

GIULIO BARTOLI

Dott. Ingegnere



Committente:

ARA 1965 S.P.A.

Commessa:

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
SCHEDA T1**

Ubicazione:

S.S. 9 Via Nazionale Emilia – FONTEVIVO, PR

Titolo:

RELAZIONE IDRAULICA

Data: giugno 2025

File: 250613 Relazione idraulica T1_REV04.docx

Revisione: 04

Timbro e firma:



Giulio Bartoli



1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	4
2.1	<i>Rischio geomorfologico ed idraulico.....</i>	<i>6</i>
2.1.1	<i>Descrizione del contesto locale</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>PSC del Comune di Fontevivo</i>	<i>7</i>
2.1.3	<i>PGRA Bacino del Fiume Po</i>	<i>8</i>
2.2	<i>Natura dei suoli</i>	<i>12</i>
3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO	14
3.1	<i>D.G.R. Emilia Romagna n. 1300/2016.....</i>	<i>14</i>
3.2	<i>Misure per la riduzione del danneggiamento dei beni e delle strutture.....</i>	<i>16</i>
4	ANALISI IDROLOGICA E INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA	18
4.1	<i>Introduzione</i>	<i>18</i>
4.2	<i>Ietogrammi di progetto</i>	<i>19</i>
4.3	<i>Metodo SCS</i>	<i>23</i>
4.4	<i>Software SWMM</i>	<i>26</i>
4.5	<i>Descrizione dei modelli.....</i>	<i>28</i>
4.5.1	<i>Situazione esistente.....</i>	<i>29</i>
4.5.2	<i>Situazione di progetto</i>	<i>30</i>
4.6	<i>Verifica dell'invarianza idraulica: risultati</i>	<i>33</i>
4.6.1	<i>Situazione esistente.....</i>	<i>33</i>
4.6.2	<i>Situazione di progetto senza laminazione.....</i>	<i>33</i>
4.6.3	<i>Situazione di progetto con laminazione</i>	<i>34</i>
4.7	<i>Dimensionamento dei sistemi di scarico</i>	<i>39</i>
5	CONCLUSIONI	43



1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è lo studio idrologico-idraulico relativo al Piano Urbanistico Attuativo denominato "T1", sito in località Case Massi, tra la S.S. 9 Nazionale Emilia e Strada Ronchi, nel Comune di Fontevivo, PR.

Lo studio comprende l'analisi dei seguenti aspetti:

- ☐ analisi della normativa relativa alla zona oggetto di intervento in materia di dissesto idrogeologico e di rischio alluvioni;
- ☐ valutazione ed individuazione delle soluzioni progettuali per garantire la compatibilità idraulica dell'intervento;
- ☐ analisi idrologica della situazione ante operam a partire dalle curve di possibilità pluviometrica fornite dal Consorzio della Bonifica Parmense;
- ☐ analisi idrologica e idraulica della situazione post operam senza considerare alcun sistema di laminazione;
- ☐ analisi idrologica e idraulica della situazione post operam con sistema di laminazione, compreso dimensionamento dello stesso e verifica della rete fognaria di progetto;
- ☐ definizione e dimensionamento dei sistemi di scarico.

2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

La zona oggetto del presente studio si colloca, dal punto di vista geografico, circa 1,8 km ad ovest di Ponte Taro, tra la S.S. 9 Nazionale Emilia e Strada Ronchi.

La zona in esame viene illustrata in Figura 2.1 (mappa da DBTR Regione Emilia Romagna) e in Figura 2.2 (ortofoto).

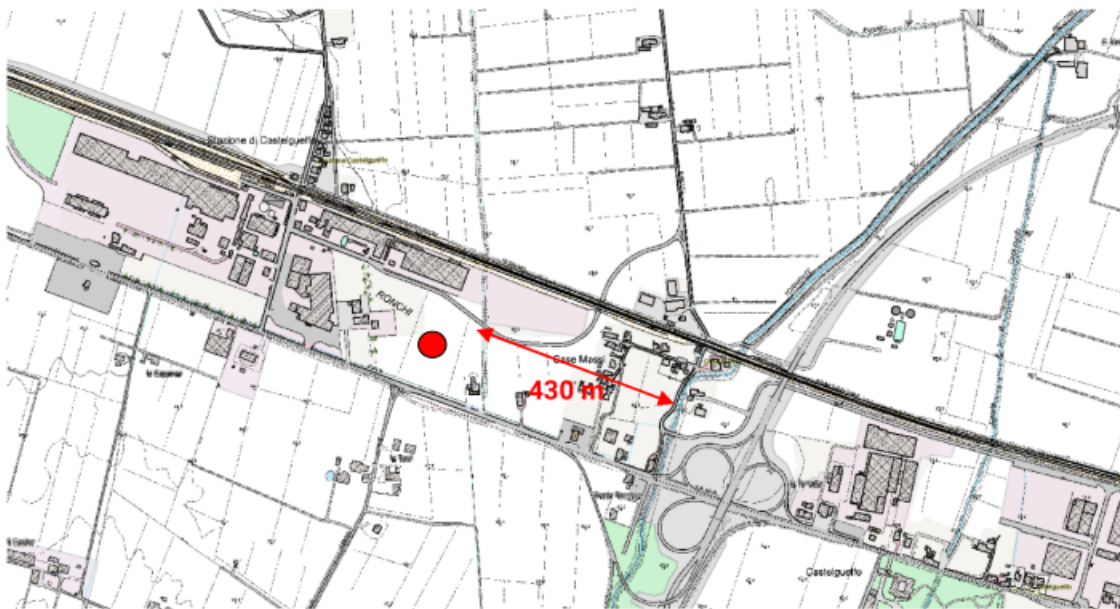


Figura 2.1 – Inquadramento territoriale da DBTR Emilia Romagna



Figura 2.2 – Inquadramento territoriale da ortofoto

Dal punto di vista idrografico, il corso d'acqua principale della zona è rappresentato dal Torrente Recchio, che scorre a circa 430 m ad est dell'area di intervento (Figura 2.1).

Il reticolo idrografico secondario è costituito essenzialmente da canali e scoli di bonifica, che scorrono da sud a nord, tra i quali il più vicino e rappresentativo è il Cavo Gaiffa che scorre sul limite est dell'area di studio (Figura 2.3) e si estende dalla S.S. 9 Nazionale Emilia fino al Canale San Carlo immediatamente a sud di San Secondo. Il Cavo Gaiffa è catalogato come canale promiscuo.

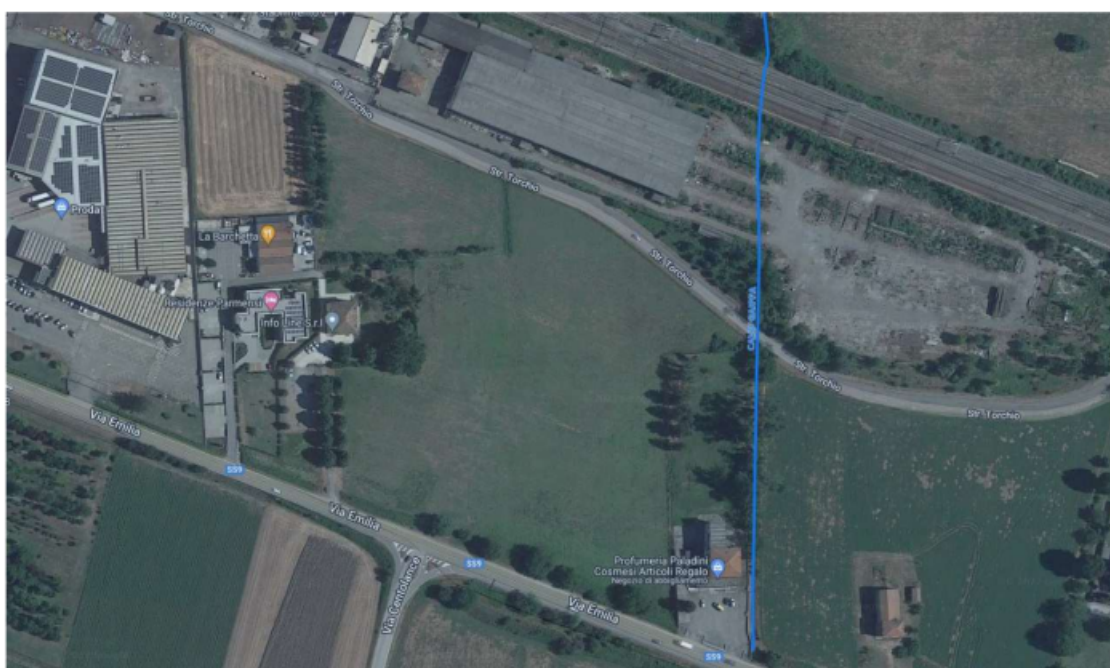


Figura 2.3 – Stralcio della mappa del comprensorio del Consorzio della Bonifica Parmense

Attualmente l'area presenta una superficie a prato; lo scolo delle acque meteoriche avviene mediante scoline di campo disposte in direzione sud-nord, che convogliano le acque fino al fosso stradale di strada Ronchi.

Il piano prevede la realizzazione di due edifici a destinazione produttiva di ingombro planimetrico pari a 3000 m² ciascuno e delle relative opere di urbanizzazione, con conseguente diminuzione della superficie permeabile rispetto alla situazione esistente.

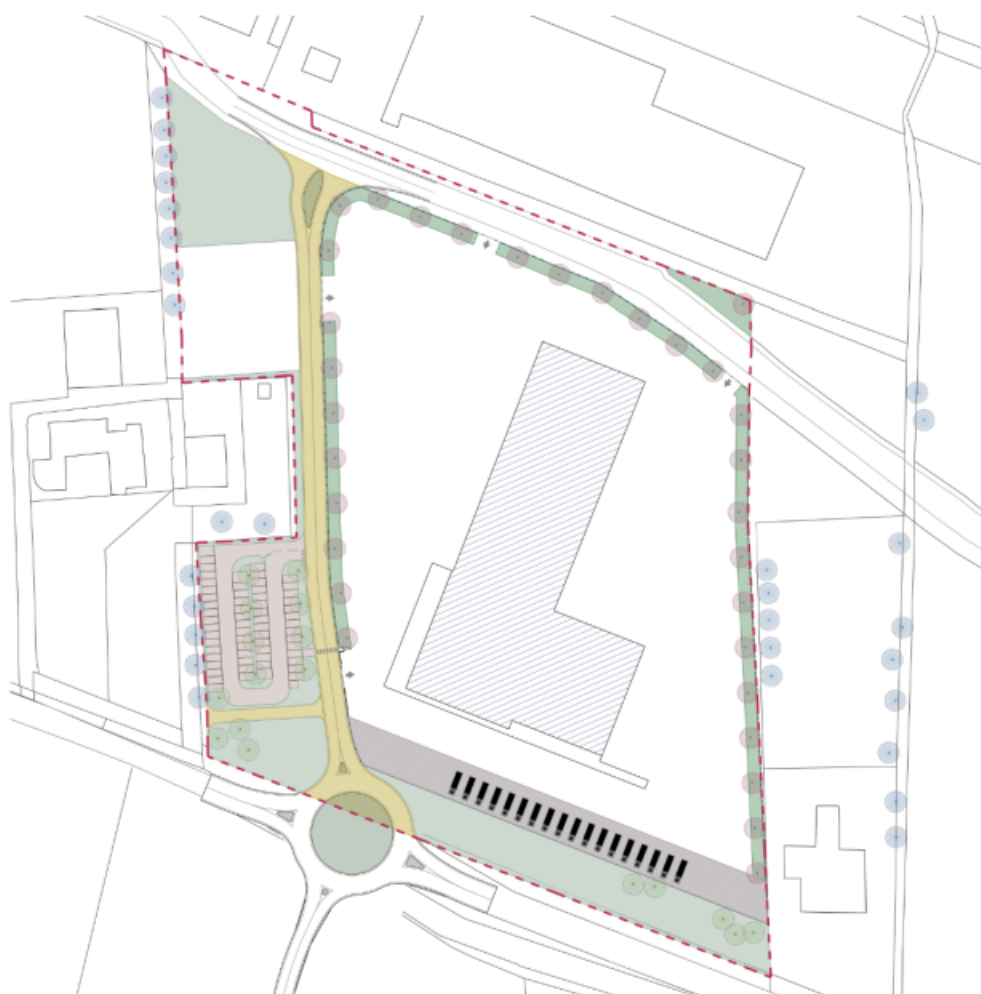


Figura 2.4 – Planimetria di progetto

2.1 Rischio geomorfologico ed idraulico

2.1.1 Descrizione del contesto locale

Dal punto di vista morfologico l'area in esame presenta uno sviluppo pianeggiante, con una leggera pendenza verso nord, ad una quota altimetrica s.l.m. di circa 59-60 m.

