

COMUNE DI CARPI  
PROVINCIA DI MODENA

DENOMINAZIONE:

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA  
COMPARTO F13

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO  
ALLACCIAMENTI PRIVATI DI FOGNATURA  
ACQUE METEORICHE E NERE

TITOLO:

DATA:

Aprile 2022

SCALA:

-

ELABORATO:

E.02

RELAZIONE

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

COMMITTENZA:

Sig.ra Rustichelli Antonietta  
C.F.: RSTNNT36S61D037R

PROGETTO ARCHITETTONICO:

PROGETTO SPECIALISTICO:

Ing. Andrea Artusi  
c/o SINERGIA s.r.l.  
Via Paganelli, 20 41122 Modena  
Tel 059/8752988 Fax 059/4823606  
Email info@sinergia-srl.net



Approvato		Firma	
Controllato		Firma	
Redatto	ING.A.ARTUSI	Firma	
Collab. Proget.	ING.D.PAGANELLI	Data	04/2022
Cod. Doc.		Scala	-

Provincia di Modena  
Comune di Carpi

Piano particolareggiato di iniziativa privata  
COMPARTO F13

Attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) nel settore  
urbanistico

Redazione di studio idraulico di dettaglio e relativa documentazione tecnica di  
supporto alla procedura abilitativa

*Committente: Sig.ra Rustichelli Antonietta  
C.F. RSTNNT36S61D037R*

*Data: Aprile 2022*

---

*Progettista:*

Ing. Andrea Artusi

*Collaborazione alla progettazione:*

Ing. Daniele Paganelli



Via Paganelli, 20 - 41122 Modena  
tel. 059/8752988 - fax. 059/4823606

## Sommario

1	Premessa .....	3
1.1	Contesto normativo .....	3
2	Contesto morfologico e idraulico del sito .....	14
2.1	Descrizione dell'area e caratteristiche plano-altimetriche .....	14
2.2	Il reticolo idraulico secondario di pianura .....	20
2.2.1	Potenziali criticità.....	20
2.3	Il reticolo idraulico principale .....	20
2.3.1	Potenziali criticità.....	20
3	Riduzione della vulnerabilità degli edifici da rischio alluvione .....	22
3.1	Analisi dei possibili effetti della piena .....	22
3.1.1	Spinta idrostatica Orizzontale.....	22
3.1.2	Spinta di Galleggiamento .....	23
3.1.3	Immersione prolungata.....	24
3.1.4	Spinta idrodinamica.....	24
3.1.5	Impatto dei detriti.....	25
3.1.6	Erosione e scalzamento .....	25
3.2	Strategie di riduzione della vulnerabilità .....	26
3.2.1	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impianti elettrici .....	26
3.2.2	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impermeabilizzazione.....	26
3.2.3	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: dettagli costruttivi .....	26
3.2.4	Buona tecnica .....	27
4	Conclusioni.....	28

# 1 Premessa

La presente relazione tecnica ha lo scopo di contestualizzare l'intervento edilizio individuato dal Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata denominato Comparto F13 per la realizzazione di una struttura ricettiva ubicata nel Comune di Carpi (MO), con accesso principale da Via dell'Industria, nei confronti del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), con riferimento alle possibili interferenze verso il reticolo secondario di pianura (RSP) e reticolo principale (RP) presenti in loco.

## 1.1 Contesto normativo

La Direttiva europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni.

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, deve orientare, nel modo più efficace, l'azione sulle aree a rischio significativo organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio, definire gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le amministrazioni e gli enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Le misure del piano si devono concentrare su tre obiettivi principali:

- migliorare nel minor tempo possibile la sicurezza delle popolazioni esposte utilizzando le migliori pratiche e le migliori tecnologie disponibili a condizione che non comportino costi eccessivi;
- stabilizzare nel breve termine e ridurre nel medio termine i danni sociali ed economici delle alluvioni;
- favorire un tempestivo ritorno alla normalità in caso di evento.

L'articolazione su più livelli territoriali e la conseguente declinazione delle linee di azione generali in obiettivi locali sempre più precisi e pertinenti è un passaggio importante per organizzare le azioni in ordine di priorità e meglio allocare i finanziamenti sulle azioni più efficaci ed urgenti.

Il piano deve tener conto inoltre della attuale organizzazione del sistema nazionale per la prevenzione, previsione e gestione dei rischi naturali per favorire l'attuazione delle misure e per confermare che le autorità statali, regionali e locali, con le loro azioni congiunte, lavorano insieme per la gestione dei rischi di alluvioni.

### Il PTCP

Si riporta di seguito un estratto della tavola 2.3.1 del PTCP al momento vigente, con focus nell'area interessata dal comune di Modena.

Tale tavola riporta la mappatura del rischio idraulico, suddividendo il territorio in quattro distinte aree ovvero:

- A1: Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art. 11)
- A2: Aree depresse a elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua superiore ad un metro (Art.11).
- A3: Aree depresse ad elevata criticità idraulica, aree a rapido scorrimento (Art. 11)
- A4: Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art. 11).

Come si può notare viene riportata la presenza dei due principali corsi d'acqua, ovvero Secchia e Panaro che solcano il territorio in direzione Nord Sud, delineando aree golenali naturali ed artificiali con andamento parallelo agli stessi.

Si osserva che l'area oggetto di intervento viene classificata come non retinata dunque non soggetta a rischio idraulico.

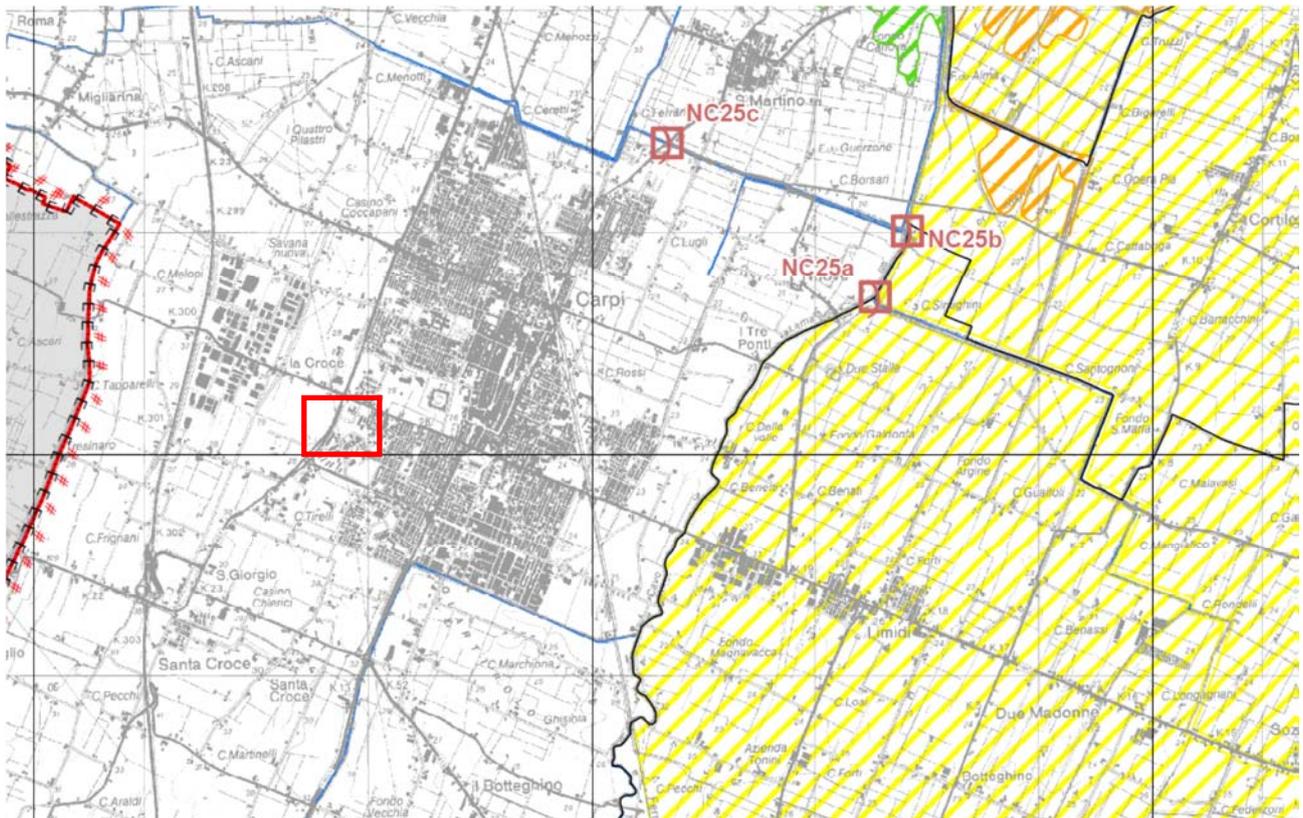


Figura 1: PTCP 2009 – Tav 2.3.1: Rischio idraulico; Carta della pericolosità e della criticità idraulica nell'intorno dell'area oggetto di studio.

Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

Figura 2: PTCP 2009 – Tav 2.3.1: Rischio idraulico; Carta della pericolosità e della criticità idraulica– Legenda.

## II PGRA<sup>1</sup>

La Direttiva 2007/60/CE o Direttiva alluvioni in quanto relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni, introduce per gli stati membri l'obbligo di dotarsi di un quadro coordinato per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e di un Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e la mitigazione dei danni derivanti dalle alluvioni.

