei tombini e delle condotte 54
7.3 DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA STRADALE 56
7.3.1 Interassi massimi ammissibili tra gli embrici 57
7.3.2 Interassi massimi ammissibili tra le caditoie 58
8 ELABORATI CARTOGRAFICI 60
9 RACCOMANDAZIONI E AVVERTENZE FINALI 61

ALLEGATO 1.1: carta della pericolosità da alluvioni – stato attuale

ALLEGATO 1.2: carta dei battenti – stato attuale

ALLEGATO 1.3: carta della velocità della corrente - stato attuale

ALLEGATO 1.4: carta della magnitudo idraulica - stato attuale

ALLEGATO 2.1: carta della pericolosità da alluvioni – stato di progetto

ALLEGATO 2.2: carta dei battenti –- stato di progetto

ALLEGATO 2.3: carta della velocità della corrente - stato di progetto

ALLEGATO 2.4: carta della magnitudo idraulica - stato di progetto

APPENDICE 1 - Outputs grafici e numerici delle simulazioni effettuate in regime di moto vario con il software Hec-Ras.

APPENDICE 2 - Outputs in formato raster relativi ai battenti, ai livelli, alle velocità, alla magnitudo e shape della pericolosità da alluvioni (su supporto magnetico).

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico è redatto a supporto del Progetto Definitivo della nuova viabilità di collegamento tra ponte Leonardo ed il centro direzionale di Viale Matteotti di Montevarchi (AR) elaborato per conto della provincia di Arezzo dal RTP costituito da Smart Engineering S.R.L., Chiarini Associati – Ingegneria Civile E Ambientale[1], Studio Dragoni, Peruzzi e Calzolari Ingegneri Associati e il Geol. Sedda Lorenzo.

Per la descrizione della nuova infrastruttura stradale si rinvia al paragrafo seguente, rimandando per ulteriori dettagli alla relazione generale di progetto.

Figura 1-1: immagine satellitare con indicazione della viabilità di progetto (linee di color rosso).

1.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il collegamento viario principale, sul quale è focalizzato l'intervento in oggetto, è stato classificato come strada extraurbana locale di categoria F1 in accordo con la normativa vigente (D.M. 5/11/2001), le cui caratteristiche sono riportate in Figura 1-2.

[1] In data 30 aprile 2024 lo studio Chiarini Associati – Ingegneria Civile E Ambientale e entrato in Cooprogetti Soc. Coop.

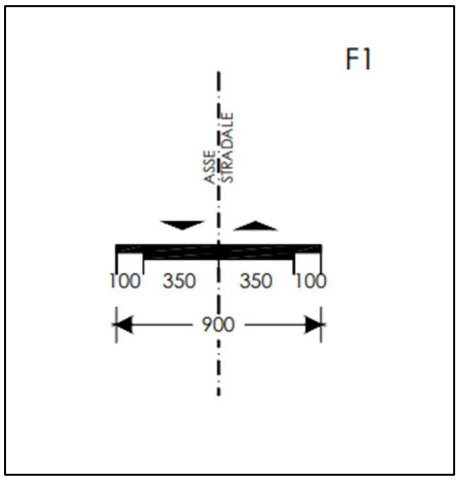


Figura 1-2: Tipologia stradale (DM 2001)

Tale collegamento prevede la realizzazione di un nuovo arco stradale denominato di seguito "Asse1" e l'adeguamento in sede dell'attuale Via del Prunellino denominato di seguito "Asse 2"; la connessione di tali archi con la viabilità esistente è stata gestita prevedendo la realizzazione di un'intersezione a raso ed una rotatoria:

- l'intersezione a raso gestisce l'incrocio che si genera tra Via Matteotti e l'asse 1;
- la rotonda connette invece gli assi 1 e 2 con Via Vespucci.

L'estremità Ovest è anch'essa gestita con un'intersezione a raso con Via Amendola di carattere minore rispetto alla precedente. L'estremità Est dell'asse 2 è stata connessa direttamente alla rotatoria in prossimità del Ponte Leonardo (Rotatoria C); quest'ultima connessione taglia il collegamento tra le attuali Via del Prunellino e Via Campagna, interferenza risolta connettendo la via Campagna alla rotatoria C e realizzando un nuovo arco "Strada Vicinale" che garantisce l'accessibilità all'ex cantiere del Ponte Leonardo e alle proprietà limitrofe a tale area.

La costruzione del nuovo collegamento tra il Nuovo Centro direzionale di via Matteotti e la rotatoria in prossimità del ponte Leonardo genererà un traffico indotto sulla via Matteotti in direzione "Centro"; per tale motivo è stato previsto un nuovo collegamento tra l'intersezione di via Matteotti e via Amendola, grazie al quale si generano percorsi alternativi in grado di scaricare in parte (in termini di flusso veicolare) via Matteotti.

Durante le lavorazioni si prevede di intervenire anche sul parcheggio esistente prevedendo quindi l'unione dei parcheggi e delle aree di accesso alla piscina comunale con un unico parcheggio pensato e riorganizzato anche per le manovre dei mezzi più ingombranti (bus, ecc.).

Per realizzare l'intervento descritto saranno quindi necessari i seguenti interventi che vengono elencati a livello qualitativo per determinare in maniera semplificata ma comunque completa il grado di complessità dell'intervento proposto.

Opere strutturali:

- Nuovo ponte sul torrente Dogana ad arco in carpenteria metallica;
- Scatolare stradale in c.a. per attraversamento su Via Piave;
- Scatolare stradale in c.a. per attraversamento su Strada vicinale;
- Muretti ed opere d'arte minori a completamento del tracciato stradale;
- Muretti ed opere d'arte minori a completamento del parcheggio su Via Matteotti.

Opere idrauliche:

- Regimazione e smaltimento delle acque di piattaforma;

- Adeguamento dei fossi e degli attraversamenti idraulici interferenti;
- Adeguamento e correzione delle interferenze con fognature e condotte d'acqua trattata.

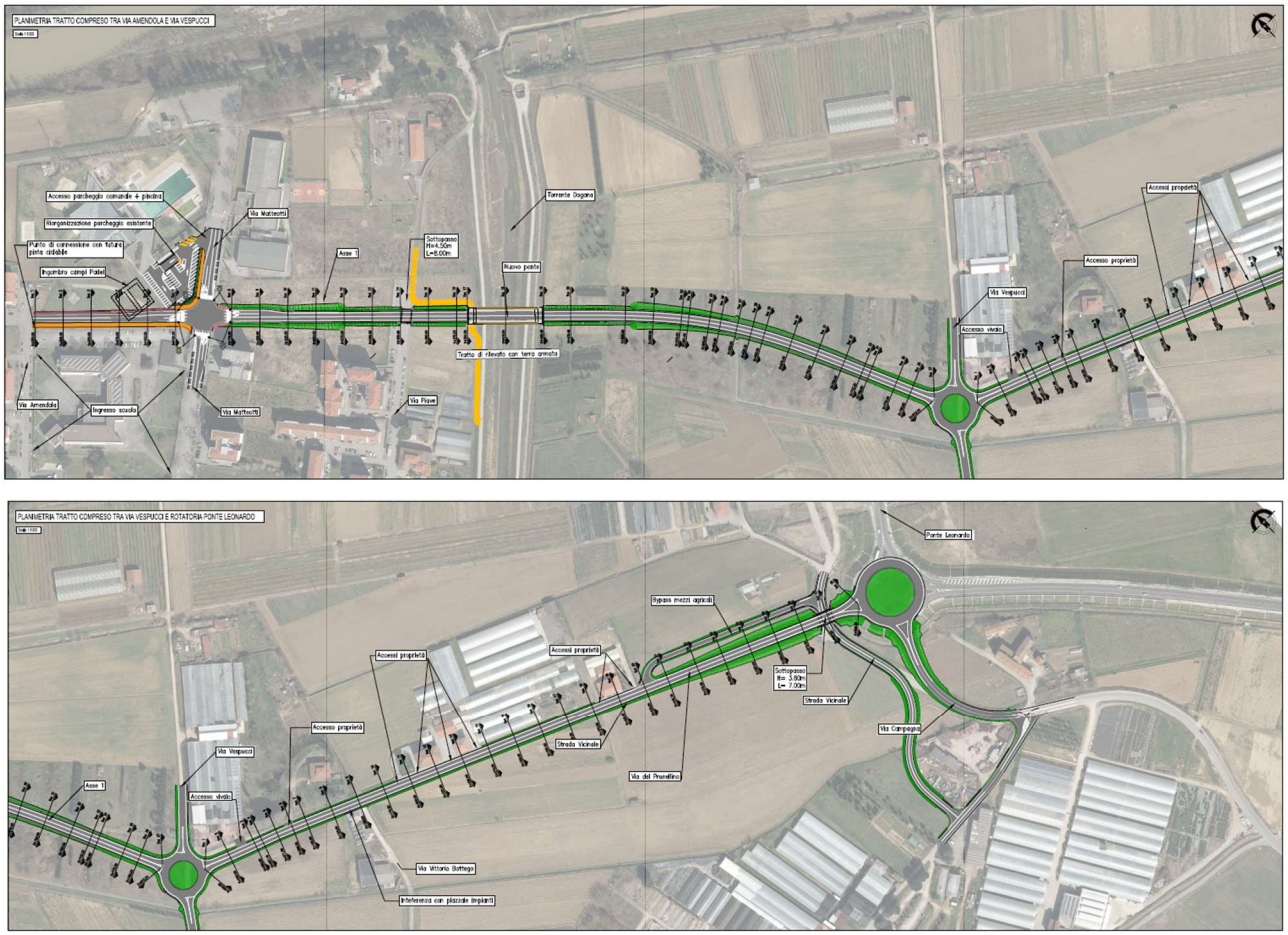


Figura 1-3: Estratti planimetrici della soluzione progettuale

1.2 IL RETICOLO IDROGRAFICO INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ DI PROGETTO

La nuova viabilità interagisce con il locale sistema idrografico, non solo perché l'intervento comporta la realizzazione di un'opera di attraversamento sul torrente Dogana, ma anche perché il tracciato attraversa il comprensorio di acque basse di un'antica area di bonifica risalente al periodo granducale che, sebbene protetto dal sistema di difesa degli argini leopoldini, presenta tratti potenzialmente ricadenti in aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti per effetto dei fenomeni di esondazione di alcuni affluenti del fiume Arno: torrente Dogana, borro del Giglio, borro Valdilago e torrente Caposelvi.

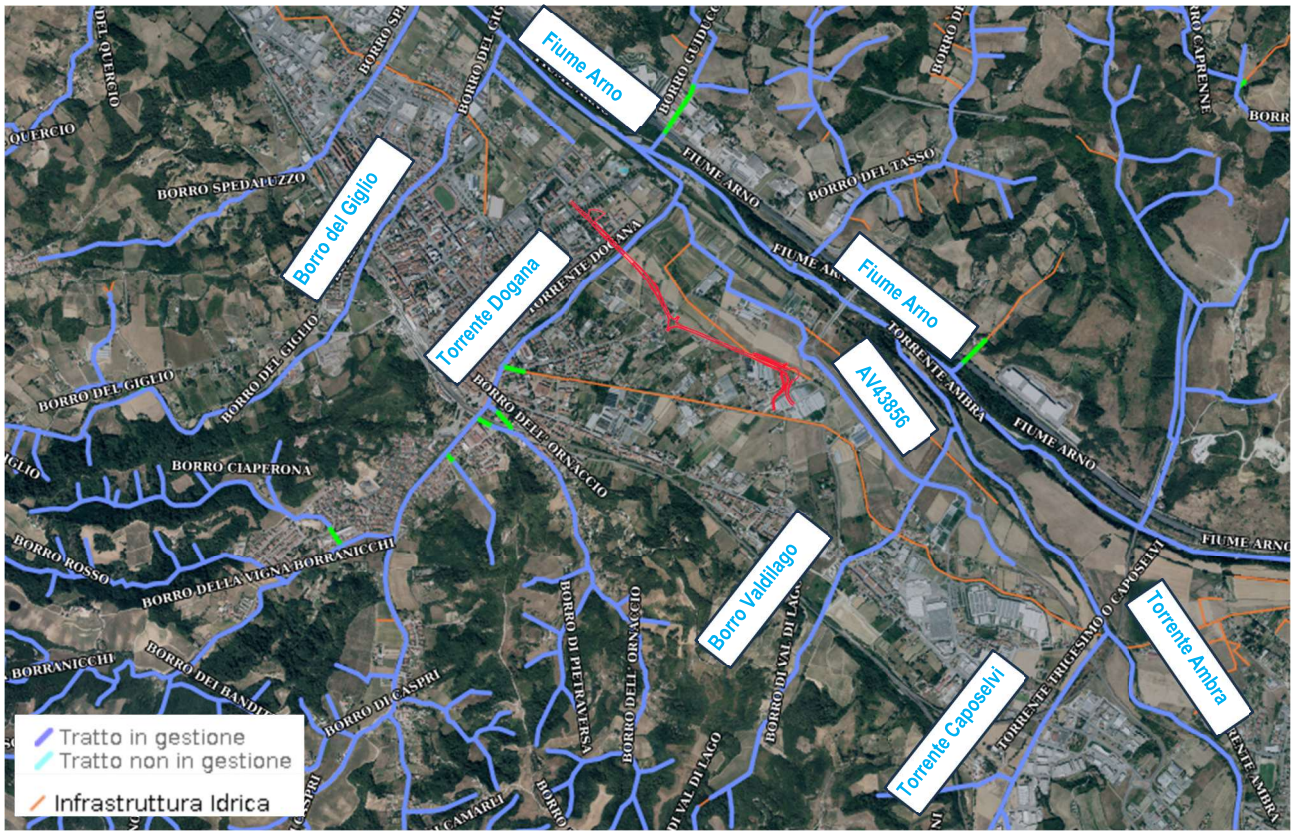


Figura 1-4: reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana ai sensi della L.R. 79/2012 e ss.mm.ii. con indicazione della viabilità di progetto (linee di color rosso).

1.3 FINALITÀ DELLO STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

Nella presente relazione idrologica-idraulica vengono studiate le seguenti problematiche:

- valutazione delle "*aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti*" ai sensi della L.R. 41/2018[2] nell'area interessata dalla realizzazione della nuova viabilità; dette analisi sono state condotte a partire dai ai risultati delle analisi idrologico-idrauliche[3] condotte a supporto degli strumenti urbanistici recentemente adottati dal comune di Montevarchi[4].
- sussistenza del franco idraulico al di sotto dell'impalcato del nuovo ponte sul torrente Dogana e degli scatolari sul fosso reale rispetto ai livelli idrometrici corrispondenti agli eventi di piena duecentennali;
- interferenze della strada di progetto con la rete idrografica minore esistente; in questo caso è prevista o la realizzazione di tombini di attraversamento posti trasversalmente all'asse stradale in modo tale da garantire la continuità idraulica, oppure, per i fossi meno importanti, l'immissione nei fossi di guardia posti lateralmente al corpo stradale;
- raccolta e allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale tramite embrici afferenti ai fossi di guardia o tramite caditoie e pluviali afferenti alle condotte di fognatura esistenti laddove non presente un alternativo corpo idrico recettore.

2 Come meglio dettagliato nei paragrafi seguenti il tracciato non interessa "*aree a pericolosità per alluvioni frequenti*" ai sensi della L.R. 41/2018.
3 Ing. L.Morandi - Indago s.r.l. (2023)
4 L'amministrazione comunale di Montevarchi ha gentilmente messo a disposizione i modelli numerici di propagazione delle onde di piena sviluppati con Hec-Ras dei seguenti corsi d'acqua: borro del Giglio, torrente Dogana, torrente Ambra, Torrente Caposelvi e borro Valdilago.

2 PRESCRIZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI ATTINENTI AL R.D.5 N°523 DEL 1904, ALLA L.R. 41/2018 E AL REGOLAMENTO 5R/2020

Successivamente alla consegna del progetto definitivo (agosto 2024) l'amministrazione procedente (Provincia di Arezzo) ha indetto per il giorno 26.11.2024 la prima riunione della conferenza di servizi al fine di acquisire pareri, intese, concerti, nulla osta o altri atti di assenso, comunque denominati, resi da diverse amministrazioni, inclusi i gestori di beni o servizi pubblici.

Le prescrizioni attinenti al R.D. n. 523/1904, alla L.R. 41/2018 e al Regolamento 5R/2020 ricevute sono sinteticamente riportate di seguito.

Settore Genio Civile Valdarno Superiore

- a1) per gli aspetti di competenza in relazione al procedimento di Variante Urbanistica si richiede che la documentazione sia integrata con tutti gli elaborati necessari ai sensi del Regolamento 5R/2020 e relativa modulistica per il deposito;
- a2) per quanto riguarda gli studi idrologico-idraulici a cui si è fatto riferimento, si richiede che siano presi in considerazione quelli relativi alla versione definitiva (corrispondente a quella prodotta a seguito delle controdeduzioni alle osservazioni) redatta a supporto del quadro conoscitivo del PS del Comune di Montevarchi;
- a3) si richiede che sia valutata e risolta la problematica relativa all'aggravio del rischio idraulico causato dall'incremento dei battenti nelle aree contermini alla "Rotatoria Leonardo", in particolare in corrispondenza del by-pass e nell'area destinata a deposito di materiali edili compresa tra la nuova strada vicinale, via Campagna e via del Pinaccio;
- a4) si richiede di rivalutare la quota di progetto dell'intradosso del nuovo ponte (146.25 m.s.l.m.), che risulta essere posizionata ad un'altezza di appena 1,61 m al di sopra della quota arginale in sinistra idraulica (144.61 m.s.l.m.), per la quale la percorribilità degli argini del Torrente Dogana, ai fini della manutenzione e/o somme urgenze, risulterebbe interrotta. In tale ambito si ricorda che tali argini sono classificati in III cat. ai sensi del R.D. 523/1904, con riferimento all'atto di omologa rilasciato dal Genio Civile nel 2012 (rif. Pratica Idraulica n°2059 "Lavori di Adeguamento e consolidamento degli argini del T. Dogana dal Ponte sulla S.R.69 alla confluenza in Arno" della Provincia di Arezzo);
- a5) con riferimento alla realizzazione dei n. 2 scatolari TRC1 e TRC2 in corrispondenza della Rotatoria Leonardo da realizzare sul Fosso Reale (AV43856) e del nuovo Ponte sul Torrente Dogana, dovrà essere rilasciata specifica concessione per l'occupazione del demanio idrico con riferimento al R.D. 523/1904 e d.p.g.r. 60R/2016.

Comune di Montevarchi

- b1) nella relazione idraulica non sono stati rappresentati gli scenari di progetto aggiornati con le nuove perimetrazioni conformi al Piano Strutturale adottato, questo al fine di predisporre un quadro coerente con gli strumenti di pianificazione territoriale comunali. Pertanto non sembrano data evidenza degli interventi che garantiscano la trasparenza idraulica della nuova infrastruttura, questo al fine di verificare eventuali aggravi nelle aree limitrofe;
- b2) modellazioni idrauliche e elaborati di progetto secondo quanto previsto dal regolamento approvato con D.P.G.R. n. 5/R/2020 (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche) con i relativi moduli ai fini della variante urbanistica e per la predisposizione degli atti per la modifica del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) che risulta essere lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

2.1 RECEPIMENTO DELLE PRESCRIZIONI EMERSE NELLA PRIMA SEDUTA DELLA CONFERENZA DEI SERVIZI

Con riferimento ai codici alfanumerici indicati nel paragrafo precedente, indentificativi delle singole osservazioni e prescrizioni emerse, di seguito si descrive come esse siano state recepite nel presente progetto definitivo.

Settore Genio Civile Valdarno Superiore

- a1) il progetto è stato integrato con gli elaborati necessari ai sensi del Regolamento 5R per la Variante Urbanistica: Carta della pericolosità da alluvioni, Carta della magnitudo idraulica, Carta dei battenti, Carta della velocità della corrente, sia nella configurazione di stato attuale che in quella di progetto (vedi allegati);
- a2) gli studi idraulici relativi alla versione definitiva (corrispondente a quella prodotta a seguito delle controdeduzioni alle osservazioni) redatta a supporto del quadro conoscitivo del PS del Comune di Montevarchi sono stati integrati nelle analisi condotte nel presente progetto;
- a3) la problematica idraulica inerenti all'aggravio di rischio nelle aree contermini alla "Rotatoria Leonardo" (by pass, via Pinaccio, via Campagna) è stata risolta prevedendo opere che garantiscano la trasparenza idraulica delle nuove viabilità (vedi § 5.1.2.1);
- a4) con il Settore Genio Civile Valdarno Superiore è stato concordato di realizzare, in prossimità del nuovo ponte sul torrente Dogana, delle rampe di raccordo tra la viabilità campestre esistente e il coronamento arginale così da non interrompere la percorribilità dell'argine;
- a5) sarà richiesta specifica concessione per l'occupazione del demanio idrico con riferimento al R.D. 523/1904 e d.p.g.r. 60R/2016.

Comune di Montevarchi

- b1) gli studi idraulici relativi alla versione definitiva redatta a supporto del quadro conoscitivo del PS del Comune di Montevarchi sono stati integrati nelle analisi condotte nel presente progetto. Sono state previste specifiche opere atte a garantire la trasparenza idraulica delle nuove viabilità, al fine di scongiurare l'aggravio di rischio nelle aree contermini alla nuova viabilità (vedi § 5.1.2);
- b2) il progetto è stato integrato con gli elaborati necessari ai sensi del Regolamento 5R per la Variante Urbanistica: Carta della pericolosità da alluvioni, Carta della magnitudo idraulica, Carta dei battenti, Carta della velocità della corrente, sia nella configurazione di stato attuale che in quella di progetto (vedi allegati);

3 I VINCOLI NASCENTI DAL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.

3.1 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.)

In Figura 3-1 è riportato un estratto della mappa della pericolosità da alluvione fluviale nell'area di interesse da cui si può desumere che la viabilità di progetto ricade in aree a pericolosità da alluvione bassa (P1) e, per un piccolo tratto compreso tra via Amendola e via Matteotti, in area a pericolosità da alluvione media (P2).

L'art. 6 della disciplina di Piano definisce le aree a pericolosità su tre classi secondo la seguente gradazione:

- pericolosità da alluvione elevata (P3), comprende le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), comprende le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1): corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e comunque corrispondenti al fondo valle fluviale.

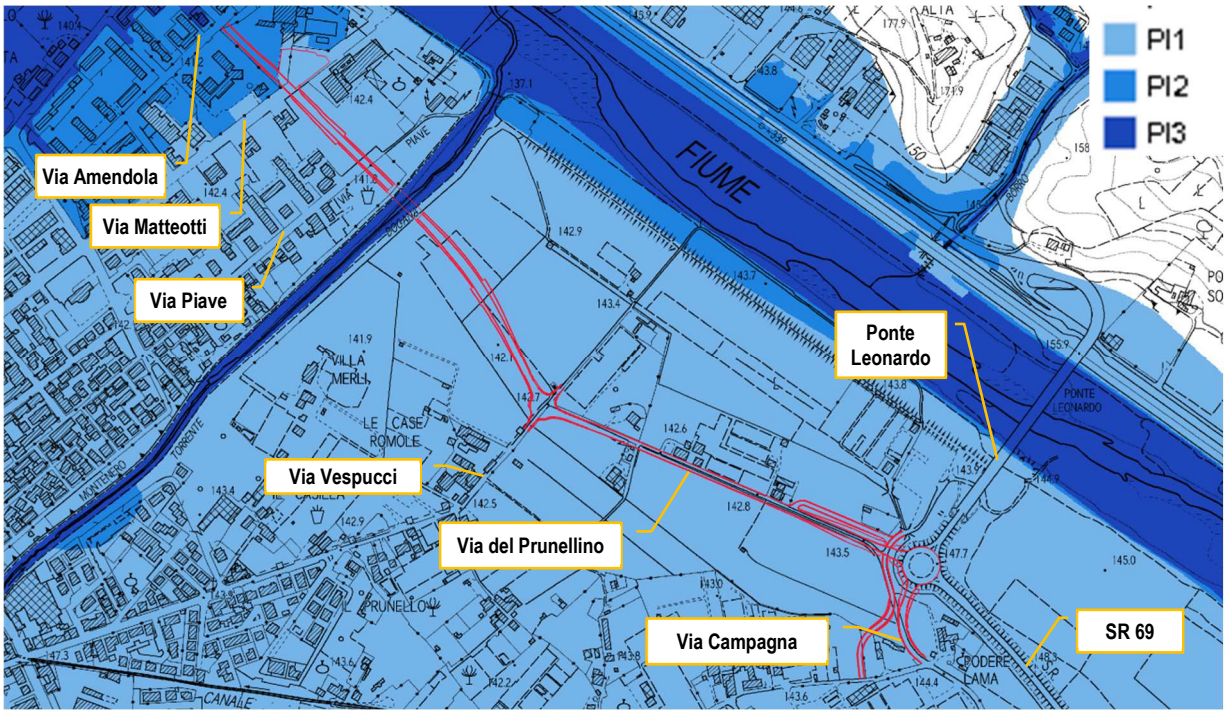


Figura 3-1: mappa delle aree con pericolosità da alluvione con l'indicazione (in rosso) della viabilità di progetto.

Di seguito si riporta un estratto degli art. 9, 10, 11 della disciplina di piano, di interesse nel caso in esame:

Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Norme 1.

1.Nelle aree P2, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 10.

2. (…omissis…)

3. Le regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

(…omissis…)

b) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di:

- *nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;*

- *interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*

(… omissis…)

Art. 11 – Aree a pericolosità da alluvione bassa (P1) – Norme e indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1.Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di gestione del rischio.

(…omissis…)

Preme tuttavia osservare che nel dicembre 2024 sono stati approvati da parte del Comune di Montevarchi il nuovo Piano Strutturale e il nuovo Piano Operativo. In particolare, a supporto del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale, sono state effettuate nuove indagini idrologiche-idrauliche che hanno evidenziato (vedasi Figura 3-2) una diversa pericolosità da alluvioni nell'area compresa tra il torrente Caposelvi e il torrente Dogana, che risulta allagabile per eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (P2).

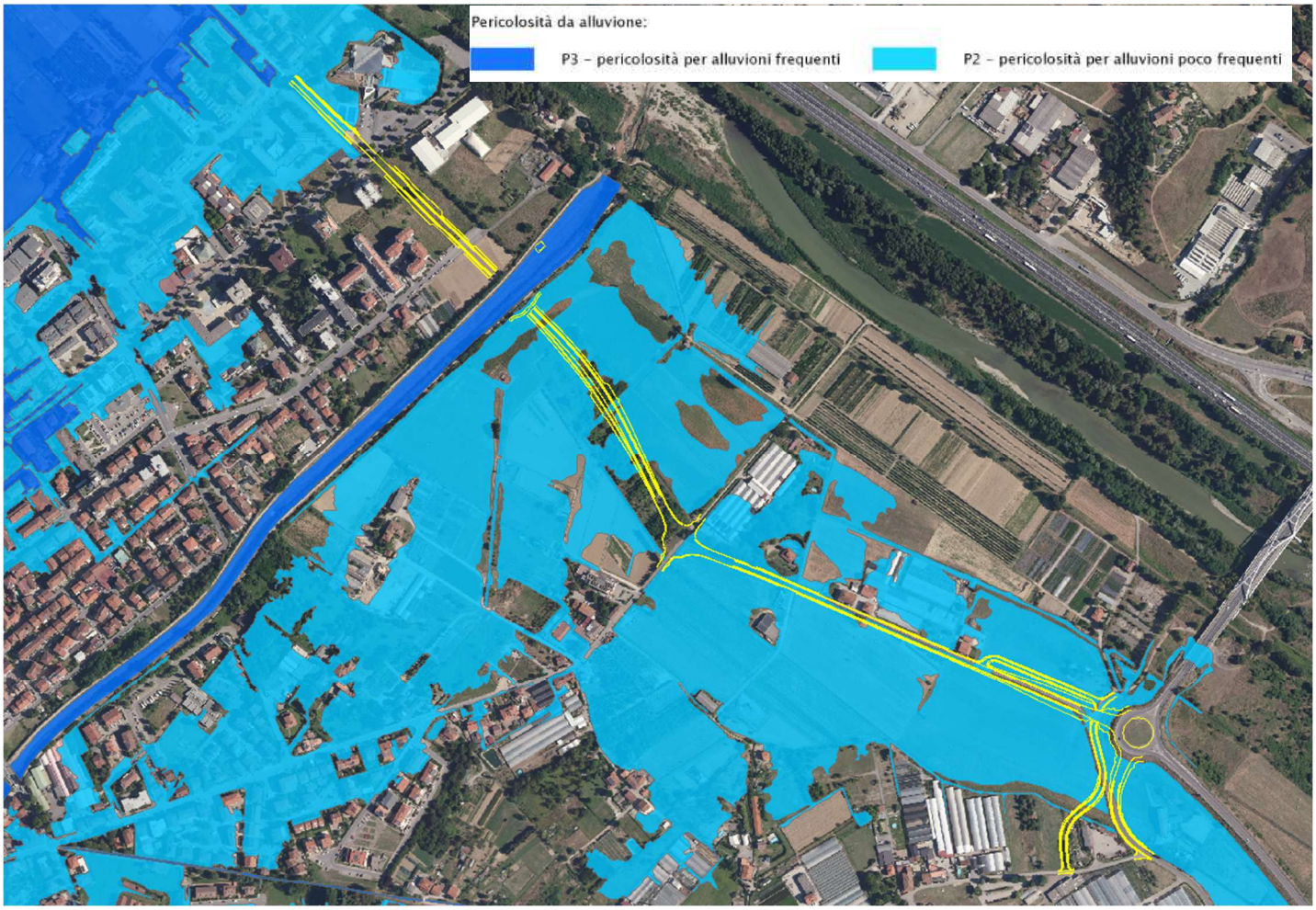


Figura 3-2: Piano Strutturale. Carta della pericolosità da alluvione con l'indicazione (in giallo) della viabilità di progetto.

A seguito dell'approvazione delle predette indagini idrologiche-idrauliche da parte della struttura regionale competente, saranno aggiornate le mappe del PGRA.

3.2 PIANO STRALCIO RISCHIO IDRAULICO - BACINO DEL FIUME ARNO

3.2.1.1 Interventi strutturali per la riduzione del Rischio Idraulico nel bacino dell'Arno.

In Figura 3-3 la viabilità di progetto è stata sovrapposta alla Carta degli Interventi Strutturali per la Riduzione del Rischio Idraulico nel bacino dell'Arno. Da detta sovrapposizione si evince che le opere risultano esterne alle aree destinate ad interventi di tipo A salvo in prossimità della rotatoria che conduce al Ponte Leonardo dove il raccordo con la viabilità esistente ne lambisce una modestissima parte.

Figura 3-3: Piano Stralcio Rischio Idraulico. Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno con l'indicazione (in rosso) della viabilità di progetto.

Il punto 1 della norma 2 della Normativa di piano indica che:

1 - Vincolo di non edificabilità (aree A). Le aree A del Piano di Bacino, stralcio Rischio Idraulico, e cioè le aree degli interventi di piano per la mitigazione del rischio idraulico sulle quali si può procedere alla progettazione, sono soggette a vincolo di inedificabilità assoluta.

(…omissis…)

Tuttavia, al quarto comma del punto 2 della norma 2 della suddetta Normativa si legge altresì che:

2 - Casi di esclusione.

(…omissis…)

gli interventi di ampliamento o di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il rischio idraulico e non precludano la possibilità di attuare gli interventi previsti dal piano, previa concertazione tra enti ed Autorità di Bacino.

Il tracciato della nuova viabilità di progetto risulta pertanto, ai sensi del punto 2 della norma 2, conforme al Piano Stralcio Rischio Idraulico, anche se dovrà essere concertato con l'Autorità di Bacino.

3.2.1.2 Aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999)

In Figura 3-4 la viabilità di progetto è stata sovrapposta alla Carta delle Aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999).

La norma 6 della Normativa di piano precisa che: *"Fatto salvo quanto stabilito nelle norme 2 e 3, le opere che comportano trasformazioni edilizie e urbanistiche, ricadenti nelle aree rappresentate nella «Carta guida delle aree allagate», potranno essere realizzate a condizione che venga documentato dal ponente ed accertato dall'Autorità amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione il non incremento del rischio idraulico da esse determinabile o che siano individuati gli interventi necessari alle mitigazione di tale rischio, da realizzarsi contestualmente all'esecuzione delle opere richieste."*

Nel prosieguo della presente relazione idrologico-idraulica sono dettagliatamente descritte le analisi volte alla dimostrazione di non incremento del rischio idraulico in altre aree nel passaggio dalla configurazione ante operam a quella post operam.

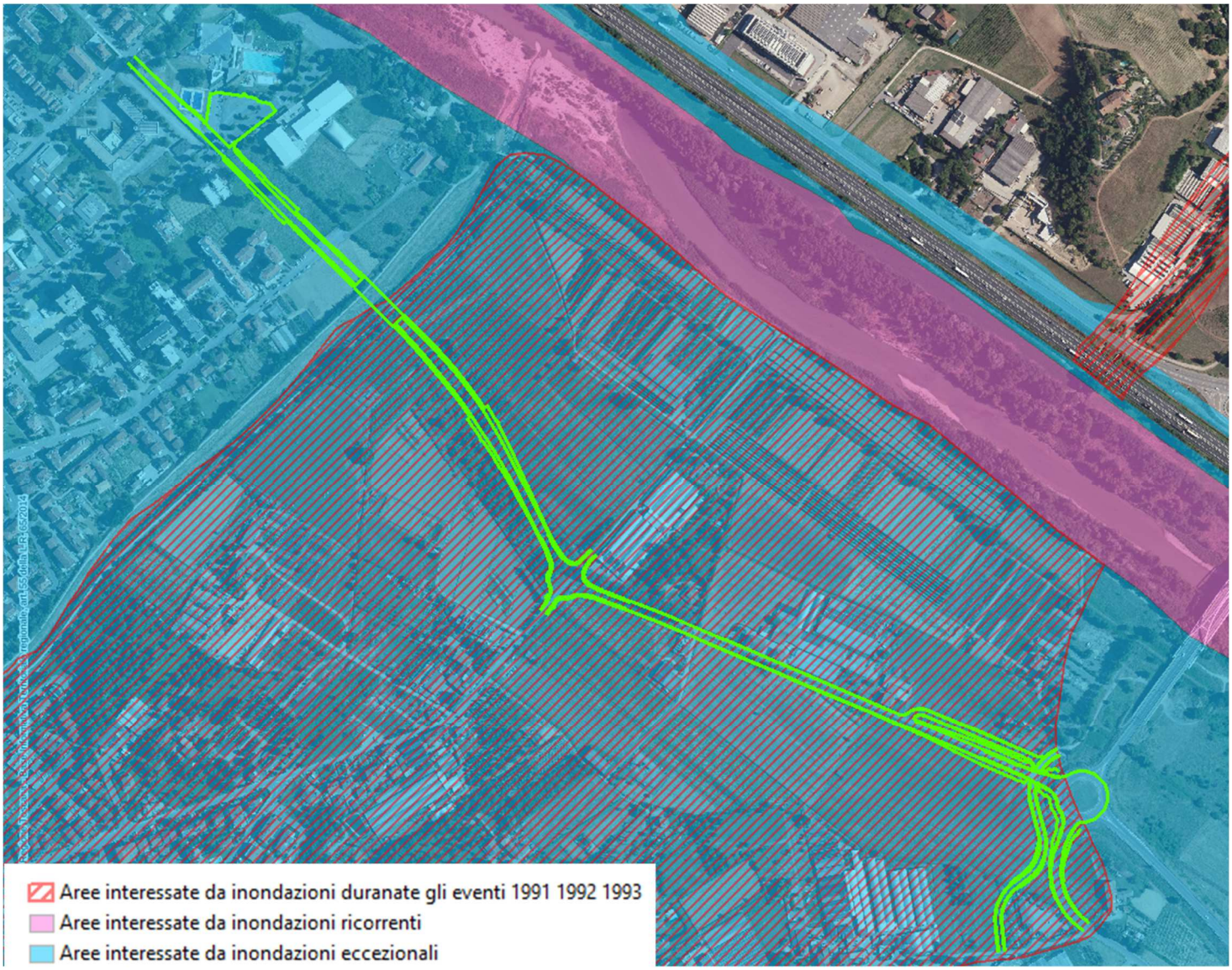


Figura 3-4: Piano Stralcio Rischio Idraulico. Carta Aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999) con l'indicazione (in verde) della viabilità di progetto.