I principali lineamenti idrografici locali sono rappresentati dal Torrente Recchio, che scorre ad est dell'area oggetto di intervento.

La rete idrografica minore è costituita da una serie di canali di bonifica e irrigui che scorrono da sud a nord verso il Fiume Po, fra i quali il Cavo Gaiffa ad est dell'intervento.

2.1.2 PSC del Comune di Fontevivo

Il Piano Strutturale Comunale, in recepimento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Parma e del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po (PAI), identifica l'area oggetto di intervento al di fuori delle fasce fluviali.

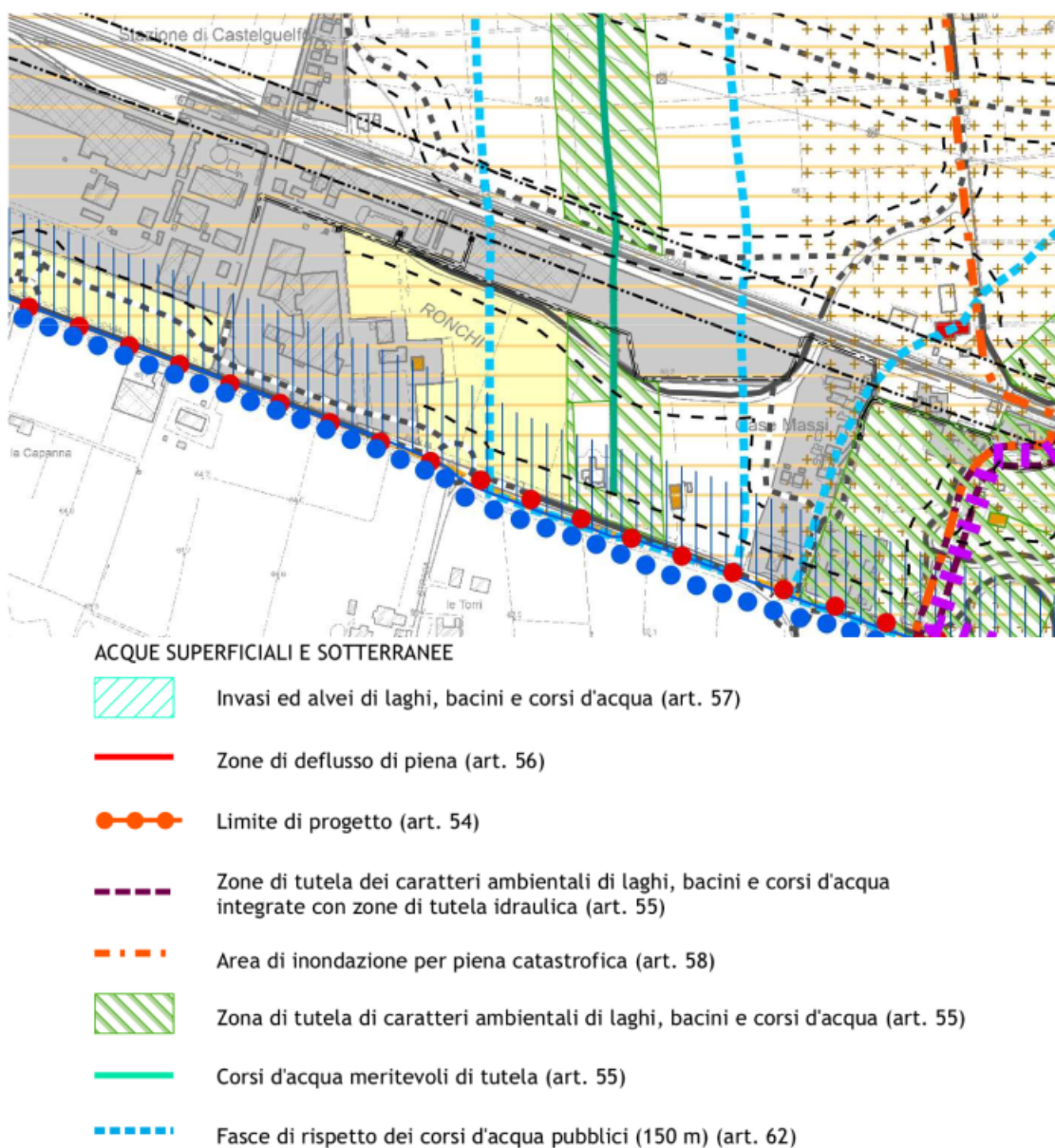


Figura 2.5 – PSC Comune di Fontevivo – Stralcio Tavola PSC.3 - Carta delle tutele ambientali, storico culturali e dei vincoli sovraordinati



2.1.3 PGRA Bacino del Fiume Po

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Bacino del Fiume Po inquadra l'area in oggetto all'interno di due distinte mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti: la prima riguarda il reticolo idrografico naturale principale e secondario (RP), mentre la seconda riguarda il reticolo secondario di pianura (RSP).

Il PGRA definisce:

- *Reticolo principale*: costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- *Reticolo secondario di pianura*: costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.

Il PGRA definisce il rischio idraulico di alluvioni come la combinazione tra pericolosità e vulnerabilità.

Gli scenari di pericolosità definiti dal PGRA sono tre (Figura 2.6):

- P3 - Scenario frequente – elevata probabilità di alluvioni (TR > 20 anni e < 50 anni);
- P2 - Scenario poco frequente – media probabilità di alluvioni (TR > 100 anni e < 200 anni);
- P1 - Scenario raro – scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (TR > 200 anni).

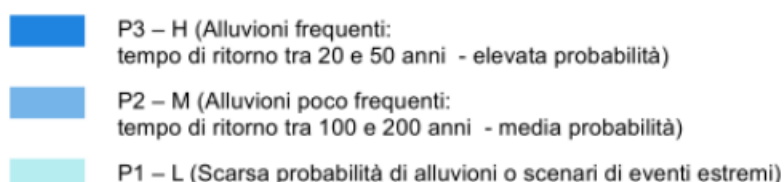


Figura 2.6 – Scenari di pericolosità secondo il PGRA

Per il caso in esame, in riferimento alla probabilità di alluvioni legate al **reticolo idrografico principale (RP)**, il PGRA individua l'area oggetto di intervento in **zona P0** (Figura 2.7).

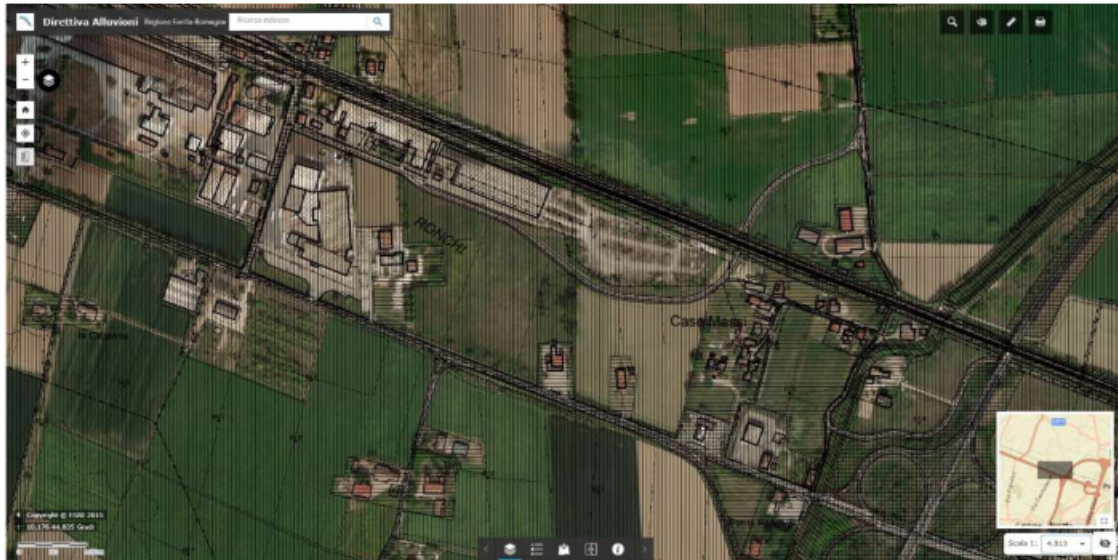


Figura 2.7 - Stralcio di PGRA Bacino Fiume Po – Mappa pericolosità RP

In riferimento alla probabilità di alluvioni legate al **reticolo idrografico secondario di pianura (RSP)**, il PGRA individua l'area oggetto di intervento in **zona P3** (Figura 2.8).



Figura 2.8 - Stralcio di PGRA Bacino Fiume Po – Mappa pericolosità RSP

La vulnerabilità è associata alla presenza di elementi potenzialmente esposti, suddivisi in quattro classi di danno in base all'importanza dell'elemento (D1, D2, D3 e D4, in ordine di importanza crescente, Figura 2.9).



CLASSE D4		CLASSE D3		CLASSE D2		CLASSE D1	
1111	Tessuto residenziale denso	133	Cantieri	211	Seminativi	134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	12124	Cimiteri	1411	Parchi e giardini	231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
1121	Tessuto residenziale discontinuo	132	Discariche	221	Vigneti	311	Boschi di latifoglie
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	131	Cave	222	Frutteti e frutti minori	312	Boschi conifere
1123	Tessuto residenziale sparso	2113	Culture orticole	223	Oliveti	313	Boschi misti
11231	Cascine	2114	Culture fitto-vivaistiche	3114	Castagneti da frutto	314	Rimboschimenti recenti
1424	Aree archeologiche	2115	Orti familiari	213	Risale	331	Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi
12122	Impianti di servizi pubblici e privati			2313	Marcite	321	Praterie naturali d'alta quota
12111	Insedamenti industriali, artigianali, commerciali			1412	Aree verdi incolte	322 - 324	Cespuglieti
12112	Insedamenti produttivi agricoli			2241	Pioppeti	332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
12121	Insedamenti ospedalieri			2242	Altre legnose agrarie	333	Vegetazione rada
12123	Impianti tecnologici					411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori					3113	Formazioni ripariali
123	Aree portuali					3222	Vegetazione dei greti
12125	Aree militari oblitrate					3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
124	Aeroporti ed eliporti					511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
1421	Impianti sportivi					5121	Bacini idrici naturali
1423	Parchi divertimento					5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive					5122	Bacini idrici artificiali
						335	Ghiacciai e nevi perenni

Reti stradali	
D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali
D3	Reti secondarie: strade comunali

Elementi esposti	Danno
Beni culturali vincolati	D 4
Immobili e aree di notevole interesse pubblico	D4
Impianti allegato I del D.Lgs. 59/2005	D4
Aree protette per estrazione acqua ad uso potabile	D4
Struttura ospedaliera	D4
Scuole	D4
Dighe	D4
Depuratori	D3
Inceneritori	D3

Figura 2.9 - Classi di danno secondo il PGRA

Definite la classe di pericolosità e la classe di danno, queste si combinano secondo le matrici riportate in Figura 2.10.



CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R2
D3	R4	R3	R2
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Figura 2 – Matrice del rischio di tipo A

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Figura 3 – Matrice del rischio di tipo B

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'	
CLASSI DI DANNO	P3	P2
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1

Figura 4 – Matrice del rischio di tipo C

Tipologia Matrice	Ambito
Matrice A	Corsi d'acqua naturali principali ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Corsi d'acqua naturali principali e secondari UoM ITI021, ITR081, ITI01319 (distretto appennino settentrionale) e reticolo secondario collinare-montano ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Aree costiere marine
Matrice C	Reticolo Secondario artificiale di Pianura

Figura 2.10 - Matrici per la determinazione del rischio

Secondo quanto riportato in Figura 2.9, l'intervento ricade all'interno degli insediamenti industriali, artigianali e commerciali (12111) in classe di danno D4. Combinando la classe di danno con la classe di pericolosità si ottengono le classi di rischio riportate in Figura 2.11, rispettivamente relative al reticolo idrografico principale (matrice di sinistra) ed al reticolo idrografico secondario di pianura (matrice di destra).