La Direttiva prevede che, l'elaborazione, l'aggiornamento e la revisione del PGRA siano condotti con il più ampio coinvolgimento del pubblico e delle parti interessate, incoraggiandone la partecipazione attiva.

Il D.Lgs. 49/2010 recepisce a livello nazionale la direttiva 2007/60/CE prevedendo la predisposizione del PGRA nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino di cui agli articoli 65, 66,67, 68 del D.Lgs. n. 152 del 2006.

Lo strumento per la valutazione e la gestione del rischio è rappresentato dalle **mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni** (art. 6 D.Lgs. 49/2010 e art. 6 Dir. 2007/60/CE).

Le mappe della pericolosità<sup>2</sup> riportano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) distinti con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.



Figura 3: Pericolosità da alluvione complessiva nel distretto padano.

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

<sup>1</sup> "Piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni", Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010,

I A. Inquadramento generale

<sup>2</sup> "Piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni", Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010,

III A. Relazione di Piano

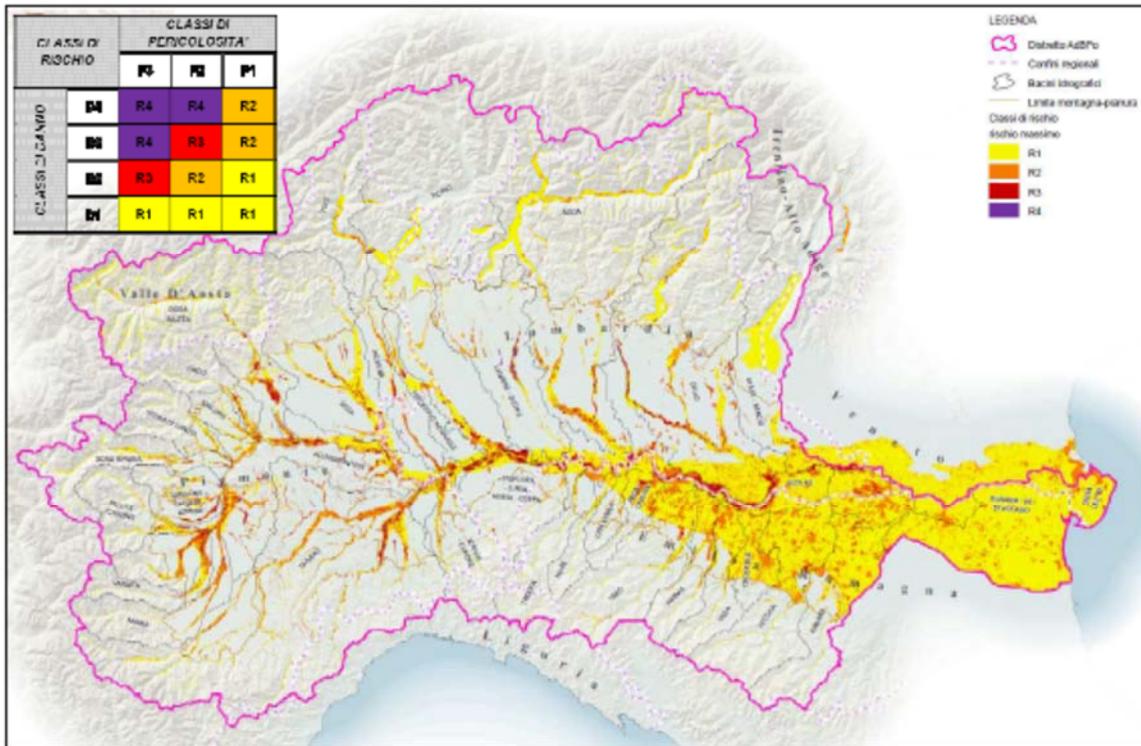


Figura 4: Rischio da alluvione complessiva nel distretto padano.

In particolare la Giunta della Regione Emilia Romagna in data 01 agosto 2016, tramite il DGR 1300/2016 delibera di approvare il documento tecnico "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'art. 58 Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) – Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) – Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 5 del 17/12/2015"

Nell'area oggetto di studio si osservano i seguenti scenari di pericolosità e di rischio riportati in seguito relativi al reticolo principale (RP) e reticolo secondario di pianura (RSP) che in tale studio sarà oggetto di indagine nelle modalità descritte nei paragrafi seguenti e per una porzione di territorio ritenuta necessaria per contestualizzare il sito oggetto di studio.

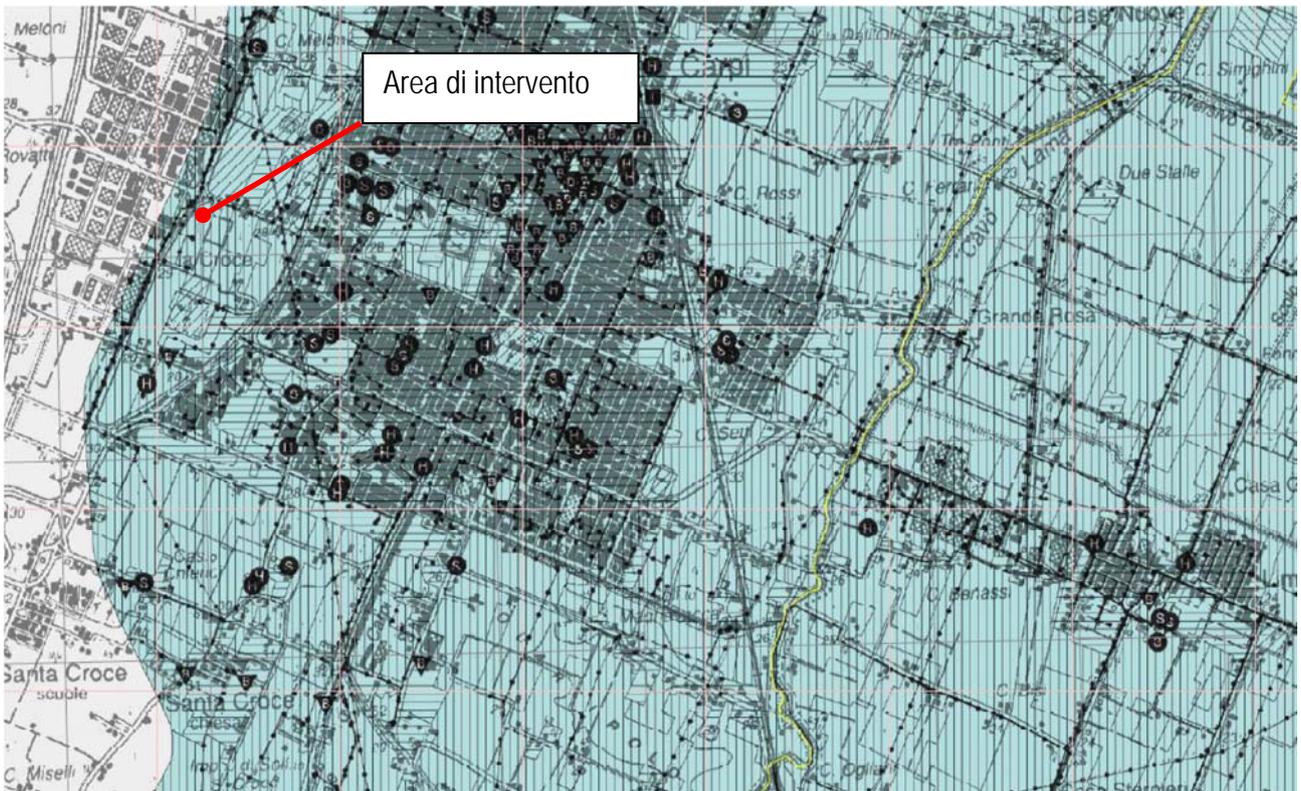


Figura 5: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario. 201 NE Carpi.

### Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti:  
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:  
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)





Figura 7: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura. 201 NE Carpi.

#### Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti:  
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:  
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

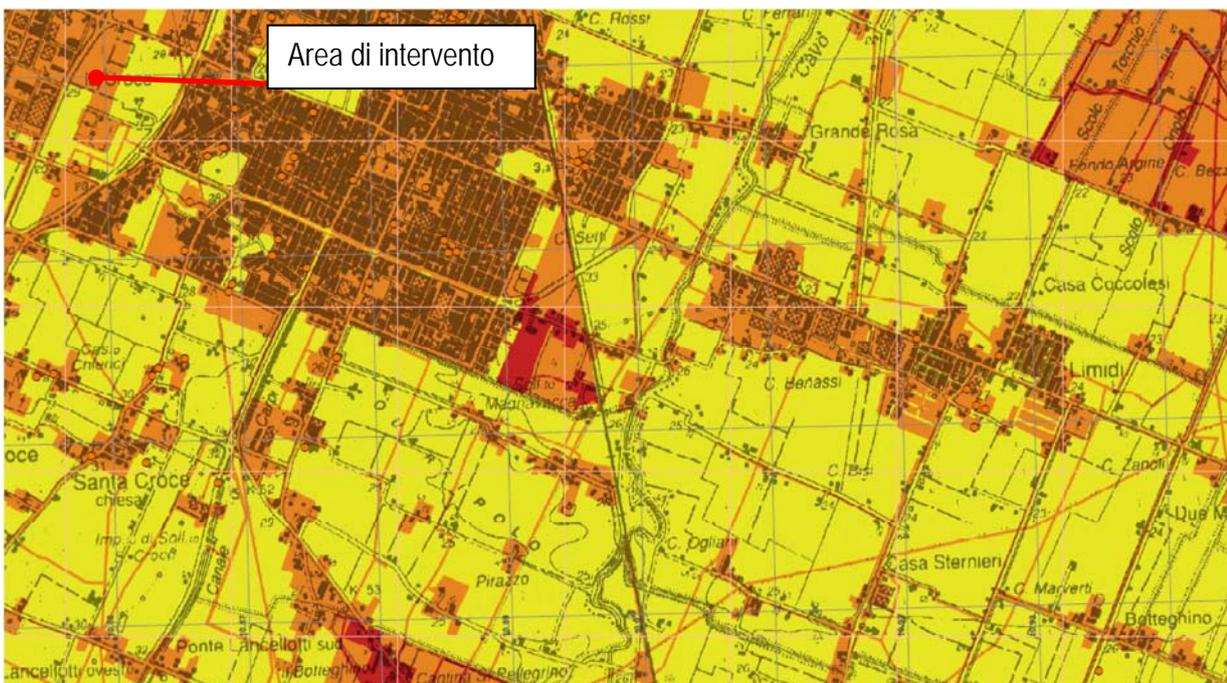


Figura 8: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa del rischio potenziale (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura. 201 NE Carpi.