3.3 REGIO DECRETO N. 523/1904

Ai sensi dell'art. 2, dell'art.93 e dell'art. 98 del R.D. 523/1904, l'intervento è soggetto al rilascio dell'autorizzazione idraulica da parte dell'autorità idraulica competente Genio Civile Valdarno Inferiore:

"2. Spetta esclusivamente alla autorità amministrativa lo statuire e provvedere, anche in caso di contestazione, sulle opere di qualunque natura, e in generale sugli usi, atti o fatti, anche consuetudinari, che possono aver relazione col buon regime delle acque pubbliche, con la difesa e conservazione, con quello delle derivazioni legalmente stabilite, e con l'animazione dei molini ed opifici sovra le dette acque esistenti; e così pure sulle condizioni di regolarità dei ripari ed argini od altra opera qualunque fatta entro gli alvei e contro le sponde. Quando dette opere, usi, atti, fatti siano riconosciuti dall'autorità amministrativa dannosi al regime delle acque pubbliche, essa sola sarà competente per ordinarne la modificazione, la cessazione, la distruzione. (…omissis)"

"93. Nessuno può fare opere nell'alveo dei fiumi, torrenti, rivi, scolatoi pubblici e canali di proprietà demaniale, cioè nello spazio compreso fra le sponde fisse dei medesimi, senza il permesso dell'autorità amministrativa. Formano parte degli alvei i rami o canali, o diversivi dei fiumi, torrenti, rivi e scolatoi pubblici, ancorché in alcuni tempi dell'anno rimangono asciutti."

"98. Non si possono eseguire, se non con speciale autorizzazione del ministero dei lavori pubblici, e sotto la osservanza delle condizioni dal medesimo imposte, le opere che seguono:

… omissis…

d) le nuove costruzioni nell'alveo dei fiumi, torrenti, rivi, scolatoi pubblici o canali demaniali, di chiuse, ed altra opera stabile per le derivazioni di ponti, ponti canali e botti sotterranee, non che le innovazioni intorno alle opere di questo genere già esistenti (28);"

Pertanto, sia il nuovo ponte sul torrente Dogana che i nuovi scatolari sul fosso Reale, interessando corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico e di gestione individuato dalla Regione Toscana ai sensi della L.R. 72/2019 e ss.mm.ii. rispettivamente con i codici AV16102 e AV43856, dovranno essere autorizzati dall'autorità idraulica, Genio Civile Valdarno Superiore.

3.4 NTC 2018

Le NTC 2018 al § 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica indicano che:

"Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto deve essere corredato da uno studio di compatibilità idraulica costituito da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento dello studio e delle indagini che ne costituiscono la base devono essere commisurati all'importanza del problema e al livello di progettazione. Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno Tr pari a 200 anni (Tr=200).

Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m".

La Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, contenente le istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018, al punto C5.1.2.3 Compatibilità Idraulica, precisa che per tombino si *intende "un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fini a 50mc/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comune un tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti"*

Relativamente al franco, la predetta circolare prescrive che *"nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idraulico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 50 cm".*

Nei paragrafi seguenti sono dettagliatamente descritte le analisi idrologiche e idrauliche svolte per la valutazione del franco di sicurezza.

3.5 ADEMPIMENTI RISPETTO LA L.R. 41 DEL 24.07.2018. DISPOSIZIONI IN MATERIA DI RISCHIO DI ALLUVIONI E DI TUTELA DEI CORSI D'ACQUA IN ATTUAZIONE DEL DECRETO LEGISLATIVO 23 FEBBRAIO 2010, N. 49 (ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE RELATIVA ALLA VALUTAZIONE E ALLA GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONI).

Di seguito si riportano i commi 1, 2, 5 e 6 dell'art.13 della L.R. n. 41/2018 che rappresentano le condizioni di fattibilità della viabilità di progetto:

1. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

2. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

3. L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

(…omissis…)

5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).

6. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi, solo se non diversamente localizzabili, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Nei paragrafi seguenti vengono dettagliatamente descritte le analisi idrologiche-idrauliche svolte per la dimostrazione del non incremento del rischio in altre aree e il non superamento del rischio medio R2 [5].

3.6 D.P.C.M. 4 MARZO 1996 – DISPOSIZIONI IN MATERIA DI RISORSE IDRICHE

Il D.P.C.M. del 4 marzo 1996 *Disposizioni in materia di risorse idriche* al punto 8.3.5 *Drenaggio Urbano* sancisce che: *"Ai fini del drenaggio delle acque meteoriche le reti di fognatura bianca o mista debbono essere dimensionate e gestite in modo da garantire che fenomeni di rigurgito non interessino il piano stradale o le immissione di scarichi neri con frequenza superiore ad una volta ogni 5 anni per ogni singola rete" (ovvero con un tempo di ritorno inferiore a 5 anni).*

Nel presente progetto, al fine di garantire un incremento dei livelli minimi di servizio del sistema di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma dell'infrastruttura stradale, i nuovi fossi, tombini e collettori sono stati dimensionati con riferimento ad eventi meteorici con TR = 50 anni. Detto valore del tempo di ritorno di progetto, peraltro coerente con gli attuali criteri di dimensionamento assunti da ANAS per opere similari [6], è stato ritenuto idoneo e ragionevolmente cautelativo anche in considerazione della maggior frequenza di eventi meteorici estremi che si vanno via via registrando

[5] Art. 2 L.R. 41/2018 "*rischio medio R2", definito dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 settembre 1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del d.l. 11 giugno 1998, n. 180), come il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche;"*

[6] Opere stradali in corso di progettazione in Provincia di Arezzo quali l'adeguamento a quattro corsie della SGC dei Due Mari, tratto San Zeno – Palazzo del Pero.

anche nell'Italia centrale nel corso dell'ultimo decennio, verosimilmente indotti dalla progressiva incidenza del cambiamento climatico.

4 IDROLOGIA DEL FOSSO REALE E DEL FOSSO DI GUARDIA PRINCIPALE

Per la verifica idraulica degli attraversamenti sul Fosso Reale in corrispondenza della rotatoria esistente del Ponte Leonardo (Rotatoria C) e sul fosso di guardia in corrispondenza della progressiva 0+625 Km del nuovo arco stradale denominato "Asse 1" è stato necessario valutare la portata di progetto in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei rispettivi bacini idrografici.

Dato che il Fosso Reale appartiene al reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana ai sensi della L.R. 79/2012 (§ 1.2), per esso le verifiche idrauliche sono state svolte con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni ai sensi delle NTC 2018 (§ 3.4).

Viceversa, per il fosso di guardia, non appartenente al predetto reticolo idrografico regionale, le verifiche idrauliche sono state condotte con riferimento al tempo di ritorno di 50 anni ai sensi del D.P.C.M. 4 marzo 1996 – Disposizioni in materia di risorse idriche (§ 3.5).

La valutazione della portata di progetto per una data sezione idraulica implica in primo luogo la determinazione dell'area del bacino idrografico ad essa afferente: risulta quindi necessario perimetrare la porzione di territorio da cui, per deflusso superficiale, la pioggia netta non assorbita dal terreno e non intercettata dalla vegetazione raggiunge la sezione di chiusura di interesse.

Per la delimitazione dei due predetti bacini imbriferi afferenti alle rispettive sezioni di chiusura si è fatto riferimento alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000 a curve di livello, ai sopralluoghi effettuati nonché al modello digitale del terreno basato su rilievo LIDAR, peraltro utilizzato negli studi idrologici idraulici a supporto del Piano Strutturale del Comune di Montevarchi. Sulla scorta di tali elementi sono stati tracciati i limiti dei bacini di interesse, individuati dalle linee di spartiacque (vedi Figura 4-1).

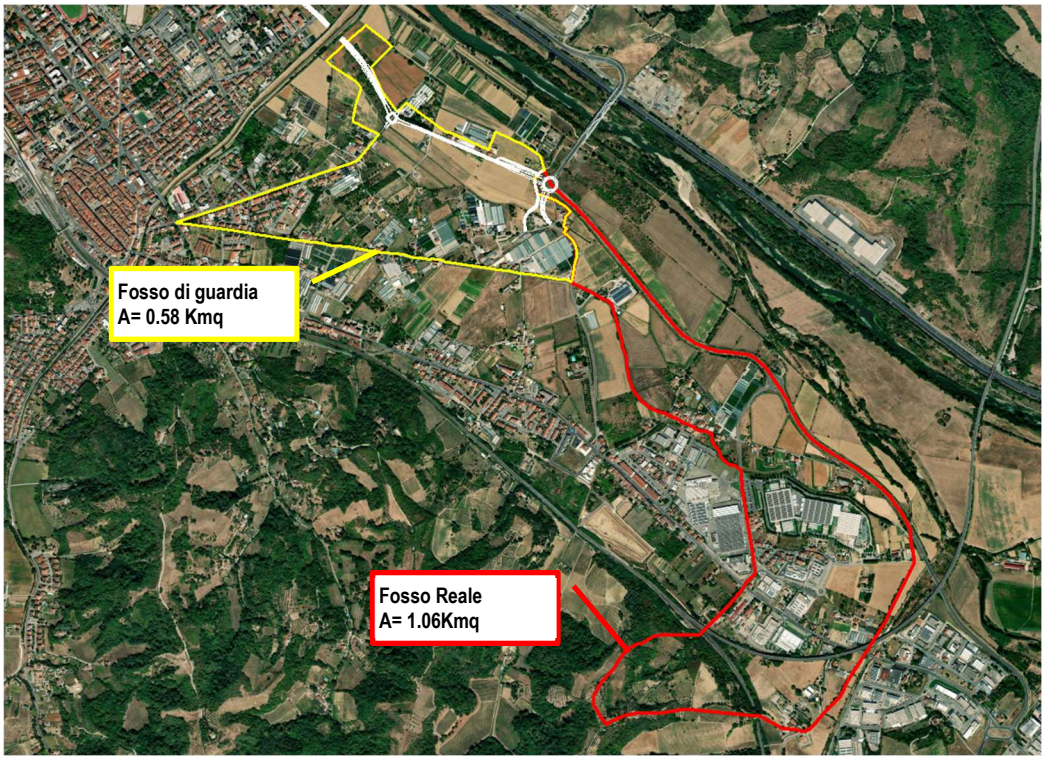


Figura 4-1: limiti dei bacini del fosso Reale (poligono di color rosso) e del fosso di guardia (poligono di color giallo) in corrispondenza delle rispettive sezioni di chiusura; in bianco è rappresentata la viabilità di progetto.

4.1 REGIME PLUVIOMETRICO LOCALE E TEMPI DI RITORNO

Per la stima delle portate di riferimento si è dapprima individuato il regime pluviometrico della zona in esame attraverso l'adozione della curva di possibilità pluviometrica a due parametri (a, n) dipendenti dal tempo di ritorno del tipo:

$$h(d) = a \cdot d^n$$

dove i parametri a e n sono desunti dallo studio promosso dalla Regione Toscana con DGRT 1133/2012 al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, con il quale si è provveduto ad aggiornare l'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica Caporali, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze). I parametri a e n della curva di possibilità climatica sopra indicata, ma validi solo per durate di precipitazione d ≥ 1 h sono consultabili nel sito della Regione Toscana nella pagina dedicata alla Difesa del Suolo (Link: https://www.regione.toscana.it/-/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni). Tuttavia, stanti le precisazioni fornite dagli estensori dello studio, i parametri *a* e *n* calcolati per durate di precipitazione d ≥ 1 sono utilizzabili, senza eccessiva perdita di attendibilità, fino a precipitazioni di durata minima di 0.5 ore.

Dal sito della Regione Toscana è possibile scaricare l'andamento spaziale dei parametri a e n con griglia di 1 km x 1 km per ciascuno dei tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni, desunto a partire dall'analisi TCEV delle altezze di pioggia osservate. I risultati sono resi disponibili in formato ASCII Grid, la Figura 4-2 mostra, a titolo di esempio, le griglie dei parametri a e n per il tempo di ritorno di 200 anni nell'intera regione.

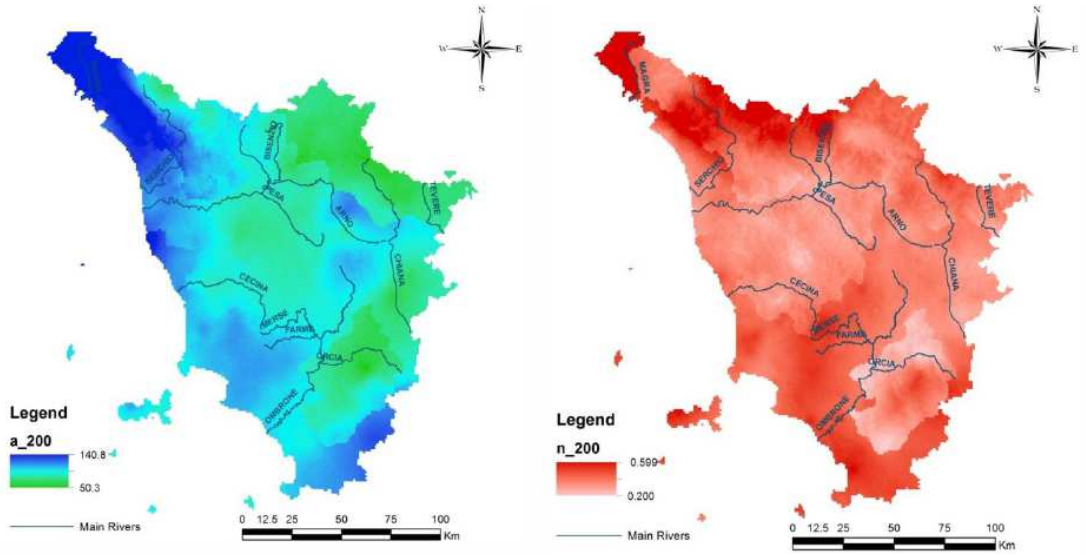


Figura 4-2: spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" (a sinistra) e "n" (a destra) della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 200 anni.

Nel presente progetto, come già anticipato, si è fatto riferimento al tempo di ritorno di 200 anni per il fosso Reale e a TR = 50 anni per il fosso di guardia. Nella tabella seguente si riportano pertanto i parametri delle curve di possibilità pluviometrica caratteristici dei bacini in esame relativi ai predetti tempi di ritorno.

Tabella 4-1: parametri delle curve di possibilità pluviometrica

TR 50 anni (d > 0.5 ore)		TR 200 anni (d > 0.5 ore)	
a	n	a	n
59.64	0.26	75.29	0.30

4.2 STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO

4.2.1 Stima delle perdite idrologiche

Per ogni sezione di chiusura, data l'area totale sottesa, si è determinato il coefficiente di deflusso medio φ come media pesata dei coefficienti delle singole sotto-aree individuate in base all'uso del suolo, di estensione *Si*:

$$\phi = \frac{\sum_i \phi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

I coefficienti di afflusso orari adottati per le singole tipologie di superficie drenate sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4-2: Uso del suolo e relativo valore del coefficiente di deflusso φ

Classificazione superfici	Φ
Bosco	0.20
Giardini e terreni coltivati	0.25
Strade e piazzali sterrati	0.50
Strade e piazzali asfaltati	0.85
Tetti	0.90
Pavimentazioni drenanti	0.70

Nella Tabella 4-3 sono indicati i coefficienti di deflusso medi per il fosso Reale e per il fosso di guardia.

Tabella 4-3: coefficiente di deflusso per il fosso reale e per il fosso di guardia

Corso d'acqua	Φ
Fosso Reale	0.42
Fosso di guardia	0.43

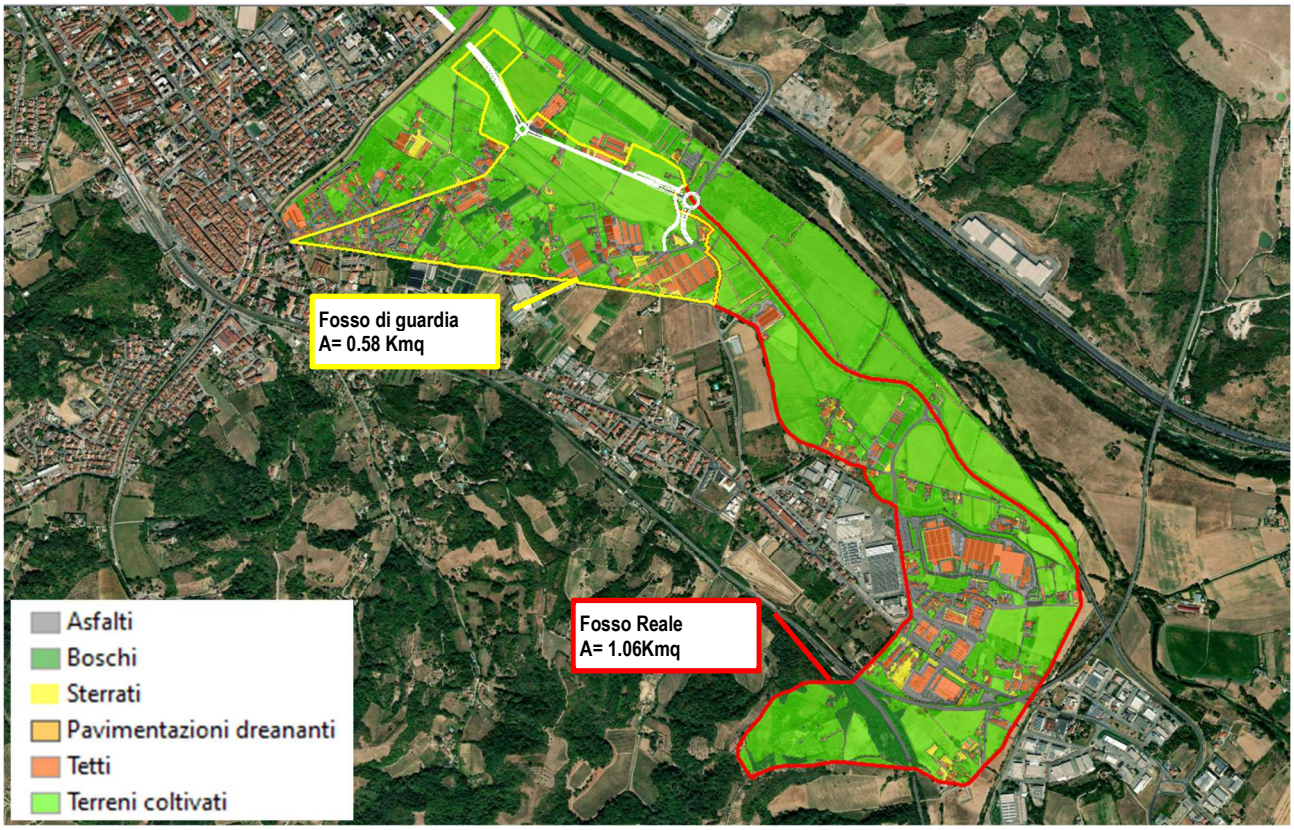


Figura 4-3: uso del suolo con l'indicazione dei bacini di interesse

4.2.2 La trasformazione afflussi – deflussi

Nel vasto panorama dei modelli di formazione dei deflussi, che si propongono di rappresentare matematicamente i processi idrologici che si manifestano in un bacino idrografico descrivendone il comportamento con un operatore che lega la funzione di distribuzione temporale delle piogge effettive (ingresso al sistema) ed il corrispondente idrogramma dei deflussi diretti (risposta del sistema), è stata scelta la metodologia basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta Q(t) ad una sollecitazione meteorica di intensità p(t) variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

dove p(t)=A i(t) è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione h(t), che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo).

La funzione h(t) può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui il metodo dell'invaso lineare, il metodo di Nash, il metodo geomorfologico oppure facendo ricorso all'idrogramma unitario del SCS.

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni afflussi deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità. Questo IUH presenta il 37.5% del suo volume prima dell'istante di picco; inoltre, i valori della portata di picco e dell'istante di picco Tp sono stati ricavati adottando un modello semplificato di idrogramma triangolare di base 2.67 Tp (Figura 4-4).

Per la definizione dell'idrogramma unitario adimensionale del SCS per è necessario specificare il tempo di ritardo *Tl* del bacino idrografico, che può essere valutato separatamente mediante relazioni empiriche valide per l'area in esame oppure, in assenza di esse, a partire dal tempo di corrivazione secondo la relazione:

$$T_l = \frac{3}{5}T_c$$

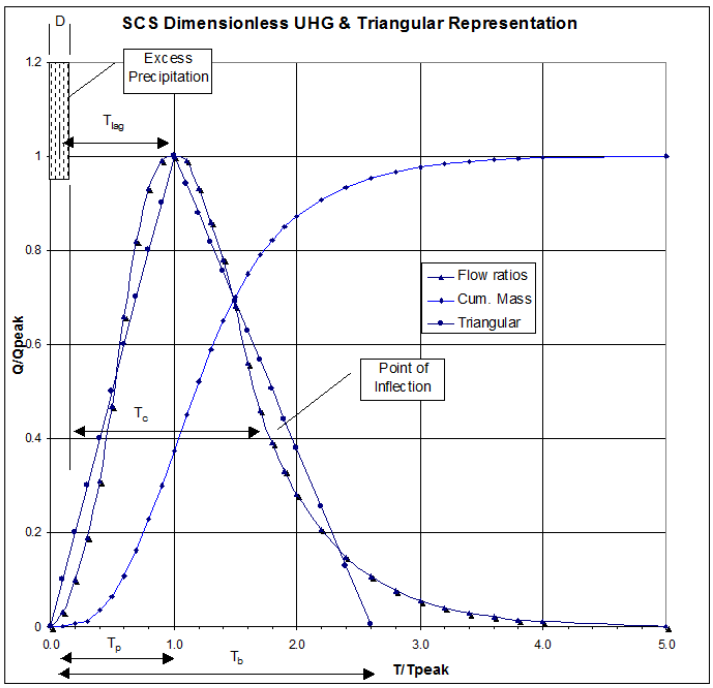


Figura 4-4: IUH-SCS

Per la stima del tempo di corrivazione di ciascun bacino sono state utilizzate alcune formule empiriche proposte per le bonifiche, che esprimono il legame tra *Tc* ed alcune grandezze caratteristiche di facile determinazione:

- formula di **Ventura**

$$t_c = 0.0053(A/i)^{0.5}$$

con *A* = area del bacino in km² e *i* = pendenza media (m/m) dell'asta principale;

- formula di **Pasini**

$$t_c = 0.0045\left(\sqrt[3]{AL}/\sqrt{i}\right)$$

con *A* = area del bacino in km², *L* = lunghezza dell'asta principale espressa in km e *i* = pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Per ciascun bacino, in Tabella 4-4, sono riportati i valori dei parametri caratteristici per il calcolo del tempo di corrivazione t_c: area del bacino *A*, lunghezza dell'asta principale *L* e pendenza media dell'asta principale, *i* [7].

Tabella 4-4: parametri caratteristici per il calcolo del tempo di corrivazione

bacino	*A*	*L*	*i*
	[Km²]	[Km]	[Km]
F.so Reale	1.06	2.93	0.004
F.so di Guardia	0.58	1.04	0.0016

In Tabella 4-5, per ciascun bacino è indicato il valore del tempo di corrivazione t_c stimato con le formulazioni disponibili in letteratura e precedentemente descritte, il valore medio e il tempo di ritardo *Tl* (il cosiddetto "Lag").

Tabella 4-5: indicazione per ciascun bacino del tempo di corrivazione calcolato con formule empiriche di letteratura, del tempo di corrivazione medio e del tempo di ritardo Tl

bacino	*t_c [ore]*			*Tl* [min]
	Pasini	Ventura	t_{cmed}	
F.so Reale	2.41	2.01	2.21	79.6
F.so di Guardia	2.31	2.45	2.38	85.5

4.3 DETERMINAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

La determinazione dello ietogramma di progetto per un prefissato tempo di ritorno richiede l'individuazione della durata dello ietogramma (durata critica) nonché della distribuzione temporale degli spessori di pioggia stimati dalla corrispondente linea segnalatrice di possibilità pluviometrica areale.

La durata critica della pioggia viene determinata assumendo che la portata al colmo con assegnato tempo di ritorno, T_r, sia la maggiore tra le portate al colmo determinate da tutti gli eventi di pioggia ricavati dalla linea di possibilità pluviometrica areale. È possibile determinare la durata critica utilizzando diverse metodologie in funzione della modellistica afflussi-deflussi impiegata. In particolare, nel caso dei metodi empirici tradizionali che si basano sul metodo razionale tale durata è data dal tempo di corrivazione del bacino, mentre nel caso di modelli idrologici in grado di descrivere la trasformazione afflussi-deflussi, essa può essere stimata mediante un insieme di simulazioni. Nel presente studio è stato seguito il

[7] Calcolata come media armonica delle radici delle pendenze medie dei sottotratti che la compongono, pesate per la lunghezza dei rispettivi sottotratti. (*vedi* Da Deppo, Datei, Salandin *Sistemazione dei corsi d'acqua Quarta edizione*, Libreria Internazionale Cortina, Padova, 2002, pag 178) La media armonica è l'inverso della media aritmetica degli inversi:

$$i^{0.5} = \frac{\sum_j L_j}{\sum_j L_j \cdot i_j^{-0.5}}$$

secondo approccio, utilizzando il primo per una prima stima attorno alla quale determinare il corretto valore di durata critica. In particolare, sulla base del concetto di evento critico, la determinazione della durata critica mediante simulazione idrologica consiste nell'effettuare un insieme di simulazioni con un modello afflussi-deflussi avente come dati di ingresso una serie di ietogrammi di pioggia di durata crescente, ottenuti distribuendo in modo uniforme nel tempo lo spessore di pioggia ricavato dalla LSPP areale relativa ad un determinato tempo di ritorno. All'aumentare della durata dell'evento, si ottengono idrogrammi di piena il cui picco assume valori crescenti fino ad un valore massimo, per poi decrescere. La durata dell'evento che corrisponde all'idrogramma con il massimo valore della portata di picco viene assunta come durata critica.

A titolo di esempio, vengono di seguito riportati i risultati delle simulazioni effettuate per il bacino idrografico del Fosso Reale, considerando, a parità di tempo di ritorno, ietogrammi sintetici di tipo uniforme di differenti durate: come si può vedere dalla Figura 4-5 la durata che massimizza la portata al colmo è quella pari a 1 ore, che pertanto è assunta come durata critica del bacino.

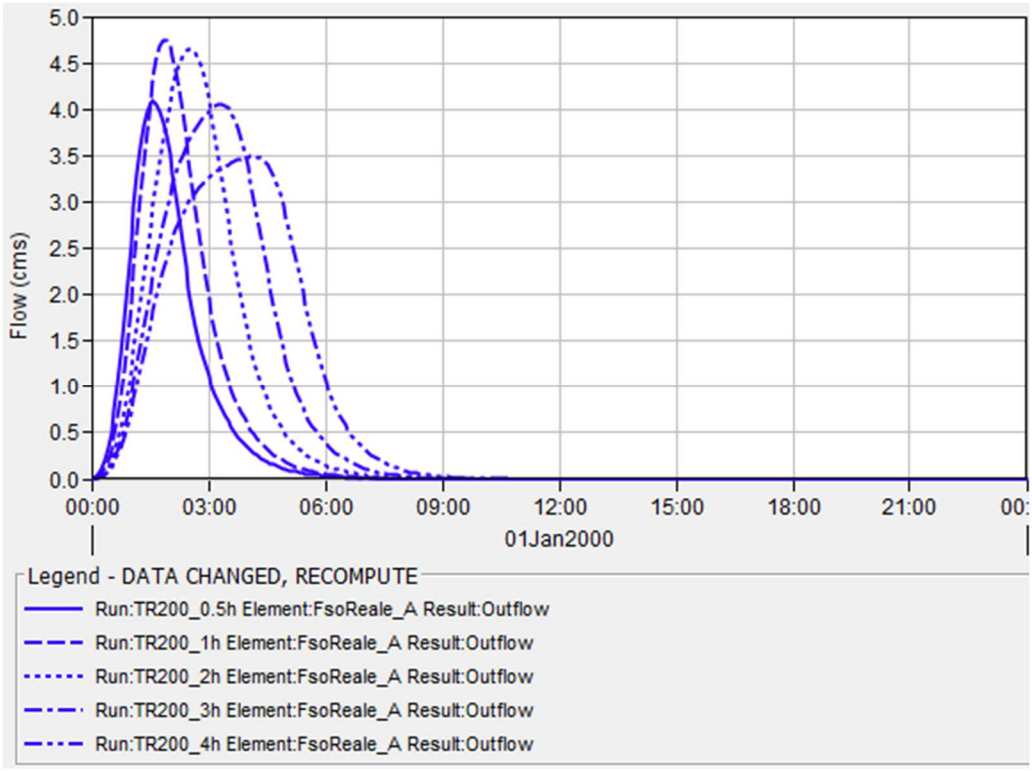


Figura 4-5: Simulazioni con ietogramma costante e diverse durate per la scelta della durata critica di un bacino idrografico.

4.4 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

La procedura descritta ha permesso di ricavare, per il Fosso Reale e per il fosso di guardia, nelle sezioni di chiusura di interesse ed al variare del tempo di ritorno, le portate di progetto riassunte nelle tabelle seguenti. Le tabelle mostrano inoltre le diverse durate critiche ottenute mediante la procedura precedentemente descritta.

Tabella 4-6: portate di picco di progetto TR = 200 anni per il Fosso Reale per varie durate di pioggia.

	Q picco (mc/s) - TR200							
Nome	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h
F.so Reale	4.1	**4.75**	4.65	4.05	3.49	3.04	2.69	2.21

Tabella 4-7: portate di picco di progetto TR = 200 anni per il fosso di guardia per varie durate di pioggia.

	Q picco (mc/s) – TR50							
Nome	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h
F.so di Guardia	1.73	**1.96**	1.92	1.67	1.43	1.24	1.1	0.89

5 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

5.1 DESCRIZIONE DEI MODELLI NUMERICI DI PROPAGAZIONE DELLE PORTATE

Per descrivere compiutamente il fenomeno di propagazione delle onde di piena sono stati allestiti dei modelli matematici accoppiati 1D per gli alvei incisi e puramente 2D per le aree golenali extra-alveo, implementati in regime di moto vario mediante il software Hec-Ras (rel.6.5).

I modelli delle due differenti configurazioni investigate, ante e post-operam, sono stati allestiti dagli scriventi a partire dai modelli implementati nell'ambito degli studi idraulici redatti a supporto del PS vigente del Comune di Montevarchi (approvato nel dicembre 2024) e relativi al Torrente Ambra e al Torrente Caposelvi, al Borro della Dogana e al Borro Val di Lago.

5.1.1 Configurazione di stato attuale

5.1.1.1 Allestimento del modello geometrico dell'alveo e schema planimetrico

Come precedentemente accennato, per il Torrente Ambra e il Torrente Caposelvi è stato acquisito il modello numerico allestito nell'ambito degli studi idraulici a supporto del PS vigente del Comune di Montevarchi, mantenendolo inalterato per quanto concerne i parametri di scabrezza associati al terreno. Tale modello è stato comunque opportunamente integrato per rispondere alle esigenze del presente studio.

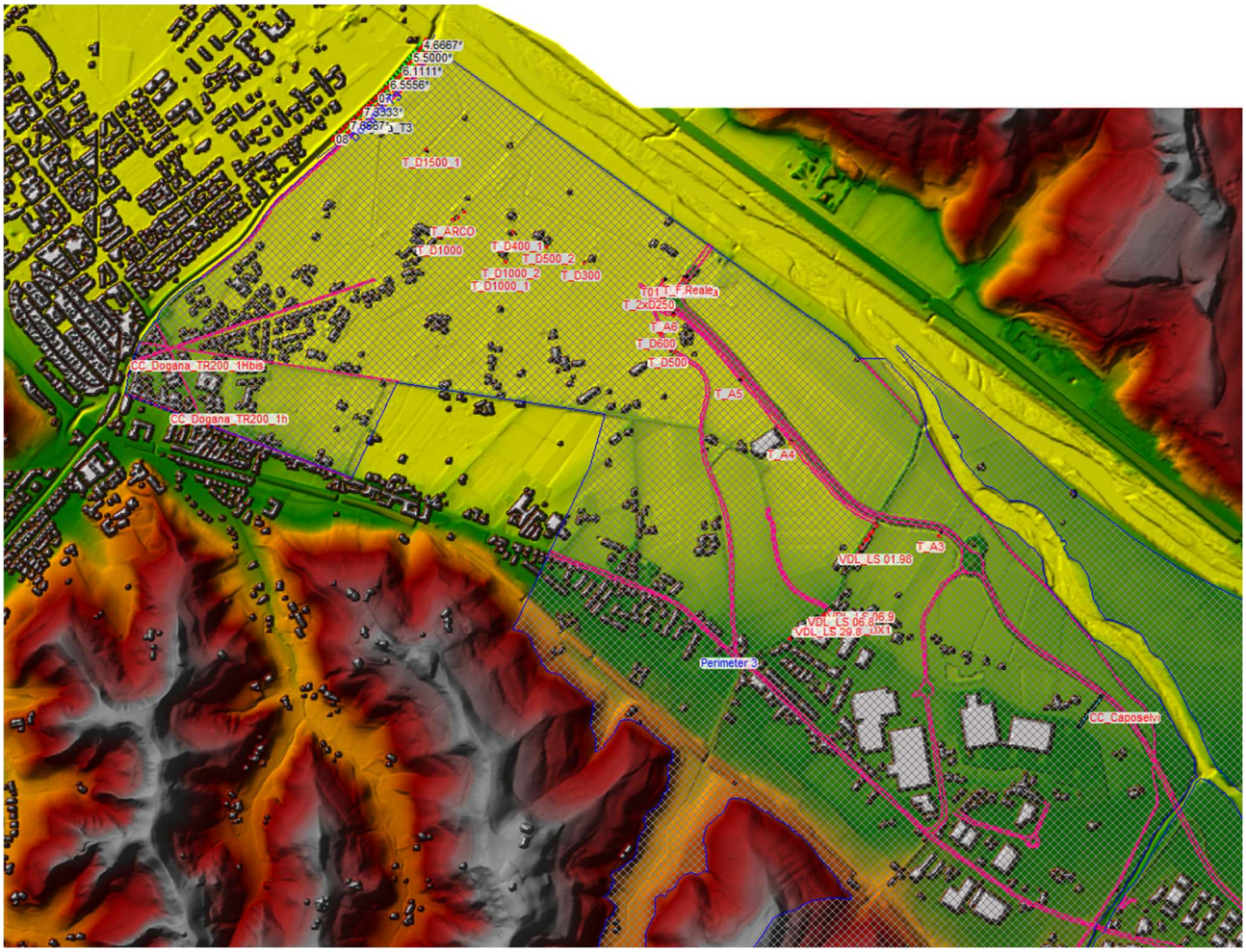


Figura 5-1: geometria del modello numerico allestito in ambiente Hec-Ras v.6.5, configurazione di stato attuale

Dall'osservazione *della Pericolosità da alluvioni*, di cui si riporta un estratto in Figura 5-2, risulta che l'area oggetto di intervento si trova nell'area a pericolosità P2 ed è interessata dai fronti di esondazione duecentennali provenienti dai Torrenti Ambra e Caposelvi, dal Borro della Dogana e dal Borro Val di Lago. I contributi delle esondazioni dei suddetti corsi d'acqua sono stati inseriti nel modello attraverso l'utilizzo di condizioni al contorno interne (*flow hydrographs*) alle aree 2D.