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'	
CLASSI DI DANNO	P3	P2
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1

Figura 3 – Matrice del rischio di tipo B

Figura 4 – Matrice del rischio di tipo C

Figura 2.11 - Individuazione del rischio potenziale

La classe di rischio a seguito d'intervento, desunta dalle matrici di cui alla Figura 2.11 (R0 per RP e R3 per RSP) è chiaramente peggiorativa rispetto alla cartografia di piano (Figura 2.12 per RP, Figura 2.13 per RSP), in quanto attualmente il lotto oggetto del piano è attualmente inutilizzato e privo di elementi potenzialmente esposti.

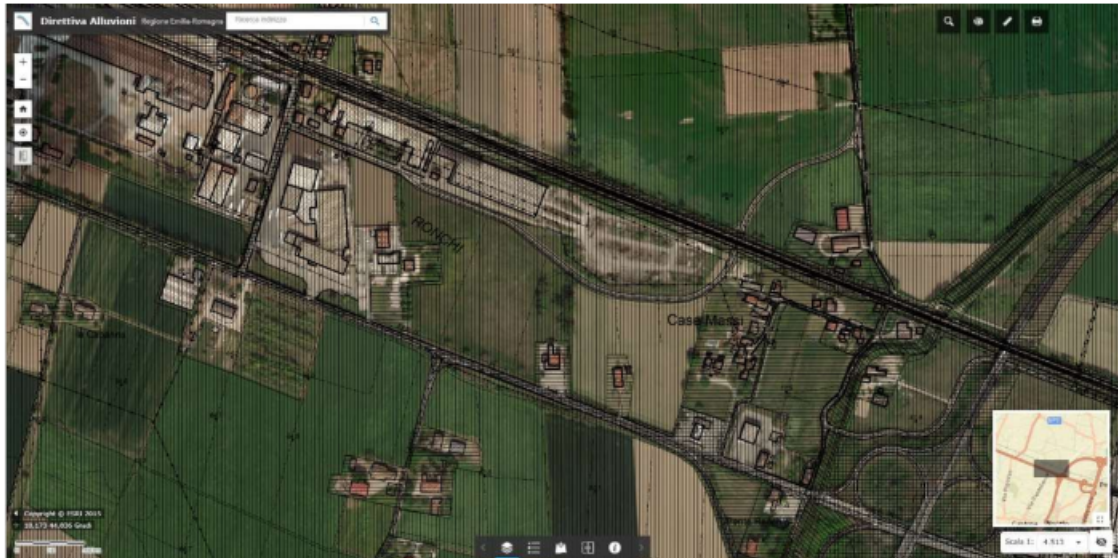


Figura 2.12 - Stralcio di PGRA Bacino Fiume Po – Mappa del rischio RP



Figura 2.13 - Stralcio di PGRA Bacino Fiume Po – Mappa del rischio RSP

2.2 Natura dei suoli

Nella relazione geologico-sismica allegata al presente piano è riportata la descrizione della successione litostratigrafica del sottosuolo, ricavata da 2 prove penetrometriche dinamiche medie, 4 stratigrafie da perforazione di pozzi e 2 stratigrafie da sondaggi a carotaggio continuo.

La stratigrafia così individuata è così composta:



- ☐ da p.c. a -0,80/-1,00 m dal p.c. – terreno vegetale
- ☐ da -0,80/-1,00 m a -4,00/-7,50 m dal p.c. – limo argilloso, argilla limosa
- ☐ oltre i -4,00/-7,50 m dal p.c. – ghiaie.

Per quanto riguarda la falda, dal Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Fontevivo, risulta avere una soggiacenza di circa 11 m al di sotto del piano campagna; si escludono pertanto influenze della falda sul deflusso delle acque superficiali.



3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

3.1 D.G.R. Emilia Romagna n. 1300/2016

La D.G.R. n. 1300/2016 della Regione Emilia Romagna tratta le "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015.

In riferimento al Reticolo Principale, dal momento che l'area in oggetto si trova in zona P0, si omettono in questa sede le relative disposizioni indicate sulla D.G.R..

Al paragrafo 5.2 della DGR 1300/2016 sono riportate disposizioni specifiche per le aree interessate dal Reticolo Secondario di Pianura (RSP) ed in particolare, con riferimento all'area in oggetto, prescrive: *"nelle aree a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:*

- ☐ di misure di **riduzione della vulnerabilità** dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- ☐ di misure volte al rispetto del principio dell'**invarianza idraulica**, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:

- a) ristrutturazione edilizia;*
- b) interventi di nuova costruzione;*
- c) mutamento di destinazione d'uso con opere...*

...Nell'ambito dei procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, si riportano di seguito,



a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del rispetto delle presenti indicazioni in sede di rilascio del titolo edilizio.

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- ☐ *le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;*
- ☐ *vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;*
- ☐ *gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;*
- ☐ *le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;*
- ☐ *le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);*
- ☐ *siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.*

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti".



3.2 Misure per la riduzione del danneggiamento dei beni e delle strutture

Al fine di ridurre il danneggiamento dell'opera in progetto e dei beni che in essa saranno contenuti, in fase progettuale sono previste misure che rispettino le indicazioni riportate nel paragrafo 5.2 della DGR 1300/2016 (e trascritte al paragrafo 3.1 della presente relazione) e nel documento redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po in concorso con l'Università degli Studi di Pavia dal titolo *"Edifici in aree a rischio di alluvione - come ridurre la vulnerabilità"*.

Al fine di individuare le misure necessarie a ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture, occorre premettere che, come indicato al precedente paragrafo 3.1, il sito oggetto di intervento ricade in zona con pericolosità P3 per scenari di alluvione derivanti dal Reticolo Secondario di Pianura (RSP).

In merito all'entità delle esondazioni del Reticolo Secondario di Pianura, la DGR 1300/2016, sempre al paragrafo 5.1, precisa che: *"Le alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, seppure caratterizzate da alta frequenza, **presentano tiranti e velocità esigui** che danno origine a condizioni di rischio medio (R2) e moderato/nullo (R1) e in casi limitati, prevalentemente situati in zone urbanizzate e insediate interessate da alluvioni frequenti, a condizioni di rischio elevato (R3). La mitigazione delle condizioni di rischio per il patrimonio edilizio esistente si fonda su azioni di protezione civile ed eventualmente di autoprotezione e di protezione passiva"*.

Premesso quanto sopra esposto, si descrivono di seguito le misure individuate per la riduzione del danneggiamento dell'opera in progetto e dei beni che in essa saranno contenuti:

1. la quota del primo piano utile dei nuovi edifici (piano terra) sarà ad una quota maggiore di almeno **50 cm** rispetto alla quota media del ciglio del Cavo Gaiffa e di strada Torchio, come da prescrizioni del Consorzio della Bonifica Parmense; il progetto prevede infatti una quota di progetto del terra dell'edificio pari a **59.50 m** (sistema di riferimento locale di rilievo) a fronte di una quota ciglio del Cavo Gaiffa di 57.73 m e una quota massima di Strada Torchio di 58.80 m; tenuto conto il rispetto della prescrizione del Consorzio della Bonifica Parmense (con buon margine), non avendo a disposizioni studi idrologici approfonditi su scala territoriale, in virtù dei modesti tiranti attesi (vedi il sopracitato paragrafo 5.1 della DGR 1300/2016), si ritiene la quota di progetto sufficientemente cautelativa;



2. non sono previsti piani interrati o seminterrati;
3. in virtù dei modesti tiranti idrici e delle modeste velocità attese, oltre che delle misure di cui ai precedenti punti 1 e 2, si escludono problematiche dovute a spinte idrostatiche orizzontali, spinte di galleggiamento, situazioni di immersione prolungata, spinte idrodinamiche e impatto di detriti con le strutture;

per i motivi esposti al precedente punto 3 ed in considerazione del fatto che le indagini geognostiche hanno indicato l'assenza di terreni sabbiosi superficiali, si escludono problematiche dovute all'erosione e scalzamento delle fondazioni; nel documento redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po in concorso con l'Università degli Studi di Pavia dal titolo *"Edifici in aree a rischio di alluvione - come ridurre la vulnerabilità"* è indicato come tali fenomeni siano infatti legati ai seguenti fattori: *"terreno non coesivo, assenza di copertura vegetale o artificiale, alta velocità dell'acqua"*.



4 ANALISI IDROLOGICA E INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

4.1 Introduzione

Al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'intervento, come richiesto dalla DGR 1300/2016 al paragrafo 5.2, sono state seguite le prescrizioni del Consorzio della Bonifica Parmense, sia per quanto riguarda le curve di possibilità pluviometrica e relativi tempi di ritorno, sia per quanto riguarda le portate massime scaricabili ed i volumi minimi di laminazione.

In particolare sono state rispettate le seguenti indicazioni:

- ☐ TR = 100 anni
- ☐ c.p.p. per $t < 1$ ora $\rightarrow h(t, 100 \text{ anni}) = 71.905 \cdot t^{0,370}$
- ☐ c.p.p. per $t > 1$ ora $\rightarrow h(t, 100 \text{ anni}) = 63.011 \cdot t^{0,304}$
- ☐ volume minimo di laminazione $\geq 600 \text{ m}^3/\text{ha}$ o volume dimensionato con metodo delle sole piogge, se più gravoso
- ☐ coefficiente udometrico $\mu = 10.0 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{imp}})$
- ☐ bocche tarate dimensionate con portata massima 30 l/s e battente massimo 0.40 m, per evento pluviometrico con TR = 100 anni.
- ☐ Curve Number relativi a terreno saturo
CN = 87 per aree verdi
CN = 89 per aree ghiaiate
CN = 99 per strade asfaltate
- ☐ Coeff. deflusso sup. impermeabili (tetti e coperture) $\varphi_{\text{imp}_T} = 0.95$
- ☐ Coeff. deflusso sup. impermeabili (strade e piazzali) $\varphi_{\text{imp}_S} = 0.90$
- ☐ Coeff. deflusso sup. semi-permeabili (autobloccanti) $\varphi_{\text{sem_imp}} = 0.60$
- ☐ Coeff. deflusso sup. verde $\varphi_{\text{per}} = 0.20$

I dati sopra riportati, sono state considerati per ciascuna delle due reti e relativi scarichi (n. 1 rete pubblica e n. 1 rete privata).



La laminazione nella rete pubblica è stata ottenuta con la definizione di un bacino di accumulo di profondità 1.60 m e volume totale 951.81 m², seguito da bocca tarata tale da garantire la portata massima richiesta.

La laminazione nella rete privata è stata ottenuta mediante sovradimensionamento delle condotte, realizzazione di una zona depressa allagabile nell'area cortilizia di profondità massima 50 cm, estensione pari a 7216.20 m² e volume complessivo di 1752.43 m³, oltre alla definizione di un bacino di accumulo di profondità 2.52 m e volume totale 1071.99 m³ (vedi elaborato grafico *E22.a_Schema degli impianti tecnici_fognature e depurazione*). L'area privata allagabile dalla quota inferiore fino alla quota di progetto dei restanti piazzali sarà delimitata da muretti di contenimento a tenuta che impediranno il disperdersi dell'acqua immagazzinata in altre zone. Così come per le reti pubbliche, anche per la rete privata è previsto lo scarico mediante bocca tarata a valle del bacino d'accumulo.

Gli scarichi saranno realizzati mediante pozzetto di calma munito di bocca tarata, secondo lo schema fornito dal Consorzio della Bonifica Parmense (vedi elaborato grafico *E22.a_Schema degli impianti tecnici_fognature e depurazione*).

4.2 Ietogrammi di progetto

Dalle curve di possibilità pluviometrica di cui al paragrafo 4.1 sono stati ricavati gli ietogrammi triangolari di progetto, riferiti ad eventi di durata pari a 30', 1h, 3h, 6h, 12h e 24h aventi tempo di ritorno di 100 anni.

