

Comune FUCECCHIO

Provincia FIRENZE

Committente **Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano, Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, Eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario**

Oggetto **Proposta Piano Attuativo PA19, pratica integrativa**
Relazione di compatibilità idraulica, di invarianza idraulica ai sensi del D.P.C.M. 5 novembre 1999 e di dimensionamento della rete delle acque meteoriche

Data 12 dicembre 2022

Responsabile e referente

Ing. Laura Pezzoni

F.to digitalmente ex art. 24,
D.Lgs. n. 82/05



Operatori Ing. Paolo Grossi

calcolo idraulico ed elaborati grafici

Direttore Tecnico Ing. Laura Pezzoni

GEOLAMBDA

Engineering S.r.l.

Sede operativa: via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (LO)
tel. e fax (+39).0377.433021

www.geolambda.eu – pec:
geolambda@geolambda.viapec.it
e-mail: laura.pezzoni@geolambda.it

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	6
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO FINALIZZATO ALLA VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	14
3.1 Piano di gestione del rischio di alluvione redatto ai sensi dell'Art. 7 del D. Lgs. 49/2010 attuativo della Direttiva 2007/60/CE	14
3.2 Regolamento Urbanistico Comune di Fucecchio.....	18
4. STUDIO IDRAULICO FINALIZZATO ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	24
4.1 Reperimento morfologia terreno (DTM)	25
4.2 Reperimento dati sezioni trasversali Fiume Arno.....	28
4.3 Reperimento delle condizioni al contorno	31
4.4 Risultati modellazione ante-operam.....	33
4.5 Risultati modellazione post-operam.....	35
4.6 Confronto ante operam – post operam.....	38
4.7 Considerazioni finali in merito alla compatibilità idraulica.....	42
5. INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DEL D.P.C.M. 5 NOVEMBRE 1999, N.226.....	44
5.1 Inquadramento normativo finalizzato all'applicazione del principio di invarianza idraulica 44	
6. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI IN PROGETTO.....	47
7. SUDDIVISIONE AREE IN PROGETTO.....	49
8. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE A SERVIZIO DELL'AREA COMMERCIALE.....	51
8.1 Verifica idraulica tubazione in CLS DN300.....	51
8.2 Dimensionamento del sistema di laminazione a servizio dell'area commerciale.....	54
9. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE A SERVIZIO DELL'AREA RESIDENZIALE	57
9.1 Dimensionamento del sistema di laminazione secondo il metodo delle sole piogge ...	57
9.2 Studio idrologico (metodo SCS-CN).....	59
9.3 Risultati dimensionamento.....	68

10. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DISPERSIONE A SERVIZIO DELL'AREA A VERDE ATTREZZATO	70
10.1 Indagine idrogeologica.....	70
10.2 Dimensionamento del bacino di dispersione	74
11. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI CONVOGLIAMENTO ACQUE METEORICHE INERENTE ALL'AREA COMMERCIALE.....	76
11.1 Progetto di mantenimento della funzionalità idraulica del sistema di scolo delle acque meteoriche (opere di urbanizzazione primaria)	80
12. VERIFICA DEL RAPPORTO DI COESISTENZA NUOVA TUBAZIONE INTERRATA E SISTEMA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO A SERVIZIO DELL'AREA COMMERCIALE	83
13. ALLEGATI.....	87

1. PREMESSA

La scrivente Società è stata incaricata di predisporre la relazione costituente le note tecniche relative alle disposizioni in materia idraulica previste per la proposta di Piano Attuativo PA19.

In particolare, la presente relazione avrà lo scopo di:

- verificare la compatibilità idraulica dell'area oggetto di intervento rispetto alla piena di progetto del Fiume Arno (avente tempo di ritorno pari a 200 anni), seguendo le disposizioni della Scheda Progetto PA19 (3° Var.) contenuta all'interno delle "Schede Normative e di indirizzo Progettuale" del Regolamento Urbanistico del Comune di Fucecchio;
- descrivere il nuovo sistema di convogliamento delle acque meteoriche, anche in relazione alla rete di scolo presente in condizioni ante-operam (oggetto peraltro di rilievo topografico, per maggiori dettagli si rimanda al successivo Capitolo 2 di Inquadramento Territoriale), la cui continuità idraulica verrà garantita tramite la posa di nuova tubazione interrata, dimensionata nel Capitolo dedicato;
- descrivere le soluzioni progettuali di invarianza idraulica e delle corrispondenti opere di invaso rese necessarie per designate aree interne al Piano Attuativo (quali area commerciale, area residenziale di futura progettazione e area a verde attrezzato da cedere al Comune) i cui dimensionamenti verranno trattati nei Capitoli dedicati;
- verificare il rapporto di coesistenza tra le opere di invaso dimensionate (in particolare quella relativa all'area commerciale in progetto) e la nuova tubazione interrata in grado di garantire la continuità idraulica della rete di scolo delle acque meteoriche presente in condizioni ante-operam.

I calcoli che seguiranno sono stati eseguiti sulla base della documentazione ottenibile dal portale SIR (Settore Idrologico e Geologico Regionale) della regione Toscana, da cui si ricavano le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (dette LSPP) riferite agli eventi di pioggia di Fucecchio, utilizzando tempo di ritorno $T=20$ anni sia per il dimensionamento dei sistemi di laminazione, sia per il dimensionamento della rete di convogliamento acque meteoriche.

La struttura della seguente relazione può essere riassunta nel seguente modo: nel Capitolo 2 vi è un inquadramento generale dell'opera sia a livello territoriale che a livello progettuale, seguito da un Capitolo 3 di inquadramento normativo finalizzato a definire la necessità dello studio di compatibilità idraulica.

Il Capitolo 4 invece è dedicato alla modellazione idraulica dell'area oggetto di intervento effettuata tramite software Hec-Ras versione 5.0.7: al suo interno sono elencati i dati reperiti ed implementati nel codice di calcolo ed esposti i risultati dello studio idraulico.

Dal Capitolo 5 è trattata la problematica legata alle regole di deflusso delle acque meteoriche nelle condizioni post-intervento (stato di progetto). In particolare, è stato effettuato un inquadramento normativo finalizzato a comprendere le disposizioni attuate per rispettare il principio di invarianza idraulica (Paragrafo 5.1), descritti i dati pluviometrici (Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica) necessari per i calcoli idraulici (Capitolo 6) e riportate le considerazioni in merito alla suddivisione delle aree in progetto considerate nella progettazione (Capitolo 7).

Il Capitolo 8 invece è dedicato al dimensionamento del sistema di laminazione reso necessario per l'area commerciale in progetto: partendo dal rilievo effettuato sul posto si sono estrapolate le caratteristiche geometriche del punto attuale di scarico finale dell'area. Esso è stato mantenuto anche nelle condizioni post-intervento, valutando una portata idraulicamente compatibile con lo stesso, che è stata imposta come limite in uscita dal sistema di laminazione dimensionato al Paragrafo 8.2.

Dimensionato il sistema di laminazione inerente all'area commerciale, nel Capitolo 9 si riportano i risultati relativi all'area residenziale di futura progettazione: in particolare il Paragrafo 9.1 è dedicato allo studio idrologico finalizzato al calcolo della portata limite defluente nelle condizioni pregresse dell'intervento, mentre nel Paragrafo 9.2 si riporta il calcolo del volume di laminazione necessario, imponendo come portata limite in uscita dal sistema proprio quella corrispondente le sue condizioni ante-operam.

Ultima opera di invarianza idraulica dimensionata è quella relativa all'area a verde da cedere al Comune, la cui progettazione è riportata al Capitolo 10: trattandosi di un sistema di dispersione delle acque meteoriche nei primi strati del sottosuolo, sono state esposte nella seguente sede le indagini idrogeologiche effettuate sul posto necessarie per meglio definire i parametri sito specifici del terreno. Nel Capitolo 11 viene riportato il dimensionamento della rete di convogliamento delle acque meteoriche inerente all'area commerciale in progetto e la proposta di sostituzione del sistema di fossi di scolo attuali con nuovo tratto di tubazione interrata.

La presente relazione è stata quindi conclusa con il Capitolo 12 in cui si vuole definire il rapporto di coesistenza tra nuova tubazione interrata (dimensionata al Paragrafo 11.1) e il sistema di laminazione inerente all'area commerciale, in quanto si è deciso di immettere i deflussi provenienti dalla tubazione all'interno del suddetto invaso (i motivi di tale scelta sono esposti nei Capitoli successivi).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'area oggetto di intervento è ubicata nel Comune di Fucecchio, nei pressi di via Provinciale Fiorentina, via Giampiero Alvisi e via Luigi Banti.

Catastalmente l'area è inquadrata all'interno del Foglio 62, mappali 155, 621, 622, 642.

Di seguito si riporta l'estratto fotogrammetrico dell'area in esame (Figura 1).

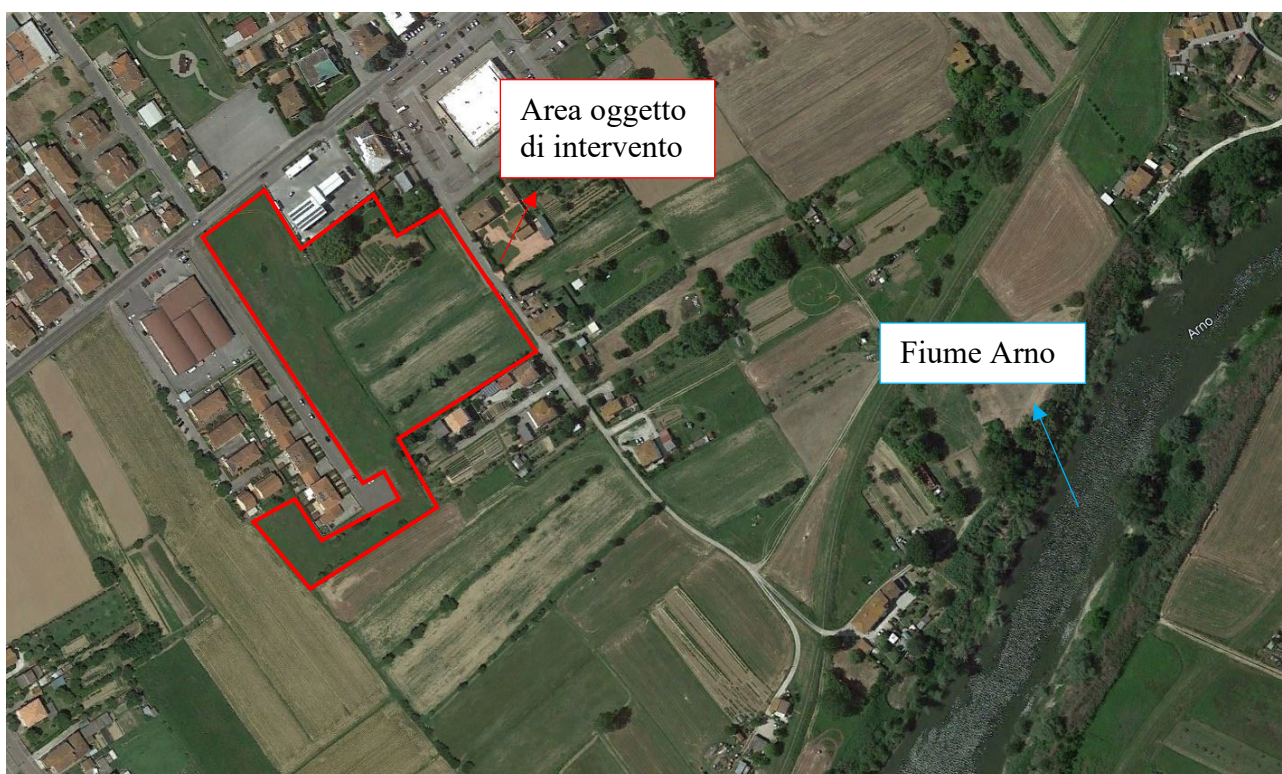


Figura 1 – Inquadramento area di interesse.

In merito alla condizione attuale, si segnala la presenza di un sistema di fossi di scolo per le acque meteoriche all'interno dell'area oggetto di intervento. Per una maggiore comprensione in Figura 2 si propone il loro tracciato planimetrico, scaturito da sopralluogo effettuato sul posto in data 21 ottobre 2022.

Si rimanda comunque alla Tavola 01 presente in allegato per una più efficace comprensione (tavola richiesta dal Comune di Fucecchio come da prescrizioni indicate all'interno della Scheda Progetto PA19, 3° Var.): al suo interno sono infatti presenti, oltre al tracciato planimetrico, anche le sezioni trasversali estrapolate dal rilievo topografico effettuato tramite strumentazione GPS.



Figura 2 – Tracciato fossi esistenti all'interno dell'area oggetto di intervento.

Si riportano ora ulteriori immagini fotografiche effettuate in sito, riportanti le principali caratteristiche del suddetto sistema di scolo.

In particolare, in Figura 3 si riporta la sezione del tubo in CLS DN 300 rilevato: esso è il punto di scarico finale dell'area nelle condizioni ante-intervento e verrà pertanto mantenuto anche per lo stato di progetto; è stata quindi determinata una portata idraulicamente compatibile che ha vincolato il dimensionamento del sistema di invarianza idraulica proposto per l'area commerciale contenuta all'interno del presente Piano Attuativo (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 8).



Figura 3 - Tubo CLS DN300 rilevato in fase di sopralluogo.



Figura 4- Tubo CLS DN300 rilevato in fase di sopralluogo.



Figura 5 – Punto di confluenza dei fossi esistenti nell'area di studio.

Nella Figura 6 seguente si riporta immagine fotografica del tubo in PVC DN300, il quale raccoglie i deflussi meteorici provenienti a monte di via Luigi Banti e li fa confluire all'interno dell'area oggetto di intervento, verso il Tubo CLS DN300 precedentemente citato (tramite la confluenza visibile all'interno della precedente Figura 5).

In Figura 7 è visualizzabile invece il tratto rispettivamente di monte e di valle al tubo PVC DN300.



Figura 6 – Tubo PVC DN300 rilevato in fase di sopralluogo.



Figura 7 – Particolare tratto monte-valle del tubo PVC DN300 rilevato in fase di sopralluogo.

Il seguente sistema di fossi scolanti è stato oggetto di rilievo topografico effettuato tramite strumentazione GPS in data 21 ottobre 2022, avente l'obiettivo di gestire al meglio la sua continuità idraulica anche nelle condizioni post-operam.

Analizzate quindi le sue caratteristiche geometriche, la Scrivente società propone quanto rappresentato in Figura 8, in particolare:

- di mantenere la continuità idraulica del tratto evidenziato in verde (in Figura 8) tramite la posa di tubo interrato in PVC che raccoglierà le acque provenienti dalla sezione di monte, cioè il tubo in PVC DN300 rilevato (riportato in Figura 6). Per il seguente tratto seguiranno opportuni ragionamenti idraulici resi necessari in quanto si è optato di far confluire i suoi deflussi all'interno dell'invaso di laminazione in progetto per l'area commerciale (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 12).

- la dismissione del tratto evidenziato in rosso (in Figura 8): sopra di esso verrà infatti modellata l'area a verde attrezzato da cedere al Comune con apposito sistema di gestione delle acque meteoriche;
- di mantenere in essere il tratto evidenziato in blu (in Figura 8): esso infatti risulta all'interno dell'"Area Proprietà ad uso agricolo" ma i suoi deflussi scolanti sono diretti **al di fuori** dell'area inerente al Piano Attuativo (come visualizzabile dalle quote assolute dei fondi del fosso estrapolate dal rilievo topografico e qui riportate in Tabella 1, per maggiori dettagli si consulti la Tavola 01 presente in allegato, dove ad ogni sezione è associata la corrispondente posizione planimetrica), evitando pertanto possibili allagamenti all'interno dell'area di studio. In particolare, le sezioni di riferimento al tratto in oggetto sono le seguenti (visualizzabili anch'esse all'interno della Figura 8):
 - sezione 1-1' (quota del fondo pari a 16.83 m s.l.m.);
 - sezione 2-2' (quota del fondo pari a 16.93 m s.l.m.);
 - sezione 3-3' (quota del fondo pari a 17.41 m s.l.m.);da cui si evince quanto riportato qui sopra.

ID Sezione rilevata tramite strumentazione GPS [-]	Quota assoluta fondo fosso [m s.l.m.]
Sezione 1-1'	16.83
Sezione 2-2'	16.93
Sezione 3-3'	17.41
Sezione 4-4'	16.69
Sezione 5-5'	16.53
Sezione 6-6' (tubazione PVC DN300)	17.02
Sezione 7-7'	16.82
Sezione 8-8'	16.81
Sezione 9-9'	16.76
Sezione 10-10'	17.02
Sezione 11-11'	16.85
Sezione 12-12' (tubazione CLS DN300)	16.95

Tabella 1 – Quote assolute fondi fosso esistente oggetto di rilievo topografico.

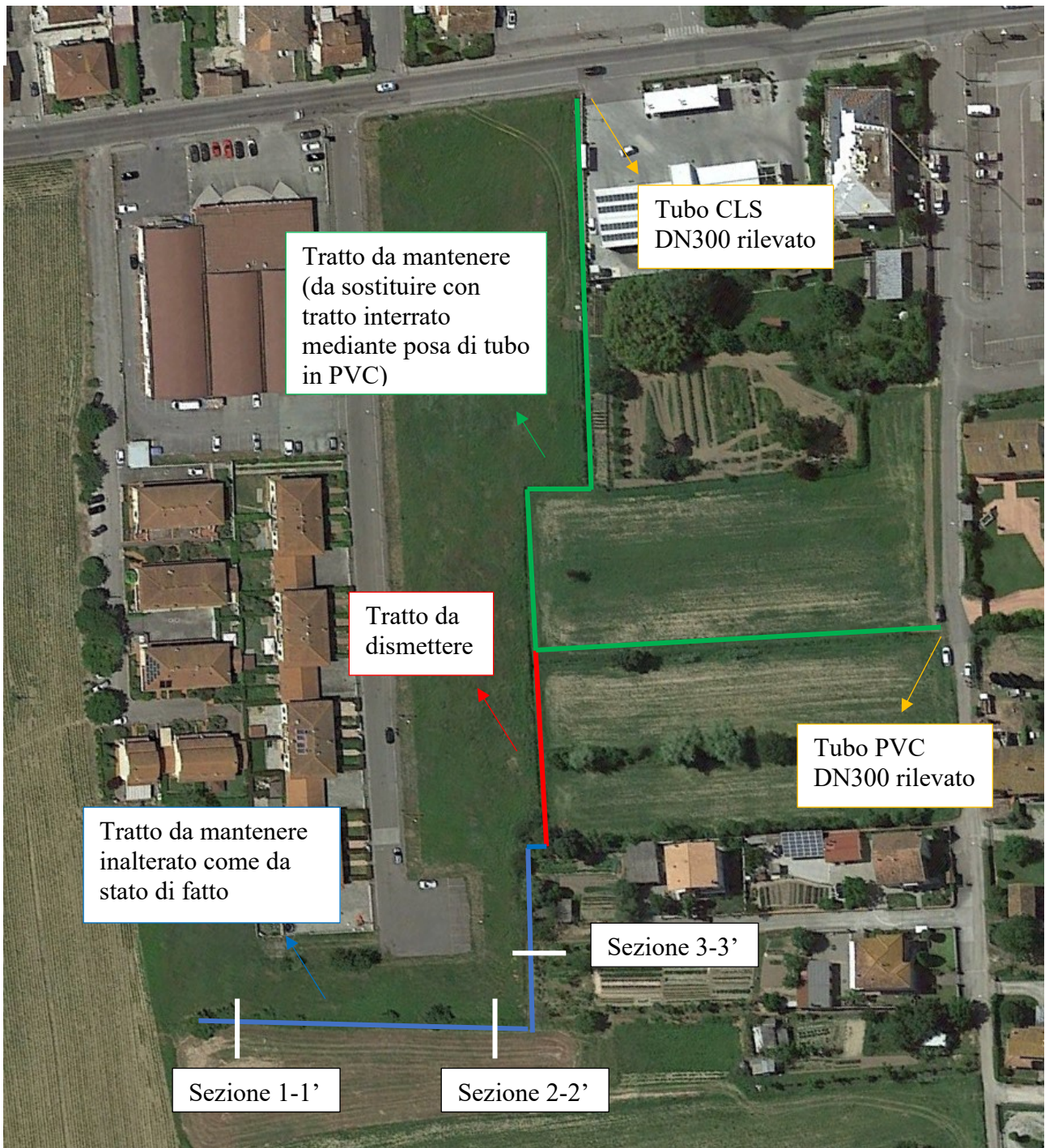


Figura 8 – Proposta regolazioni deflussi esistenti da mantenere/dismettere nello stato di progetto.

In Figura 9 si riporta infine estratto della tavola fornita dalla Committenza, dove è possibile visualizzare lo stato di progetto.

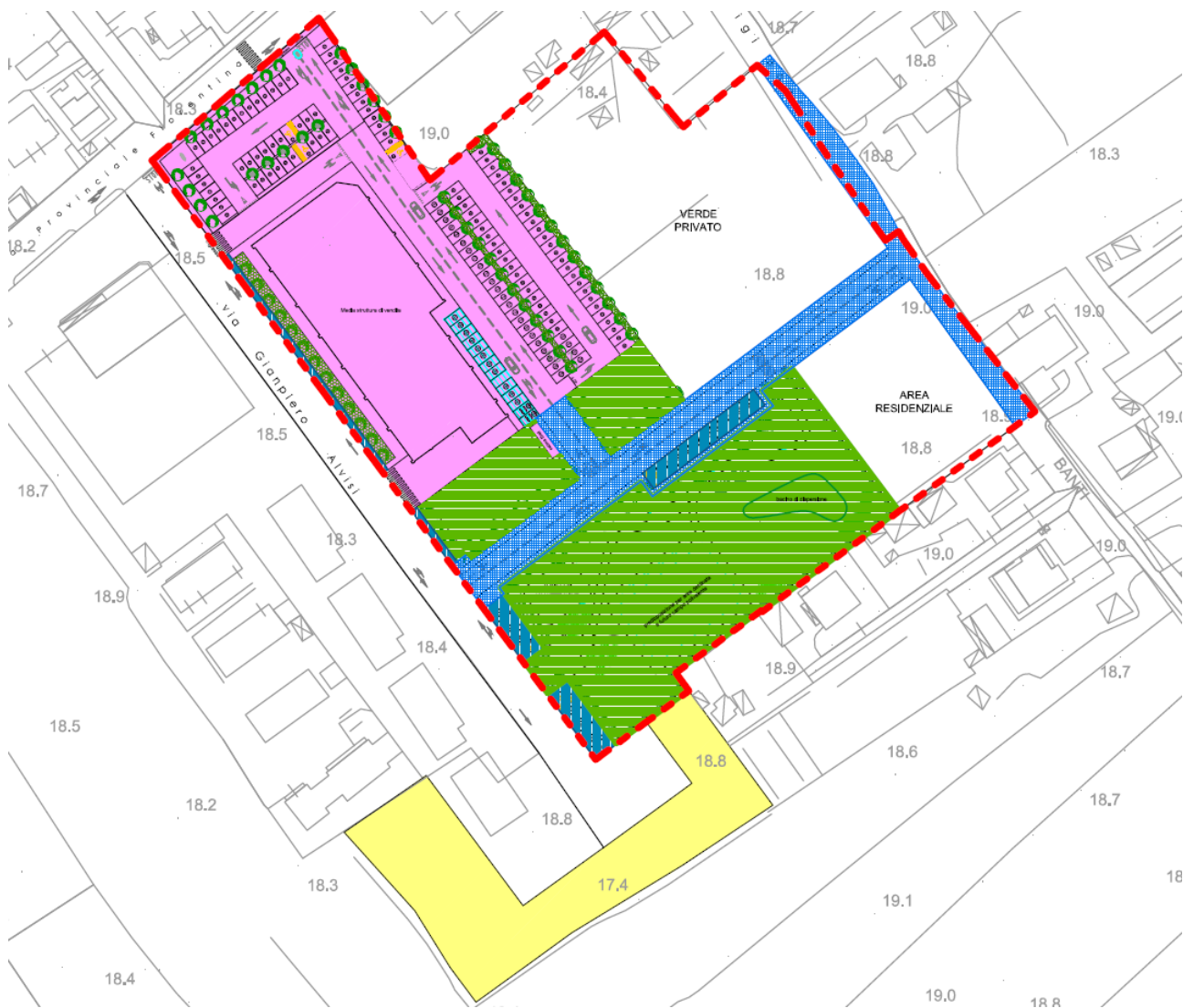


Figura 9 – Stato di progetto.

All'interno dell'area prevista per il Piano Attuativo si segnala la presenza di:

- area commerciale;
- area residenziale di futura progettazione;
- area a verde privato;
- area a verde attrezzato da cedere al Comune;
- strada e parcheggio di urbanizzazione da cedere al Comune;
- strada esistente oggetto di ampliamento (lungo via Luigi Banti);
- area ad uso agricolo (interno agli elaborati progettuali ma al di fuori del Piano Attuativo oggetto della presente relazione).

Delle aree qui sopra citate, nei Capitoli dedicati sono proposti i dimensionamenti dei sistemi di laminazione inerenti all'area commerciale (Capitolo 8), all'area residenziale di futura progettazione (Capitolo 9) e all'area a verde attrezzato da cedere al Comune (Capitolo 10).

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO FINALIZZATO ALLA VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

3.1 Piano di gestione del rischio di alluvione redatto ai sensi dell'Art. 7 del D. Lgs. 49/2010 attuativo della Direttiva 2007/60/CE

Il Piano di gestione di rischio alluvioni (di seguito denominato PGRA) è redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 ed è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio distrettuale.

Il PGRA ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio distrettuale.

In coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 49/2010, il PGRA persegue i seguenti obiettivi generali:

- obiettivi per la salute umana:
 - A) riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;
 - B) riduzione del rischio per i sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche;
- obiettivi per l'ambiente:
 - A) riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in casi di eventi alluvionali;
 - B) riduzione del rischio per lo stato ecologico dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2007/60/CE;
 - C) riduzione del rischio da fonti di inquinamento;
- obiettivi per il patrimonio culturale:
 - A) riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;
 - B) riduzione del rischio per il paesaggio;
- obiettivi per le attività economiche:
 - A) riduzione del rischio per le infrastrutture di servizio e trasporto;
 - B) riduzione del rischio per le attività commerciali e industriali, comprese le attività agricole e zootecniche;

Tra i contenuti ed elaborati del PGRA vi è la mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera, la quale suddivide il territorio in tre classi, secondo la seguente gradazione.

- pericolosità da alluvione elevata (P3), comprendenti le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), comprendenti 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 superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Si riporta ora in Figura 10 estratto ricavato dal Webgis offerto dall’Autorità di bacino distrettuale dell’Appennino Settentrionale, riportante la qui sopra citata “Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera”, reperibile al link:

<https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>

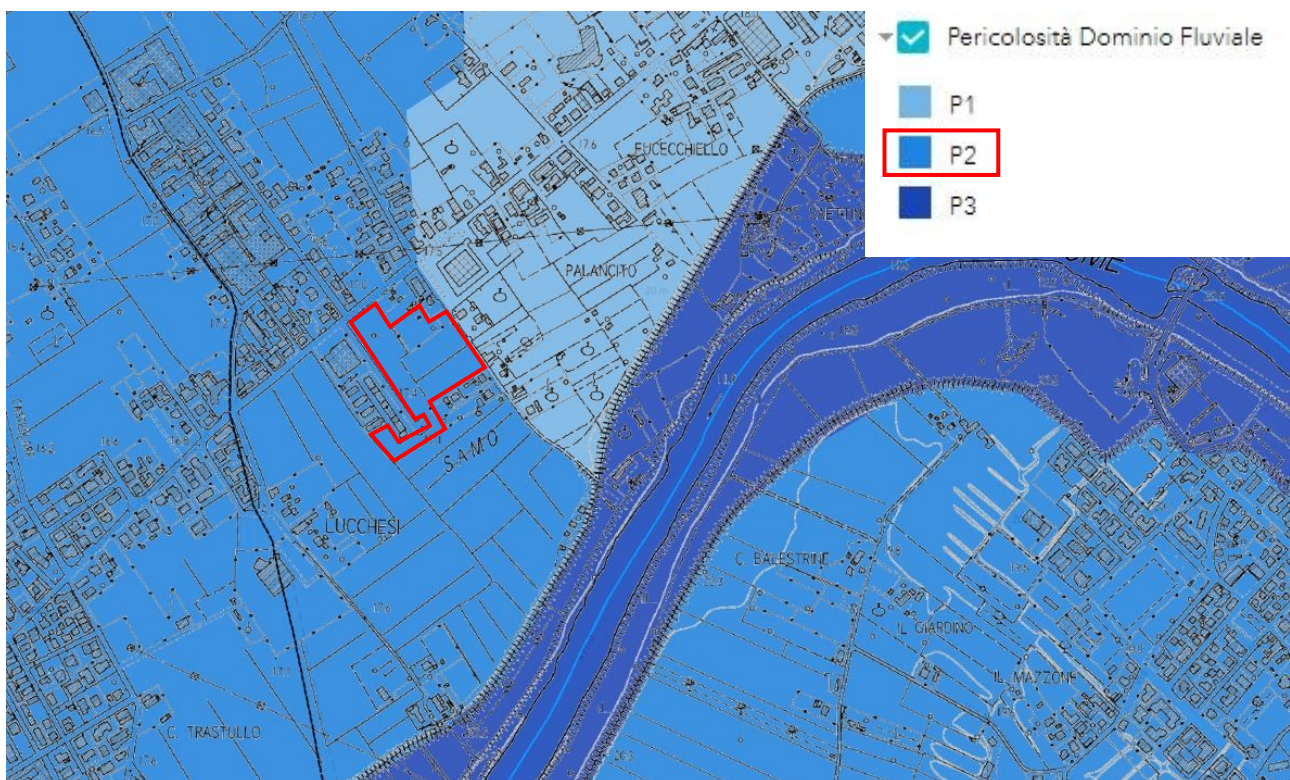


Figura 10 – Estratto della “Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera” (Fonte: <https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>).

L’area oggetto di intervento ricade all’interno delle “Aree a pericolosità da alluvione media (P2)”.

Si riporta ora estratto della Disciplina di Piano del Piano di gestione del rischio di alluvione, redatta a dicembre 2021. In particolare, gli Art. 9 e 10 della suddetta citano:

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

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. Nelle aree P2 da alluvioni fluviali l’Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all’aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.

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

1. Fermo quanto previsto all’art. 9 e all’art. 14 comma 9, nelle aree P2 per le finalità di cui all’art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell’ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di:

- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;

- nuovi impianti di cui all’allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;

- sottopassi e volumi interrati

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;

- nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;

- **nuove edificazioni.**

c) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive.”

Si riporta ora invece estratto della Mappa del rischio di alluvione. L’area, come visualizzabile in Figura 11, ricade all’interno del **“livello di rischio medio R2”**.

