

COMUNE DI SOLIERA  
PROVINCIA DI MODENA

DENOMINAZIONE:

VARIANTE A PUA "ANTICHE QUERCE"  
E SISTEMAZIONE DEL PARCO (1° STRALCIO)

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO RETI DI GAS ACQUA FOGNATURA

TITOLO:

PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

DATA:

Novembre 2021

SCALA:

-

ELABORATO:

E-02

COMMITTENZA:

VECA s.r.l.

PROGETTO GENERALE:

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	11/21
Cod. Doc.		Scala	-

Provincia di Modena  
Comune di Soliera

Variante al PUA "Antiche Querce"  
COMPARTO C2-1

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:* VECA S.R.L.  
Via Morello Mezzo n°101-105 - 41019 Soliera (MO)

*Data:* Novembre 2021

---

*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
1.2	Il reticolo secondario di pianura (Consorzio Emilia Centrale) .....	12
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 .....	17
2.2.1	Inquadramento territoriale e orografia .....	17
2.2.2	Il reticolo idraulico secondario di pianura nel contesto locale .....	17
2.2.3	Confini naturali e bacinizzazione antropica .....	18
2.2.4	Descrizioni delle potenziali criticità .....	19
2.2.5	Verifiche idrauliche .....	20
2.3	Il reticolo idraulico principale .....	28
2.3.1	Potenziali criticità .....	28
3	Riduzione della vulnerabilità degli edifici da rischio alluvione .....	31
3.1	Analisi dei possibili effetti della piena .....	31
3.1.1	Spinta idrostatica Orizzontale .....	31
3.1.2	Spinta di Galleggiamento .....	32
3.1.3	Immersione prolungata .....	32
3.1.4	Spinta idrodinamica .....	33
3.1.5	Impatto dei detriti .....	33
3.1.6	Erosione e scalzamento .....	34
3.2	Strategie di riduzione della vulnerabilità .....	35
3.2.1	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impianti elettrici .....	35
3.2.2	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impermeabilizzazione .....	35
3.2.3	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: dettagli costruttivi .....	35
3.2.4	Buona tecnica .....	36
4	Conclusioni .....	37

# 1 Premessa

La presente relazione tecnica ha lo scopo contestualizzare l'intervento edilizio in Variante al PUA "Antiche Querce" denominato Comparto C2.1 ed ubicato nel Comune di Soliera (MO), nei pressi di Via Loschi e Via Roncaglia, nei confronti del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), con riferimento alle possibili interferenze verso il reticolo secondario di pianura (RSP) presente 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 dai comuni di Carpi, Soliera e Bomporto.

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.

In generale si osserva che la quasi totalità del territorio comunale di Soliera viene classificata e retinata come A3: Aree depresse ad elevata criticità idraulica, aree a rapido scorrimento (Art. 11).

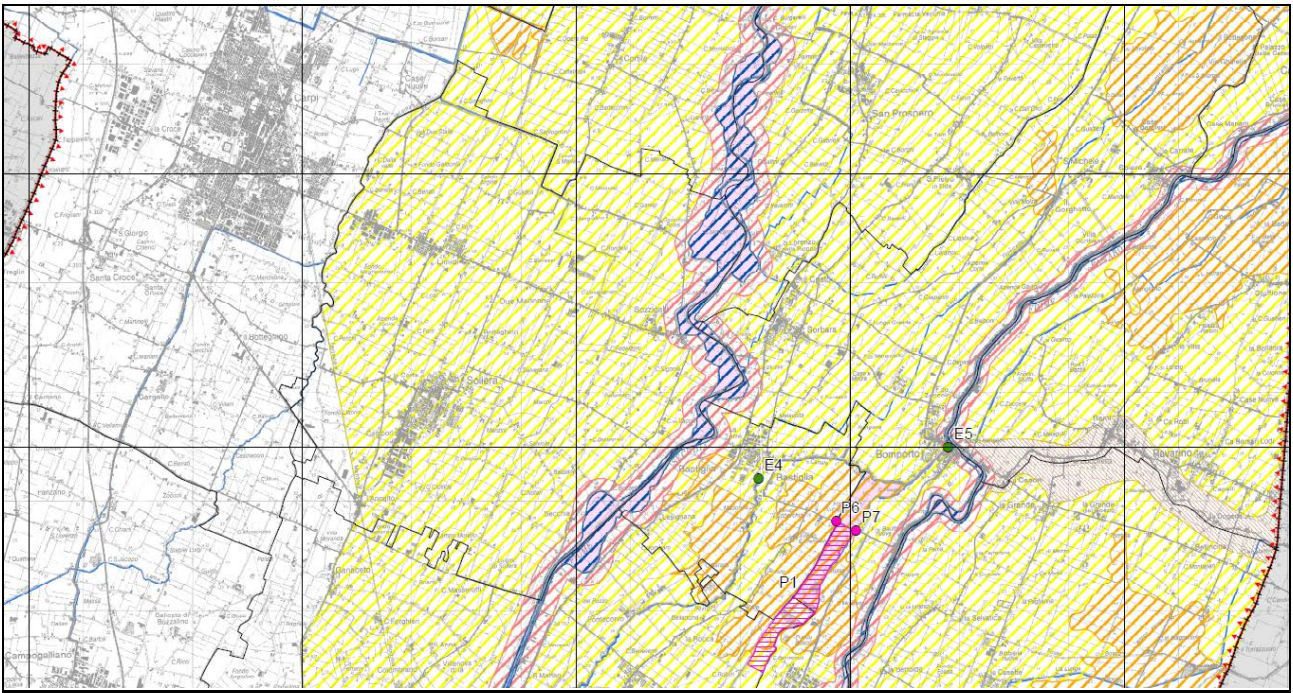


Figura 1: PTCP 2008 – Tav 2.3.1: Rischio idraulico; Carta della pericolosità e della criticità idraulica tra i comuni di Carpi, Soliera e Bomporto.










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 (Art.23A)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

Figura 2: PTCP 2008 – 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.

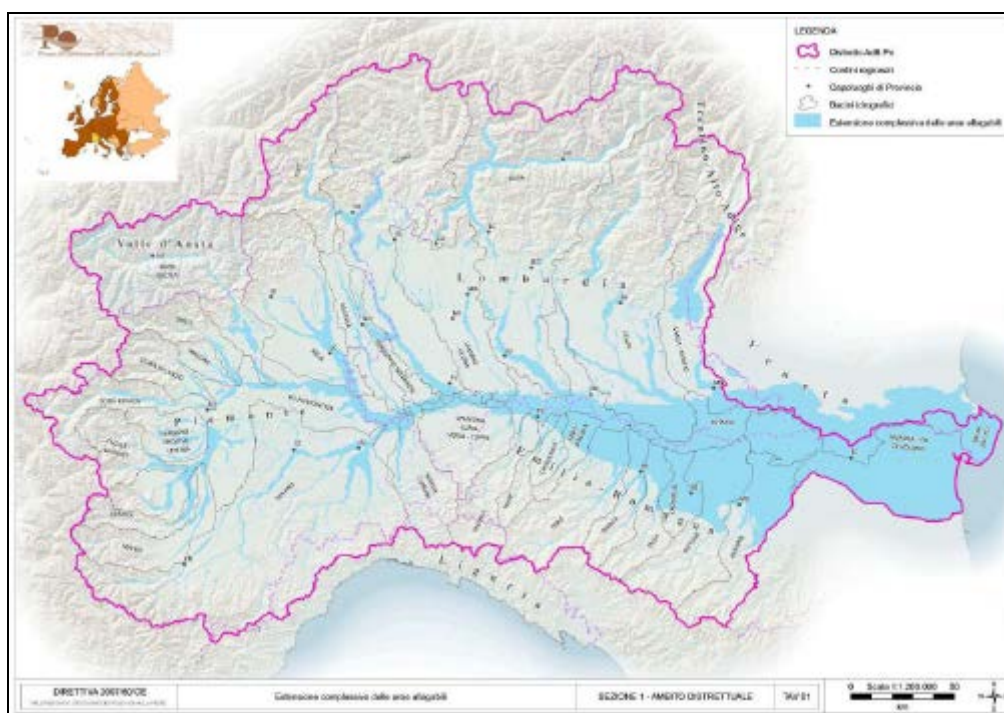


Figura 3: Pericolosità da alluvione complessiva nel distretto padano.

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

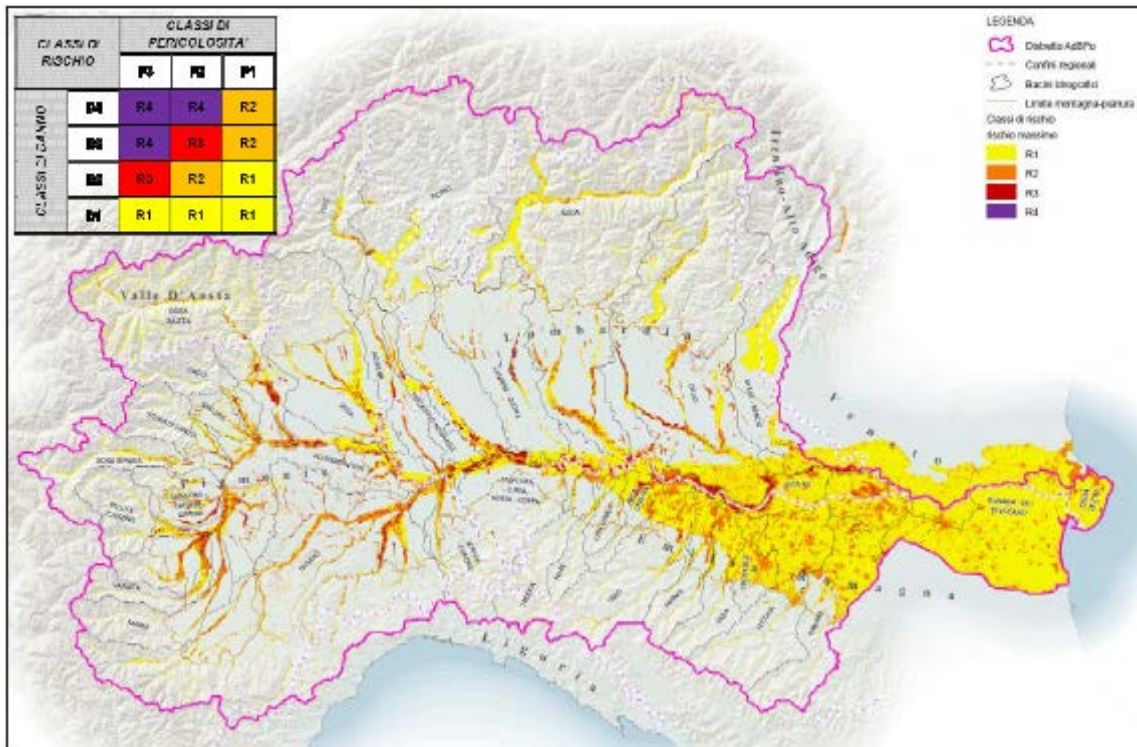


Figura 4: Rischio da alluvione complessiva nel distretto padano.

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.