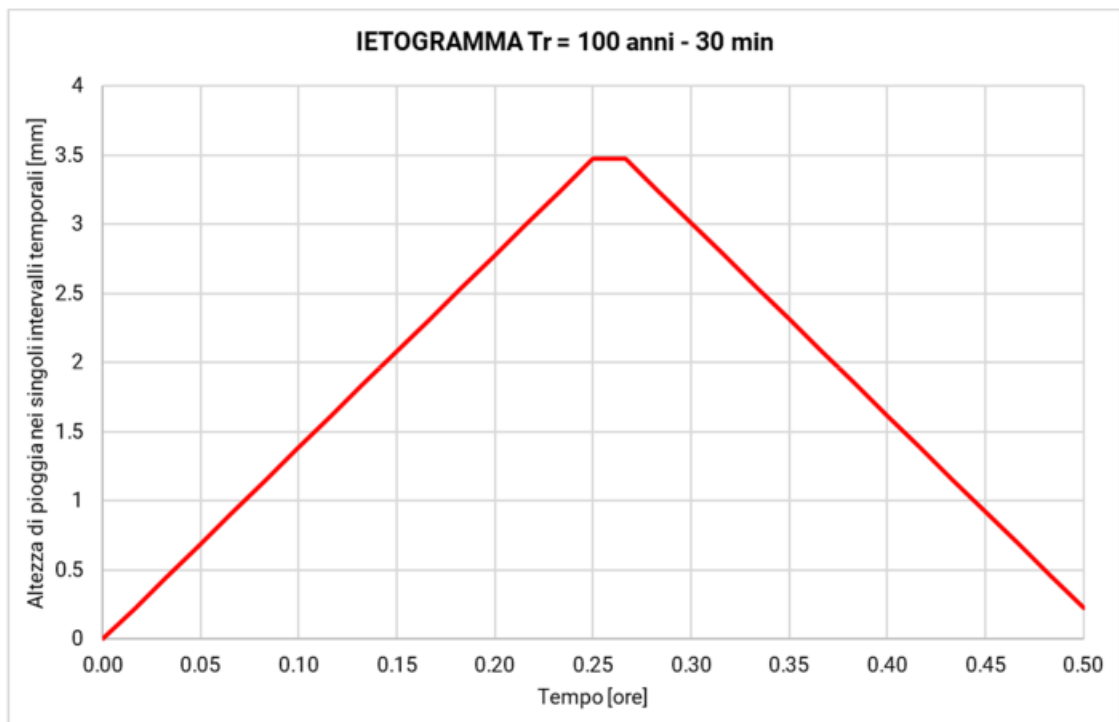


Figura 4.1 - Ietogramma di progetto: pioggia di 30', T_r 100 anni

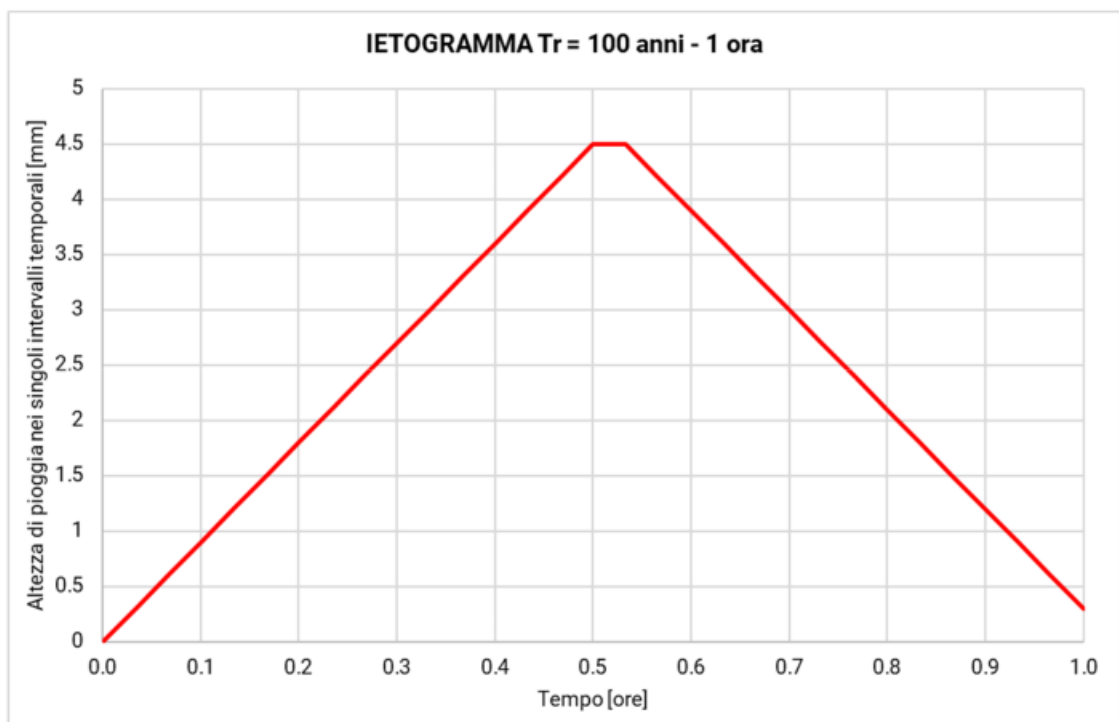


Figura 4.2 - Ietogramma di progetto: pioggia di 1 h, T_r 100 anni

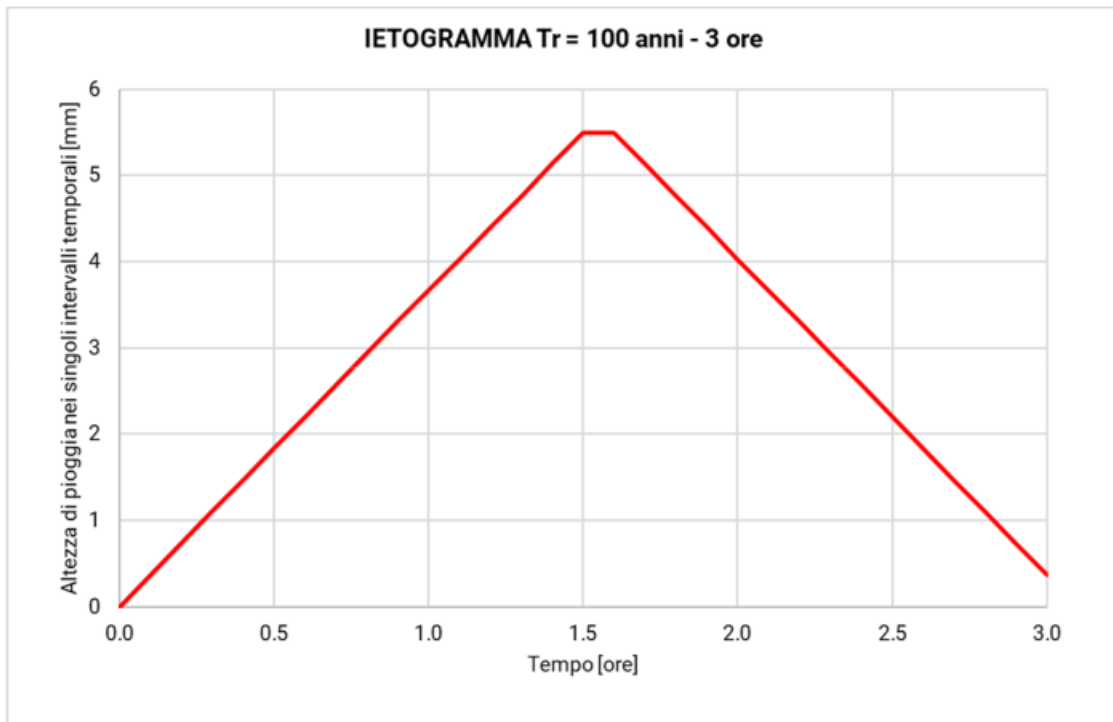


Figura 4.3 - Ietogramma di progetto: pioggia di 3 h, T_r 100 anni

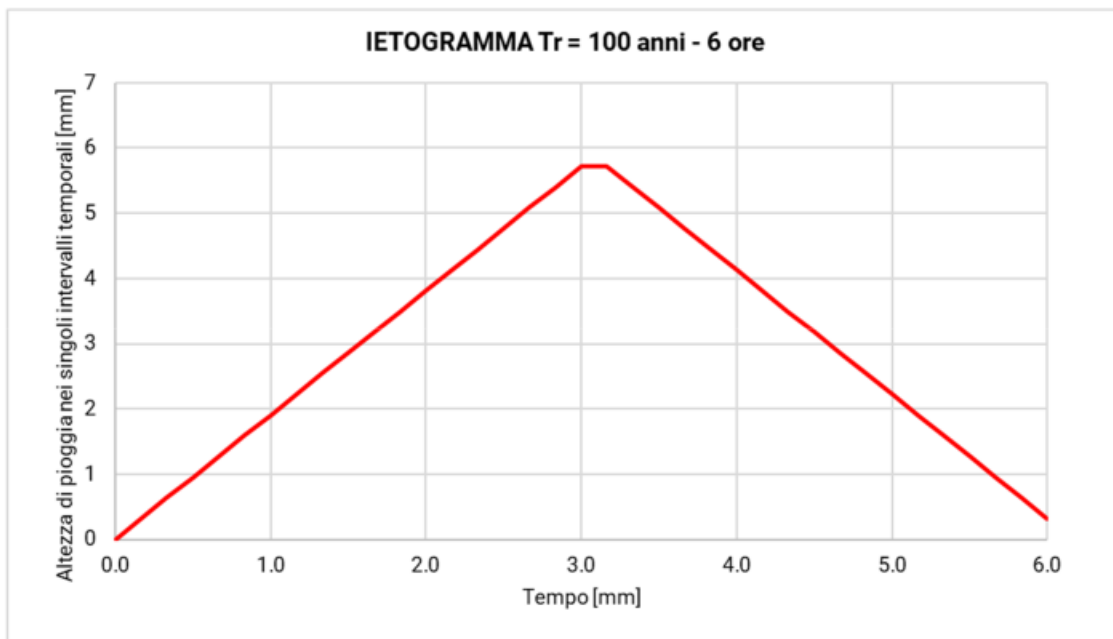


Figura 4.4 - Ietogramma di progetto: pioggia di 6 h, T_r 100 anni

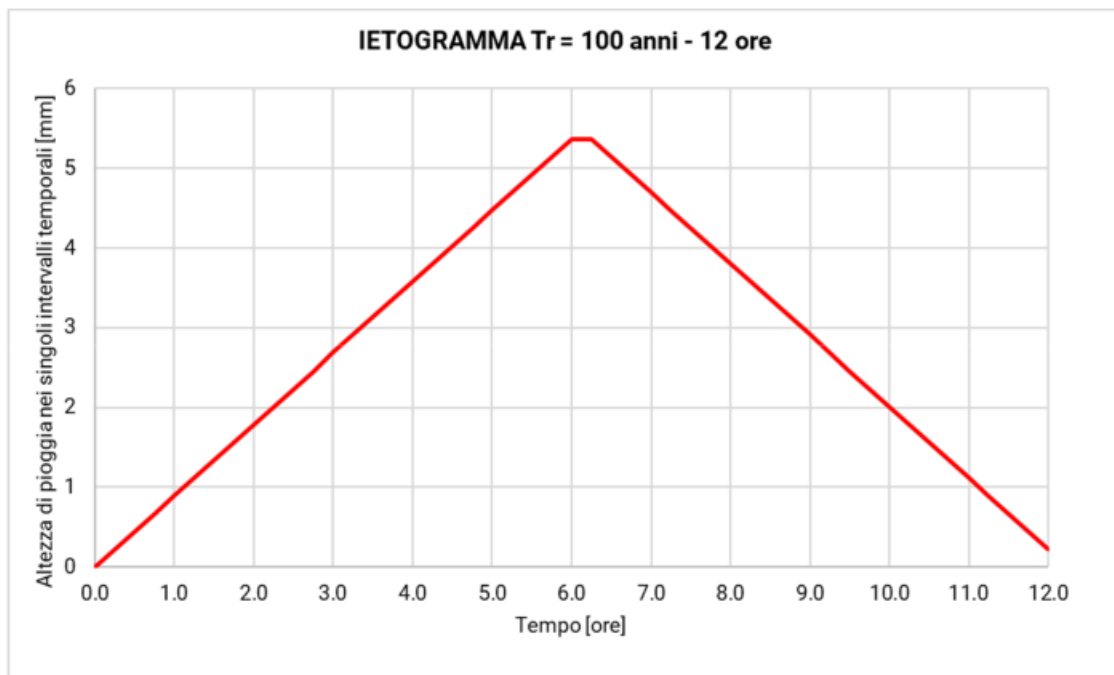


Figura 4.5 - Ietogramma di progetto: pioggia di 12 h, T_r 100 anni

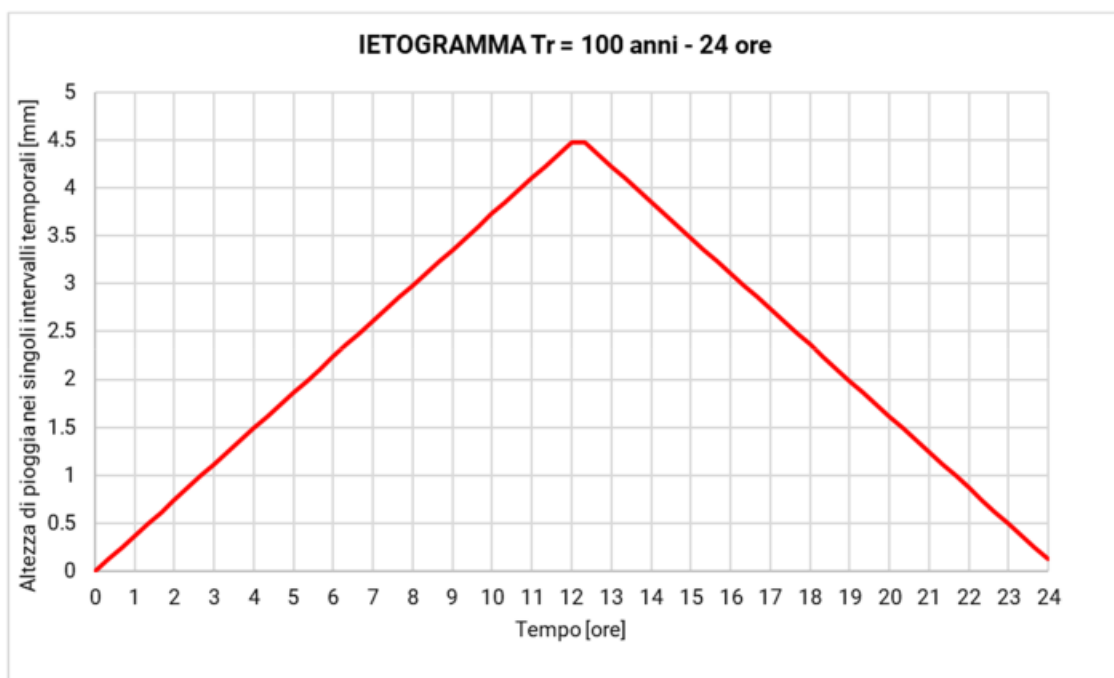


Figura 4.6 – Ietogramma di progetto: pioggia di 24 h, T_r 100 anni



4.3 Metodo SCS

Il metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti o metodo *Curve Number* (CN), viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali.

Il metodo del *Curve Number* permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (P_e), cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone la seguente equazione:

$$P_e = P_n^2 / (P_n + S)$$

dove:

P_e = pioggia efficace (mm)

$P_n = P - IA$

IA = perdite iniziali (mm) = $k_{ia} \cdot S$

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali

S = capacità idrica massima suolo o volume specifico di saturazione (mm)

Le perdite iniziali (IA) derivano da processi quali l'intercettazione della pioggia da parte della vegetazione, dall'accumulo nelle depressioni del terreno e dall'imbibizione iniziale del terreno.

Dai dati sperimentali tale parametro risulta correlato al volume specifico di saturazione o capacità idrica massima del suolo (S). La procedura proposta dal SCS, per l'ambiente agrario degli Stati Uniti, stima le perdite iniziali uguali ad un quinto del volume specifico di saturazione del terreno (S). Questo dipende dalla natura litologica del terreno e dall'uso del suolo.

Si può schematizzare che la predisposizione dei suoli a contribuire alla formazione del deflusso dipende essenzialmente da tre fattori:

- caratteri di permeabilità dei terreni superficiali e del substrato immediatamente sottostante;



- copertura vegetale e uso del suolo;
- stato di imbibimento del terreno al momento dell'evento meteorico considerato.

L'equazione proposta dal SCS è rappresentabile sul piano P-P_e, con un numero infinito di curve comprese tra la bisettrice dove S è uguale a zero, e l'asse delle ascisse dove S assume il teorico valore infinito. È facilmente intuibile la difficoltà nell'assegnare ad S un valore che sia il più possibile rappresentativo alla realtà. Data la notevole variabilità del parametro S, si fa ricorso ad un artificio con il quale si determina il *Curve Number* (CN) utilizzando la seguente equazione che rappresenta sul piano P-P_e una famiglia di curve:

$$CN = 25400 / (254 + S)$$

con S espresso in millimetri.

Esplicitando S si ha:

$$S = 25400 / CN - 254$$

la capacità idrica massima del suolo (S) varia teoricamente da 0 a infinito e con tale equazione si ottiene un campo di variazione del parametro CN, compreso tra 0 e 100. Il parametro CN riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso.

Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna" cioè viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente o quasi in deflusso creando l'evento di piena.



Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62-72	71-81	78-88	81-91
Pascoli	39-68	61-79	74-86	80-89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per il 185%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiata	76	85	89	91

Tabella 4.1 – Valori di Curve Number in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo

Esiste poi una variazione, correlata alla precipitazione, del CN sperimentale. All'aumentare della precipitazione il valore di CN, empiricamente determinato, tende a diminuire. Questo particolare tipo di CN viene definito "apparente" ed è spiegato dal fatto che per precipitazione di modesta entità, l'incidenza percentuale delle perdite iniziali (IA) è elevata e quindi sono necessari valori di CN elevati per produrre la pioggia efficace. Per piogge di notevole entità le perdite iniziali incidono poco o niente e si può ottenere la pioggia efficace con CN bassi. "È importante sottolineare che il CN locale invece, definite le condizioni iniziali, è invariante rispetto all'entità



dell'afflusso ed è quindi definibile sulla base del complesso suolo-soprasuolo" (Cazorzi e Dalla Fontana, 1993).

In Tabella 4.1 sono riportati i valori di *Curve Number* in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo.

In essa sono riportate quattro tipologie di suolo così definite:

- A: elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm);
- B: infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi;
- C: infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico;
- D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

4.4 Software SWMM