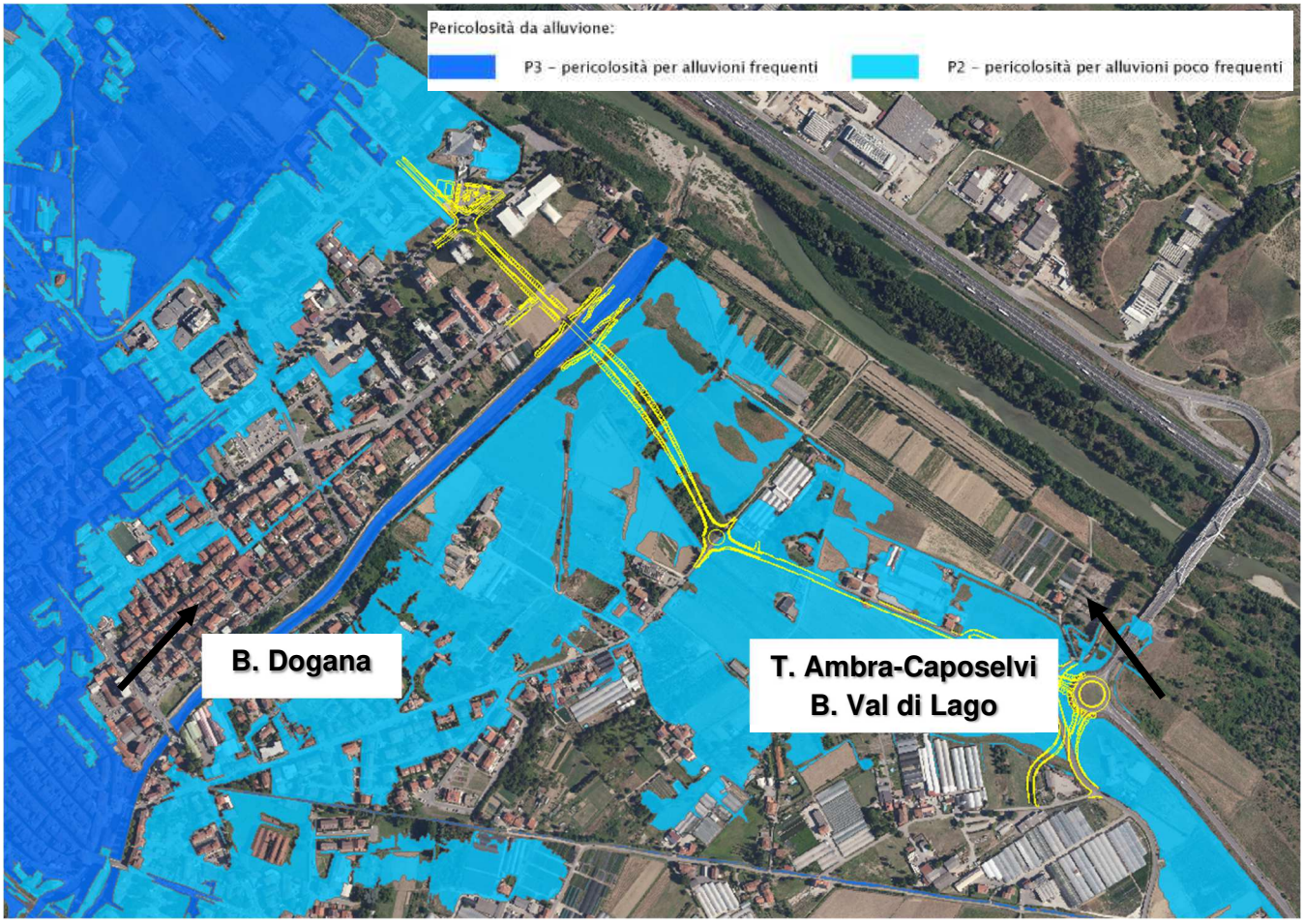


Figura 5-2: carta della pericolosità da alluvione nell'area di intervento con l'indicazione dei fronti di esondazione che interessano l'area. Le linee gialle indicano la nuova viabilità di collegamento.

Particolare attenzione è stata prestata al manufatto di scarico (Figura 5-3) ubicato alla confluenza del fosso appartenente al reticolo minore (AV105042) sul Borro della Dogana, a monte della confluenza con il Fiume Arno. Vista la particolare importanza e la posizione rispetto all'area di intervento, il manufatto è stato oggetto di uno specifico rilievo topografico da parte degli scriventi (Figura 5-4) con l'obiettivo di determinarne le caratteristiche geometriche e le quote di imbocco e sbocco per consentirne la corretta schematizzazione modellistica volta alla corretta valutazione delle portate in esso transitanti come risultato dell'interazione tra il fronte di esondazione, i livelli di piena del Fiume Arno e la portata convogliata nel Borro della Dogana; a tal fine si è deciso di inserire nel modello numerico il tratto finale del Borro della Dogana (tratto Dogana_T3 sez. da 08 a 04). In corrispondenza del manufatto, l'argine è stato schematizzato mediante l'inserimento di un elemento *Lateral Structure* di comunicazione tra il corso d'acqua e l'area extra-alveo, dotato di elemento *culvert* a sezione rettangolare delle dimensioni di 0.90m x 3.45m e munito di paratoia antiriflusso tipo clapet (vedi Figura 5-5).

Figura 5-3: Manufatto di scarico che mette in comunicazione l'area 2D con il Borro della Dogana (a sinistra la vista lato campagna e a destra la vista lato Borro della Dogana)

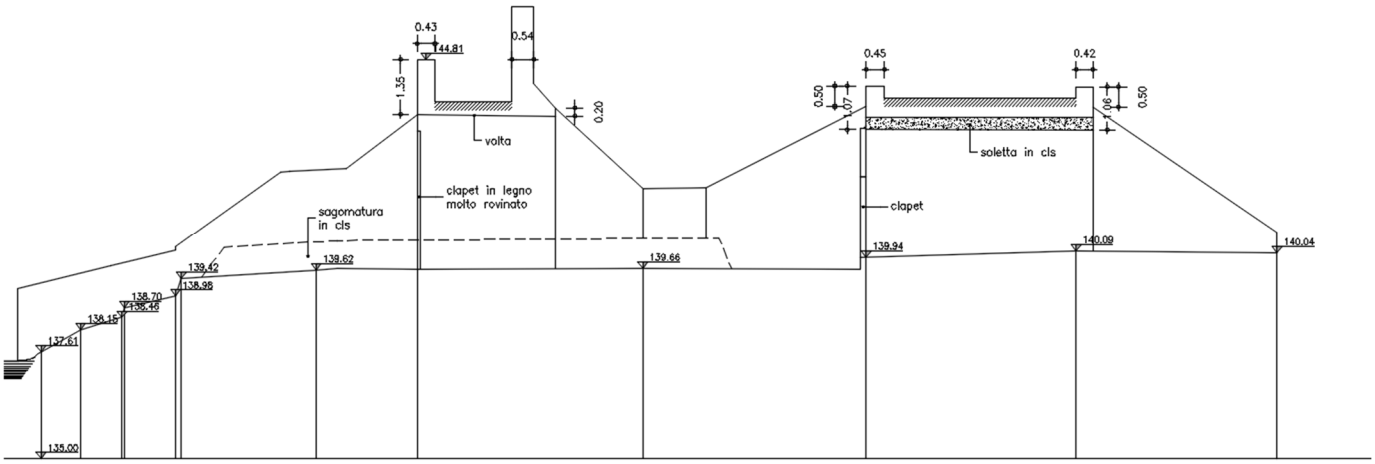


Figura 5-4: Profilo in asse del manufatto di scarico (rilevato dagli scriventi nel giugno 2024)

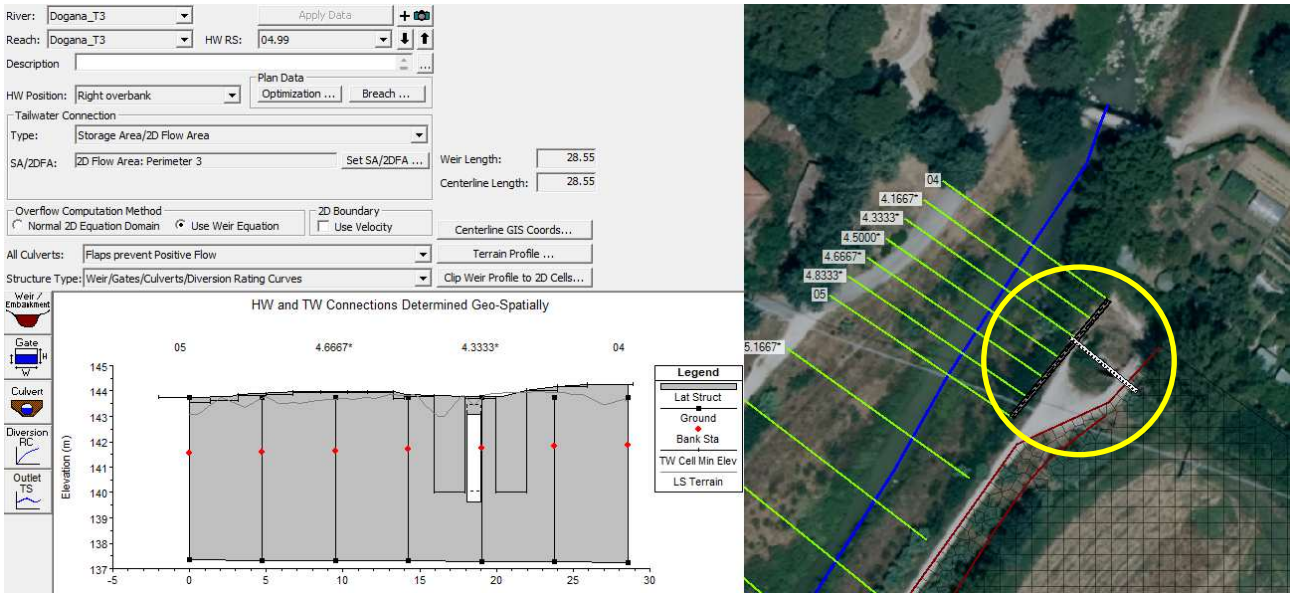


Figura 5-5: Schematizzazione del manufatto di scarico nel modello idraulico

I coefficienti di scabrezza *n* di Manning delle sezioni del torrente Dogana sono illustrati nella seguente tabella.

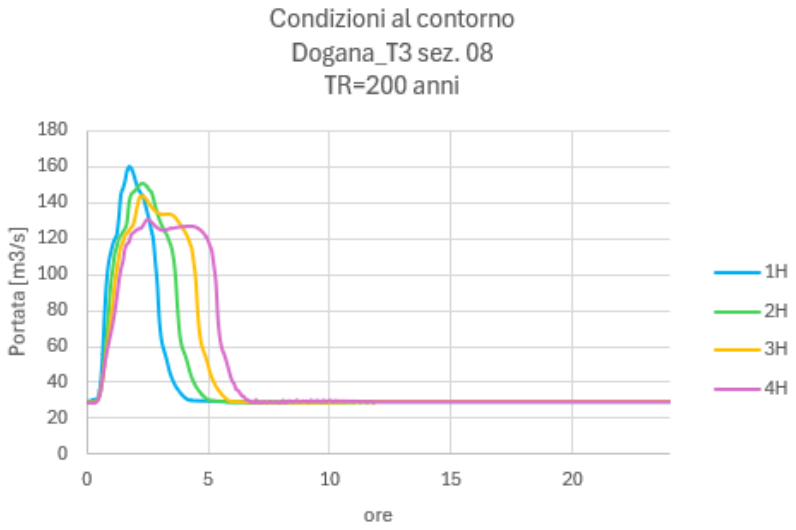
Asta	Alveo inciso	Aree golenali
Dogana_T3	0.030 $m^{-1/3}s$	0.035 $m^{-1/3}s$

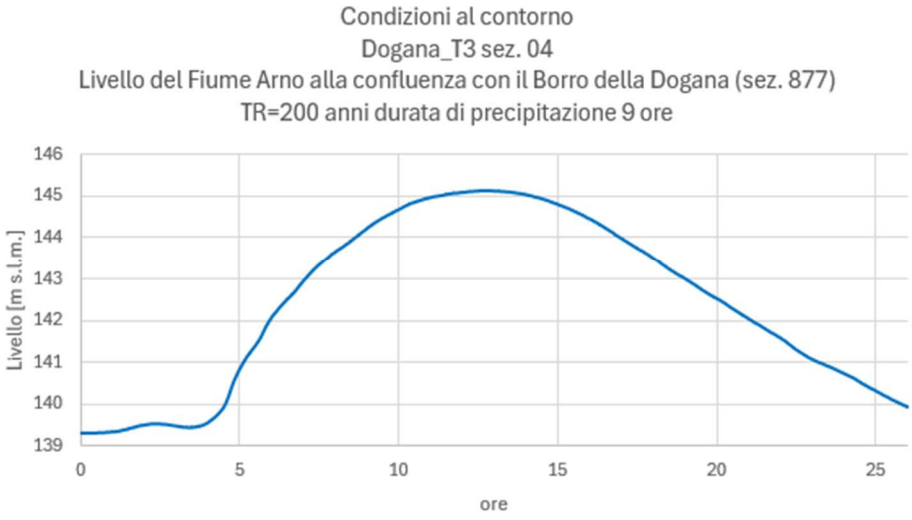
Le aree extra-alveo a moto prevalentemente bidimensionale (2D Flow Area) sono caratterizzate da una discretizzazione in celle di dimensione media pari a 3m x 3m e sono associate al DTM di base derivante da Lidar, integrata puntualmente ove necessario, ad esempio per la schematizzazione di tombini esistenti, con i dati del rilievo strumentale. Le scabrezze utilizzate nelle aree 2D sono variabili spazialmente e mantenute identiche a quelle assunte negli studi idraulici a supporto del Piano Strutturale.

5.1.1.2 Scenari simulati e condizioni al contorno

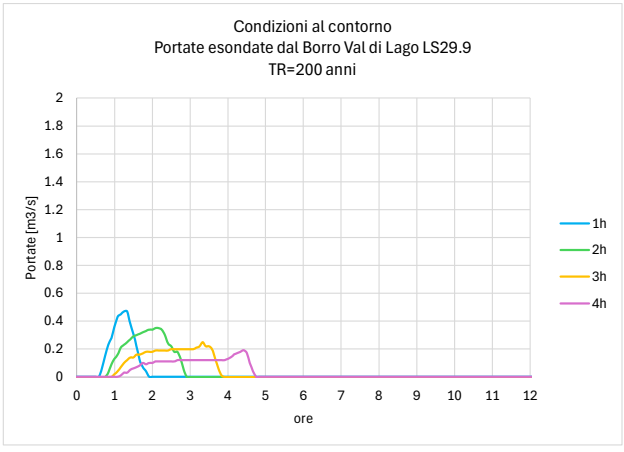
Sono stati esaminati gli scenari relativi a eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 200 anni e durata di pioggia pari a 1, 2, 3 e 4 ore.

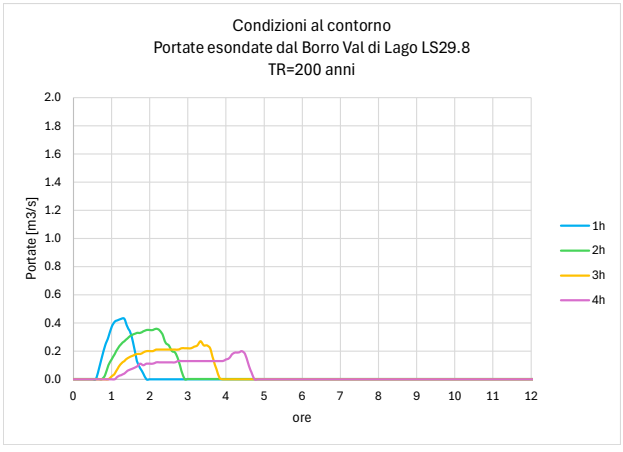
Per quanto riguarda il Borro della Dogana, per ciascuno scenario, come condizione di monte alla sezione 08 è stato inserito il rispettivo idrogramma risultante dalle simulazioni condotte negli studi idraulici a supporto del Piano Strutturale, mentre come condizione di valle è stato inserito il limnogramma duecentennale del fiume Arno alla sezione 877, ubicata alla confluenza con il suddetto borro, relativo alla durata critica di 9 ore. Le predette condizioni al contorno sono rappresentate graficamente nelle figure seguenti.

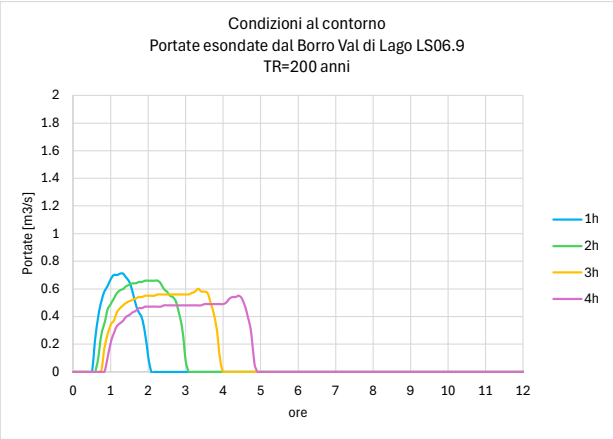


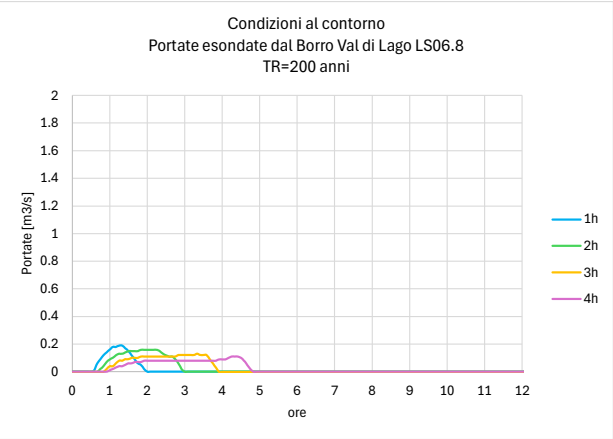


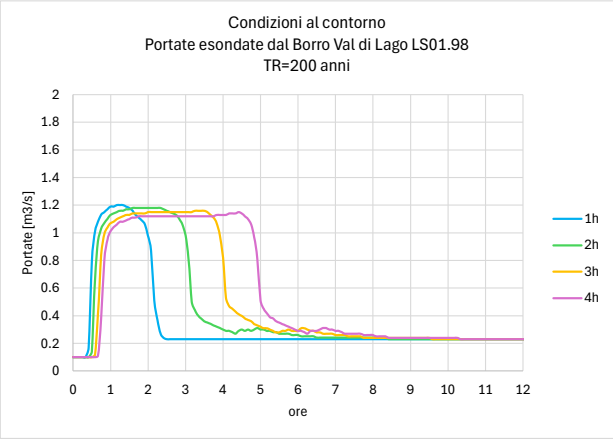
Come accennato in precedenza, i contributi relativi alle esondazioni del Borro di Val di Lago del borro Caposelvi e del Borro della Dogana sono stati inseriti nel modello come idrogrammi distribuiti lungo condizioni al contorno interne al dominio bidimensionale (immagini seguenti e Figura 5-6).

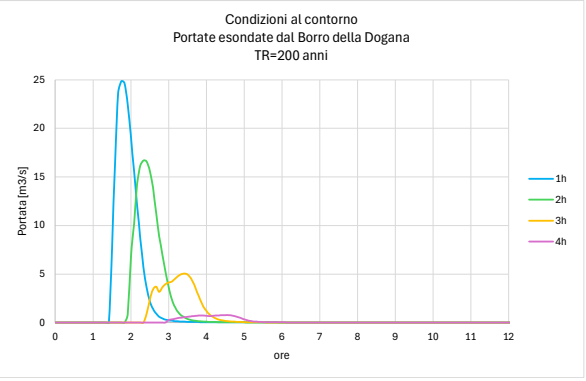


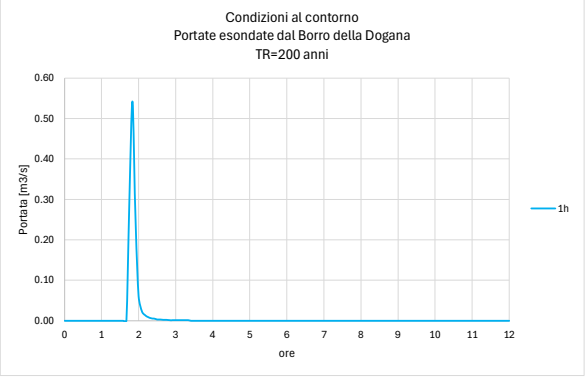


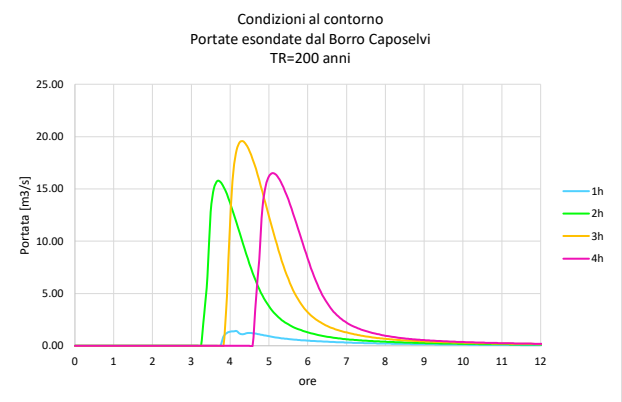

Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro Val di Lago LS06.9
TR=200 anni
Portate [m3/s]
ore
1h
2h
3h
4h


Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro Val di Lago LS06.8
TR=200 anni
Portate [m3/s]
ore
1h
2h
3h
4h


Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro Val di Lago LS01.98
TR=200 anni
Portate [m3/s]
ore
1h
2h
3h
4h


Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro della Dogana
TR=200 anni
Portata [m3/s]
ore
1h
2h
3h
4h


Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro della Dogana
TR=200 anni
Portata [m3/s]
ore
1h


Condizioni al contorno
Portate esondate dal Borro Caposelvi
TR=200 anni
Portata [m3/s]
ore
1h
2h
3h
4h

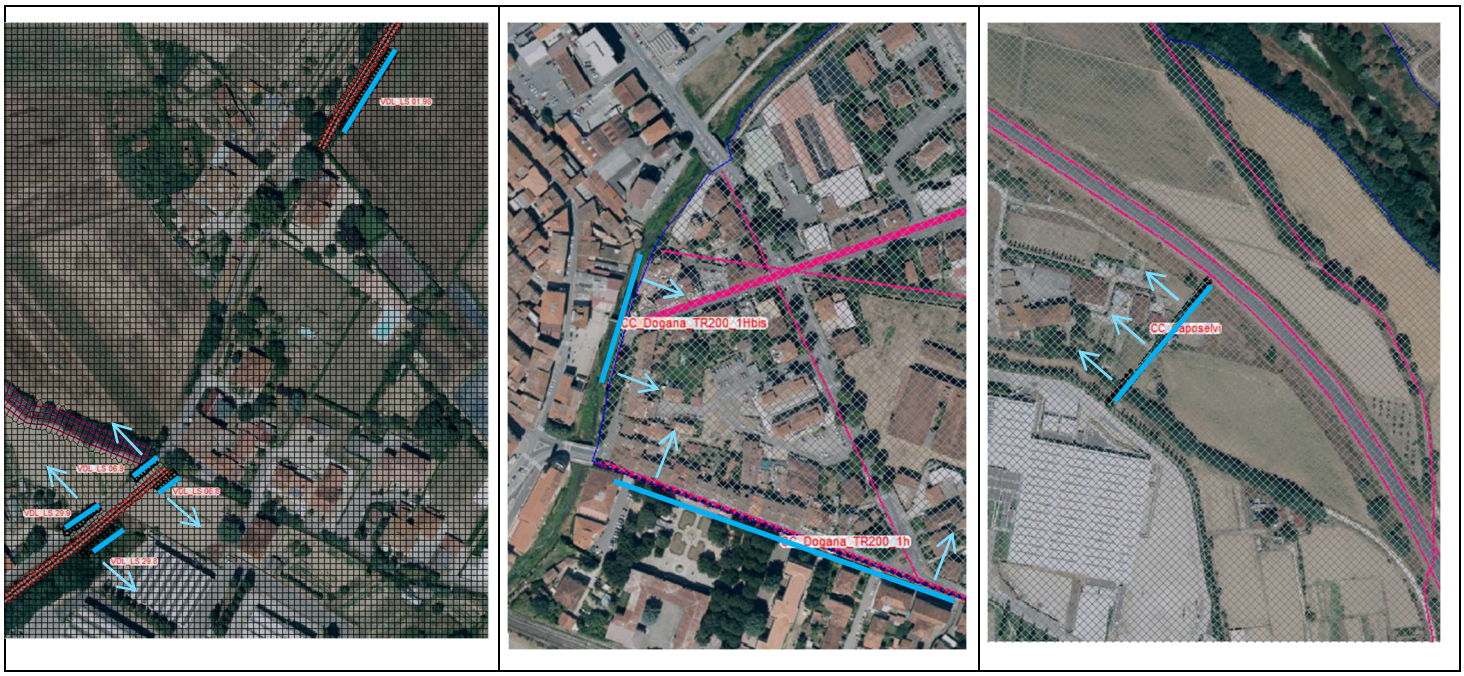


Figura 5-6: Condizioni al contorno – ubicazione delle condizioni al contorno da cui defluiscono le portate esondate dal Torrente Caposelvi, dal Borro Val di Lago, dal Borro della Dogana inserite sotto forma di idrogrammi all'interno dell'area 2D

Per ciascuno scenario esaminato, all'interno del bacino afferente al reticolo minore nell'area oggetto di intervento, sono stati considerati anche gli effetti della precipitazione. Tale bacino è delimitato a Est dai Torrenti Ambra e Caposelvi, a Ovest dal Borro della Dogana, a Sud dal Canale Battagli e a Nord dal Fiume Arno (Figura 5-7).

La sollecitazione meteorica è stata inserita come ulteriore condizione al contorno sotto forma di ietogramma costante associato a un pluviometro fittizio posto in posizione baricentrica rispetto al bacino in esame. I valori delle altezze di pioggia per ciascuna durata di precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni, elencati nella Tabella 5-1, sono stati calcolati come descritto al paragrafo §4.1.

Tabella 5-1: Valori delle altezze di pioggia calcolati per TR=200 anni

Durata della precipitazione	1 ora	2 ore	3 ore	4 ore
Altezza di pioggia (mm)	75.3	93.0	105.2	114.9

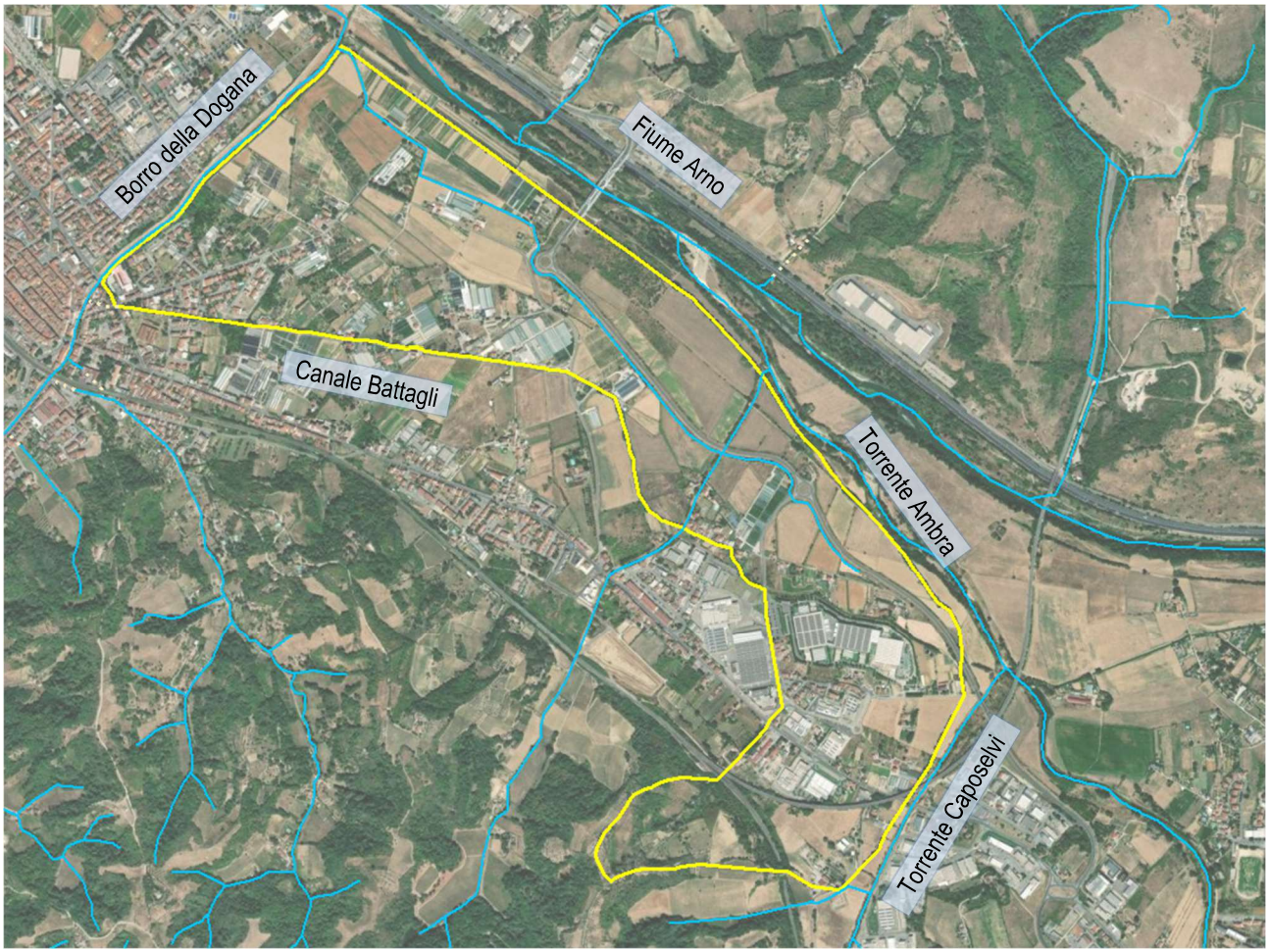
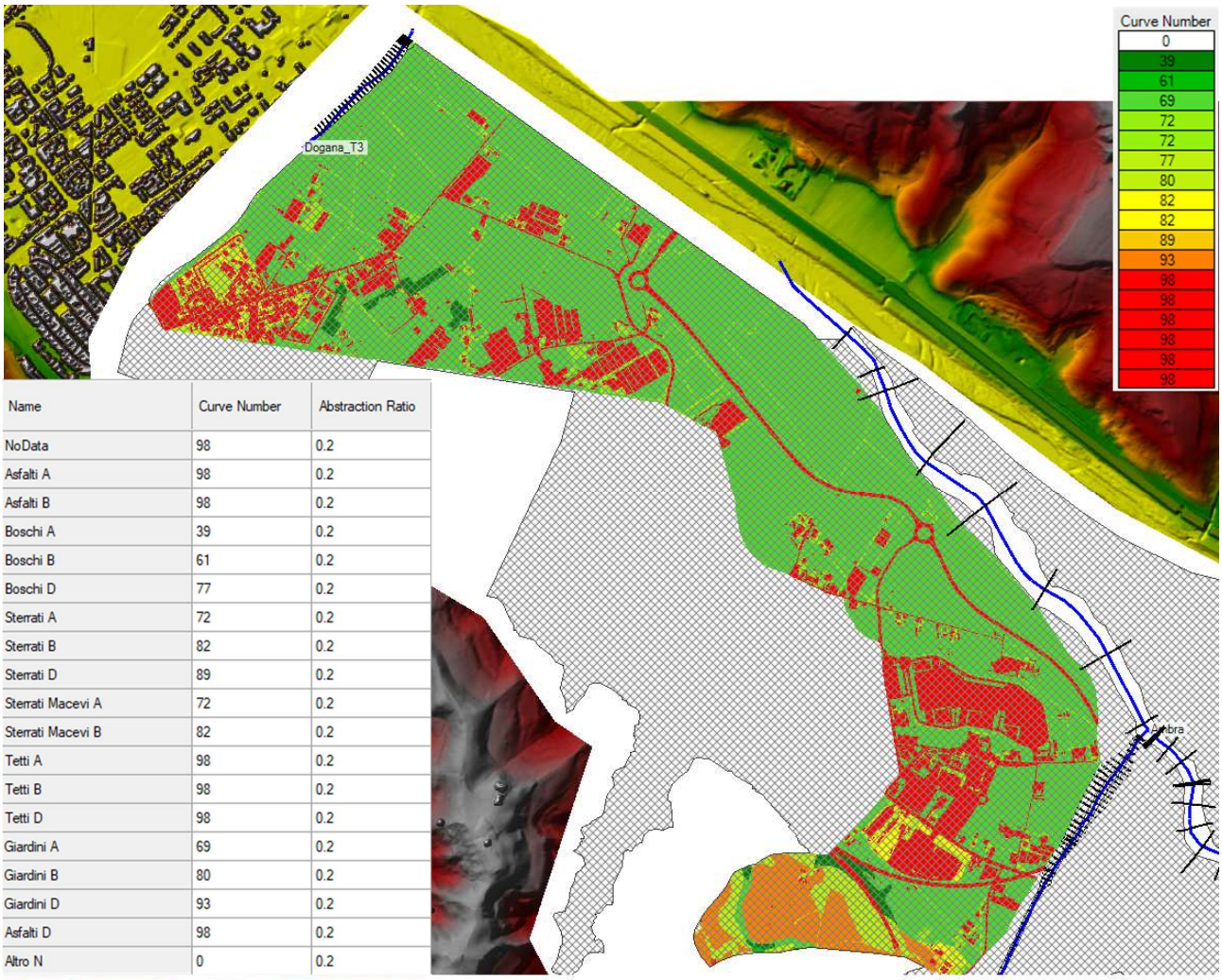


Figura 5-7: Perimetrazione del bacino drenato dal reticolo minore

La valutazione della pioggia netta ha richiesto inoltre la definizione di uno strato informativo (*Land Cover Layer*) costruito a partire dalle informazioni sulla effettiva copertura e sulla classificazione idrologica del suolo (A, B, C, D), con cui è stato possibile definire il file contenente i parametri necessari per la valutazione dell'infiltrazione attraverso il metodo *SCS-Curve Number* assegnando a ogni categoria il rispettivo valore del coefficiente CN. Le informazioni di uso e copertura del suolo sono state ricavate sulla base delle foto aeree e della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e 1:2.000 ove disponibile, mentre la classe idrologica deriva dallo shapefile di uso del suolo predisposto per l'intero territorio regionale dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze (DICEA, referente Prof. Fabio Castelli). Al fine di evitare la formazione di deflusso superficiale nelle aree esterne al bacino considerato, ad esse è stato assegnato un valore di CN pari a 0.



Name	Curve Number	Abstraction Ratio
NoData	98	0.2
Asfalti A	98	0.2
Asfalti B	98	0.2
Boschi A	39	0.2
Boschi B	61	0.2
Boschi D	77	0.2
Sterrati A	72	0.2
Sterrati B	82	0.2
Sterrati D	89	0.2
Sterrati Macevi A	72	0.2
Sterrati Macevi B	82	0.2
Tetti A	98	0.2
Tetti B	98	0.2
Tetti D	98	0.2
Giardini A	69	0.2
Giardini B	80	0.2
Giardini D	93	0.2
Asfalti D	98	0.2
Altro N	0	0.2

Figura 5-8: strato informativo (Infiltration Layer) contenente i parametri di infiltrazione del terreno per il calcolo della pioggia netta secondo il metodo SCS-CN (configurazione di stato attuale)

5.1.2 Configurazione di progetto

5.1.2.1 Allestimento del modello geometrico dell'alveo e schema planimetrico

Il modello geometrico dello stato di progetto, di cui in Figura 5-9 si mostra una vista planimetrica, è stato implementato a partire dal modello dello stato di fatto. La nuova viabilità di progetto, gli interventi di adeguamento della viabilità esistente e del reticolo idrografico minore sono stati inseriti modificando direttamente il DTM.

Unitamente a tali opere, sono stati modellati il sottovia di Via Campagna e i manufatti idraulici (tombini) a garanzia della continuità del reticolo nei punti di interferenza con la viabilità di progetto principale, con la viabilità secondaria e con gli accessi alle proprietà laterali. Per un maggiore dettaglio sugli interventi riguardanti il reticolo minore e i manufatti idraulici di progetto si rimanda agli elaborati grafici.