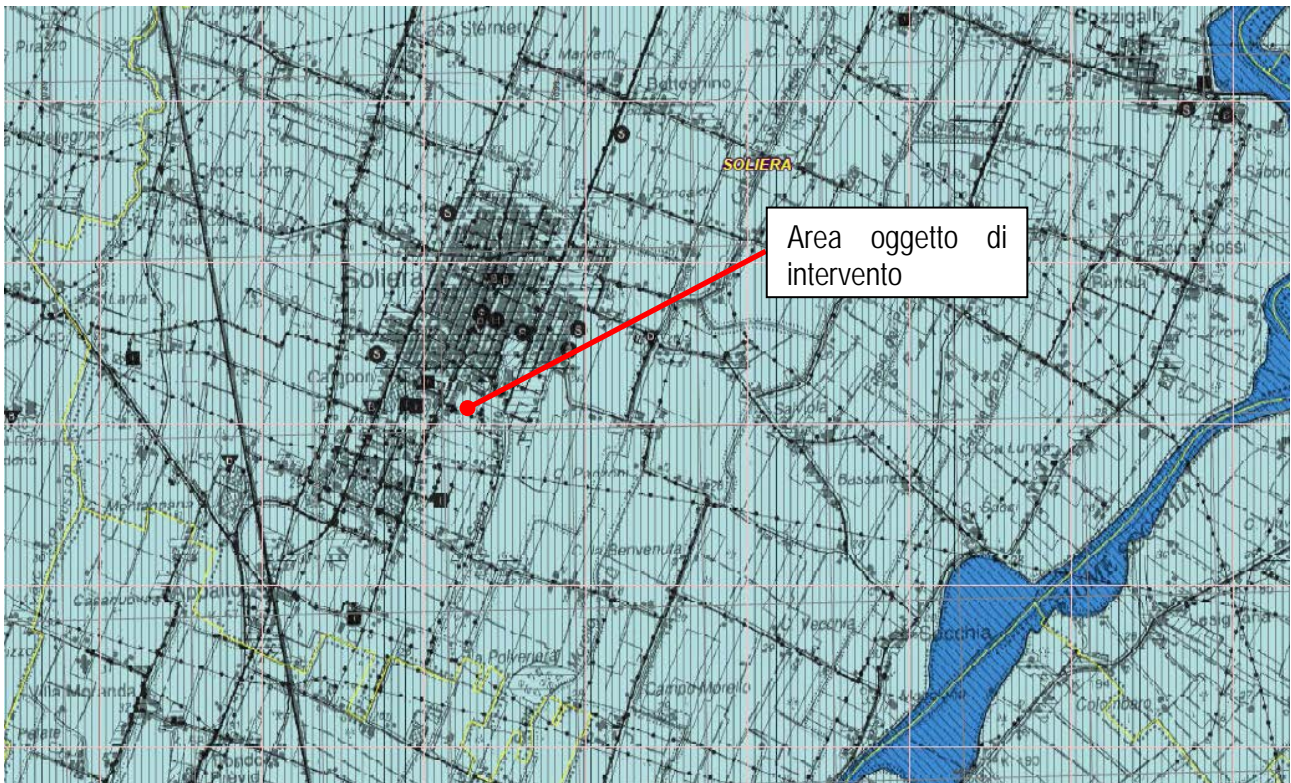


Figura 5: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: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

### 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)

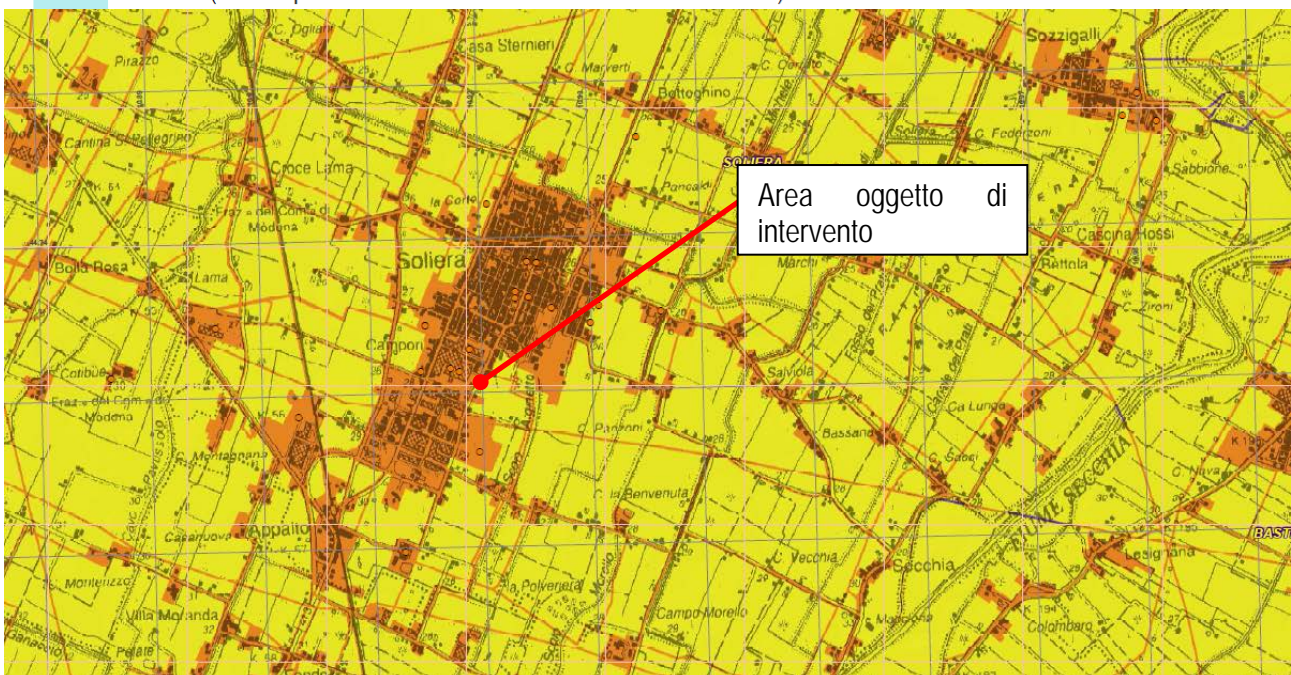


Figura 6: Inquadramento dell'area oggetto di studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa del rischio potenziale(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario.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



## Classi di Rischio

	puntuali	lineari	areali
<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)	●	~~~~	■
<b>R2</b> (rischio medio)	●	~~~~	■
<b>R3</b> (rischio elevato)	●	~~~~	■
<b>R4</b> (rischio molto elevato)	●	~~~~	■

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 naturale principale e secondario come area a Pericolosità P1-L (scarsa probabilità di alluvioni o eventi estremi) e relativa classe di rischio R2 – rischio medio.

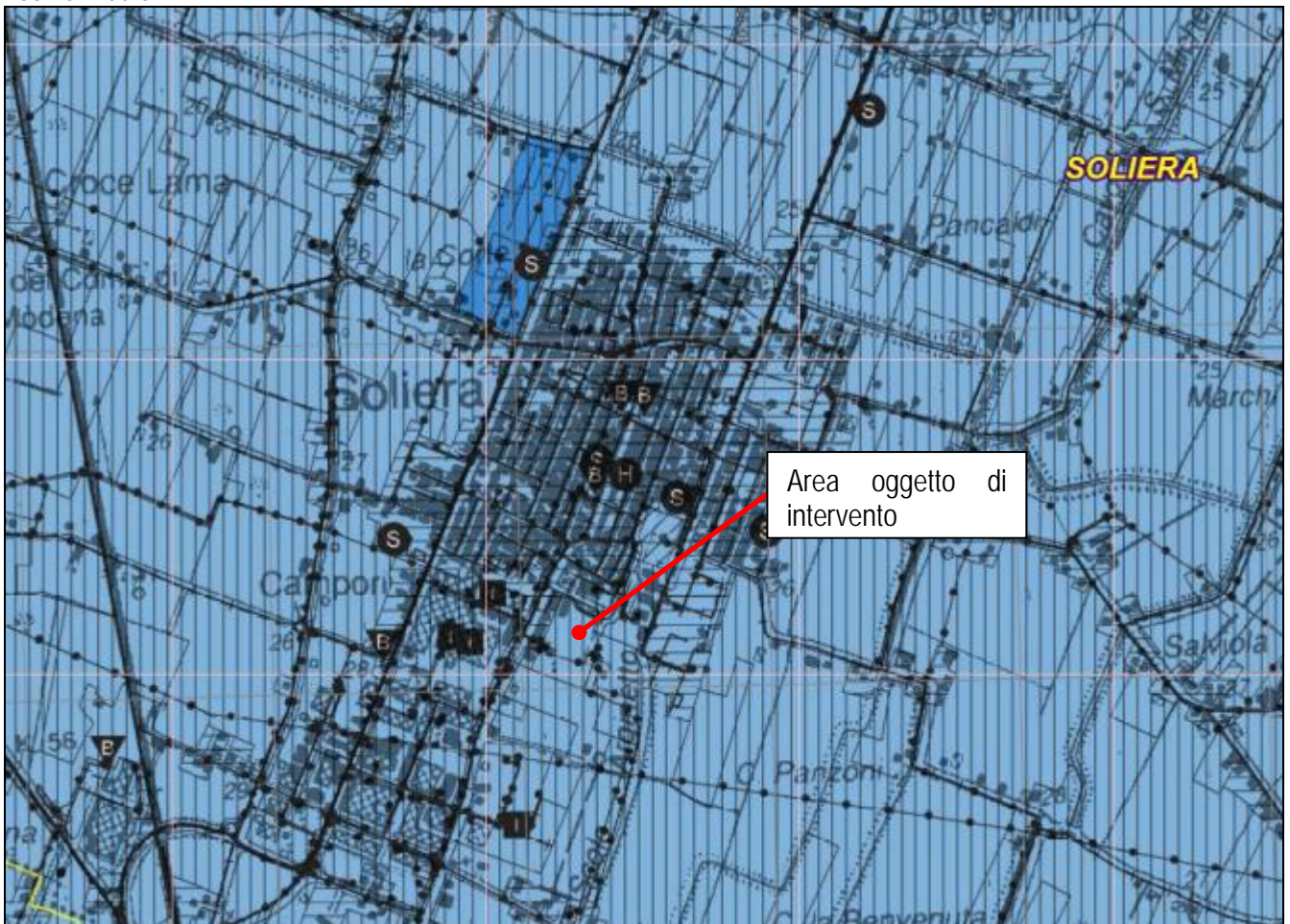


Figura 7: Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: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

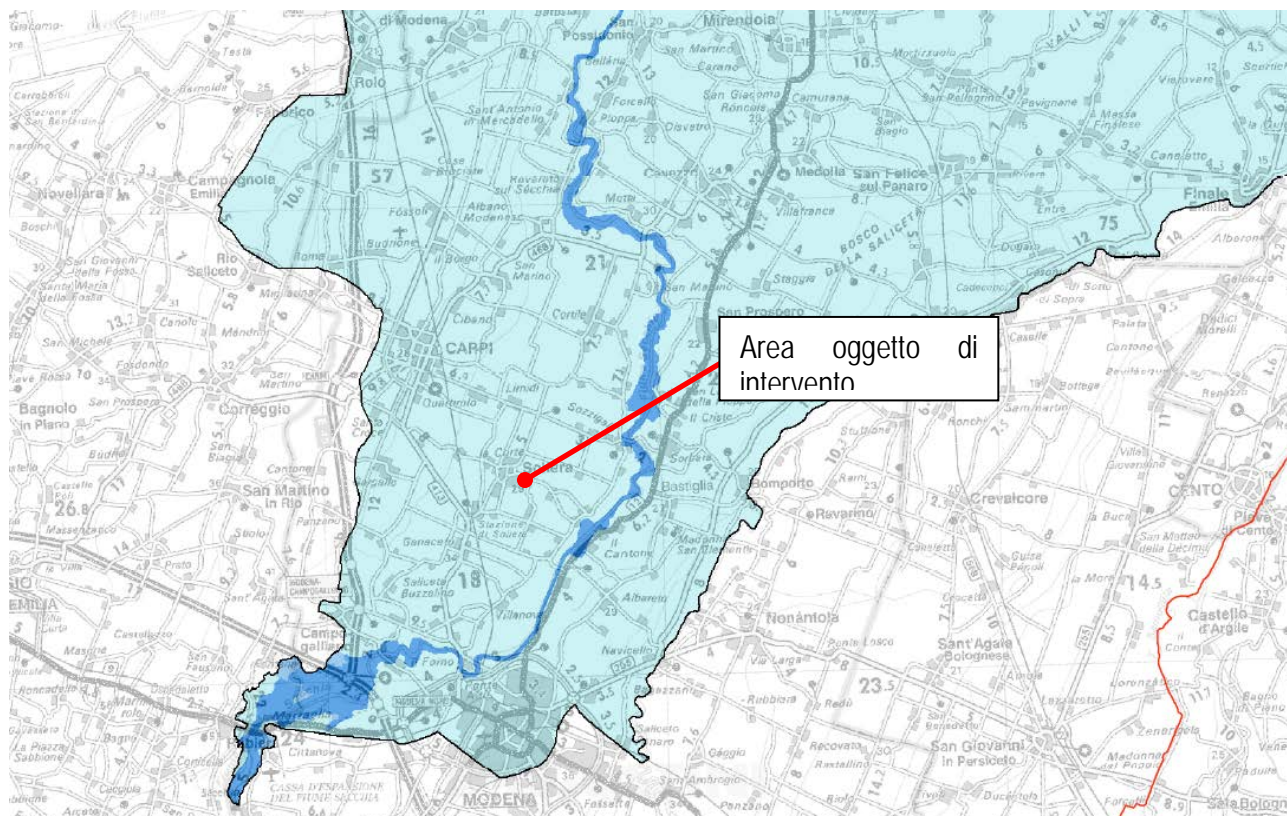
### Classi di Rischio

	puntuali	lineari	areali
<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)	●	—	■
<b>R2</b> (rischio medio)	●	—	■
<b>R3</b> (rischio elevato)	●	—	■
<b>R4</b> (rischio molto elevato)	●	—	■