Per la modellazione afflussi-deflussi e di propagazione dell'onda di piena, è stato utilizzato il programma SWMM 5.1 (Storm Water Management Model), sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency (EPA).

SWMM è un modello di simulazione dinamica afflussi-deflussi in grado di calcolare la quantità e la qualità delle acque che defluiscono dalle aree urbane. Il programma considera un insieme di sottobacini (subcatchments) che, ricevendo le acque meteoriche, generano deflusso e carichi inquinanti. Tale deflusso scorre attraverso un sistema di tubi, canali, dispositivi di laminazione/trattamento, pompe e regolatori. SWMM valuta la quantità e la qualità del deflusso generato all'interno di ogni sottobacino, computando la portata, la profondità del flusso, e la qualità dell'acqua, durante un periodo di simulazione comprendente più steps temporali.

SWMM concettualizza un sistema di drenaggio come una serie di flussi di acqua e sostanze inquinanti tra diversi principali comparti ambientali. Tali comparti e gli oggetti in essi contenuti includono:

- il comparto Atmosfera, dal quale cadono le acque meteoriche e le sostanze inquinanti che si depositano sul comparto Superficie Terrestre.



SWMM utilizza oggetti "Rain Gage" per rappresentare gli idetogrammi di pioggia di progetto;

- il comparto Superficie Terrestre, che è rappresentato tramite uno o più oggetti sottobacino (subcatchment). Tale comparto riceve le precipitazioni dal comparto Atmosfera sotto forma di pioggia o neve; esso indirizza il deflusso sotto forma di infiltrazione al comparto Acque Sotterranee o sotto forma di ruscellamento e carichi inquinanti al comparto di Trasporto;
- il comparto Acque Sotterranee riceve il flusso di infiltrazione dal comparto Superficie Terrestre e trasferisce una porzione di questo afflusso al comparto di Trasporto. Tale comparto è modellato utilizzando oggetti falda (aquifers);
- il comparto di Trasporto contiene una rete di elementi di canalizzazione (canali, tubi, pompe e regolatori) e unità di laminazione / trattamento che trasportano l'acqua agli scarichi o agli impianti di trattamento. Gli afflussi di questo comparto possono provenire dal deflusso superficiale, dal deflusso sotterraneo o da idrogrammi definiti dall'utente. I componenti del comparto di Trasporto sono modellati con nodi (nodes) e oggetti di collegamento (links).

Non è necessario che tutti i comparti appaiano in un determinato modello SWMM. Ad esempio, è possibile modellare solo vano trasporto, utilizzando idrogrammi predefiniti come input.

Di seguito si illustrano brevemente i principali metodi di calcolo utilizzati da SWMM.

Deflusso superficiale

Lo schema concettuale del deflusso superficiale utilizzato da SWMM è illustrato nella figura sottostante.

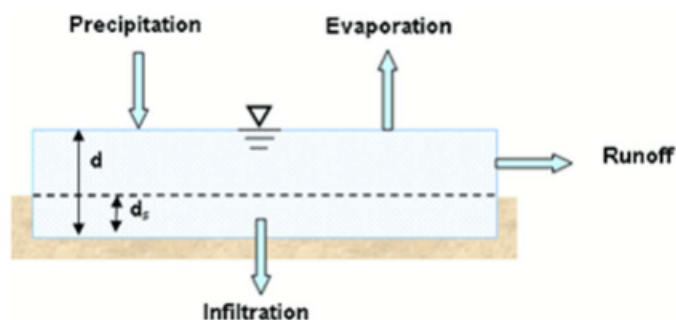


Figura 4.7 – Schema deflusso superficiale

La superficie di ogni sottobacino è trattata come un serbatoio non lineare. L'afflusso è costituito dalle precipitazioni e dal deflusso proveniente da eventuali sottobacini a monte. Il flusso in uscita è costituito dall'infiltrazione, dall'evaporazione e dal deflusso superficiale. La capacità di questo "serbatoio" è la massima profondità di accumulo dovuta ad aspetti come ristagni, saturazione delle superfici, ecc. Il deflusso superficiale (Q) si verifica solo quando la profondità dell'acqua d nel "serbatoio" supera la massima profondità di accumulo, d_s ; in tal caso il flusso in uscita è dato dall'equazione di Manning. L'altezza d'acqua al di sopra del sottobacino (d) viene continuamente aggiornata nel tempo, mediante la risoluzione numerica di un'equazione di equilibrio idrico.

Infiltrazione

Il metodo utilizzato per valutare le infiltrazioni nel terreno è quello del *Curve Number* descritto nel precedente paragrafo 4.3.

Il programma SWMM implementa anche altri tre metodi: il metodo Horton, il metodo Horton modificato e il metodo Green-Ampt.

4.5 Descrizione dei modelli

L'analisi idrologica è stata condotta su tre modelli corrispondenti rispettivamente alla situazione attuale, alla situazione di progetto senza alcun sistema di laminazione ed alla situazione di progetto col sistema di laminazione opportunamente dimensionato.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche principali adottate per ciascun modello.

4.5.1 Situazione esistente

Il modello relativo alla situazione esistente è composto da un solo sottobacino, che comprende tutta l'area di studio. Essa è infatti attualmente costituita da terreno naturale.



Figura 4.8 – Situazione esistente: suddivisione in sottobacini

In Tabella 4.2 sono riportate le proprietà principali del sottobacino:

Sottobacini	Area [m ²]	Impermeabilità [%]	Pendenza [%]	CN
Area_verde_1	37.758,69	0	0,82	87
Area_verde_2	1.300,50	0	0,82	87

Tabella 4.2 – Proprietà sottobacini situazione esistente

A tali sottobacini è stato attribuito un valore di CN pari a 87, corrispondente a terreno coltivo saturo (vedi paragrafo 4.1).