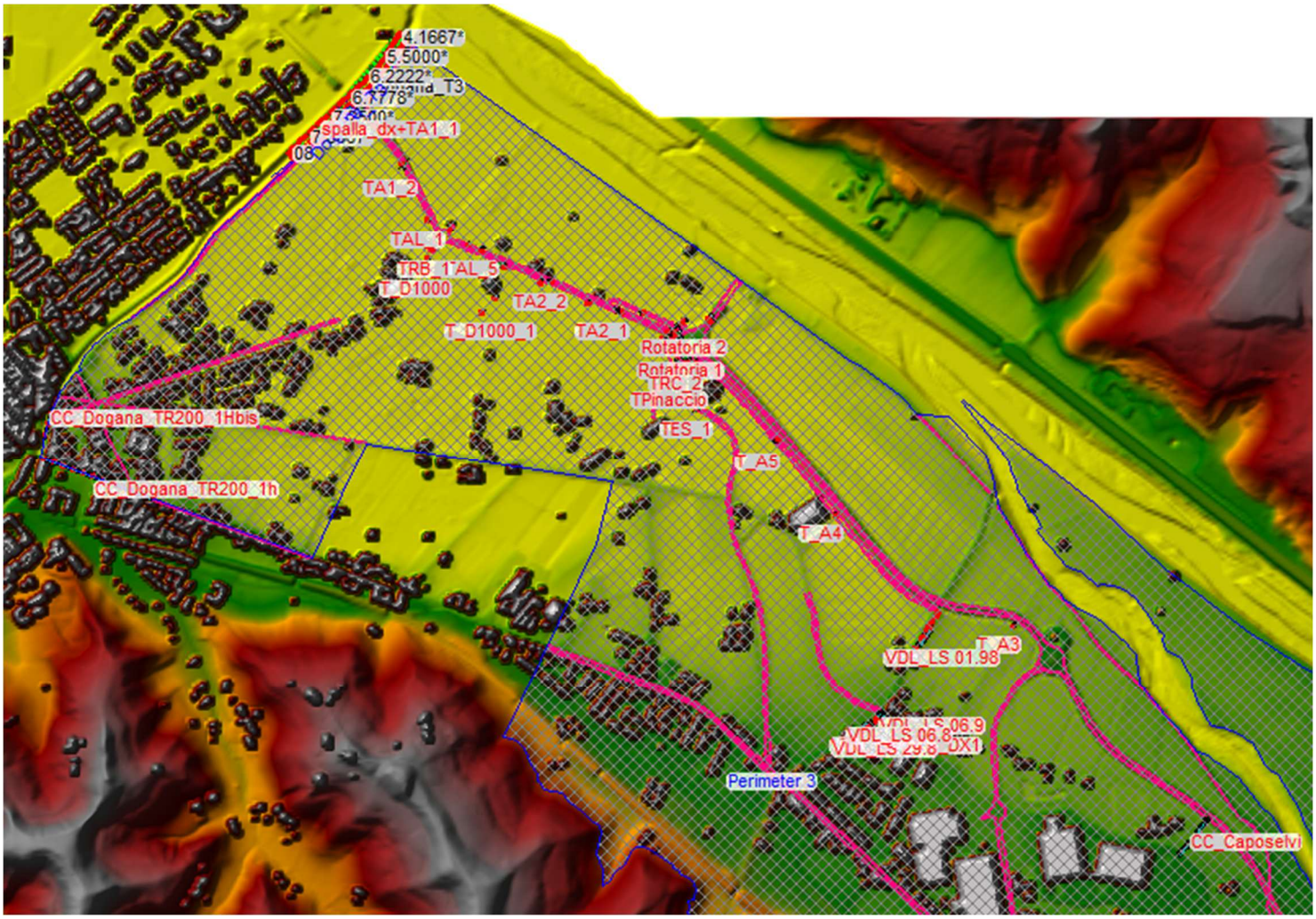


Figura 5-9: Geometria del modello numerico allestito in ambiente Hec-Ras v.6.5, configurazione di progetto. In basso a sinistra un dettaglio delle strutture implementate nell'area della rotatoria di Ponte Leonardo

La Figura 5-10 mostra la geometria del modello numerico allestito in ambiente Hec-Ras nell'area della rotatoria di Ponte Leonardo nella configurazione di progetto.

In Figura 5-11 si riporta le opere previste atte a garantire la trasparenza idraulica delle nuove viabilità, trattasi di 8 scatolari in C.A.V. 160 cm x 8 0cm sottopassanti la strada vicinale e 3 scatolari analoghi sottopassanti via Campagna.

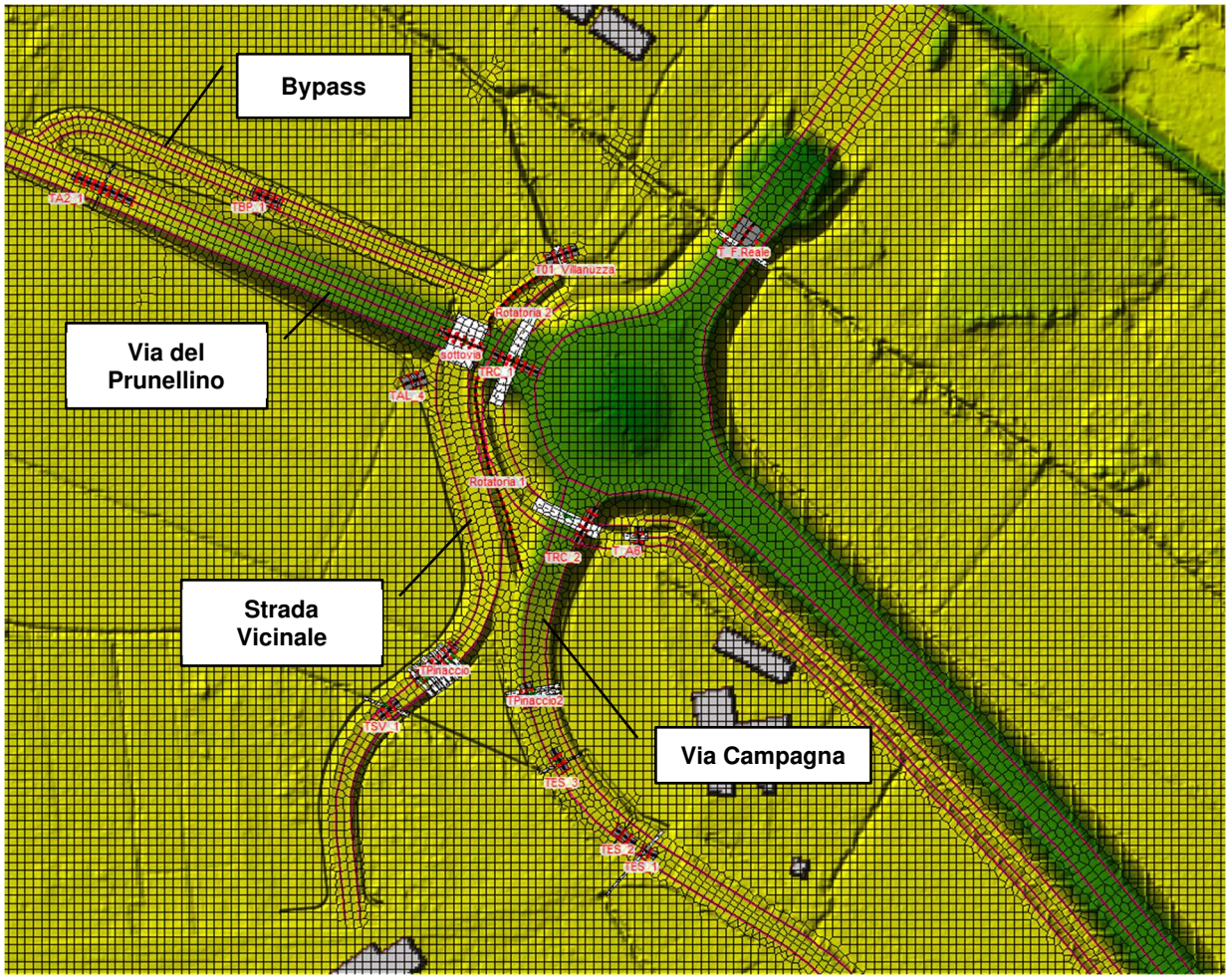


Figura 5-10: Geometria del modello numerico allestito in ambiente Hec-Ras v.6.5, dettaglio delle strutture implementate nell'area della rotatoria di Ponte Leonardo.

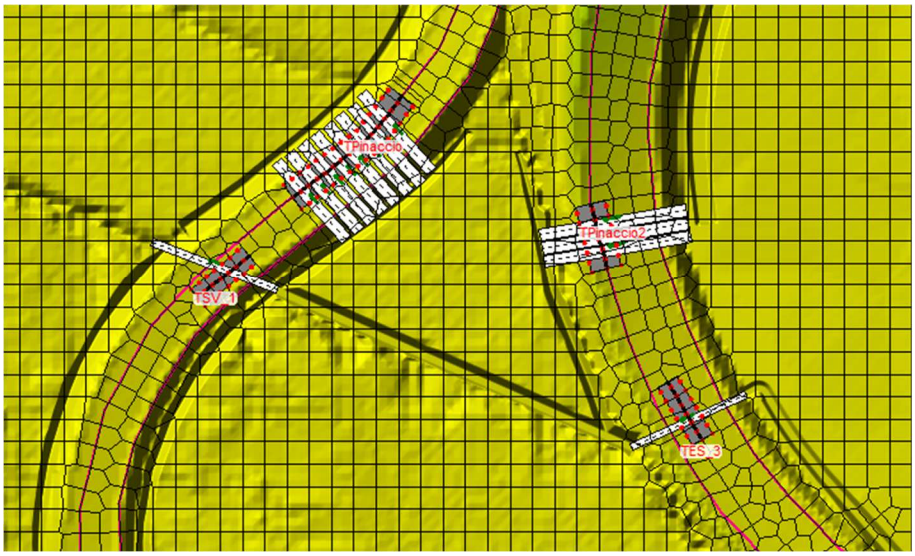
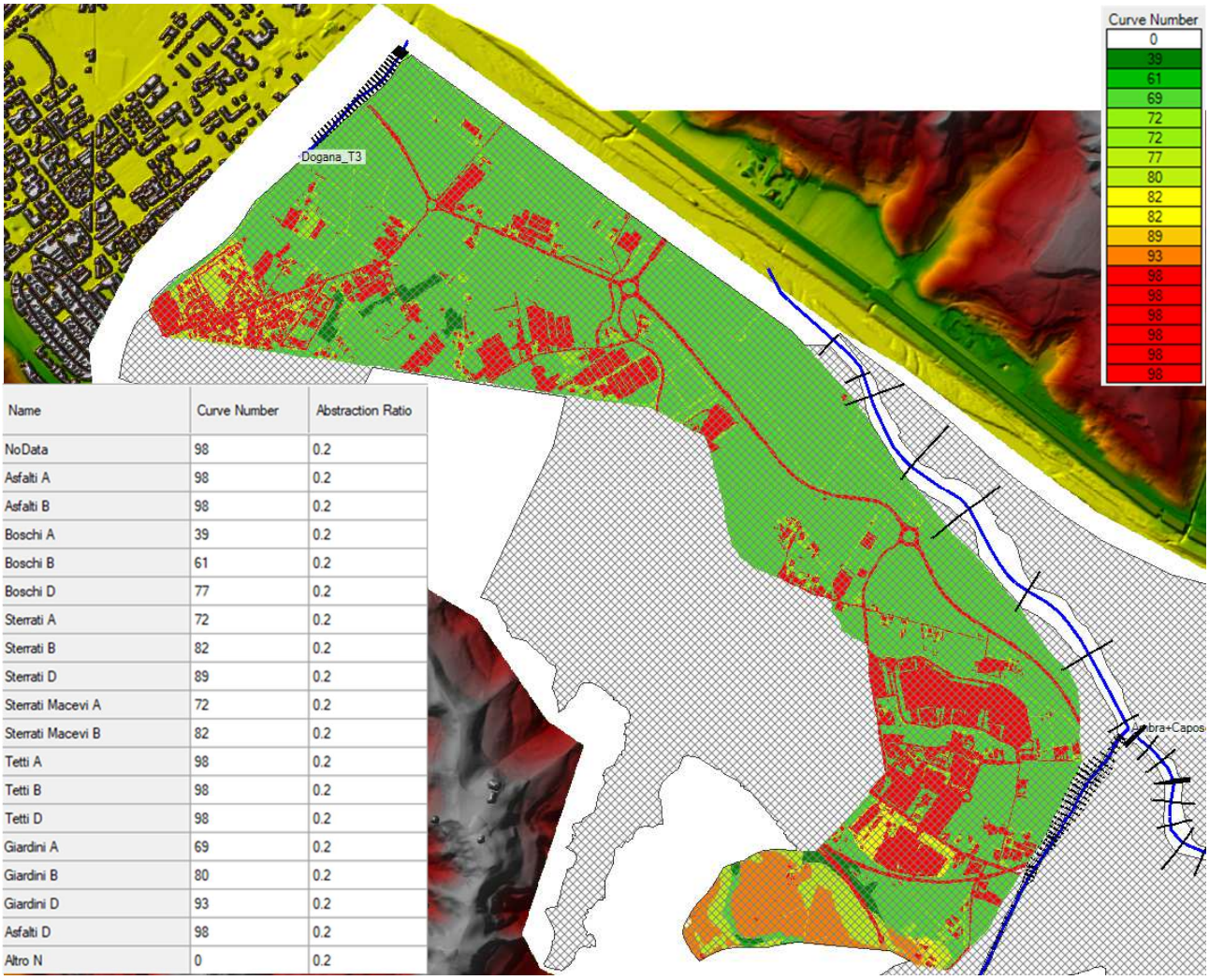


Figura 5-11: Dettaglio delle opere atte a garantire la trasparenza idraulica sulla Strada Vicinale e via Campagna

5.1.2.2 Scenari simulati e condizioni al contorno

Gli scenari simulati e le rispettive condizioni al contorno sono già stati descritti al paragrafo §5.1.1.2, ad eccezione dello strato informativo contenente i parametri di infiltrazione del terreno che è stato rideterminato in base alla nuova configurazione di progetto (Figura 5-12).



Name	Curve Number	Abstraction Ratio
NoData	98	0.2
Asfalti A	98	0.2
Asfalti B	98	0.2
Boschi A	39	0.2
Boschi B	61	0.2
Boschi D	77	0.2
Sterrati A	72	0.2
Sterrati B	82	0.2
Sterrati D	89	0.2
Sterrati Macevi A	72	0.2
Sterrati Macevi B	82	0.2
Tetti A	98	0.2
Tetti B	98	0.2
Tetti D	98	0.2
Giardini A	69	0.2
Giardini B	80	0.2
Giardini D	93	0.2
Asfalti D	98	0.2
Altro N	0	0.2

Figura 5-12: Strato informativo (Infiltration Layer) contenente i parametri di infiltrazione del terreno per il calcolo della pioggia netta secondo il metodo SCS-CN (configurazione di progetto)

5.2 RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni condotte per gli scenari duecentennali analizzati nella configurazione di stato attuale e in quella di progetto. Si precisa che non sono state allestite simulazioni per gli scenari trentennali in quanto dalla consultazione delle tavole del Piano Strutturale l'area oggetto di intervento non risulta interessata da allagamenti per eventi "frequenti" (definizione di cui alla L.R. 41/2018, vedi Figura 5-2).

Nelle figure seguenti sono visibili le aree allagate ottenute per gli scenari idrologici analizzati nelle configurazioni di stato attuale (Figura 5-13) e di progetto (Figura 5-14). Si precisa che i risultati mostrati sono stati ottenuti previo inviluppo degli outputs ottenuti per le varie durate di precipitazione investigate. Allo stato attuale la zona di intervento risulta interessata dai fronti di esondazione provenienti dai torrenti Ambra e Caposelvi e dai Borri della Dogana e Val di Lago, in accordo con quanto indicato nel Piano Strutturale vigente del Comune di Montevarchi approvato nel dicembre 2024.

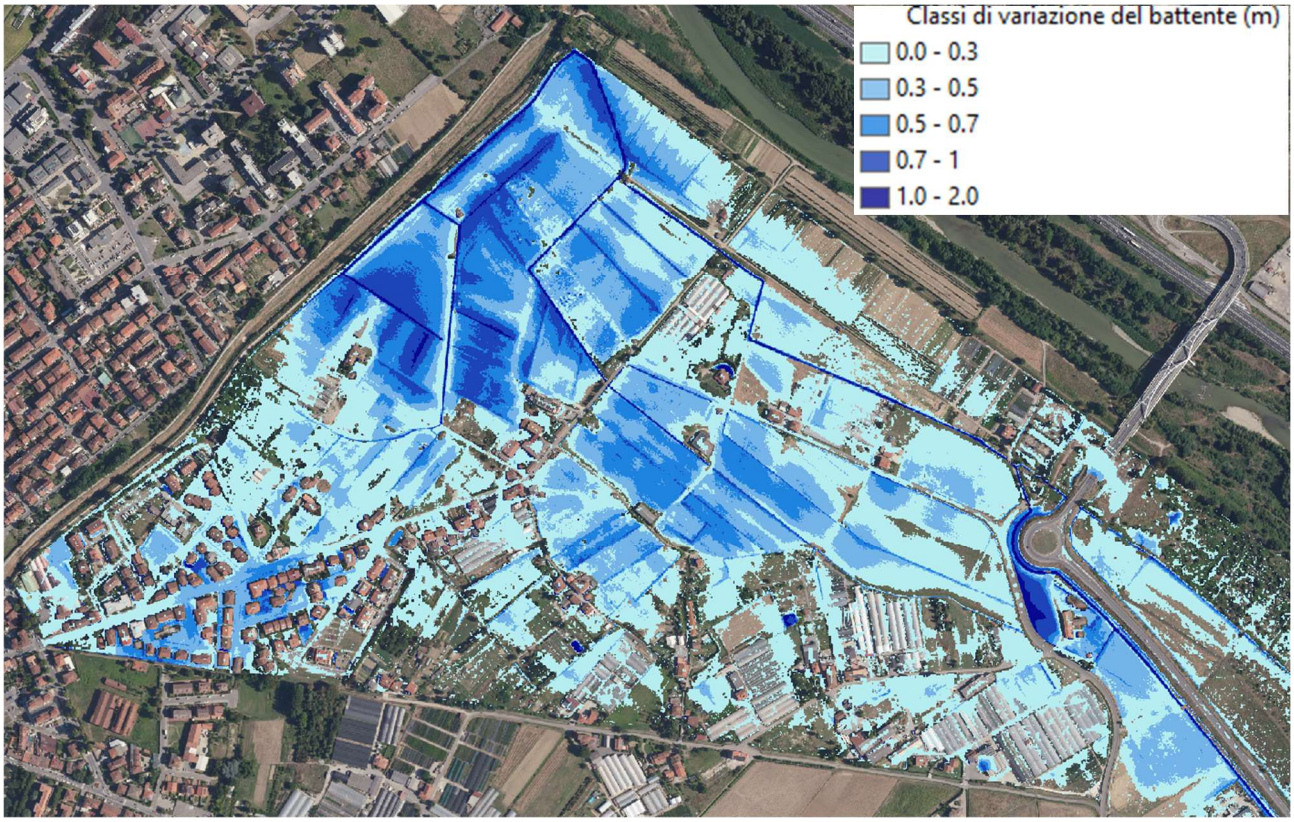


Figura 5-13: Aree allagabili (stato attuale) con indicazione delle classi di variazione del battente (m)

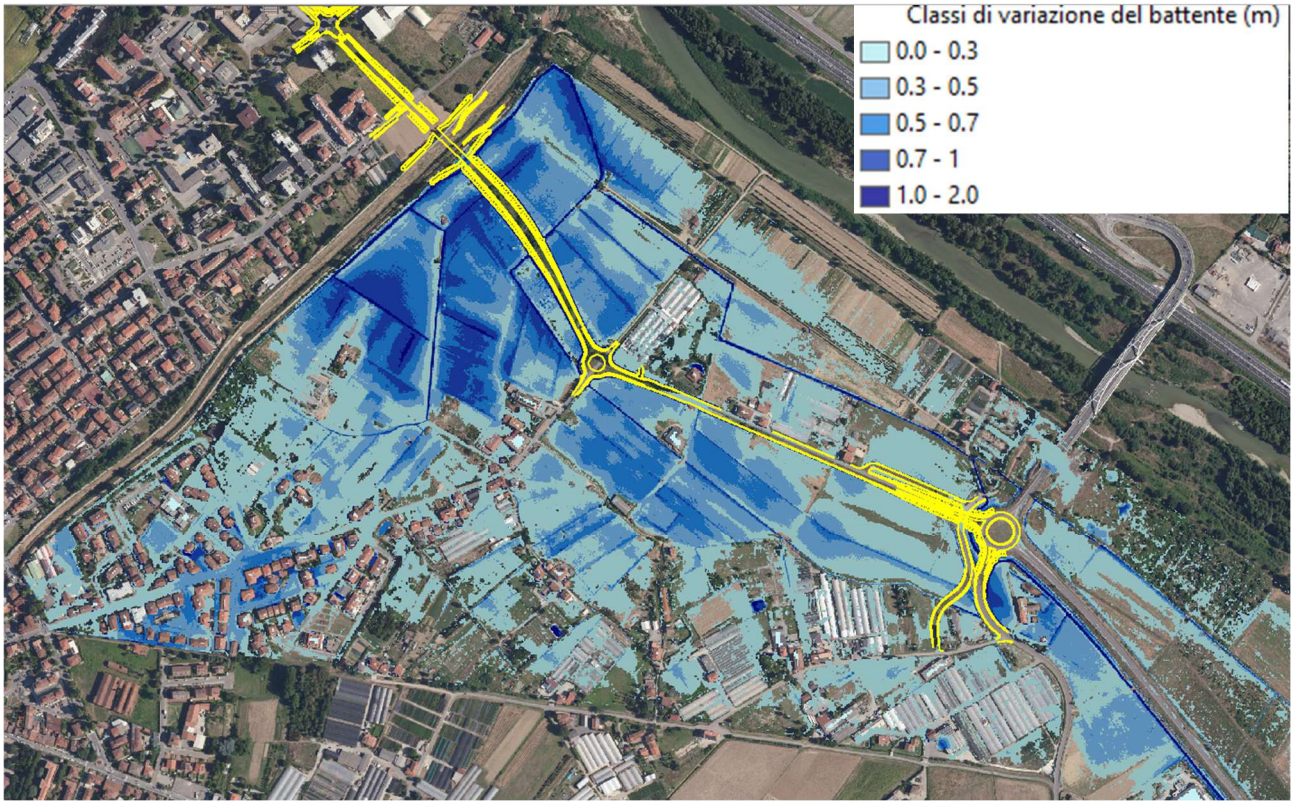


Figura 5-14: Aree allagabili (stato di progetto) con indicazione delle classi di variazione del battente (m)

La Figura 5-15 mostra le differenze di battente (Δh, espresse in m) calcolate sottraendo ai livelli massimi ottenuti nella configurazione di progetto quelli relativi alla configurazione di stato attuale, mediante una rappresentazione a falsi colori per classi di spessore. Per graduare graficamente la variazione di battente, variabile in generale da punto a punto, si sono considerate alcune classi dimensionali distinguibili in base alla successione dei colori adottati in legenda. In particolare, la gradazione cromatica variabile da verde a rosso indica le aree dove si passa rispettivamente da un decremento di pelo libero [8] ad aree dove si ha un incremento dello stesso [9]. Nella stessa figura, in colore grigio sono individuate le aree dove il pelo libero risulta sostanzialmente invariato, poiché le variazioni simulate sono contenute entro un intervallo di ± 5 cm, quindi all'interno delle inevitabili tolleranze di calcolo.

Figura 5-15: Differenze di quota massima raggiunta dal pelo libero, rispetto allo stato attuale, per evento duecentennale

Come desumibile da Figura 5-16 la nuova viabilità in rilevato dal Borro della Dogana alla rotatoria Vespucci non risulta allagabile ed inoltre, come risulta da Figura 5-17, la realizzazione della stessa non comporta apprezzabili variazioni dei battenti di allagamento che interessano l'area.

[8] Nelle aree con gradazioni cromatiche del VERDE la configurazione di progetto determina battenti di allagamento INFERIORI a quelli che si verificano nella configurazione di stato attuale.

[9] Nelle aree con gradazioni cromatiche del ROSSO (GIALLO e ARANCIONE) la configurazione di progetto determina battenti di allagamento SUPERIORI a quelli che si verificano nella configurazione di stato attuale.

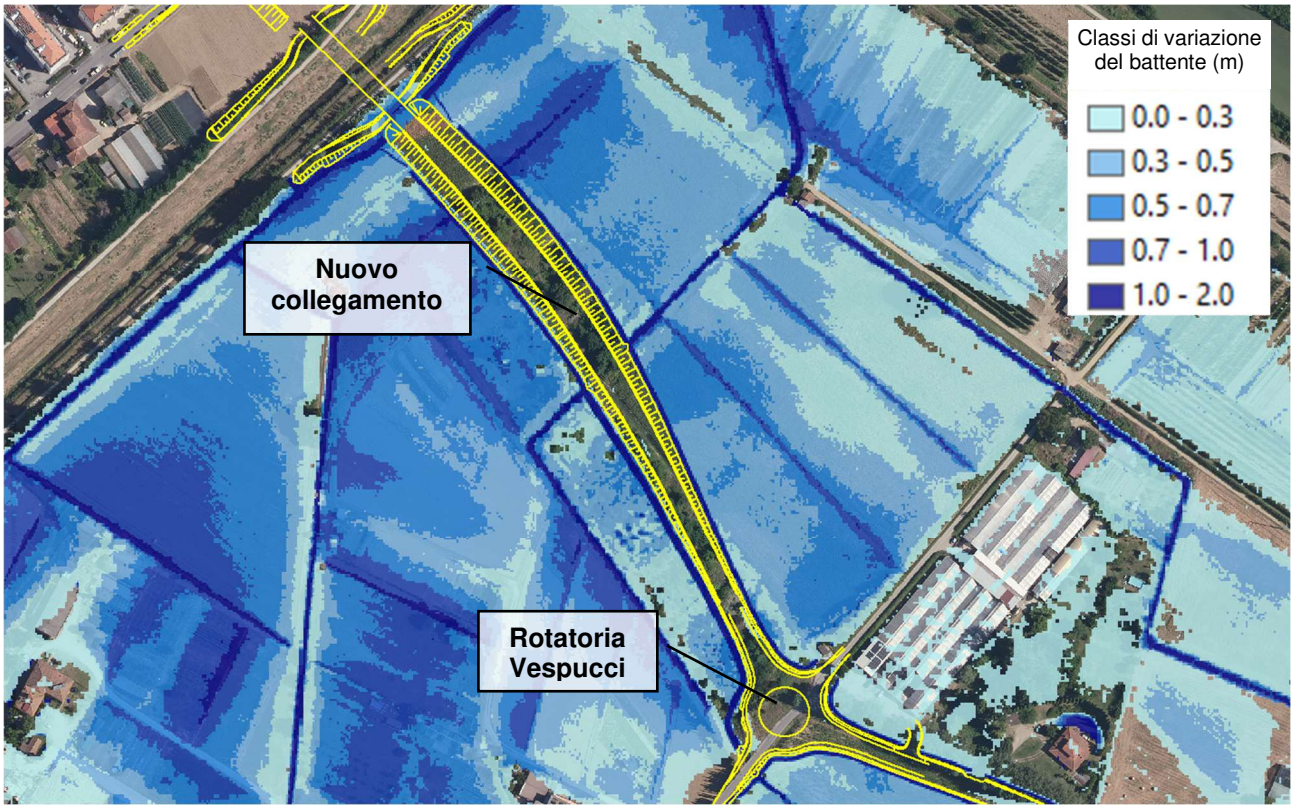


Figura 5-16: Dettaglio delle aree allagate nel tratto della nuova viabilità che si sviluppa dal ponte sul Dogana alla rotatoria Vespucci

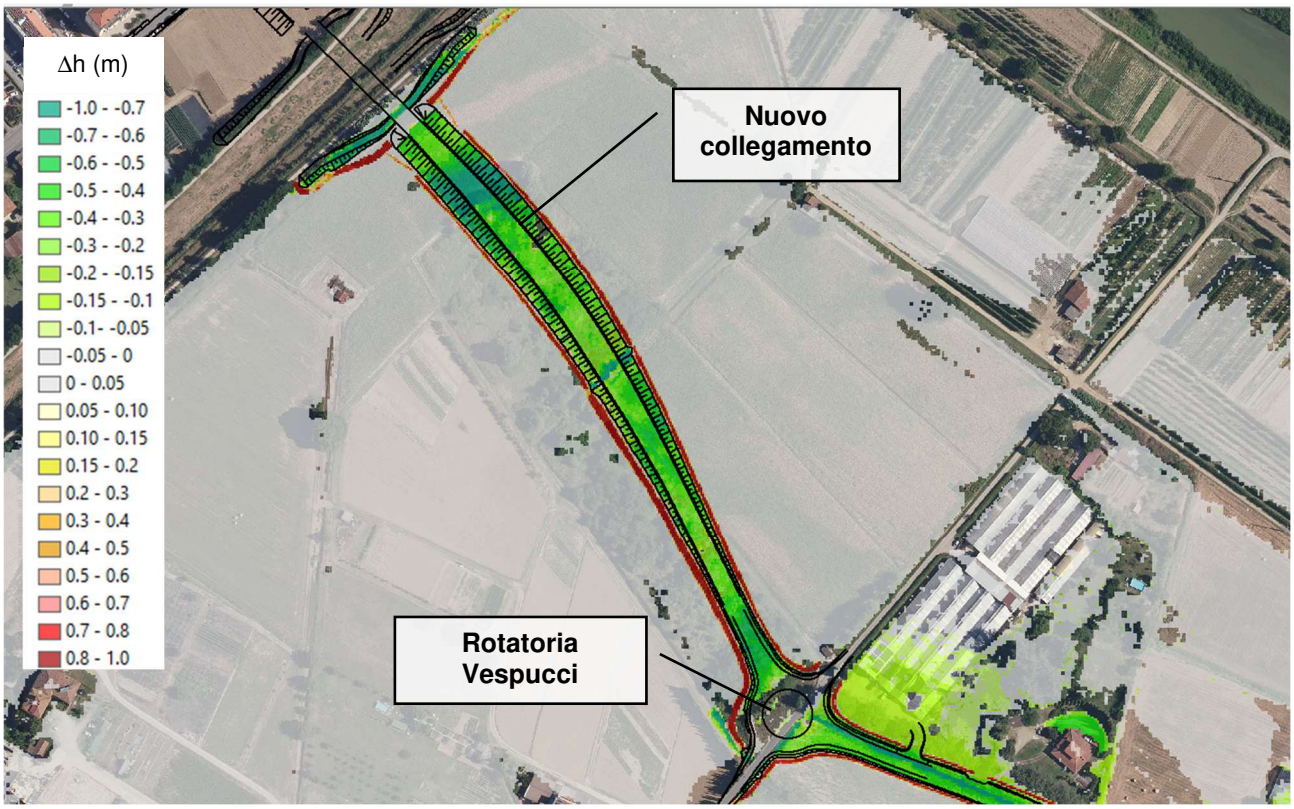


Figura 5-17: Dettaglio delle differenze di battente (progetto-attuale) nel tratto della nuova viabilità che si sviluppa dal ponte sul Dogana alla rotatoria Vespucci

La Figura 5-18 mostra il dettaglio dell'allagabilità nell'area di Via del Prunellino compresa tra la rotatoria Vespucci e l'innesto con il by-pass.

Dopo l'intervento di adeguamento in sede di detta viabilità, l'allagabilità della stessa si riduce significativamente, permanendo solo nel tratto limitrofo all'impianto di case Romole di Publiacqua S.p.a. con battenti inferiori a 15 cm.

Inoltre lungo la viabilità principale e nelle aree limitrofe si verifica una riduzione dei valori dei battenti rispetto alla configurazione di stato attuale come mostrato in Figura 5-19.

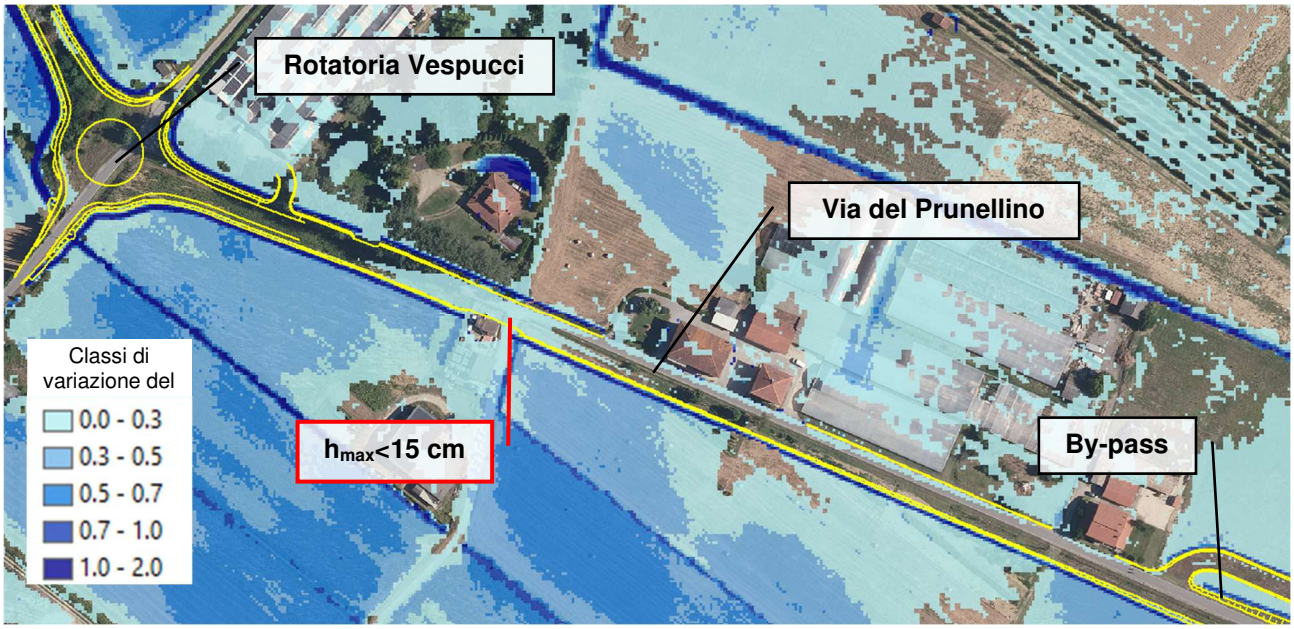


Figura 5-18: Dettaglio delle aree allagate nel tratto di Via del Prunellino oggetto di adeguamento, che si sviluppa dalla rotatoria Vespucci alla Rotatoria Leonardo.

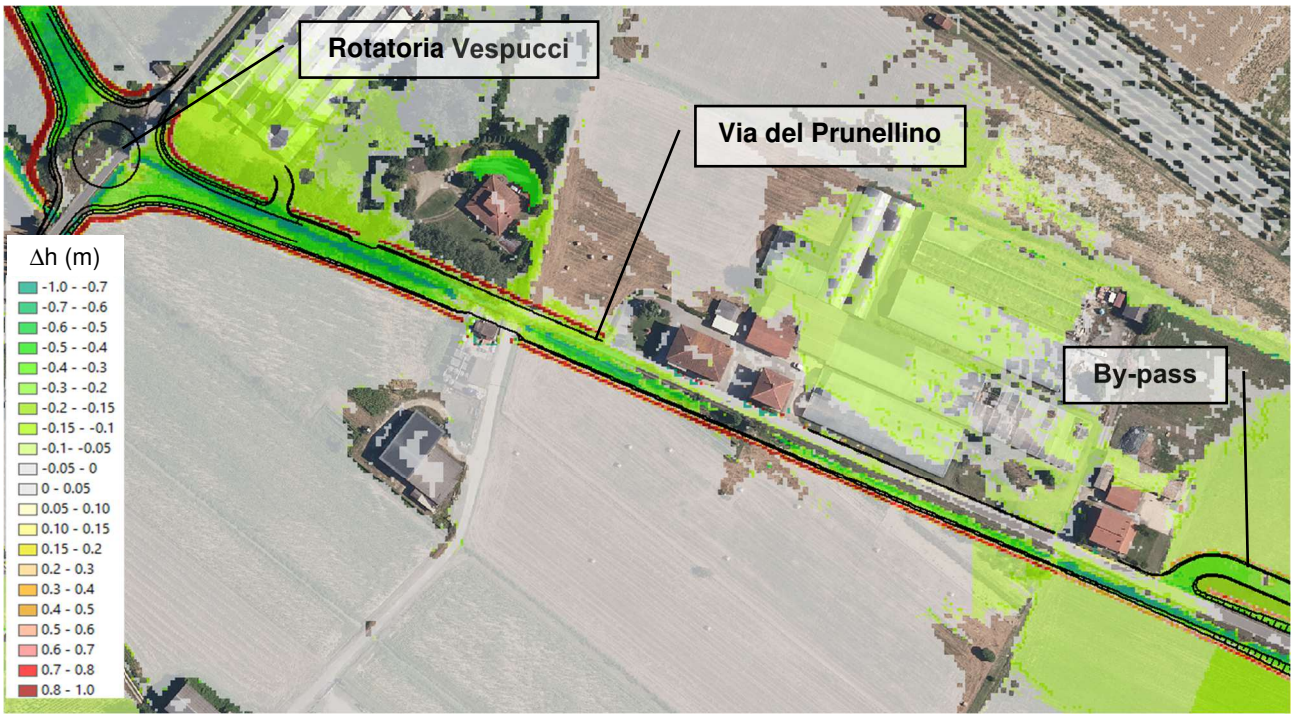


Figura 5-19: Dettaglio delle differenze di battente (progetto-attuale) nel tratto di Via del Prunellino oggetto di adeguamento, che si sviluppa dalla rotatoria Vespucci alla rotatoria Leonardo

Il tratto di by-pass, visibile nella *Figura 5-20*, risulta interessato da allagamenti duecentennali, con battenti al massimo pari a 6 cm, in corrispondenza del sottopasso alla rampa di approccio alla rotatoria Leonardo.