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 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)

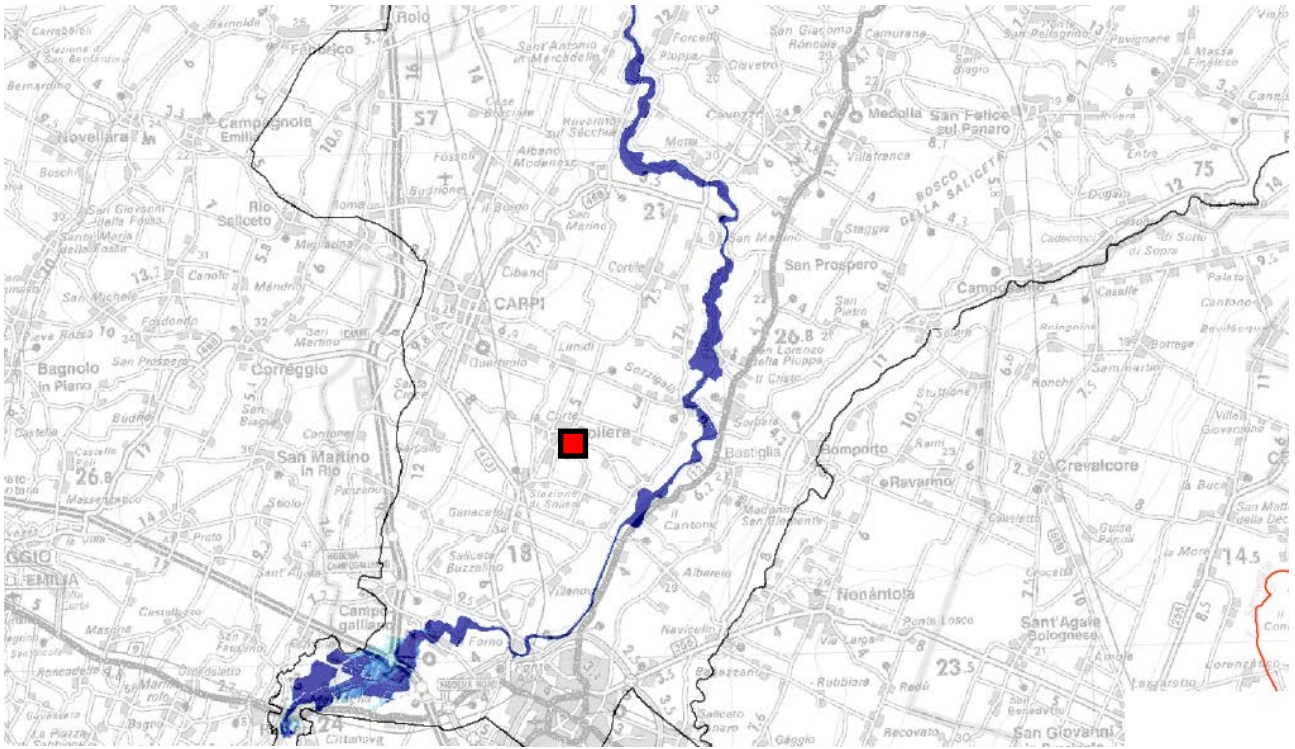
Figura 9: Inquadramento dell'area oggetto di studio base Piano di Gestione del rischio di alluvioni Secondo ciclo – dicembre 2019. TAV. 30 Fiume Secchia dalla cassa di espansione alla confluenza in Po.

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:

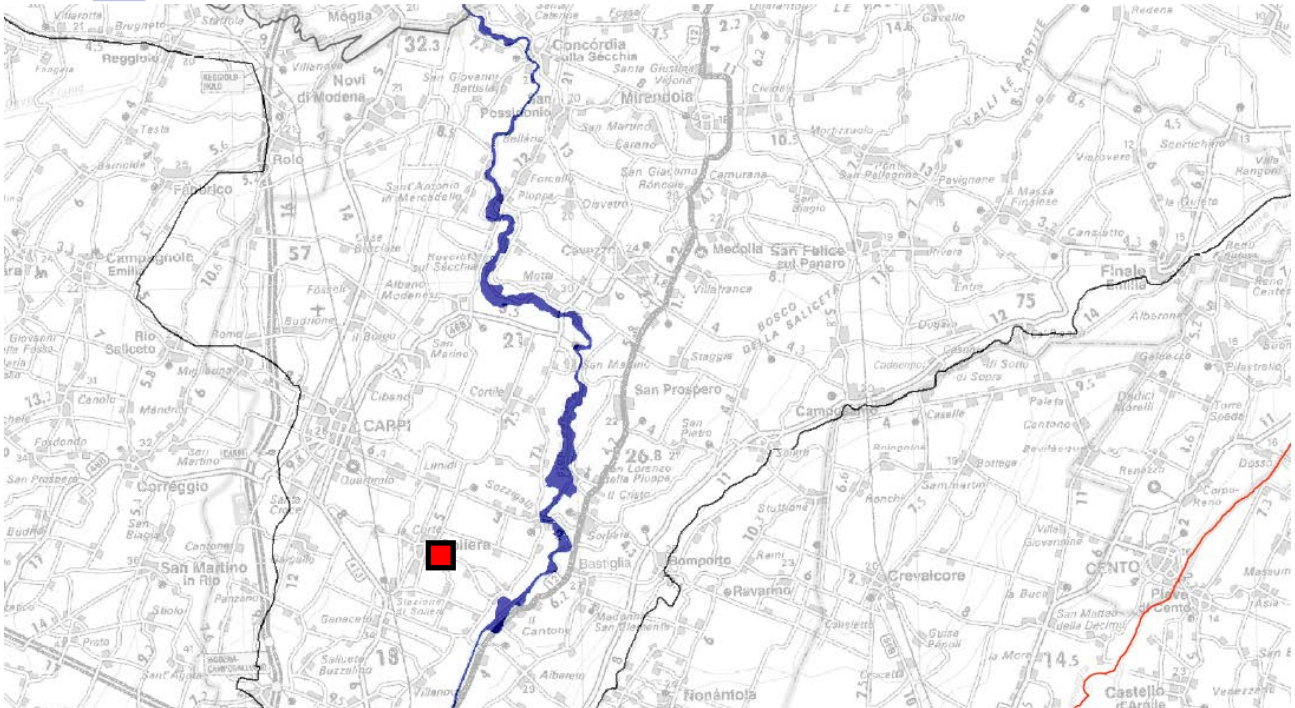
- P3 (elevata probabilità);
- P2 (media probabilità);
- P1 (scarsa probabilità).

l'area in esame risulta essere interessata da eventi alluvionali per scenario P1 (scarsa probabilità) e tirante idrico di altezza compresa tra 1,50 e 2,00 m rispetto al piano campagna medio.



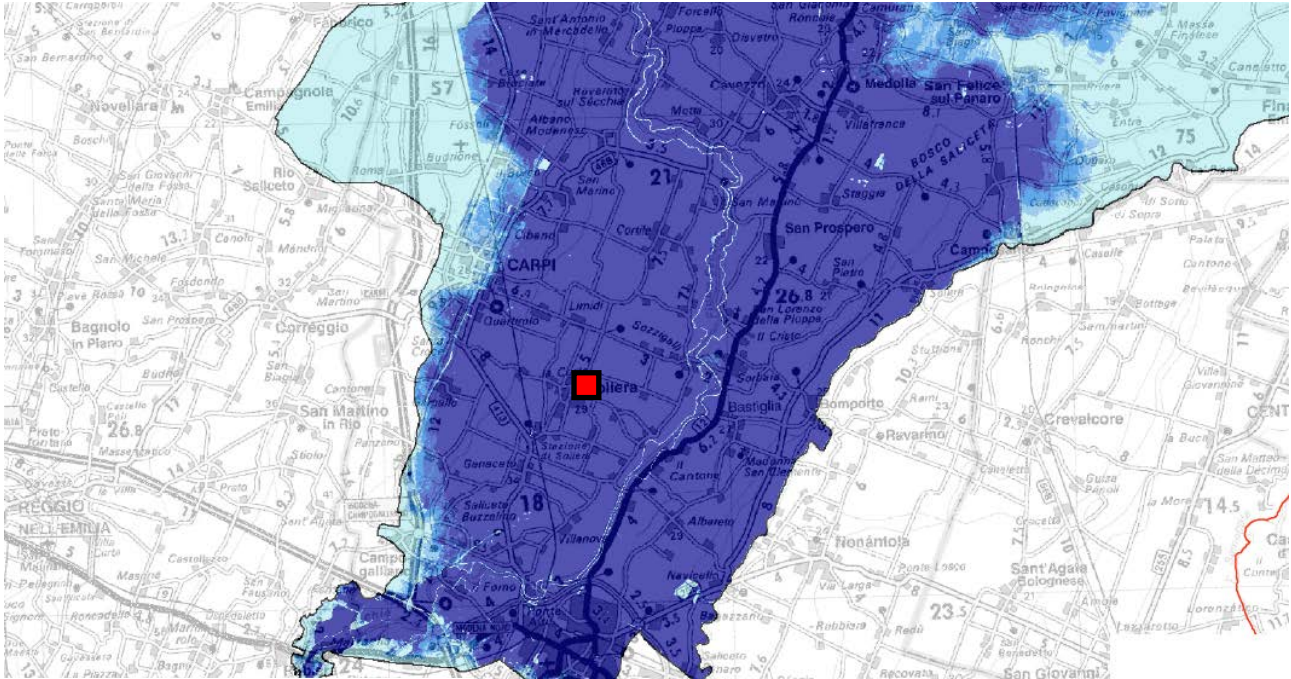
**Tiranti - scenario P3 (elevata probabilità)**

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

## 1.2 Il reticolo secondario di pianura (Consorzio Emilia Centrale)<sup>3</sup>

L'area interessata dallo studio ricade nel comprensorio gestito dal Consorzio della Bonifica dell'Emilia Centrale. Nel suo complesso risulta delimitato ad Est dal Fiume Secchia ed a Ovest da Torrente Enza per una superficie totale pari ad oltre tremila chilometri quadrati, distribuite tra le provincie di Reggio Emilia, Modena, Parma, Mantova e Massa Carrara.

Esso gestisce territori di pianura quanto di montagna per un totale di oltre 3.500 chilometri di canali, impianti di scolo e sollevamenti destinati all'irrigazione delle campagne, nonché 12 invasi di espansione in area pianeggiante e 18 grandi invasi collinari.