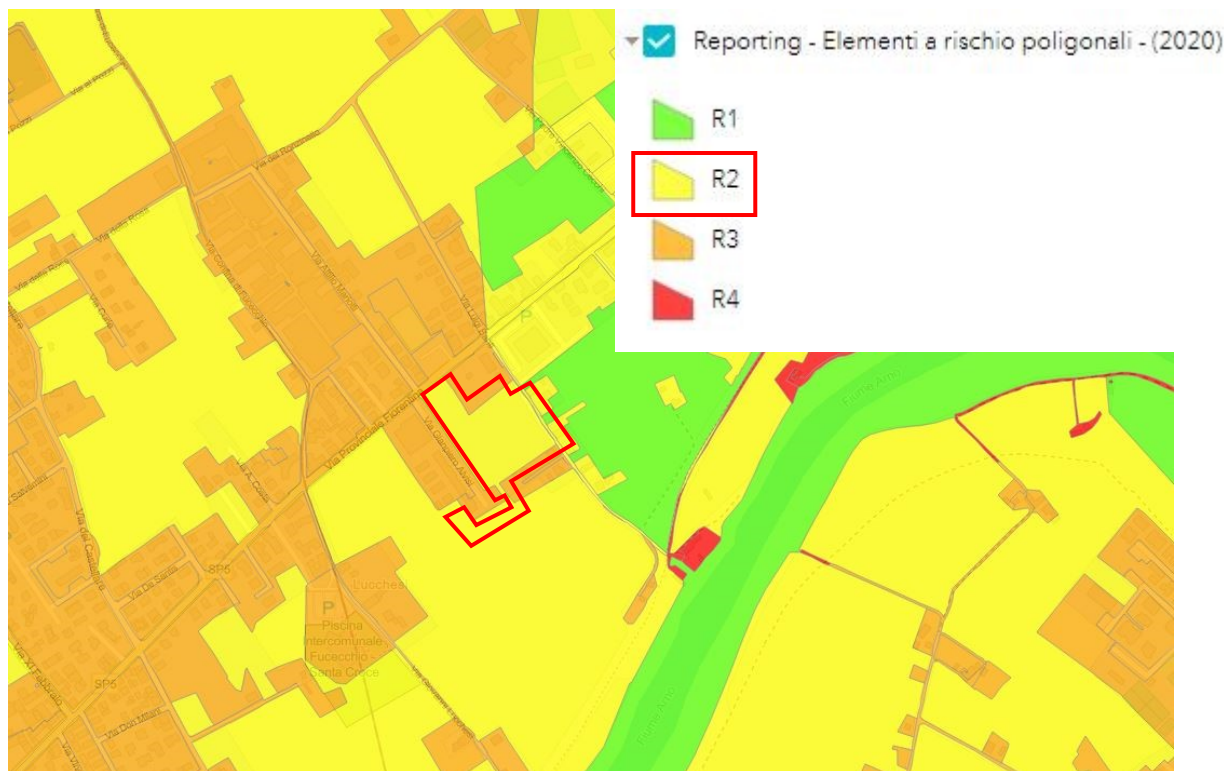


Figura 11 – Estratto della “Mappa del rischio di alluvione” (Fonte:

<https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>).

Come visualizzabile all’interno della “Matrice del Rischio” riportata in Figura 12, l’area risulta essere caratterizzata da un **“danno potenziale medio D2”** (aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socio-economico, aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico).

	P 3	P 2	P 1
D 4	R4	R3	R2
D 3	R3	R3	R1
D 2	R2	R2	R1
D 1	R1	R1	R1

Figura 12 – Matrice del Rischio.

3.2 Regolamento Urbanistico Comune di Fucecchio

L'area oggetto di intervento, come visualizzabile in Figura 13 risulta ricadere all'interno della:

- scheda Progetto PA19 (3° Var.);
- cella di esondazione VI_009, i cui valori dei massimi battenti idrometrici estrapolati dallo Studio idraulico comunale sono riportati in Figura 14;
- classe di pericolosità I3, come si evince dalla “Carta della pericolosità idraulica ai sensi del 53R”, il cui estratto è riportato in Figura 15.

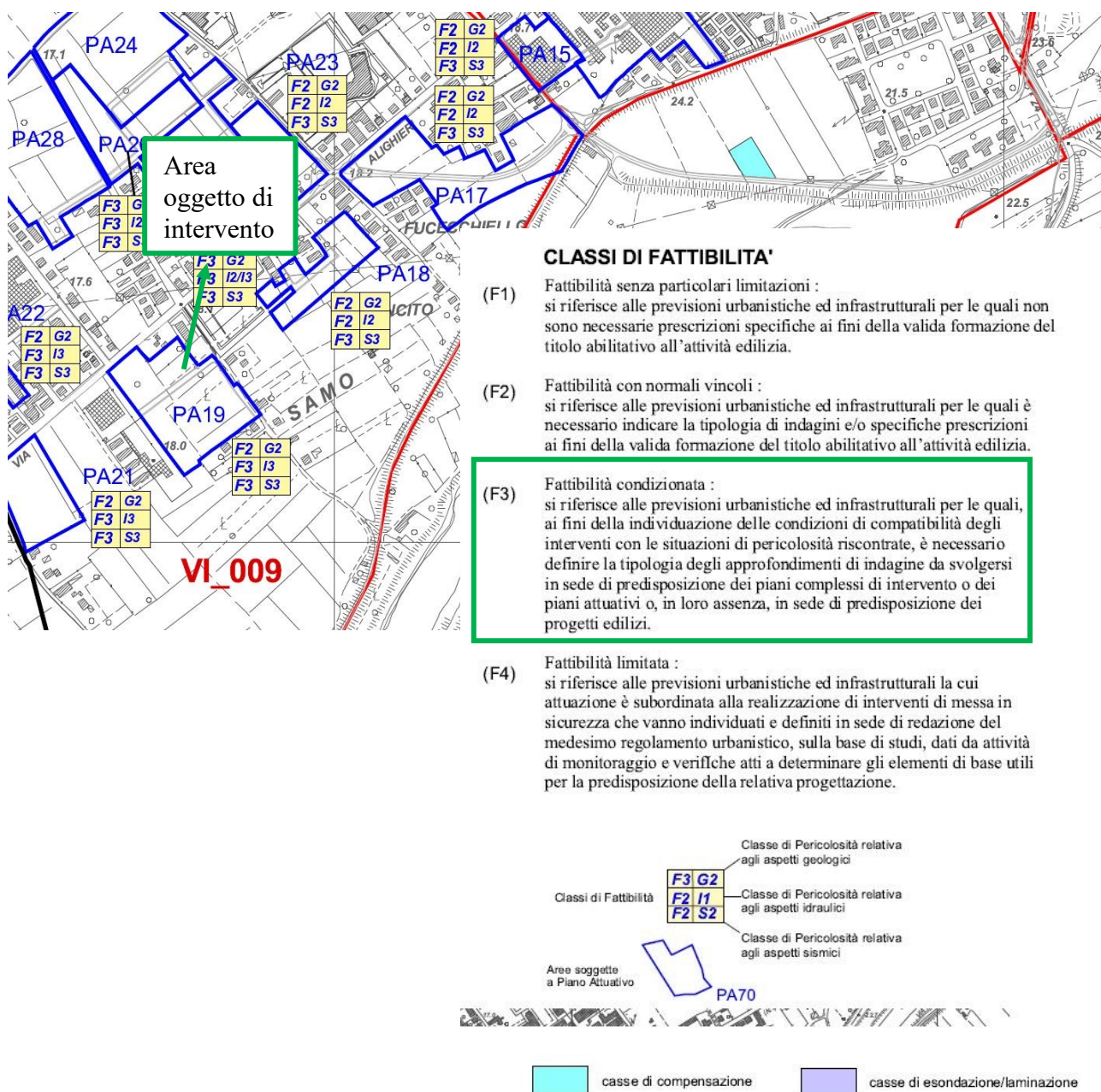


Figura 13 – Estratto della Tavola “Carta della fattibilità geologica ai sensi del 53R” contenuta all'interno del Piano Regolatore Generale del Comune di Fucecchio.

VI_009
VI_007

Celle di esondazione

Tabella con l'inviluppo dei massimi battenti nelle celle di esondazione, per i vari tempi di ritorno

Inviluppo dei massimi valori dei livelli (m s.l.m.)			
Codice CELLA	H200	H100	H30
<i>Battenti ottenuti sulla base degli idrogrammi di sfioro dall'Arno - SINI 2004</i>			
Vm_Bart	21,19	20,44	vuota
Bart_Eg	20,36	19,95	vuota
<i>Modello canale Usciana, rio di Fucecchio, torrente Vinco e sfioro da Arno</i>			
VI-005_b	23,82	23,81	22,97
VI_003_a	23,81	23,81	vuota
VI_003_b	23,82	23,81	vuota
VI_005_a	23,81	23,81	vuota
VI_007	17,32	17,13	vuota
VI_009	16,28	16,11	14,11
VI_015_1	18,85	18,74	vuota
VI_017_1	16,13	15,81	14,41
VI_017_2	16,11	15,78	15,51
VI_021_1	16,2	15,99	vuota
VI_021_2	16,2	15,99	vuota
VI_021_3	17,43	vuota	vuota
VI_021_4	16,2	15,99	14,68
VI_021_5	16,2	15,99	14,68
VI_025	vuota	vuota	vuota
VI_027_1	16,11	15,78	15,5
VI_027_2	16,13	15,81	15,25
VI_027_3	16,18	15,83	vuota
<i>Modello rio di Vallebuia</i>			
Va_DX_16-9	18,38	18,34	18,29
Va_DX_9-6	17,47	17,12	vuota
Va_SX_16-9	19,11	18,98	18,78
Va_SX_9-6	19,11	18,91	18,16

Figura 14 – Valori di inviluppo massimo dei livelli idrometrici riscontrati all'interno della studio idraulico comunale, effettuato per vari tempi di ritorno di progetto.

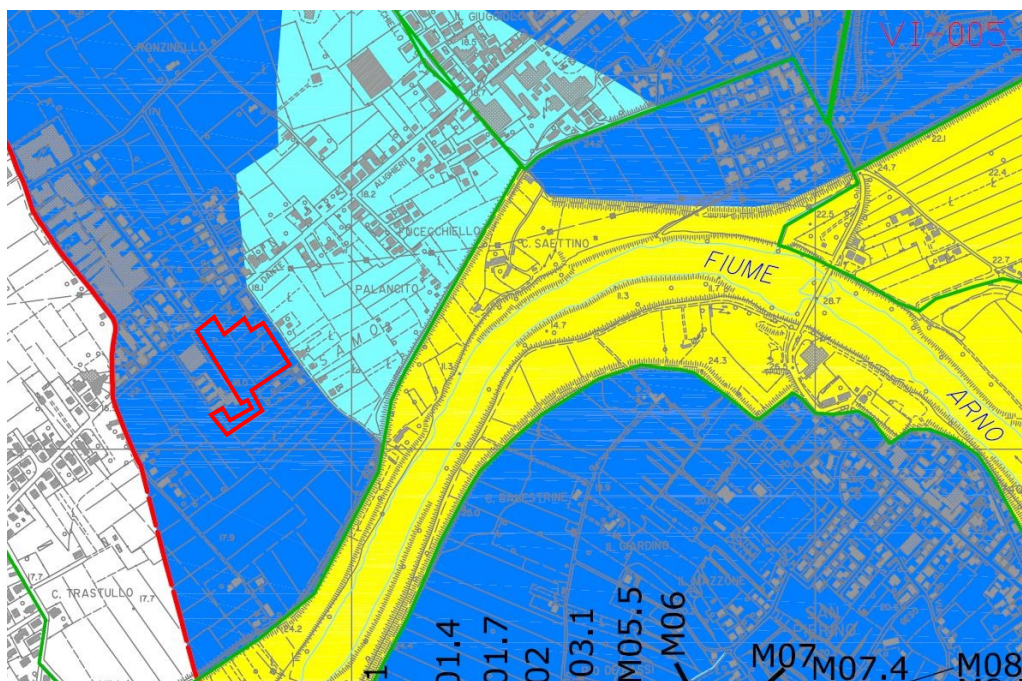


Figura 15 – Estratto della “Carta della pericolosità idraulica ai sensi del 53R”.

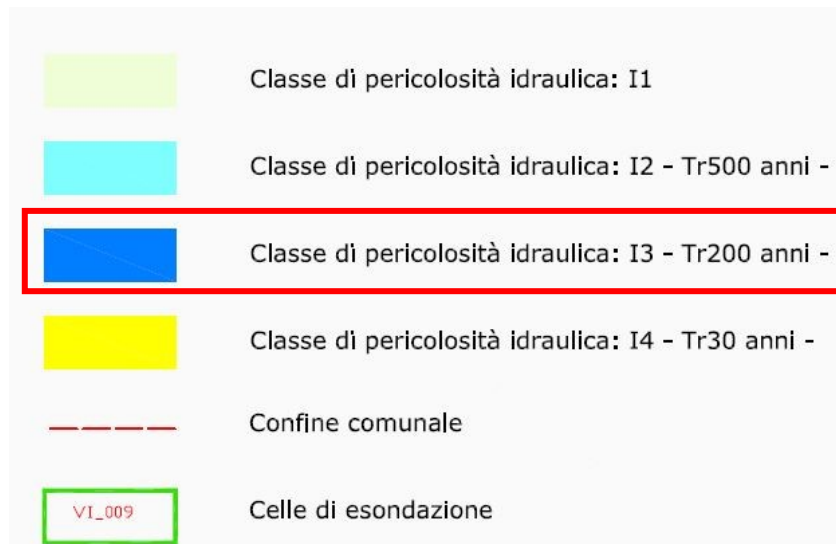


Figura 16 – Legenda della “Carta della pericolosità idraulica ai sensi del 53R”.

All’interno della sopra citata Scheda Progetto PA19 sono contenute le prescrizioni per l’area di studio.

In particolare, in merito agli aspetti idraulici:

“Limitazioni derivanti dalla L.R. n. 41/2018

I condizionamenti per gli interventi di nuova edificazione e la tipologia degli interventi da porre in opera per la messa in sicurezza di quanto in progetto sono dettati dagli Art. 8 e 11 della L.R.: 41/2018 tenendo conto che:

- **L’area è soggetta ad alluvioni poco frequenti** (classe P2: $30 < Tr < 200$ anni);
- Negli studi idraulici di supporto al RU comunale la quota del battente idrico per $T=200$ anni è pari a 16,28 m s.l.m. (cella riferimento VI_009), mentre la velocità della corrente non è definita.

Le quote altimetriche dell’area allo stato attuale sono comprese tra 18,10 e 19,00 m s.l.m., al di sopra della quota di riferimento per la sicurezza idraulica di 16,78 m s.l.m., valore comprensivo di 50 cm di franco sul livello duecentennale previsto per la suddetta cella.

L’area è tuttavia fragile dal punto di vista idraulico essendo interessata dal transito delle acque in uscita dal Fiume Arno per episodi di esondazione con Tr pari a 200 anni.

In fase di progettazione degli interventi dovrà essere eseguito uno studio idraulico che valuti l’interferenza tra quanto in progetto e la dinamica delle acque di transito, al fine di porre in sicurezza gli interventi previsti senza determinare aggravamenti di pericolosità nelle aree al contorno, e di garantire durante l’evento alluvionale l’incolumità delle persone.

Lo studio dovrà definire anche la magnitudo idraulica attesa nelle fasi di transito dell’episodio alluvionale, in modo da individuare i condizionamenti dettati dalla L.R.: 41/2018 in funzione della tipologia degli interventi. Relativamente al reticolo idraulico minore, se ne dovrà assicurare il corretto funzionamento anche in seguito agli interventi di progetto. Nelle tavole progettuali dovrà essere dettagliato il sistema di scolo delle acque meteoriche allo stato attuale ed in quello di progetto. Le modifiche apportate al sistema di scolo dovranno perseguire il miglioramento del deflusso delle acque e l’eliminazione di eventuali situazioni di fragilità”.

Pertanto, il presente studio valuta la compatibilità idraulica della piena di progetto con $T=200$ anni.

In Tavola 01 ed in Tavola 02 è riportato inoltre lo stato attuale e di progetto del sistema di scolo delle acque meteoriche.

In merito alla Legge Regionale 41/2018 (“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio, n.49”), si riportano gli estratti degli Art. 8 e 11 citati nella Scheda Progetto PA19, utilizzati nelle successive valutazioni:

“Art. 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

a) opere idrauliche che assicurano l’assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

d) interventi di difesa locale.

2. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:

a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;

b) opere o interventi diretti a trasferire in altre aree gli effetti idraulici conseguenti alla realizzazione della trasformazione urbanistico-edilizia, a condizione che:

1) nell’area di destinazione non si incrementi la classe di magnitudo idraulica;

2) sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate e il comune prima della realizzazione dell’intervento.

3. Le opere o interventi di cui al comma 2, lettera b), sono previste negli strumenti urbanistici e sono realizzate previa verifica di compatibilità idraulica effettuata dalla struttura regionale competente in relazione al titolo abilitativo di riferimento.

4. Le opere idrauliche di cui al comma 1, lettere a) e b), sono realizzate prima o contestualmente all’attuazione della trasformazione urbanistico-edilizia. L’attestazione di agibilità degli immobili oggetto delle trasformazioni urbanistico-edilizie è subordinata al collaudo di tali opere idrauliche.

Art. 11 - Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti

1. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all’articolo 8, comma 1, lettere a) o b).

2. Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all’articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

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

4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all’articolo 8, comma 1, lettera a), o le opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata e a condizione che non sia superato il rischio medio R2.

5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica moderata, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che non sia superato il rischio medio R2.”

Come riportato all’interno degli inquadramenti effettuati, l’area risulta ricadere all’interno di:

- classe di pericolosità idraulica I3;
- classe F3 di fattibilità condizionata.

Pertanto, si riporta qui sotto l'art. 198 estratto dalle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico del Comune di Fucecchio.

“ART.198 - CLASSE F3 FATTIBILITÀ CONDIZIONATA

1. Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

2. Sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di “area complessiva” sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto.

3. L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di attenuazione del rischio idraulico, bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari devono costituire condizioni da recepire all'interno della richiesta del titolo abilitativo occorrente.

4. Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di pericolosità geologica, il progetto di intervento deve essere supportato da un'esautiva documentazione geologica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

a) carta geologica e geomorfologica di dettaglio;

b) risultati di indagini geognostiche condotte per aumentare il grado di conoscenza delle caratteristiche litologiche e litotecniche del sottosuolo;

c) sezioni quotate, possibilmente dedotte da un rilievo planoaltimetrico di dettaglio, che mostrino con precisione il rapporto tra morfologia attuale e morfologia di progetto;

d) risultati di specifiche verifiche di stabilità del versante nelle condizioni attuali e di progetto qualora, nelle aree collinari, siano previsti consistenti operazioni di sbancamento e riporto;

e) studio di dettaglio delle condizioni di stabilità del versante e del contesto idrogeologico, qualora siano previste immissioni di acque reflue nel suolo e nel sottosuolo mediante subirrigazione, fertirrigazione e spandimento di acque di vegetazione;

f) analisi accurata delle problematiche rilevate e indicazione degli eventuali interventi per la mitigazione del rischio i quali in ogni caso non dovranno pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, né limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni.

5. In presenza di interventi di messa in sicurezza ed in relazione alla tipologia del dissesto dovranno essere eventualmente predisposti ed attivati opportuni sistemi di monitoraggio; l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, dovrà essere documentata dagli esiti del sistema di monitoraggio attivato.

6. Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di pericolosità idraulica, il progetto dell'intervento deve essere supportato da un'esautiva documentazione geologica ed idrologica idraulica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

a) sezioni quotate, dedotte da un rilievo planoaltimetrico di dettaglio, che mettano in evidenza la posizione e la quota dell'intervento in oggetto rispetto al battente idraulico indicato nella Relazione idrologica – idraulica (elaborato C.4) e nella Tav. A.4.7 del RUC o, in mancanza, dedotto da uno specifico studio idrologico-idraulico;

b) progetto degli interventi di messa in sicurezza idraulica, anche con sistemi di difesa passiva: la dimostrazione del non aggravio della situazione al contorno deve necessariamente comprendere:

c) l'allocazione dei volumi statici sottratti all'esondazione;

d) la dimostrazione dell'efficienza delle zone di compensazione in funzione della direzione di flusso delle acque, così come modificata dai rilevati in progetto (piazzali, strade, parcheggi ecc).

7. Nei casi in cui, per porsi in condizioni di sicurezza idraulica, siano previsti rialzamenti dei piani di calpestio, essi dovranno essere limitati ai fabbricati ed ai raccordi con i piazzali, salvo esigenze particolari indotte dalla necessità di collegamento con le adiacenti zone già urbanizzate.

8. Qualunque intervento, anche di ristrutturazione, che non comporti aumento della superficie coperta, deve essere finalizzato alla mitigazione del livello di rischio accertato.

...

10. Nelle aree della pianura classificate a pericolosità I3 (Tr compreso tra 30 e 200 anni) gli interventi dovranno rispettare la quota di sicurezza data dal battente $Tr_{200}+50cm$. per il piano di calpestio dei nuovi fabbricati e $Tr_{200}+30 cm$ per le infrastrutture viarie. Le soluzioni adottate per la compensazione dei volumi spostati dovranno invece attenersi al solo battente $TR=200$ anni.

11. La realizzazione di vaste superfici impermeabilizzate deve essere subordinata agli esiti di uno studio idrologico-idraulico di dettaglio che definisca gli interventi necessari per neutralizzare gli effetti derivanti dall'aumento della velocità di corrivazione delle acque nel corpo ricettore, da mitigarsi attraverso cisterne o invasi di prima pioggia. Nella progettazione delle superfici coperte, dovranno essere preferite le soluzioni che permettano la riduzione della velocità dell'acqua. Le reti fognarie per le acque bianche, devono essere progettate per favorire il massimo invaso di acqua, ottenibile attraverso ampie dimensioni, ridotta profondità e bassa pendenza.

12. I nuovi spazi pubblici o privati, destinati a viabilità pedonale o meccanizzata devono essere realizzati con modalità costruttive idonee a consentire l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque, salvo che tali modalità costruttive non possano essere utilizzate per comprovati motivi di sicurezza igienico-sanitaria e statica o di tutela dei beni culturali e paesaggistici.

13. La realizzazione di nuova viabilità non deve costituire ostacolo al normale deflusso delle acque superficiali. Eventuali rilevati stradali debbono essere supportati da specifici studi che prevedano la ricucitura del reticolo idrografico minore ed analizzino l'interazione del nuovo manufatto con la distribuzione delle acque in caso di esondazione dai corsi d'acqua limitrofi;

14. Le acque raccolte dai pluviali delle coperture devono, quando tecnicamente possibile, essere convogliate in aree permeabili. Qualora ciò non fosse possibile potranno essere immesse nella pubblica fognatura o nel reticolo idraulico minore, prevedendo a monte sistemi di laminazione del picco di piena, valutato per eventi con tempo di ritorno ventennale (Tr20) di durata oraria (1h).

15. Qualora sia previsto il convogliamento di fosse campestri nella fognatura pubblica, devono essere previsti manufatti per l'abbattimento del trasporto solido per preservare nel tempo la funzionalità delle condotte sotterranee.

16. Qualunque intervento che modifichi l'assetto originario del reticolo idrografico minore deve essere supportato da uno studio che dimostri la funzionalità del sistema drenante e le eventuali modifiche da apportare. L'indagine deve essere estesa all'area scolante attraverso un rilievo di dettaglio, in modo da definire i rapporti gerarchici tra le varie linee di drenaggio delle acque superficiali.

17. Anche i tombamenti, di ogni dimensione e lunghezza, in aree urbane o agricole, debbono essere opportunamente dimensionati e supportati da apposito progetto che dimostri la funzionalità dell'opera.

18. Per evitare l'infiltrazione di acque eventualmente esondate o di ristagno locale è vietata la realizzazione di locali interrati o seminterrati con aperture dirette sull'esterno (porte, finestre, rampe o scale) se non protette da soglie poste a quote di sicurezza.

19. Gli interventi previsti dallo strumento urbanistico sono attuabili alle condizioni precedentemente descritte."

Lo studio idraulico impostato tramite software Hec-Ras verificherà quanto riportato all'interno dell'Art. 198, comma 10:

- gli interventi dovranno rispettare la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 50 cm, per il piano di calpestio dei nuovi fabbricati;**
- gli interventi dovranno rispettare la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 30 cm, per le infrastrutture viarie.**

4. STUDIO IDRAULICO FINALIZZATO ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le verifiche idrauliche sono state effettuate tramite il software Hec-Ras versione 5.0.7, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers, codice di calcolo che permette di eseguire modellazioni idrauliche con schema di moto monodimensionale, bidimensionale o combinato.

La presente modellazione è stata condotta considerando:

- regime di moto vario (unsteady flow data), implementando le opportune condizioni al contorno richieste tramite PEC all'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- schema di moto combinato (1D+2D): in particolare il tratto di asta fluviale di interesse è stato modellato con schema monodimensionale (1D), mentre il terreno circostante è stato modellato con schema bidimensionale (2D).

All'interno del presente Capitolo, una volta descritti i dati reperiti ed implementati nella modellazione idraulica (quali morfologia del terreno, sezioni trasversali del fiume Arno, idrogrammi di piena di monte e andamento dei livelli idrometrici di valle), sono proposti i risultati delle simulazioni in merito a:

- stato di fatto, per cui si sono considerate esclusivamente le quote assolute del modello digitale del terreno (DTM) scaricato dal Geoportale della Regione Toscana (per maggiori dettagli si rimanda al successivo Paragrafo 4.1);
- stato di progetto, per cui le quote del DTM scaricato sono state opportunamente modificate in modo da coincidere con le condizioni post-operam fornite dalla Committenza, riscontrabili negli opportuni elaborati progettuali.

4.1 Reperimento morfologia terreno (DTM)

Il digital terrain model (DTM) utilizzato per modellare la morfologia all'interno del software Hec-Ras è stato reperito dal Sistema Informativo Territoriale e Ambientale (SITA Cartoteca) reso disponibile dalla Regione Toscana, geoportale per il download dei dati geografici rilasciati come Open-data.

(fonte dati: <https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>).

Al suo interno vi è l'archivio contenente i dati in formato Ascii GRID dei rilievi lidar effettuati dal Ministero dell'Ambiente e delle Tutela del Territorio e del Mare. I dati di rilievo scaricati posseggono le seguenti caratteristiche:

- anno del rilievo: 2008;
- risoluzione cella: 1x1 m.

Una volta scaricati gli strati informativi necessari, essi sono stati opportunamente caricati e rielaborati tramite software Qgis.

In Figura 17 è possibile visualizzare il quadro di unione dei DTM scaricati.

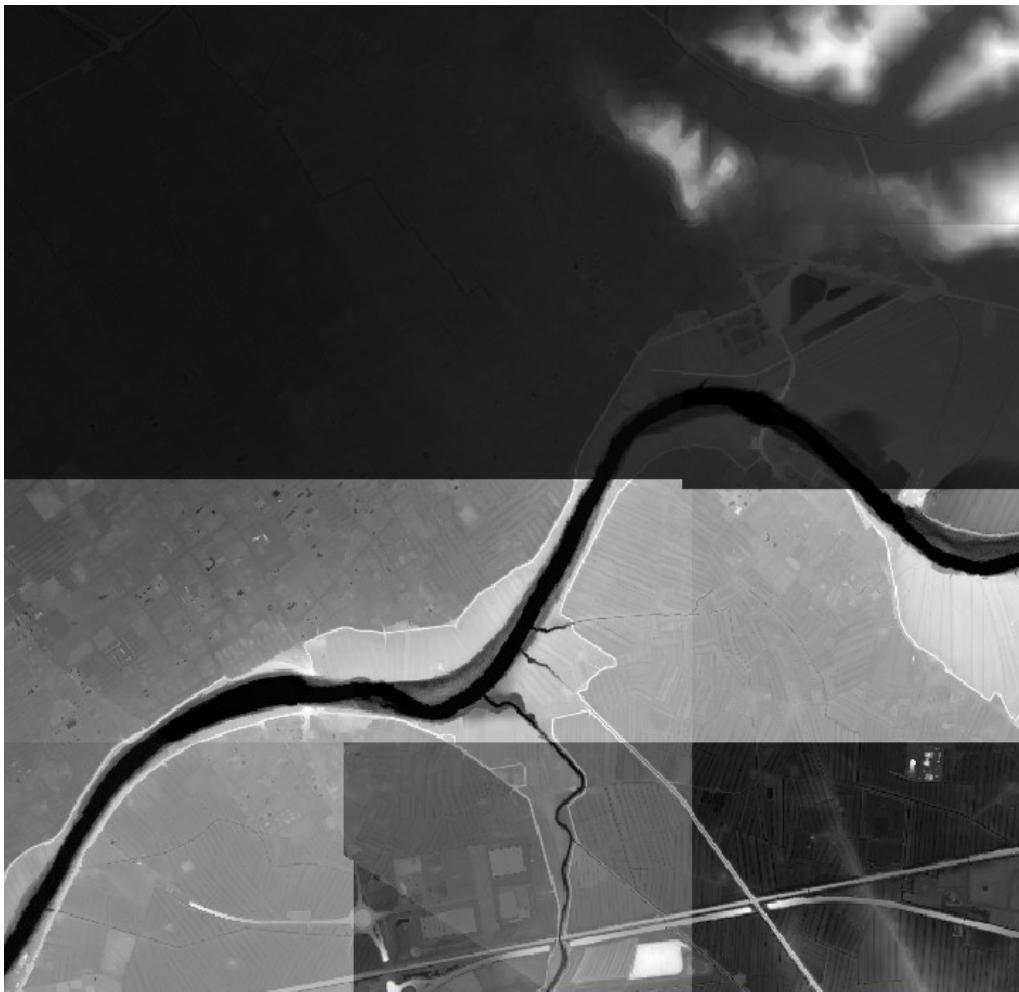


Figura 17 – DTM scaricato da Geoportale regione Toscana (SITA Cartoteca).

I dati scaricati sono stati poi successivamente mosaicati tramite il comando di Qgis “Miscellaneous – Fondi (Merge)”. Ciò ha permesso di ricavare un unico strato informativo del terreno da implementare all’interno del software Hec-Ras 5.0.7, visualizzabile in Figura 18.