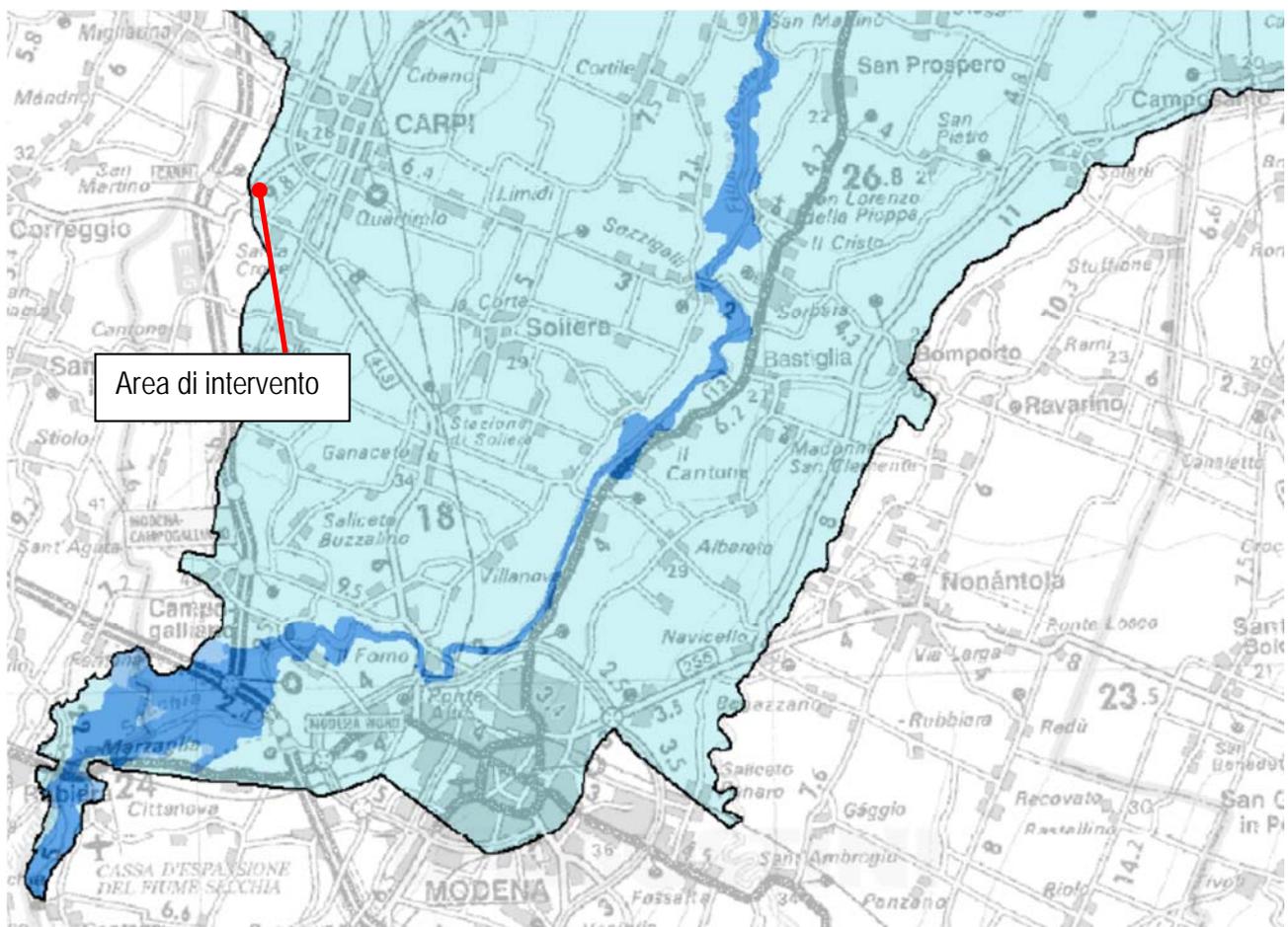
## Classi di Rischio

Classi di Rischio	puntuali	lineari	areali
<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)	● (giallo)	— (giallo)	■ (giallo)
<b>R2</b> (rischio medio)	● (arancione)	— (arancione)	■ (arancione)
<b>R3</b> (rischio elevato)	● (rosso)	— (rosso)	■ (rosso)
<b>R4</b> (rischio molto elevato)	● (viola)	— (viola)	■ (viola)

L'autorità di Bacino del Fiume Po, mediante il Piano di Gestione del rischio Alluvioni del bacino Po (PGRA), individua pertanto l'area oggetto di intervento per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura come area a pericolosità P2-M alluvioni poco frequenti e relativa classe di rischio R2 medio.

Il Piano di Gestione del rischio di alluvioni Secondo ciclo – dicembre 2019 ha pubblicato un aggiornamento delle Mappe di pericolosità e rischio.

L'area oggetto di studio risulta retinata sia dalla TAV. 30 Fiume Secchia dalla cassa di espansione alla confluenza in Po.



## Scenari di pericolosità

- P1 (scarsa probabilità)
- P2 (media probabilità)
- P3 (elevata probabilità)

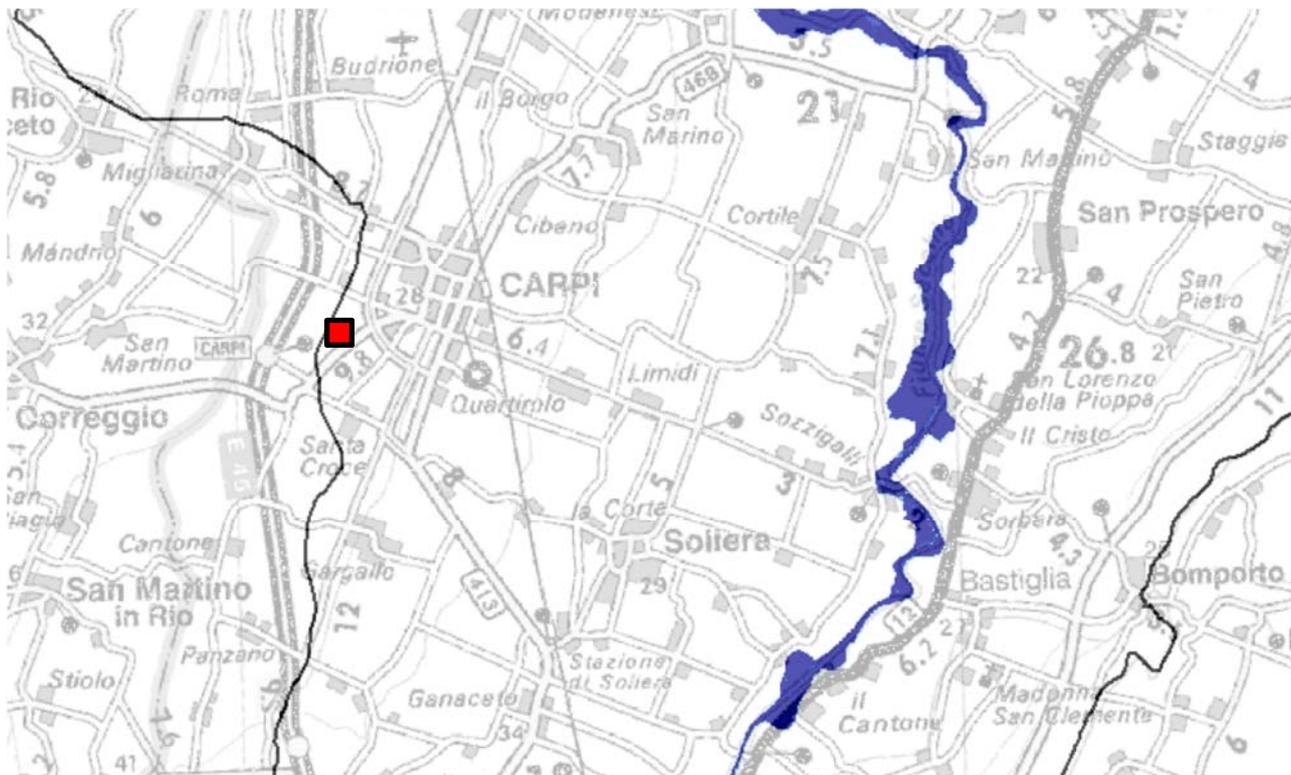
Figura 9: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Piano di Gestione del rischio di alluvioni Secondo ciclo – dicembre 2019. TAV. 30 Fiume Secchia dalla cassa di espansione alla confluenza in Po.