4.5.2 Situazione di progetto

Il modello relativo alla situazione di progetto è composto da 65 sottobacini, raffigurati in Figura 4.9, le cui proprietà principali sono riportate in Tabella 4.3.

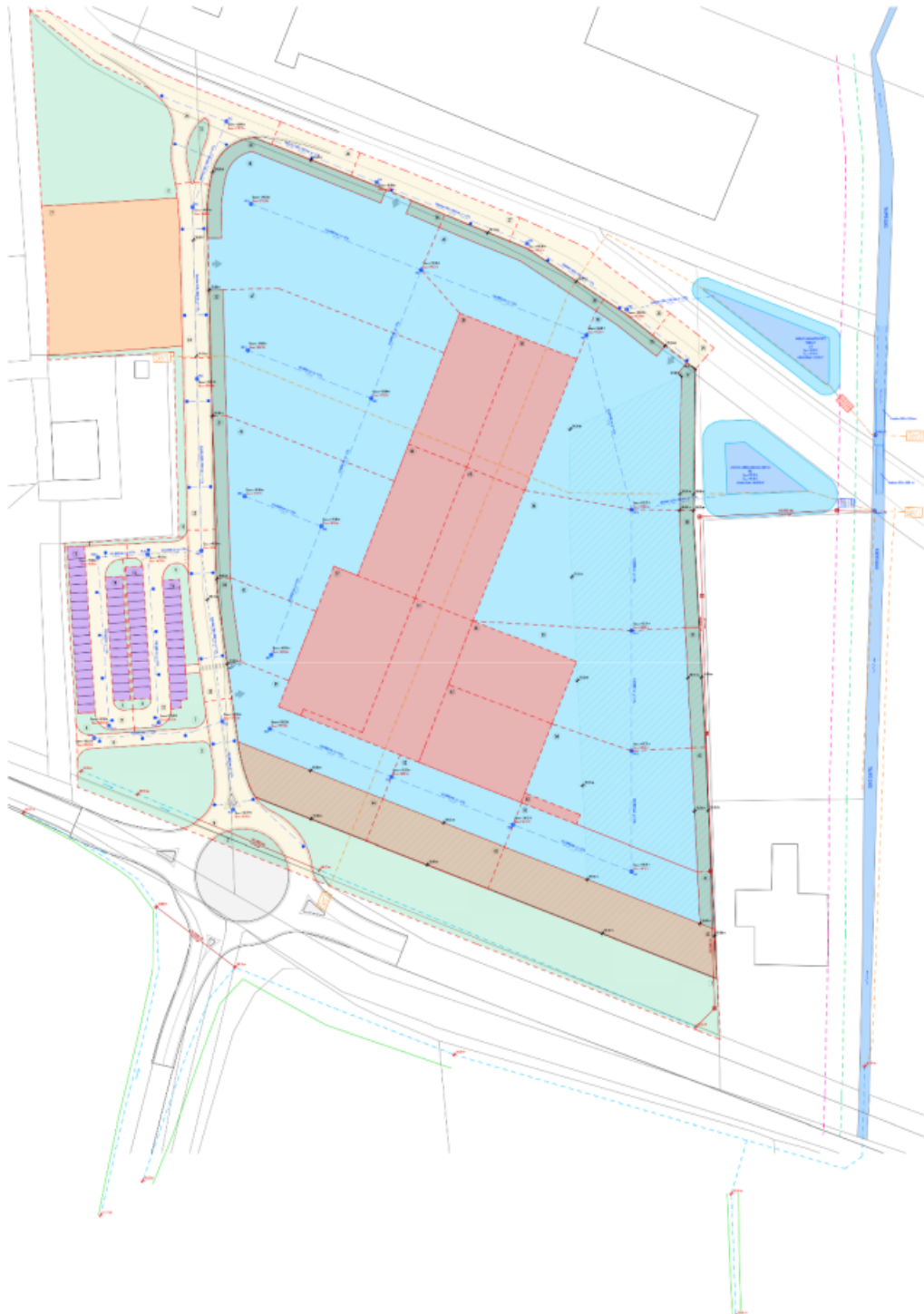


Figura 4.9 – Situazione di progetto: suddivisione in sottobacini



n.	SOTTOBACINO	Superficie	Nodo di scarico	Tipologia	Curve Number	Pendenza	ϕ_{imp_T}	ϕ_{imp_S}	ϕ_{sem_mp}	ϕ_{per}	Sup. equiv.
		m²									m²
1	Verde_PU1	2097.71	PU1	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	419.54
2	Verde_PU2	119.69	PU1	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	23.94
3	Verde_PU3	740.55	PU1	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	148.11
4	Verde_PU4	90.79	PU12	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	18.16
5	Verde_PU5	54.70	PU12	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	10.94
6	Verde_PU6	38.12	PU13	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	7.62
7	Verde_PU7	123.91	PU14	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	24.78
8	Verde_PU8	46.23	PU14	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	9.25
9	Verde_PU9	108.74	PU14	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	21.75
10	Verde_PU10	193.82	PU3	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	38.76
11	Verde_PU11	1612.22	PU5	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	322.44
12	Verde_PU12	64.78	PU5	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	12.96
13	Parcheggio_PU1	242.49	PU12	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	145.49
14	Parcheggio_PU2	180.00	PU12	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	108.00
15	Parcheggio_PU3	192.50	PU14	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	115.50
16	Parcheggio_PU4	182.50	PU14	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	109.50
17	Parcheggio_PU5	1698.85	PU4	Permeabile	89	2	-	-	-	0.2	339.77
18	Strada_PU1	573.82	PU1	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	516.44
19	Strada_PU2	165.48	PU2	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	148.93
20	Strada_PU3	418.10	PU2	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	376.29
21	Strada_PU4	357.55	PU12	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	321.80
22	Strada_PU5	401.40	PU14	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	361.26
23	Strada_PU6	410.25	PU3	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	369.23
24	Strada_PU7	424.40	PU4	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	381.96
25	Strada_PU8	710.05	PU5	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	639.05
26	Strada_PU9	180.13	PU6	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	162.12
27	Strada_PU10	375.23	PU7	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	337.71
28	Strada_PU11	430.56	PU8	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	387.50
29	Strada_PU12	135.35	PU9	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	121.82
30	Verde_PR1	99.10	PR1	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	19.82
31	Verde_PR2	188.97	PR14	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	37.79
32	Verde_PR3	146.54	PR15	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	29.31
33	Verde_PR4	293.62	PR16	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	58.72
34	Verde_PR5	41.97	PR16	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	8.39
35	Verde_PR6	208.94	PR4	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	41.79
36	Verde_PR7	88.92	PR5	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	17.78
37	Verde_PR8	176.73	PR5	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	35.35
38	Verde_PR9	142.93	PR11	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	28.59
39	Verde_PR10	147.22	PR10	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	29.44
40	Verde_PR11	151.40	PR9	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	30.28
41	Verde_PR12	67.22	PR8	Permeabile	87	0.82	-	-	-	0.2	13.44
42	Parcheggio_PR1	907.00	PR8	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	544.20
43	Parcheggio_PR2	501.60	PR7	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	300.96
44	Parcheggio_PR3	535.36	PR6	Semipermeabile	91	2	-	-	0.6	-	321.22
45	Piazzale_PR1	454.67	PR1	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	409.20
46	Piazzale_PR2	1781.51	PR14	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	1603.36
47	Piazzale_PR3	2379.69	PR15	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	2141.72
48	Piazzale_PR4	2425.09	PR16	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	2182.58
49	Piazzale_PR5	936.42	PR4	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	842.78
50	Piazzale_PR6	1801.08	PR5	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	1620.97
51	Piazzale_PR7	811.16	PR6	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	730.04
52	Piazzale_PR8	521.59	PR7	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	469.43
53	Piazzale_PR9	796.47	PR8	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	716.82
54	Piazzale_PR10	1270.46	PR9	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	1143.41
55	Piazzale_PR11	1328.94	PR10	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	1196.05
56	Piazzale_PR12	1952.44	PR11	Impermeabile	99	2	-	0.9	-	-	1757.20
57	Fabbricato_1	1080.88	PR1	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	1026.84
58	Fabbricato_2	740.17	PR2	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	703.16
59	Fabbricato_3	746.31	PR3	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	708.99
60	Fabbricato_4	746.91	PR4	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	709.56
61	Fabbricato_5	838.66	PR6	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	796.73
62	Fabbricato_6	781.18	PR7	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	742.12
63	Fabbricato_7	51.88	PR8	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	49.29
64	Fabbricato_8	635.22	PR10	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	603.46
65	Fabbricato_9	739.57	PR11	Impermeabile	99	2	0.95	-	-	-	702.59

Tabella 4.3 – Proprietà sottobacini di progetto



Al fine individuare le misure per garantire l'invarianza idraulica dell'intervento è stato elaborato un modello dinamico mediante software SWMM, con piogge di diversa durata (30', 1h, 3h, 6h, 12h e 24 h), definite secondo gli ietogrammi descritti al paragrafo 4.2. Tale modello ha permesso di evidenziare l'aumento delle portate scaricate nel corpo ricettore e la conseguente necessità di un sistema di laminazione per la riduzione delle stesse.

Per il dettaglio del modello di progetto con sistema di laminazione, si faccia riferimento all'elaborato *E22.a_Schema degli impianti tecnici_fognature e depurazione*.

In Tabella 4.4 sono riportate le proprietà dei tratti e dei nodi che compongono la rete fognaria di progetto, comprensiva di sistema di laminazione.

Tratto			Quota nodo iniziale	Quota nodo finale	Lunghezza tratto	Pendenza tratto	Dimensioni	Area sezione	Materiale condotta	Coefficiente di Manning
n.	Nodo iniziale	Nodo finale								
			m	m	m	%	mm	m²		s/m¹/³
1	PU1	PU2	56.60	56.57	25.86	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
2	PU2	PU3	56.37	56.32	50.00	0.1%	1200 x 1000	1.200	CLS	0.01
3	PU3	PU4	56.32	56.27	50.00	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
4	PU4	PU5	56.27	56.22	50.00	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
5	PU5	PU6	56.22	56.19	26.78	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
6	PU6	PU7	56.19	56.14	47.19	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
7	PU7	PU8	56.14	56.09	47.19	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
8	PU8	PU9	56.09	56.06	34.70	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
9	PU9	VL9	56.06	56.01	47.77	0.1%	1600 x 1000	1.600	CLS	0.01
10	PU11	PU2	56.91	56.87	37.84	0.1%	Ø315	0.069	PVC	0.013
11	PU12	PU13	56.83	56.78	49.13	0.1%	Ø400	0.111	PVC	0.013
12	PU13	PU15	56.78	56.77	14.47	0.1%	Ø400	0.111	PVC	0.013
13	PU14	PU15	56.82	56.77	49.13	0.1%	Ø400	0.111	PVC	0.013
14	PU15	PU3	56.67	56.85	15.68	0.1%	Ø500	0.174	PVC	0.013
15	VL9	BT_PU	56.01	55.98	21.19	0.1%	Ø500	0.174	PVC	0.013
16	PR1	PR2	56.47	56.43	40.18	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
17	PR14	PR2	56.65	56.63	23.95	0.1%	Ø600	0.283	CLS	0.01
18	PR2	PR3	56.43	56.39	40.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
19	PR15	PR3	56.43	56.39	38.52	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
20	PR3	PR4	56.39	56.35	40.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
21	PR16	PR4	56.40	56.35	53.09	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
22	PR4	PR5	56.35	56.30	51.66	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
23	PR5	PR12	56.10	56.05	52.53	0.1%	Ø1000	0.785	CLS	0.01
24	PR6	PR7	56.49	56.45	38.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
25	PR7	PR8	56.45	56.41	38.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
26	PR8	PR9	56.41	56.37	37.03	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
27	PR9	PR10	56.37	56.33	35.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
28	PR10	PR11	56.33	56.29	35.00	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
29	PR11	PR12	56.29	56.25	35.08	0.1%	Ø800	0.503	CLS	0.01
30	PR12	VL8	56.05	56.01	35.21	0.1%	1200 x 1000	1.200	CLS	0.01

Tabella 4.4 - Proprietà rete fognaria di progetto



4.6 Verifica dell'invarianza idraulica: risultati

4.6.1 Situazione esistente

Come si evince dalla Figura 4.10, la portata di picco in uscita dal bacino trova il suo massimo per l'evento di durata 1 ora.