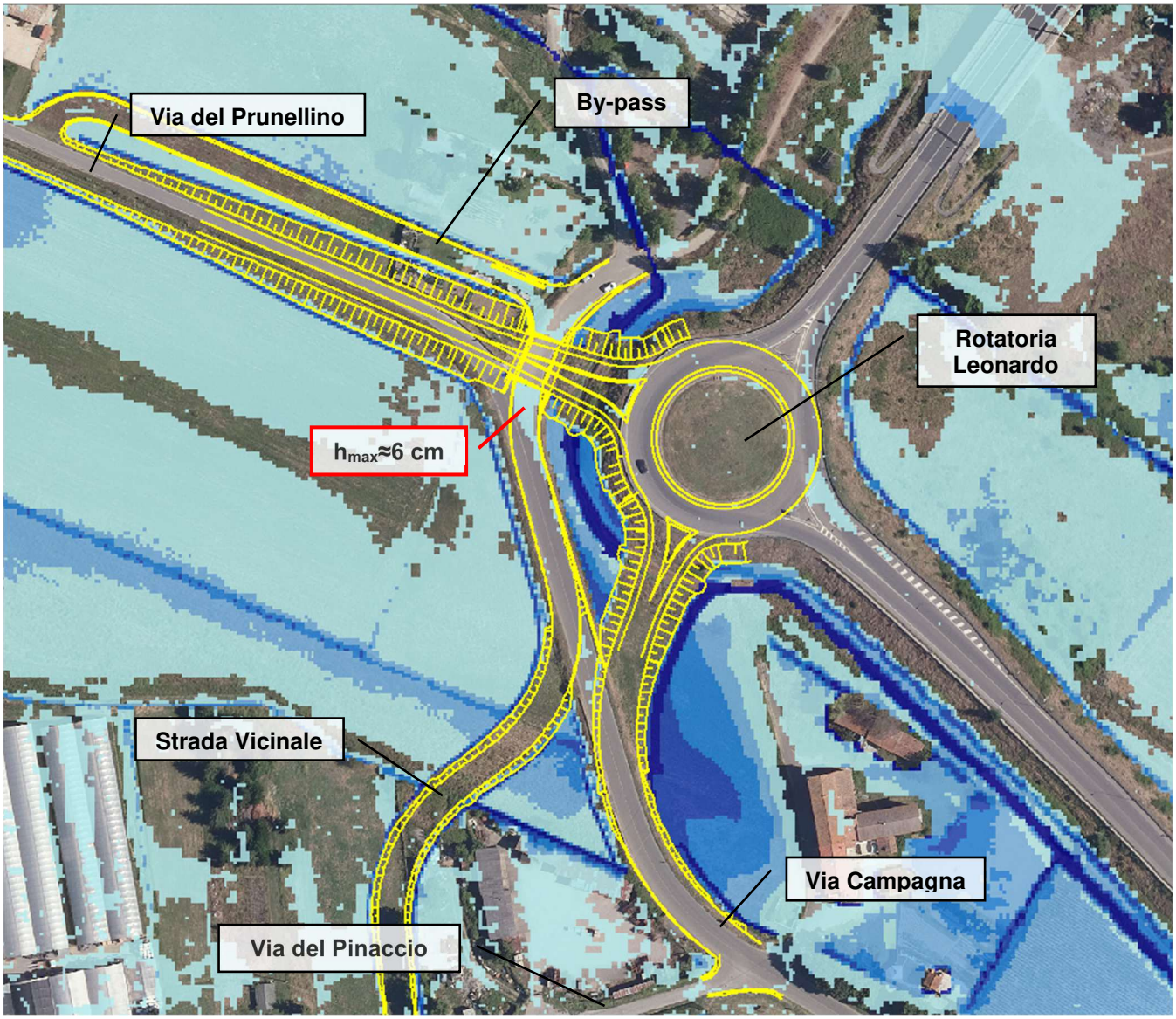


Figura 5-20: Dettaglio delle aree allagate di battente nell'area della rotatoria Leonardo

Nell'area agricola a Sud-Ovest della rotatoria Leonardo si osservano modesti incrementi di battente nella configurazione di progetto rispetto allo stato di fatto.

Dall'osservazione della Figura 5-21 si evince che la realizzazione delle opere di progetto determina modesti incrementi di battente rispetto allo stato attuale. In particolare:

- nell'area agricola ad ovest della strada vicinale l'incremento di battente è sempre inferiori a 15 cm;
- nell'area agricola interclusa tra la Strada Vicinale e Strada Campagna l'incremento di battente è variabile e al massimo raggiunge 32 cm, si segnala che tale area sarà espropriata.

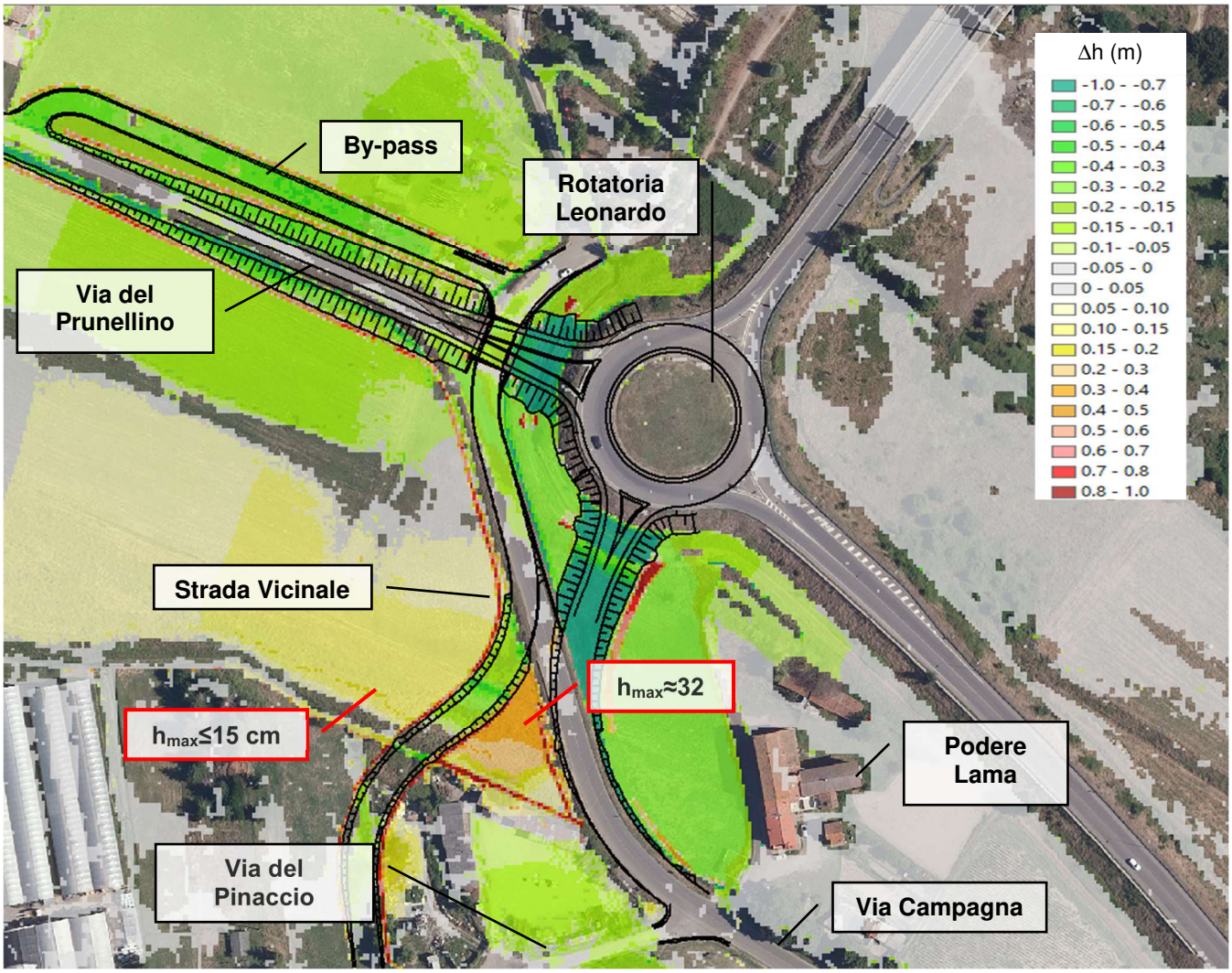


Figura 5-21: Dettaglio delle differenze di battente (progetto-attuale) nell'area della rotatoria Leonardo.

Relativamente all'aumento di battente segnalato occorre evidenziare che, come indicato nella relazione idrologico idraulica di supporto al Piano Strutturale del comune di Montevarchi al Cap. 14, è attualmente in itinere il progetto denominato *"Verifiche idrauliche e progettazione interventi per la messa in sicurezza idraulica bacino del Torrente Caposelvi"* (Committente: Comune di Montevarchi -Progettazione Indago srl, 2024).

Tale progetto prevede, sul torrente Caposelvi, la realizzazione di un argine di protezione in sinistra idraulica (lato Montevarchi) e di un muro di contenimento in destra (lato Bucine), il cui effetto, valutato sugli eventi di piena con tempo di ritorno duecentennale, sarà quello di impedire le esondazioni su entrambe le sponde, e di trasmettere tutta la portata a valle, verso il Fiume Arno.

Il predetto incremento di battente in prossimità della Rotatoria Leonardo risulta pertanto temporaneo dato che le opere previste sul Torrente Caposelvi rimuoveranno la causa che determinano l'allagamento dell'area.

Occorre inoltre evidenziare che le aree interessate dal già citato incremento di battente risultano comunque, anche allo stato attuale, soggette ad allagamento per equivalenti tempi di ritorno e che non si ha alcun incremento di pericolosità idraulica a seguito degli interventi di progetto, nel senso che la probabilità di allagamento (P) delle stesse non cambia rispetto allo stato attuale, né risulta alterata la magnitudo idraulica (definita dalla L.R. 41/2018).

Peraltro non risulta ovviamente variato il valore dei beni esposti (E); pertanto, per accertare l'eventuale incremento del rischio[10] (R) sarebbe necessario appurare la variabilità dell'unico restante fattore della formula di Varnes in grado di variare, ovvero la sua vulnerabilità (V), assodato che il valore del bene esposto è invariante. La vulnerabilità di detti beni potrebbe infatti variare in relazione all'incremento del tirante idrico di piena. Tale valutazione risulta tuttavia incerta per vari fattori, in primis per la mancanza di idonee curve di danno sperimentali applicabili al caso in specie e poi anche per l'esiguità del battente stesso che risulta pari a qualche decina di cm. Per conseguenza, appare ampiamente verosimile poter ritenere invariante anche il grado di esposizione e pertanto anche il rischio.

5.3 VALUTAZIONI QUALITATIVE CIRCA L'INTERFERENZA DELLE OPERE CON LE AREE ALLAGABILI TR = 200 ANNI IN SINISTRA IDROGRAFICA DEL TORRENTE DOGANA (TRATTO VIA AMENDOLA – VIA MATTEOTTI)

Dall'analisi delle pericolosità idrauliche vigenti di PGRA e di PS (vedi § 3), si osserva che il tratto terminale di viabilità di progetto compresa tra Via Amendola e Via Matteotti ricade in un'area a pericolosità per alluvioni poco frequenti o P2 (vedi nelle immagini che seguono, riportate per comodità di consultazione, le carte di pericolosità vigenti).

La disponibilità dei modelli numerici implementati in regime di moto vario con il software Hec-Ras per il Torrente Dogana e per il Borro del Giglio hanno consentito agli scriventi di evincere come nell'area di interesse compresa tra Via Amendola e Via Matteotti i fronti di esondazione provengano dal rigurgito del Fiume Arno e si propaghino da Nord-Ovest verso Sud-Est, quindi lungo una direzione parallela al nuovo asse stradale. Ne consegue che il tratto di infrastruttura di progetto compreso tra le predette viabilità, parzialmente in rilevato ma che ovviamente degrada fino a raccordarsi con Via Amendola, non determinerà un ostacolo alla propagazione dei volumi di esondazione.

Ciò permette di asserire che l'intervento di progetto non determinerà apprezzabili variazioni delle dinamiche di propagazione delle piene nelle aree contermini, né significativi incrementi del battente.

Infatti, data la modesta sottrazione di volume all'esondazione determinata dal nuovo rilevato stradale, quantificabile in circa 1000 mc [11] rispetto all'estensione dell'area allagabile dai fronti di esondazione provenienti dal rigurgito del Fiume Arno, pari a 450.000 mq [12], la sottrazione di detta volumetria (1000 mc) alla superficie allagata (45 ha) corrisponderebbe ad un incremento medio di battente pari a circa 2 mm.

Il calcolo svolto, seppur approssimativo, fornisce tuttavia un'utile indicazione delle grandezze in gioco, a conferma del non incremento delle condizioni di rischio idraulico in altre aree a seguito della realizzazione del tratto di viabilità di progetto tra Via Amendola e Via Matteotti.

[10] Come noto dalla formula di Varnes, si ha: R = P x E x V, con P = pericolosità, ovvero probabilità dell'evento calamitoso, E = valore del bene esposto, V = vulnerabilità, ovvero livello di suscettibilità di danneggiamento/perdita del bene.

[11] Risultato del prodotto tra l'ingombro planimetrico del nuovo rilevato ricadente nell'area allagabile, pari a 1950 mq ed un battente medio cautelativamente stimato pari a circa 50 cm. Il battente medio è stato ricavato dall'elaborato I.02N "Carta dei battenti (nord)" del Piano Strutturale comunale.

[12] Dato ricavato dai risultati del modello numerico per lo scenario TR200 d=3h e limnogramma Fiume Arno di durata 9 h.

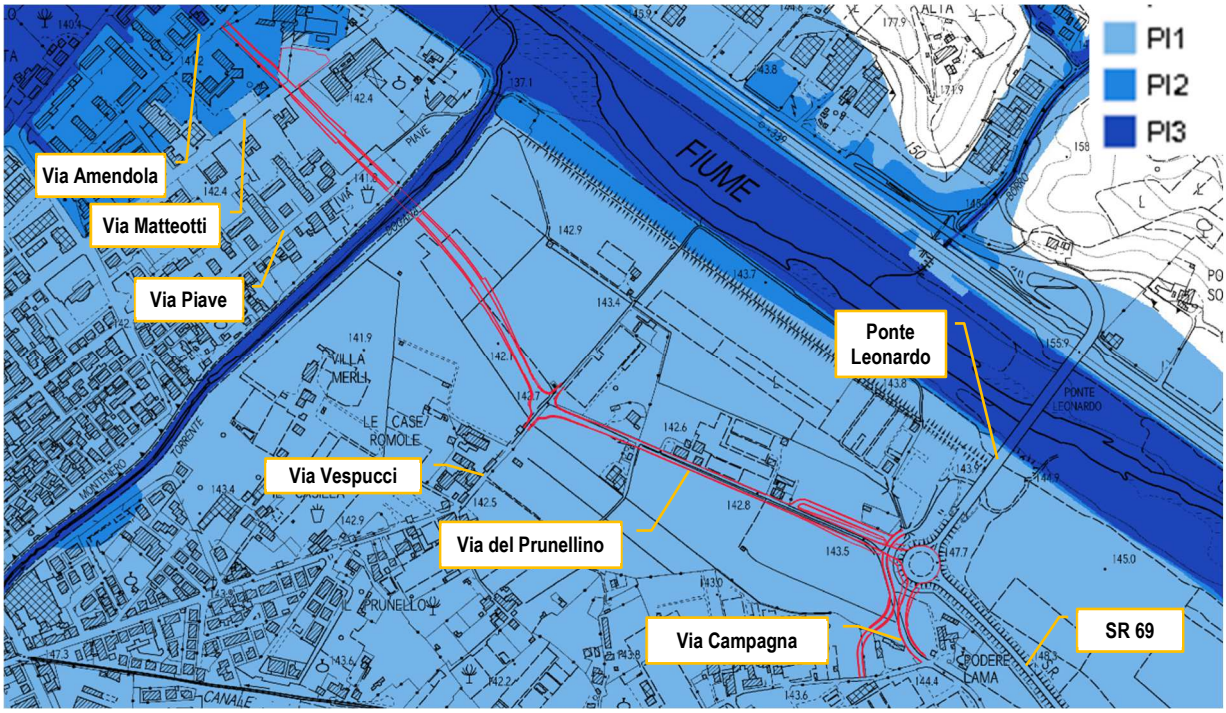


Figura 5-22: mappa delle aree con pericolosità da alluvione di PGRA con l'indicazione (in rosso) della viabilità di progetto.

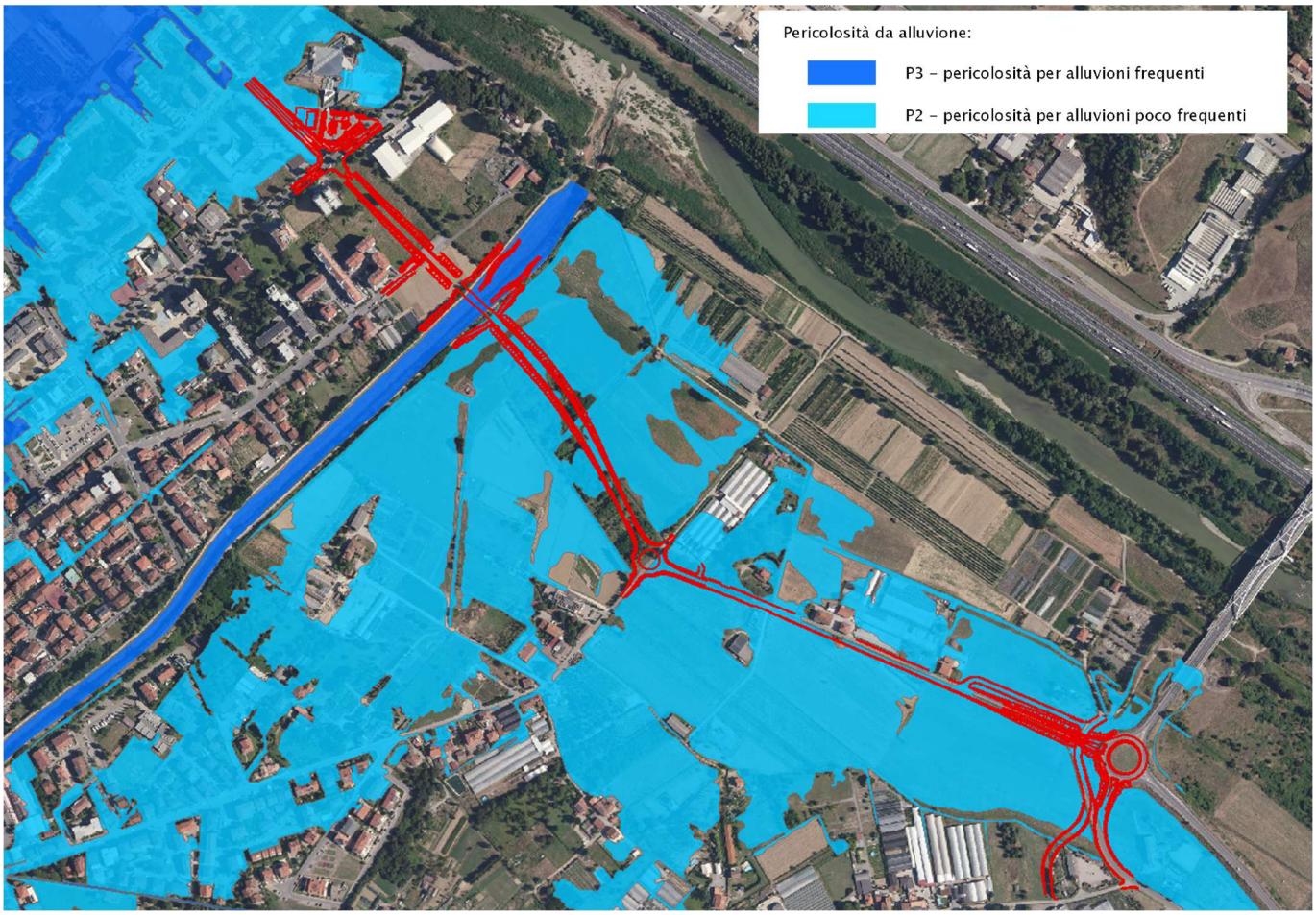


Figura 5-23: Piano Strutturale. Carta della pericolosità da alluvione con l'indicazione (in rosso) della viabilità di progetto.

6 IL FRANCO IDRAULICO RISPETTO ALL'IMPALCATO DEL PONTE SUL TORRENTE DOGANA

Come anticipato al § 1.3, la verifica dell'attraversamento della nuova viabilità sul torrente Dogana è stata effettuata sulla base dello studio idrologico idraulico condotto dall'Ing. L. Morandi di Indago s.r.l. nel Novembre 2023 per la formazione del quadro conoscitivo del Pianto Strutturale comunale.

Il ponte sul torrente Dogana è di tipo ad arco a via inferiore, realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo che si sviluppa in un'unica campata di 54 metri e non prevede la realizzazione di pile in alveo salvo la realizzazione di pile provvisorie per il montaggio dell'impalcato e che saranno demolite al termine dei lavori (2 appoggi intermedi realizzati con torri tralicciate su platea e micropali). Si rinvia allo specifico elaborato per i dettagli dello schema di montaggio.

L'impalcato è composto da:

- 2 travi principali in composizione saldata poste ad interasse costante di 12,8 m;
- 2 diaframmi di spalla che collegano le 2 travi principali nelle sezioni terminali;
- 11 traversi intermedi a passo 4,5 m, di cui 5 principali e 6 secondari.

Figura 6-1: planimetria del ponte sul torrente Dogana (estratto Elaborato 6.1.2)

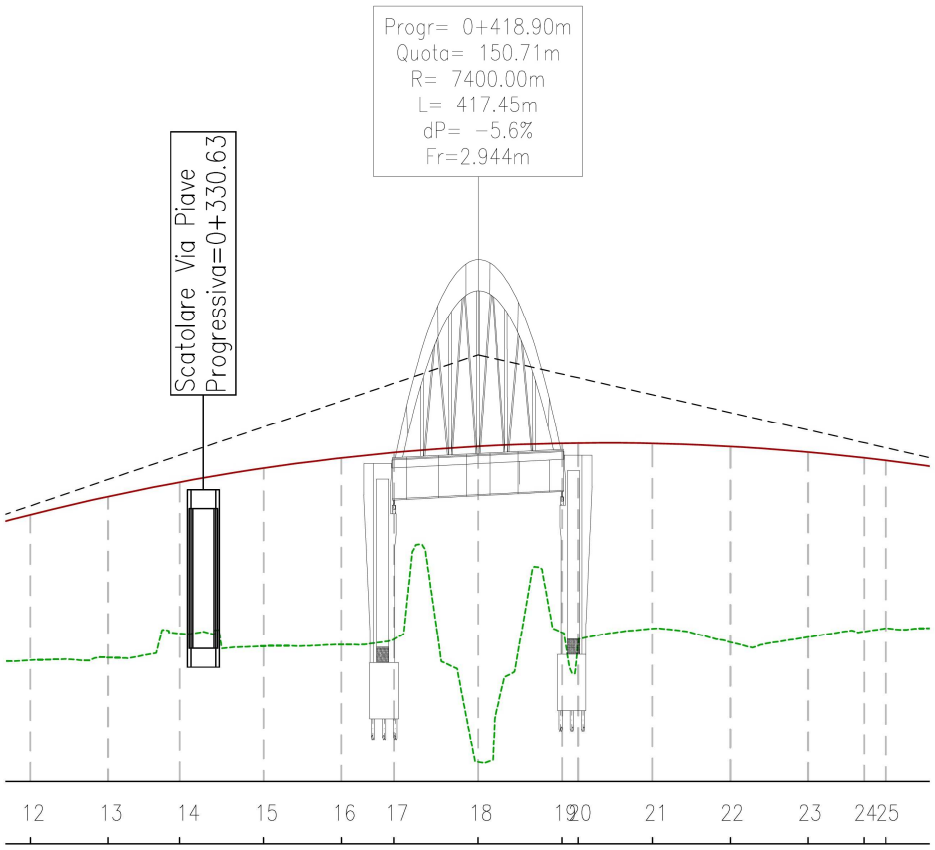


Figura 6-2: profilo longitudinale del Nuovo collegamento in corrispondenza dell'attraversamento sul torrente Dogana

L'autorità idraulica ha fornito le seguenti indicazioni per la valutazione del franco del nuovo attraversamento sul torrente Dogana:

- il franco dovrà essere valutato con la portata di piena duecentennale considerando la completa messa in sicurezza del torrente nel tratto a monte;
- quale condizione di valle dovrà essere assunto il limnogramma duecentennale nel fiume Arno corrispondente all'evento critico (12 ore) nella sezione immediatamente a monte dell'immissione del torrente Dogana, sez. 878. Vedasi Figura 6-3.

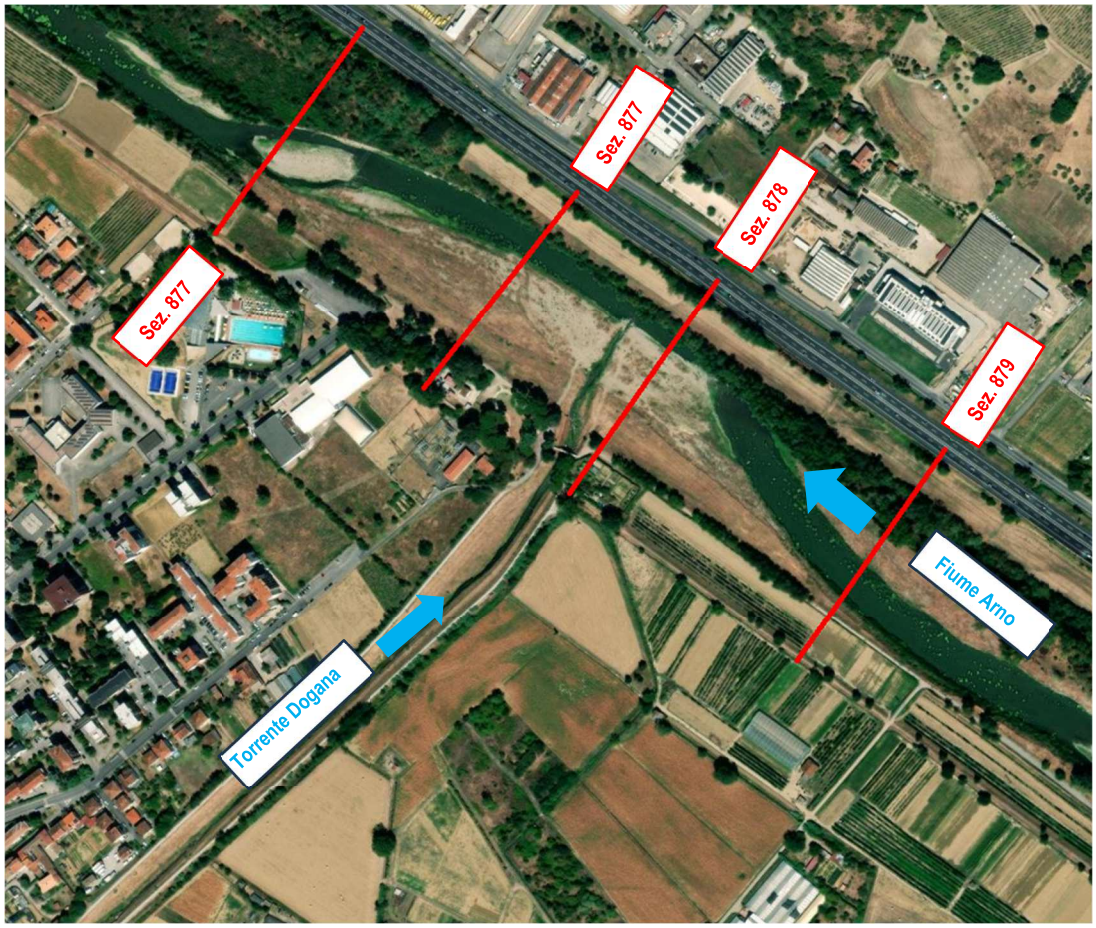


Figura 6-3 sezioni trasversali del fiume Arno immediatamente a monte e a valle dell'immissione del torrente Dogana.

Il modello numerico del torrente Dogana, implementato con il software Hec–Ras fornito agli scriventi dal Comune di Montevarchi, è stato conseguentemente modificato inserendo l'impalcato del nuovo attraversamento, le rampe di accesso in golena (Figura 6-1) e ottemperando alle prescrizioni dell'autorità idraulica nel modo seguente:

- sono state impedite tutte le esondazioni extra-alveo ed eliminati tutti gli attraversamenti esistenti. In tal modo, essendo impedita la laminazione naturale dell'onda di piena, è stata massimizzata la portata al colmo che giunge al nuovo attraversamento di progetto;
- la condizione di valle in corrispondenza dell'immissione del torrente Dogana in Arno è stata posta costante e pari alla quota di 143.19 m s.l.m., corrispondente alla massima altezza del pelo libero che si verifica in Arno alla sezione 878 per un evento duecentennale di durata di pioggia pari a 12 ore. Con tale ipotesi si è di fatto assunta la condizione conservativa che il colmo di piena nel torrente Dogana sia sincrono con quello del fiume Arno.

Le simulazioni numeriche sono state svolte con riferimento agli scenari meteorici duecentennali con durata di pioggia pari a 1, 2, 3 e 4 ore. Si precisa che è stata assunta la stessa analisi idrologica sviluppata nello studio idrologico idraulico a supporto del Piano Strutturale.

Come desumibile dalla Figura 6-4, l'evento critico duecentennale è quello avente durata di pioggia pari a 1 h.

La geometria del ponte risulta del tutto compatibile con i livelli del pelo libero indotti dalla piena duecentennale, in quanto il punto dell'impalcato più vicino al pelo libero è posto a quota 146.25 m s.l.m. e si trova in corrispondenza della spalla in sinistra idrografica. Poiché il livello del pelo libero della piena duecentennale è invece previsto a quota 143.30 m s.l.m., si ottiene un franco minimo pari a 2.95 m.

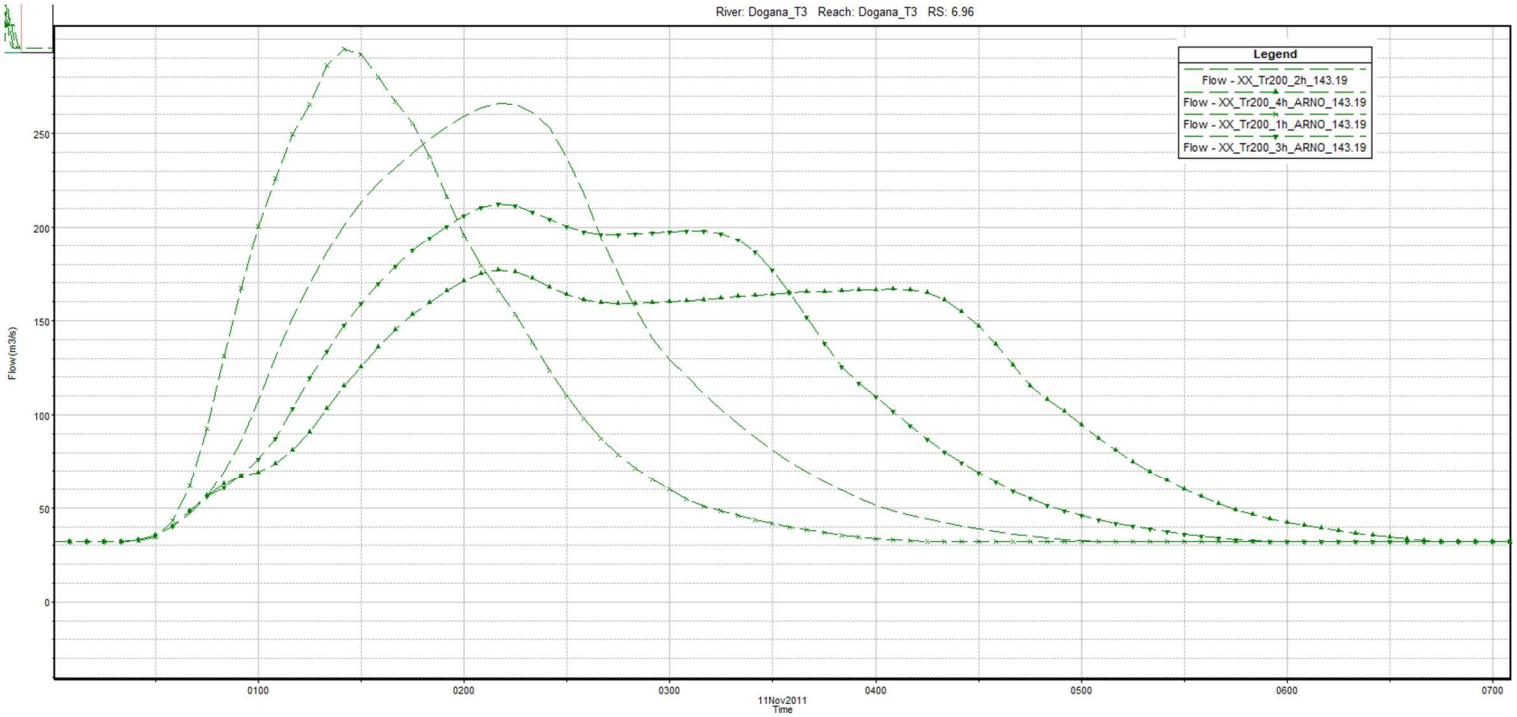


Figura 6-4: idrogrammi duecentennali in corrispondenza del paramento di monte del nuovo attraversamento del torrente Dogana.