L'area oggetto di studio ricade in zona P1 (scarsa probabilità di alluvioni).

Come si evince dalle figure sotto riportate con il dettaglio dei tiranti idrici attesi rispettivamente per scenari:

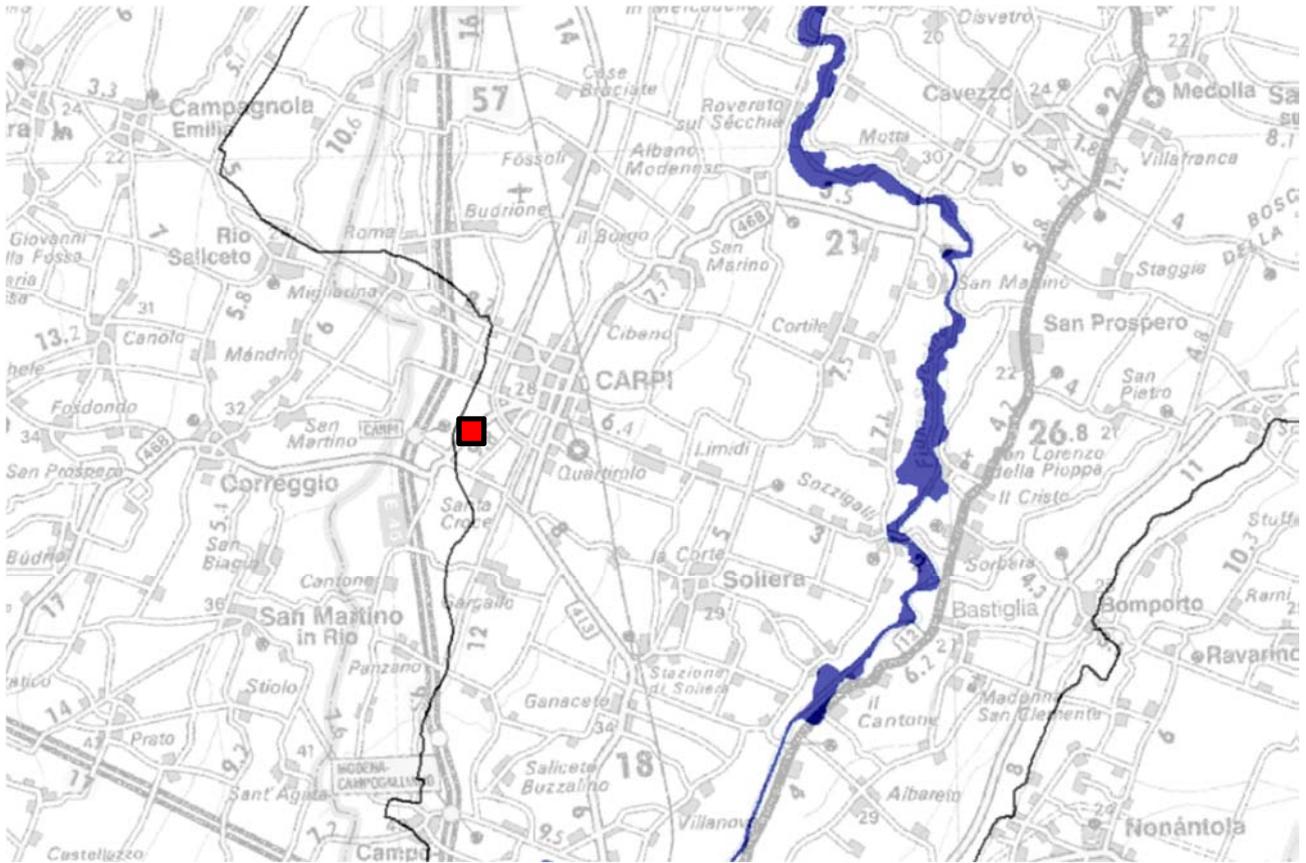
- P3 (elevata probabilità);
- P2 (media probabilità);
- P1 (scarsa probabilità).

l'area in esame risulta essere interessata da eventi alluvionali per scenario P1 (scarsa probabilità) e tirante idrico di altezza inferiore a 0,5 m rispetto al piano campagna medio.



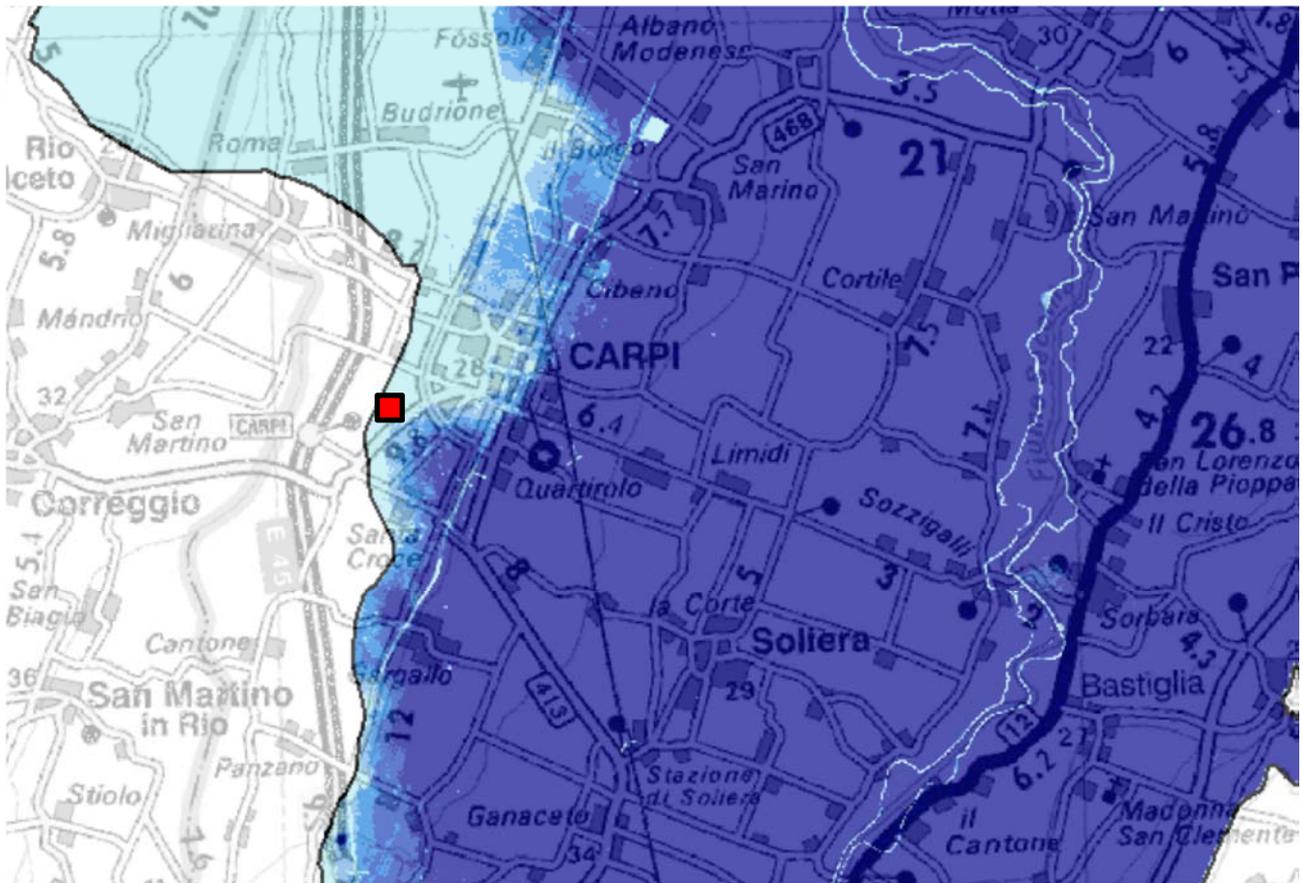
Tiranti - scenario P3 (elevata probabilità)





Tiranti - scenario P2 (media probabilità)

- altezza < 0.5 m
- 0.5 m ≤ altezza < 1.0 m
- 1.0 m ≤ altezza < 1.5 m
- 1.5 m ≤ altezza < 2.0 m
- altezza ≥ 2.0 m



Tiranti - scenario P1 (scarsa probabilità)

- altezza < 0.5 m
- $0.5\text{ m} \leq \text{altezza} < 1.0\text{ m}$
- $1.0\text{ m} \leq \text{altezza} < 1.5\text{ m}$
- $1.5\text{ m} \leq \text{altezza} < 2.0\text{ m}$
- altezza  $\geq 2.0\text{ m}$

Figura 10: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Piano di Gestione del rischio di alluvioni Secondo ciclo - dicembre 2019. TAV. 30 Tiranti Fiume Secchia dalla cassa di espansione alla confluenza in Po.

## 2 Contesto morfologico e idraulico del sito

Nei seguenti paragrafi viene presentato il sito oggetto di studio in termini di geometria, caratteristiche e destinazioni d'uso ma soprattutto verranno approfonditi i legami che esso presenta nei confronti del contesto ambientale naturale ed antropico circostante.