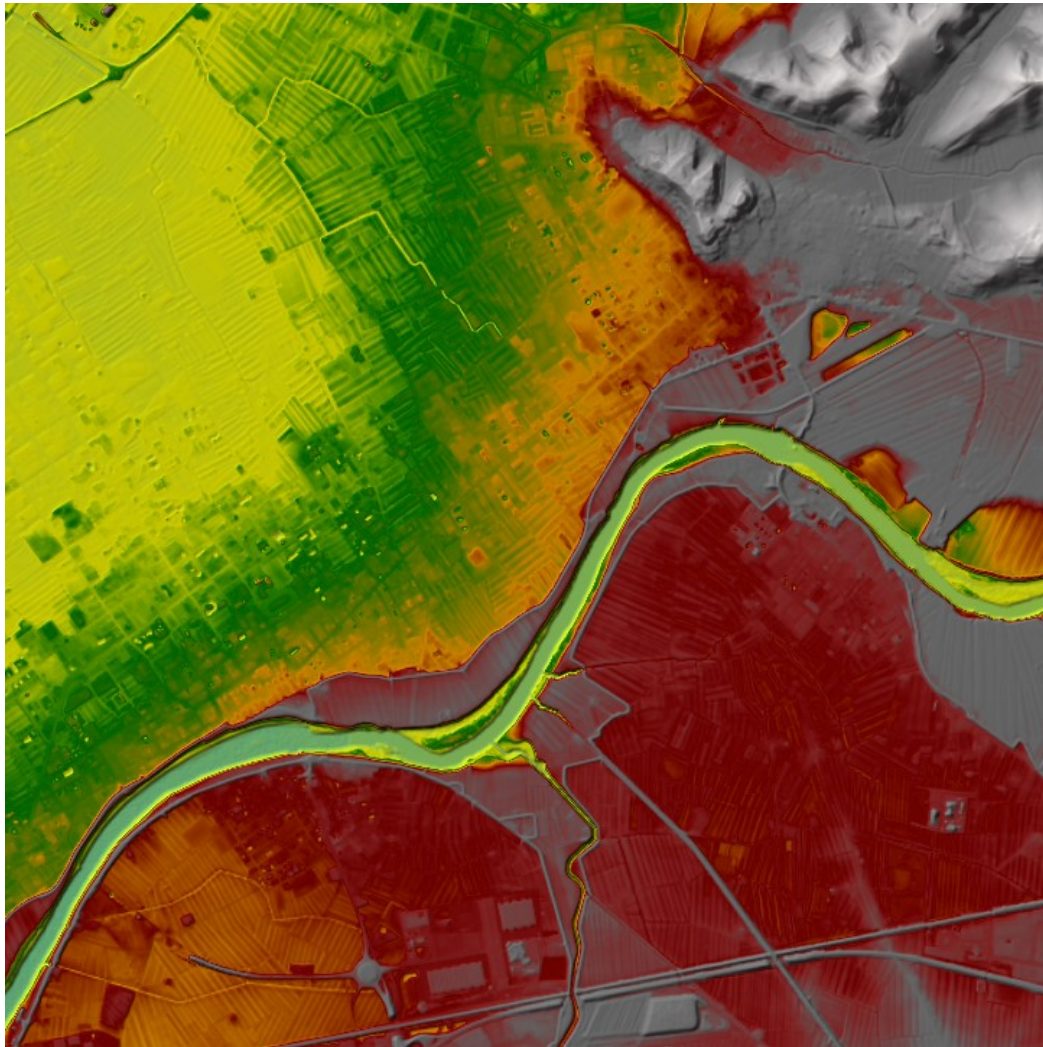


Figura 18 – Strato informativo territoriale implementato all’interno del software Hec-Ras 5.0.7, visualizzato all’interno del Ras Mapper.

Come già accennato, per le simulazioni relative allo stato di fatto tale strato informativo non è stato modificato, mentre per lo stato di progetto le quote assolute riguardanti l’area oggetto di intervento sono state aggiornate sulla base degli elaborati progettuali forniti dalla Committenza.

La necessità di ciò è visualizzabile in Figura 19: all’interno dell’area oggetto del presente Piano Attuativo il DTM restituisce una quota assoluta del piano campagna pari a circa **17.5 m s.l.m.** (valore medio riscontrato peraltro nel rilievo topografico effettuato in data 21 ottobre 2022), mentre dai dati progettuali forniti dalla Committenza la quota **minima** in progetto risulta essere pari a **18.05 m s.l.m.** (valore riscontrabile all’interno della Tavola 02 presente in allegato, descrivente lo schema planimetrico della rete di convogliamento delle acque meteoriche in progetto).

E' stata quindi introdotta all'interno del software una connessione idraulica (hydraulic connection), impostando nella zona di interesse il nuovo valore di quota assoluta di progetto pari proprio a 18.05 m s.l.m..

La quota prescelta di 18.05 m s.l.m. risulta essere una condizione cautelativa in quanto è la quota minima di progetto, la restante parte è invece caratterizzata da quote assolute di progetto maggiori.

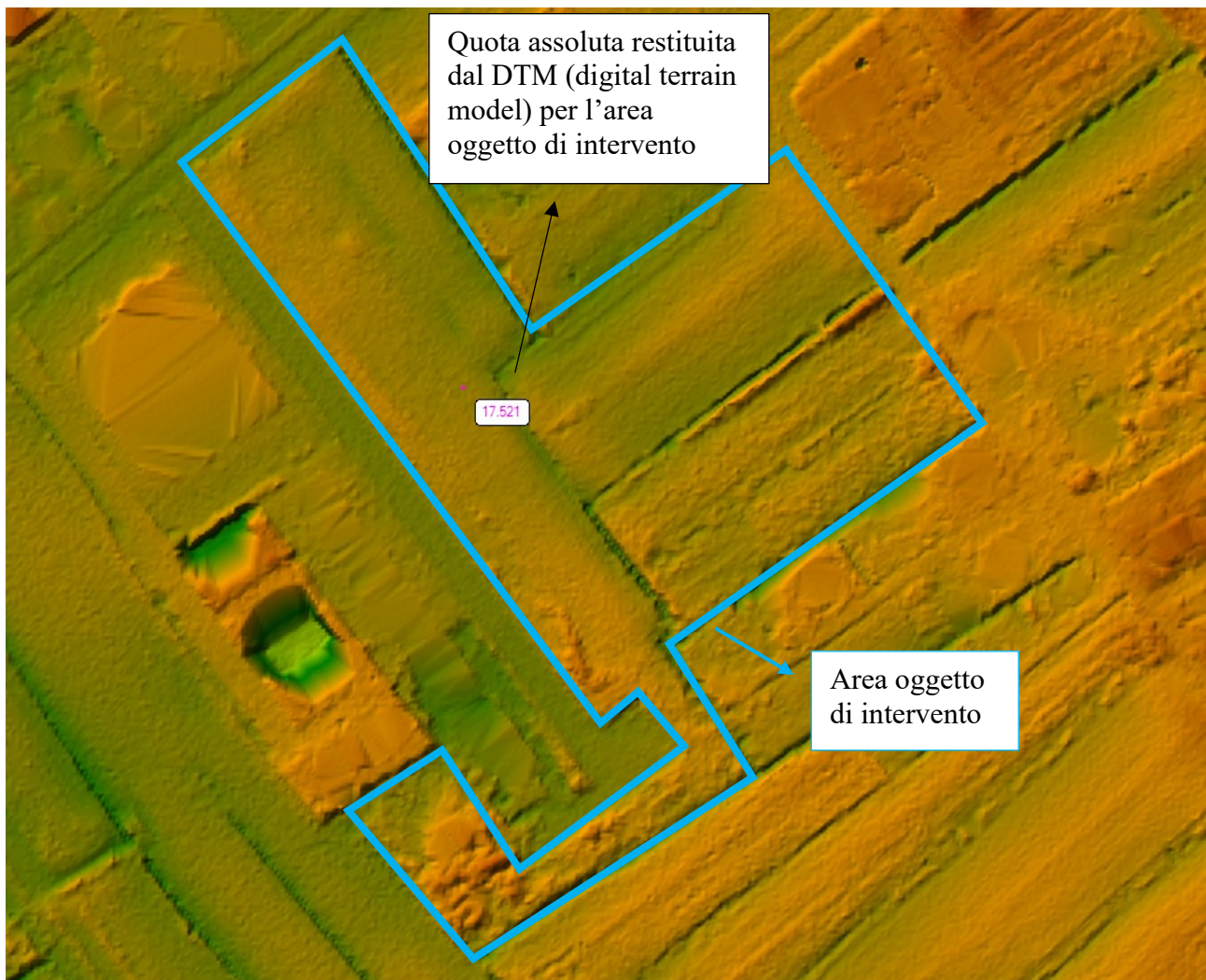


Figura 19 – Quota assoluta per l'area oggetto di intervento, contenuta all'interno dello strato informativo territoriale caricato sul Ras Mapper di Hec-Ras 5.0.7..

4.2 Reperimento dati sezioni trasversali Fiume Arno

Una prima fase necessaria per effettuare la verifica idraulica è stata la delimitazione del dominio del modello, per fare ciò si è caricato su software Qgis il dataset contenente la rappresentazione planimetrica delle tracce delle sezioni trasversali del fiume Arno (fonte dato: <http://opendata.comune.fi.it/?q=metarepo/datasetinfo&id=52d084d6-4efb-4330-be36-cc7bd77cc32a>). Si è scelto di limitare lo studio idraulico nella zona limitrofa all'area di intervento, compresa tra le seguenti sezioni trasversali:

- sezione di monte: AR0333;
- sezione di valle: AR0326.

La rappresentazione del dataset scaricato è riportata in Figura 20.

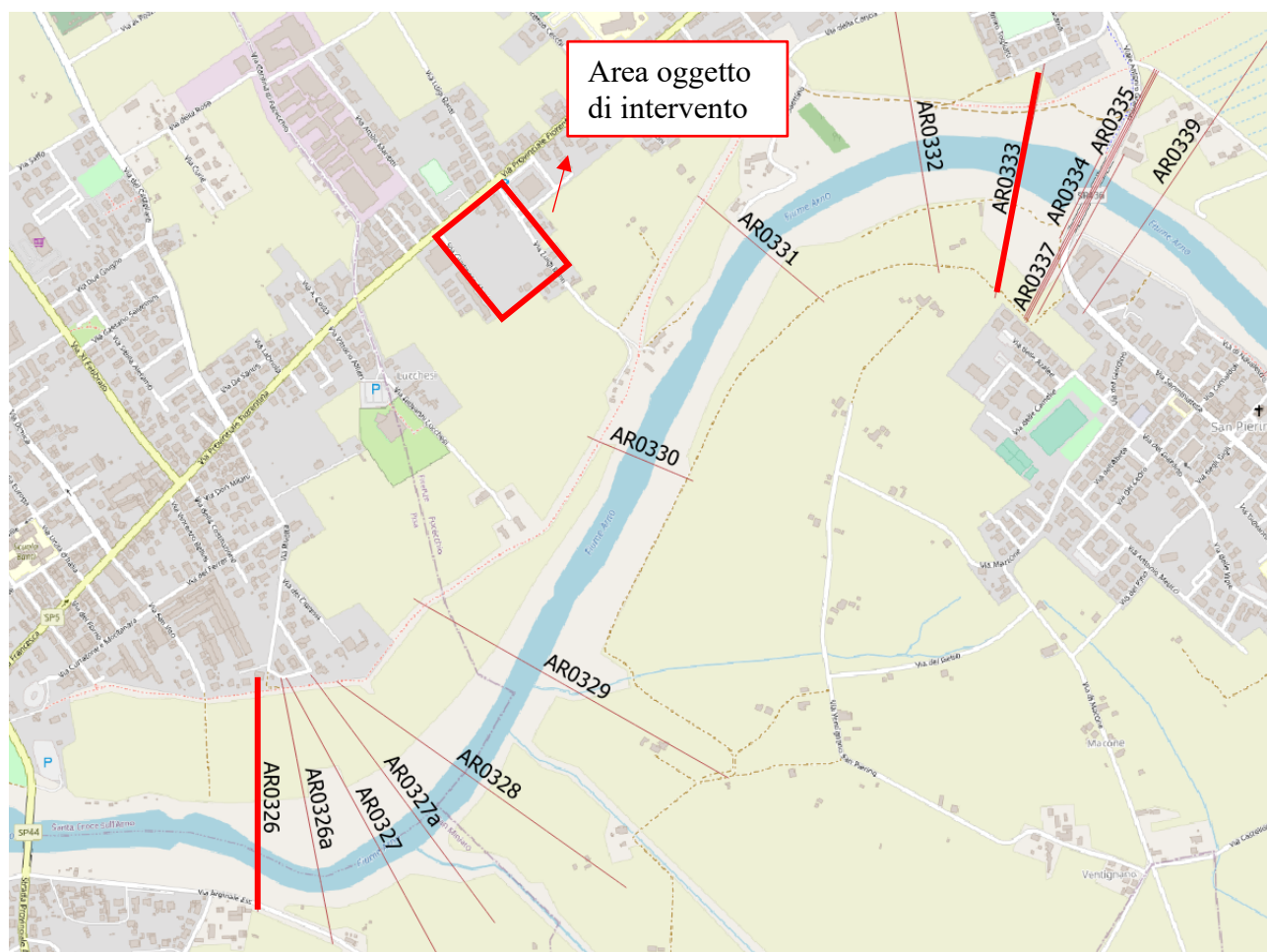


Figura 20 – Dataset contenente la distribuzione planimetrica delle sezioni trasversali rilevati topograficamente per il Fiume Arno (fonte dati: <http://opendata.comune.fi.it/?q=metarepo/datasetinfo&id=52d084d6-4efb-4330-be36-cc7bd77cc32a>).

Le sezioni trasversali interne al tratto di asta fluviale analizzato sono state richieste al Settore Idrologico e Geologico Regionale toscano, il quale ha restituito le caratteristiche morfologiche delle suddette, scaturite da campagna di rilievo topografico effettuata nelle annate 2000; 2001.

Una volta rielaborate su Foglio Excel (in allegato si riportano tutte le sezioni trasversali implementate nel modello), dal dataset scaricato contenente la loro distribuzione planimetrica si sono estrapolati gli estremi di ciascuna, i cui valori sono riportati in Tabella 2.

Tali coordinate sono state inserite all'interno del software Hec-Ras per georeferenziare le sezioni, tramite il comando di GIS Tools "XS Cut Lines table...".

Sistema di coordinate: Monte Mario/Gauss Boaga zona 1 (ESPG:3003)				
Sezioni	Sinistra idraulica		Destra idraulica	
ID	EST	NORD	EST	NORD
AR0326	1644283.7989	4840852.4411	1644283.3269	4841321.5011
AR0327	1644719.7219	4840642.8371	1644343.2689	4841332.7191
AR0328	1645042.7809	4840901.8671	1644447.8599	4841324.5701
AR0329	1645253.7399	4841127.5851	1644606.4469	4841495.5671
AR0330	1645180.4359	4841739.7361	1644964.5649	4841830.0981
AR0331	1645450.8039	4842108.9931	1645191.4299	4842326.9621
AR0332	1645688.3379	4842169.4181	1645595.9049	4842722.4371
AR0333	1645803.9369	4842117.3181	1645906.1309	4842598.9041

Tabella 2 – Coordinate estremi sezioni trasversali.

Una volta caricate le sezioni trasversali all'interno del software è stata fatta una mosaicatura tra le seguenti e il DTM scaricato dal geoportale della regione Toscana. La motivazione è visualizzabile in Figura 21: nonostante l'alta risoluzione dello strato informativo relativo alla zona di studio (avente risoluzione pari a 1x1 m), esso non riesce a cogliere al meglio le informazioni morfologiche in corrispondenza dell'alveo del fiume Arno. Per ovviare a ciò è stata quindi effettuata una mosaicatura tramite il comando "New Terrain layer – Merge inputs to single raster", finalizzato ad aggiornare le quote del DTM con quelle ufficiali delle sezioni trasversali.



Figura 21 – Confronto sezione trasversale 326 implementata nel modello con la sezione trasversale esistente all'interno del DTM scaricato dal geoportale della regione Toscana.

4.3 Reperimento delle condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di monte e di valle impostate all'interno del software Hec-Ras 5.0.7 sono state reperite dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale. In particolare, i dati implementati nel modello si riferiscono a tre simulazioni condotte all'interno dell'aggiornamento del SIMI "Modello idraulico di moto vario per l'asta dell'Arno e principali affluenti" avvenuto nel 2004.

Le simulazioni si riferiscono a tre eventi meteorici analizzati di durata pari a:

- 18:00:00 ore;
- 24:00:00 ore;
- 36:00:00 ore;

che hanno prodotto N=3 idrogrammi sintetici di durata pari rispettivamente a: 48; 48; 72 ore.

Come da Scheda Progetto PA19 (3° Var.) il tempo di ritorno di riferimento per le simulazioni in oggetto è pari a **200 anni**.

Pertanto, si sono inseriti:

- in corrispondenza della sezione di monte (AR0333) come condizione al contorno si sono inseriti i tre idrogrammi di piena (aventi tempo di ritorno $T_r=200$ anni) per le tre durate di evento meteorico analizzate. I seguenti idrogrammi sintetici sono visualizzabili in Figura 22.

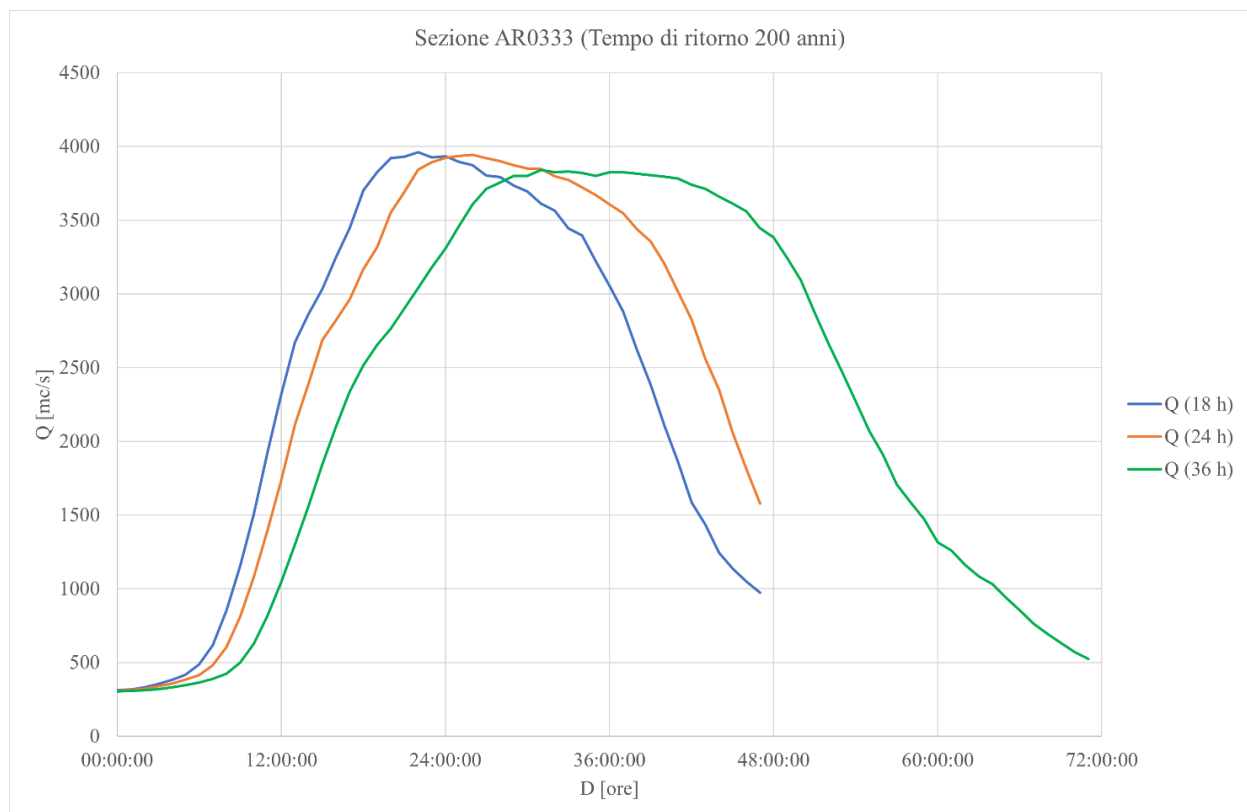


Figura 22 – Idrogrammi sintetici inseriti come condizione al contorno di monte (sezione AR0333).

- in corrispondenza della sezione di valle (AR0326) come condizione al contorno si sono inseriti i tre andamenti di livelli idrometrici (Tr=200 anni) per le tre durate di evento meteorico analizzate. I seguenti livelli idrometrici sono visualizzabili in Figura 23.

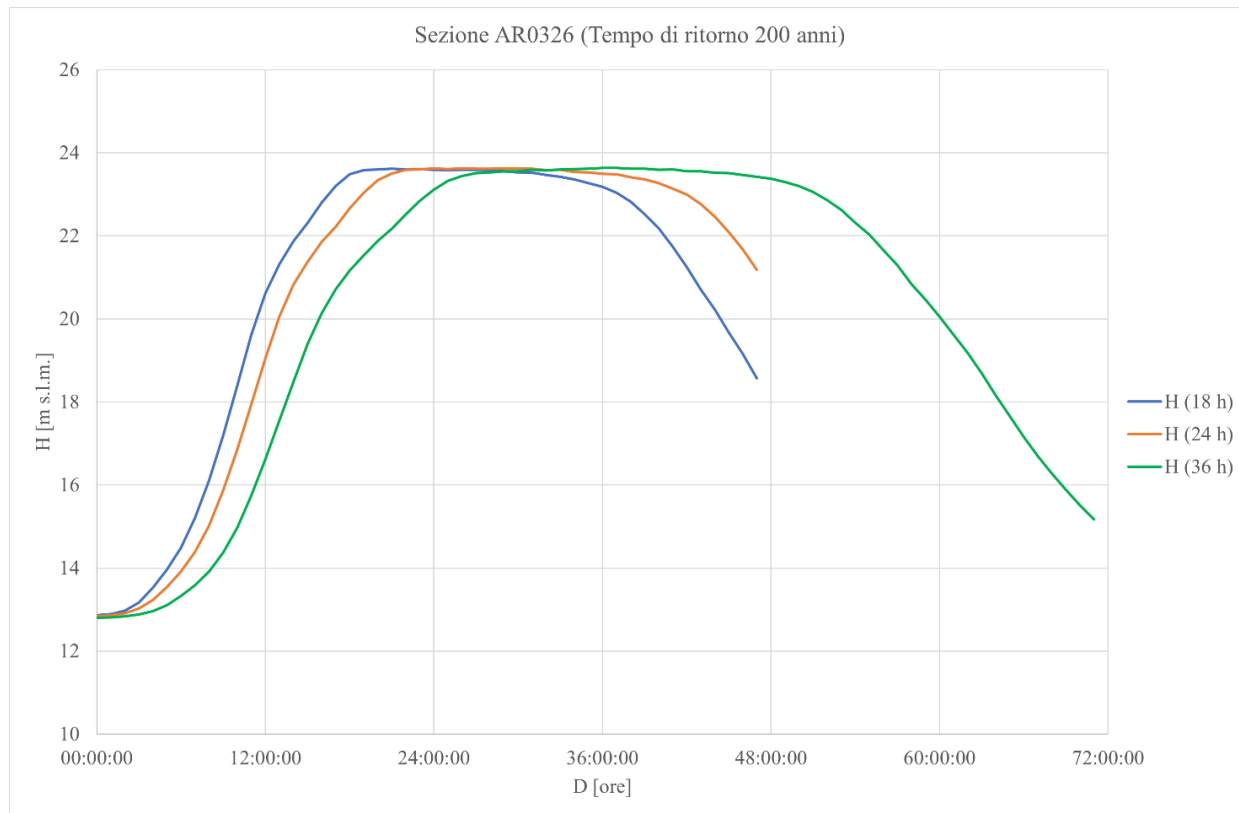


Figura 23 – Livelli idrometrici inseriti come condizione al contorno di valle (sezione AR0326).

In allegato alla presente relazione sono riportati i valori numerici discretizzati temporalmente (intervallo temporale $\Delta t=1:00:00$ ora) inseriti nella modellazione relativi agli idrogrammi di monte e ai livelli idrometrici di valle.

Per quanto riguarda le condizioni iniziali invece, per le tre simulazioni effettuate è stato impostato il primo valore definito dagli idrogrammi di piena al tempo $T=00:00:00$ ore, pari a:

- Q (18 h): 312,90 m³/s;
- Q (24 h): 309,30 m³/s;
- Q (36 h): 304,70 m³/s.

Nel Capitolo successivo si riportano i risultati ottenuti per le tre simulazioni effettuate, considerando:

- le quote assolute del terreno inerenti allo stato di fatto (condizioni ante-operam);
- le quote assolute del terreno inerenti allo stato di progetto (condizioni post-operam).

4.4 Risultati modellazione ante-operam

In corrispondenza delle condizioni ante-operam, si denota la presenza di allagamenti all'interno dell'area di studio per le tre simulazioni effettuate (18; 24; 36 ore di durata di evento meteorico).

Una volta rielaborati i risultati tramite foglio Excel, in Tabella 3 si riportano i valori medi dei battenti idrometrici riscontrati all'interno dell'area analizzata.

ID Simulazione	Battenti idrometrici medi riscontrati nell' area di studio
Simulazione 18 ore	13 cm
Simulazione 24 ore	14 cm
Simulazione 36 ore	17 cm

Tabella 3 – Battenti idrometrici medi presenti all'interno dell'area di studio in condizione ante-operam.

In Figura 24 sono visualizzabili i risultati delle tre simulazioni effettuate, estrapolate dal software Hec-Ras come files shapefile e caricate all'interno del software Qgis.

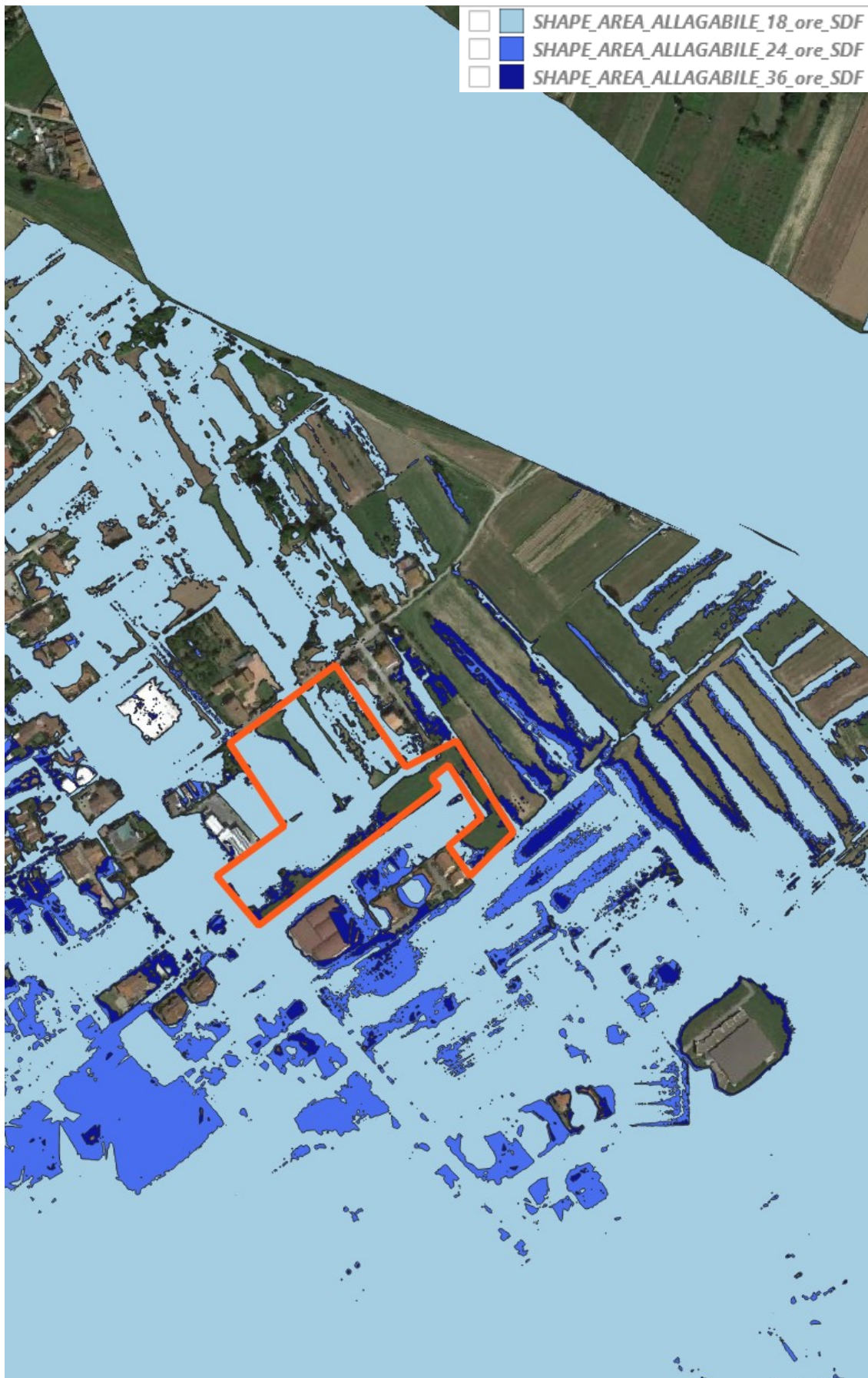


Figura 24 – Risultati ante.operam simulazione 18, 24, 36 ore di durata evento meteorico, caricati su software Qgis.

4.5 Risultati modellazione post-operam

Una volta implementata all'interno del software Hec-Ras la connessione idraulica (hydraulic connection) dimensionata per considerare all'interno dell'area oggetto di analisi la quota **minima** di progetto del piano finito pari a **18.05 m s.l.m.** (come da informazioni contenute all'interno degli elaborati progettuali forniti dalla Committenza), i risultati delle N=3 simulazioni sono riportati in Figura 26.

In particolare, si denota al suo interno un'**assenza di allagamenti** per le tre simulazioni analizzate (18; 24; 36 ore di durata di evento meteorico).

In Figura 25 sono inoltre visualizzabili i valori delle Water Surface Elevations riscontrati nelle zone limitrofe all'area oggetto di intervento, confrontabili con le quote di progetto di alcuni manufatti presenti all'interno del presente Piano Attuativo, tra cui:

- quota assoluta del piazzale pari a 18.05 m s.l.m.;
- quota assoluta della pavimentazione del fabbricato di media vendita, pari a 18.40 m s.l.m.;
- quota assoluta del piano finito del campo da basket, pari a 18.30 m s.l.m..