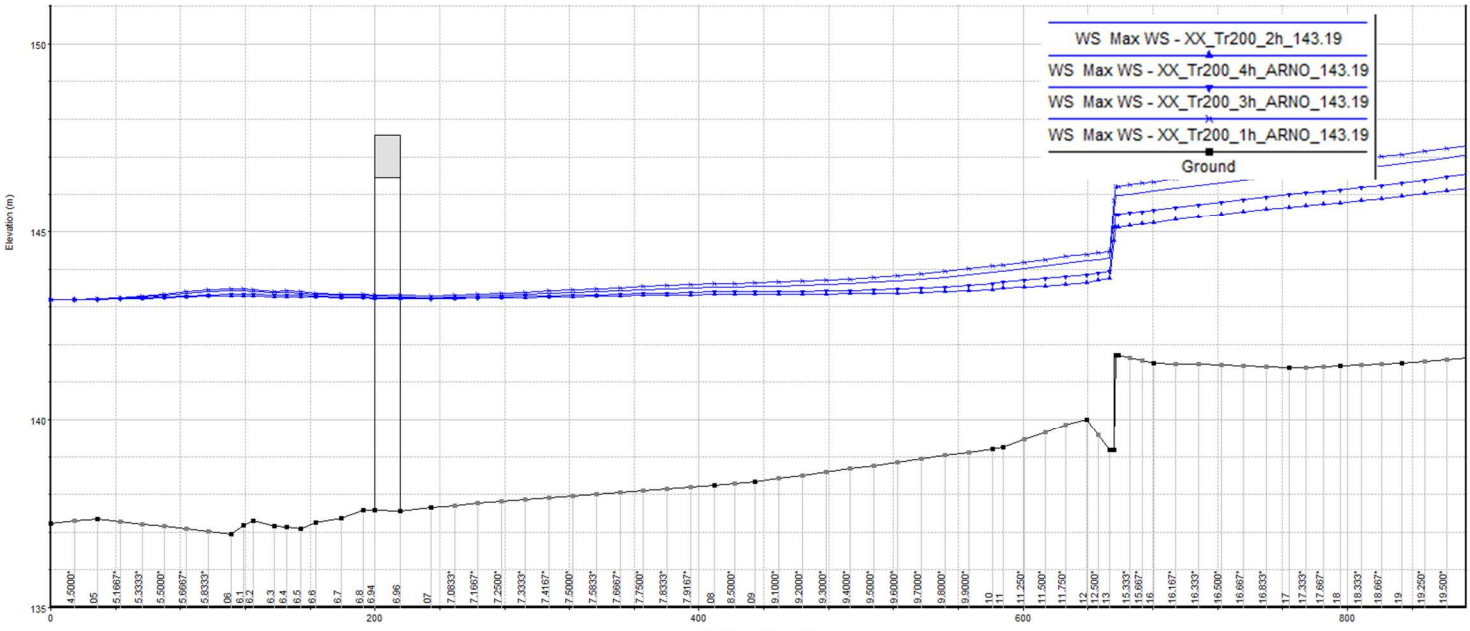


Figura 6-5: profilo longitudinale del torrente Dogana nel tratto che si estende per circa 800 m verso monte a partire dall'immissione in Arno con indicazione dei livelli massimi duecentennali.

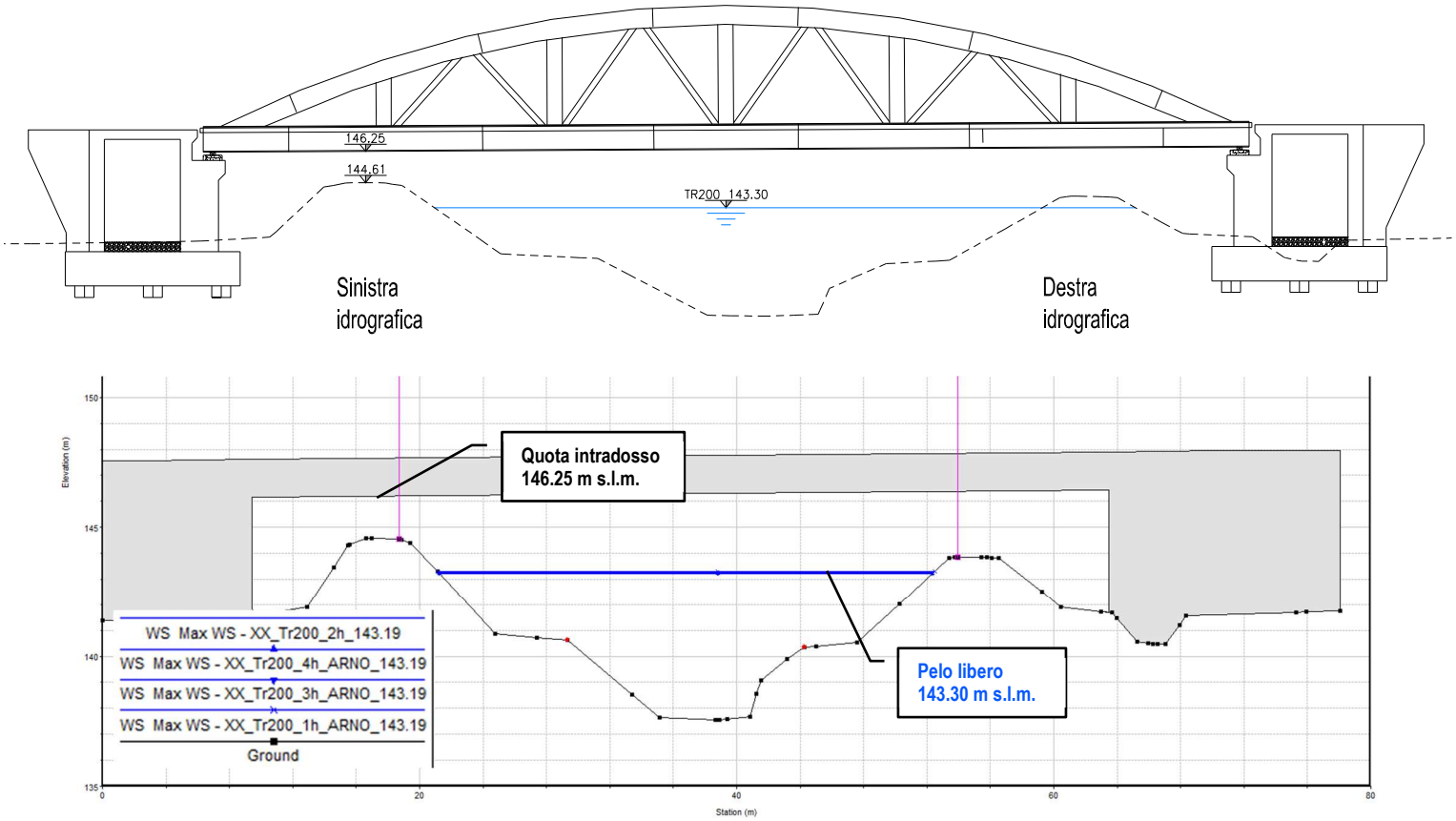


Figura 6-6: prospetto di monte del nuovo attraversamento sul torrente Dogana con indicazione dei livelli massimi duecentennali.

HEC-RAS Locations: User Defined Profile: Max WS

River	Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
					(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Dogana_T3	Dogana_T3	08	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.70	138.25	143.53		144.02	0.001573	3.22	92.69	30.09	0.50
Dogana_T3	Dogana_T3	08	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	175.96	138.25	143.33		143.57	0.000826	2.26	86.84	29.50	0.36
Dogana_T3	Dogana_T3	08	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.15	138.25	143.40		143.7	0.001139	2.67	88.78	29.70	0.42
Dogana_T3	Dogana_T3	08	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.75	138.25	143.62		144.1			95.43	30.36	0.53
Dogana_T3	Dogana_T3	07	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.65	137.66	143.25		143.7			92.04	29.77	0.50
Dogana_T3	Dogana_T3	07	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	170.69	137.66	143.21		143.4			90.90	29.66	0.32
Dogana_T3	Dogana_T3	07	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	210.33	137.66	143.22		143.53	0.001016	2.57	91.18	29.69	0.40
Dogana_T3	Dogana_T3	07	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	287.44	137.66	143.27		143.84	0.001805	3.45	92.86	29.86	0.53
Dogana_T3	Dogana_T3	6.96	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.68	137.55	143.27	141.85	143.70	0.001322	3.12	101.41	31.27	0.46
Dogana_T3	Dogana_T3	6.96	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	173.80	137.55	143.22	141.15	143.41	0.000591	2.07	99.84	31.11	0.31
Dogana_T3	Dogana_T3	6.96	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	210.35	137.55	143.24	141.46	143.51	0.000853	2.49	100.33	31.16	0.37
Dogana_T3	Dogana_T3	6.96	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	287.47	137.55	143.30	141.99	143.79	0.001515	3.35	102.22	31.36	0.49
Dogana_T3	Dogana_T3	6.94	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.72	137.58	143.28	141.82	143.67	0.001230	3.03	105.22	32.42	0.45
Dogana_T3	Dogana_T3	6.94	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	173.75	137.58	143.22	141.15	143.40	0.000549	2.01	103.55	32.25	0.30
Dogana_T3	Dogana_T3	6.94	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	210.36	137.58	143.24	141.44	143.50	0.000794	2.42	104.08	32.30	0.36
Dogana_T3	Dogana_T3	6.94	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	287.19	137.58	143.30	141.95	143.76	0.001407	3.25	106.01	32.50	0.48
Dogana_T3	Dogana_T3	6.8	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.75	137.58	143.30		143.66	0.001100	2.86	110.00	33.33	0.43
Dogana_T3	Dogana_T3	6.8	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	175.27	137.58	143.23		143.40	0.000505	1.92	107.92	33.14	0.29
Dogana_T3	Dogana_T3	6.8	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	210.37	137.58	143.26		143.49	0.000714	2.29	108.61	33.20	0.34
Dogana_T3	Dogana_T3	6.8	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	291.60	137.58	143.32		143.75	0.001294	3.11	110.91	33.41	0.46
Dogana_T3	Dogana_T3	6.7	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.80	137.38	143.31		143.64	0.000971	2.89	117.60	34.88	0.41
Dogana_T3	Dogana_T3	6.7	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	175.54	137.38	143.24		143.39	0.000449	1.95	115.12	34.66	0.28
Dogana_T3	Dogana_T3	6.7	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	211.95	137.38	143.27		143.48	0.000642	2.33	115.95	34.73	0.33
Dogana_T3	Dogana_T3	6.7	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.42	137.38	143.34		143.74	0.001163	3.17	118.63	34.97	0.45
Dogana_T3	Dogana_T3	6.6	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.83	137.25	143.33		143.62	0.000885	2.73	121.56	34.98	0.39
Dogana_T3	Dogana_T3	6.6	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	176.99	137.25	143.25		143.39	0.000418	1.86	118.72	34.73	0.27
Dogana_T3	Dogana_T3	6.6	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.27	137.25	143.28		143.47	0.000588	2.21	119.69	34.82	0.32
Dogana_T3	Dogana_T3	6.6	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.65	137.25	143.37		143.71	0.001059	3.00	122.71	35.08	0.43
Dogana_T3	Dogana_T3	6.5	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.84	137.10	143.36		143.60	0.000770	2.53	130.27	33.93	0.36
Dogana_T3	Dogana_T3	6.5	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	137.10	143.26		143.38	0.000368	1.73	127.00	33.73	0.25
Dogana_T3	Dogana_T3	6.5	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.34	137.10	143.30		143.48	0.000515	2.05	128.13	33.80	0.29
Dogana_T3	Dogana_T3	6.5	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.73	137.10	143.40		143.69	0.000919	2.78	131.57	34.01	0.40
Dogana_T3	Dogana_T3	6.4	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.85	137.14	143.38		143.59	0.000681	2.39	137.36	35.48	0.34
Dogana_T3	Dogana_T3	6.4	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	137.14	143.27		143.37	0.000327	1.63	133.66	35.27	0.24
Dogana_T3	Dogana_T3	6.4	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.36	137.14	143.31		143.45	0.000458	1.94	134.94	35.35	0.28
Dogana_T3	Dogana_T3	6.4	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.81	137.14	143.42		143.68	0.000812	2.62	138.82	35.56	0.37
Dogana_T3	Dogana_T3	6.3	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.87	137.15	143.37		143.59	0.000678	2.39	141.05	39.19	0.34
Dogana_T3	Dogana_T3	6.3	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	137.15	143.27		143.37	0.000327	1.64	137.02	38.94	0.24
Dogana_T3	Dogana_T3	6.3	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.35	137.15	143.30		143.45	0.000457	1.94	138.40	39.02	0.28
Dogana_T3	Dogana_T3	6.3	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.85	137.15	143.41		143.68	0.000807	2.62	142.67	39.28	0.37
Dogana_T3	Dogana_T3	6.2	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.86	137.29	143.40		143.58	0.000545	2.18	154.61	43.63	0.31
Dogana_T3	Dogana_T3	6.2	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	137.29	143.28		143.37	0.000265	1.49	149.45	43.28	0.21
Dogana_T3	Dogana_T3	6.2	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.39	137.29	143.32		143.44	0.000370	1.77	151.24	43.40	0.25
Dogana_T3	Dogana_T3	6.2	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.93	137.29	143.45		143.66	0.000646	2.38	156.67	43.78	0.33
Dogana_T3	Dogana_T3	6.1	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.87	137.18	143.42		143.57	0.000489	2.06	164.76	44.51	0.29
Dogana_T3	Dogana_T3	6.1	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	137.18	143.29		143.36	0.000239	1.41	159.07	44.12	0.20
Dogana_T3	Dogana_T3	6.1	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.42	137.18	143.34		143.44	0.000333	1.68	161.05	44.25	0.24
Dogana_T3	Dogana_T3	6.1	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.93	137.18	143.47		143.65	0.000578	2.25	167.02	44.66	0.31
Dogana_T3	Dogana_T3	06	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.88	136.95	143.43		143.56	0.000436	1.94	173.53	45.11	0.27
Dogana_T3	Dogana_T3	06	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	177.00	136.95	143.29		143.36	0.000214	1.33	167.60	44.72	0.19
Dogana_T3	Dogana_T3	06	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	212.43	136.95	143.34		143.43	0.000297	1.58	169.66	44.86	0.22
Dogana_T3	Dogana_T3	06	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	294.95	136.95	143.48		143.64	0.000516	2.12	175.88	45.27	0.29
Dogana_T3	Dogana_T3	05	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	265.64	137.35	143.20		143.52	0.000934	2.60	115.74	36.09	0.39
Dogana_T3	Dogana_T3	05	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	173.17	137.35	143.19		143.33	0.000400	1.70	115.44	36.06	0.25
Dogana_T3	Dogana_T3	05	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	209.97	137.35	143.20		143.40	0.000586	2.06	115.53	36.07	0.31
Dogana_T3	Dogana_T3	05	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	289.76	137.35	143.21		143.58	0.001107	2.83	115.89	36.10	0.42
Dogana_T3	Dogana_T3	04	Max WS	XX_Tr200_2h_143.19	32.15	137.24	143.19	138.34	143.19	0.000013	0.30	118.29	37.75	0.05
Dogana_T3	Dogana_T3	04	Max WS	XX_Tr200_4h_ARNO_143.19	32.15	137.24	143.19	138.34	143.19	0.000013	0.30	118.29	37.75	0.05
Dogana_T3	Dogana_T3	04	Max WS	XX_Tr200_3h_ARNO_143.19	32.15	137.24	143.19	138.34	143.19	0.000013	0.30	118.29	37.75	0.05
Dogana_T3	Dogana_T3	04	Max WS	XX_Tr200_1h_ARNO_143.19	32.15	137.24	143.19	138.34	143.19	0.000013	0.30	118.29	37.75	0.05

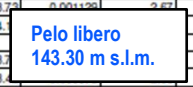


Figura 6-7: outputs numerici delle simulazioni effettuate in regime di moto vario per con il software Hec-Ras. Tratto terminale del torrente Dogana

7 INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO E SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DAL CORPO STRADALE

Nei seguenti paragrafi si descrivono le procedure utilizzate per il dimensionamento e la verifica idraulica delle opere d'arte minori, in riferimento alla progettazione:

- dei fossi di guardia della viabilità in progetto e dei manufatti di attraversamento del reticolo idraulico minore;
- del drenaggio della piattaforma stradale mediante embrici afferenti ai fossi di guardia o tramite caditoie afferenti alle condotte di fognatura meteorica ubicate sotto la banchina.

7.1 DEFINIZIONE DEI BACINI DI COMPETENZA

La valutazione della portata di progetto per una data sezione idraulica implica in primo luogo la determinazione dell'area del bacino idrografico ad essa afferente. Risulta quindi necessario perimetrare la porzione di territorio da cui, per deflusso superficiale, l'acqua meteorica che non infiltra nel terreno raggiunge la sezione considerata. Per l'individuazione dei bacini imbriferi relativi al reticolo idrografico di progetto, si è proceduto in analogia a quanto già descritto al §4.1. Nell'immagine seguente sono rappresentati i limiti dei principali sottobacini individuati.

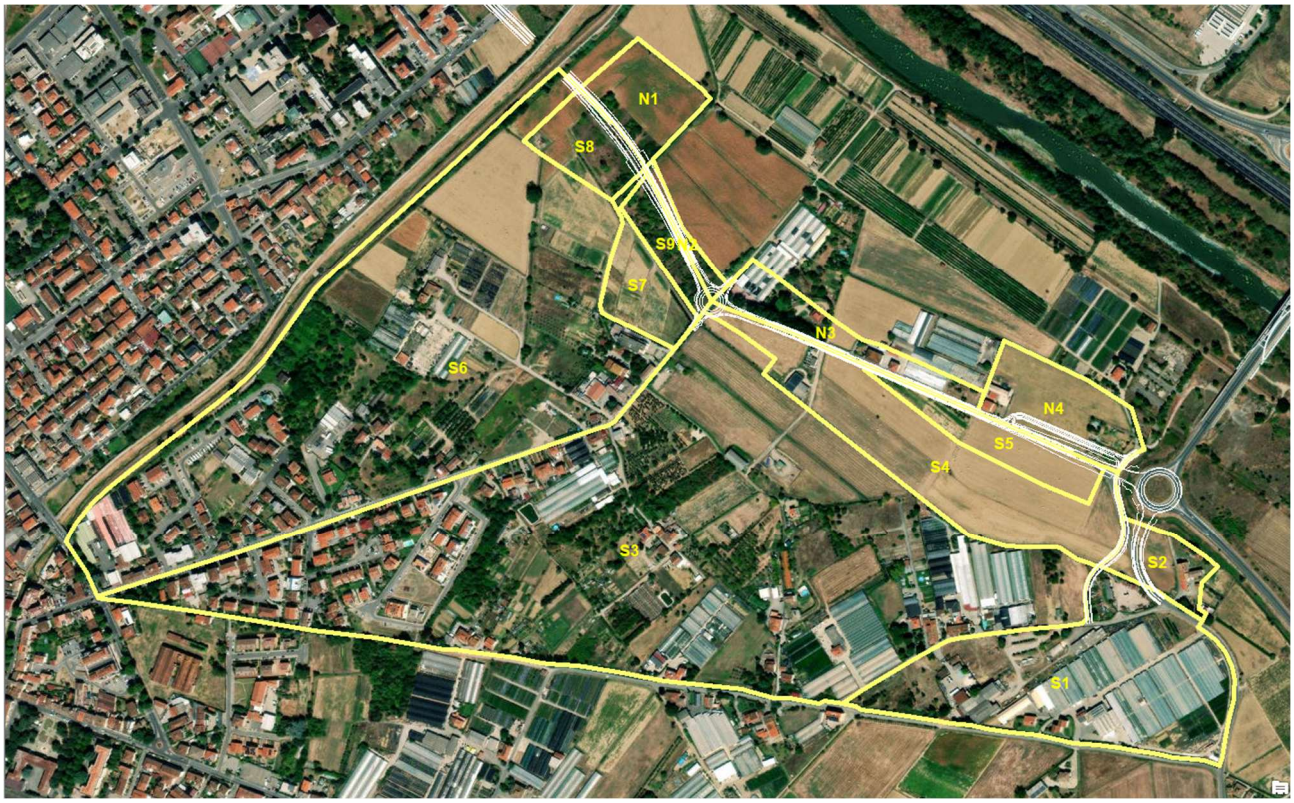


Figura 7-1: corografia dei principali bacini afferenti al reticolo di smaltimento delle acque di piattaforma (linee di color giallo); in bianco è rappresentata la viabilità di progetto.

In calce alla relazione si fornisce la tabella relativa ai predetti bacini in cui si riportano le suddivisioni delle aree scolanti in zone a diverso grado di permeabilità, nonché il coefficiente di deflusso medio.

7.2 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO E METODI ADOTTATI PER LE VERIFICHE IDRAULICHE

7.2.1 Regime pluviometrico locale e tempi di ritorno

Come già descritto al § 4.1, a cui si rinvia per maggiori dettagli, per la stima delle portate di riferimento si è dapprima individuato il regime pluviometrico della zona in esame attraverso l'adozione della curva di possibilità pluviometrica a due parametri (a, n) dipendenti dal tempo di ritorno del tipo:

$$h(d) = a \cdot d^n$$

In relazione all'importanza dell'infrastruttura viaria, il tempo di ritorno T_r dell'evento meteorico di riferimento per il dimensionamento della rete dei fossi di guardia, e delle opere di attraversamento è stato assunto pari a 50 anni.

Nella tabella seguente si riportano pertanto i parametri delle curve di possibilità pluviometrica caratteristici della zona di interesse.

Tabella 7-1: parametri delle curve di possibilità pluviometrica impiegate.

TR 50 anni (d > 0.5 ore)	
a	n
59.64	0.26

In considerazione della morfologia della zona di interesse e in particolare delle pendenze ivi presenti, la durata critica dell'evento che massimizza la portata al colmo è stata stimata pari a 15 min (0.25 h), che rappresenta un tempo inferiore a quello di riferimento per l'assegnazione dei parametri a e n sopra definiti. Tuttavia, è possibile adeguare detti parametri a piogge di breve durata impiegando la nota formula di Bell [13].

Infatti, Bell ha osservato che i rapporti rδ tra le altezze di pioggia corrispondenti a durate τ inferiori all'ora e l'altezza di pioggia oraria sono scarsamente dipendenti dalla località in cui si verificano. In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità-durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione dove il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{\tau,T}$, (con τ minore di 60 minuti) e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ a parità di tempo di ritorno T è dipendente solo dalla durata τ espressa in minuti secondo la seguente relazione :

$$\frac{h_{\tau,T}}{h_{60,T}} = f(\tau)$$

Avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che tale legame funzionale può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{\tau,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot \tau^{0.25} - 0.50$$

In Tabella 7-1 sono indicate, per il tempo di ritorno di riferimento pari a 50 anni, le altezze di pioggia corrispondenti alla durata dell'evento meteorico pari a 15 minuti e la relativa intensità di pioggia oraria. Si fornisce inoltre il calcolo per una pioggia di durata 5 minuti.

[13] Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of american Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969,

Tabella 7-2: altezze di pioggia per durate dell'evento meteorico di 15 e 5 minuti per TR = 50 anni

	h [mm]	*i* [mm/h]
15 min	33.56	134.25
5 min	18.34	220.08

Per ogni sezione di calcolo, data l'area totale sottesa, si è determinato il coefficiente d'afflusso medio φ come media pesata dei coefficienti di afflusso delle singole aree di estensione *Si* in cui è stata suddivisa l'area sottesa in base all'uso del suolo:

7.2.2 Stima delle perdite idrologiche

Come già descritto al § 4.2.1, a cui si rinvia per maggiori dettagli, per ogni sezione di calcolo, data l'area totale sottesa, si è determinato il coefficiente d'afflusso medio φ come media pesata dei coefficienti di afflusso delle singole sotto-aree individuate in funzione dell'uso del suolo (Figura 4-3):

$$\phi = \frac{\sum_i \phi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

I coefficienti di afflusso orari adottati per le singole tipologie di superficie drenate sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 7-3 Uso del suolo e valore del coefficiente di deflusso orario φ

CLASSIFICAZIONE SUPERFICI	**φ**
Bosco	0.20
Giardini e terreni coltivati	0.25
Strade e piazzali sterrati	0.50
Strade e piazzali asfaltati	0.85
Tetti	0.90
Pavimentazioni drenanti	0.70

7.2.3 Criteri di dimensionamento

Per la valutazione della portata di progetto si sono utilizzate tre metodologie in funzione dell'estensione della superficie: più precisamente, se la superficie sottesa alla sezione di calcolo è risultata maggiore di 1 ha e inferiore a 30 ha è stato utilizzato il metodo proposto da G. De Martino (assumendo intensità di pioggia corrispondente alla durata di 15'); nel caso invece la superficie sia inferiore a 1 ha è stato utilizzato il metodo noto come Cinematico (assumendo un'intensità di pioggia sempre corrispondente alla durata di 15'). Infine, laddove la superficie sottesa è risultata maggiore di 30 ha (ovvero per il Fosso Reale e il fosso di guardia principale), come dettagliato al § 4, si è effettuata una specifica analisi afflussi deflussi.

7.2.4 Stima delle portate di progetto con il metodo di De Martino

Il metodo proposto da G. De Martino [14] per il dimensionamento/verifica di piccole reti di fognatura è un metodo empirico che si basa sull'osservazione dei risultati ottenuti applicando il metodo diretto dell'invaso ad una serie di reti aventi bacini inferiori a 30 ha per differenti valori di intensità pioggia, coefficiente di deflusso, pendenza media della rete e volume dei piccoli invasi.

De Martino ha proposto, la seguente espressione:

$u = C_r \cdot \frac{\varphi_{1r} \cdot j_{15}}{0.36} [l/s \cdot ha]$ da cui $Q = S \cdot u \; [l/s]$

[14] De Martino Avolio, G.: *contributo al calcolo delle portste di piena con il metodo dell'invaso per reti di fognatura serventi aree minori di 30 ha.* Giornale del genio civile, 12 (1949).

φ_{1r} coefficiente di deflusso orario ragguagliato all'area del bacino [-];

j_{15} intensità oraria di pioggia corrispondente alla durata di 15' [mm/ora];

S è la superficie del bacino in [Ha];

C_r = coefficiente di ritardo [-], funzione di*: j_{15}, di S* (superficie del bacino *[ha]), di* φ_{1r} (coefficiente di deflusso orario [-])*, di* J_f (pendenza media della rete [-])*, e di* w_2 *(*invaso specifico dei piccoli spechi e sul terreno [mc/ha]).

Questo coefficiente congloba in sostanza il complesso degli effetti laminanti presenti nel bacino che sarebbero posti in evidenza col metodo del volume d'invaso.

La Tabella 7-4 che segue fornisce i valori di C_r al variare della classe di estensione del bacino, del volume dei piccoli invasi, della pendenza media della rete, del coefficiente medio di deflusso e dell'intensità di pioggia.

Tabella 7-4: valori del coefficiente di ritardo Cr

PICCOLI INVASI SPECIFICI		w_2 = 20 [mc/ha]									w_2 = 30 [mc/ha]									w_2 = 40 [mc/ha]								
Pendenza media della rete J_f	Intensità di pioggia j_{15} [mm/h]	Superficie del bacino S [ha]									Superficie del bacino S [ha]									Superficie del bacino S [ha]								
		1÷5			5÷15			15÷30			1÷5			5÷15			15÷30			1÷5			5÷15			15÷30		
		coeffciente di deflusso orario ψ_1									coeffciente di deflusso orario ψ_1									coeffciente di deflusso orario ψ_1								
J_f	i	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7
0.0005	50	0.47	0.52	0.55	0.44	0.48	0.52	0.42	0.45	0.48	0.42	0.47	0.52	0.43	0.46	0.49	0.39	0.43	0.46	0.40	0.44	0.48	0.40	0.44	0.47	0.38	0.42	0.45
	100	0.52	0.57	0.60	0.49	0.53	0.56	0.45	0.48	0.52	0.48	0.54	0.57	0.46	0.51	0.54	0.43	0.47	0.51	0.45	0.51	0.55	0.43	0.48	0.51	0.40	0.44	0.47
	150	0.57	0.63	0.66	0.52	0.57	0.60	0.47	0.50	0.53	0.53	0.60	0.63	0.49	0.54	0.58	0.44	0.48	0.52	0.50	0.56	0.61	0.46	0.52	0.55	0.42	0.47	0.50
	200	0.63	0.69	0.74	0.55	0.60	0.63	0.48	0.51	0.54	0.56	0.66	0.69	0.52	0.58	0.61	0.45	0.49	0.53	0.54	0.62	0.67	0.49	0.55	0.59	0.44	0.48	0.51
0.001	50	0.48	0.52	0.56	0.45	0.50	0.54	0.43	0.47	0.51	0.44	0.49	0.55	0.42	0.49	0.52	0.41	0.46	0.50	0.40	0.46	0.51	0.40	0.45	0.49	0.39	0.42	0.46
	100	0.53	0.59	0.63	0.49	0.55	0.59	0.46	0.51	0.55	0.49	0.56	0.60	0.45	0.52	0.56	0.43	0.49	0.53	0.46	0.52	0.57	0.44	0.49	0.53	0.41	0.46	0.50
	150	0.59	0.66	0.72	0.53	0.60	0.64	0.48	0.53	0.58	0.54	0.63	0.67	0.50	0.57	0.61	0.46	0.51	0.55	0.52	0.61	0.64	0.48	0.54	0.58	0.44	0.50	0.53
	200	0.65	0.74	0.81	0.58	0.66	0.70	0.50	0.56	0.61	0.60	0.70	0.75	0.55	0.63	0.67	0.48	0.54	0.58	0.57	0.71	0.74	0.52	0.60	0.64	0.46	0.53	0.56
0.005	50	0.50	0.55	0.60	0.49	0.55	0.58	0.46	0.51	0.57	0.45	0.51	0.56	0.45	0.52	0.56	0.42	0.48	0.53	0.42	0.47	0.52	0.42	0.46	0.51	0.40	0.43	0.49
	100	0.56	0.64	0.69	0.53	0.60	0.65	0.49	0.56	0.61	0.50	0.59	0.64	0.49	0.56	0.61	0.45	0.53	0.57	0.47	0.54	0.60	0.46	0.53	0.58	0.43	0.50	0.54
	150	0.66	0.75	0.80	0.60	0.68	0.73	0.54	0.62	0.67	0.58	0.69	0.75	0.54	0.63	0.70	0.50	0.59	0.64	0.54	0.64	0.70	0.51	0.60	0.66	0.47	0.56	0.61
	200	0.77	0.89	0.94	0.68	0.78	0.83	0.60	0.70	0.75	0.68	0.82	0.90	0.62	0.72	0.82	0.55	0.66	0.73	0.62	0.75	0.84	0.56	0.69	0.75	0.50	0.62	0.69
0.01	50	0.51	0.56	0.62	0.50	0.56	0.60	0.47	0.53	0.59	0.46	0.52	0.57	0.46	0.52	0.57	0.44	0.49	0.54	0.43	0.48	0.53	0.43	0.47	0.52	0.41	0.44	0.50
	100	0.57	0.66	0.70	0.55	0.62	0.67	0.51	0.58	0.63	0.52	0.60	0.65	0.50	0.58	0.63	0.47	0.55	0.59	0.48	0.56	0.61	0.47	0.54	0.59	0.45	0.51	0.56
	150	0.68	0.79	0.84	0.63	0.72	0.78	0.57	0.66	0.70	0.60	0.72	0.78	0.57	0.67	0.73	0.52	0.62	0.67	0.55	0.66	0.73	0.53	0.63	0.69	0.49	0.59	0.63
	200	0.81	0.96	1.03	0.73	0.84	0.91	0.64	0.75	0.81	0.71	0.87	0.96	0.65	0.81	0.87	0.59	0.71	0.78	0.64	0.79	0.89	0.59	0.73	0.80	0.55	0.65	0.72
0.05	50	0.52	0.58	0.65	0.51	0.57	0.63	0.48	0.55	0.61	0.46	0.53	0.58	0.47	0.53	0.58	0.45	0.50	0.55	0.44	0.49	0.54	0.44	0.48	0.53	0.42	0.45	0.51
	100	0.60	0.68	0.74	0.57	0.65	0.71	0.53	0.61	0.67	0.53	0.62	0.67	0.51	0.59	0.65	0.48	0.56	0.61	0.49	0.57	0.63	0.49	0.56	0.61	0.46	0.53	0.57
	150	0.71	0.85	0.92	0.66	0.79	0.87	0.61	0.72	0.80	0.63	0.76	0.84	0.59	0.71	0.79	0.54	0.67	0.73	0.57	0.70	0.78	0.55	0.67	0.74	0.51	0.62	0.68
	200	0.86	1.09	1.23	0.79	0.98	1.12	0.72	0.86	1.00	0.75	0.95	1.08	0.70	0.87	0.98	0.63	0.80	0.89	0.67	0.86	0.99	0.63	0.80	0.90	0.57	0.73	0.82

7.2.5 Metodo Cinematico

La stima delle portate massime, nel caso in cui l'area sottesa alla sezione di calcolo sia risultata inferiore ad 1 ha (questo si verifica generalmente quando tale area è costituita in gran parte dal solo corpo stradale), è stata eseguita seguendo il modello di trasformazione afflussi-deflussi cinematico, dove il coefficiente udometrico è espresso dalla formula:

$$u = \frac{\phi \cdot j_{5-15}}{0.36} [l/s \cdot ha]$$

Dove:

u =coefficiente udometrico;

ϕ =coefficiente di deflusso;

j_{5-15} =intensità di pioggia corrispondente alla durata di 5 o 15 minuti [15] [mm/ora].

[15] La durata di 5 minuti è stata assunta per il dimensionamento delle caditoie e degli embrici drenanti la piattaforma stradale, mentre la durata di 15 minuti per il dimensionamento dei fossi di guardia.

Pertanto, l'espressione della portata risulta pari a:

$Q = u \cdot S$ [l/s]

con:

u =coefficiente udometrico;

S =superficie del bacino drenato [ha].

In calce alla presente relazione sono accluse le tabelle che riportano i valori di portata di progetto previsti per le opere idrauliche, calcolati con l'uno o l'altro metodo.

7.2.6 Verifiche in moto uniforme dei fossi di guardia, dei tombini e delle condotte

Le verifiche idrauliche volte alla definizione dell'officiosità idraulica dei condotti esistenti o di progetto costituenti il collettore fognario misto da dismettere e da sostituire con il diversivo in progetto sono state effettuate considerando regimi di corrente in moto uniforme, stante la regolarità della sezione costante e circolare, della pendenza e della scabrezza per tratti sufficientemente lunghi (livellette). Tale ipotesi di lavoro infatti risulta sufficientemente attendibile nelle circostanze di regolarità sopra indicate, sempre che, come peraltro accade nel caso presente, le condizioni al contorno di valle non siano tali da generare significativi rigurgiti del pelo libero e la portata in ingresso da monte, nel caso dei tombini di attraversamento stradale, non determini la saturazione della sezione di imbocco.

La formula di moto uniforme impiegata è quella di Chézy:

$$V = \chi\sqrt{R \cdot j}[m/s] \quad (1)$$

dove:

V = velocità media;

χ = coefficiente di resistenza di Chezy [$m^{1/2}/s$];

R = raggio idraulico [m] = Ω(h)/ P(h), dove Ω(h)[m^2] è l'area occupata dal fluido nella sezione trasversale quando l'altezza dal fondo è pari a h[m] e P(h)[m] è il perimetro bagnato nella medesima sezione;

j = pendenza del fondo [-].

Nel caso presente χ è stato valutato con la formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6} \quad (2)$$

dove K_s è il parametro rappresentativo della scabrezza media [$m^{1/3}s^{-1}$].

Sostituendo la (2) nella (1), si ottiene:

$$V = K_s R^{2/3} j^{1/2} \quad (3)$$

Moltiplicando la velocità media *V* [m/s] *p*er l'area Ω [m^2] della sezione trasversale occupata dal liquido, si determina il valore della portata:

$$Q = \Omega \cdot V = \Omega \cdot K_s R^{2/3} j^{1/2} \quad [m^3/s] \quad (4)$$

I valori assegnati a K_s in funzione del materiale costituenti le pareti del canale, del tombino o della condotta sono indicati nella tabella seguente.

I fossi di guardia previsti sono direttamente scavati nel terreno (e in alcuni tratti rivestiti in calcestruzzo), come riportato graficamente in Figura 7-2. La sezione adottata ha forma trapezia con inclinazione delle sponde pari a 1/1 e larghezza del fondo variabile secondo le tipologie indicate in Tabella 7-6.