<sup>3</sup>Consorzio dell'Emilia Centrale, "La rete del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale – Scolo e difesa delle acque, tutela e valorizzazione del territorio"; Bologna 12 maggio 2016.

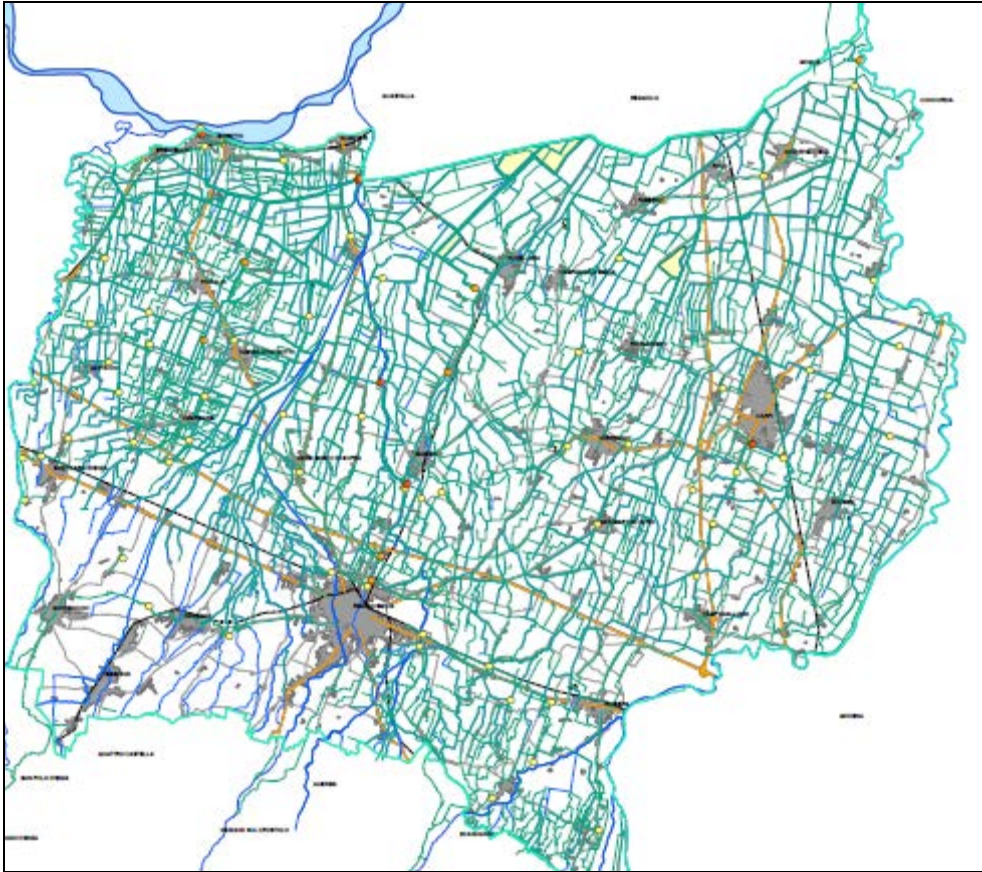


Figura 11: Area gestita dal Consorzio della Bonifica Emilia Centrale.

## 2 Contesto morfologico e idraulico del sito

Nei seguenti paragrafi viene presentato l'intervento oggetto di studio in termini di geometria, caratteristiche costruttive 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

Il comparto C2-1 "Antiche Querce" oggetto di studio è ubicato nel Comune di Soliera (MO), nei pressi di Via Geminiano Loschi ed in particolare riguarda la Variante 2016 al Piano Strutturale Comunale.



Figura 12: Inquadramento dell'area oggetto di intervento.



Figura 13: Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base PSC Tavola 1 Variante 2016 Adozione CC 66 del 2016-07-14.

Sul comparto in oggetto è prevista la realizzazione di differenti lotti a destinazione d'uso residenziale, corredati da verde pubblico, strade, parcheggi e marciapiedi. A questo viene associato inoltre la sistemazione del parco pubblico ubicato immediatamente ad est rispetto all'area residenziale.

L'accesso principale all'area di urbanizzazione è prevista sulla via Geminiano Loschi che, in tale sezione presenta una quota pari a 25.35 m s.l.m.

Il comparto di forma rettangolare si estende in direzione Nord-Sud e la viabilità interna presenta una quota media pari a 25.53 m s.l.m.

L'area ad Est risulta oggi terreno agricolo con andamento degradante in direzione Est fino al raggiungimento del Cavo Arginetto dove, nei pressi del manufatto di regolazione delle portate prima della tombinatura sotto l'omonima strada, presenta una quota pari a circa 25,00 m s.l.m... Tale area risulta essere oggetto di trasformazione e destinata a parco pubblico come anticipato, senza che vengano alterate le caratteristiche planoaltimetriche dominanti.

La soluzione progettuale individuata recepisce le indicazioni e prescrizioni emesse dagli Enti proprietario e gestore delle reti fognarie in oggetto, nonché dell'Ente Gestore del reticolo idrografico superficiale di recapito (Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale).

In particolare, in ottemperanza alla Comunicazione del CBEC n. 2016U0013012 del 18/08/16, è stato individuato quale recapito per le reti di drenaggio acque meteoriche a servizio dell'area il Cavo Arginetto a Sud ovvero a monte della deviazione nel Cavo Scolmatore.

Le soluzioni tecniche previste per le reti di drenaggio urbano dei comparti in oggetto, hanno necessariamente implicato la diversificazione dei deflussi delle acque reflue di origine antropica dalle acque di origine meteorica, così che queste ultime possano essere inviate ad idoneo bacino di laminazione per l'accumulo dei volumi necessari al rispetto dei principi di gestione del rischio idraulico del territorio.



Il rispetto di tali principi si rende necessario in virtù delle condizioni di criticità idraulica cui può essere sottoposto il corpo ricettore delle acque miste o meteoriche esistente.

In particolare, è stato individuato quale recapito per le reti di drenaggio acque meteoriche a servizio dell'area la rete di pubblica fognatura acque meteoriche DN 800 esistente con recapito allo scatolare Arginetto, in regime di invarianza idraulica.

L'obiettivo prefissato ore è infatti quello di contenere gli apporti udometrici delle aree afferenti alle reti esistenti che verranno urbanizzate, nell'ottica di ottimizzare la gestione del rischio idraulico sul territorio.

Il presente studio presenta gli interventi di realizzazione dei fabbricati residenziali che si affacciano sulla via Roncaglia, lato Est, facenti parte dello stesso ambito C2.1. Viene prevista la realizzazione di un invaso di laminazione a servizio di tale areale con superficie pari a circa 0.66 ha, a monte dell'immissione nel collettore CLS 800 afferente al Cavo Arginetto. A tal scopo è prevista la realizzazione di un volume di laminazione interrato costituito da un collettore CLS DN 800 con sviluppo longitudinale pari a 215 m (108 mc) ubicato in fregio alle aree cortilive di pertinenza dei fabbricati, lato Est.

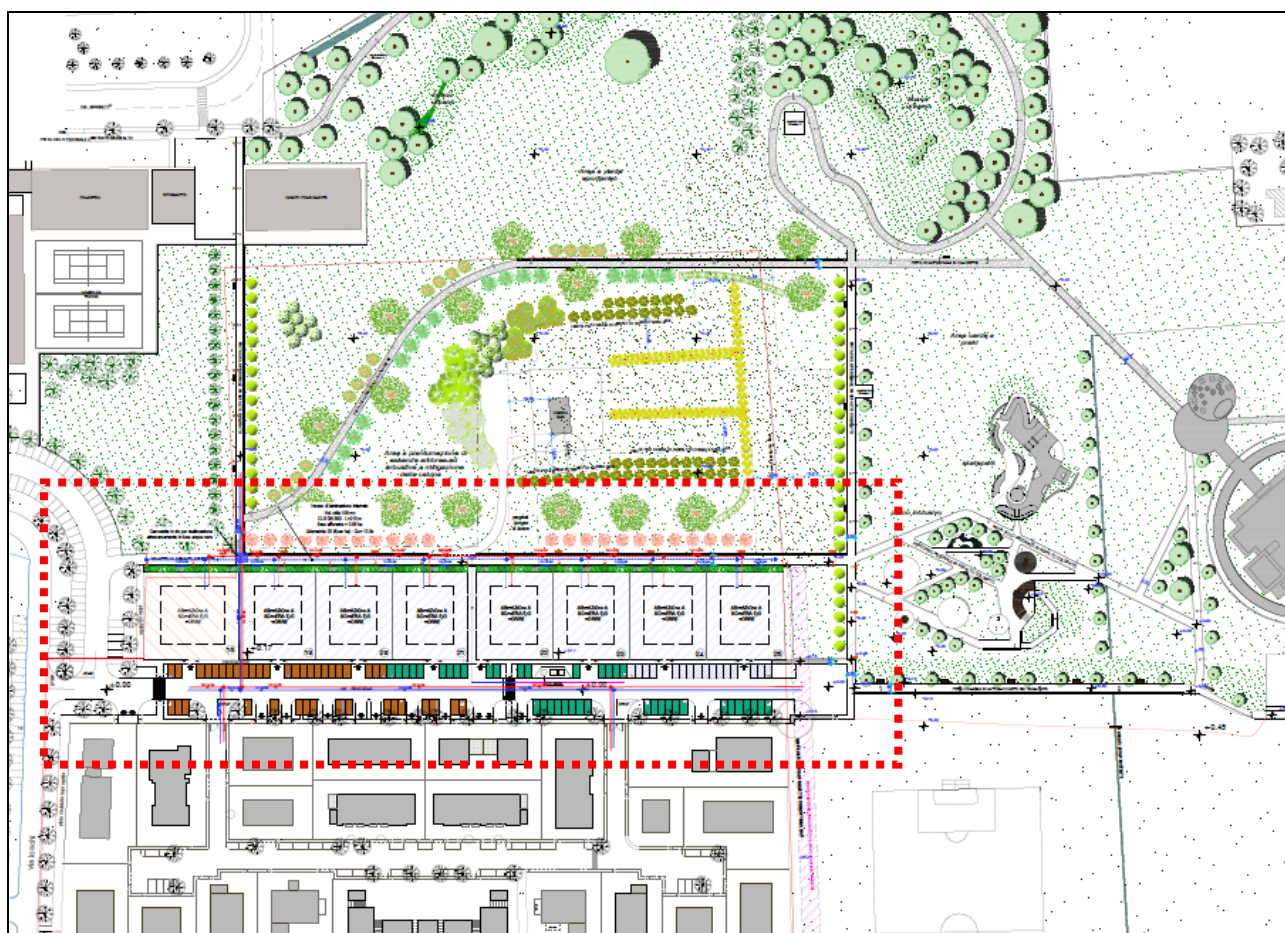


Figura 14: Inquadramento areale oggetto di intervento e rappresentazione delle reti di drenaggio acque meteoriche (blu) e reflue (rosso).