### 2.1 Descrizione dell'area e caratteristiche plano-altimetriche



Figura 11: Inquadramento territoriale area di intervento.

L'area oggetto di intervento si trova in contesto di tipo commerciale / produttivo, ad Ovest rispetto al centro del capoluogo, con ingresso su Via dell'Industria. Il lotto in oggetto si presenta come agricolo nelle condizioni ante operam: è delimitato ad Ovest da Via degli Inventori, dalla quale si ha accesso carraio al lotto stesso, sottostrada di Via dell'Industria.

Si tratta della realizzazione ex novo di una struttura di tipo ricettivo e delle relative pertinenze esterne intese come viabilità, parcheggi e pertinenze private.



Figura 12: Inquadramento di dettaglio area di intervento.

E' prevista la realizzazione della rete di drenaggio acque meteoriche a servizio del lotto che afferirà in regime di invarianza idraulica alla rete di drenaggio acque meteoriche esistente sul sedime di Via degli Inventori, al confine Ovest del lotto stesso. Essa a sua volta recapita in acque superficiali nel Fosso Cavata occidentale in regime di invarianza idraulica.

Il sottobacino idrologico di progetto, costituito da coperture, viabilità e parcheggi, per un totale che ammonta a 0,5 ha impermeabili rispetto a 0,90 ha complessivi di superficie territoriale del lotto, presenta un sistema di laminazione di tipo misto ovvero in parte interrato ottenuto mediante sovradimensionamento della rete tramite collettore scatolare in cls di sezione 120x80cm di sviluppo pari a 110 metri complessivi oltre a due invasi speculari e geometricamente identici a cielo aperto costituiti da un volume fuori linea realizzato mediante opportuna risagomatura del terreno verde privato per un volume di 50 mc ciascuno. Il volume totale ammonta così a 205 mc, corrispondenti a 410 mc/ha imp, a fronte di una portata uscente pari a 18 l/s ovvero 20 l/s ha di superficie territoriale drenata.

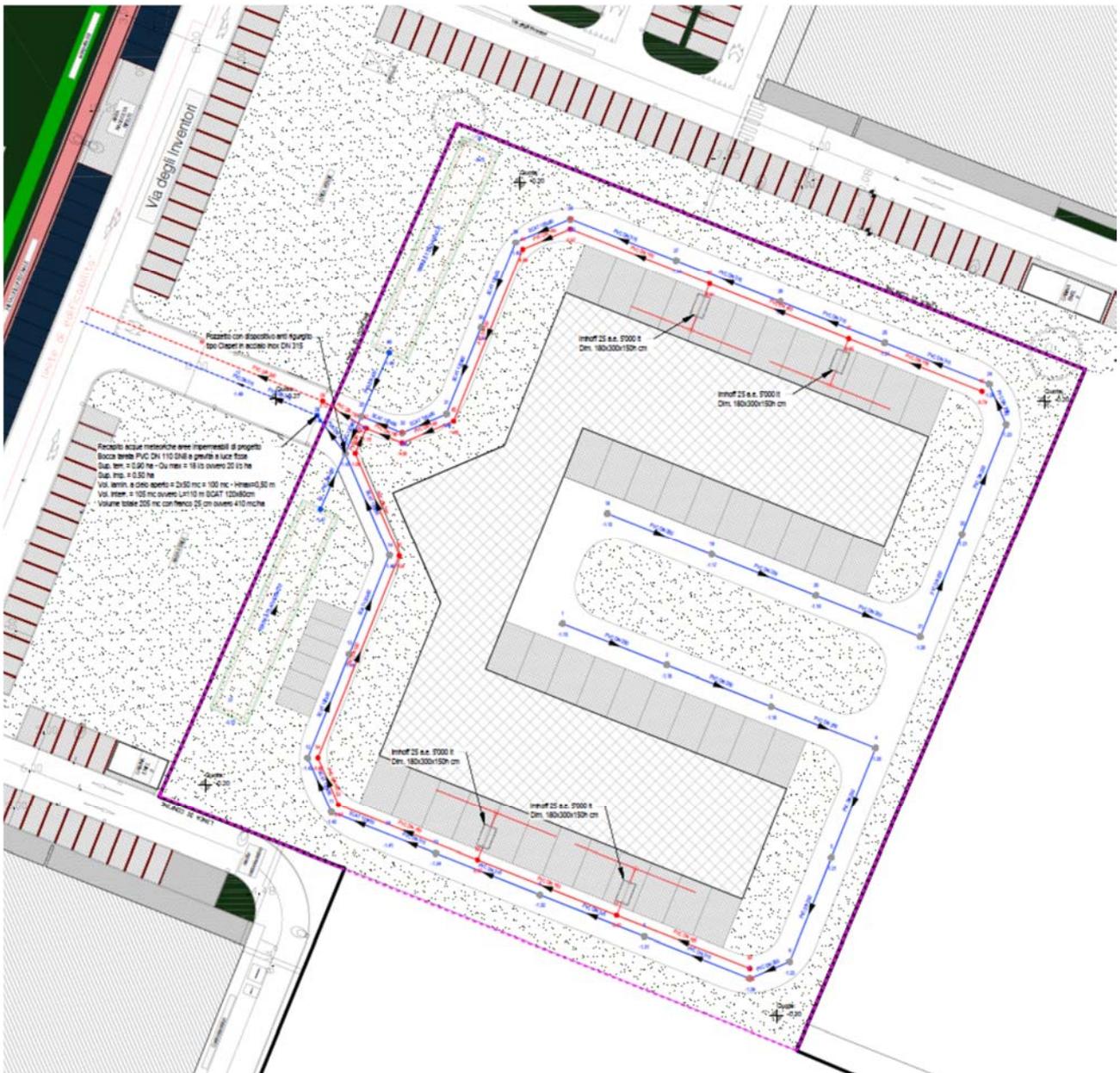


Figura 13: Lay-out area di intervento, stato di fatto e stato comparativo.

E' stata effettuata un'analisi delle caratteristiche plano-altimetriche dell'area oggetto di studio affiancando dati generali LIDAR a una campagna di rilievo GPS in sito, ricavando gli esiti di seguito descritti.



Figura 14: Rilievo GPS dell'area oggetto di studio ed integrazione con quote di progetto – Via degli Inventori accesso al lotto.



Figura 15: Rilievo GPS dell'area oggetto di studio ed integrazione con quote di progetto – Via degli Inventori – Via dell'Industria



Figura 16: Rilievo GPS dell'area oggetto di studio ed integrazione con quote di progetto – Via degli Inventori.

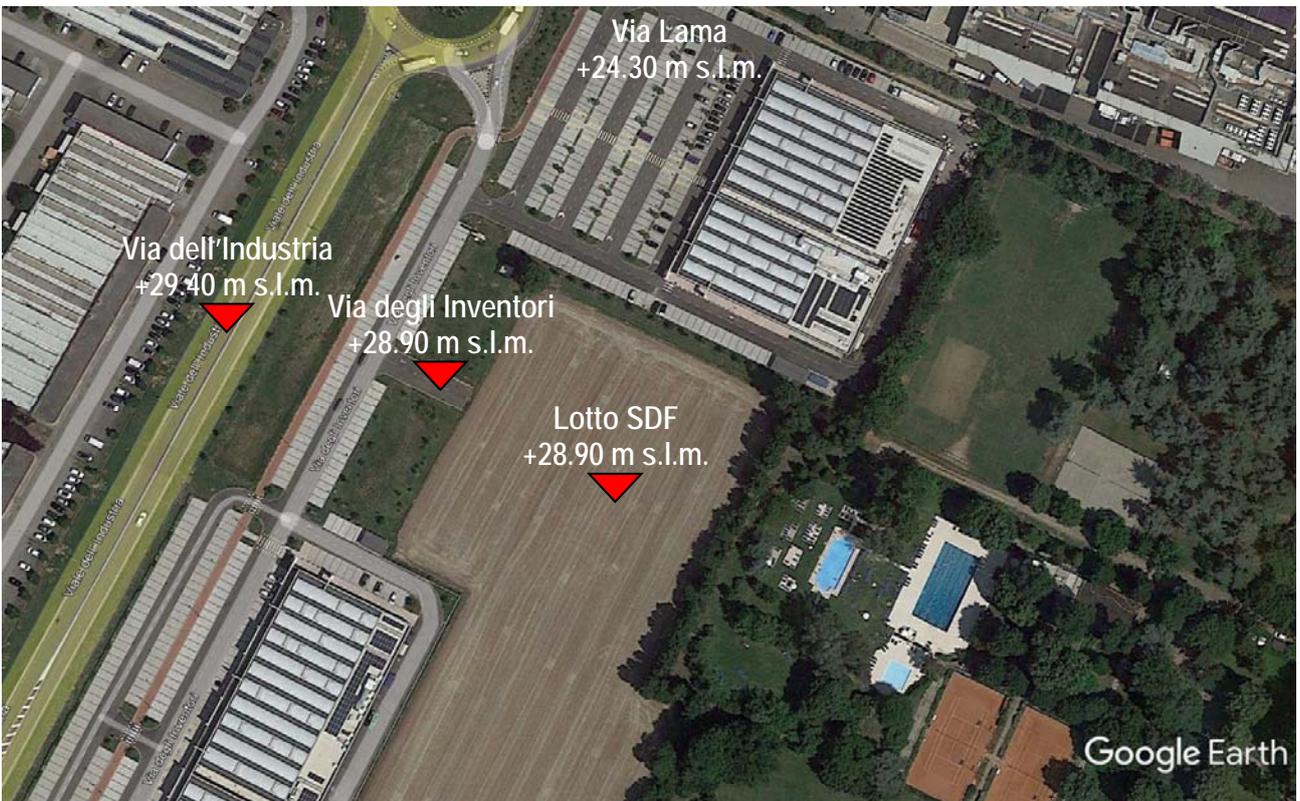


Figura 17: Rilievo GPS dell'area oggetto di studio.