Tabella 7-5 Parametri di scabrezza per canali e condotte [Marchi-Rubatta, 1981]

Tipologia parete	K_s
Terra regolare inerbita	40
CAV	80
PVC	100

Tabella 7-6: Sezioni tipo di forma trapezia dei fossi di guardia

Tipo di sezione trapezia	Larghezza del fondo [m]
1	0.30
2	0.60
3	1.00
4	1.75
5	2.00

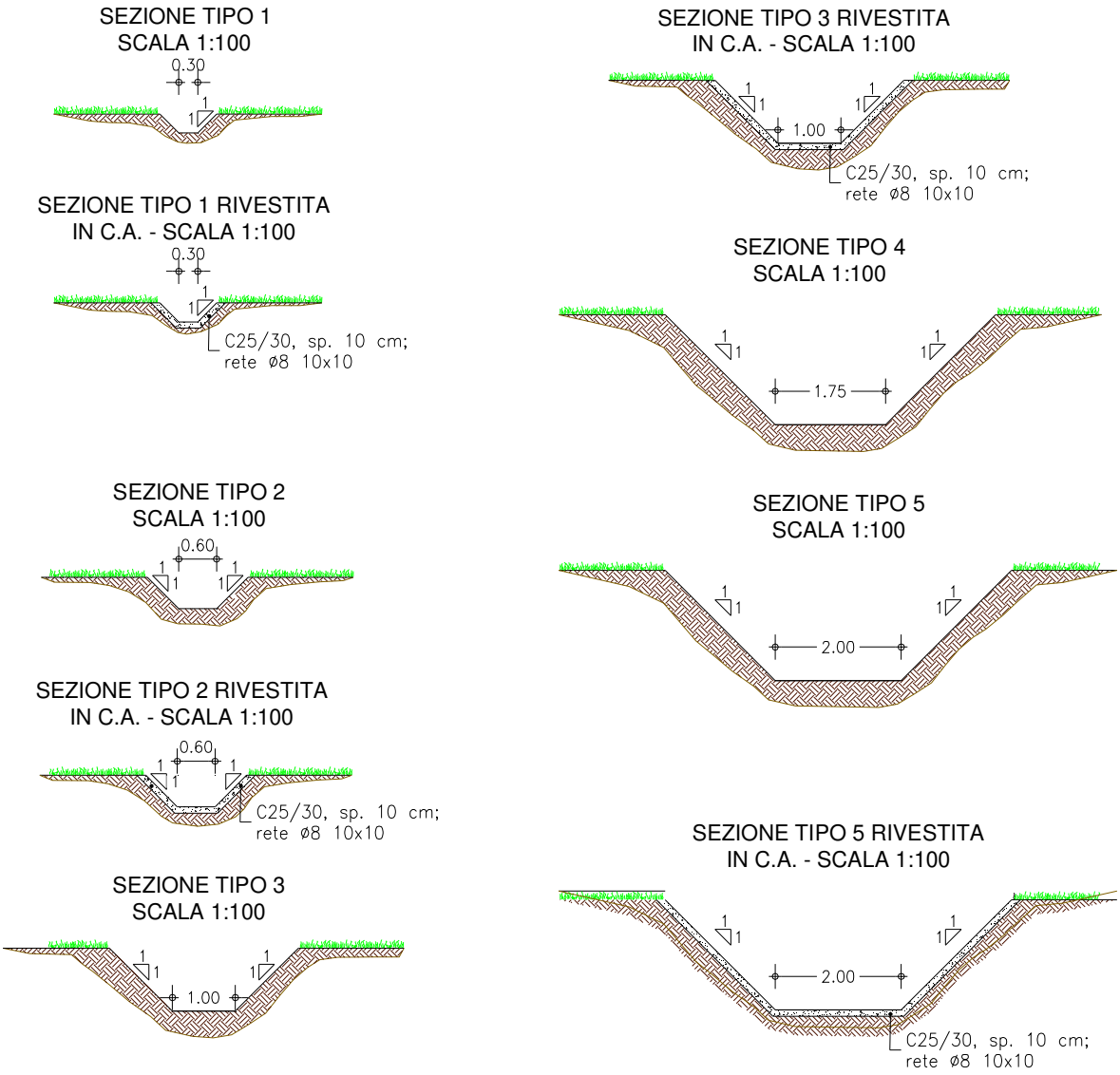


Figura 7-2: Sezioni tipo dei fossi di guardia.

Nelle tabelle che seguono sono esposti i risultati delle verifiche di officiosità idraulica dei tombini e dei fossi.

Si sottolinea in particolare che i due nuovi attraversamenti sul Fosso Reale TRC1 e TRC2 rispettano quanto prescritto dalla Circolare alle NTC2018, ovvero il tirante idraulico non supera i 2/3 dell'altezza della sezione: infatti, come riportato in Tabella 7-8, il tirante idraulico corrispondente all'evento duecentennale risulta pari a 48 cm mentre lo scatolare è alto 2.5 m, quindi esso risulta inferiore ai i 2/3 dell'altezza della sezione.

Tabella 7-7: verifica officiosità idraulica dei fossi di guardia

Verifica dell'officiosità idraulica dei fossi di guardia									
Sigla Fosso	Bacini afferenti	Area afferente	Portata Q	Pendenza fosso	Sezione tipo	Larghezza al fondo "b"	Materiale	Scabrezza k_e	Altezza pelo libero
		[ha]	[m^3/s]	[-]	[-]	[m]	[-]	[$m^{1/3}s^{-1}$]	[cm]
A3bis	S1.1+S1.2a+S2.1b	7.67	0.871	0.002	3	1.00	Terra	0.025	0.60
A3-A4-B1	S2.1a	0.63	0.104	0.002	5	2.00	Terra	0.025	0.12
A2-B8	S2.2b+S2.2a+S2.2c+S2.2d	0.24	0.039	0.0015	1	0.30	Terra	0.025	0.21
A1-B7	S1.1+S2.2a+S2.2b+S2.1b	7.91	0.895	0.002	3	1.00	Terra	0.025	0.61
B8-B7	S2.2b+S2.2a+S2.2c+S2.2d	0.24	0.039	0.0015	1	0.30	Terra	0.025	0.21
B6-B7	S2.2c	0.06	0.014	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.12
B2-B3	S3.1	0.29	0.030	0.005	1	0.30	Terra	0.025	0.13
C1-C2	N4.1b	0.67	0.079	0.002	1	0.30	Terra	0.025	0.28
C3-C2	N4.1a	1.20	0.071	0.0018	1	0.30	Terra	0.025	0.27
C4-C5	N4.2a	0.17	0.032	0.0025	1	0.30	Terra	0.025	0.16
C5-C6	N4.1a+N4.1b+N4.2a+N4.2b	2.16	0.140	0.0015	1	0.30	Terra	0.025	0.39
C7-C6	N4.2c	0.05	0.011	0.0025	1	0.30	Terra	0.025	0.09
B9-B4	S4.1	0.02	0.003	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.04
B4-B5-C	S4.1+S4.2	0.10	0.017	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.13
C-C8	S4.1+S4.2+S5.1	0.76	0.090	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.31
C8-D	S4a+S5+N4	4.59	0.309	0.00156	2	0.60	Terra	0.025	0.46
D-E	S4+S5+N4	9.22	0.495	0.00156	2	0.60	CAV	0.0125	0.41
E1-E	S3.2	28.37	2.163	0.002	3	1.00	CAV	0.0125	0.68
F-G	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S9	51.53	1.960	0.00156	5	2.00	CAV	0.0125	0.49
I-H	S8.2	0.04	0.008	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.09
H-G	S8	1.31	0.083	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.30
D1-E2	N3	1.68	0.224	0.00156	1	0.30	CAV	0.0125	0.35
F1-G1	N3+N2	2.02	0.259	0.00156	1	0.30	CAV	0.0125	0.37
I1-H1	N1.2	0.06	0.010	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.09
H1-G1	N1	1.61	0.079	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.29
G1-G2	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+S7+S8+S9+N1+N2+N3+N4	57.87	1.960	0.00156	5	2.00	Terra	0.025	0.73
I-L	S6.1	0.02	0.005	0.0056	1	0.30	Terra	0.025	0.04
I1-L1	S10	0.03	0.005	0.0115	1	0.30	Terra	0.025	0.04
D3-D2	N3.1	0.46	0.106	0.00156	1	0.30	Terra	0.025	0.34
Fosso al piede argine Dogana	S6	24.60	1.752	0.0012	4	1.75	Terra	0.025	0.79

Tabella 7-8: verifica officiosità idraulica dei tombini

Verifica dell'officiosità idraulica dei tombini								
Sigla Fosso	Bacini afferenti	Area afferente	Portata Q	Pendenza tombino	Dimensioni	Scabrezza k_e	Altezza pelo libero	Percentuale di riempimento
		[ha]	[m^3/s]	[-]	[cm]	[$m^{1/3}s^{-1}$]	[cm]	[%]
TES_1	S1.1	7.32	0.836	0.20%	1.00 m x 0.80 m	0.0125	0.57	71%
TES_2	S1.2a	0.12	0.029	0.20%	DI = 500 mm	0.0125	0.14	28%
TES_3	S1.1+S1.2a+S2.1b	7.67	0.871	0.20%	1.00 m x 0.80 m	0.0125	0.58	73%
TSV_1	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d	8.44	0.943	0.27%	1.00 m x 0.80 m	0.0125	0.55	69%
TRC_2	A1	106.03	4.750	0.20%	5.00 m x 2.50 m	0.0125	0.48	19%
TRC_1	A1	106.03	4.750	0.20%	5.00 m x 2.50 m	0.0125	0.48	19%
TBP_1	N4.1a+N4.1b	1.87	0.112	0.37%	DI = 500 mm	0.0125	0.24	48%
TA2_1	N4	2.21	0.146	0.58%	DI = 500 mm	0.0125	0.25	49%
TSS_1	S4a+S5+N4	8.39	0.429	0.16%	DI = 800 mm	0.0125	0.54	67%
TRB_1	S1+S2.2a+S2.1b+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4	50.72	1.960	0.16%	2.50 m x 1.50 m	0.0125	0.50	33%
TRB_2	N3	1.68	0.224	0.16%	DI = 800 mm	0.0125	0.36	45%
TA1_2	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S7+S8+S9	54.24	1.960	0.16%	4.00 m x 3.00 m	0.0125	0.35	12%
TA1_1	S6	24.60	1.752	0.12%	4.00 m x 3.00 m	0.0125	0.35	12%
TAL_1	S1+S1.2b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S7+S8+S9	54.24	1.960	0.16%	2.50 m x 1.50 m	0.0125	0.50	33%
TAL_2	S5+N4+S4.1+S4.2	3.87	0.247	0.16%	DI = 800 mm	0.0125	0.38	47%
TAL_3	S5.1+S5.2a*0.5+N4+S4.1+S4.2	3.42	0.219	0.16%	DI = 800 mm	0.0125	0.35	44%
TAL_4	S4.1+S4.2	0.10	0.017	0.16%	DI = 500 mm	0.0125	0.11	22%
TAL_5	N3	1.68	0.224	0.16%	DI = 800 mm	0.0125	0.36	45%
TA2_2	N3.1	0.46	0.106	1.00%	DI = 400 mm	0.0125	0.20	49%

7.3 DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Il drenaggio della piattaforma stradale avviene imponendo una pendenza trasversale simmetrica (a displuvio) pari al 2.5% per i tratti in rettifilo e variabile per i tratti in curva. L'allontanamento dell'acqua così convogliata a bordo strada si ottiene con diverse modalità:

- nei tratti in rilevato, la presenza dell'arginello di progetto lungo il ciglio stradale assicura l'intercettazione dell'acqua proveniente dalla pavimentazione che, tramite elementi di imbocco, viene convogliata negli embrici disposti lungo la scarpata e quindi nei fossi di guardia ubicati al piede del rilevato. Nei tratti in cui sono presenti

condotte di fognatura meteorica, l'allontanamento dell'acqua dalla piattaforma stradale avviene per mezzo di caditoie;

- nei tratti in trincea è invece la cunetta ad assicurare l'intercettazione dell'acqua proveniente dalla pavimentazione stradale che, tramite le caditoie, viene convogliata nella fognatura meteorica e dai qui nei fossi recettori.

7.3.1 Interassi massimi ammissibili tra gli embrici

Nota la pendenza trasversale della piattaforma stradale (pari a 2.5% in rettifilo e variabile in curva) è assunta un'altezza massima ammissibile "h" tale che la sezione triangolare di bordo strada presenti un valore limite dello specchio d'acqua pari alla larghezza della banchina, ovvero 1.00 m nel caso dei tratti stradali denominati nuovo collegamento, via del Prunellino e di via Campagna e 0.50 m per la strada Vicinale e il By-pass.

La portata massima evacuabile a bordo strada, "Q_{EV}", ad essa associata, funzione delle dimensioni e dell'inclinazione longitudinale della piattaforma stradale, viene valutata, per condizioni di moto uniforme, tramite l'impiego della formula di Gauckler-Strickler:

$$Q_{EV} = A\ R^{2/3}\ i^{1/2}\ = k_s\ h^{8/3}\ i_l^{1/2} \Big/ \left[2n\ i_t \left[2\ i_t\ \left(1 + \sqrt{1 + \frac{1}{i_t^2}} \right) \right]^{2/3} \right]$$

Dove:

k_s = coefficiente di Gauckler-Strickler, assunto pari a k_s 80 $m^{1/3}s^{-1}$;
h = altezza massima ammissibile;
A = area bagnata: $A = h^2/2i_t$;
R = raggio idraulico: $R=A/P$;
P = contorno bagnato: $P = h\ \left(1 + \sqrt{1 + 1/i_t^2}\right)$;
i_l = pendenza longitudinale del tratto stradale;
i_t = pendenza trasversale del tratto stradale.

L'interasse degli embrici è dunque scelto di conseguenza in modo tale che il valore di Q_{EV} non venga superato da quello relativo alla portata affluente dalla pavimentazione stradale, "Q_{PS}", stimata, tramite l'impiego del metodo Cinematico, per un tempo di ritorno TR = 50 anni.

Noti che siano il regime pluviometrico nell'area in esame, la larghezza "B" della strada, le pendenze longitudinale "i_l" e trasversale "i_t" della piattaforma stradale, il valore di portata affluente dalla pavimentazione stradale per unità di lunghezza "Q_{PS}" risulta così definito:

$Q_{PS} = u \cdot B/2$ per tratti in rettifilo;
$Q_{PS} = u \cdot B$ per tratti in curva;
dove il termine u rappresenta il coefficiente udometrico valutato per l'area in esame.

I parametri di riferimento per la stima di Q_{PS} sono sinteticamente riportati in Tabella 7-9.

Tabella 7-9: Parametri di riferimento per la stima della portata unitaria affluente dalla pavimentazione stradale "Q_{PS}"

Tempo di ritorno [anni]	Durata evento di pioggia [ore]	Intensità di pioggia [mm/ora]	Coefficiente di deflusso φ [-]	Coefficiente Udometrico [l/s/ha]	Materiale Ks [$m^{1/3}s^{-1}$]
50	0.083	220.08	0.8	519.63	70

Il valore di interasse "*I*" che potrà essere adottato tra gli embrici sarà dunque così definito:

$$I_{MAX} = \frac{Q_{EV}}{Q_{PS}}$$

Dove, nei tratti a ridotta pendenza longitudinale, l'interasse calcolato tra gli embrici è risultato minore di 10 esso è stato assunto pari a 10 m. Nella tabella seguente si riportano gli interassi tra gli embrici calcolati e quelli assunti:

La verifica degli embrici è effettuata ipotizzando il loro funzionamento come uno sfioratore laterale tipo stramazzo a larga soglia per il quale vale la seguente legge di deflusso:

$$Q = \mu \cdot \xi \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- Q: portata sfiorata (m^3/s);
- μ: coefficiente di deflusso, pari a 0,39 per lo stramazzo a larga soglia;
- L: larghezza della soglia (m);
- h: carico idraulico a monte della soglia (m);
- g: accelerazione di gravità pari a 9,81 (m/s^2).

Adottando per gli embrici ad una larghezza di sfioro pari a 1.00 m, si riportano di seguito le verifiche idrauliche svolte. I risultati mostrano che la portata esitabile risulta ovunque superiore alla portata afferente.

Tabella 7-10: interasse tra gli embrici, valore calcolato e assunto.

Progr.	Largh. Max velo idrico	Altezza Max velo idrico	Tratto	Largh. media carreg.	Pend long.	Pend. trasv.	Portata max evacuabile	Portata affluente unitaria	Interasse Max	Interasse progetto	H velo fi progetto	Larghezza sfioro embrici	Portata smaltibile embrici
[Km]	b [m]	h [m]	[-]	B [m]	i_l [-]	i_t [-]	Q_{EV} [l/s]	$q_{P.S.}$ [l/s/m]	I_{MAX} [m]	I [m]	$y_{0\ PRO}$ [m]	Lemb [m]	Q emb [l/s]
Nuovo collegamento													
0+451 - 0 +500	1.0	0.025	Curva	14.75	0.0045	0.025	3.11	0.77	4.1	10	0.035	1	11.2
0+500 - 0+577	1.0	0.060	Curva	15.15	0.0100	0.060	19.48	0.79	24.7	20	0.055	1	22.2
0+577 - 0+625	1.0	0.054	Curva	14.2	0.0190	0.054	22.69	0.74	30.7	20	0.046	1	16.8
0+625 - 0+650	1.0	0.029	Curva	12.05	0.0230	0.029	9.13	0.63	14.6	10	0.025	1	6.9
0+650 - 0+704	1.0	0.025	Curva	10.7	0.0228	0.025	7.00	0.56	12.6	10	0.023	1	5.9
0+704 - 0+775	1.0	0.025	Rettifilo	4.5	0.0260	0.025	7.47	0.23	32.0	20	0.021	1	5.2
0+800 - 0+811	1.0	0.025	Rettifilo	4.5	0.0260	0.025	7.47	0.23	32.0	20	0.021	1	5.2
Via del Prunellino													
0+000 - 0+025	1.0	0.025	Rettifilo	4.5	0.0250	0.025	7.33	0.23	31.3	20	0.021	1	5.2
0+025 - 0+150	1.0	0.025	curva	9	0.0028	0.025	2.45	0.47	5.2	10	0.032	1	9.7
0+0150 - 0+175	1.0	0.025	rettifilo	4.5	0.0028	0.025	2.45	0.23	10.5	10	0.025	1	6.6
0+0175 - 0+275	1.0	0.025	rettifilo	4.5	0.0009	0.025	1.39	0.23	5.9	10	0.030	1	9.0
0+0275 - 0+425	1.0	0.025	rettifilo	4.5	0.0014	0.025	1.73	0.23	7.4	10	0.028	1	8.0
0+0425- 0+630	1.0	0.025	rettifilo	4.5	0.0470	0.025	10.05	0.23	43.0	15	0.017	1	3.7
Via campagna													
0+000 - 0+023	1.0	0.025	rettifilo	5	0.0192	0.025	6.42	0.26	24.7	20	0.023	1	6.0
0+023 - 0+075	1.0	0.025	curva	9.6	0.0192	0.025	6.42	0.50	12.9	10	0.023	1	5.8
By-pass													
0+150 - 0+391	0.5	0.0125	Rettifilo	2.5	0.0770	0.025	2.03	0.13	15.6	10	0.011	1	1.9
0+010 - 0+080	0.5	0.0125	Rettifilo	2.5	0.0500	0.025	1.63	0.13	12.6	10	0.011	1	2.1
Strada vicinale													
0+033- 0+0150	0.5	0.0125	curva	6.5	0.033	0.025	1.33	0.34	3.9	10	0.018	1	4.0

7.3.2 Interassi massimi ammissibili tra le caditoie

Anche in questo caso, in maniera analoga a quanto già descritto al §7.3.1, è stata stimata la portata massima evacuabile a bordo strada "Q_{EV}" e successivamente il valore di interasse "*I*" che potrà essere adottato tra due caditoie consecutive:

$$I_{MAX} = \frac{Q_{EV}}{Q_{PS}}$$

Nella tabella seguente si riportano gli interassi calcolati e quelli assunti per le caditoie, nonché la verifica della lunghezza minima della griglia. I risultati mostrano che la portata evacuabile risulta ovunque superiore alla portata afferente.

Tabella 7-11: interasse tra le caditoie, valore calcolato e assunto.

Progr.	Largh. Max velo idrico	Altezza Max velo idrico	Tratto	Largh. media carreg.	Pend long.	Pend. trasv.	Portata max evacuabile	Portata affluente unitaria	Interasse max	Interasse Prog	h velo di progetto	Lunghezza griglia progetto	Lunghezza minima griglia
[Km]	b [m]	H [m]	[-]	B [m]	i_l [-]	i_t [-]	Q_{EV} [l/s]	$q_{P.S.}$ [l/s/m]	l_{max} [m]	l [m]	$y_{0\ PRO}$ [m]	[m]	[m]
Nuovo collegamento													
0+000 - 0+025	1.00	0.025	rettifilo	4.50	0.005	0.025	3.28	0.23	14	10	0.02	0.6	0.2
0+025 - 0+101	1.00	0.025	rettifilo	4.50	0.022	0.025	6.81	0.23	29	20	0.02	0.6	0.2
0+101 - 0+375	1.00	0.025	rettifilo	4.50	0.016	0.025	5.86	0.23	25	20	0.02	0.6	0.2

Agli interassi riportati in Tabella 7-11, le portate vengono convogliate nel sottostante collettore mediante pozzetti di ispezione dotati di griglia inclinata trasversalmente (vedi Figura 7-3).

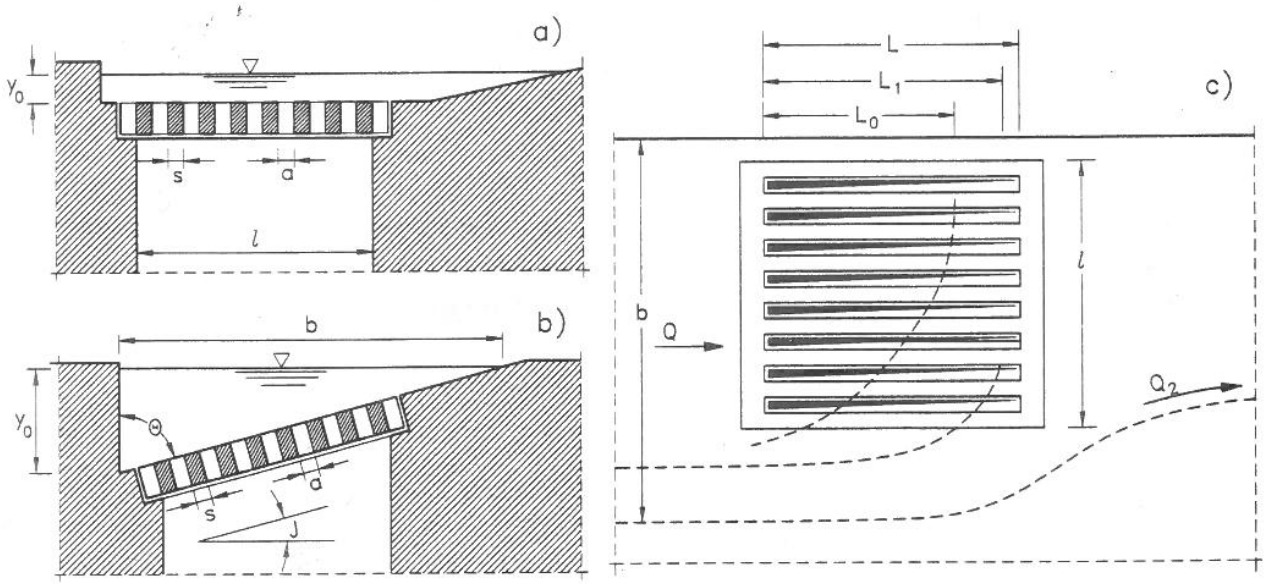


Figura 7-3: Schema di deflusso in prossimità d'una caditoia "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali", L. Da Deppo e C. Datei ed. Bios, Cosenza 1999.

La lunghezza *L* della griglia inclinata si ricava dalla seguente formula:

$$\frac{L}{H_0} = \frac{3}{8Cp}\left[3\sin^{-1}\sqrt{\frac{y_0}{H}} + 5\sqrt{\frac{y_0}{H}\left(1-\frac{y_0}{H}\right)}\right]$$

dove:

- $H = y + v^2/2g$ = costante, indica l'energia;
- y_0 = altezza del velo idrico all'inizio della grata;
- C = coefficiente di contrazione, pari a 0.6;
- p = area efficace della griglia, pari a 0.5.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

Ai sensi delle *Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche* (Allegato A - D.P.G.R Toscana del 30/01/2020, n.5/R) il presente studio è corredato dai seguenti elaborati cartografici:

- Carta della pericolosità da alluvioni;
- Carta della magnitudo idraulica;
- Carta dei battenti;
- Carta delle velocità della corrente;

L'inviluppo dei risultati ottenuti per gli scenari relativi a eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 200 anni e durata di pioggia pari a 1, 2, 3 e 4 ore (in particolare in termini di livelli idrometrici massimi, battenti e velocità raggiunti in alveo e nelle aree di esondazione), allo stato attuale e allo stato di progetto, ha costituito la base numerica per la redazione della Carta di pericolosità da alluvioni, della Carta della magnitudo idraulica, della Carta dei battenti e della Carta della velocità della corrente.

9 RACCOMANDAZIONI E AVVERTENZE FINALI

Quali misure preventive atte a regolare l'utilizzo dell'infrastruttura stradale di progetto in caso di eventi alluvionali nei tratti in cui essa risulta allagabile per piene duecentennali, ai sensi di quanto disposto dalla L.R. 41/2018 si prescrive l'apposizione di cartelli monitori indicanti il rischio di allagamento.

I risultati ottenuti in termini di verifiche idrologiche ed idrauliche sono naturalmente basati sulle conoscenze attuali del sistema idrografico e dei dati idrologici disponibili, nonché sull'ipotesi fondamentale che le sezioni idrauliche dei fossi di guardia e le condotte della fognatura meteorica oggetto di verifica siano mantenute in futuro in perfette condizioni di efficienza ed officiosità idraulica, così come gli scoli recettori in modo tale da non determinare significativi rigurgiti verso monte.

Classificazione delle superfici scolanti afferenti ai fossi di guardia e ai tombini

Classificazione superfici scolanti afferenti ai fossi di guardia

Sigla Fosso	Bacini afferenti	Superficie totale	Pendenza media della rete	Bosco		Giardini e terreni coltivati		Strade e piazzali sterrati		Strade e piazzali asfaltati		Tetti		Pavimentazioni drenanti		Durata evento meteorico	ϕ medio	Coefficiente di riduzione Cr	Coefficiente udometrico U	Portata Q
		[ha]	[-]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[min]	[-]	[-]	[l/s ha]	[m³/s]
A3bis	S1.1+S1.2a+S2.1b	7.67	0.0015	0.0	0.0	32342	42	11848	15	6075	8	26469	34	0	0	15	0.56	0.54	113.55	0.871
A3-A4-B1	S2.1a	0.63	0.0015	0.0	0.0	3812	60	973	15	779	12	764	12	0	0	15	0.44	1.00	164.38	0.104
A2-B8	S2.2b+S2.2a+S2.2c+S2.2d	0.24	0.0015	0.0	0.0	1683	69	0	0	742	31	0	0	0	0	15	0.43	1.00	161.66	0.039
A1-B7	S1.1+S2.2a+S2.2b+S2.1b	7.91	0.0015	0.0	0.0	33000	42	13104	17	6272	8	26732	34	0	0	15	0.56	0.54	113.13	0.895
B8-B7	S2.2b+S2.2a+S2.2c+S2.2d	0.24	0.0015	0.0	0.0	1683	69	0	0	742	31	0	0	0	0	15	0.43	1.00	161.66	0.039
B6-B7	S2.2c	0.06	0.0015	0.0	0.0	244	39	0	0	384	61	0	0	0	0	15	0.62	1.00	230.17	0.014
B2-B3	S3.1	0.29	0.0015	0.0	0.0	2787	95	0	0	142	5	0	0	0	0	15	0.28	1.00	104.06	0.030
C1-C2	N4.1b	0.67	0.0015	0.0	0.0	5819	87	163	2	577	9	110	2	0	0	15	0.32	1.00	118.87	0.079
C3-C2	N4.1a	1.20	0.0015	0.0	0.0	10583	88	386	3	428	4	631	5	0	0	15	0.31	0.51	59.31	0.071
C4-C5	N4.2a	0.17	0.0015	0.0	0.0	1038	60	0	0	706	40	0	0	0	0	15	0.49	1.00	183.81	0.032
C5-C6	N4.1a+N4.1b+N4.2a+N4.2b	2.16	0.0015	0.0	0.0	18169	84	549	3	2109	10	741	3	0	0	15	0.34	0.51	64.75	0.140
C7-C6	N4.2c	0.05	0.0015	0.0	0.0	257	48	0	0	277	52	0	0	0	0	15	0.56	1.00	209.38	0.011
B9-B4	S4.1	0.02	0.0015	0.0	0.0	132	75	0	0	44	25	0	0	0	0	15	0.40	1.00	149.51	0.003
B4-B5-C	S4.1+S4.2	0.10	0.0015	0.0	0.0	725	70	0	0	309	30	0	0	0	0	15	0.43	1.00	160.12	0.017
C-C8	S4.1+S4.2+S5.1	0.76	0.0015	0.0	0.0	6718	89	0	0	853	11	0	0	0	0	15	0.32	1.00	118.44	0.090
C8-D	S4a+S5+N4	4.59	0.0015	0.0	0.0	37684	82	1355	3	5344	12	1517	3	0	0	15	0.35	0.52	67.38	0.309
D-E	S4+S5+N4	9.22	0.0015	0.0	0.0	82983	90	1633	2	6051	7	1548	2	0	0	15	0.30	0.47	53.63	0.495
E1-E	S3.2	28.37	0.0015	15803.3	5.6	173547	61	12956	5	33422	12	42771	15	5165	2	15	0.44	0.47	76.25	2.163
F-G	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S9	51.53	N.D.	15803.3	3.1	328649	64	28560	6	52943	10	84167	16	5184	1	N.D.	0.43	N.D.	N.D.	1.960
I-H	S8.2	0.04	0.0015	0.0	0.0	211	50	16	4	192	46	0	0	0	0	15	0.53	1.00	199.35	0.008
H-G	S8	1.31	0.0015	0.0	0.0	10943	83	694	5	1457	11	20	0	0	0	15	0.33	0.51	63.27	0.083
D1-E2	N3	1.68	0.0015	0.0	0.0	6683	40	1713	10	3495	21	4866	29	0	0	15	0.59	0.61	133.63	0.224
F1-G1	N3+N2	2.02	0.0015	0.0	0.0	8670	43	2045	10	4660	23	4866	24	0	0	15	0.57	0.60	128.06	0.259
I1-H1	N1.2	0.06	0.0015	0.0	0.0	456	72	29	5	151	24	0	0	0	0	15	0.40	1.00	150.57	0.010
H1-G1	N1	1.61	0.0015	0.0	0.0	15344	96	370	2	336	2	0	0	0	0	15	0.27	0.49	49.39	0.079
G1-G2	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+S7+S8+S9+N1+N2+N3+N4	57.87	N.D.	15803.3	2.7	377212	65	31882	6	59538	10	89060	15	5184	1	N.D.	0.43	N.D.	N.D.	1.960
I-L	S6.1	0.02	0.0015	0.0	0.0	142	58	0	0	103	42	0	0	0	0	15	0.50	1.00	187.31	0.005
I1-L1	S10	0.03	0.0015	0.0	0.0	209	67	0	0	104	33	0	0	0	0	15	0.45	1.00	167.64	0.005
D3-D2	N3.1	0.46	0.0015	0.0	0.0	1501	32	805	17	682	15	1640	35	0	0	15	0.61	1.00	228.30	0.106
Fosso al piede argine Dogana	S6	24.60	0.0015	0.0	0.0	171983	70	15052	6	24521	10	29379	12	5111	2	15	0.41	0.46	71.19	1.752

Classificazione superfici scolanti afferenti ai tombini

Sigla Fosso	Bacini afferenti	Superficie totale	Pendenza media della rete	Bosco		Giardini e terreni coltivati		Strade e piazzali sterrati		Strade e piazzali asfaltati		Tetti		Pavimentazioni drenanti		Durata evento meteorico	ϕ medio	Coefficiente di riduzione Cr	Coefficiente udometrico U	Portata Q
		[ha]	[-]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[m²]	[%]	[min]	[-]	[-]	[l/s ha]	[m³/s]
TES_1	S1.1	7.32	0.0015	0	0%	30578	42%	11407	16%	4881	7%	26353	36%	0	0.0%	15	0.56	0.54	114.18	0.836
TES_2	S1.2a	0.12	0.0015	0	0%	378	31%	111	9%	710	58%	33	3%	0	0.0%	15	0.64	1.00	237.03	0.029
TES_3	S1.1+S1.2a+S2.1b	7.67	0.0015	0	0%	32342	42%	11848	15%	6075	8%	26469	34%	0	0.0%	15	0.56	0.54	113.55	0.871
TSV_1	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d	8.44	0.0015	0	0%	36261	43%	13253	16%	7852	9%	27007	32%	0	0.0%	15	0.55	0.54	111.79	0.943
TRC_2	A1	106.03	N.D.	49075	5%	681166	64%	50958	5%	153649	14%	119700	11%	5796	0.5%	N.D.	0.42	-	88.37	4.750
TRC_1	A1	106.03	N.D.	49075	5%	681166	64%	50958	5%	153649	14%	119700	11%	5796	0.5%	N.D.	0.42	-	88.37	4.750
TBP_1	N4.1a+N4.1b	1.87	0.0015	0	0%	16402	88%	549	3%	1005	5%	741	4%	0	0.0%	15	0.32	0.51	59.73	0.112
TA2_1	N4	2.21	0.0015	0	0%	18426	83%	549	2%	2386	11%	741	3%	0	0.0%	15	0.34	0.52	66.00	0.146
TSS_1	S4a+S5+N4	8.39	0.0015	0	0%	77538	92%	912	1%	4720	6%	771	1%	0	0.0%	15	0.29	0.47	51.12	0.429
TRB_1	S1+S2.2a+S2.1b+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4	50.72	0.0015	15803	3%	321793	63%	28518	6%	51726	10%	84167	17%	5184	1.0%	15	0.44	1.00	162.65	1.960
TRB_2	N3	1.68	0.0015	0	0%	6683	40%	1713	10%	3495	21%	4866	29%	0	0.0%	15	0.59	0.61	133.63	0.224
TA1_2	S1+S2.1b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S7+S8+S9	54.24	N.D.	15803	3%	353198	65%	29468	5%	54542	10%	84194	16%	5184	1.0%	N.D.	0.43	N.D.	70.80	1.960
TA1_1	S6	24.60	0.0015	0	0%	171983	70%	15052	6%	24521	10%	29379	12%	5111	2.1%	15	0.41	0.46	71.19	1.752
TAL_1	S1+S1.2b+S2.2a+S2.2b+S2.2c+S2.2d+S3+S4+S5+N4+S7+S8+S9	54.24	N.D.	15803	3%	353198	65%	29468	5%	54542	10%	84194	16%	5184	1.0%	N.D.	0.43	N.D.	70.80	1.960
TAL_2	S5+N4+S4.1+S4.2	3.87	0.0015	0	0%	32963	85%	634	2%	4323	11%	741	2%	0	0.0%	15	0.33	0.51	63.89	0.247
TAL_3	S5.1+S5.2a*0.5+N4+S4.1+S4.2	3.42	0.0015	0	0%	29053	85%	592	2%	3781	11%	741	2%	0	0.0%	15	0.33	0.51	64.16	0.219
TAL_4	S4.1+S4.2	0.10	0.0015	0	0%	725	70%	0	0%	309	30%	0	0%	0	0.0%	15	0.43	1.00	160.12	0.017
TAL_5	N3	1.68	0.0015	0	0%	6683	40%	1713	10%	3495	21%	4866	29%	0	0.0%	15	0.59	0.61	133.63	0.224
TA2_2	N3.1	0.46	0.0015	0	0%	1501	32%	805	17%	682	15%	1640	35%	0	0.0%	15	0.61	1.00	228.30	0.106

ALLEGATO 1.1 - Carta della pericolosità da alluvioni

Stato Attuale - Scala 1:10000

LEGENDA:

- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale

Pericolosità da alluvione

- P3 - pericolosità da alluvioni frequenti
- P2 - pericolosità da alluvioni poco frequenti
- P1 - pericolosità da alluvioni rare

ALLEGATO 1.2 - Carta dei battenti

Stato Attuale - Scala 1:10000

LEGENDA:

- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale

Battenti TR200 (m)

- ≤ 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.3
- 0.3 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- 0.75 - 1
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2
- 2.0 - 2.5
- > 2.50

ALLEGATO 1.3 - Carta delle velocità della corrente

Stato Attuale - Scala 1:10000

LEGENDA:

Perimetro di studio

Reticolo idrografico regionale

Velocità della corrente (m/s)

- < 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

ALLEGATO 1.4 - Carta della magnitudo idraulica

Stato Attuale - Scala 1:10000

LEGENDA:

- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale

Magnitudo idraulica L.R. 41/2018

- Moderata
- Severa
- Molto severa

ALLEGATO 2.1 - Carta della pericolosità da alluvioni

Stato di Progetto - Scala 1:10000

LEGENDA:

Perimetro di studio

Reticolo idrografico regionale

Tracciato stradale di progetto

Pericolosità da alluvione

- P3 - pericolosità da alluvioni frequenti
- P2 - pericolosità da alluvioni poco frequenti
- P1 - pericolosità da alluvioni rare

ALLEGATO 2.2 - Carta dei battenti

Stato di Progetto - Scala 1:10000

LEGENDA:

- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale
- Tracciato stradale di progetto

Battenti TR200 (m)

- ≤ 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.3
- 0.3 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- 0.75 - 1
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2
- 2.0 - 2.5
- > 2.50

ALLEGATO 2.3 - Carta delle velocità della corrente

Stato di Progetto - Scala 1:10000

LEGENDA:

- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale
- Tracciato stradale di progetto

Velocità della corrente (m/s)

- < 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

ALLEGATO 2.4 - Carta della magnitudo idraulica

Stato di Progetto - Scala 1:10000

LEGENDA:

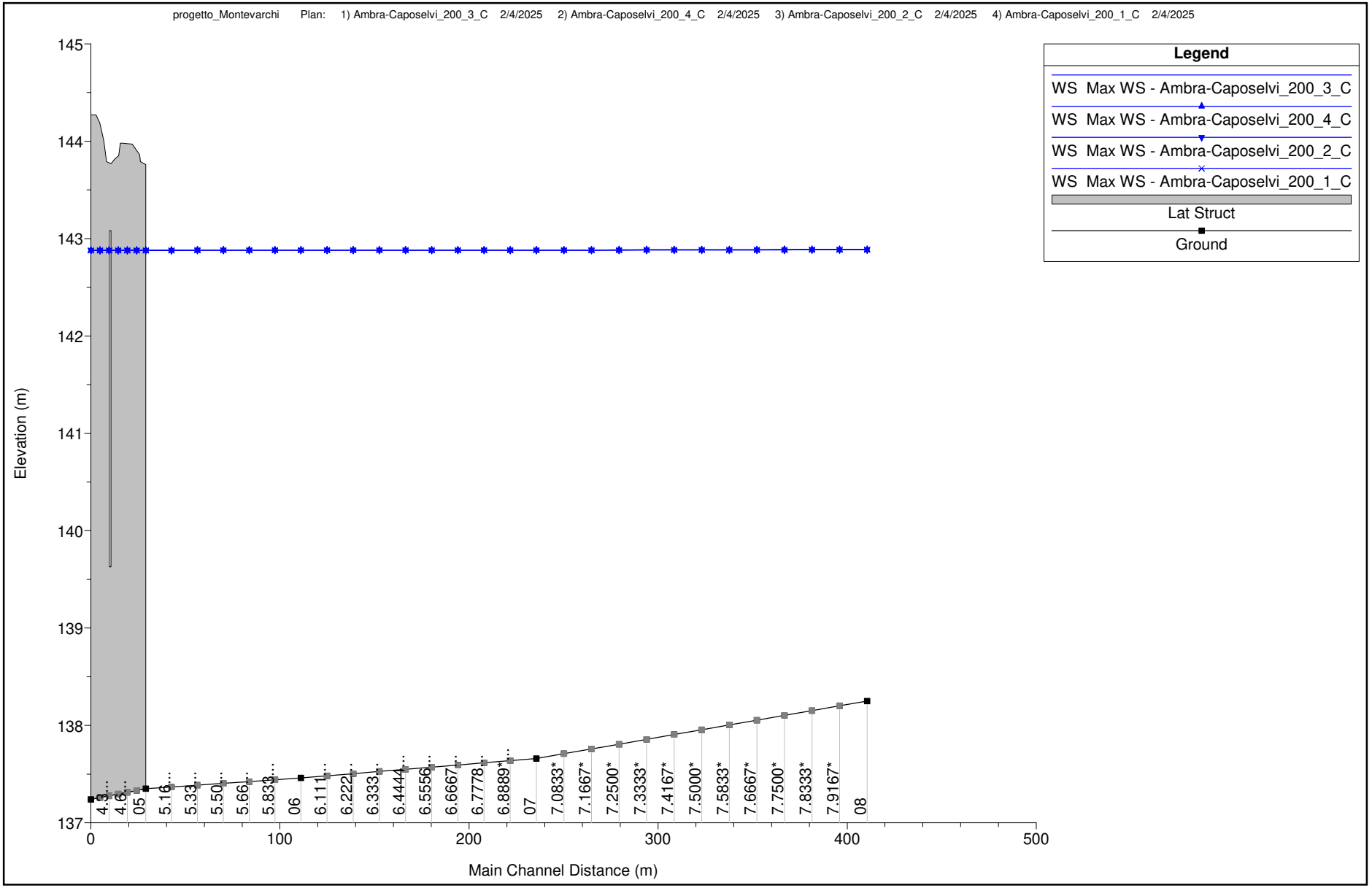
- Perimetro di studio
- Reticolo idrografico regionale
- Tracciato stradale di progetto

Magnitudo idraulica L.R. 41/2018

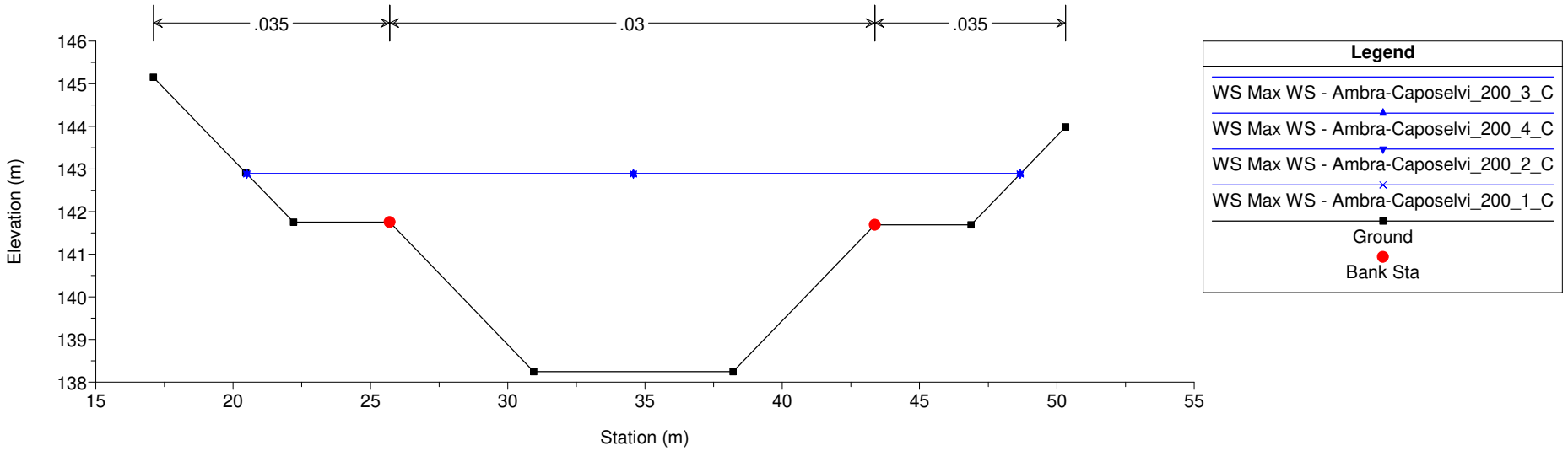
- Moderata
- Severa
- Molto severa

APPENDICE 1

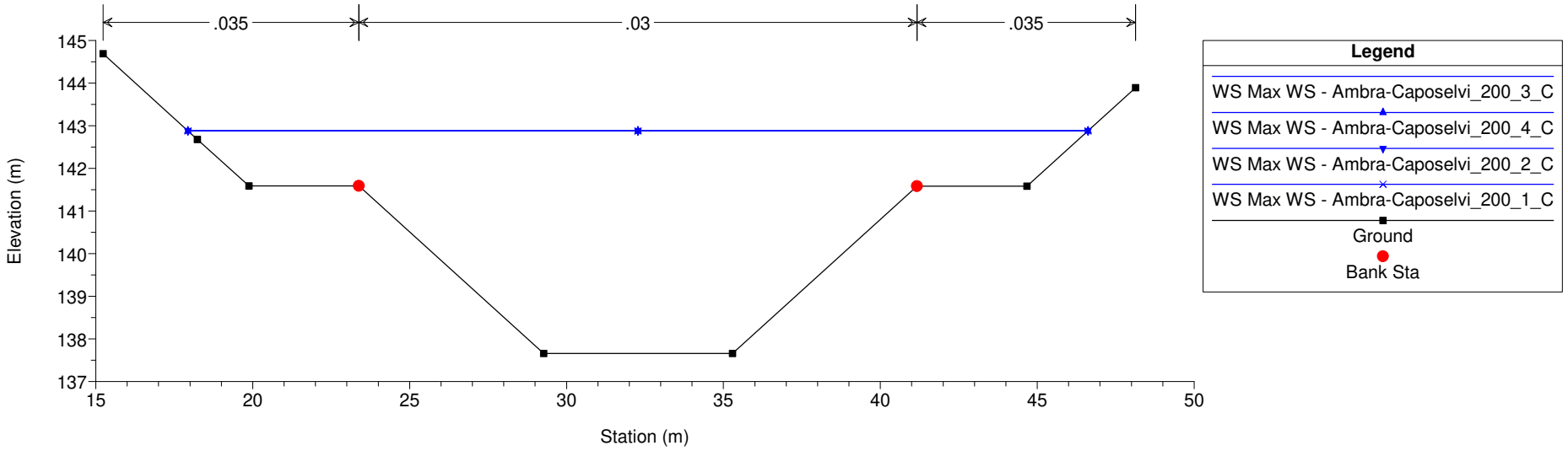
Outputs grafici e numerici
delle simulazioni 1D+2D
effettuate in regime di moto vario
con il software Hec-Ras v6.5

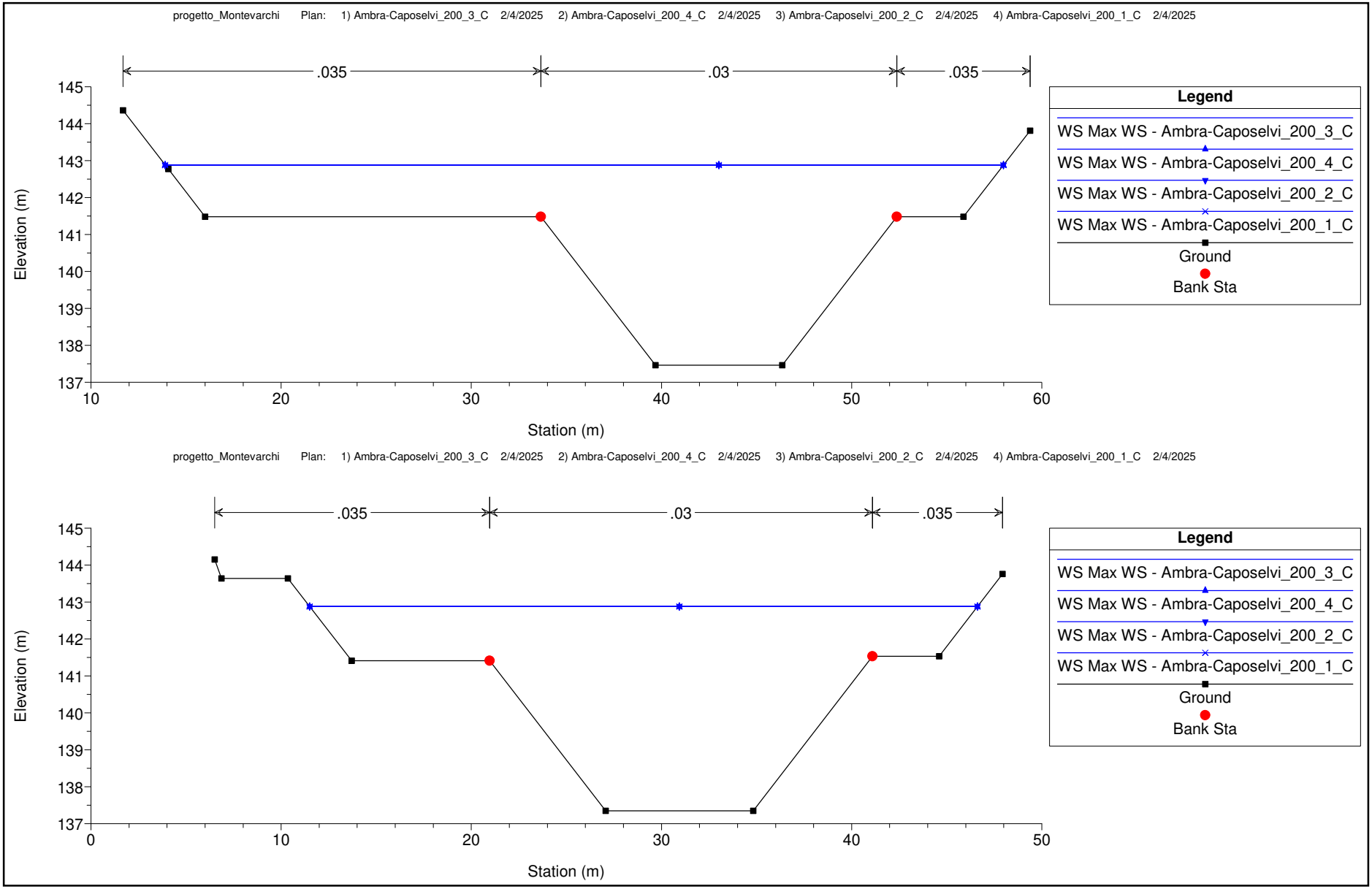

progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025
Legend
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_1_C
Lat Struct
Ground
Elevation (m)
145
144
143
142
141
140
139
138
137
0
100
200
300
400
500
Main Channel Distance (m)

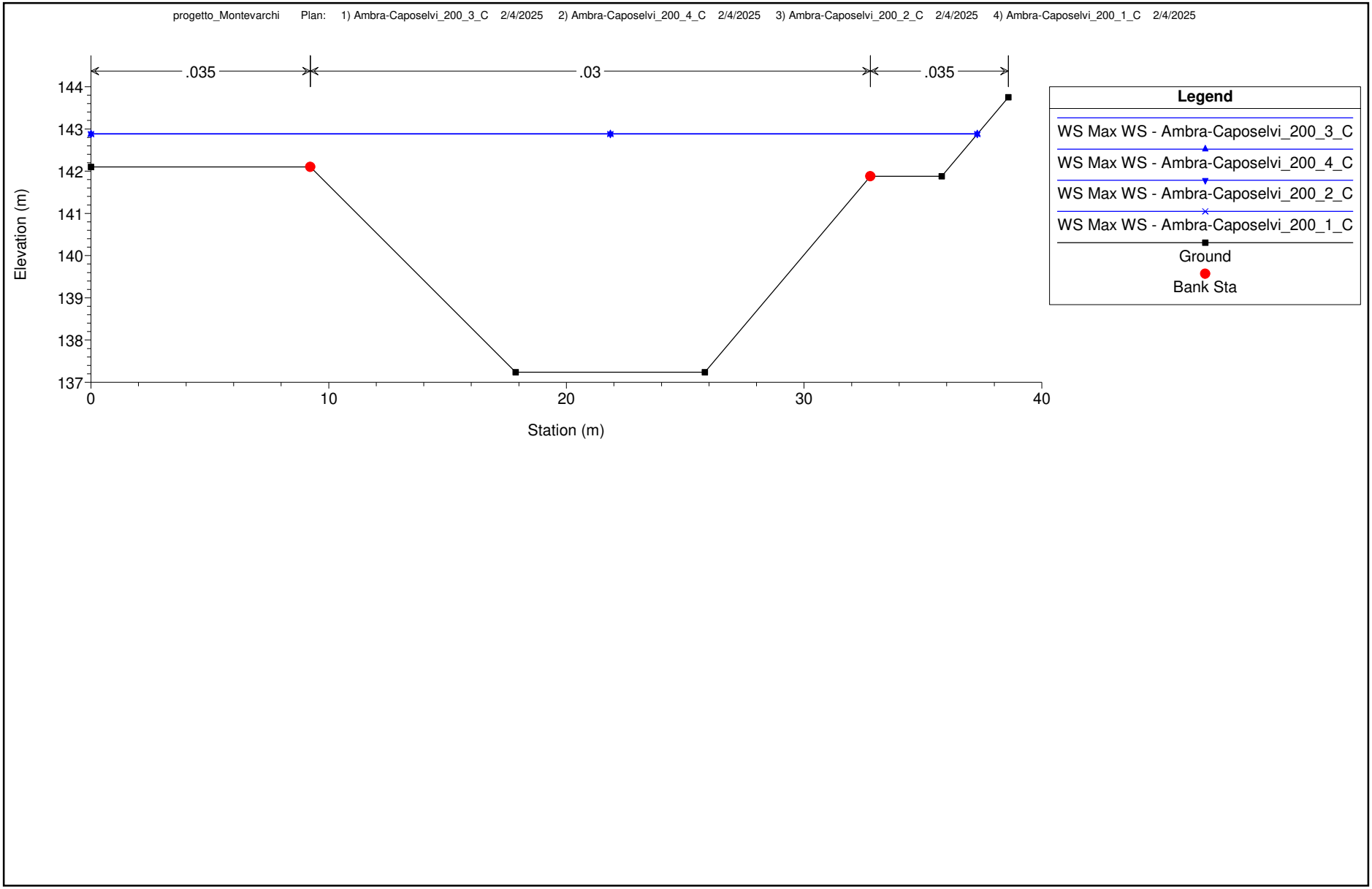
progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025



progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025

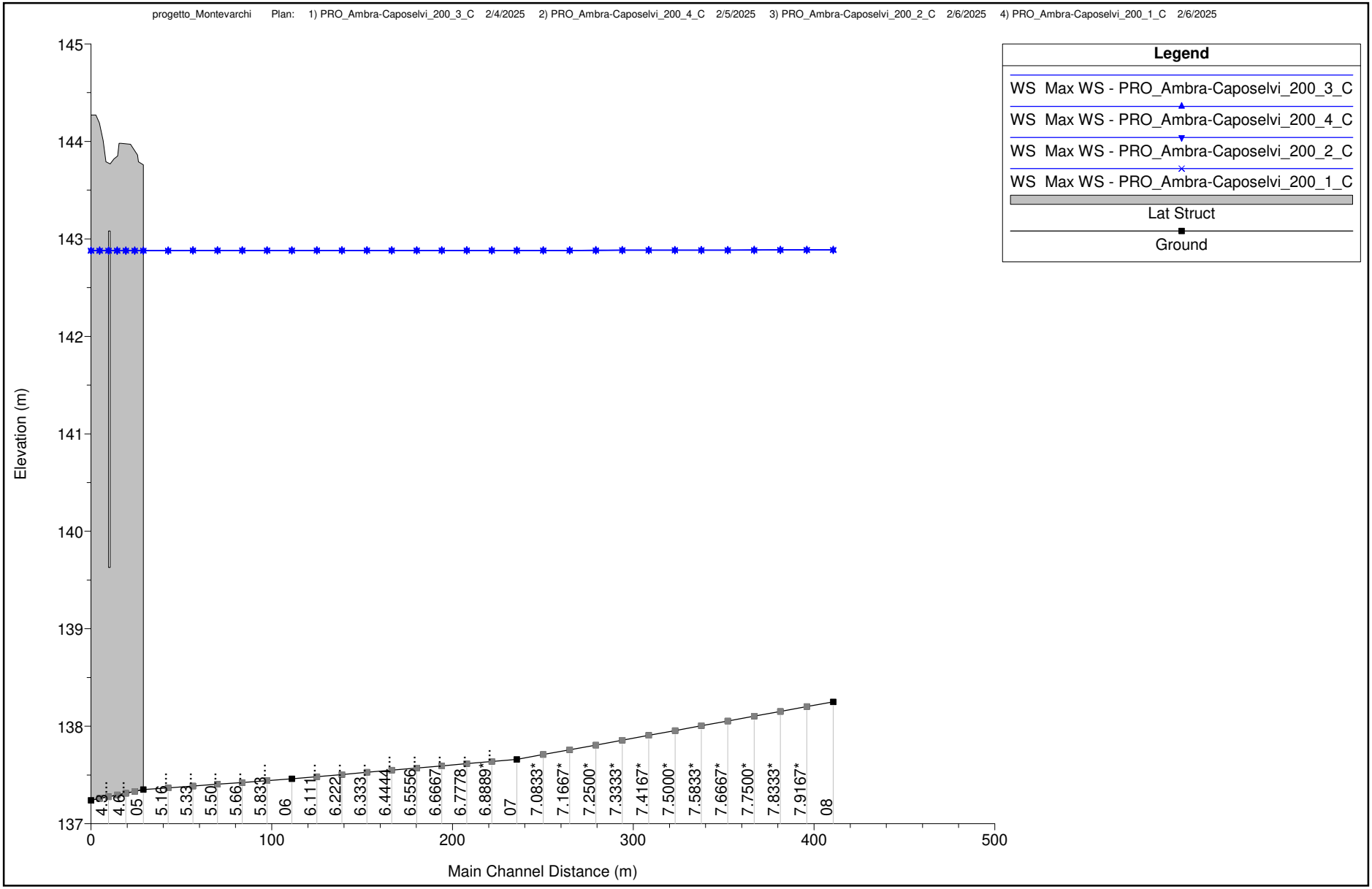


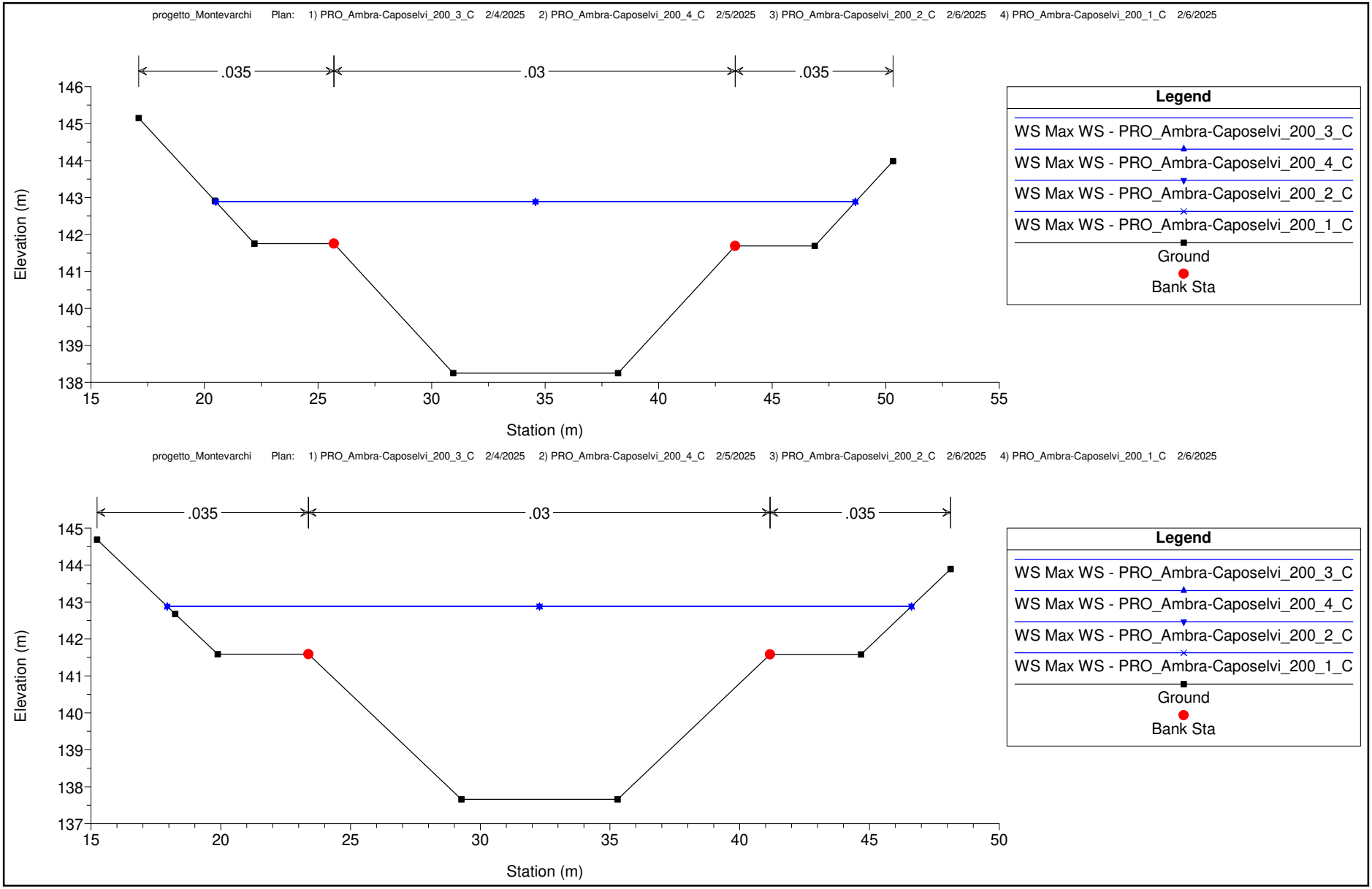

progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta
progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta

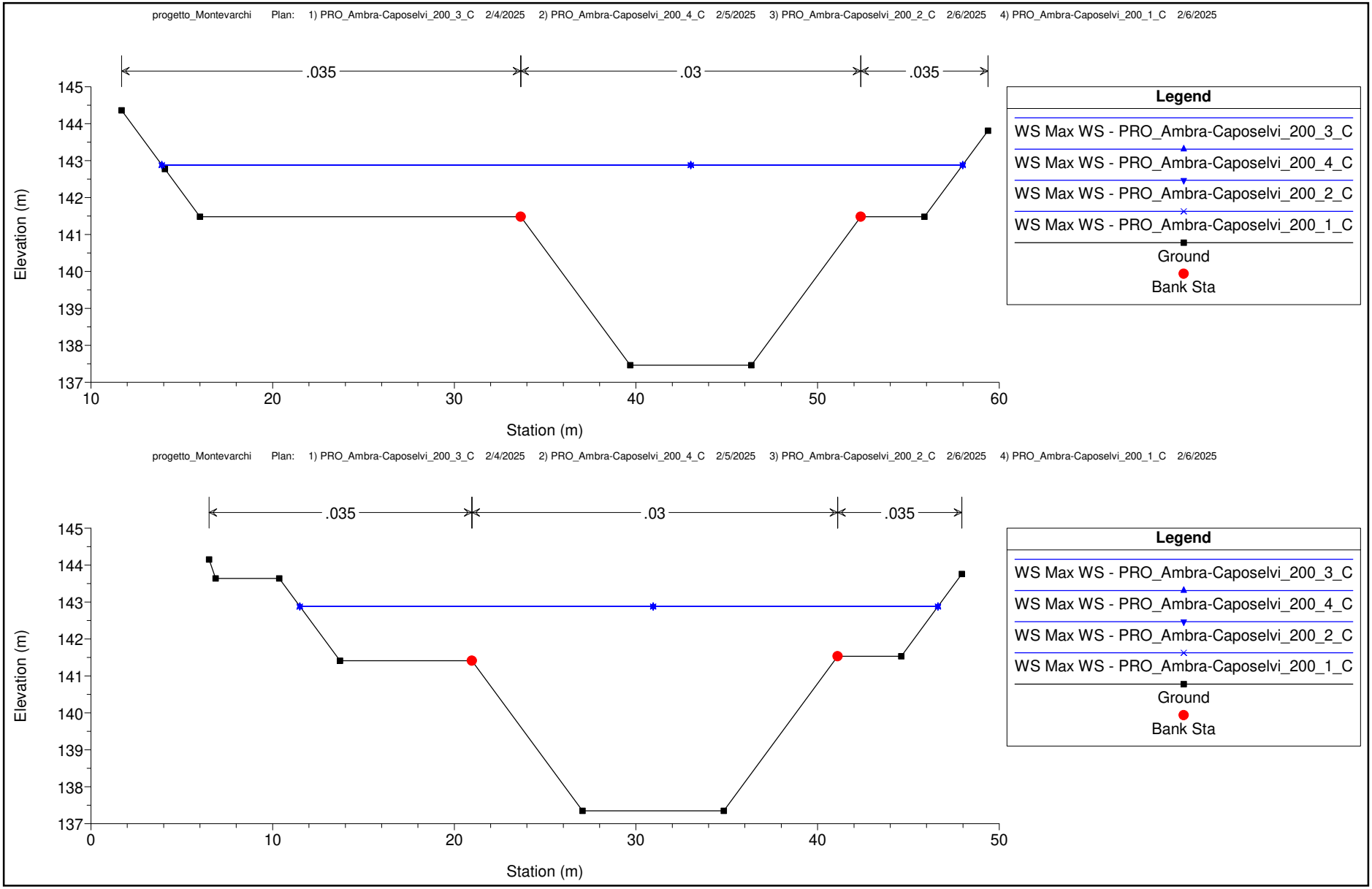

progetto_Montevarchi Plan: 1) Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/4/2025 3) Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/4/2025 4) Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/4/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
144
143
142
141
140
139
138
137
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta

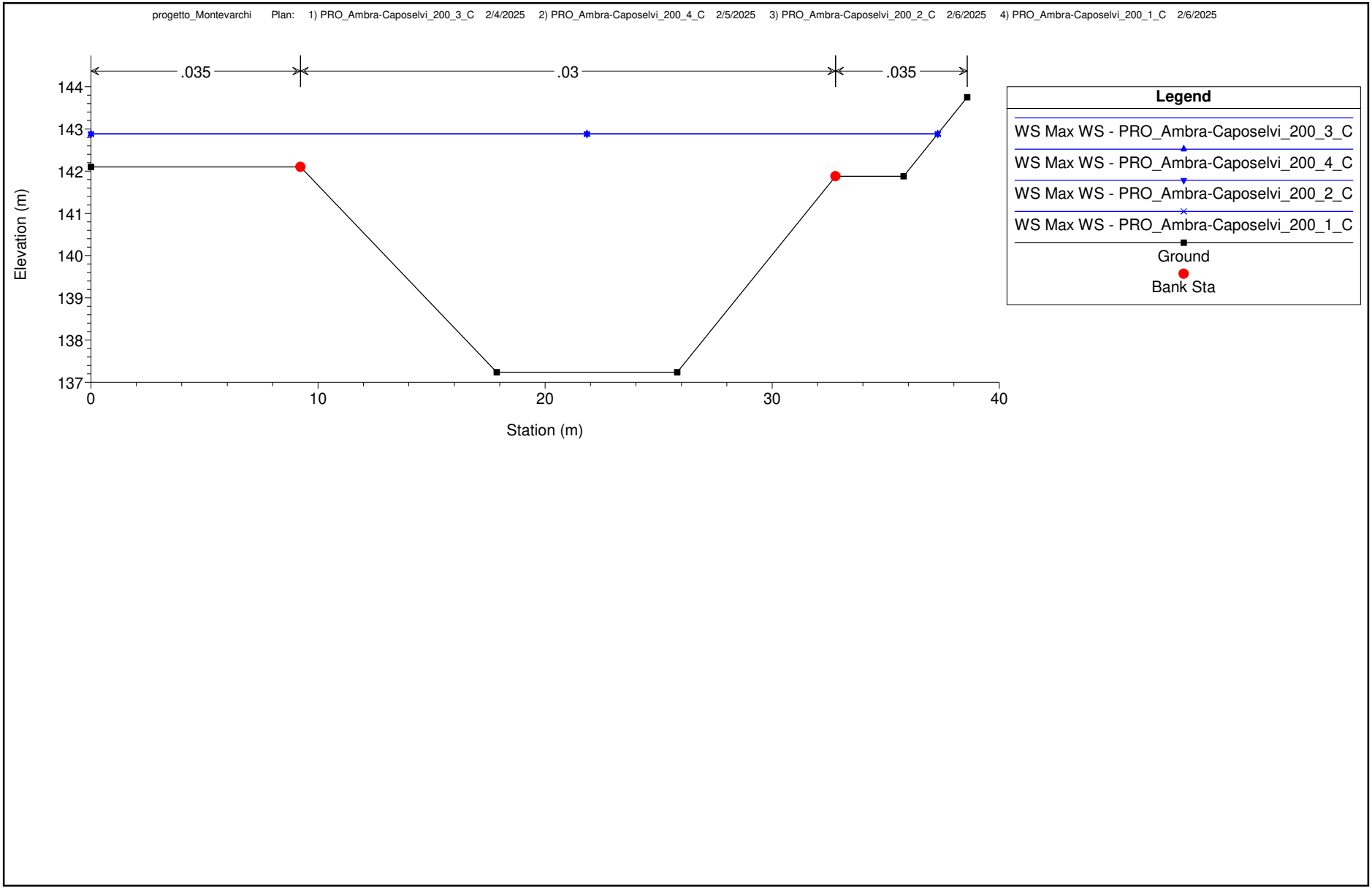
HEC-RAS River: Dogana_T3 Reach: Dogana_T3 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Dogana_T3	08	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_3_C	30.00	138.25	142.89		142.90	0.000037	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_4_C	30.00	138.25	142.89		142.90	0.000037	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.60	138.25	142.89		142.90	0.000036	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.62	138.25	142.89		142.90	0.000036	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.89	137.66	142.88		142.89	0.000028	0.40	81.41	28.68	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.89	137.66	142.88		142.89	0.000028	0.40	81.41	28.68	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.49	137.66	142.88		142.89	0.000027	0.40	81.41	28.68	0.06
Dogana_T3	07	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.51	137.66	142.88		142.89	0.000027	0.40	81.41	28.68	0.06
Dogana_T3	06	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.84	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.33	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.84	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.33	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.44	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.32	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.46	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.32	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.78	137.35	142.88		142.89	0.000016	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.78	137.35	142.88		142.89	0.000016	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.37	137.35	142.88		142.88	0.000015	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.40	137.35	142.88		142.88	0.000015	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	04.99			Lat Struct									
Dogana_T3	04	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.72	137.24	142.88	138.28	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.72	137.24	142.88	138.28	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.32	137.24	142.88	138.27	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.34	137.24	142.88	138.27	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05


progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Lat Struct
Ground
Elevation (m)
145
144
143
142
141
140
139
138
137
0
100
200
300
400
500
Main Channel Distance (m)


progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta
progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta


progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta
progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta


progetto_Montevarchi Plan: 1) PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C 2/4/2025 2) PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C 2/5/2025 3) PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C 2/6/2025 4) PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C 2/6/2025
.035
.03
.035
Elevation (m)
144
143
142
141
140
139
138
137
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C
WS Max WS - PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C
Ground
Bank Sta

HEC-RAS River: Dogana_T3 Reach: Dogana_T3 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Dogana_T3	08	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C	30.00	138.25	142.89		142.90	0.000037	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C	30.00	138.25	142.89		142.90	0.000037	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.60	138.25	142.89		142.90	0.000036	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	08	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.62	138.25	142.89		142.90	0.000036	0.44	74.08	28.17	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.89	137.66	142.88		142.89	0.000028	0.40	81.41	28.68	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.90	137.66	142.88		142.89	0.000028	0.40	81.41	28.68	0.07
Dogana_T3	07	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.49	137.66	142.88		142.89	0.000027	0.40	81.41	28.68	0.06
Dogana_T3	07	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.51	137.66	142.88		142.89	0.000027	0.40	81.41	28.68	0.06
Dogana_T3	06	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.84	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.33	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.84	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.33	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.44	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.32	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	06	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.46	137.46	142.88		142.89	0.000017	0.32	109.88	44.08	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.78	137.35	142.88		142.89	0.000016	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.78	137.35	142.88		142.89	0.000016	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.37	137.35	142.88		142.88	0.000015	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	05	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.40	137.35	142.88		142.88	0.000015	0.32	104.24	35.12	0.05
Dogana_T3	04.99			Lat Struct									
Dogana_T3	04	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_3_C	29.72	137.24	142.88	138.28	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_4_C	29.72	137.24	142.88	138.28	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_2_C	29.32	137.24	142.88	138.27	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05
Dogana_T3	04	Max WS	PRO_Ambra-Caposelvi_200_1_C	29.34	137.24	142.88	138.27	142.88	0.000014	0.30	106.66	37.29	0.05