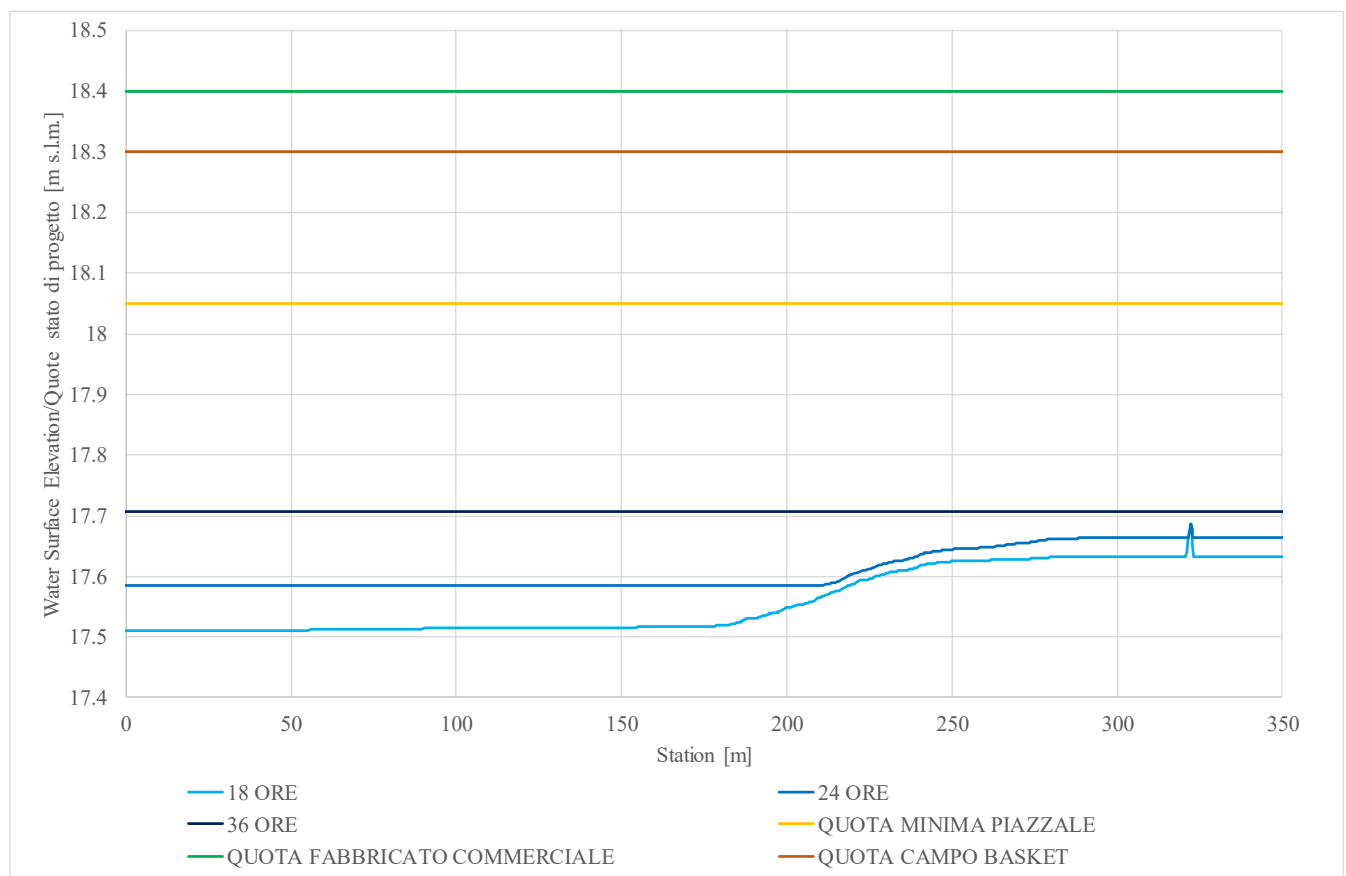


Figura 25 – Confronto tra quote piano finito di progetto e water surface elevation scaturita dalle tre simulazioni effettuate.

Risulta pertanto verificata la prescrizione dettata dall'art. 198 comma 10 contenuto all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico del Comune di Fucecchio, secondo cui gli interventi devono rispettare:

- la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 50 cm, per il piano di calpestio dei nuovi fabbricati;**
- la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 30 cm, per le infrastrutture viarie.**

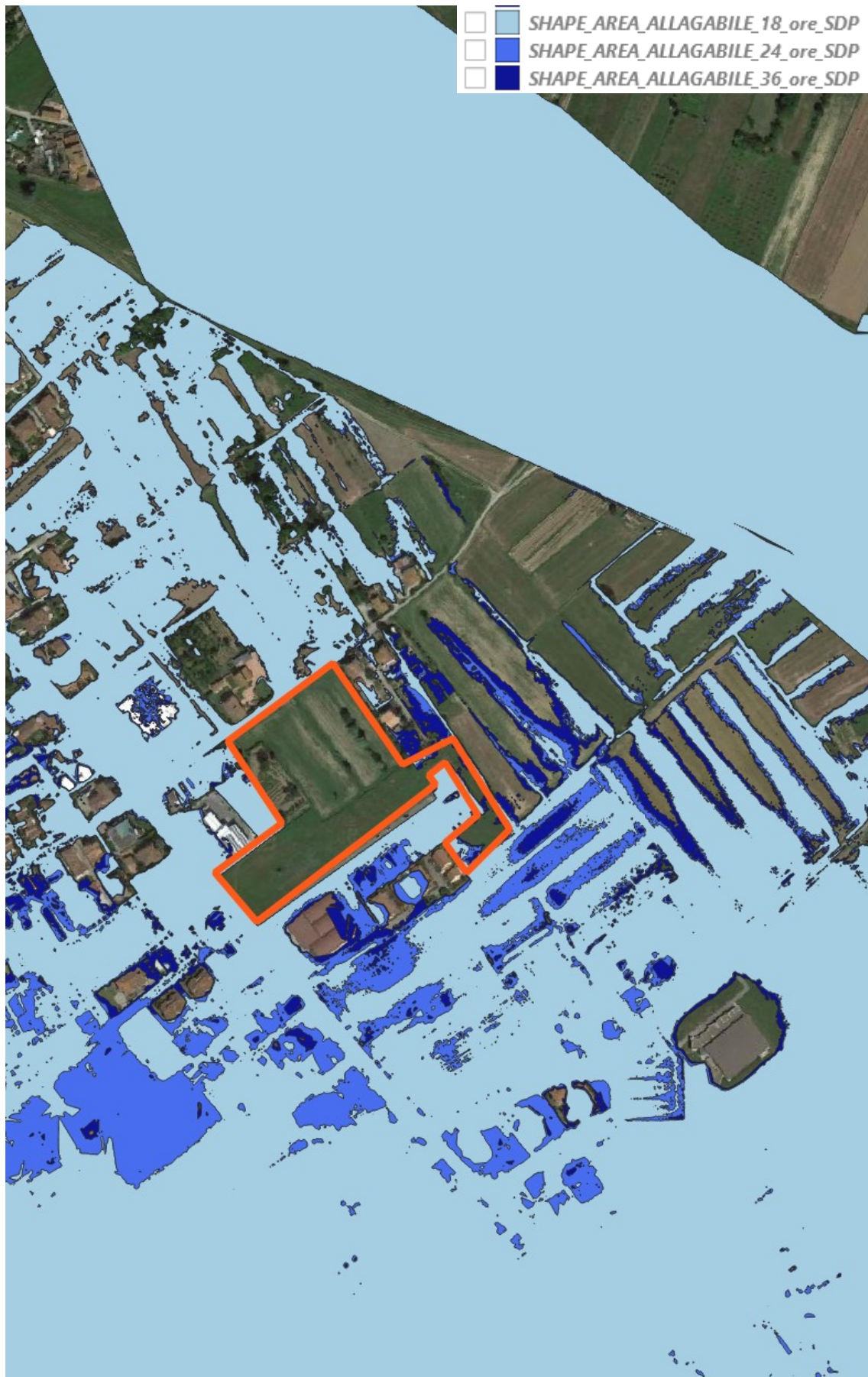


Figura 26 - Risultati post-operam simulazione 18, 24, 36 ore di durata evento meteorico, caricati su software Qgis.

4.6 Confronto ante operam – post operam

Allo scopo di valutare la sicurezza degli interventi proposti senza determinare aggravamenti di pericolosità nelle aree al contorno e di garantire l'incolumità delle persone (L.R. 41/2018) è stato svolto un confronto tra le simulazioni inerenti allo stato di fatto ed allo stato di progetto. In particolare, il seguente confronto è stato condotto tracciando all'interno del Ras Mapper di Hec-Ras una "profile line" in corrispondenza di una zona limitrofa all'area oggetto di intervento. La presente è visualizzabile in Figura 27 ed è stata posizionata nei pressi di via Giampiero Alvisi.

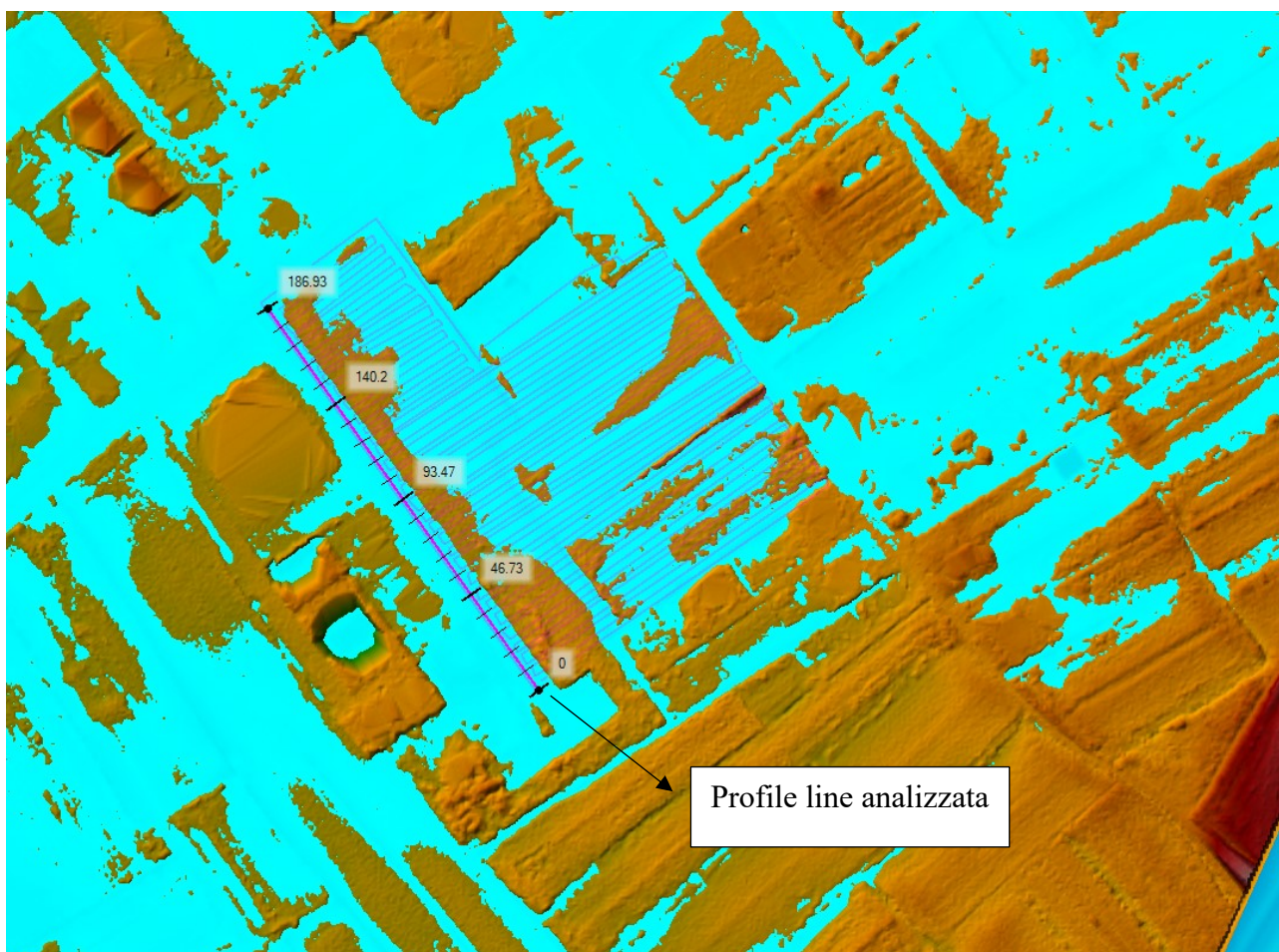


Figura 27 – Profile line utilizzata per il confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto.

Interrogando il software in corrispondenza della sopra citata profile line è stato possibile estrapolare i valori dei battenti idrometrici restituiti dalle simulazioni effettuate. I seguenti valori una volta rielaborati tramite foglio Excel hanno restituito i tre grafici qui di seguito proposti, uno per ciascuna simulazione effettuata (rispettivamente 18; 24; 36 ore di durata di evento meteorico).

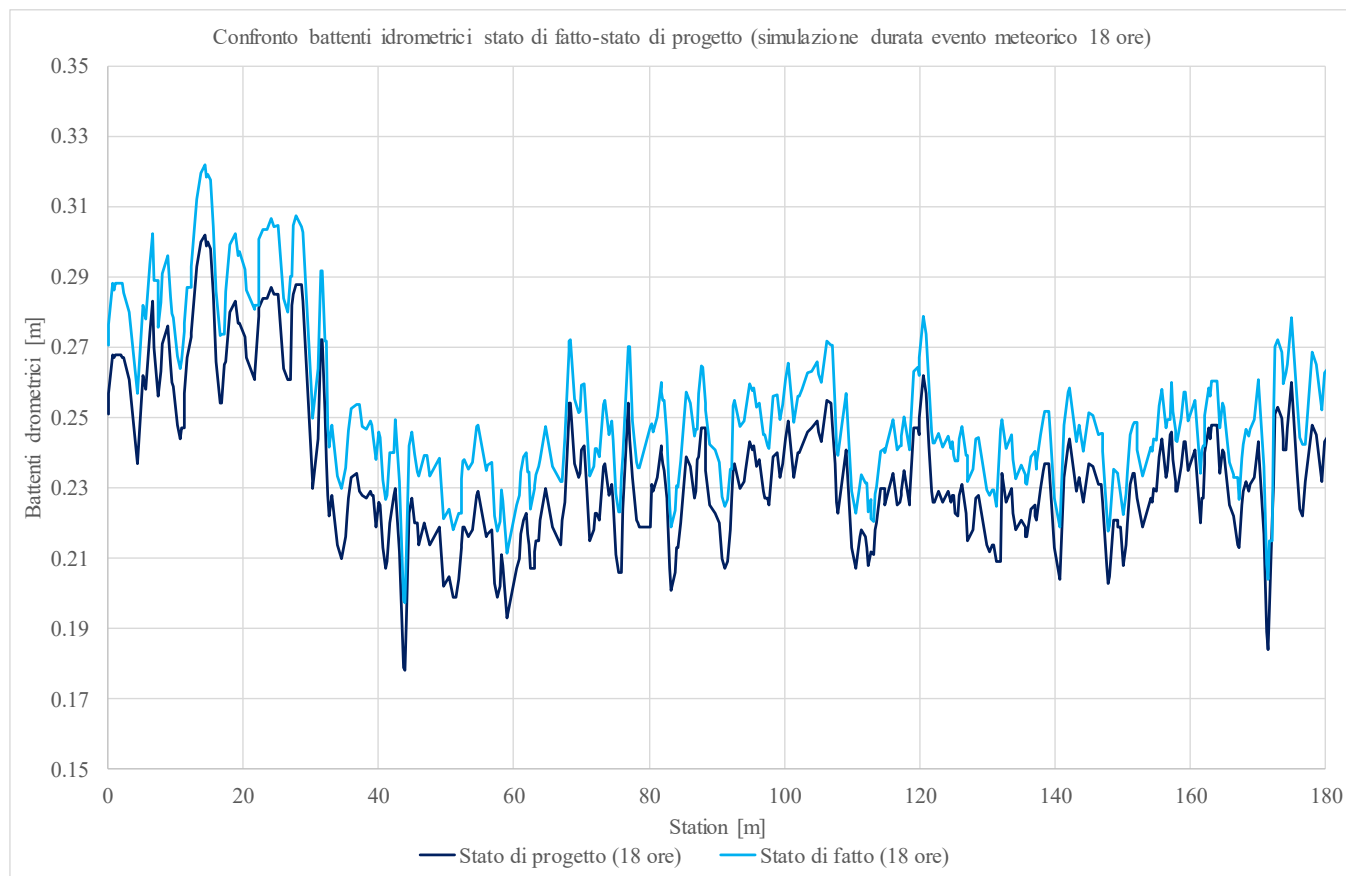


Figura 28 – Confronto stato di fatto/progetto per la simulazione di 18 ore di durata evento meteorico.

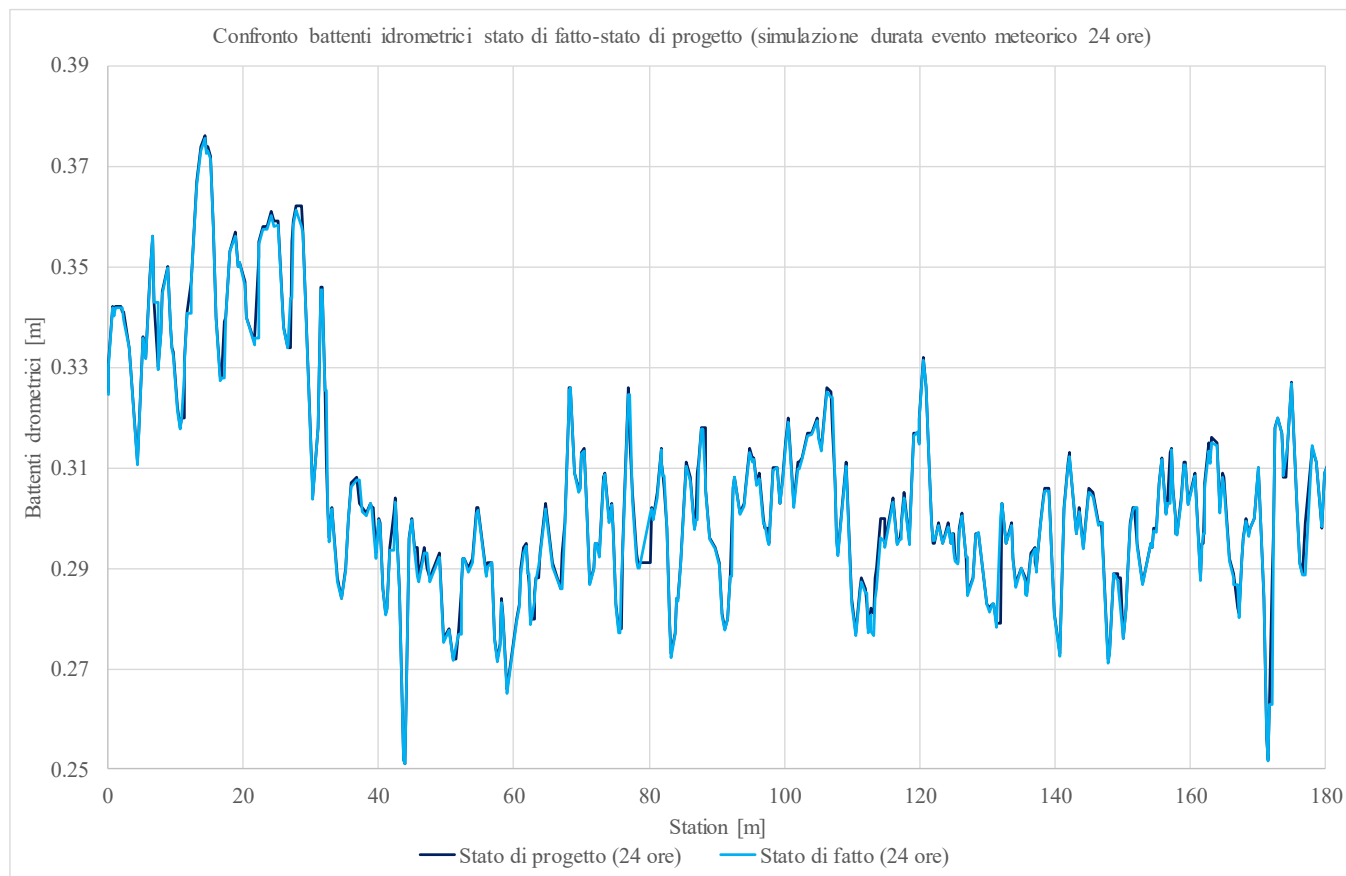


Figura 29 – Confronto stato di fatto/progetto per la simulazione di 24 ore di durata evento meteorico.

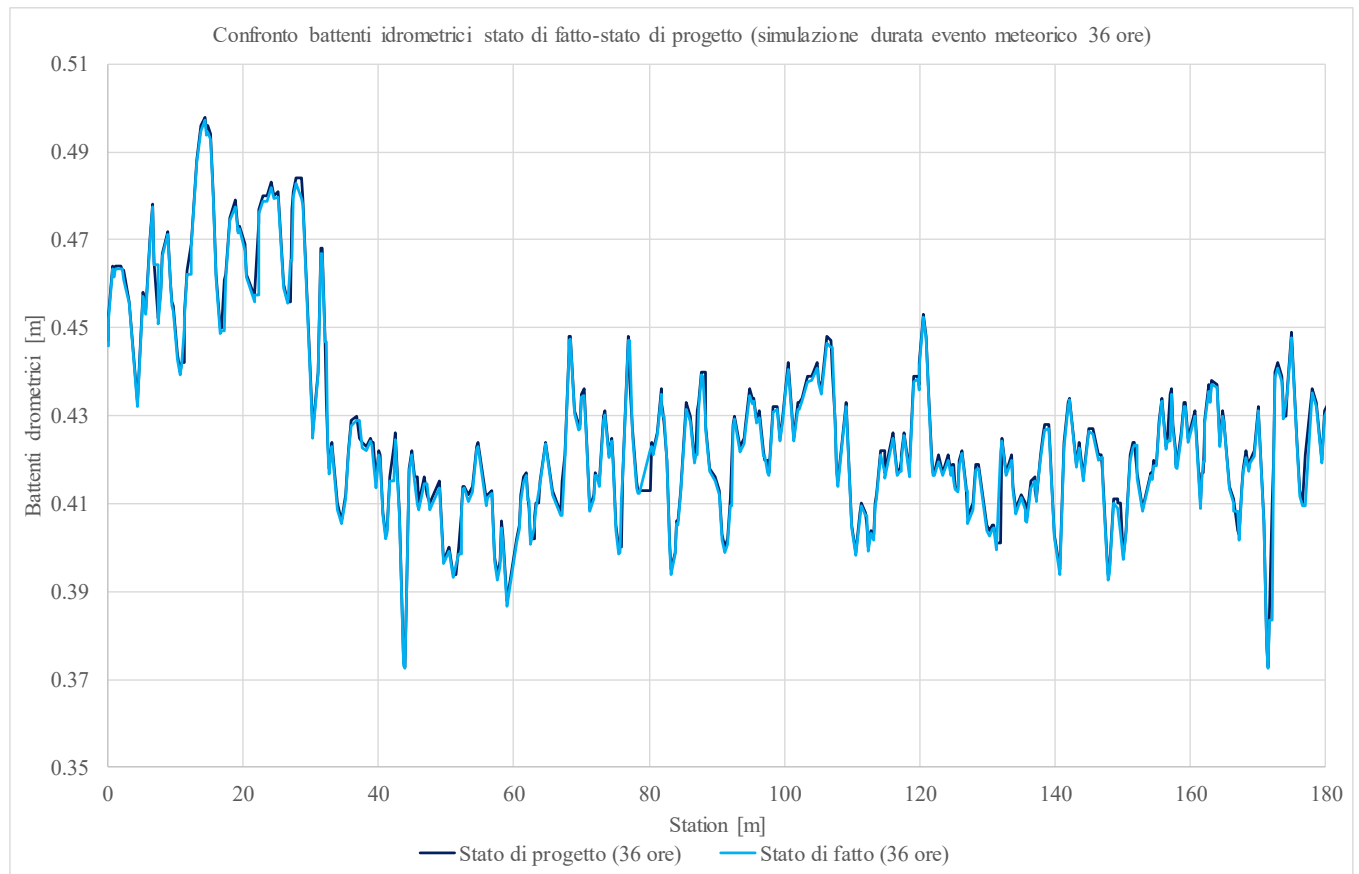


Figura 30 – Confronto stato di fatto/progetto per la simulazione di 36 ore di durata evento meteorico.

Dai seguenti grafici si ottiene la Tabella 4 di confronto dei valori medi dei battenti idrometrici ricavati.

Valori medi battenti idrometrici (depths)		
ID	Stato di progetto	Stato di fatto
Simulazione 18 ore	26.30 cm	25.31 cm
Simulazione 24 ore	30.66 cm	30.60 cm
Simulazione 36 ore	42.86 cm	42.75 cm

Tabella 4 – Confronto battenti idrometrici medi tra stato di fatto e stato di progetto.

Poiché non si denotano sostanziali differenze in termini di battenti idrometrici, si giudica che la sopraelevazione dell'area oggetto di intervento non solo consente la non allagabilità dell'area, ma non crea un aggravio della condizione idraulica nella zona ad essa limitrofa.

Le stesse considerazioni sono state dedotte analizzando l'andamento delle Water Surface Elevations sempre in corrispondenza della profile line definita come da Figura 27.

In Figura 31 si riportano gli andamenti estrapolati, mentre in Tabella 5 i valori medi ricavati una volta implementati i valori di Water Surface Elevations all'interno di foglio Excel: non si denotano

sostanziali differenze andando a confrontare i valori di livelli idrometrici scaturiti dalle simulazioni effettuate in condizioni ante-operam ed in condizioni post-operam.

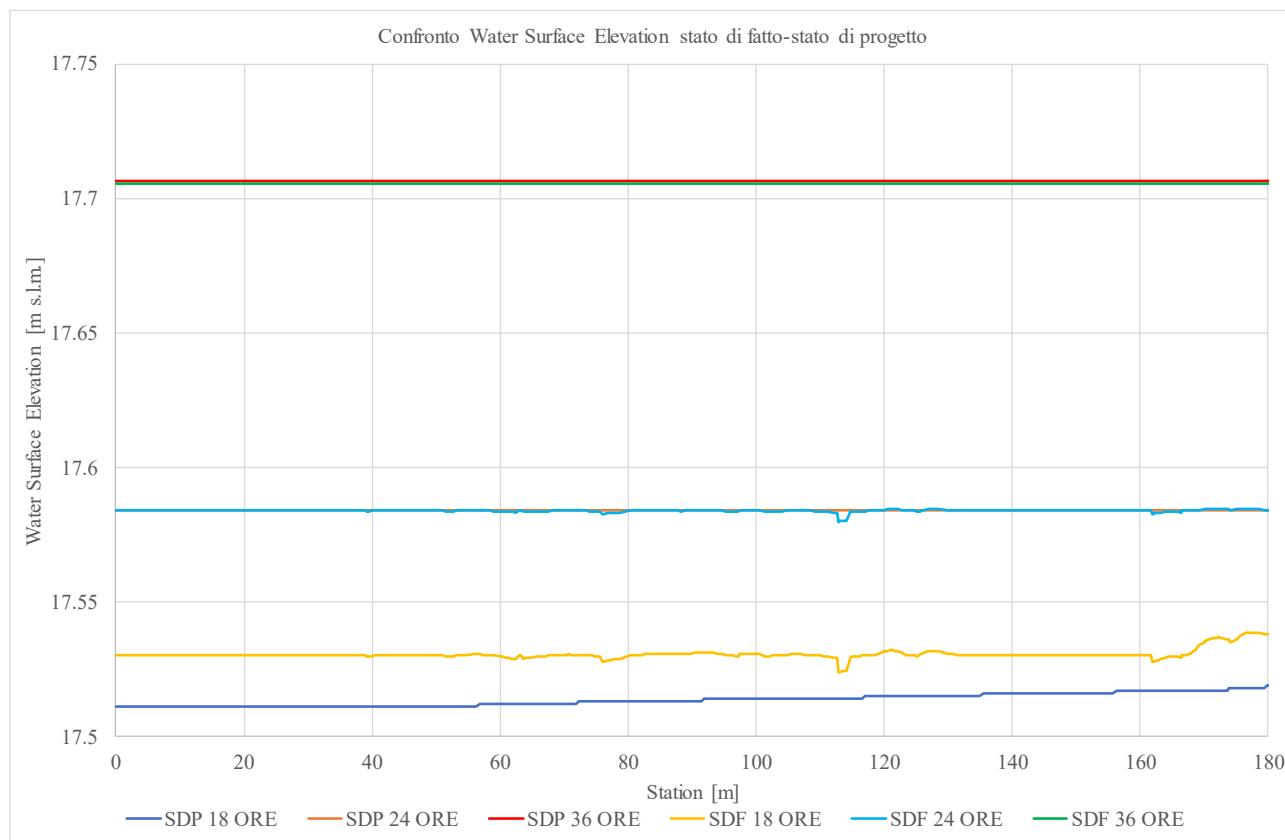


Figura 31 – Andamento delle Water Surface Elevations in corrispondenza della profile line analizzata.

Valori medi Water Surface Elevations		
ID	Stato di progetto	Stato di fatto
Simulazione 18 ore	17.51 m s.l.m.	17.53 m s.l.m.
Simulazione 24 ore	17.58 m s.l.m.	17.58 m s.l.m.
Simulazione 36 ore	17.71 m s.l.m.	17.71 m s.l.m.

Tabella 5 – Confronto Water Surface Elevations medi tra stato di fatto e stato di progetto.

4.7 Considerazioni finali in merito alla compatibilità idraulica

L'area come da Scheda Progetto PA19 (3° Var.) è soggetta ad alluvioni poco frequenti (classe P2: $30 < Tr < 200$ anni).

Si richiamano ora gli articoli della Legge Regionale 24 luglio 2018, n.41 ("Disposizioni in materia di rischio idraulico di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n.49"). In particolare, l'Art. 11 cita:

“Art. 11 - Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti
...nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).”

L'Art. 8 comma 1 cita invece:

“Art. 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

- a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;*
- b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;*
- c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”*

Riassumendo:

- l'area è soggetta ad alluvioni poco frequenti, pertanto gli interventi di nuova costruzione possono essere realizzati in quanto verrà effettuata una sopraelevazione del piano finito dell'area oggetto di intervento, senza generare peraltro un aggravio delle condizioni di rischio idraulico nelle aree limitrofe, come scaturito dal confronto tra stato di fatto e stato di progetto condotto nel precedente Paragrafo 4.6;
- l'art. 8 cita che *“la gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzata al raggiungimento **almeno** di un livello di rischio medio R2”*. Essendo l'area in progetto **non allagabile** per tempi di ritorno minori o uguali a 200 anni (risultato del qui appena esposto studio idraulico), come visualizzabile all'interno della “Matrice del Rischio” riportata in Figura 12 il rischio massimo applicabile alla seguente casistica risulta essere pari alla classe di “rischio medio R2”;
- come dimostrato all'interno del Paragrafo 4.5, risulta verificata la prescrizione dettata dall'Art. 198 comma 10 contenuta all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico del Comune di Fucecchio, secondo cui gli interventi devono rispettare:

- la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 50 cm, per il piano di calpestio dei nuovi fabbricati** (ovvero il fabbricato di media vendita contenuto all'interno dell'area commerciale in progetto);
- la quota di sicurezza data dal battente **Tr200 + 30 cm, per le infrastrutture viarie.**

Per le suddette ragioni si considera lo stato di progetto inerente al presente Piano Attuativo **idraulicamente compatibile** con la piena di riferimento del fiume Arno avente tempo di ritorno pari a 200 anni.

5. INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DEL D.P.C.M. 5 NOVEMBRE 1999, N.226

5.1 Inquadramento normativo finalizzato all'applicazione del principio di invarianza idraulica

Ai fini del dimensionamento dei sistemi di invarianza idraulica necessari per il seguente Piano Attuativo si sono seguite le disposizioni riportate all'interno del D.P.C.M. 5 novembre 1999 n. 226 "Approvazione del piano stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del bacino del fiume Arno".

In particolare, in Figura 32 si riporta estratto della "Carta guida delle Aree Allagate" (elaborata sulla base degli eventi alluvionali significativi, posteriori e comprendenti quello del novembre 1966, rappresenta una carta che fornisce indicazioni di pericolosità), dove si può visualizzare che l'area oggetto di intervento ricade all'interno delle "Aree interessate da inondazioni eccezionali".

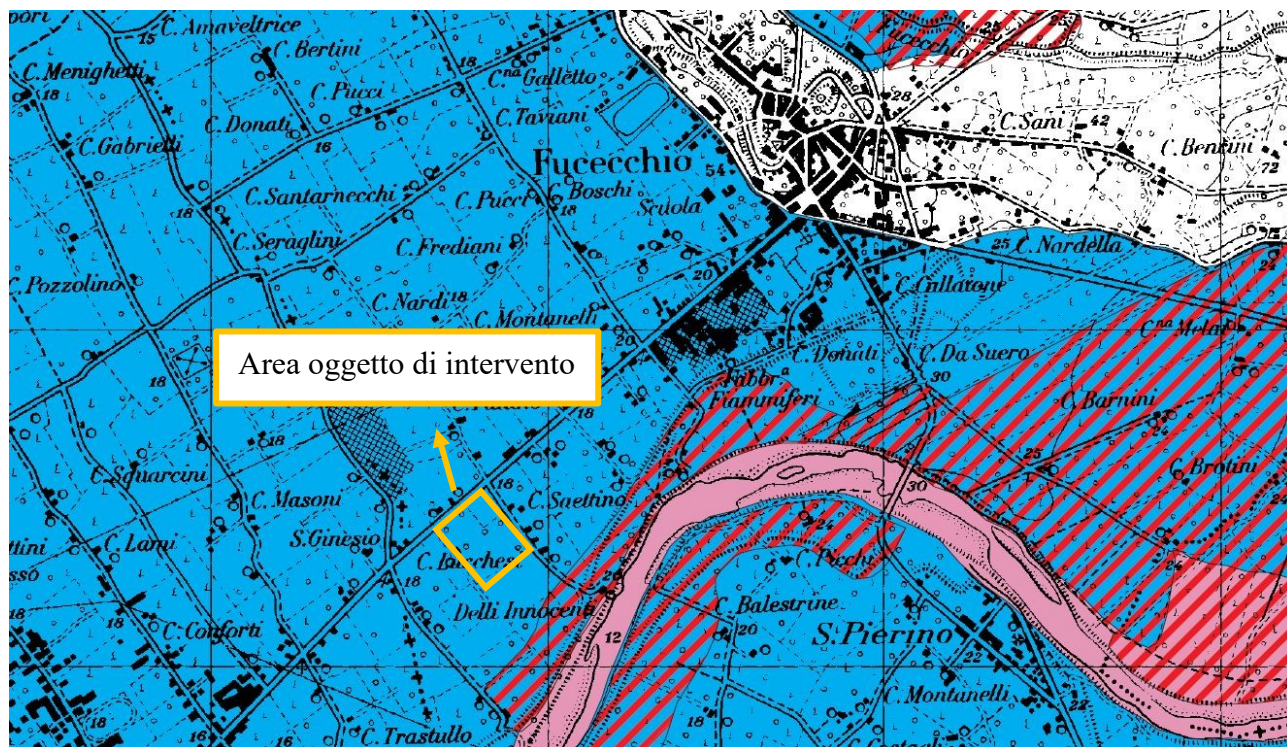


Figura 32 – Estratto della "Carta guida delle Aree Allagate".

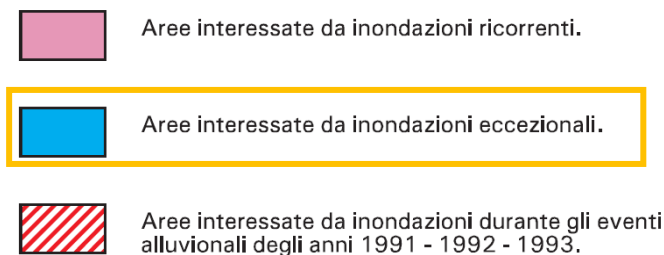


Figura 33 – Legenda della "Carta guida delle Aree Allagate".

Si riporta ora estratto della Norma 6 del suddetto D.P.C.M.:

“Norma 6 – Carta guida delle aree allagate

*... 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 proponente 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 alla mitigazione di tale rischio, da realizzarsi contestualmente all’esecuzione delle opere richieste.**”*

A tal fine è necessario quantificare l’incidenza in termini di contributi della riduzione della permeabilità dei suoli, e successivamente individuare soluzioni tecniche (quali appunto il dimensionamento di opportuno sistema di laminazione) per consentire l’accumulo temporaneo delle acque prima del suo rilascio, in modo da ottenere effetti analoghi alla condizione pre-intervento (cioè quella relativa allo stato di fatto).

Nei Capitoli appositi è stata quindi effettuata la distinzione tra:

- area commerciale (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 8);
- area residenziale di futura progettazione (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 9);
- area a verde attrezzato da cedere al Comune (per maggiori dettagli Capitolo 10);

per le quali sono stati dimensionati separati invasi di laminazione, utilizzando differenti metodologie di calcolo.

Si riassume ora brevemente l’iter che è stato seguito per rispettare la suddetta norma:

- il dimensionamento dei dispositivi di laminazione è stato effettuato considerando come tempo di ritorno di progetto $T=20$ anni;
- le piogge considerate sono state reperite dal SIR (Settore Idrologico e Geologico Regionale) reso a disposizione dalla regione Toscana;
- per quanto riguarda l’area commerciale:
 1. in mancanza di indicazioni a riguardo, il dimensionamento del sistema di laminazione è stato effettuato con una trasformazione afflussi-deflussi mediante il metodo cinematico, basato sul tempo di corrivazione dell’area oggetto di intervento;
 2. ai fini di mantenere in opera le condizioni idrauliche pregresse all’intervento, nell’apposito Capitolo è stata effettuata una verifica idraulica per determinare la portata idraulicamente compatibile defluente all’interno del tubo in PVC DN300, previsto come punto di scarico finale. Tale portata è stata imposta in uscita dal sistema di laminazione tramite impianto di sollevamento, garantendo la corretta continuità idraulica tra stato di fatto e stato di progetto;

- per quanto riguarda l'area residenziale di futura progettazione:
 1. in mancanza di indicazioni a riguardo, il dimensionamento del sistema di laminazione è stato effettuato applicando il metodo delle sole piogge;
 2. ai fini di mantenere in opera le condizioni idrauliche pregresse all'intervento, è stata effettuata un'analisi idrologica tramite l'applicazione del metodo SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number), per la determinazione della portata limite in uscita dal dispositivo di invarianza idraulica. In questo modo, nonostante l'aumento di impermeabilità derivante dal progetto, le condizioni pregresse di deflusso delle acque meteoriche verranno mantenute.
- per quanto riguarda l'area a verde attrezzato in cessione, come da richieste del Comune è stato dimensionato un bacino di infiltrazione in grado di garantire la dispersione delle acque meteoriche scolanti all'interno di tale area. Il dimensionamento del seguente sistema di dispersione è stato effettuato implementando il metodo delle sole piogge, la cui portata in uscita è stata valutata sulla base di indagini idrogeologiche effettuate in sito.

6. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI IN PROGETTO

Il reperimento dei dati di pioggia è stato effettuato consultando il Settore Idrologico e Geologico Regionale (SIR) Toscana, il quale fornisce l'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme LSPP (dette Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica) aggiornate al 2012.

Una volta scaricati i file raster dell'intera regione organizzati in griglie da 1x1 km (visualizzabili in Figura 34), per l'area di interesse si sono estrapolati i parametri a; n per la costruzione delle LSPP.

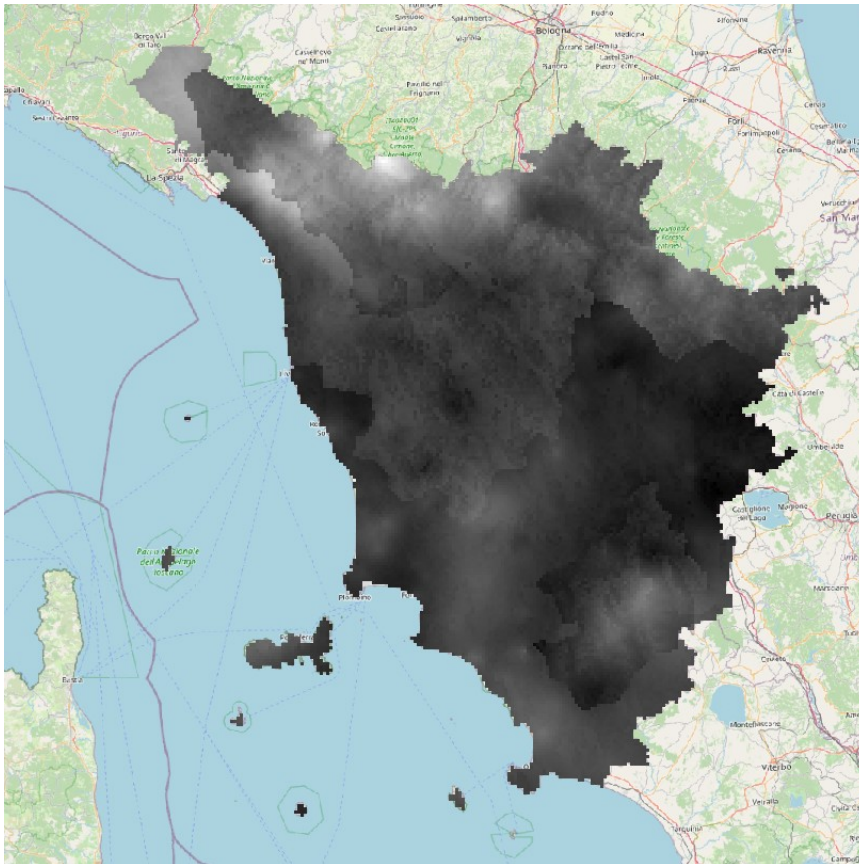


Figura 34 – File raster scaricato dal Settore Idrologico e Geologico Regionale (SIR), organizzato in griglie da 1x1 km e contenente le informazioni relative ai parametri a; n necessari per la costruzione delle LSPP.

I dati reperiti sono riportati in Tabella 6.

Parametri	T=2 anni	T=5 anni	T=10 anni	T=20 anni	T=30 anni
a [mm/ore ⁿ]	23.765	33.526	40.496	47.695	51.947
n [-]	0.24716	0.24368	0.2535	0.26722	0.27481

Tabella 6 – Parametri a,n estrapolati per vari tempi di ritorno di interesse.

La curva posta alla base dei calcoli idraulici è espressa nella nota forma:

$$h = ad^n$$

dove:

- h : altezza di pioggia;
- d : durata di pioggia;
- $a; n$: parametri di definizione della curva LSPP.

Per una maggiore comprensione si riporta ora in Figura 35 il corrispondente grafico, rielaborato tramite foglio Excel.

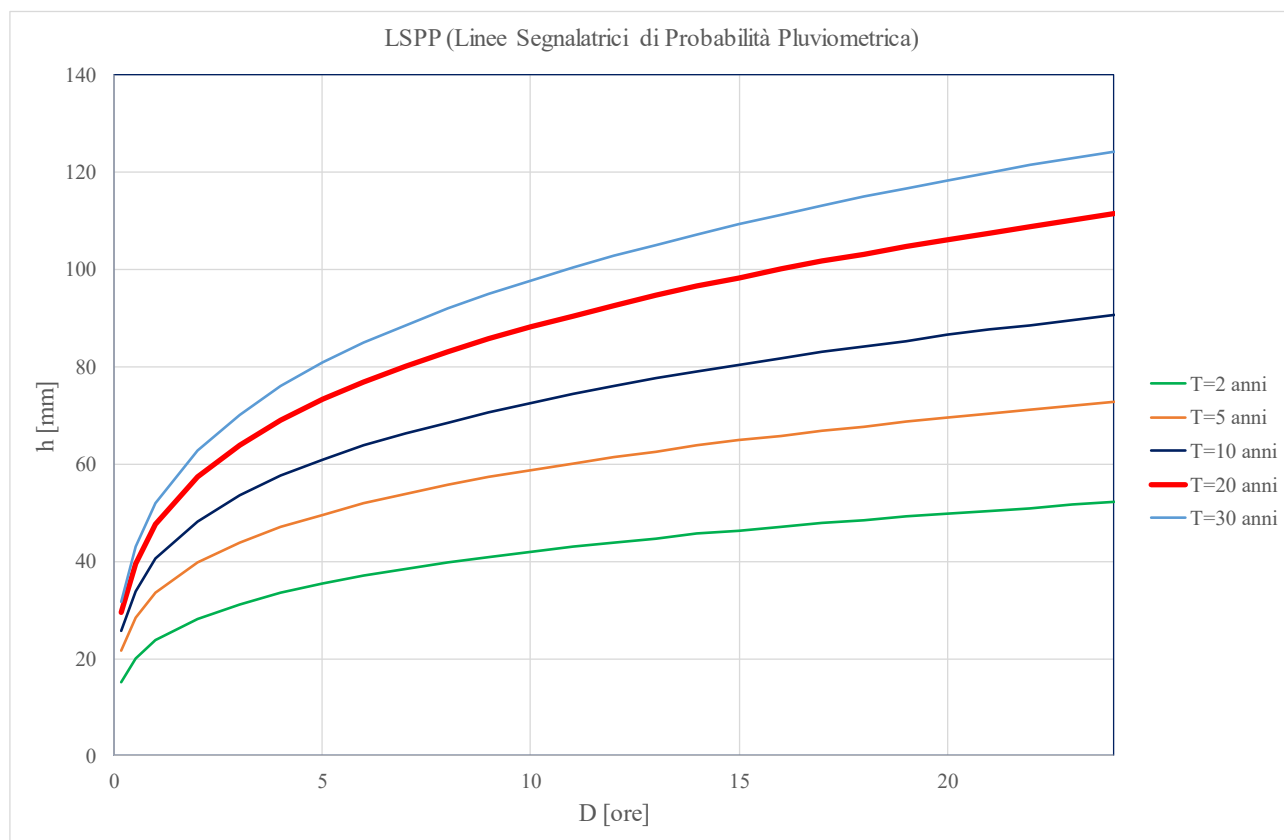


Figura 35 – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP).

7. SUDDIVISIONE AREE IN PROGETTO

Ai fini del dimensionamento dei tre sistemi di laminazione si è effettuata in primo luogo una suddivisione delle aree in progetto.

Si è cercato di raggruppare le suddette aree in tre macro-categorie, a ciascuna delle quali è stato applicato un coefficiente d'afflusso definito come riportato in Tabella 7.

Tipologia superficie	Coefficiente d'afflusso
Aree impermeabili	1
Aree semi-drenanti	0.7
Aree permeabili	0.3

Tabella 7 – Valori standard attribuiti al coefficiente d'afflusso.

La ripartizione è stata effettuata considerando:

- come impermeabili tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- come semi-drenanti i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposte a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- come permeabili tutte le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Si riporta quindi:

- in Tabella 8 le superfici considerate alla base del calcolo idraulico inerenti all'area commerciale in progetto (a cui è stata aggiunta la superficie relativa alla strada di urbanizzazione da realizzare e da cedere al Comune). Si precisa che gli stalli dei parcheggi interni alla seguente area sono stati considerati come semi-drenanti, pertanto la seguente prescrizione andrà rispettata in fase esecutiva;
- in Tabella 9 le superfici considerate alla base del calcolo idraulico inerenti all'area residenziale di futura progettazione;
- in Tabella 10 le superfici considerate alla base del calcolo idraulico inerenti all'area a verde attrezzato in cessione al Comune (nel presente conto sono considerate come semipermeabili le superfici destinate al campo da basket e alla zona con attrezzature fitness, mentre la quota parte restante è considerata come interamente permeabile).

Area commerciale		
Tipologia superficie	Superfici in progetto (m²)	Coefficiente d'afflusso
Superficie tot	10701.00	
Aree impermeabili	6767.00	1
Aree semi-drenanti	2075.00	0.7
Aree verdi	1859.00	0.3
Coefficiente d'afflusso medio ponderale		0.82

Tabella 8 – Superfici in progetto e calcolo del coefficiente di afflusso inerenti all'area di proprietà Lidl.

Area residenziale		
Tipologia superficie	Superfici in progetto (m²)	Coefficiente d'afflusso
Superficie tot	1758.00	
Aree impermeabili	900.00	1
Aree semi-drenanti	0.00	0.7
Aree verdi	858.00	0.3
Coefficiente d'afflusso medio ponderale		0.66

Tabella 9 – Superfici in progetto e calcolo del coefficiente di afflusso inerenti all'area residenziale di futura progettazione.

Area a verde attrezzato da cedere al Comune		
Tipologia superficie	Superfici in progetto (m²)	Coefficiente d'afflusso
Superficie tot	4243.00	
Aree impermeabili	0.00	1
Aree semi-drenanti	921.00	0.7
Aree verdi	3322.00	0.3
Coefficiente d'afflusso medio ponderale		0.39

Tabella 10 – Superfici in progetto e calcolo del coefficiente di afflusso inerenti all'area a verde attrezzato in cessione al Comune.

8. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE A SERVIZIO DELL'AREA COMMERCIALE

8.1 Verifica idraulica tubazione in CLS DN300

Ai fini del dimensionamento del sistema di laminazione a servizio dell'area commerciale in progetto, in data 21 ottobre 2022 è stato effettuato un sopralluogo per ricavare le caratteristiche geometriche del tubo considerato come punto di scarico finale. Esso è visualizzabile in Figura 3 (Capitolo 2) e presenta le seguenti caratteristiche:

- materiale: CLS;
- diametro: 30 cm (DN 300);
- pendenza: in quanto è risultato impossibile rilevare il tratto immediatamente a valle, si è utilizzata una pendenza cautelativa pari allo 0.1%.

La portata defluente all'interno del suddetto tubo è stata ricavata mediante la nota formula di Chézy valida per una sezione qualsiasi avente deflusso pari al moto uniforme (riscontrabile nel caso oggetto di studio).

La suddetta formula assume la seguente espressione:

$$Q = Ak_s(Rh)^{\frac{2}{3}}\sqrt{i}$$

dove:

- A : area bagnata [m^2];
- k_s : coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler. In particolare, per **calcestruzzo usurato in condizione non buone** si assume il valore cautelativo di **60 $m^{1/3}/s$** (utilizzando pertanto un ulteriore fattore di sicurezza rispetto ai valori indicati in Figura 36, la quale riporta valori tipici pari a $70\div 65 m^{1/3}/s$);
- Rh : raggio idraulico, rapporto tra l'area bagnata ed il perimetro bagnato, i cui valori sono ricavabili dalle formule proposte in Figura 37 dove si sono considerate le formule relative alla **sezione circolare**;
- i : pendenza del tratto assunto pari a **0.1%** come da considerazioni riportate sopra.

Tipo di canale	γ [m ^{1/2}]	m [m ^{1/2}]	k_s [m ^{1/3} s ⁻¹]	ϵ [mm]
Pareti di cemento perfettamente liscio. Pareti metalliche con giunti a filo.	0.06	0.12	100÷90	0.15÷0.20
Pareti di cemento non perfettamente liscio. Pareti metalliche con giunti in risalto. Muratura di mattoni molto regolare.	0.16	0.20÷0.25	85÷75	0.40÷1.00
Pareti di cemento non in perfette condizioni. Muratura di mattoni ordinaria.	0.2÷0.36	0.35÷0.55	70÷65	2÷5
Pareti di cemento non liscio. Muratura di mattoni irregolare o di pietrame. Pareti in terra molto regolare senza vegetazione.	0.46	0.55 ÷ 0.75	60	8
Muratura vecchia e in condizioni non buone. Pareti in terra regolare.	0.60÷0.85	0.75÷1.25	50	15÷30
Pareti rivestite con gabbioni o materassi in rete metallica riempiti con pietrame.	1.0	-	45	-
Pareti in terra con erba. Corsi d'acqua naturali regolari.	1.30	1.50	40	70
Pareti in terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	1.75	2.00	35	120÷200
Canali in abbandono con vegetazione alta e abbondante. Corsi d'acqua naturali con grossi ciottoli o con grossi massi sull'alveo.	2.00÷2.30	3.00	30	300÷400

Figura 36 – Valori di scabrezza presenti in letteratura.

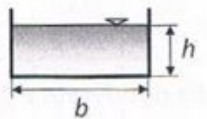
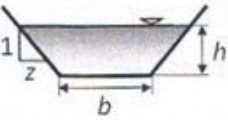
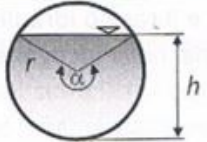
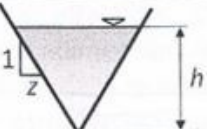
Tipo di sezione	A	P	B
RETTANGOLARE 	hb	$b + 2h$	b
TRAPEZIA 	$h(b + zh)$	$b + 2h\sqrt{1+z^2}$	$b+2zh$
CIRCOLARE $\alpha = 2 \arccos\left(1 - \frac{h}{r}\right)$ 	$\frac{r^2}{2}(\alpha - \text{sen}\alpha)$	$r\alpha$	$2r \text{sen} \frac{\alpha}{2}$
TRIANGOLARE 	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$2zh$

Figura 37 – Area (A), contorno bagnato (P) e larghezza del pelo libero (B) in funzione del tirante (h) per diversi tipi di sezione di canali a pelo libero.

La verifica idraulica eseguita è riportata in Tabella 11.

SEZIONE CIRCOLARE TUBO DI VALLE (STATO DI FATTO)			
DATI			
i	[m/m]	0.001	Pendenza
ks	[m ^{1/3} /s]	60	Gauckler-Strickler CLS ROVINATO
r_r	[%]	70	Rapporto di riempimento
r	[m]	0.15	Raggio interno condotta
RISULTATI VERIFICA IDRAULICA			
h	[m]	0.210	Tirante idrico
alpha	[rad]	3.965	Angolo
alpha	[°]	227.2	Angolo
B	[m]	0.275	Larghezza pelo libero in superficie
A	[m ²]	0.053	Area bagnata
P	[m]	0.595	Perimetro bagnato
Rh	[m]	0.089	Raggio idraulico
Q	[m ³ /s]	0.020	Portata
Q	[l/s]	20	Portata
v	[m/s]	0.378	Velocità

Tabella 11 – Verifica idraulica condotta in corrispondenza del tubo in CLS di valle, al cui interno la portata generata dall'area commerciale deve defluire, al fine di rispettare le condizioni pregresse dell'area anche nel progetto in sede.

È possibile pertanto riscontrare che un'immissione puntuale di portata pari a **20 l/s** nella tubazione in CLS rilevata provocherà un riempimento della sua sezione trasversale pari al **70%**.

Tale valore risulta accettabile (sulla base anche dei valori cautelativi implementati nella verifica appena condotta) ed è stato imposto come portata limite allo scarico dell'invaso di laminazione in progetto.

8.2 Dimensionamento del sistema di laminazione a servizio dell'area commerciale

Per il dimensionamento del sistema di laminazione si è scelto di adottare la trasformazione afflussi-deflussi basata sul metodo cinematico, in cui il parametro fondamentale da definire è il tempo di corrivazione del bacino oggetto di studio.

In base ai parametri prima citati della curva di possibilità pluviometrica (contenuti all'interno del Capitolo 6) è possibile ricavare lo ietogramma di progetto. Quest'ultimo viene rappresentato mediante lo ietogramma costante avente durata D variabile da 1 ora a 24 ore, al fine di individuare la durata critica che massimizzi il volume necessario alla laminazione delle acque meteoriche.

Scelto un passo di calcolo pari a un minuto, si è proceduto confrontando per ogni passo la portata in ingresso e la portata in uscita ricavata all'interno del Paragrafo precedente. La differenza delle due portate, moltiplicata per il passo temporale esaminato, fornisce il volume ΔW di pioggia in ingresso/uscita dal sistema di laminazione. Cumulando tutti i ΔW ottenuti per la totalità dei passi di calcolo, si ottiene il volume totale che occorre garantire per la corretta laminazione delle piogge.

La portata in ingresso è ottenuta applicando il metodo della corrivazione, valutando al j -esimo passo di calcolo il contributo in arrivo al sistema di laminazione dall'area scolante del bacino. L'area totale del bacino è stata suddivisa in un congruo numero di sottoaree ottenute ipotizzando:

- una curva aree/tempi lineare, assunzione verosimile per un bacino di modesta pendenza, altamente impermeabilizzato e di ridotte dimensioni;
- estensione di ciascuna sottoarea A_k funzione del passo di calcolo Δt e del tempo di corrivazione del bacino T_c , secondo la relazione:

$$A_k = A_{tot} \frac{\Delta t}{T_c}$$

- tempo di corrivazione T_c del bacino supposto pari a **9 minuti**, ricavato una volta dimensionata la rete di convogliamento acque meteoriche (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 11 dove sono riportati i dimensionamenti della rete fognaria).

Determinata la curva aree/tempi del bacino, si è proceduto al calcolo dell'idrogramma di piena prodotto dall'evento meteorico considerando una schematizzazione alle differenze finite dell'integrale di convoluzione con passo di calcolo Δt adeguatamente breve. Individuato sullo ietogramma di progetto il passo corrente Δt si valuta l'intensità di pioggia i_j determinata dallo ietogramma per tale j -esimo passo temporale. Si è calcolata dunque l'onda di piena sovrapponendo

le onde elementari prodotte dalle piogge che precipitano nei generici intervalli Δt sulle generiche sottoaree A_k del bacino.

$$Q_k = \sum_{j=1}^k \varphi i_j A_{k-j+1}$$

Dove φ è il coefficiente d'afflusso.

La portata in uscita invece è quella ricavata dalla verifica idraulica al precedente Paragrafo 8.1, pari a **20 l/s**.

Si riporta in Figura 38 il grafico che riporta l'analisi effettuata (per ogni durata di pioggia considerata è stato associato il volume necessario per la laminazione di tale evento meteorico), dove si può vedere che la durata critica è pari a **2 ore**, da cui si ricava un volume di laminazione pari a **344,00 m³**.

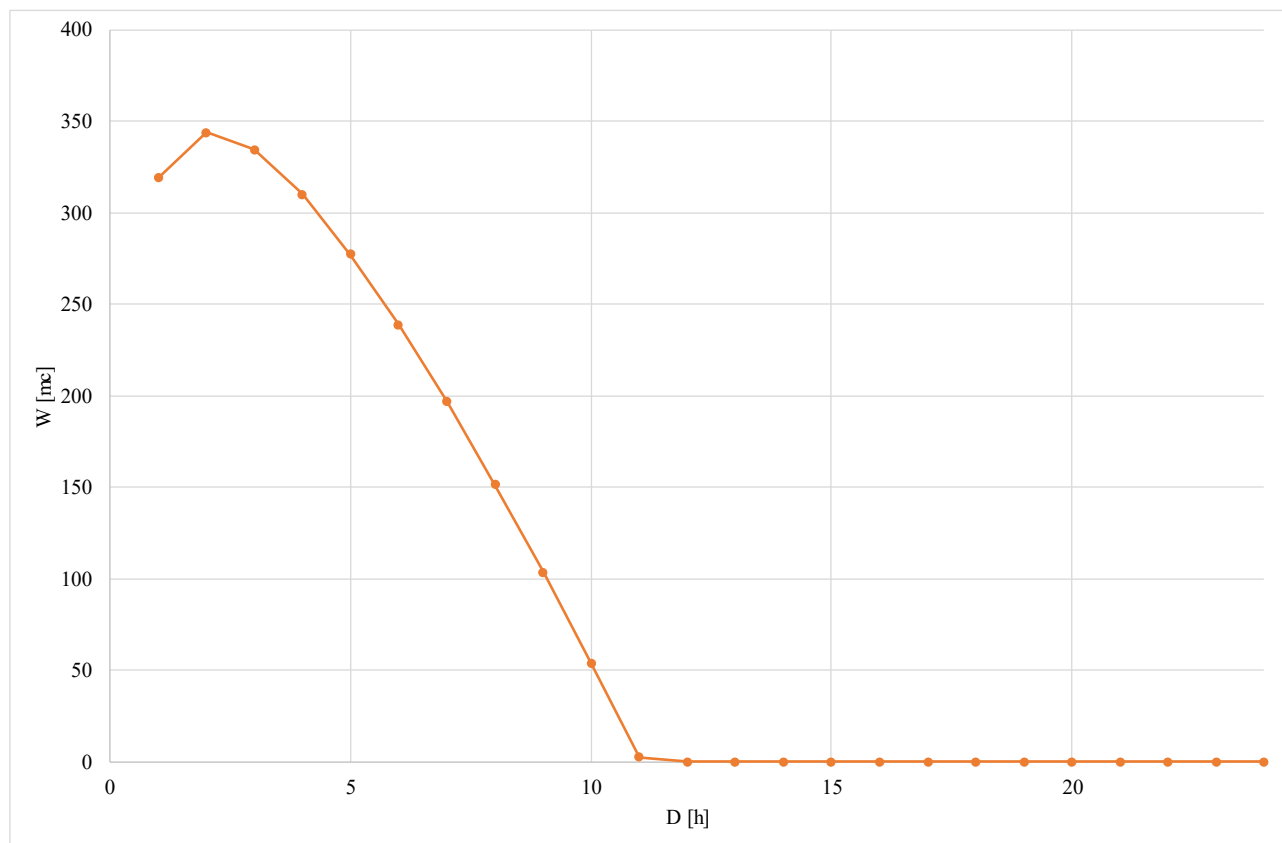


Figura 38 – Durata critica (2 ore) che massimizza il volume di laminazione necessario.

Il volume di laminazione sarà garantito tramite la posa di vasca di laminazione avente come portata in uscita allo scarico i 20 l/s considerati come immissione puntuale all'interno del tubo in PVC DN300 rappresentato in Figura 3, quale punto di scarico finale.