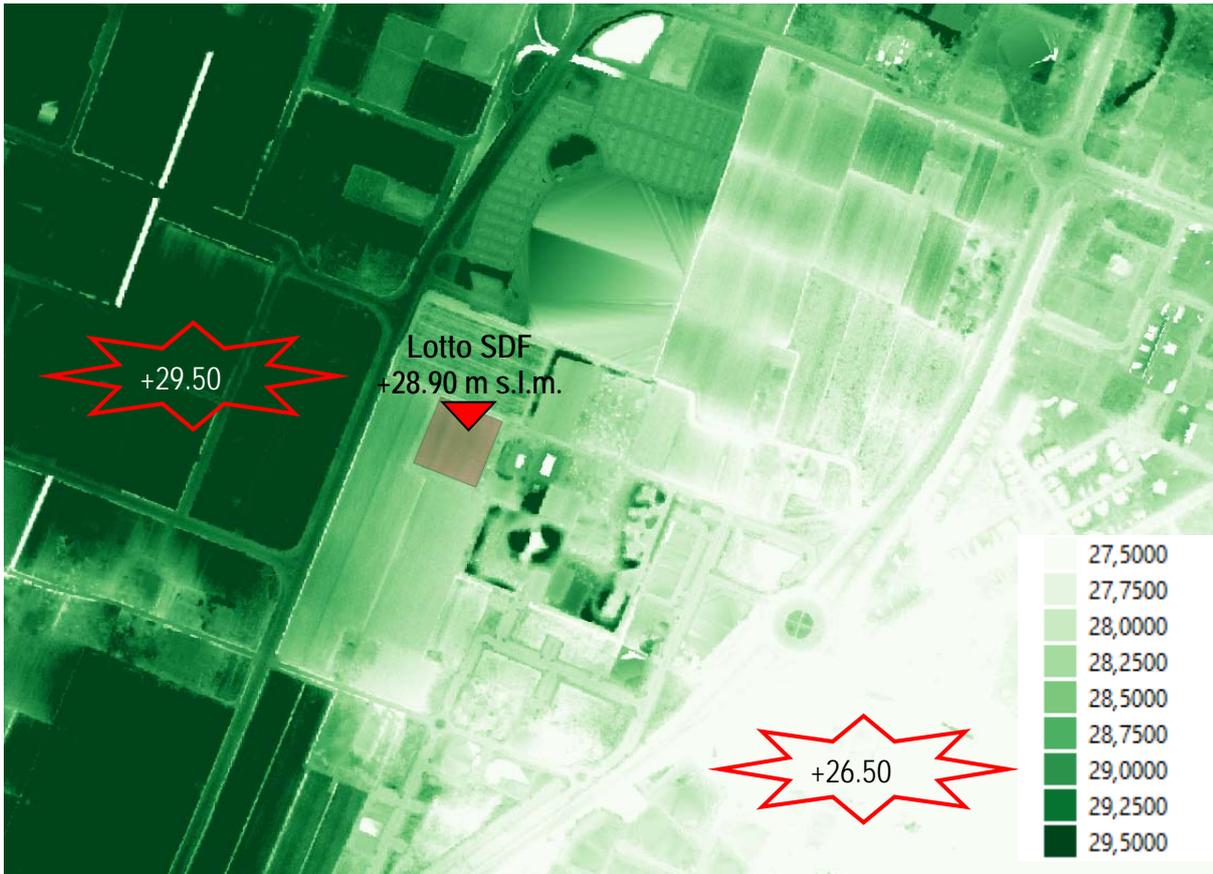


Figura 18: Analisi LiDAR dell'area oggetto di studio. Ampia scala.

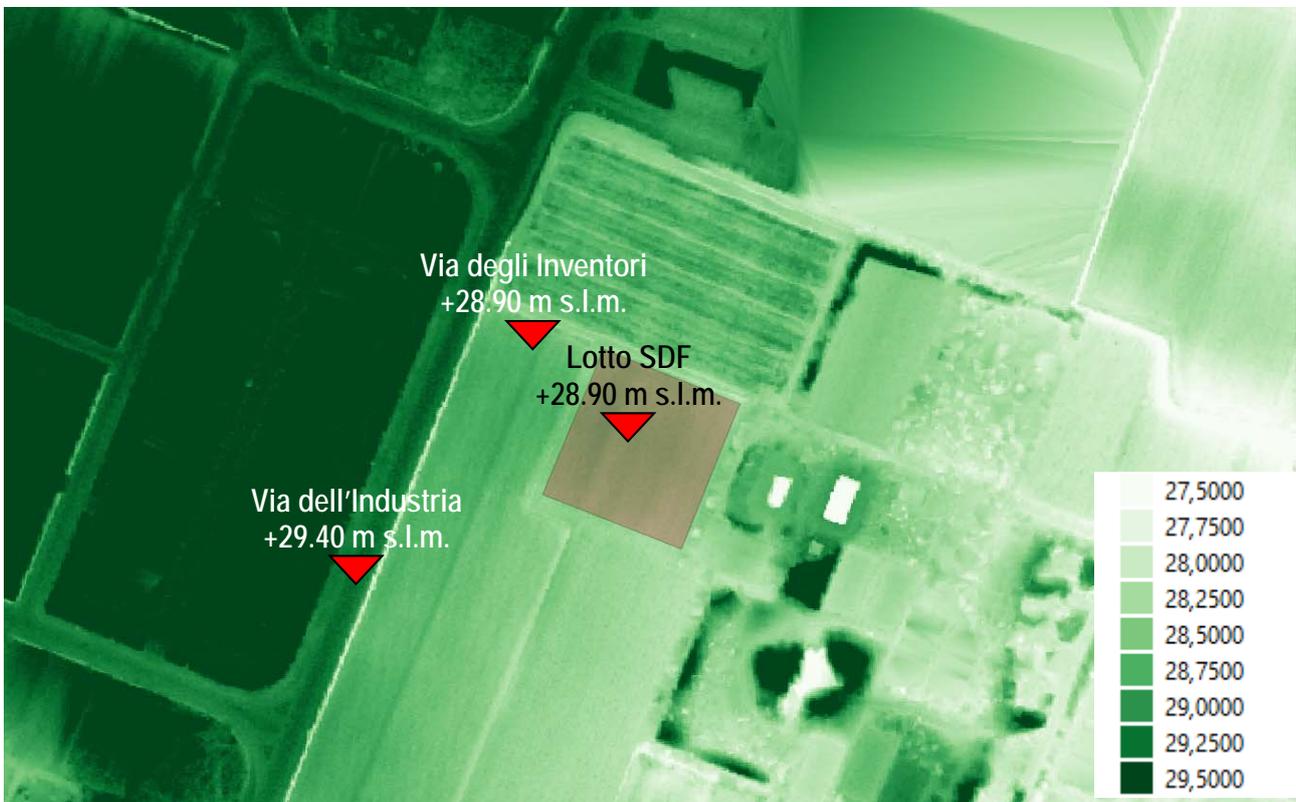


Figura 19: Analisi LiDAR dell'area oggetto di studio. Scala di dettaglio.

Nell'area oggetto di intervento e nell'immediato contesto l'andamento morfologico del territorio si presenta fortemente eterogeneo e caratterizzato da un forte grado di modificazioni antropiche.

In particolare si rileva la sede stradale di Via dell'Industria, nella sezione antistante il lotto di intervento, alla quota assoluta di +29,40 m s.l.m. da rapportare alla sottostrada Via degli Inventori da cui si ha accesso al lotto rilevata alla quota altimetrica di +28,90 m s.l.m., quota che si mantiene mediamente omogenea rispetto alle condizioni del lotto ante operam, ovvero al piano campagna medio.

Ad una scala di maggiore ampiezza, il territorio si presenta omogeneamente degradante in direzione Est tra la quota media del piano campagna ad Ovest di Via dell'Industria di +29,50 m s.l.m. alla quota di +26,50 m s.l.m. muovendosi verso la zona residenziale dell'abitato di Carpi.

Si riscontra la presenza di elementi di natura antropica (strade, reticolo idrografico superficiale secondario) che segnano ulteriormente il territorio creandone una compartimentazione dal punto di vista del deflusso delle acque.

## **2.2 Il reticolo idraulico secondario di pianura**

Per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura circostante all'area di studio, si rileva il Fosso Cavata Occidentale in prossimità di Via dell'Industria.

### **2.2.1 Potenziali criticità**

Tale asta idraulica, date le caratteristiche plano-altimetriche del sito rispetto al territorio circostante sopra descritte sono da ritenersi non interferenti in modo diretto.

In occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e diffusi si possono generare fenomeni di crisi del reticolo secondario di pianura (rete di drenaggio urbano), con il raggiungimento delle massime capacità delle reti di drenaggio che non sono temporaneamente in grado di smaltire il deflusso delle acque dalle campagne.