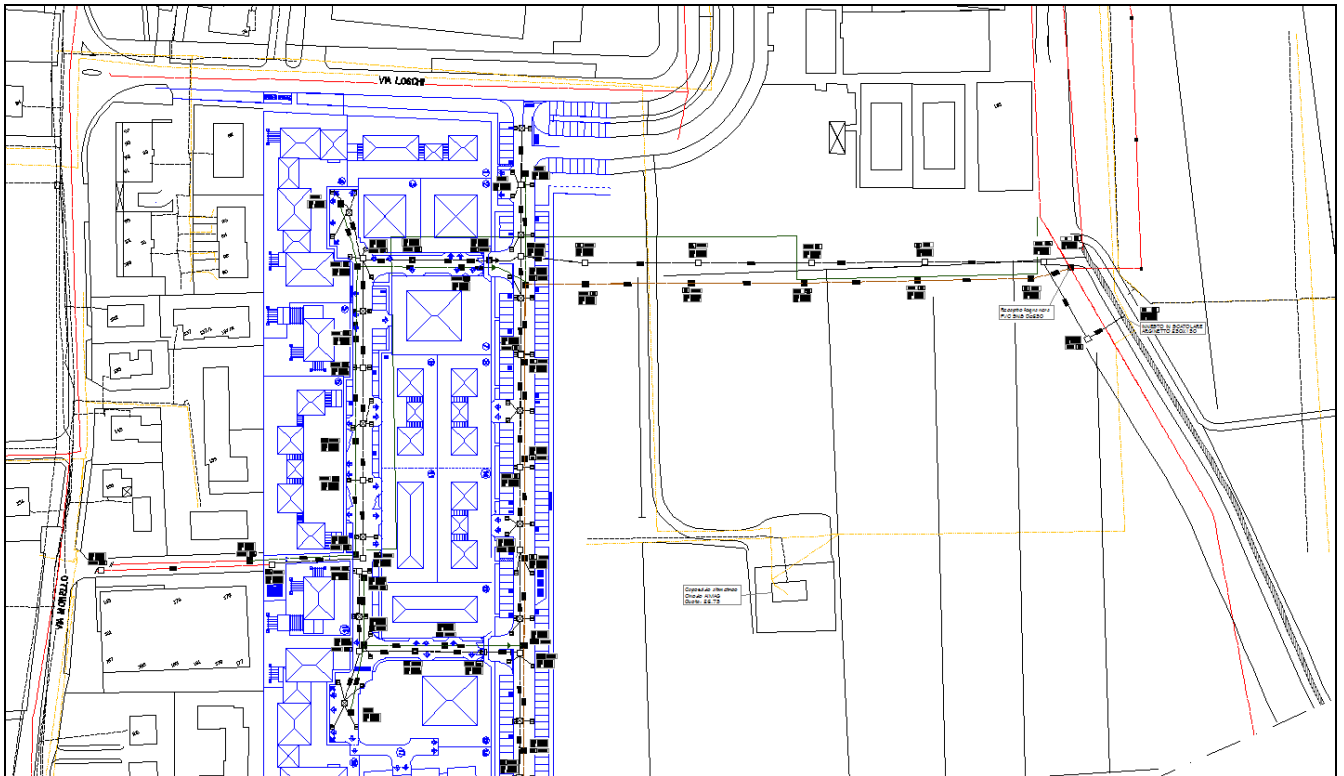


Figura 15: Panoramica dell'area oggetto di intervento. Sono individuate le reti di drenaggio urbano di acque meteoriche (colore nero) e reflue (colore marrone) posate a servizio della porzione di comparto già realizzata.

## 2.2 Il reticolo idraulico secondario di pianura

Nei paragrafi seguenti si vuole dare una caratterizzazione del territorio circostante nel quale si inserirà il comparto oggetto di studio in modo tale da poter comprenderne le particolarità ed affrontare con coscienza la successiva fase di verifica idraulica di compatibilità nei confronti essenzialmente del reticolo principale di pianura in precedenza descritto su scala ampia.

### 2.2.1 Inquadramento territoriale e orografia

Il territorio nell'area di intervento presenta mediamente un andamento degradante naturalmente in direzione Nord – Nord Est, localmente invece il terreno degrada in direzione Est fino a raggiungere il Cavo Arginetto. Il comparto in oggetto si trova in ambiente urbano, salvo ai margini Sud e Sud-Est ove allo stato attuale confina con aree rurali.

### 2.2.2 Il reticolo idraulico secondario di pianura nel contesto locale

Per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura circostante rispetto all'area di intervento, viene rilevata la presenza del Cavo Arginetto ad una distanza pari a circa 200 metri in direzione Est. In corrispondenza dell'inizio della via Arginetto, sotto la sede stradale, si trova il Cavo Scolmatore che in tale sezione devia dal Cavo Arginetto verso Est le portate idrauliche dello stesso. Proseguendo verso valle tale asta idraulica, le portate trovano successivamente recapito nel Cavo S. Michele lungo Via S. Michele nei pressi dell'intersezione con Stradello Arginetto, circa 200 m a monte dell'invaso di laminazione esistente. A Nord dell'origine del Cavo Scolmatore, il Cavo Arginetto prosegue tombinato in sede stradale sgravato da ogni afflusso di portata meteorica proveniente da Sud dell'origine di Via Arginetto.



## 2.2.4 Descrizioni delle potenziali criticità

In base a quanto appena descritto in merito al contesto morfologico nel quale si inserisce il comparto oggetto di intervento, è dunque possibile avanzare ipotesi riguardanti le possibili criticità idrauliche che possono emergere localmente in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e diffusi che possono generare fenomeni di crisi del reticolo secondario di pianura. Si riportano in seguito tali scenari:

- Crisi diffusa del reticolo secondario locale

In occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e diffusi si possono generare fenomeni di crisi del reticolo secondario di pianura, con il raggiungimento delle massime capacità delle aste idrauliche che non sono temporaneamente in grado di drenare il deflusso delle acque dalle campagne.



Figura 17: Inquadramento delle criticità idrauliche.

## 2.2.5 Verifiche idrauliche

### 2.2.5.1 Il modello bidimensionale applicato (Infoworks)

InfoWorks ICM è un "applicativo" sviluppato dalla società inglese Wallingford Software, che nasce dalla combinazione di potenti risolutori matematici (come HydroWorks) e un ambiente di lavoro di tipo GIS. InfoWorks ICM rappresenta lo stato dell'arte della modellazione bidimensionale combinando la versatilità del suo codice di calcolo con la compatibilità del supporto con i principali Sistemi Informativi Territoriali in cui risultano essere mappati il sistema idrografico principale e quello secondario.

### 2.2.5.2 Il Background matematico del software

InfoWorks ICM combina il calcolo idrologico, con varie metodologie disponibili, al calcolo idraulico a moto vario integrando le complesse equazioni di continuità e del moto.

La parte idrologica viene affrontata con dei metodi ampiamente testati come, ad esempio:

- coefficiente di deflusso fisso (che ipotizza che una quota parte costante della pioggia netta venga intercettata dalla rete di drenaggio).
- Metodo SCS, classico metodo sviluppato negli Stati Uniti e per il quale l'utente definisce un valore di CN per il tipo di suolo, Metodo Green-Ampt, metodo di Horton, metodo dell'infiltrazione costante.

L'utente seleziona a suo piacere uno di questi metodi (o diversi metodi per diverse parti del territorio rappresentato) e ha completo controllo sui parametri di controllo del metodo (ovvero il metodo si può adattare intervenendo su opportuni coefficienti alla specificità del bacino modellato). A valle del calcolo idrologico, che si limita a calcolare i contributi in rete delle singoli bacini di influenza, InfoWorks ICM utilizza le equazioni di De Saint Venant complete, risolvendole con un approccio detto dei 4 punti di Priesman.

Le equazioni di De Saint Venant sono le equazioni che stanno alla base del moto in condotta e che se integrate correttamente, permettono di ricostruire i profili idraulici a moto vario in un reticolo di drenaggio.

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

ove:

<b>A</b>	area bagnata del condotto;
<b>Q</b>	portata;
<b>x</b>	distanza lungo l'asse del condotto;
<b>t</b>	tempo;
<b>g</b>	costante gravitazionale;
<b>H</b>	carico idraulico totale dato da z+h;
<b>z</b>	quota dello scorrimento;
<b>h</b>	livello idrico;
<b>S<sub>f</sub></b>	cadente piezometrica.

In particolare, la (1) è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la (2) è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, dipende dalla scelta delle variabili dipendenti.

La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici.

Lo schema di linearizzazione usato è quello di Priesmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot per il quale si ipotizza una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità efficace nella transizione da moto a gravità a quello in pressione.

L'applicabilità di questo metodo di soluzione e' stato abbondantemente testato in centinaia di studi e applicazione anche con riscontri di misure ottenuti su dei test reali.

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario e' in grado di tener conto anche delle volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in rete (tubazioni, canali, alvei naturali, pozzetti), in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello o, infine, quando il sistema va in pressione ed esonda si tiene conto anche dell'invaso che può avvenire in superficie quando si allaga il territorio.

In InfoWorks si possono anche rappresentare in modo semplice e efficace anche i manufatti speciali che normalmente si incontrano in fognatura, dagli sfioratori, alle stazioni di sollevamento, paratoie, sifoni ecc.

### 2.2.5.3 Il modello digitale del terreno

Il modello digitale del terreno nella tratta ritenuta essere significativa in base alla descrizione del contesto ambientale sopra esposta è stato ottenuto operando successivi "merge" di informazioni plano-altimetriche provenienti da fonti differenti:

- Planimetrie vettoriali fornite dall'Amministrazione Comunale e Regionale;
- Planimetrie vettoriali del reticolo secondario di pianura e dei relativi bacini contribuenti alle singole aste idrauliche messe a disposizione dall'Ente Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale;
- Carte Tecniche Regionali in formato "raster";
- DSM (Digital Surface Model) del Ministero dell'Ambiente;
- DTM (Digital Terrain Model) derivante dall'interpolazione del CTR in scala 1:5000;
- Planimetrie delle reti di drenaggio urbano fornite dall'Amministrazione Comunale;

Alle informazioni plano altimetriche messe a disposizione dalle diverse Amministrazioni è stato necessario operare una attenta operazione di interpolazione dei dati insufficienti e/o mancanti:

- Rilievi metrici, fotografici e topografici mediante strumentazione GPS in sito delle principali opere di drenaggio contribuenti alla corretta rappresentazione del reticolo idraulico insistente sul territorio.

### 2.2.5.4 Le portate di riferimento

Occorre a questo punto definire le sollecitazioni idrauliche da attribuire al territorio oggetto di analisi derivanti dalle potenziali criticità locali già descritte nei paragrafi precedenti, al fine della realizzazione del modello idraulico bidimensionale. Pertanto, dopo aver analizzato in modo scrupoloso il contesto in cui si trova il comparto ed in particolare:

- viste la morfologia del terreno in cui verrà ubicato il comparto in oggetto;
- analizzato lo stato della rete dei canali e dei fossi costituenti il reticolo secondario di pianura;
- visto l'andamento plano altimetrico e dunque il normale deflusso delle acque;
- considerati gli elementi di natura antropica che possono costituire sottobacini o aree di accumulo;
- visto la planimetria di progetto della nuovo comparto C2-1 "Antiche Querce";
- considerata la realizzazione delle reti di drenaggio acque meteoriche dell'intero comparto che scaricano nella rete superficiale esistente ed in particolare nel Cavo Arginetto;

si ritiene di perseguire un approccio metodologico semplificato volto alla definizione delle portate meteoriche che possono interferire con il fabbricato oggetto di intervento tramite l'analisi dell'udometria caratteristica del territorio.

A tal proposito, volendo considerare un coefficiente udometrico  $u$  [l/s ha] ed attribuire ad esso un valore pari a circa 150 l/s per ettaro di superficie del comparto oggetto di indagine, e considerando che l'area contribuente è stimata di superficie pari a 3,40 ettari, si ottiene che la portata di origine meteorica generata è data dalla seguente relazione:

$$Q = uA = 0.51 \text{ mc/sec}$$

Dove:

$Q$ = portata meteorica generata dal bacino idrologico;

$u$ = coefficiente udometrico;

$A$ = area del bacino idrologico afferente.

Si vuole a questo punto precisare che tale valore di portata corrisponde ad un evento di pioggia avente tempo di ritorno ultra secolare.

Ai fini della modellazione idraulica bidimensionale, tale valore di portata viene ripartito sul territorio in corrispondenza dei nodi della rete di scolo delle acque meteoriche interne al comparto. L'idrogramma così definito viene propagato per una durata pari a 30 minuti.