Riassumendo:

- tempo di corrivazione del bacino oggetto di studio nelle condizioni post-intervento: 9 minuti;
- durata critica dell'evento meteorico: 2 ore;
- volume di laminazione necessario: 344 m³;
- portata limite allo scarico: 20 l/s.

9. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE A SERVIZIO DELL'AREA RESIDENZIALE

9.1 Dimensionamento del sistema di laminazione secondo il metodo delle sole piogge

Per il dimensionamento del sistema di laminazione finalizzato al rispetto del principio di invarianza idraulica per l'area residenziale di futura progettazione è stato adottato il "Metodo delle sole piogge", il quale si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori riportati nel Capitolo 7 (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) valutata nel Paragrafo 9.2 in cui verrà effettuata un'analisi idrologica per l'area oggetto di valutazione:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine

della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{\text{lim}} \cdot D$$

La Figura 39 seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_w critica per la laminazione.

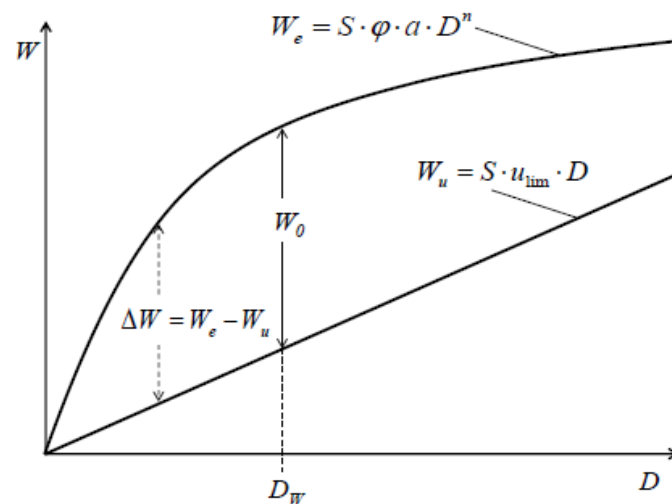


Figura 39 - Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo e considerando per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, si ottengono le seguenti formule che sono state utilizzate per il calcolo del massimo volume di laminazione:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,\text{lim}}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,\text{lim}} \cdot D_w$$

Di seguito lo studio idrologico reso necessario per ricavare la portata limite allo scarico che dovrà garantire il sistema di laminazione.

9.2 Studio idrologico (metodo SCS-CN)

Per ricavare la portata in arrivo ad una prefissata sezione di chiusura dello stato di fatto inerente all'area residenziale, è stato applicato il metodo SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number).

Nello specifico, è noto che una quota parte della precipitazione meteorica non produce deflusso a causa delle perdite idrologiche dovute a vari fenomeni come l'evaporazione, l'intercettazione fogliare, l'immagazzinamento in avvallamenti e l'infiltrazione nel terreno (i fenomeni più rilevanti da un punto di vista quantitativo sono solitamente gli ultimi due).

Si definisce quindi precipitazione totale (o lorda) l'intera quantità di pioggia che cade sul bacino durante l'evento meteorico. Si definisce precipitazione efficace la sola quota parte della precipitazione totale che genera il deflusso diretto (ovvero il deflusso superficiale e quello sotto superficiale più rapido).

La pioggia efficace quindi deriva dallo ietogramma di pioggia lordo depurato dalle perdite idrologiche connesse all'infiltrazione e all'accumulo operato dalle superfici del bacino; nel caso in esame la precipitazione efficace è stata stimata con il metodo proposto dal Soil Conservation Service (SCS).

Il metodo del Curve Number, o metodo CN, proposto dal SCS stima le perdite per infiltrazione ipotizzando che il volume I perduto fino ad un certo istante sia legato al volume massimo S immagazzinabile dal terreno a saturazione dalla stessa relazione di proporzionalità che lega il volume defluito P_e (precipitazione efficace) al volume affluito P_l (precipitazione totale) fino allo stesso istante. Questa ipotesi, completata dall'introduzione di una perdita iniziale I_a (initial abstraction) che tiene in considerazione di tutte le perdite che avvengono prima che il deflusso abbia inizio (come ad esempio l'immagazzinamento nelle depressioni superficiali), porta al calcolo della pioggia efficace attraverso la seguente equazione:

$$P_e = \begin{cases} 0 & \text{se } P_l \leq I_a \\ \frac{(P_l - I_a)^2}{P_l - I_a + S} & \text{se } P_l > I_a \end{cases}$$

Dove I_a viene assunto pari a:

$$I_a = 0.2S$$

Ottenendo la formula per ricavare il deflusso superficiale pari a:

$$P_e = \frac{(P_l - 0.2S)^2}{P_l + 0.8S}$$

La precipitazione totale P_l sarà data invece dai dati pluviometrici estrapolati dal SIR (Settore Idrologico e Geologico Regionale) della Toscana, ed assumerà la classica forma:

$$P_l = ad^n$$

Dove in questo caso d è pari alla durata critica del bacino oggetto di studio e pertanto risulta essere uguale al suo tempo di corrivazione (percorso idraulico più lungo che una singola particella d'acqua effettua per arrivare alla sezione di chiusura del bacino idrografico).

Il volume S (espresso in mm) è ricavato invece dalla seguente equazione in funzione del parametro CN , caratteristico della tipologia e dell'uso del suolo.

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Per quanto riguarda la tipologia del suolo, si può operare una distinzione in quattro gruppi idrologici dalla diversa capacità di infiltrazione e di generazione di deflusso superficiale, così come indicato nella seguente Tabella 12.

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 12 – Classificazione del suolo in gruppi idrologici.

Grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/usocoperturasuolo.html>), è stato possibile determinare il gruppo idrologico in cui ricade la zona oggetto di intervento. Si riporta ora in Figura 40 l'inquadramento dei gruppi idrologici.

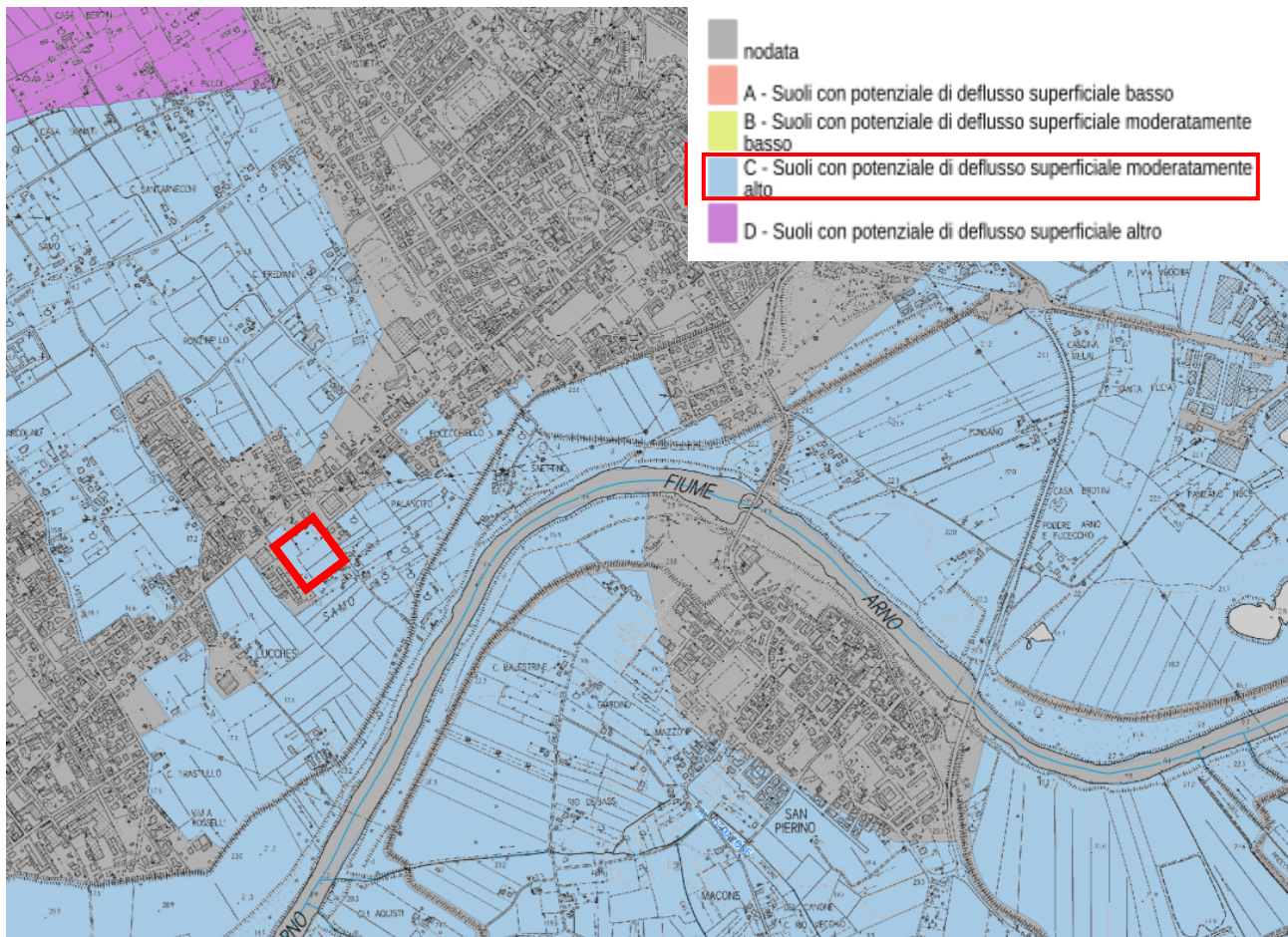


Figura 40 – Carta dei gruppi idrologici USDA.

L'area risulta essere pertanto ricadente all'interno della categoria C **“Suoli con potenziale di deflusso superficiale moderatamente alto”**.

Per ciascun gruppo idrologico si può assegnare un valore di CN riferito a un determinato uso del suolo. Per determinare la tipologia di suolo si è scaricato (sempre dal Geoscopio della Regione Toscana) il dataset in forma poligonale contenente le classi di uso e copertura del suolo individuate secondo la legenda Corine Land Cover.

Se ne riporta un estratto in Figura 41, una volta ritagliato opportunamente lo shapefile fornito sull'area di interesse (effettuato tramite strumento di geoprocessing “clip polygons” all'interno del software Qgis).



Figura 41 – Dataset in forma poligonale (shapefile) contenente i codici CORINE dell’area oggetto di intervento.

Si può visualizzare che la tipologia di suolo ricadente all’interno dell’area oggetto di intervento ha codice CORINE 210. La zona risulta caratterizzata pertanto da: **Seminativi irrigui e non irrigui (210).**

La descrizione dei seguenti codici è riportata in Figura 42.










































RGB	Color	CODICE	Descrizione
230-000-077		111	Zone residenziali a tessuto continuo
255-000-000		112	Zone residenziali a tessuto discontinuo
255-077-077		1121	Pertinenza abitativa, edificato sparso
204-077-242		121	Aree industriali, commerciali e servizi pubblici e privati
204-100-130		1211	Depuratori, depositi di rottami
204-130-130		1212	Impianto fotovoltaico
204-000-000		122	Reti stradali, ferroviarie ed infrastrutture tecniche
204-030-030		1221	Strade in aree boscate
230-204-204		123	Aree portuali
230-204-230		124	Aeroporti
166-000-204		131	Aree estrattive
166-077-000		132	Discariche, depositi di rottami
255-077-255		133	Cantieri , edifici in costruzione
255-166-255		141	Aree verdi urbane
255-166-200		1411	Cimitero
255-230-255		142	Aree ricreative e sportive
255-255-168		210	Seminativi irrigui e non irrigui
255-255-200		2101	Serre
255-220-170		2102	Vivai
230-230-00		213	Risaie
230-128-000		221	Vigneti
242-166-077		222	Frutteti
242-192-104		2221	Arboricoltura
230-166-000		223	Oliveti
230-230-077		231	Prati stabili
255-230-166		241	Colture temporanee associate a colture permanenti
255-230-077		242	Sistemi colturali e particellari complessi
230-204-077		243	Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
242-204-166		244	Aree agroforestali
128-255-000		311	Boschi di latifoglie
000-166-000		312	Boschi di conifere
077-255-000		313	Boschi misti di conifere e latifoglie
204-242-077		321	Pascolo naturali e praterie
166-255-128		322	Brughiere e oespuglieti
166-230-077		323	Vegetazione solerofilla
166-242-000		324	Vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
230-230-230		331	Spiege, dune e sabbie
204-204-204		332	Rocce nude, falesie, rupi, affiorament
204-255-204		333	Vegetazione rada
175-255-170		3331	Cesse parafuoco
000-000-000		334	Aree percorse da incendi

Figura 42 – Codici CORINE associati a ciascuna tipologia di suolo.

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, visualizzabile in Figura 43, riportante i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente all’evento di pioggia considerato (AMCII: Antecedent Moisture Condition Class II). Tale tabella è stata ricavata dal documento “Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS” del novembre 2014, predisposto nell’ambito dell’Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile

e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella regione Toscana.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Figura 43 – Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo. Fonte: Regione Toscana.

Ottenendo:

$$CN(II) = 81$$

Il seguente valore è stato aumentato per tenere conto di una possibile situazione di terreno già imbibito a causa di precipitazioni precedenti l'evento considerato.

Pertanto, si ha il passaggio da classe AMCII (condizioni di umidità precedenti l'inizio dell'evento di tipo standard) a AMCIII (condizioni precedenti molto umide).

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Figura 44 – AMC in funzione della pioggia complessivamente caduta nei 5 giorni precedenti e della stagione.

Il SCS offre la seguente formula di conversione:

$$CN(III) = CN(II) + CN(II)^{0.00673(100-CN(II))}$$

Ottenendo un valore pari a:

$$CN(III) = 82.754$$

Una volta noto il seguente valore, è possibile determinare il valore della massima altezza di acqua immagazzinabile nel terreno (S):

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN(III)} - 1 \right) = 52.94 \text{ mm}$$

Il runoff superficiale (quantità di acqua che non viene assorbita dal terreno) risulta:

$$P_e = \frac{(P_l - 0.2S)^2}{(P_l + 0.8S)} = 18.99 \text{ mm}$$

Pertanto il coefficiente di deflusso (rapporto tra i deflussi superficiali e gli afflussi meteorici) risulta pari a:

$$\varphi = 0.36$$

Il calcolo della portata al colmo defluente nella sezione di chiusura del bacino analizzato viene dedotto dalla classica formula razionale, di espressione:

$$Q = \frac{\varphi h_n A k}{t_c}$$

Dove:

- φ : coefficiente di afflusso;
- h_n : pioggia netta (coincidente con la pioggia totale P_l) [mm];
- A : area del bacino scolante [Km²];
- k : coefficiente di conversione che lega le grandezze con unità di misura diverse, pari a 0.2777;
- t_c : tempo di corrivazione [ore].

Per ricavare il tempo di corrivazione, tra le formule di letteratura proposte vi è la formula di Giandotti, la quale considera estensioni considerevoli di bacini (superiori a 100 Km²). La suddetta formula è stata pertanto successivamente modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione a bacini di piccole dimensioni (minori di 10 Km²), i quali propongono la seguente espressione:

$$T_C = \frac{1}{M \cdot d} \cdot \sqrt{A_b} + 1,5 \cdot L_b$$
$$0,8 \cdot \sqrt{H_m}$$

dove:

- A_b : area del bacino espressa in [Km²];
- L_b : lunghezza asta principale espressa in [Km] (calcolata in maniera speditiva dalla planimetria in formato DWG fornita dalla Committenza);
- H_m : quota media sulla sezione di chiusura espressa in [m] (ricavata dal rilievo topografico effettuato all'interno dell'area nelle condizioni ante-operam che si sta analizzando);
- $M; d$: costanti numeriche che assumono in funzione del tipo di suolo e della permeabilità dei terreni i valori riportati in Figura 45. Dopo un'attenta analisi del terreno in sito, effettuata tramite sopralluogo in data 21 ottobre 2022, si è scelto di considerare come parametri:
 - M : 0,167 (relativo a terreni coperti da prato permanente);
 - d : 0,810 (relativo a terreni mediamente permeabili).

Tipo di copertura	M
Terreno nudo	0,667
Terreni coperti con erbe rade	0,250
Terreni coperti da bosco	0,200
Terreni coperti da prato permanente	0,167
Permeabilità	d
Terreni semi-impermeabili	1,270
Terreni poco permeabili	0,960
Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni molto permeabili	0,690

Figura 45 – Costanti numeriche M;d.

Si ottiene un tempo di corrvazione pari a:

$$t_c = 1.50 \text{ ore}$$

La portata al colmo per tempo di ritorno T=20 anni risulta pertanto pari a:

$$Q_c = 6.17 \frac{l}{s}$$

La portata calcolata è stata imposta come limite del sistema di laminazione in progetto, ai fini del non aggravio del deflusso meteorico rispetto alle condizioni ante-operam.

Si riporta ora in Tabella 13 un riassunto delle grandezze implementate nel metodo SCS-CN.

METODO SCS-CN		
A	[Km ²]	0.001758
L	[Km]	0.04689
Hmax	[m s.l.m.]	17.84
Hmin	[m s.l.m.]	17.48
Δq	[m]	0.1
tc	[ore]	1.50
M	[-]	0.167
d	[-]	0.81
a (T=20 anni)	[mm/ore ⁿ]	47.695
n (T=20 anni)	[-]	0.26722

P_1	[mm]	53.18
CN(II)	[-]	81
CN(III)	[-]	82.754
S	[mm]	52.94
P_e	[mm]	18.99
ϕ	[-]	0.36
Q_c	[mc/s]	0.006168
Q_c	[l/s]	6.17

Tabella 13 – Riassunto calcoli metodo SCS-CN.

9.3 Risultati dimensionamento

Stabilita la portata in uscita al Paragrafo precedente, pari a **6.17 l/s**, si è proceduto al dimensionamento del volume di laminazione.

Implementando le formule idrauliche introdotte al Paragrafo 9.1, in Tabella 14 si riportano i risultati.

DATI		
Q_{lim}	[l/s]	6.17
a (T=20 anni)	[mm/ore ⁿ]	47.695
n (T=20 anni)	[-]	0.26722
RISULTATI		
D_w	[h]	0.57
W_0	[m ³]	34.8

Tabella 14 – Metodo delle sole piogge.

Si riporta ora in Figura 46 il grafico del dimensionamento, dove si può visualizzare la necessità del massimo volume di laminazione proprio in corrispondenza della durata critica riportata nella suddetta Tabella 14 (pari a 0.57 h).

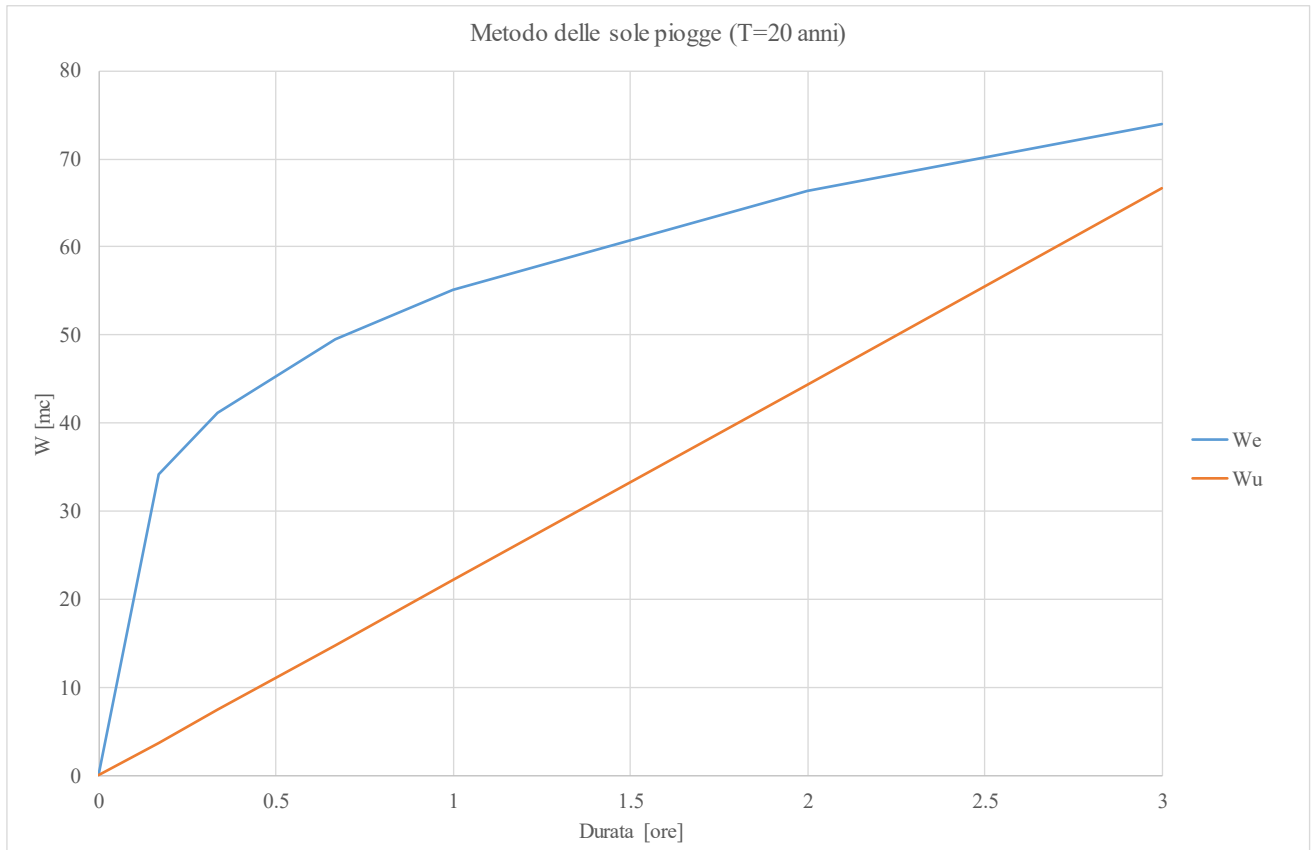


Figura 46 – Metodo delle sole piogge applicato al caso in esame di area residenziale di futura progettazione.

Riassumendo:

- durata critica dell'evento meteorico: 0.57 ore;
- volume di laminazione necessario: 34.8 m³;
- portata limite allo scarico: 6.17 l/s.

Il volume da predisporre per il rispetto del principio di invarianza idraulica in vista di una futura costruzione di edificio residenziale nell'area considerata sarà quindi di circa 35 m³.

10. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DISPERSIONE A SERVIZIO DELL'AREA A VERDE ATTREZZATO

10.1 Indagine idrogeologica

Ai fini di dimensionare il bacino di infiltrazione all'interno dell'area a verde attrezzato da cedere al Comune (per maggiori dettagli si consulti la Tavola 02 presente in allegato), in data 23 novembre 2022 è stata effettuata un'indagine idrogeologica finalizzata al reperimento dei parametri sito specifici del terreno.

L'indagine si è concretizzata attraverso la realizzazione di n. 1 pozzetto esplorativo, all'interno del quale è stata eseguita una prova di permeabilità alla profondità di 1.10 m per caratterizzare i terreni di substrato.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda invece, essa non è stata rilevata per una profondità di scavo pari a 2.00 m.



Figura 47 – Ubicazione trincea esplorativa e prova di permeabilità.



Figura 48 – Particolare trincea esplorativa.

Nella tabella e nel grafico seguenti si riportano le misure registrate durante l'esecuzione della prova di permeabilità a carico variabile ed i relativi grafici “abbassamenti/tempi”:

PROVA K (1,1 m da p.c.)			
Tempo [secondi]	Tempo [minuti]	Livello [cm]	Abbassamento [cm]
0	0.00	20.00	0.00
10	0.17	19.50	0.50
20	0.33	19.00	1.00
30	0.50	18.00	2.00
40	0.67	17.40	2.60
50	0.83	16.30	3.70
60	1.00	15.00	5.00
120	2.00	14.50	5.50
180	3.00	14.00	6.00
300	5.00	13.20	6.80
600	10.00	12.80	7.20
1200	20.00	11.30	8.70
1800	30.00	10.50	9.50

Tabella 15 – Tabella abbassamenti-tempi.

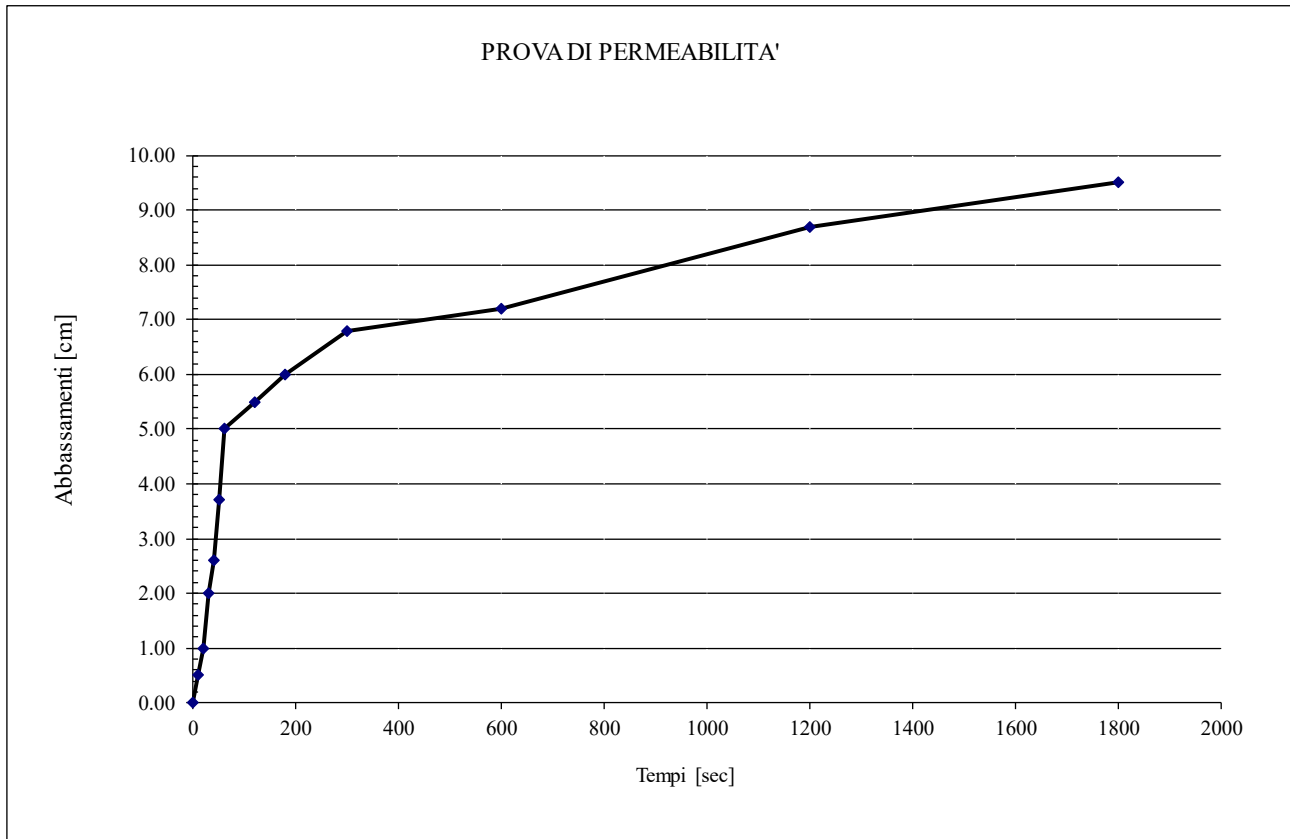


Figura 49 – Grafico abbassamenti-tempi.

Attraverso la prova è stato possibile ricavare la capacità di assorbimento del terreno, definendo il coefficiente di permeabilità-filtrazione K [m/s] con la seguente espressione:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} * \frac{1 + \left(\frac{2h_m}{b}\right)}{\frac{27h_m}{b} + 3}$$

Dove:

- h_1, h_2 : altezze dell'acqua in due istanti di tempo differenti, rispettivamente t_1 e t_2 ;
- d : lato del pozzetto, pari a 40 cm;
- h_m : altezza dell'acqua (media tra h_1 e h_2).

Svolgendo opportunamente i calcoli si ottiene il seguente valore di permeabilità:

$$K = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Il valore calcolato per la prova di permeabilità viene confermato da quelli noti in letteratura per **miscele sabbiose e limose**, come indicato nella seguente Figura 50.

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta			Bassa	BB	Impermeabile			
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini		Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee e compatte			

Figura 50 – Classi di permeabilità (Casadio & Elmi, 1995).



Figura 51 – Particolare di esecuzione della prova di permeabilità in foro.

10.2 Dimensionamento del bacino di dispersione

Il criterio adottato per il dimensionamento dei volumi d'invaso è il già esposto metodo delle sole piogge (per maggiori dettagli teorici si rimanda al Paragrafo 9.1), che considera come portata in uscita Q_u la portata infiltrabile dal sistema disperdente di progetto, ovvero il bacino drenante.

La capacità di infiltrazione può essere quindi stimata con buona approssimazione con la legge di Darcy, impiegabile per un generico sistema di dispersione:

$$Q_F = K \cdot J \cdot A_f$$

dove:

- Q_F portata di infiltrazione [l/s];
- K [m/s] rappresenta la permeabilità del terreno, assunta pari a $7 \cdot 10^{-6}$ m/s;
- J [m/m] è la cadente piezometrica posta unitaria nelle ipotesi che il tirante idrico sulla superficie filtrante sia molto minore dell'altezza dello strato filtrante e che la superficie piezometrica della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente;
- A_f [m²] superficie netta di infiltrazione.

La superficie d'infiltrazione è data nel caso di un bacino drenante dall'area della base dello scavo, che potrà assumere una qualsivoglia forma.

Utilizzando pertanto le formule riportate al Paragrafo 9.1, sono risultati i seguenti volumi di laminazione, **corrispondenti a un'estensione complessiva del bacino drenante di 195 m²**.

Metodo delle sole piogge		
a (T=20 anni)	[mm]	47.695
n (T=20 anni)	[-]	0.267
DW	[h]	7.243
W0	[m ³]	97.3
K	[m/s]	7.000E-06
Altezza utile	[m]	0.5
Area base bacino	[m ²]	195
Q infiltrabile	[m ³ /s]	0.00136
Tempo di svuotamento	[h]	19.8

Tabella 16 – Dimensionamento bacino di infiltrazione.

Riassumendo, le caratteristiche geometriche del bacino di infiltrazione in progetto dovranno essere:

- estensione del bacino pari a 195 m²;
- altezza utile del bacino pari a 0,5 m.

Le acque meteoriche defluiranno quindi al suo interno seguendo la pendenza naturale del terreno, senza rete di convogliamento.

In fase esecutiva potranno essere dettagliate forma e dimensioni del bacino, garantendo comunque le caratteristiche minime qui calcolate. Si ricorda che il franco di sicurezza da mantenere dalla falda è di 1 metro.

11. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI CONVOGLIAMENTO ACQUE METEORICHE INERENTE ALL'AREA COMMERCIALE

Il dimensionamento dello speco delle tubazioni a servizio della rete di raccolta delle acque dei piazzali inerenti all'area commerciale in progetto è stato effettuato ipotizzando un regime di moto uniforme nelle condotte e verificando che il rapporto massimo tra altezza di moto uniforme e il diametro interno della condotta non superasse il valore di 70 %. Le tubazioni proposte nel progetto sono in PVC SN8 mentre il tempo di ritorno di progetto è stato considerato pari a **T=20 anni**.

Indicando con Q_r (m^3/s) la portata di riempimento in condizioni di moto uniforme, k_s il coefficiente di scabrezza ($m^{1/3}/s$), R il raggio idraulico, i la pendenza del collettore e A (m^2) l'area bagnata, ovvero la superficie della sezione trasversale della condotta, tale portata è stata calcolata tramite la nota relazione di Chézy:

$$Q_r = A k_s R^{(2/3)} \sqrt{i}$$

Il valore assunto per il coefficiente di scabrezza k_s è pari a $100 m^{1/3}/s$ per le tubazioni in PVC.

Per il calcolo della portata al colmo Q_C si è ricorso alla Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica riportata al Capitolo 6.

Il parametro n è posto pari a 0,5, essendo la precipitazione di progetto assunta di durata pari al tempo di corrivazione, sicuramente minore di un'ora (in questo caso pari a circa 9 minuti).

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi usato per la stima della portata al colmo è il "metodo cinematico o della corrivazione"; esso si basa sulle seguenti ipotesi:

- 1) le gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare alla sezione di chiusura di questo;
- 2) il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale all'intensità della pioggia caduta nel punto in un istante precedente quello del passaggio della piena del tempo necessario perché detto contributo raggiunga la sezione di chiusura;
- 3) questo tempo è caratteristico di ogni singolo punto e invariante nel tempo.

Ne consegue che esiste un tempo di corrivazione t_c caratteristico del bacino il quale rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura. La portata al colmo della piena critica, calcolata con tale metodo, risulta essere quantificata dalla seguente formula:

$$Q_C = \varphi i S / 360$$

avendo indicato con Q_C la portata al colmo di piena (m^3/s), con ϕ il coefficiente di afflusso medio del bacino, con i (mm/h) l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione e con S la superficie del bacino espressa in ettari.

Il tempo di corrivazione è determinato facendo riferimento al percorso idraulicamente più lungo della rete fognaria sino alla sezione di chiusura considerata; una volta individuata la rete fognaria sottesa dalla sezione di chiusura e delimitati i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, il tempo di corrivazione viene calcolato con la seguente formula:

$$t_c = t_i + t_r$$

dove t_i rappresenta il tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario e t_r il tempo di rete. Tale intervallo di tempo è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete:

$$t_r = \sum_i L_i / (1,5 V_i)$$

dove L_i sono le lunghezze delle canalizzazioni mentre V_i le velocità di moto uniforme che assume la portata di riempimento nella condotta (Ippolito, 1993). Per la determinazione del tempo di accesso si è adottato un valore di **7 minuti**, che può essere considerato caratteristico per un bacino di dimensioni così ridotte.

Per quanto concerne il coefficiente di afflusso esso è stato assunto pari a:

- 1 per tutte le superfici impermeabili, quali piazzali del parcheggio e la copertura del fabbricato;
- 0,7 per tutte le superfici semipermeabili, quali stalli dei parcheggi.

Il procedimento di calcolo seguito può essere schematizzato per punti:

- 1) scelta di un diametro per la condotta;
- 2) calcolo della portata di riempimento Q_r e velocità a riempimento v_r della condotta in condizioni di moto uniforme;
- 3) determinazione dell'area sottesa alla sezione di calcolo per il singolo tronco di condotta;
- 4) determinazione del tempo di corrivazione;
- 5) calcolo dell'intensità di pioggia corrispondente a tale intervallo di tempo per tempo il tempo di ritorno prefissato;
- 6) calcolo della portata al colmo di piena defluente Q_C ;
- 7) calcolo dell'altezza di moto uniforme h in condotta per una portata pari a Q_C , tramite la relazione di Chézy;
- 8) calcolo del rapporto di riempimento r_r dato dal quoziente h/D .

Nella seguente Tabella 17 sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la rete. La Tavola 02 riporta l'ubicazione delle condotte delle opere accessorie, quali caditoie, pozzetti e sistema di laminazione.

In	Out	Superficie	DN	i	L	Tc	Qc	h	r (h)	v
[-]	[-]	[m ²]	[-]	[m/m]	[m]	[min]	[l/s]	[m]	[-]	[m/s]
B01	B02	187.73	160	0.002	19.28	7.43	7.07	0.10	0.67	0.56
B02	B03	423.69	250	0.002	18.59	7.73	15.64	0.12	0.52	0.69
B03	B04	1108.58	315	0.002	14.12	8.67	41.34	0.19	0.65	0.87
B05	B06	195.59	160	0.002	19.2	7.42	7.37	0.10	0.69	0.56
B06	B07	460.79	250	0.002	18.8	7.73	17.00	0.13	0.55	0.70
B07	B08	733.62	315	0.002	19.5	8.01	26.60	0.15	0.49	0.78
B08	B09	906.54	315	0.002	25.25	8.36	32.17	0.16	0.55	0.82
B04	B09	1211.45	315	0.002	8.1	8.78	44.65	0.20	0.69	0.88
B09	B10	2177.14	400	0.002	15	8.96	77.33	0.24	0.65	1.02
B10	B11	2356.49	400	0.002	15	9.14	82.68	0.26	0.68	1.03
B11	VASCA	2543.06	400	0.002	5.28	9.20	88.72	0.27	0.72	1.04
B12	VASCA	147.63	200	0.002	5	7.10	5.69	0.08	0.41	0.53
B13	VASCA	131.86	200	0.002	5	7.10	5.08	0.07	0.38	0.52
B16	VASCA	61.25	200	0.002	11.2	7.21	2.34	0.05	0.26	0.50
B17	VASCA	262.00	200	0.002	4	7.08	10.11	0.11	0.57	0.61
B18	VASCA	190.25	200	0.002	4	7.08	7.34	0.09	0.47	0.57
B19	VASCA	209.11	200	0.002	6.22	7.12	8.04	0.09	0.50	0.58
B20	B21	110.20	160	0.002	25	7.55	4.11	0.07	0.48	0.50
B21	P09	267.73	200	0.002	6.11	7.67	9.92	0.11	0.57	0.61
P09	B22	267.73	200	0.002	25	8.15	12.32	0.12	0.65	0.64
B22	B03	481.28	250	0.002	19.6	8.47	19.67	0.14	0.60	0.72
P01	P02	-	250	0.002	10.2	-	21.63	0.15	0.64	0.74
P02	P03	-	315	0.002	9.35	-	37.66	0.18	0.61	0.85
P03	P04	110.13	400	0.002	9.35	7.24	57.89	0.20	0.54	0.95
P04	P05	110.13	400	0.002	9.7	7.36	73.89	0.24	0.63	1.01
P05	P06	110.13	500	0.002	9.35	7.46	89.90	0.23	0.49	1.06
P06	P07	217.57	500	0.002	10.36	7.56	109.91	0.26	0.55	1.12
P07	P08	217.57	500	0.002	5.51	7.62	125.91	0.28	0.60	1.15

P08	B15	217.57	500	0.002	5.5	7.68	141.91	0.31	0.65	1.18
B15	B14	279.37	500	0.002	11.56	7.80	144.12	0.31	0.66	1.19
B14	VASCA	385.59	500	0.002	6.21	7.86	147.97	0.32	0.67	1.19

Tabella 17 – Dimensionamento rete di convogliamento acque meteoriche.

Come evidenziato in Tabella 17, i rapporti di riempimento garantiscono un franco adeguato nelle tubazioni e le velocità sono sempre maggiori di 0,5 m/s, consentendo l'autopulizia delle condotte. Sempre nella suddetta tabella si può visualizzare il tempo di corrivazione totale dell'area oggetto di intervento (quale tempo idraulico più lungo presente all'interno della rete) pari a **9 minuti**, utilizzato nel calcolo idraulico in merito al dimensionamento del sistema di laminazione (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 8).

In merito invece alla tubazione che farà confluire i deflussi verso il punto di scarico finale (quale tubazione in CLS DN300), il suo dimensionamento è stato effettuato considerando come portata idrica i 20 l/s in uscita dall'invaso di laminazione (valore ricavato al Capitolo 8).

Per la seguente si prescrive un diametro **DN250 con pendenza 0.2%**.

In	Out	DN	i	Qc	h	r (h)	v
[-]	[-]	[-]	[m/m]	[l/s]	[m]	[-]	[m/s]
B23	B24	250	0.002	20.00	0.14	0.60	0.73

Tabella 18 – Dimensionamento condotta di scarico verso il tubo in CLS DN300 considerato come punto finale di scarico del bacino scolante oggetto di studio.

11.1 Progetto di mantenimento della funzionalità idraulica del sistema di scolo delle acque meteoriche (opere di urbanizzazione primaria)

Di seguito si riporta in dettaglio la proposta per il mantenimento della funzionalità idraulica del sistema di scolo delle acque meteoriche sull'area oggetto di studio, considerata come opera di urbanizzazione primaria all'interno del presente progetto.

Come anticipato nel Capitolo 2, il tratto evidenziato in verde in Figura 8 risulta impossibile da dismettere in quanto a monte di via Luigi Banti vi è la provenienza di un fosso di raccolta di acque di scolo, la continuità idraulica va pertanto garantita.

È stato quindi effettuato il dimensionamento di una tubazione interrata (di materiale designato PVC SN8), il cui tracciato è visualizzabile all'interno della Tavola 02 presente in allegato.

Le caratteristiche geometriche necessarie inerenti al tubo in PVC DN300 di collegamento tra fosso a monte di via Luigi Banti e area in oggetto sono state reperite in fase di sopralluogo in data 21 ottobre 2022:

- materiale: PVC;
- diametro: 30 cm (DN 300);
- pendenza: 0.08%.

In via cautelativa si è optato per effettuare la verifica idraulica considerando il funzionamento del seguente tubo in condizioni prossime al completo riempimento (grado di riempimento pari al 95%). Facendo ciò si potrà garantire la continuità idraulica del tratto esistente anche in condizioni post-operam, andando a progettare una tubazione in grado di far defluire la portata critica del tubo esistente in condizioni di normale funzionamento idraulico (per un grado di riempimento ragionevole pari a 70%).

La verifica idraulica è stata effettuata sfruttando la nota formula di Chézy già citata all'interno del Paragrafo 8.1, al cui interno i valori di scabrezza di Gauckler-Strickler per il materiale PVC sono stati impostati pari a:

- per il tubo esistente un valore pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (tubazione usurata);
- per il tubo in progetto un valore pari a $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (tubazione nuova).

Si riportano in Tabella 19 i risultati relativi alla tubazione esistente in condizioni ante-operam.

SEZIONE CIRCOLARE TUBO DI MONTE (STATO DI FATTO)			
DATI			
i	[m/m]	0.008	Pendenza RILEVATA
ks	[m ^{1/3} /s]	80	Gauckler-Strickler PVC ROVINATO
r_r	[%]	95	Rapporto di riempimento
r	[m]	0.15	Raggio interno condotta RILEVATO
RISULTATI VERIFICA IDRAULICA			
h	[m]	0.285	Tirante idrico
alpha	[rad]	5.381	Angolo
alpha	[°]	308.3	Angolo
B	[m]	0.131	Larghezza pelo libero in superficie
A	[m ²]	0.069	Area bagnata
P	[m]	0.807	Perimetro bagnato
Rh	[m]	0.086	Raggio idraulico
Q	[m ³ /s]	0.097	Portata
Q	[l/s]	97	Portata
v	[m/s]	1.393	Velocità

Tabella 19 – Portata passante all'interno della tubazione PVC DN300 esistente, in condizioni prossime al funzionamento in pressione (riempimento: 95%).

Ipotizzando il funzionamento prossimo alla pressione del tubo esistente, al suo interno può scorrere una portata pari a 97 l/s.

Tale portata è stata considerata come immissione puntuale all'interno della rete delle acque meteoriche captante i deflussi meteorici provenienti dalla strada di nuova costruzione trasversale a via Luigi Banti e via Gianpiero Alvisi. La Tabella con i relativi dimensionamenti è riportata qui di seguito (si rimanda alla Tavola 02 in allegato per la visualizzazione completa della rete dimensionata).

In	Out	Superficie	DN	i	L	Tc	Qc	h	r (h)	v
[-]	[-]	[m ²]	[-]	[m/m]	[m]	[min]	[l/s]	[m]	[-]	[m/s]
C01	C02	155.00	250	0.002	25.40	5.4	6.83	0.08	0.33	0.55
C02	F01	279.00	250	0.002	7.32	5.5	12.17	0.11	0.45	0.64
C04	C03	88.00	250	0.002	34.67	5.6	3.83	0.08	0.33	0.55
C03	F01	251.00	500	0.002	19.95	5.9	10.61	0.10	0.41	0.62
F01	F02	530.00	500	0.002	10.51	6.0	119.19	0.27	0.58	1.14

F02	F03	620.00	500	0.002	23.86	6.3	122.45	0.28	0.59	1.15
F03	F04	800.00	500	0.002	24.62	6.5	129.18	0.29	0.61	1.16
F04	F05	1042.00	500	0.002	19.08	6.7	138.30	0.30	0.64	1.18
F07	F06	176.00	250	0.002	24.05	5.4	7.78	0.08	0.35	0.90
F06	F05	444.00	250	0.002	28.78	5.9	18.81	0.14	0.58	0.72
F05	F08	1650.00	500	0.002	28.69	7.0	160.99	0.34	0.72	1.21
F08	F09	-	500	0.002	19.25	-	160.99	0.34	0.72	1.21
F09	F10	-	500	0.002	28.75	-	160.99	0.34	0.72	1.21
F10	F11	-	500	0.002	11.65	-	160.99	0.34	0.72	1.21
F11	F12	-	500	0.002	31.40	-	160.99	0.34	0.72	1.21
F12	VASCA	-	500	0.002	11.55	-	160.99	0.34	0.72	1.21

Tabella 20 – Dimensionamento rete di convogliamento acque meteoriche e tubo interrato in progetto.

12. VERIFICA DEL RAPPORTO DI COESISTENZA NUOVA TUBAZIONE INTERRATA E SISTEMA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO A SERVIZIO DELL'AREA COMMERCIALE

Una volta dimensionati:

- il sistema di laminazione necessario per rispettare il principio di invarianza idraulica a servizio dell'area commerciale;
- la tubazione interrata che manterrà il naturale deflusso delle acque scolanti provenienti a monte di via Luigi Banti;

nel presente Capitolo è stato verificato il rapporto di coesistenza sussistente tra i due suddetti manufatti idraulici.

In particolare, come già accennato, si è scelto di far confluire le acque provenienti dalla nuova tubazione interrata all'interno dell'invaso di laminazione progettato per l'area commerciale (avente volume pari a 344,00 m³, per maggiori dettagli si rimanda ai dimensionamenti effettuati al Capitolo 8), siccome la portata defluente verso il punto di scarico finale (quale tubo PVC DN300) risulta già essere quella in uscita dal sopra citato vaso di laminazione e un'ulteriore immissione provocherebbe effetti di rigurgito.

Ai fini della verifica per prima cosa si è ricercata l'effettiva durata critica per la vasca in progetto, la quale va a massimizzare il volume di laminazione richiesto.

Il seguente calcolo è stato effettuato considerando come portata in ingresso al sistema la portata esprimibile dal metodo razionale, avente la seguente espressione:

$$Q = \varphi i S$$

dove:

- φ : coefficiente di afflusso medio ponderale,
- i : intensità dell'evento meteorico, pari a:

$$i = \frac{h}{d} = a d^{n-1}$$

- $a; n$: parametri linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP) per il tempo di ritorno di progetto pari a 20 anni;
- S : superficie totale dell'area oggetto di intervento.

I valori delle superfici e del corrispettivo coefficiente di afflusso implementati nel calcolo idraulico sono riportati in Tabella 21.

Area commerciale		
Tipologia superficie	Superfici in progetto (m ²)	Coefficiente d'afflusso
Superficie tot	6477.32	
Sup impermeabile piazzale parcheggio	2814.11	1
Sup Copertura commerciale	2068.00	1
Sup stalli parcheggio	1595.21	0.7
Coefficiente d'afflusso medio ponderale		0.93

Tabella 21 – Superfici considerate nel calcolo idraulico.

I risultati con i relativi valori di portata sono riportati in Tabella 22.

Superficie tot	ϕ	Intensità	D evento	D evento	Qin	Qin
[m ²]	[-]	[-]	[min]	[h]	[l/s]	[m ³ /s]
6477.32	0.93	116.83	10	0.17	194.67	0.19
6477.32	0.93	82.61	20	0.33	137.66	0.14
6477.32	0.93	67.45	30	0.50	112.39	0.11
6477.32	0.93	58.41	40	0.67	97.34	0.10
6477.32	0.93	52.25	50	0.83	87.06	0.09
6477.32	0.93	47.70	60	1.00	79.48	0.08
6477.32	0.93	42.60	70	1.17	70.99	0.07
6477.32	0.93	38.63	80	1.33	64.37	0.06
6477.32	0.93	28.70	120	2.00	47.82	0.05

Tabella 22 – Calcolo portata critica.

Nota la portata fissata in uscita dal sistema di laminazione (pari a 20 l/s come da considerazioni riportate al Paragrafo 8.1) si è potuto effettuare un confronto tra volume cumulato entrante e volume cumulato uscente al sistema, che ha permesso di ricavare il volume critico in corrispondenza della durata di evento meteorico pari a **70 minuti**.

Si riporta ora in Figura 52 il grafico esplicativo del calcolo effettuato, dove si può visualizzare il volume critico necessario pari a **214.14 m³**.

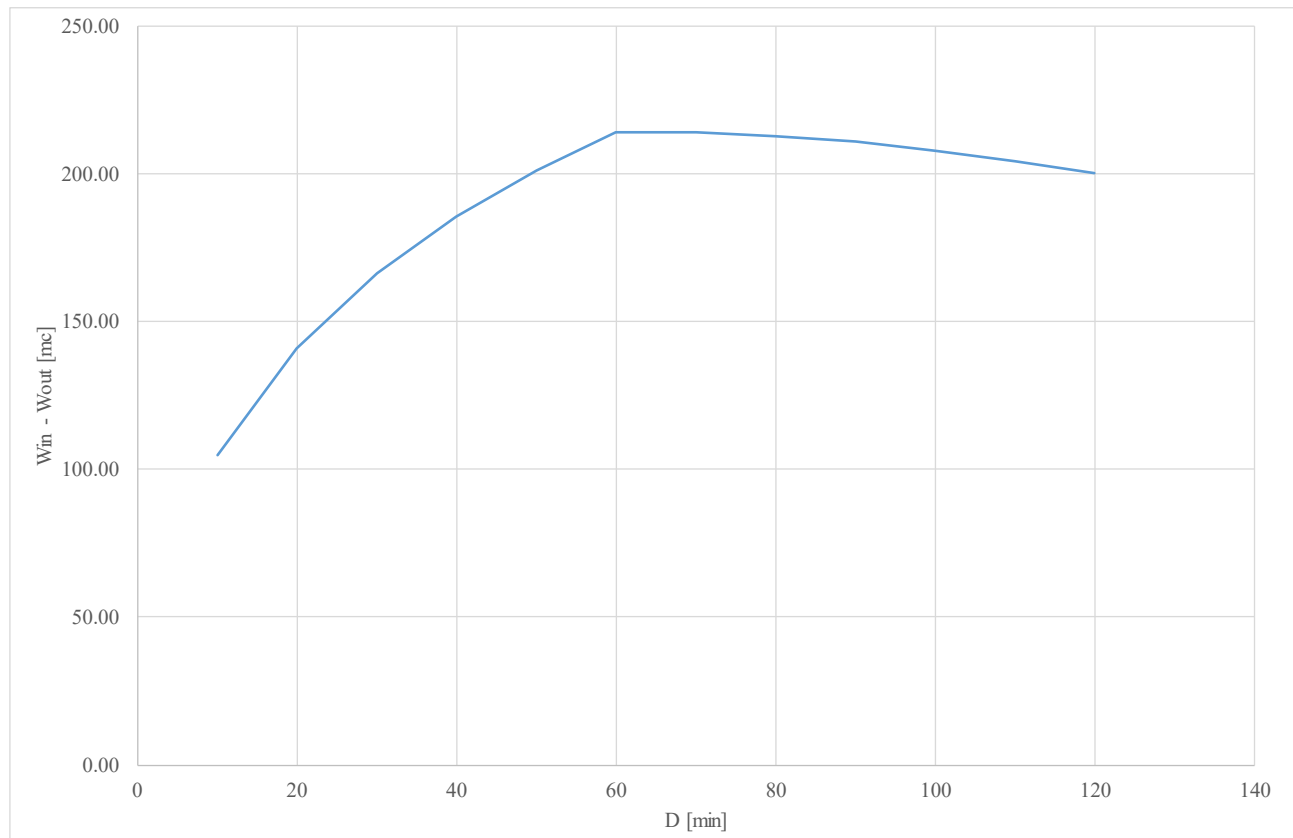


Figura 52 – Volume necessario in corrispondenza della durata critica dell'evento meteorico (70 minuti), pari a $214.40 m^3$.

Il volume rimanente risulta essere pari a:

$$344.00 m^3 - 214.40 m^3 = 129.60 m^3$$

e sarà considerato come volume a disposizione di un ipotetico arrivo di deflussi idrici dalla tubazione PVC DN300.

Non potendo applicare un'analisi idrologica che darebbe risultati vicini alla situazione reale, in quanto sono presenti immissioni laterali di cui non sono ricostruibili le portate, è stato ipotizzato per la durata critica (70 minuti) un'immissione costante di portata proveniente dalla tubazione in progetto (PVC DN300).

Nella seguente Figura 53 è visualizzabile il grafico riportante il confronto dei volumi cumulati entranti ed uscenti al sistema, a cui si sono sommate varie immissioni di portata proveniente dal tratto intubato verso l'invaso in progetto (la portata in uscita è sempre la medesima, pari a 20 l/s).

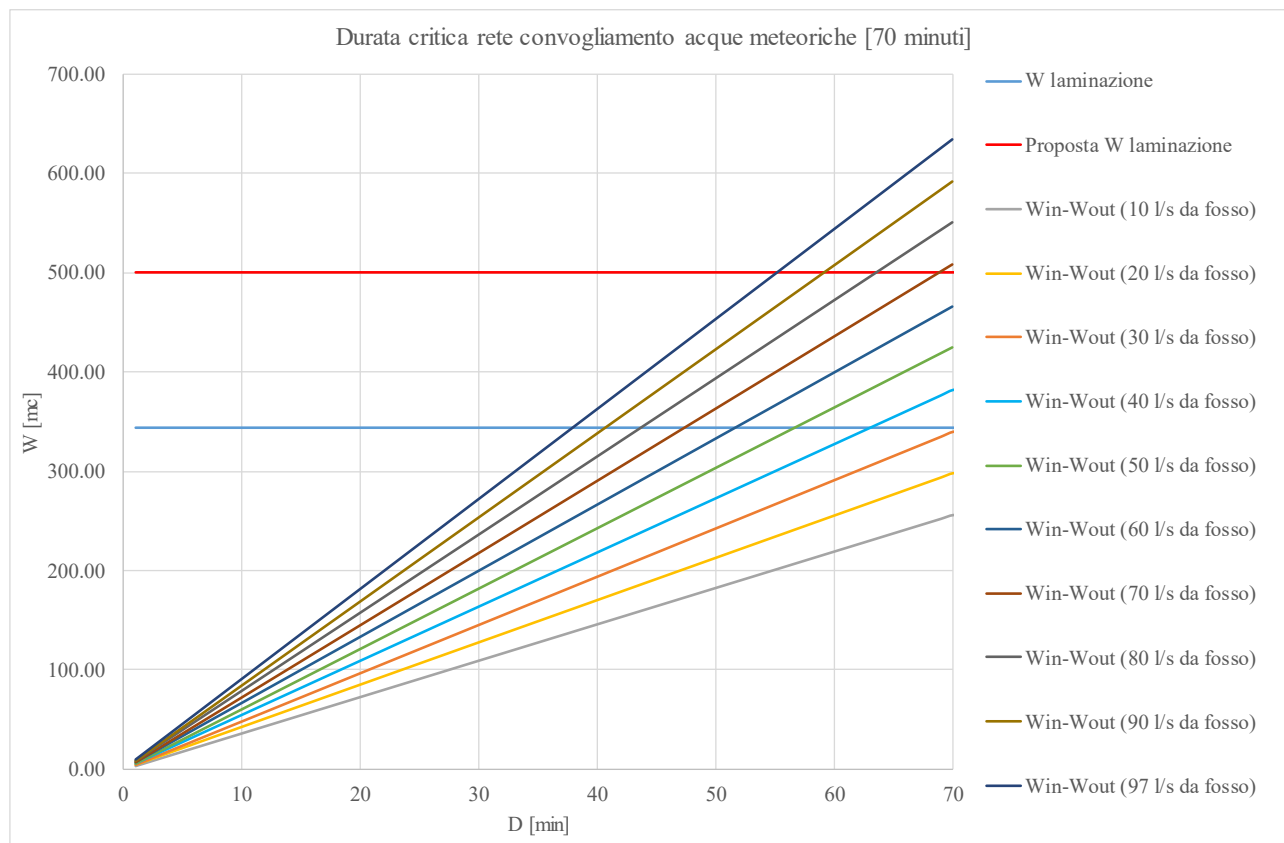


Figura 53 – Rapporto di coesistenza tra volume di laminazione in progetto e fosso esistente interrato.

L'analisi ha tenuto conto dei vari tentativi di immissione comprensivi all'interno del seguente range di portata:

- portata minima pari a 10 l/s;
- portata massima pari a 97 l/s (valore ricavato nella verifica idraulica condotta al Paragrafo 11.1);

si conclude dall'analisi dei risultati del rapporto di coesistenza tra volume di laminazione in progetto e tubazione interrata in progetto di proporre un volume di **500 m³**.

13. ALLEGATI

- Allegato 01: Tavola 01 “Stato di fatto: rete scolante acque meteoriche”;
- Allegato 02: Tavola 02 “Schema planimetrico di progetto della rete delle acque meteoriche”;
- Allegato 03: Sezioni trasversali fiume Arno implementate nel software Hec-Ras 5.0.7;
- Allegato 04: Condizioni al contorno (idrogramma di piena di monte in corrispondenza della sezione AR0333 e livelli idrometrici di valle in corrispondenza della sezione AR0326) implementate nel software Hec-Ras 5.0.7.