Figura 4.10 - Situazione esistente: andamento della portata in funzione del tempo

Per pioggia di durata 30 minuti è stata ottenuta una portata di picco pari a 238.25 l/s, per pioggia di durata 1 ora una portata di picco di 349.35 l/s, per pioggia di durata 3 ore una portata di picco di 288.42 l/s, per pioggia di durata 6 ore una portata di picco di 243.98 l/s, per pioggia di durata 12 ore una portata di picco di 182.39 l/s, per pioggia di durata 24 ore una portata di picco di 125.16 l/s.

4.6.2 Situazione di progetto senza laminazione

Come si evince dalla Figura 4.11, nella situazione di progetto, senza considerare sistemi di laminazione, si osserva un notevole incremento delle portate in uscita dall'area (somma delle portate in uscita dai tre scarichi) per tutte le durate di pioggia: in questa configurazione la portata di picco decresce all'aumentare della durata dell'evento piovoso, trovando il suo massimo per l'evento di durata 30 minuti. Tale risultato è motivato dal fatto che, nella situazione di progetto, la diminuzione di superficie permeabile comporta

minori tempi di corrivazione e quindi un più rapido raggiungimento del colmo di piena anche per eventi estremamente brevi (30 minuti).

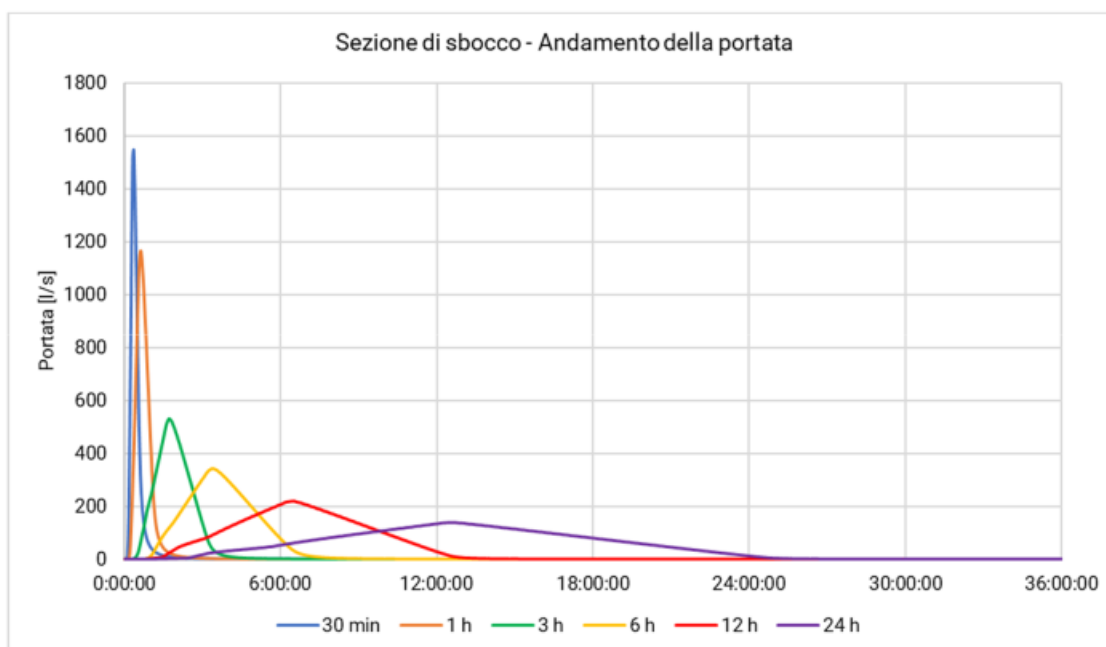


Figura 4.11 - Situazione di progetto senza sistema di laminazione: andamento della portata in funzione del tempo

Per pioggia di durata 30 minuti è stata ottenuta una portata di picco pari a 1547.35 l/s, per pioggia di durata 1 ora una portata di picco di 1164.11 l/s, per pioggia di durata 3 ore una portata di picco di 530.29 l/s, per pioggia di durata 6 ore una portata di picco di 341.77 l/s, per pioggia di durata 12 ore una portata di picco di 221.48 l/s, per pioggia di durata 24 ore una portata di picco di 140.25 l/s.

4.6.3 Situazione di progetto con laminazione

Come si evince dalla Figura 4.12, nella situazione di progetto con sistema di laminazione, si osserva una netta diminuzione dei colmi di piena.

L'analisi della situazione di progetto è stata condotta limitando le portate in uscita dai due scarichi (rete pubblica e rete privata), secondo le indicazioni del Consorzio della Bonifica Parmense, che prescrive una portata massima allo scarico pari a $10 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{\text{IMP}}$, pari cioè a 28.36 l/s; questo valore di portata massima è stato suddiviso tra i due scarichi proporzionalmente alla superficie impermeabile equivalente sottesa a ciascuno di essi, ottenendo i seguenti valori: 22 l/s per la rete privata, 6 l/s per la rete pubblica.



La modellazione ha condotto alla definizione di due bacini di laminazione aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

1. Vasca rete pubblica

$$V_{TOT} = 705.93 \text{ m}^3$$

$$h_{max} = 1.60 \text{ m}$$

$$S_{fondo} = 273.03 \text{ m}^2$$

$$S_{sommità} = 620.15 \text{ m}^2$$

$$\text{Inclinazione sponde (h:b)} = 1:2$$

2. Vasca rete privata

$$V_{TOT} = 1648.19 \text{ m}^3$$

$$h_{max} = 3.30 \text{ m}$$

$$S_{fondo} = 221.90 \text{ m}^2$$

$$S_{sommità} = 830.89 \text{ m}^2$$

$$\text{Inclinazione sponde (h:b)} = 1:2$$



Figura 4.12 - Situazione di progetto con sistema di laminazione: andamento della portata in funzione del tempo

In Figura 4.13, Figura 4.14, Figura 4.15, Figura 4.16, Figura 4.17 sono rappresentati i confronti tra situazione esistente e situazione di progetto con e senza sistemi di laminazione.



Figura 4.13 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 30 minuti



Figura 4.14 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 1 h



Figura 4.15 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 3 h

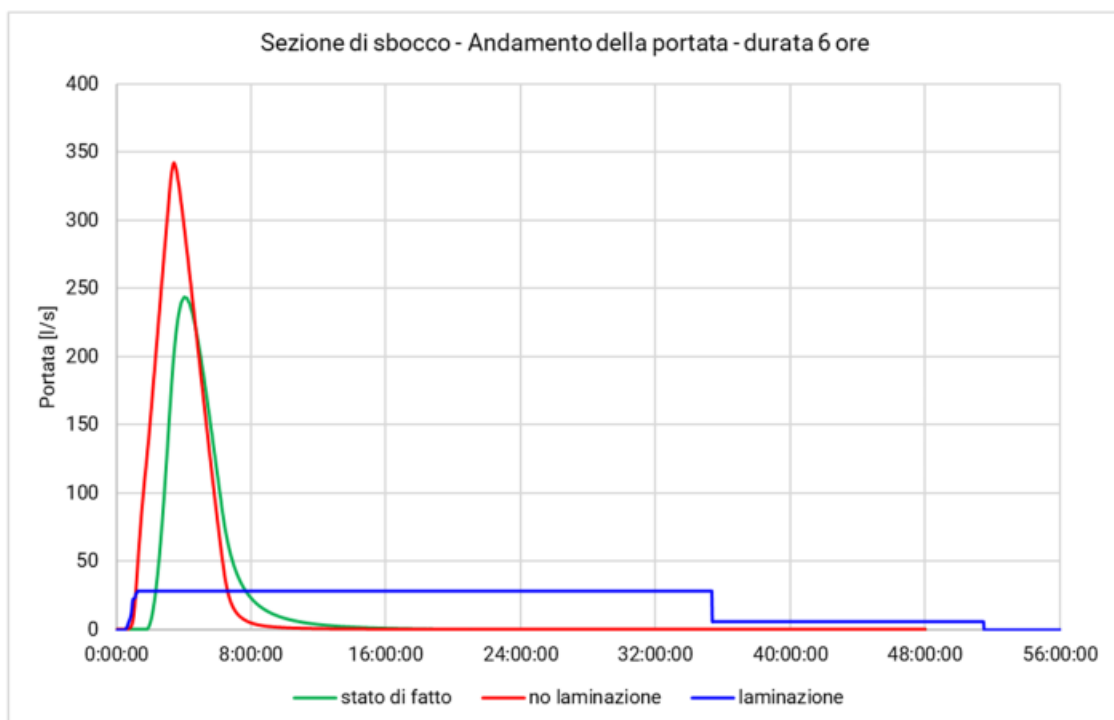


Figura 4.16 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 6 h



Figura 4.17 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 12 h

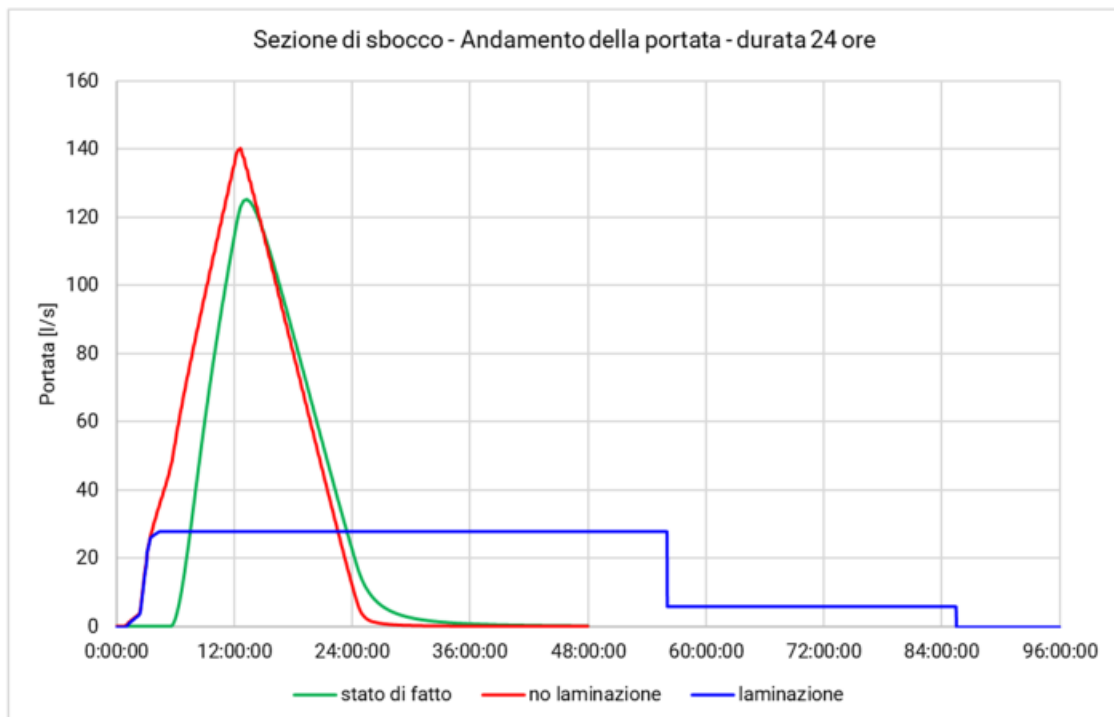


Figura 4.18 - Andamento della portata in funzione del tempo per piogge di 24 h



Si osserva che il massimo volume di pioggia immagazzinato dalla rete (evento di durata 24 h) risulta interamente contenuto nella rete e nelle zone di piazzale allagabili che raggiungono in questa situazione uno **riempimento sempre inferiore al 50%**, come riportato in Tabella 4.5.

Area allagabile	Volume massimo immagazzinato [m ³]	Percentuale di massimo riempimento [%]
VL1	46	37.4
VL2	48	39.1
VL3	184	44.0
VL4	123	41.5
VL5	125	39.5
VL6	121	38.6
VL7	33	20.9
VL8	1509	90.9
VL9	694	98.3

Tabella 4.5 – Volumi d’acqua immagazzinati nelle aree di piazzale allagabili

Il volume di laminazione delle reti pubbliche è stato verificato anche con il metodo delle sole piogge, secondo le curve di possibilità pluviometriche indicate dal Consorzio della Bonifica Parmense (TR=100 anni); l’*Allegato 01 – Verifica del volume di laminazione delle reti col metodo delle sole piogge* mostra come i volumi previsti a progetto siano ampiamente adeguati.