In queste condizioni sono le aree morfologicamente più depresse nelle adiacenze del sito allo studio a presentare il rischio di deboli ristagni, dell'ordine di pochi centimetri fino a 10/20 centimetri di tirante massimo, per lo più in corrispondenza delle aree maggiormente depresse ai lati delle viabilità principali lungo cui esse sono distribuite.

Pertanto, considerata la quota di imposta minima del lotto (+29,00 m s.l.m.) e dei fabbricati (+29,10 m s.l.m.) unitamente alla conformazione del territorio adiacente in particolare della viabilità circostante rilevata a +28,90 m s.l.m., l'area in oggetto non risulta interessata da allagamenti od interferenze provocati dal reticolo di drenaggio nei confronti sia di un fenomeno di precipitazione di breve durata sia di lunga durata.

**Pertanto, il reticolo secondario di pianura presente nell'area oggetto di studio non costituisce fonte di criticità nei confronti di persone o cose e non limita in alcun modo la fruizione dell'area.**

**Parallelamente è possibile affermare che l'inserimento dell'attività in oggetto, in regime di invarianza idraulica, non determina un aggravio degli scenari di pericolosità e di rischio idraulico caratteristici del contesto territoriale esaminato.**

## **2.3 Il reticolo idraulico principale**

Per quanto riguarda il reticolo idraulico principale nell'areale di influenza della zona oggetto di studio, viene rilevata la presenza del Fiume Secchia a circa 10 km di distanza in direzione Est.

### **2.3.1 Potenziali criticità**

Come riportato dal Piano di Gestione del rischio di alluvioni Secondo ciclo – dicembre 2019 con l'aggiornamento delle Mappe di pericolosità e rischio, l'area oggetto di studio ricade in zona P1 che equivale a scarsa probabilità

di alluvioni che si ritiene possano occorrere in condizioni di sormonto arginale in un punto del reticolo principale nella zona di influenza studiata per quel che riguarda il Fiume Secchia.

Detto scenario determina tiranti idrici attesi medi inferiori a 0,50 m rispetto al piano campagna medio assunto alla quota media originaria di circa +28,90 m s.l.m. come riportate nelle cartografie precedenti.

Resta dunque definito un incremento di quota medio pari a circa +0,10 / 0,20 m rispettivamente per piano della viabilità esterna al fabbricato e per fabbricato stesso da rapportare alla quota altimetrica di Via degli Inventori di +28,90 m s.l.m.

**Visto l'incremento di quota rispetto alle condizioni altimetriche naturali del sito, l'allagamento massimo atteso da Fiume Secchia inferiore a 0,50 metri si riduce, con riferimento al piano di imposta dei fabbricati, ad un valore approssimativamente inferiore a 0,30 m.**

Vista la distanza con il Fiume Secchia, la criticità di una eventuale esondazione per sormonto, o peggio per crash arginale risulterebbe sicuramente mitigata da elementi antropici presenti sul territorio quali rilevati stradali e ferroviari e contesto urbano consolidato che ne diminuirebbero sia la portata sia la velocità caratteristica dell'onda di piena.

A fronte di una tale eventualità possibili elementi di riduzione del rischio idraulico sono individuati nella redazione di un adeguato piano di emergenza appositamente redatto.

In linea generale si ritiene necessario che:

- la quota minima del primo piano utile dell'edificio sia ad altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;
- siano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e il piano / piani superiori.

### 3 Riduzione della vulnerabilità degli edifici da rischio alluvione

Affrontare il tema della riduzione della vulnerabilità delle strutture realizzate in aree sondabili impone la definizione di alcuni concetti base di carattere generale che riguardano il rischio alluvione. Si definisce infatti:

$$\text{RISCHIO} = \text{Pericolosità} \times \text{Valore Bene Esposto} \times \text{Vulnerabilità}$$

Dove:

La **Pericolosità** esprime l'entità del fenomeno (alluvione, frana, sisma, ecc.) e la probabilità che si manifesti in un lasso temporale più o meno ampio.

La **Vulnerabilità** può esprimersi come il danno atteso, ovvero la percentuale di riduzione del valore che il fenomeno calamitoso produce sul bene; si definisce atteso perché riferito ad un fenomeno la cui intensità e la cui frequenza non è certa bensì legata ad una curva di probabilità statistica. La vulnerabilità è normalmente proporzionale alla intensità del fenomeno.

Per ridurre il **Rischio** è dunque possibile agire sui tre fattori (pericolosità, valore e vulnerabilità) ricercando ove possibile la maggiore combinazione in termini di costi-benefici. Tale concetto è ben ripreso dalla direttiva europea sulle alluvioni (Direttiva 2007/60/CE) nella quale si esprime la stretta correlazione tra gli interventi per la difesa del suolo ed il beneficio economico che ne può derivare.

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di bacino del fiume Po affronta il tema della mitigazione del rischio mediante interventi strutturali e non che ottengano una riduzione delle sue singole componenti.

In particolare per la diminuzione della pericolosità il PAI ha disegnato un assetto delle difese idrauliche del fiume Po e del reticolo idrografico dimensionato per fenomeni di piena con tempi di ritorno di 200 anni.

La riduzione del valore dei beni esposti si attua invece con quegli articoli normativi del PAI che governano l'uso del suolo nelle aree soggette ad esondazione, così da limitare la presenza di edifici, impianti e attività altrimenti localizzabili.

Esplorare in modo esteso questo campo però non è cosa semplice, perché si intuisce che la vulnerabilità di un edificio o di un impianto o di una sua specifica componente dipende non solo dall'intensità dell'evento, ma dalle tipologie e dalle caratteristiche costruttive del bene stesso, innumerevoli e non sempre note.

#### 3.1 Analisi dei possibili effetti della piena

Nei paragrafi seguenti si presentano tutti gli aspetti che un fenomeno di piena da alluvione può generare in termini di sollecitazioni meccaniche e dinamiche nei confronti di qualsiasi edificio o manufatto interessato dall'evento stesso. I parametri principali che concorrono alla definizione di tali fenomeni fisici riguardano, oltre alla geometria stessa dei manufatti antropici, per lo più le grandezze idrauliche caratteristiche di tali fenomeni come tirante idrico e velocità del flusso. Risulta inoltre non trascurabile anche l'aspetto temporale ovvero la durata con la quale l'onda di piena interagisce con i manufatti stessi.

##### 3.1.1 Spinta idrostatica Orizzontale

La spinta idrostatica è la forza che l'acqua esercita su ogni oggetto sommerso. Il valore della spinta orizzontale è funzione del battente idraulico che si manifesta.

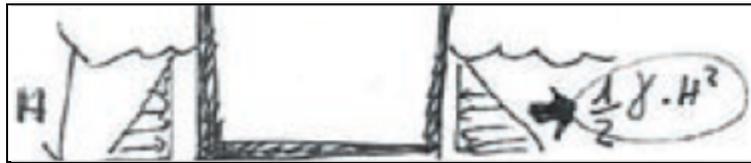


Figura 20: Schema concettuale delle forze agenti.

$$F_h = \frac{1}{2} \gamma H^2$$

Con:

$F_h$  spinta dovuta all'acqua per unità di larghezza della parete

$\gamma$  peso specifico dell'acqua

$H$  altezza della parte sommersa della parete

Considerazioni

Considerando i limitati valori di battente idraulico attesi nell'area oggetto di indagine, tale aspetto idraulico risulta poco significativo.

### 3.1.2 Spinta di Galleggiamento

Nel caso di un oggetto sommerso le forze idrostatiche agiranno in due diverse direzioni. Oltre alle forze orizzontali, già analizzate nel paragrafo precedente, agiranno anche forze verticali, altrimenti dette spinte di galleggiamento, che inducono il sollevamento della costruzione dal suo sistema di fondazione o di pavimentazione, ad esempio sollevando una piscina vuota.

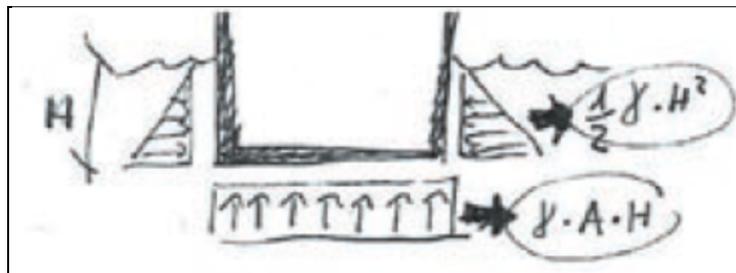


Figura 21: Schema concettuale delle forze agenti.

$$F_v = \gamma AH$$

Con:

$F_v$  forza verticale

$\gamma$  peso specifico dell'acqua

$A$  area della superficie verticale a contatto con l'acqua

$H$  affondamento della superficie orizzontale rispetto al livello di piena (pelo libero)

Considerazioni

Considerando i limitati valori di battente idraulico attesi nell'area oggetto di indagine, tale aspetto idraulico risulta poco significativo.

### 3.1.3 Immersione prolungata

L'immersione prolungata in acqua può arrecare danni alle finiture, agli oggetti contenuti, all'arredo, alla struttura e provocare contaminazione da agenti inquinanti.

Considerazioni

Date le condizioni plano-altimetriche dell'ambiente circostante, i potenziali danni dovuti all'immersione prolungata di parti degli edifici risultano poco significativi.

### 3.1.4 Spinta idrodinamica

E' la forza che agisce sulle superfici non orizzontali esposte al movimento della piena. La stima a priori della forza idrodinamica è basata sulla velocità attesa della piena di riferimento.