#### 2.2.5.5 Condizioni al contorno e/o scenari considerati

Nel modello matematico di simulazione idraulica, la portata poc'anzi descritta viene rappresentata con 22 differenti sorgenti puntuali distribuite nel comparto in fase di realizzazione, configurazione rappresentativa di uno scenario nel quale si hanno precipitazioni diffuse e di lunga durata che hanno saturato la capacità ricettiva delle rete di scolo costituita dalle aste idrauliche principali. Pertanto, un ulteriore evento breve ed intenso è destinato a mettere in crisi la rete di scolo locale, non più in grado di ricevere acque di drenaggio.



Figura 18: Modello digitale del terreno con individuazione delle sorgenti d'acqua di calcolo.

In figura 14 viene riportata la mappatura del modello digitale del terreno adottato nella simulazione numerica sul quale è evidenziata l'ubicazione del comparto C2-1 oggetto di studio nonché le sorgenti di acqua (puntini blu) rappresentative dello scenario di verifica considerato.

#### 2.2.5.6 Presentazioni dei risultati e descrizione delle fenomenologie riscontrate

Si riporta di seguito il "time lapse" dell'evoluzione del fenomeno di allagamento considerato descritto in precedenza. Per la lettura delle altezze del terreno e dei relativi valori di tirante idraulico che potenzialmente si verrebbero a creare occorre fare riferimento alla seguente scala cromatica.



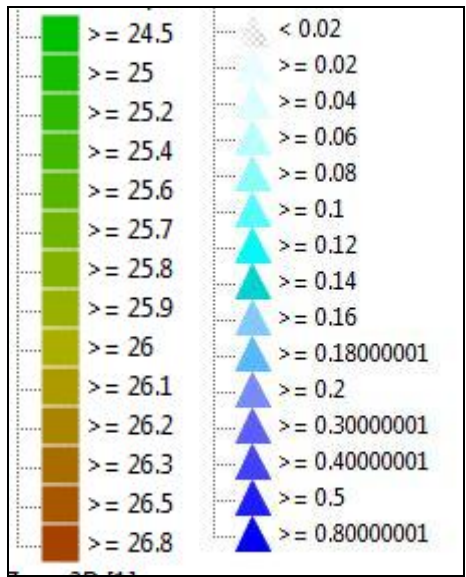
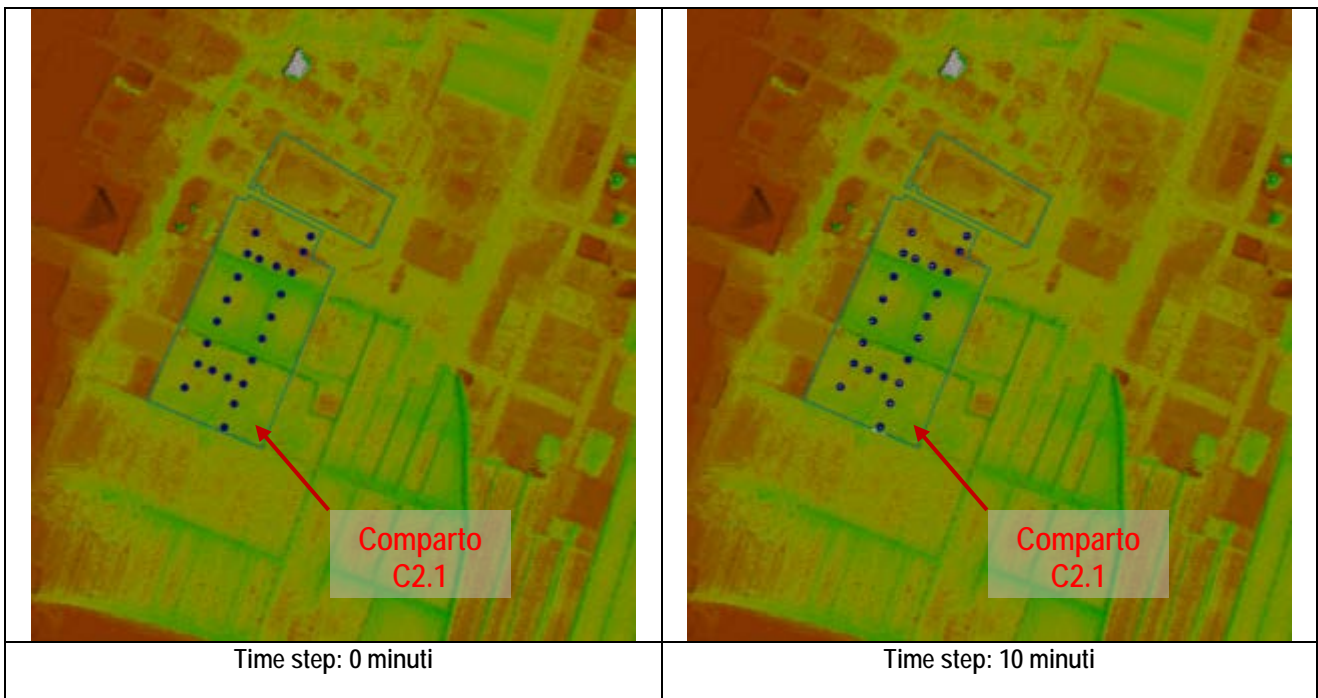
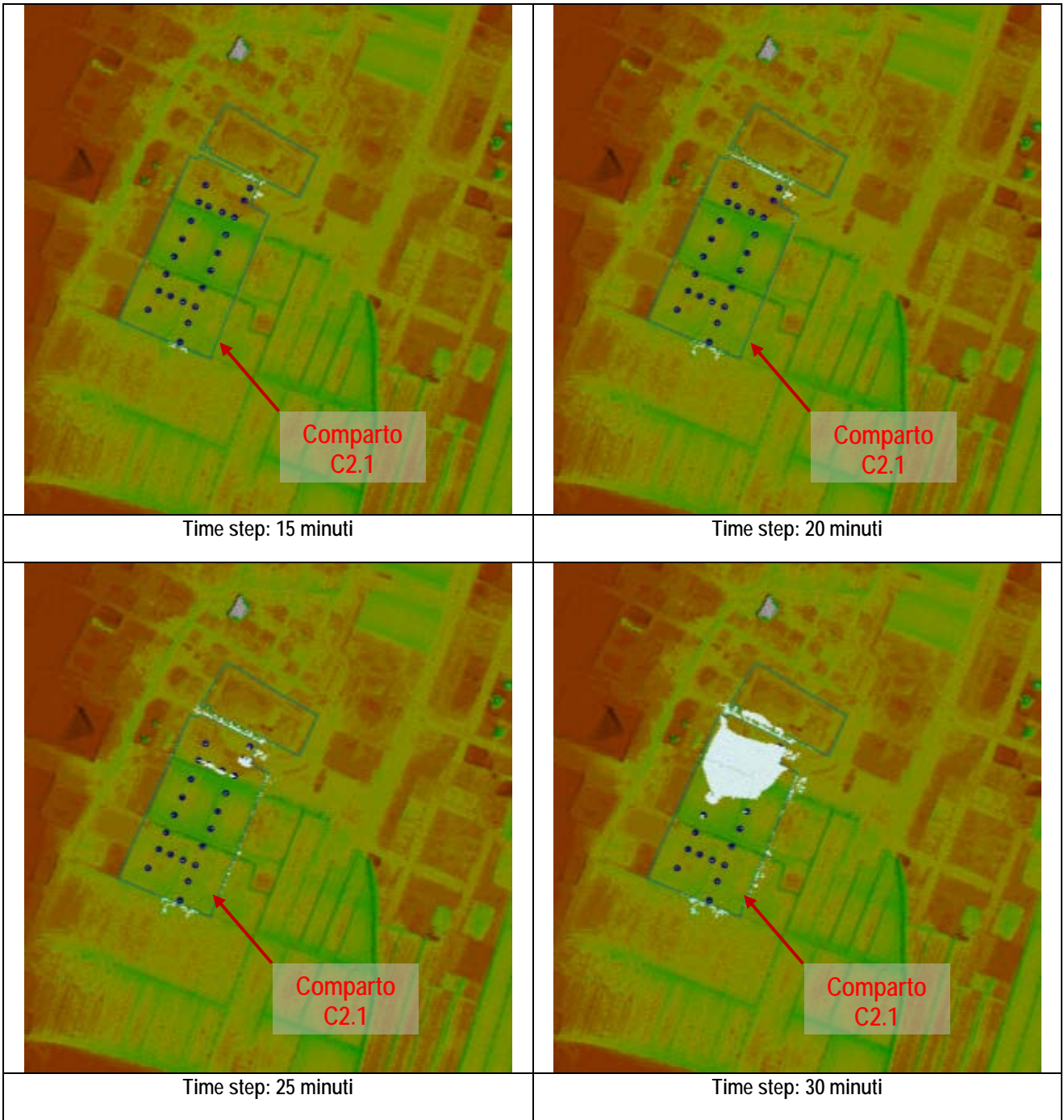
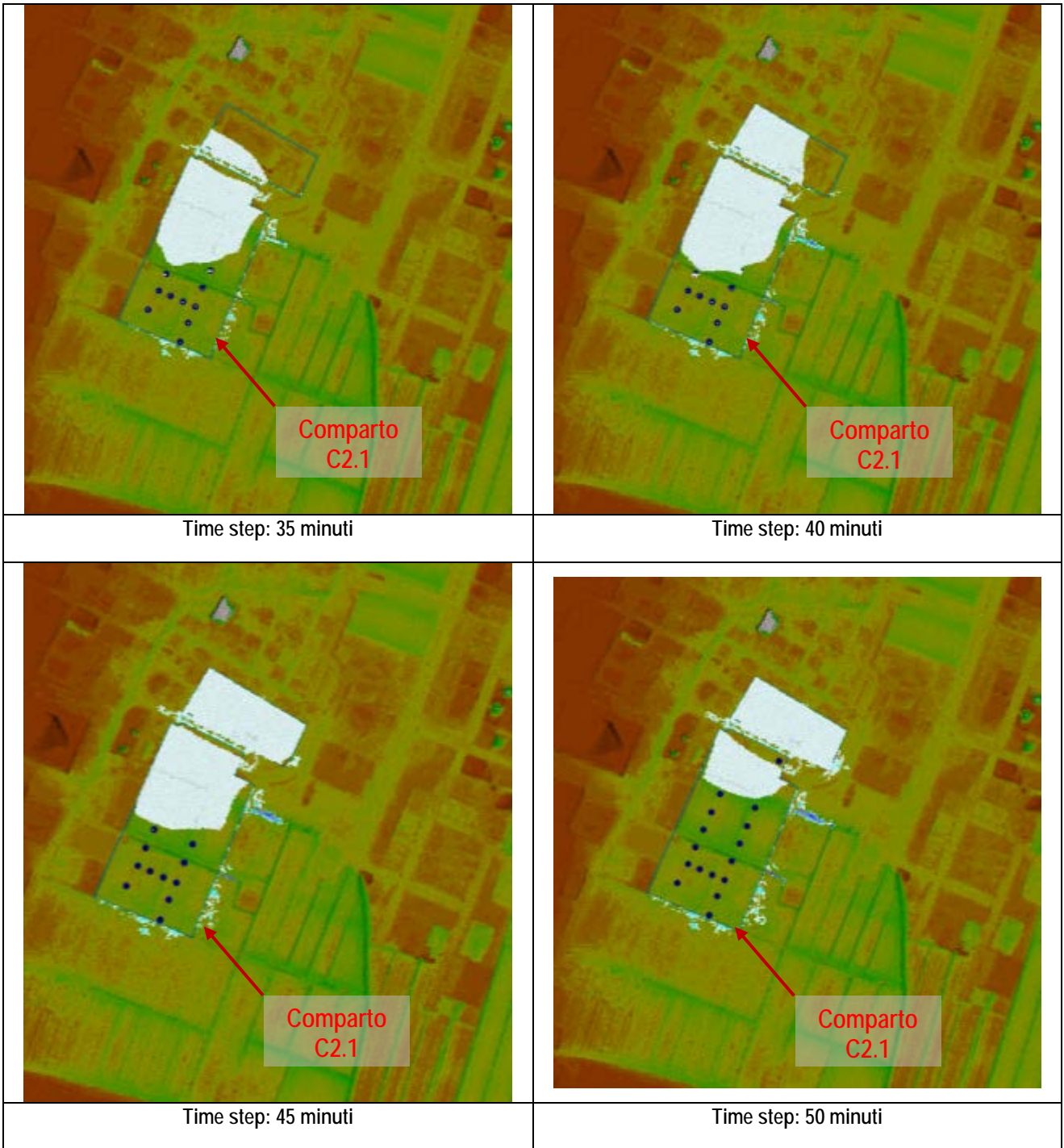


Figura 19: Scala cromatica delle altezze del piano campagna (a), e dei tiranti idraulici (b).