4.7 Dimensionamento dei sistemi di scarico

Le quote di scorrimento delle tubazioni in uscita dai bacini di laminazione non sono tali da escludere problematiche di rigurgito dal Cavo Gaiffa, nel caso di scarico a gravità. Per tale motivo lo svuotamento di entrambe le vasche sarà realizzato mediante impianto di sollevamento.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento dei due impianti (rete pubblica e rete privata).

I sistemi di sollevamento delle acque bianche sono stati dimensionati a partire dalla portata massima in uscita, prescritta dal Consorzio della Bonifica Parmense:



- $Q_{MAX,PU} = 6$ l/s per la rete pubblica
- $Q_{MAX,PR} = 22$ l/s per la rete privata

La prevalenza della pompa, è stata calcolata come la somma della prevalenza geodetica (dislivello massimo dei peli liberi a monte ed a valle della pompa) e delle perdite di carico.

Per il calcolo delle perdite unitarie è stato fatto riferimento alla formula di Hazen-Williams:

$$J = 1.21 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \cdot \frac{1}{D_{int}^{4.87}}$$

dove:

- J = perdita di carico unitaria in m/m
- Q = portata in uscita in l/s
- C = coefficiente di perdita di carico = 150 (materie plastiche $D > 75$ mm)
- D_{int} = diametro interno condotta in mm

	Q [l/s]	C	D_{int} [mm]	J [m/m]
Rete pubblica	6	150	76.2 (3")	0.0213
Rete privata	22	150	102 (4")	0.0571

Tabella 4.6 – Calcolo delle perdite di carico unitarie

Le perdite di carico localizzate vengono valutate mediante i seguenti valori di lunghezza equivalente:

- Curva a 45°, diametro condotta ≈ 100 mm $\rightarrow L_{equivalente,45} = 1.2$ m
- Curva a 90°, diametro condotta ≈ 100 mm $\rightarrow L_{equivalente,90} = 3.0$ m

La lunghezza totale a cui moltiplicare il valore delle perdite di carico unitarie J è pari a:

$$L_{TOT} = L_{condotta} + L_{equivalente,90} \cdot n_{curve,90} + L_{equivalente,45} \cdot n_{curve,45}$$

	L_{condotta} [m]	L_{equivalente,90} [m]	L_{equivalente,45} [m]	n_{curve,90} [m]	n_{curve,45} [m]	L_{TOT} [m]
Rete pubblica	3.4	3.0	1.2	3	0	12.4
Rete privata	4.0	3.0	1.2	3	0	13.0

Tabella 4.7 – Calcolo delle lunghezze totali da moltiplicare alle perdite di carico unitarie



Le perdite di carico totali si calcolano come:

$$Y = J \cdot L_{TOT}$$

	J [m/m]	L_{TOT} [m]	Y [m]
Rete pubblica	0.0213	12.4	0.264
Rete privata	0.0571	13.0	0.742

Tabella 4.8 – Calcolo delle perdite di carico totali

La prevalenza totale di ciascuna pompa si ottiene dalla somma della prevalenza geodetica e delle perdite di carico totali:

	P_{GEO} [m]	Y [m]	P [m]
Rete pubblica	2.50	0.264	2.76
Rete privata	3.10	0.742	3.84

Tabella 4.9 – Calcolo delle prevalenze totali

Le pompe di sollevamento dovranno pertanto avere le seguenti caratteristiche di funzionamento:

	Q_{MAX} [l/s]	P [m]
Rete pubblica	2.50	2.76
Rete privata	3.10	3.84

Tabella 4.10 – Calcolo delle perdite di carico totali

Ciascuna pompa sarà installata all'interno di un manufatto a doppia camera, dotato di bocca tarata in uscita, con soglia di sfioro di sicurezza; ciascuna pompa sarà affiancata da una seconda pompa di riserva di pari caratteristiche tecniche. Le due pompe presenti in ciascun impianto avranno funzionamento non contemporaneo (pompa principale + pompa di backup o funzionamento alternato).

Le dimensioni di ciascuna bocca tarata sono state calcolate secondo la seguente formula:

$$Q_{max} = 0.6 \cdot A_{max} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



dove:

- ☐ Q_{\max} = portata massima scaricabile
- ☐ A_{\max} = area massima della sezione della bocca tarata
- ☐ h = differenza tra la massima altezza d'acqua a monte ed a valle della bocca tarata

Premesso quanto sopra esposto, risulta:

	Q_{\max} [l/s]	h [m]	A_{\max} [cm²]	D_{\max} [cm]
Rete pubblica	6	0.35	28.23	7.0
Rete privata	22	0.22	94.97	15.0

Tabella 4.11 – Dimensionamento bocche tarate

In base ai risultati ottenuti, riportati in Tabella 4.11, in uscita dall'impianto di sollevamento della rete privata, dovrà essere predisposta una bocca tarata di diametro netto 150 mm; la bocca tarata in uscita dall'impianto di sollevamento della rete pubblica dovrà invece essere realizzata con diametro netto di 150 mm e dotata di sistema hydroslide, tale da limitare la portata passante a 6 l/s; il diametro di 70 mm che risulta dai calcoli teorici (Tabella 4.11), risulta infatti troppo esiguo per evitare problematiche di intasamento del foro stesso.



5 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto nei precedenti paragrafi, si ritiene verificata la compatibilità idraulica dell'intervento, in quanto il progetto garantisce i seguenti requisiti, richiesti dalla D.G.R. 1300/2016 della Regione Emilia Romagna:

- *riduzione del danneggiamento alle strutture e ai beni*, attuato mediante soluzioni quali la sopraelevazione del primo piano utile degli edifici l'assenza di piani interrati o seminterrati;
- *rispetto del criterio di invarianza idraulica*, ottenuto mediante la realizzazione di un bacino di laminazione, che permette l'immagazzinamento dei volumi idrici ed il loro rilascio differito nel tempo, tale da mantenere le portate in uscita dall'area sostanzialmente invariate rispetto alla situazione attuale.

Parma, venerdì 13 giugno 2025

Dott. Ing. Giulio Bartoli



Giulio Bartoli

Allegato 01 - Verifica del volume di laminazione delle reti col metodo delle sole piogge

E22.a_Schema degli impianti tecnici_fognature e depurazione_REV04

ALLEGATO 01

*Verifica del volume di laminazione delle reti col metodo
delle sole piogge*

Verifica capacità di invaso della rete acque chiare private

Oggetto dell'intervento

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
SCHEDA T1

Localizzazione dell'intervento

Comune di Fontevivo (PR)

Metodo di calcolo adottato

Metodo delle sole piogge

Dati pluviometrici, geometrici ed idraulici

Parametri curva di possibilità
pluviometrica di Gumbel

TR 100

a
71.905
63.011

n
0.370
0.304

t<1h
t>1h

curve fornite da Consozio
della Bonifica Parmense

Superficie equivalente del bacino

22373.4 m²

Portata massima in uscita

22 l/s

da modello SWMM

Tratto	L m	A _{sezione} m ²	W _{condotta} m ³
PR1-PR2	40.18	0.503	20.21
PR14-PR2	23.95	0.283	6.78
PR2-PR3	40.00	0.503	20.12
PR15-PR3	38.52	0.503	19.38
PR3-PR4	40.00	0.503	20.12
PR16-PR4	53.09	0.503	26.70
PR4-PR5	51.66	0.503	25.98
PR5-PR12	52.53	0.785	41.24
PR6-PR7	38.00	0.503	19.11
PR7-PR8	38.00	0.503	19.11
PR8-PR9	37.03	0.503	18.63
PR9-PR10	35.00	0.503	17.61
PR10-PR11	35.00	0.503	17.61
PR11-PR12	35.08	0.503	17.65
PR12-VL8	35.21	1.200	42.25
Volumi di laminazione	VL1		122.78
	VL2		123.50
	VL3		418.43
	VL4		298.46
	VL5		316.82
	VL6		315.55
	VL7		157.14
	VL8		1648.19
W _{RETE} (volume totale della rete) [m ³]			3733.36

$$W_e = S_{eq} \cdot a \cdot d^n$$

volume in entrata

$$W_u = Q_{u,max} \cdot d$$

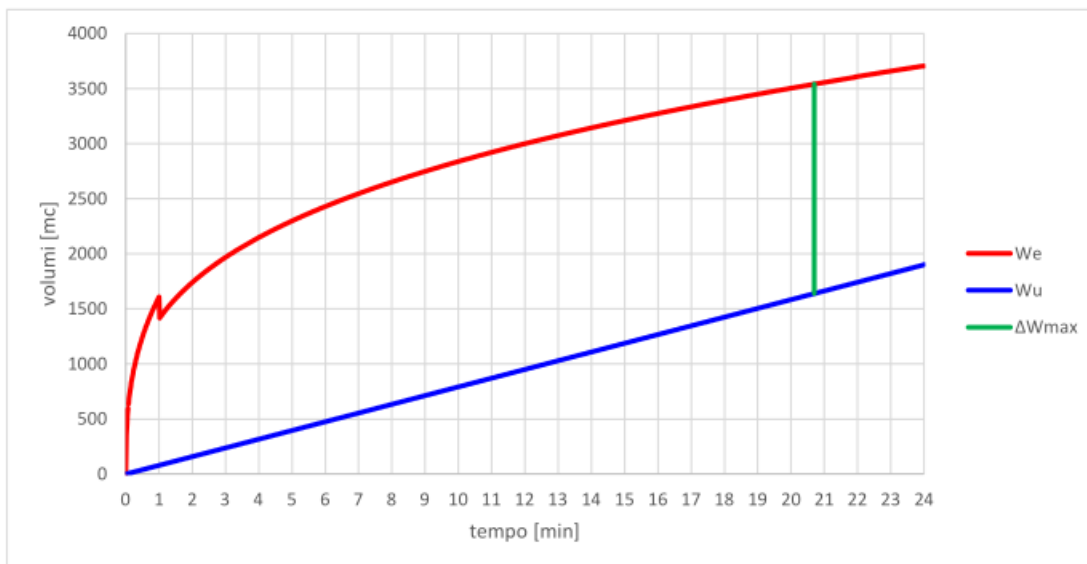
volume in uscita

ΔW_{max}

2 051.39 m³

≤ W_{RETE}

verifica soddisfatta



Verifica capacità di invaso della rete acque chiare pubbliche

Oggetto dell'intervento

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
SCHEDA T1

Localizzazione dell'intervento

Comune di Fontevivo (PR)

Metodo di calcolo adottato

Metodo delle sole piogge

Dati pluviometrici, geometrici ed idraulici

Parametri curva di possibilità pluviometrica di Gumbel	TR 100	a 71.905 63.011	n 0.370 0.304	t<1h t>1h	curve fornite da Consozio della Bonifica Parmense
Superficie equivalente del bacino		6000.60 m ²			
Portata massima in uscita		11.14 l/s		da modello SWMM	
Tratto	L m	A _{sezione} m ²	W _{condotta} m ³		
PU1-PU2	25.86	0.503	13.01		
PU2-PU3	50.00	1.200	60.00		
PU3-PU4	50.00	1.600	80.00		
PU4-PU5	50.00	1.600	80.00		
PU5-PU6	26.78	1.600	42.85		
PU6-PU7	47.19	1.600	75.50		
PU7-PU8	47.19	1.600	75.50		
PU8-PU9	34.70	1.600	55.52		
PU9-VL9	47.77	1.600	76.43		
PU11-PU2	37.84	0.069	2.61		
PU12-PU13	49.13	0.111	5.47		
PU13-PU15	14.47	0.111	1.61		
PU14-PU15	49.13	0.111	5.47		
PU15-PU3	15.68	0.174	2.73		
Volumi di laminazione		VL9	705.93		
W _{RETE} (volume totale della rete) [m ³]		1282.65			

$$W_e = S_{eq} \cdot a \cdot d^n$$

volume in entrata

$$W_u = Q_{u,max} \cdot d$$

volume in uscita

ΔW_{max}

416.83 m³

≤

W_{RETE}

verifica soddisfatta