Allegato 01

Tavola 01 “Stato di fatto rete scolante acque meteoriche”

Scala 1:500 Planimetria

Scala 1:50 Sezioni trasversali Stato di Fatto

Allegato 02

Tavola 02 “Schema planimetrico della rete delle acque meteoriche”

Scala 1:250

Allegato 03

Sezioni trasversali fiume Arno implementate nel software Hec-Ras 5.0.7

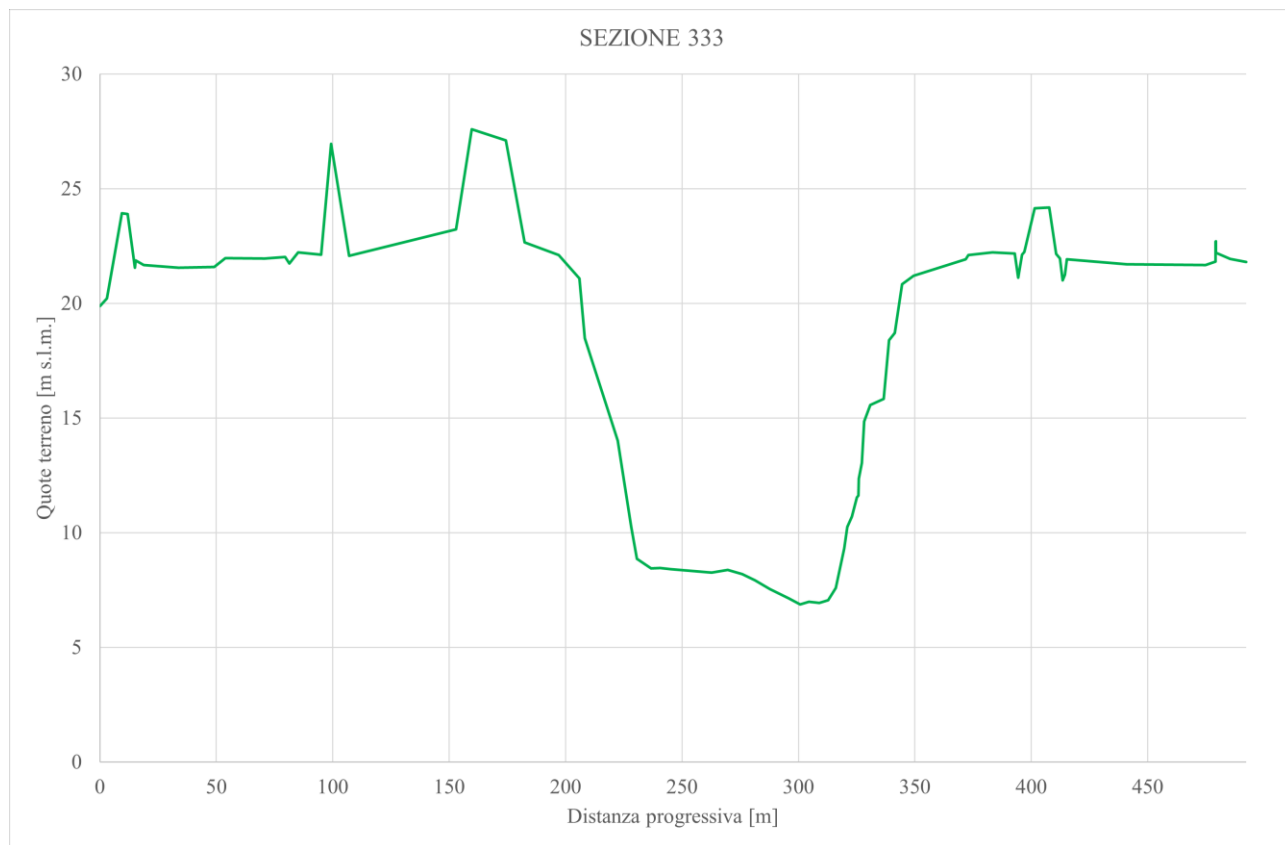


Figura 54 – Sezione trasversale AR0333 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

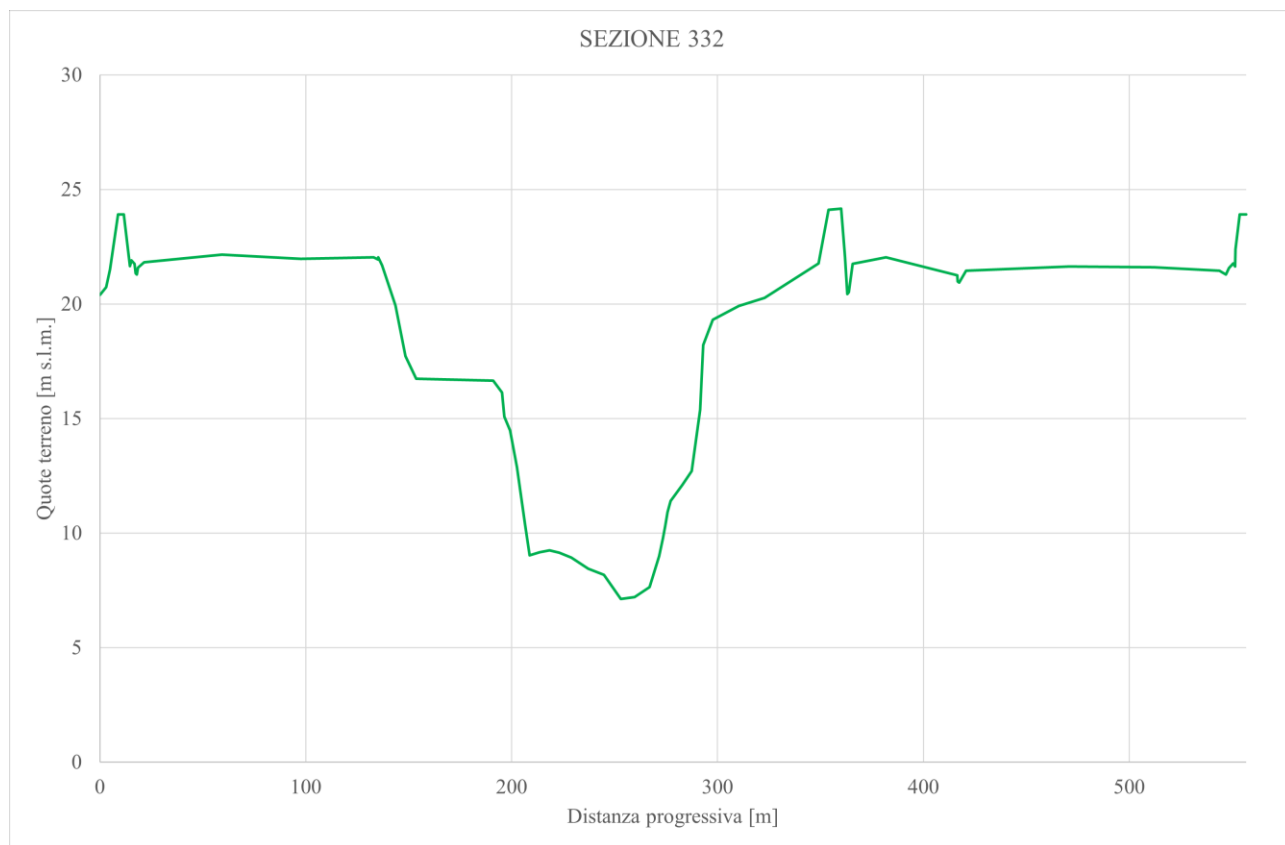


Figura 55 - Sezione trasversale AR0332 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

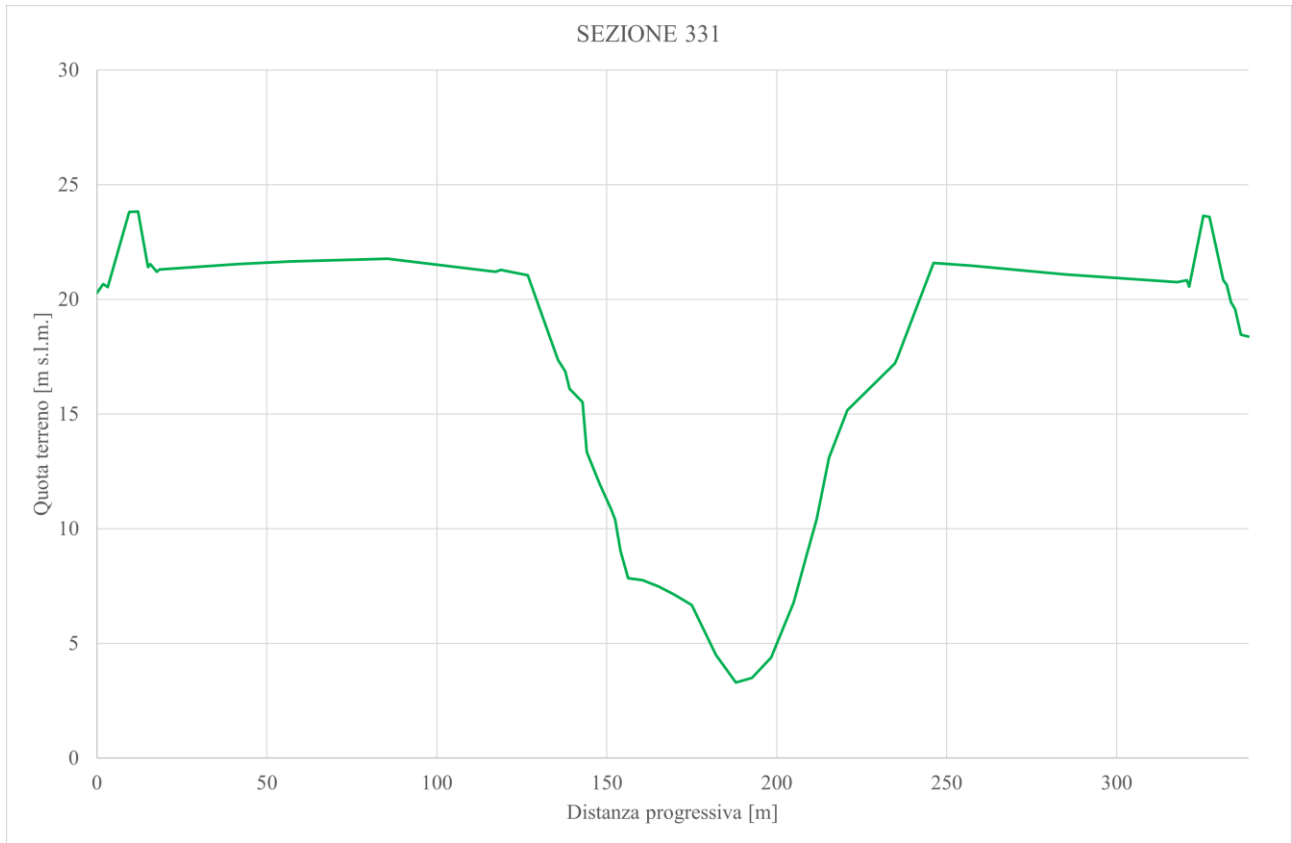


Figura 56 - Sezione trasversale AR0331 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

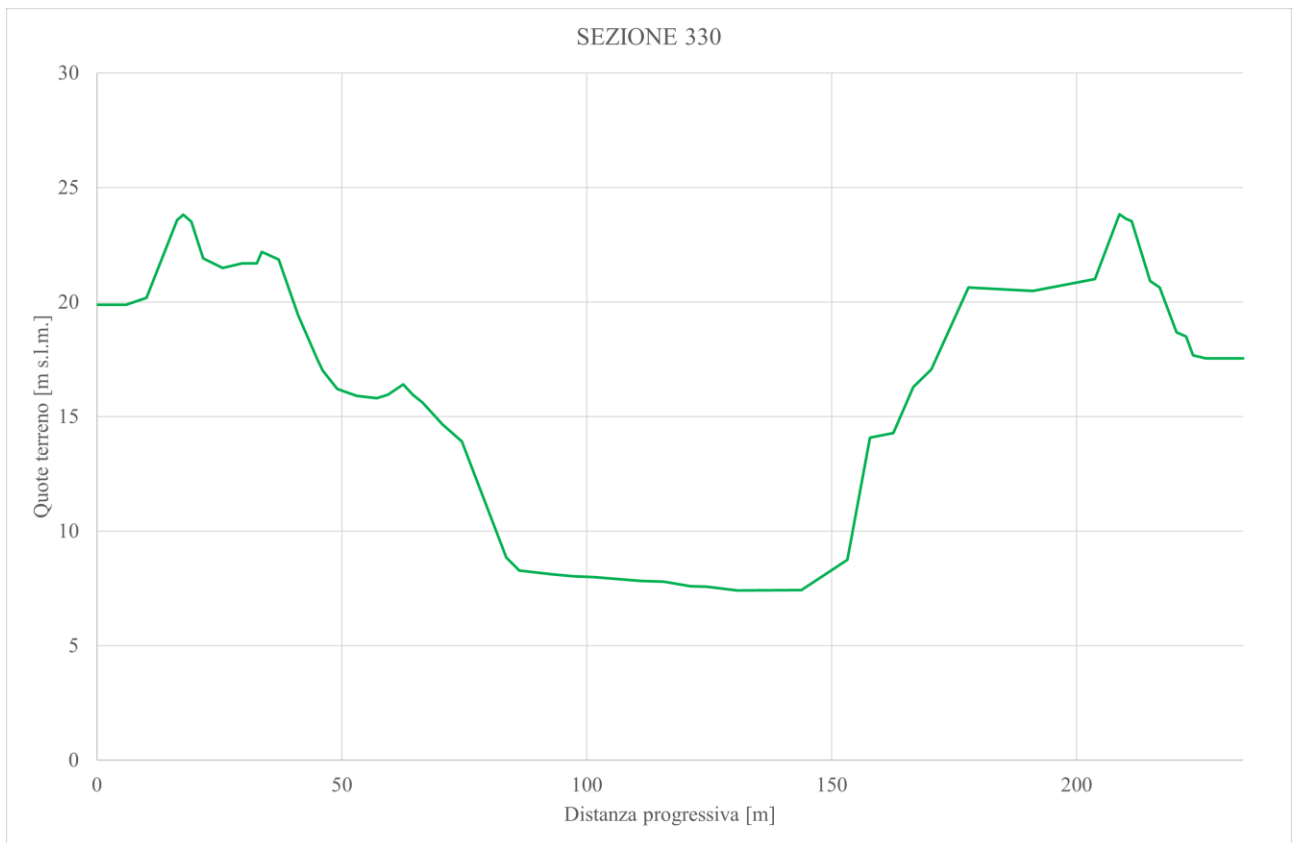


Figura 57 - Sezione trasversale AR0330 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

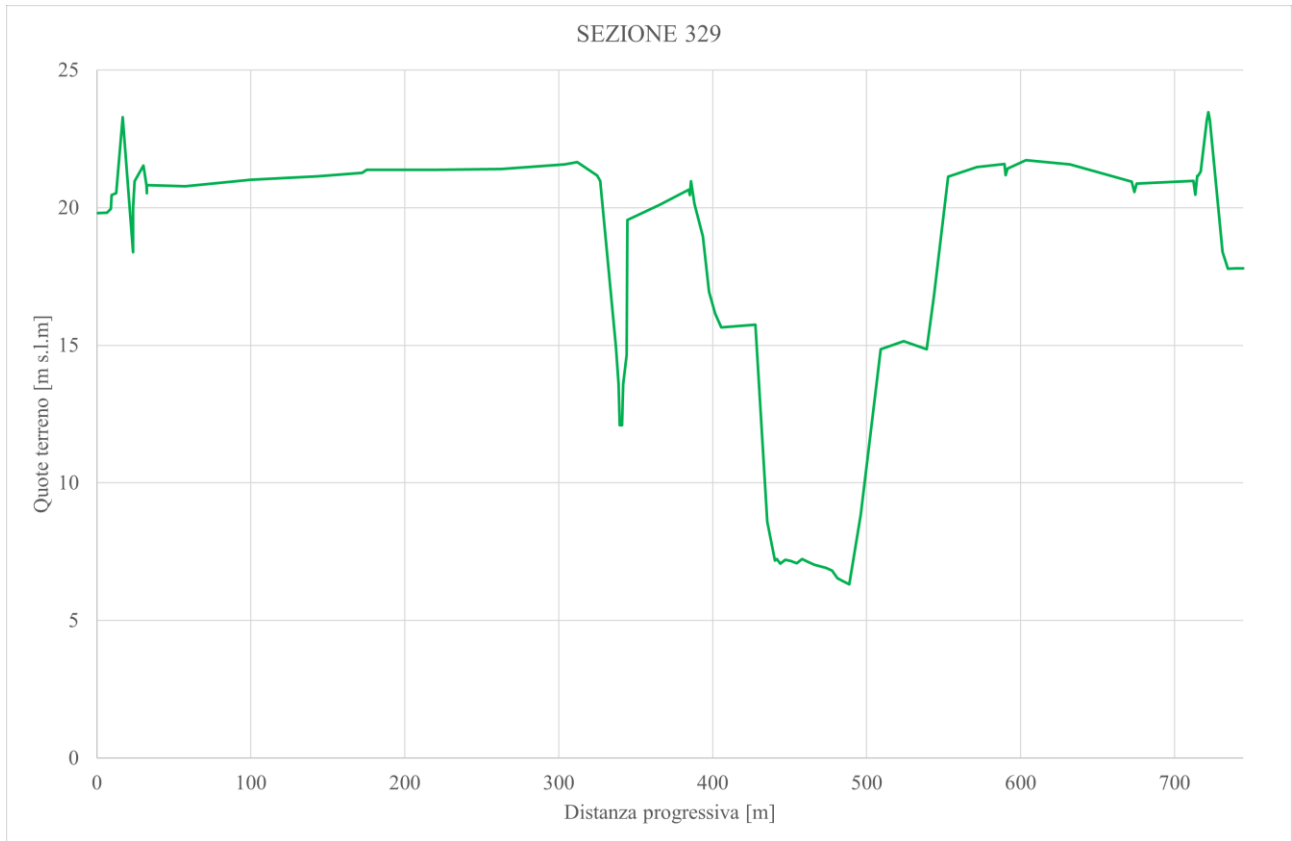


Figura 58 - Sezione trasversale AR0329 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

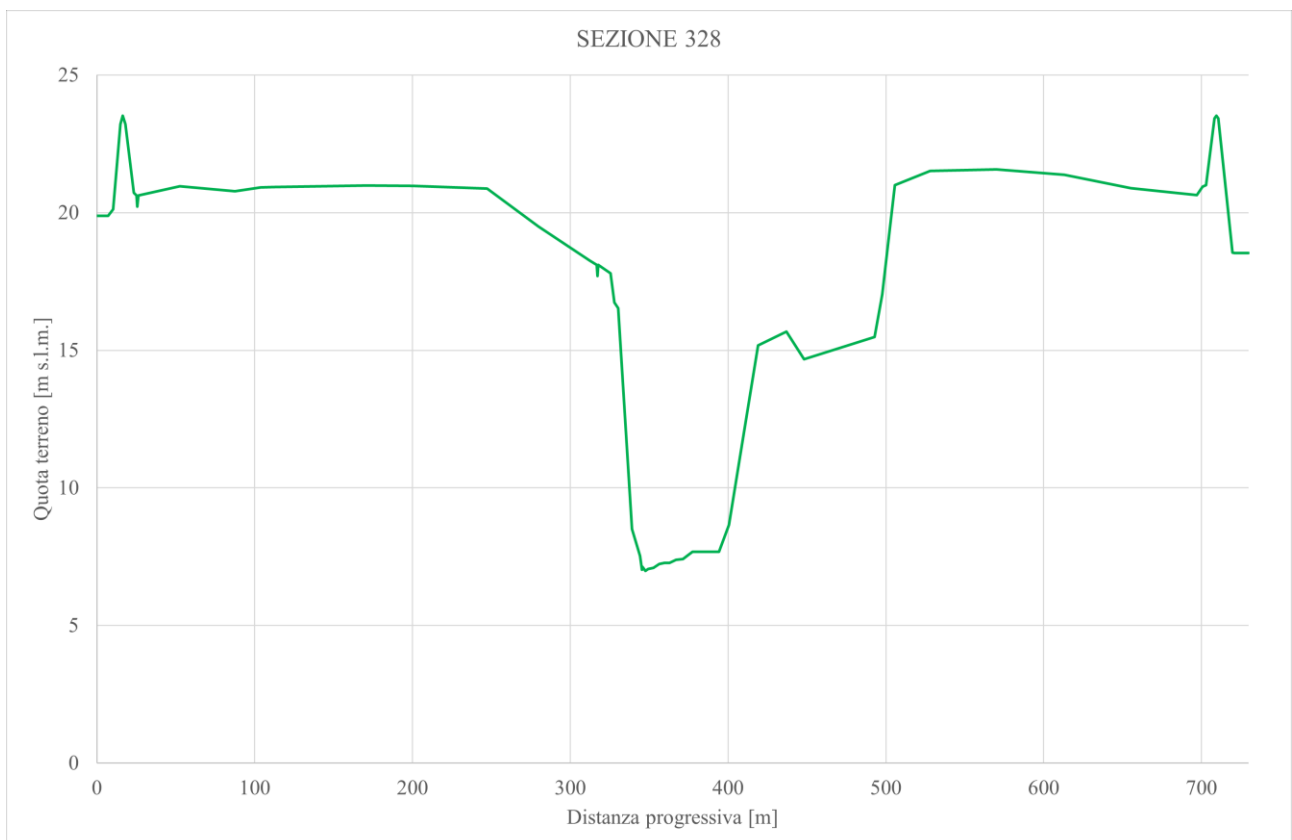


Figura 59 - Sezione trasversale AR0328 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

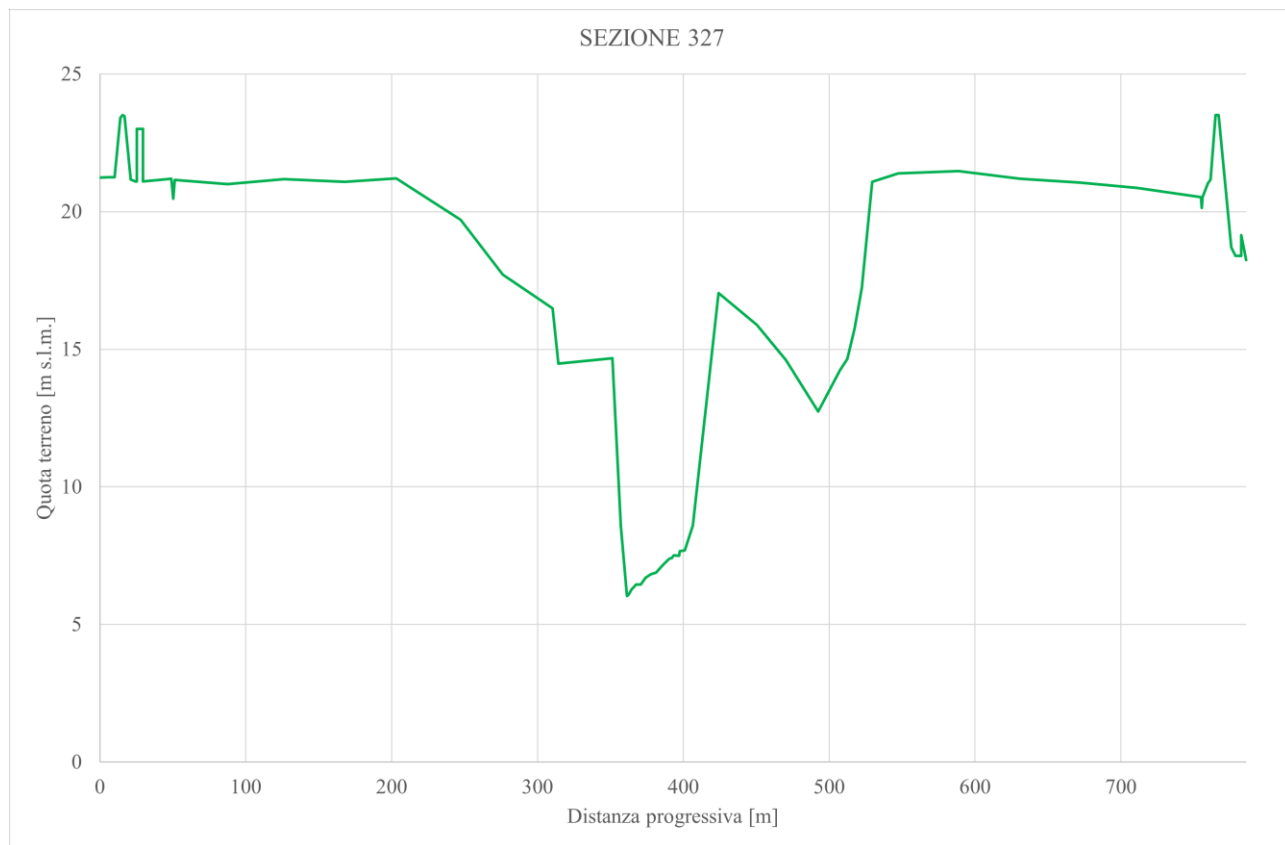


Figura 60 - Sezione trasversale AR0327 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

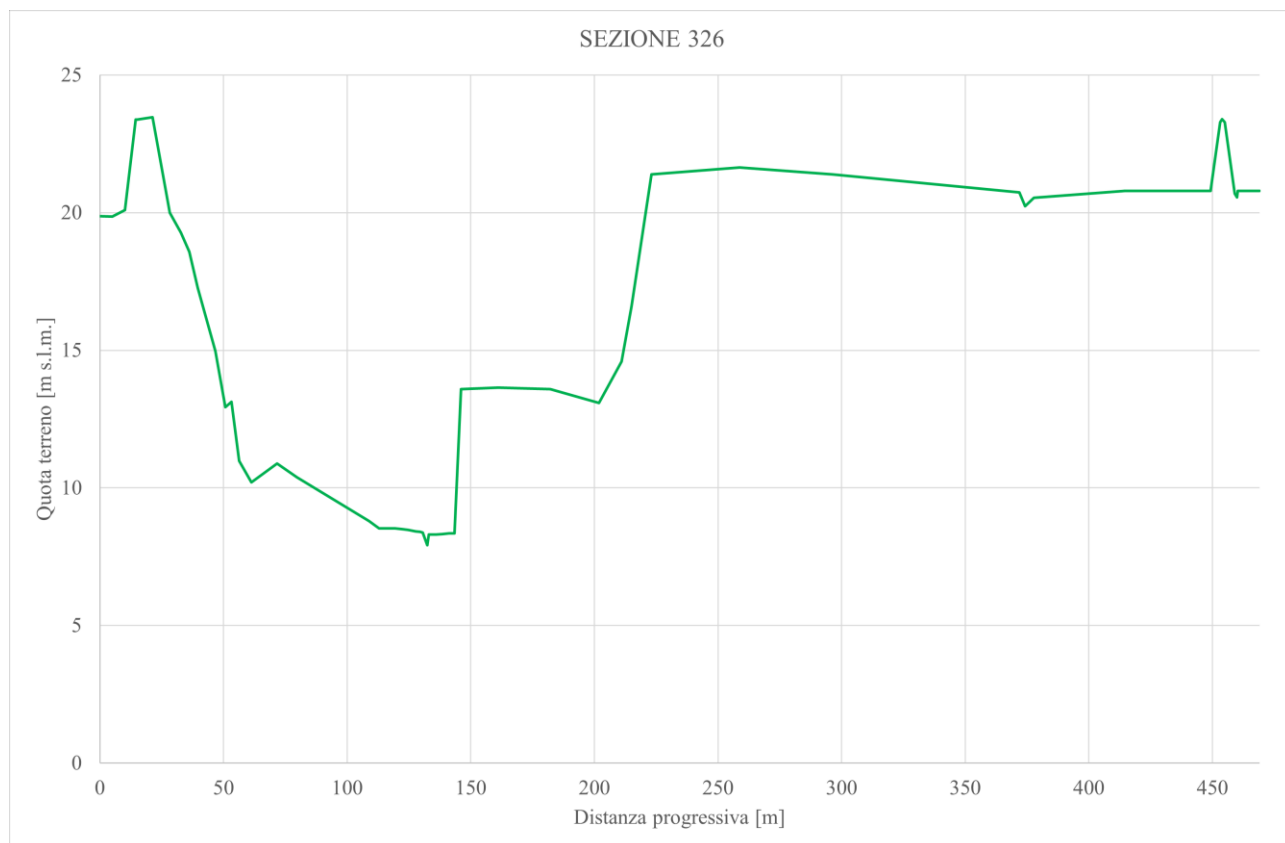


Figura 61 - Sezione trasversale AR0326 reperita da Settore Idrologico e Geologico Regionale, Toscana.

Allegato 04

Condizioni al contorno (idrogrammi di piena di monte in corrispondenza della sezione AR0333 e livelli idrometrici di valle in corrispondenza della sezione AR0326) implementate nel software Hec-Ras 5.0.7

IDROGRAMMI MONTE (SEZ AR0333)				LIVELLI VALLE (SEZ AR0326)		
Tempo di ritorno 200 anni				Tempo di ritorno 200 anni		
T	Q(18h)	Q(24h)	Q(36h)	H(18h)	H(24h)	H(36h)
[ore]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
00:00:00	312.90	309.30	304.70	12.86	12.84	12.80
01:00:00	316.40	312.92	307.49	12.89	12.86	12.81
02:00:00	330.50	321.23	311.01	12.97	12.91	12.84
03:00:00	353.14	339.02	319.10	13.17	13.02	12.88
04:00:00	381.98	356.29	331.21	13.52	13.23	12.96
05:00:00	415.75	382.83	346.29	13.96	13.54	13.10
06:00:00	487.89	413.43	363.69	14.49	13.92	13.33
07:00:00	617.30	480.70	387.80	15.21	14.39	13.59
08:00:00	852.15	604.54	424.59	16.11	15.02	13.92
09:00:00	1154.92	811.50	500.07	17.19	15.87	14.37
10:00:00	1506.72	1081.51	627.03	18.38	16.85	14.97
11:00:00	1927.01	1397.20	818.34	19.61	17.94	15.74
12:00:00	2318.75	1735.75	1045.72	20.61	19.04	16.62
13:00:00	2671.48	2112.70	1298.96	21.32	20.06	17.55
14:00:00	2864.25	2394.18	1562.98	21.87	20.83	18.48
15:00:00	3031.66	2685.69	1842.67	22.31	21.37	19.39
16:00:00	3247.77	2820.60	2099.29	22.80	21.85	20.13
17:00:00	3446.17	2961.96	2338.06	23.20	22.22	20.71
18:00:00	3702.44	3168.32	2516.21	23.48	22.66	21.17
19:00:00	3825.41	3314.77	2654.22	23.58	23.04	21.53
20:00:00	3920.74	3552.55	2765.05	23.60	23.34	21.88
21:00:00	3930.17	3692.40	2900.89	23.62	23.50	22.17
22:00:00	3959.80	3843.69	3040.20	23.60	23.59	22.52
23:00:00	3926.48	3893.30	3181.18	23.61	23.60	22.84
24:00:00	3932.51	3923.91	3309.66	23.59	23.63	23.11
25:00:00	3895.67	3936.62	3460.10	23.58	23.61	23.32
26:00:00	3873.36	3942.42	3606.64	23.59	23.63	23.44
27:00:00	3802.80	3919.53	3713.09	23.59	23.62	23.51

IDROGRAMMI MONTE (SEZ AR0333)				LIVELLI VALLE (SEZ AR0326)		
Tempo di ritorno 200 anni				Tempo di ritorno 200 anni		
T	Q(18h)	Q(24h)	Q(36h)	H(18h)	H(24h)	H(36h)
[ore]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
28:00:00	3791.66	3901.25	3754.91	23.58	23.62	23.53
29:00:00	3734.57	3873.03	3799.63	23.56	23.63	23.56
30:00:00	3693.76	3850.44	3799.86	23.53	23.63	23.56
31:00:00	3612.55	3848.11	3839.25	23.52	23.62	23.59
32:00:00	3563.96	3798.73	3825.67	23.47	23.58	23.57
33:00:00	3444.33	3772.93	3829.01	23.42	23.59	23.60
34:00:00	3395.77	3721.88	3820.63	23.36	23.54	23.61
35:00:00	3220.14	3669.14	3800.22	23.27	23.53	23.62
36:00:00	3055.70	3606.44	3824.63	23.18	23.49	23.64
37:00:00	2878.73	3546.47	3824.07	23.04	23.48	23.64
38:00:00	2619.98	3438.49	3814.35	22.82	23.41	23.62
39:00:00	2385.29	3354.95	3804.83	22.52	23.36	23.62
40:00:00	2108.84	3206.33	3794.59	22.18	23.27	23.59
41:00:00	1860.82	3014.53	3783.23	21.74	23.14	23.60
42:00:00	1585.17	2825.28	3738.76	21.25	22.99	23.56
43:00:00	1435.33	2558.62	3713.16	20.70	22.76	23.56
44:00:00	1243.05	2349.07	3659.99	20.22	22.46	23.52
45:00:00	1136.51	2058.00	3611.93	19.68	22.09	23.51
46:00:00	1049.09	1810.87	3559.80	19.16	21.67	23.47
47:00:00	974.40	1578.28	3446.04	18.57	21.18	23.42
48:00:00	-	-	3384.78	-	-	23.38
49:00:00	-	-	3242.52	-	-	23.30
50:00:00	-	-	3091.51	-	-	23.20
51:00:00	-	-	2873.47	-	-	23.06
52:00:00	-	-	2667.38	-	-	22.86
53:00:00	-	-	2474.20	-	-	22.63
54:00:00	-	-	2272.11	-	-	22.32
55:00:00	-	-	2070.03	-	-	22.03
56:00:00	-	-	1909.28	-	-	21.66

IDROGRAMMI MONTE (SEZ AR0333)				LIVELLI VALLE (SEZ AR0326)		
Tempo di ritorno 200 anni				Tempo di ritorno 200 anni		
T	Q(18h)	Q(24h)	Q(36h)	H(18h)	H(24h)	H(36h)
[ore]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
57:00:00	-	-	1707.54	-	-	21.29
58:00:00	-	-	1587.45	-	-	20.84
59:00:00	-	-	1471.74	-	-	20.46
60:00:00	-	-	1315.23	-	-	20.05
61:00:00	-	-	1259.77	-	-	19.61
62:00:00	-	-	1161.45	-	-	19.18
63:00:00	-	-	1084.88	-	-	18.69
64:00:00	-	-	1031.47	-	-	18.15
65:00:00	-	-	938.53	-	-	17.65
66:00:00	-	-	853.98	-	-	17.16
67:00:00	-	-	762.89	-	-	16.70
68:00:00	-	-	695.87	-	-	16.28
69:00:00	-	-	632.53	-	-	15.89
70:00:00	-	-	572.56	-	-	15.51
71:00:00	-	-	525.10	-	-	15.17