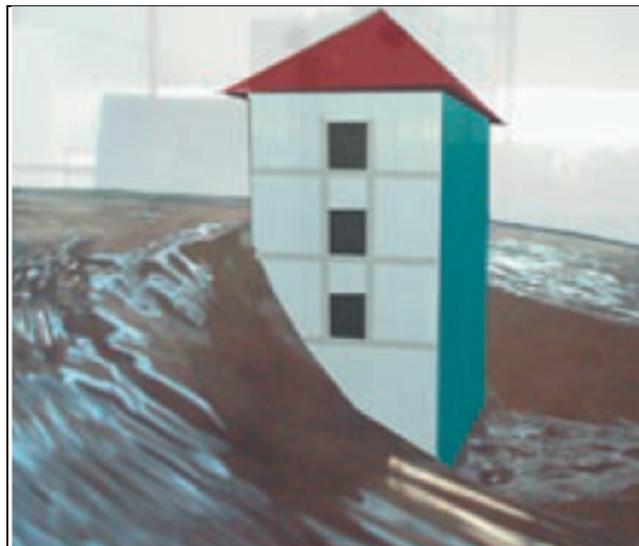


Figura 22: Schema concettuale del fenomeno.

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A$$

Con:

$F_d$  spinta dinamica esercitata dalla corrente (N)

$C_d$  coefficiente di Drag

$\rho$  densità dell'acqua assunta pari a 1000kg/mc

$V$  velocità della corrente m/s

$A$  area della proiezione dell'edificio in direzione perpendicolare alla corrente (mq)

Si osserva che il coefficiente di drag  $C_d$  dipende dalla forma dell'edificio e da altri fattori. Per un normale edificio isolato,  $C_d$  può variare fra 0.8 e 2 a seconda della profondità e della direzione della corrente che lo investe, ma può assumere valori molto più alti (anche 5 o 6 volte superiori) in condizioni di vicinanza ad altri oggetti interferenti, quali altri edifici, argini, ostacoli vari.

Considerazioni

In questo studio si stanno affrontando gli effetti di potenziali fenomeni di allagamento dovute a crisi del reticolo principale e secondario di pianura. La natura stessa di tali fenomeni non comporta velocità tali da provocare danni per eccessiva spinta idrodinamica sui manufatti ed edifici.

### 3.1.5 *Impatto dei detriti*

Il danno è provocato dalla forza dovuta all'impatto degli oggetti portati dalla piena contro le superfici verticali investite. Tali forze rappresentano la più grande incognita per il progettista, ma per sviluppare un progetto si deve farne una valutazione. Gli oggetti portati dalla piena esercitano la massima forza se orientati secondo corrente, con il lato minore che colpisce l'ostacolo e il lato più lungo parallelo alla corrente.

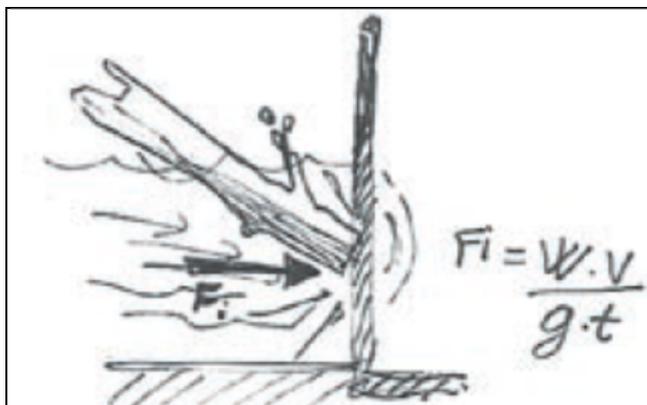


Figura 23: Schema concettuale delle forze agenti.

#### Considerazioni

Gli eventuali fenomeni di allagamento concentrato o diffuso dovuti a crisi del reticolo principale e secondario di pianura, per le caratteristiche di velocità dei flussi idrici che si possono instaurare sul territorio o in parti di esso, escludono totalmente il rischio di impatto di detriti su opere di antropiche presenti sul territorio.

### 3.1.6 *Erosione e scalzamento*

Gli edifici solitamente non sono progettati per resistere alle azioni di un'alluvione, si rischia quindi di non conoscere le conseguenze che l'erosione comporta. La crisi delle fondazioni nelle strutture soggette all'inondazione è una causa importante di danno strutturale. Il processo di erosione è favorito dai seguenti fattori: terreno non coesivo, assenza di copertura vegetale o artificiale, alta velocità dell'acqua.



Figura 24: Esperimento di laboratorio, Dipartimento di Idraulica, Università di Pavia. Vista dall'alto di uno ostacolo rettangolare posto su letto sabbioso in seguito a simulazione.

#### Considerazioni

L'aspetto che domina i possibili fenomeni di erosione e scalzamento di fondazioni di manufatti pubblici o privati risulta ancora una volta la velocità della lama d'acqua presente sul territorio. Per le considerazioni esposte ai

paragrafi precedenti sono escluse a priori velocità tali da provocare scalzamento o erosione di fondazioni di edifici o manufatti in genere.

## **3.2 Strategie di riduzione della vulnerabilità**

I paragrafi seguenti hanno lo scopo di fornire suggerimenti e linee guida per l'individuazione delle misure possibili da adottare per la riduzione ed il contenimento dei danni in caso di fenomeni meteorologici particolarmente intensi che possono mettere in crisi localmente il reticolo principale e secondario di pianura.

Date le risultanze del presente studio, tali strategie sono da interpretarsi come elementi di buona tecnica costruttiva non prescrittivi.

### ***3.2.1 Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impianti elettrici***

Gli impianti elettrici risultano molto sensibili nei confronti della presenza di acqua e possono essere fonte di elevate criticità qualora vengano a contatto con essa se non sono state adottate opportune precauzioni. Pertanto si suggerisce in maniera non prescrittiva di seguire le seguenti linee guida di carattere generale del tipo:

- nelle costruzioni esistenti: qualora non sia possibile sopraelevare il pavimento al di sopra del livello di piena, conviene comunque spostare a livello del soffitto gli impianti elettrici, le tracce in cui passano le canalette dovrebbero avere una pendenza tale da favorire una veloce asciugatura dell'impianto, e si consiglia di mettere in salvo su rialzi, o meglio ancora ai piani alti, gli elettrodomestici o l'arredo che si può danneggiare in caso di piena.
- impianto elettrico e relativo quadro elettrico distinto per vani potenzialmente sommergibili.

### ***3.2.2 Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impermeabilizzazione***

Tra le misure passive per ridurre il grado di danneggiamento dei beni e delle strutture risulta sicuramente utile aumentare in generale il grado di impermeabilizzazione. Tale obiettivo è perseguibile in numerosi modalità. Tra le migliorie più frequenti e meno impattanti è possibile segnalare le seguenti tematiche:

- Se il livello di piena non supera il metro e' inoltre possibile pensare di impermeabilizzare il perimetro esterno dell'edificio con guaine impermeabili protette da un rivestimento, e porre barriere con guarnizioni sulle soglie, da montare manualmente in caso di allerta. Questo sistema non garantisce risultati se la piena supera il livello di impermeabilizzazione, o se viene a mancare l'intervento umano, ma può funzionare bene per eventi di piena moderati riducendo di molto i danni.
- Si suggerisce di non creare cantine oppure spazi completamente interrati in zona allagabile. Se esistono già, è bene verificare la presenza di aperture tipo bocche di lupo o grigie di aerazione in modo da individuare le possibili vie preferenziali di infiltrazione dell'acqua e dunque poter preventivare le opportune azioni di impermeabilizzazione. Questi luoghi non dovranno essere comunque utilizzati come deposito di beni deteriorabili, ne' come superficie abitabile.

### ***3.2.3 Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: dettagli costruttivi***

Si ritiene opportuno indicare alcuni suggerimenti che possono comunque aumentare la durabilità degli immobili e ridurre i potenziali danneggiamenti, non solo a fronte di allagamenti diffusi ma anche davanti a fenomeni meteorologici con tempo di ritorno inferiore ai 100 anni. Ci si riferisce in particolare ad alcuni dettagli costruttivi di cui tra i più comuni si riporta:

- impianto igienico sanitario con valvole anti riflusso;
- impianti di riscaldamento, condizionamento e trattamento ubicati a quota maggiore possibile;
- realizzazione di cordoli perimetrali: es. le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc).

### 3.2.4 *Buona tecnica*

Si vogliono di seguito indicare norme generali di buona tecnica che si suggerisce di tenere in considerazione, a prescindere dalla mappatura dei fenomeni di allagamento stimati dalla presente trattazione:

- 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;
- è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione,
- 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;
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica;
- è necessario 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.

## 4 Conclusioni

Per quanto esposto nella presente relazione tecnica:

Il sottoscritto Andrea Artusi, nato a Carpi, il 20/10/1975, residente a Soliera, in Via XXV Aprile 349, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Modena al n. 2253, in merito al progetto in oggetto,

### A S S E V E R A

la veridicità della rappresentazione dello stato dei luoghi, dei dati dimensionali, nonché la rispondenza e la conformità delle opere di progetto alle prescrizioni degli strumenti urbanistici di pianificazione vigenti ed adottati, in particolare la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità definite dal vigente Piano di Gestione del rischio Alluvioni del bacino del Po (PGRA).