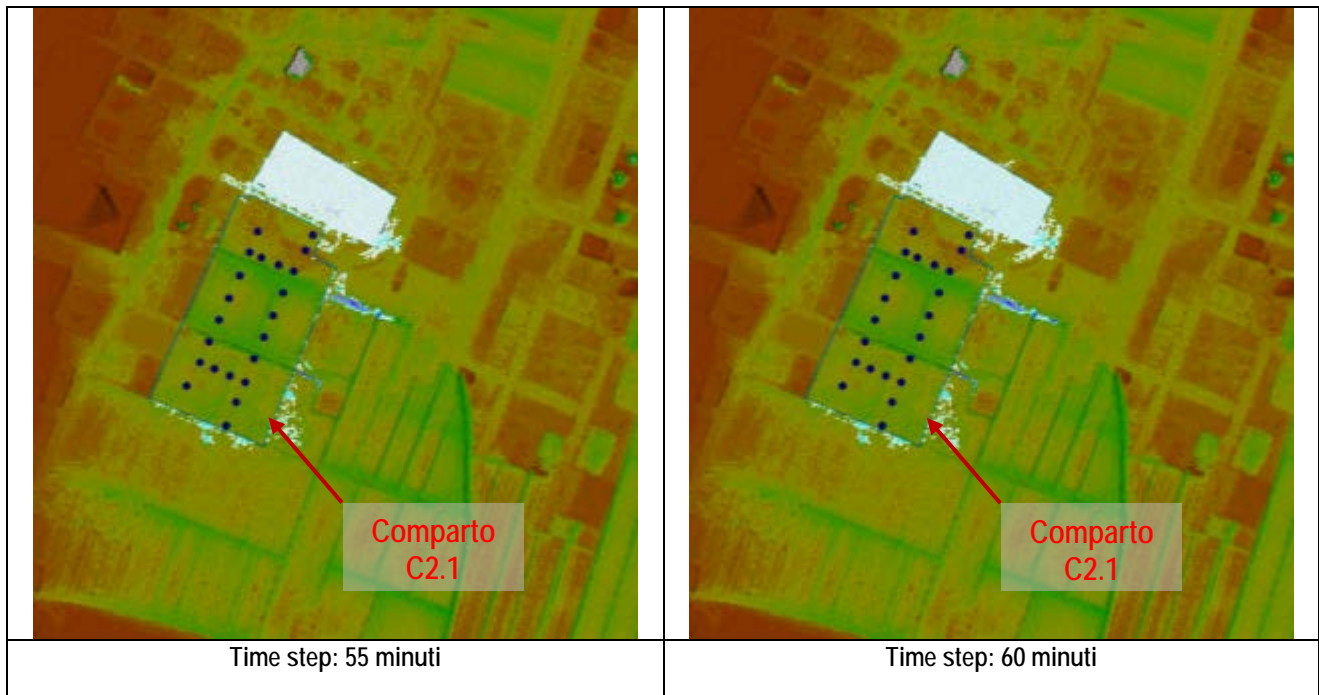


Tabella 1: Time lapse della propagazione dell'evento di allagamento di progetto.

Per una corretta e completa comprensione delle mappe di allagamento appena riportate occorre tenere in considerazione innanzi tutto la scala cromatica riportata in figura 14. In secondo luogo va osservato che il modello del terreno è stato modificato altimetricamente per tenere conto delle variazioni antropiche che si sono avute nel corso della realizzazione del piano di imposta della viabilità interna al comparto (quota media 25.53 m s.l.m.).

Si può osservare dunque la formazione di una lama d'acqua avente tirante compreso tra 2 e 6 centimetri sinonimo di una mancata ricezione del sistema di smaltimento acque meteoriche di comparto. Tale portata segue la conformazione altimetrica del comparto generando un ristagno temporaneo nell'area Nord dello stesso per un tirante pari a 2-4 centimetri.

Tale battente idrico sarà confinato nella viabilità interna di comparto in quanto la quota di imposta dei lotti edificabili risulta maggiore di circa 0,10-0,20 rispetto al piano stradale.

Analizzando il territorio su scala maggiore si osserva come la modellazione idraulica bidimensionale porti a definire il fenomeno della migrazione dell'onda di piena: in particolare si nota come il flusso percorra in parte gli incisi naturali del terreno (presenti nel dtm ma ad oggi già mitigati e regolarizzati del susseguirsi degli interventi antropici), in direzione Est raggiungendo il Cavo Arginetto attraverso il parco pubblico generando locali tiranti idraulici compresi tra 0,10 e 0,40 metri con la tendenza alla diminuzione degli stessi proprio in ragione della regolarizzazione altimetrica del terreno. Allo stesso tempo, la direzione Nord risulta essere un'altra via preferenziale di deflusso, portando alla formazione di una lama d'acqua compresa tra 2 e 6 centimetri. Si vuole sottolineare come la modellazione del terreno in questa simulazione idraulica bidimensionale tenga già conto della presenza del comparto AR2.1 "Magazzino Comunale".

Pertanto, per il comparto denominato "C2-1 – Antiche Querce" nel Comune di Soliera (MO), al picco del fenomeno di allagamento si prospetta un tirante massimo stimato compreso tra 2 e 6 centimetri in corrispondenza delle strade e dei parcheggi, e nullo in corrispondenza dei lotti edificabili.

Si ritiene che tale tirante massimo (circa 6 centimetri) non comprometta la funzionalità e la fruibilità del comparto nonché delle aree destinate a parco pubblico e non costituisca fonte di danno nei confronti della viabilità e delle abitazioni né per gli utilizzatori degli stessi.

Pertanto, il reticolo secondario di pianura presente nell'area oggetto di studio non costituisce fonte di criticità idraulica.

Parallelamente è possibile affermare che l'inserimento dell'infrastruttura stradale in oggetto 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 (sinistra idraulica) a circa 3,5 km di distanza in direzione Est.

L'area in oggetto è dunque potenzialmente esposta a fenomeni di allagamento per rottura arginale del Fiume Secchia.

### 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.

Lo scenario P1 relativo al Fiume Secchia determina tiranti idrici attesi medi compresi tra 1,5 e 2 m rispetto al piano campagna medio.

Come descritto in precedenza, in virtù della sopraelevazione media dell'intera area urbana dell'abitato di Soliera rispetto al piano campagna medio delle aree agricole ad Est, il battente massimo atteso sul lotto a fronte di allagamenti da Fiume Secchia è destinato a ridursi rispetto ai battenti massimi indicati dal citato scenario P1.

Inoltre, vista la distanza considerevole rispetto alle arginature del Fiume Secchia, si attendono velocità relative al fronte dell'onda di piena di modesta entità e tali da non creare crisi nell'impatto con le sovrastrutture antropiche esistenti.

Al contempo, vista l'orografia caratteristica del sito, l'eventuale allagamento è destinato a permanere per un contenuto periodo di tempo: il deflusso naturale verso aree a minore quota altimetrica è sempre garantito.

Si ritiene possibile ridurre la vulnerabilità idraulica e l'esposizione al rischio idraulico di persone o cose mediante la redazione di adeguati piani di emergenza, estesi all'intera area urbana dell'abitato di Soliera.

Si riportano in forma sintetica i risultati dello studio "Definizione del livello di pericolosità e vulnerabilità idraulica del territorio in rapporto al sistema insediativo esistente e di progetto in comune di Soliera (MO)", redatto dallo scrivente, anno 2011.

Questo studio ha trattato mediante analisi idraulica bidimensionale, il propagarsi di una eventuale onda di piena in seguito a rottura arginale ipotizzando una breccia arginale posta in sinistra idraulica circa 700 metri a valle del ponte dell'Uccellino. Tale localizzazione è stata valutata come peggiorativa nel novero dei potenziali punti di rottura per caratteristiche di impatto distruttivo sul territorio comunale urbanizzato.

La simulazione idraulica di tale breccia, per una durata complessiva di 18 ore di propagazione dell'onda di piena porta ai risultati descritti in figura seguente, considerando l'evento di rottura durante il transito nel Fiume Secchia di una portata con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Per maggiori dettagli tecnici si rimanda direttamente allo studio menzionato.

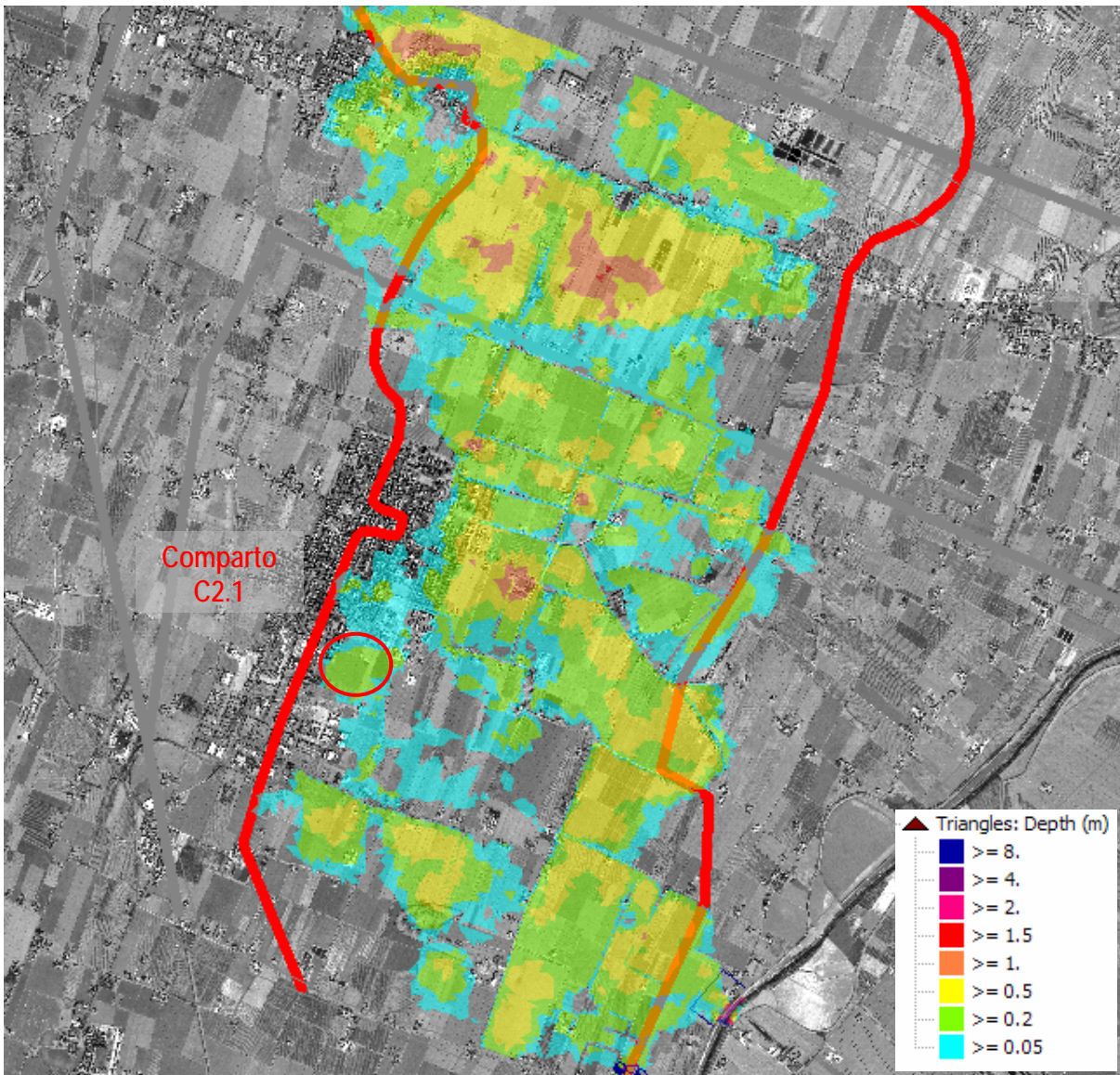


Figura 20: Involuppo dei massimi livelli idrici (vedi legenda) simulati dal modello nel corso delle 18h di rottura arginale, raffrontati alla linea di confine (rossa) delle aree raggiunte dall'acqua nel 1966.

L'immagine precedente mostra come la direzione preferenziale di propagazione dell'onda di piena generata da rottura arginale si propaghi in direzione Nord-Est interessando buona parte dell'abitato di Soliera.

La figura seguente costituisce un focus sul solo territorio urbanizzato di Soliera dopo 14 ore dalla breccia arginale. Tale istante temporaneo è risultato il più gravoso per il comparto C2-1 oggetto di indagine: il tirante idrico stimato risulta compreso tra 0.20 e 0.50 metri allo stato di fatto dei luoghi antecedenti alla realizzazione dell'urbanizzazione del comparto.

Considerando che l'intervento ha visto l'innalzamento del piano di imposta del comparto di mediamente 0.30-0.40 metri, gli effetti dell'onda di piena vengono qui ridotti generando tiranti idraulici compresi tra 5 e 20 centimetri.

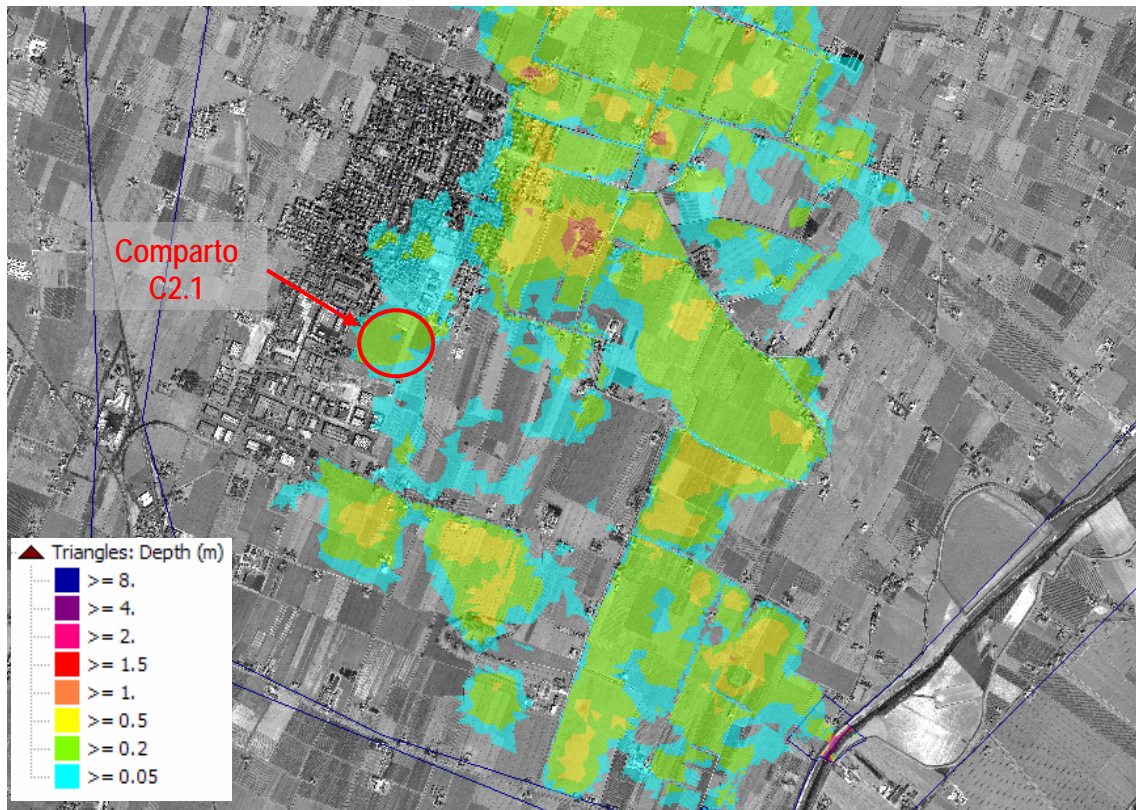


Figura 21: Esondazione: t=14h dalla rottura arginale. I colori indicano la profondità dell'acqua

### 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.

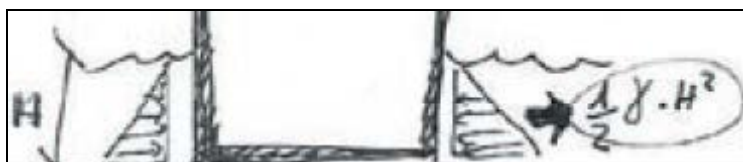


Figura 22: Schema concettuale delle forze agenti



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

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 gli esigui valori di battente idraulico simulati che si vengono a creare nell'area oggetto di indagine, tale aspetto idraulico risulta del tutto trascurabile.

### 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.

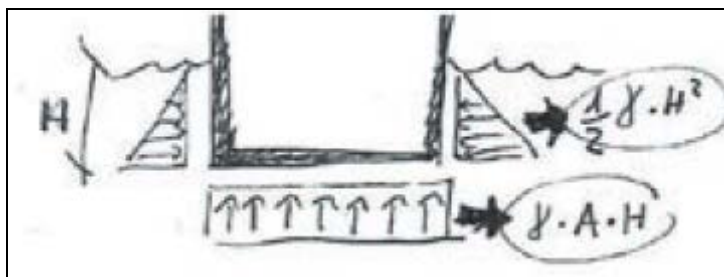


Figura 23: Schema concettuale delle forze agenti

$$F_v = \gamma AH$$

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

Verificati gli esigui tiranti idraulici simulati che una crisi totale del reticolo secondario di pianura potrebbe provocare, nonché della geometria stessa del fabbricato oggetto di studio, gli effetti della sottospinta di galleggiamento risulta del tutto trascurabile

### 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 caratteristiche geometriche ed architettoniche dell'edificio in oggetto, nonché le condizioni plano-altimetriche ed orografiche dell'ambiente circostante, a seguito delle verifiche idrauliche effettuate i potenziali danni dovuti all'immersione prolungata di parti dell'edificio risultano del tutto trascurabili.

### 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.

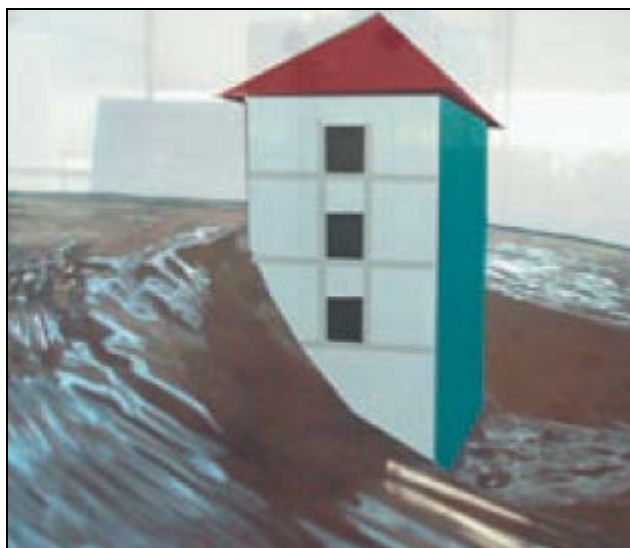


Figura 24: Schema concettuale del fenomeno

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

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 secondario di pianura. Eventuali allagamenti di aree più o meno diffuse sono provocate dal raggiungimento della capacità massima delle singole aste idrauliche che si manifestano con esondazioni locali ed ancor più per mancata capacità di ricevere le acque dai sistemi di drenaggio secondari, sia urbani che extra urbani. La natura stessa di tali fenomeni non comporta velocità tali da provocare danni per eccessiva spinta idrodinamica sui manufatti del territorio.

### 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.

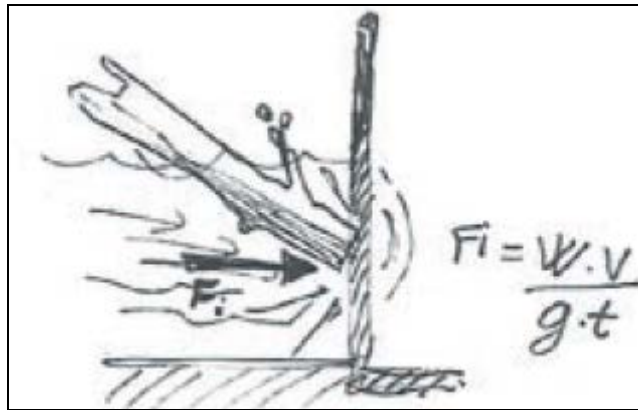


Figura 25: Schema concettuale delle forze agenti.

### Considerazioni

Gli eventuali fenomeni di allagamento concentrato o diffuso dovuti a crisi del reticolo 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.

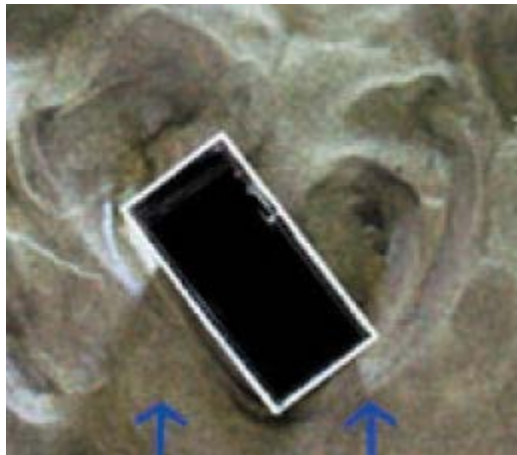


Figura 26: Esperimento di laboratorio, Dipartimento di Idraulica, Università di Pavia. Vista dall'alto di uno ostacolo rettangolare posto su letto sabbioso in seguito a simulazione.

### 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. Considerando che l'origine dell'eventuale allagamento del territorio in questa sede è considerata essere il reticolo secondario di pianura, che si manifesta unicamente con fenomeni di rigurgito o mancata efficienza dei sistemi di drenaggio secondario, sono escluse a priori velocità tali da provocare scalzamento o erosione di fondamenta 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 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 migliori 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 come adottato nella analisi qui esposta. 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, 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;
  - 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.
- al di sotto del livello di massima piena si consiglia di utilizzare pareti che non presentino intercapedine inaccessibile. Il classico tamponamento a pacchetto composto da blocco esterno, isolante e veletta di mattoni comporta seri problemi se l'isolante non è a cellule chiuse. Questo si impregna d'acqua che difficilmente riesce poi ad evaporare. Invece lo stesso sistema con intercapedine riempita con un schiuma in poliuretano funziona meglio. Tuttavia resta preferibile avere lo strato di isolante facilmente ispezionabile e all'occorrenza smontabile, composto da pannelli rigidi sorretti da guide di metallo o materia plastica. Infatti gli interstizi in luoghi non accessibili danno adito ad accumuli di fango e acqua spesso mischiati ad agenti inquinanti chimici od organici che non potendo defluire rischiano di compromettere la salubrità degli ambienti.
- 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,

### ASSEVERA

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).