

Provincia di Modena
Comune di Soliera

Lottizzazione "Orione"
COMPARTO D 3
"Via Arrigo Boito"

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: **ORIONE S.R.L.**
Via Galvani, 31- 41012 Carpi (MO)

Data: **Agosto 2019**

Progettista:

Ing. Andrea Artusi



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

Collaborazione alla progettazione:

Ing. Daniele Paganelli



Sommario

1	Premessa	3
1.1	Contesto normativo	3
1.2	Il reticolo secondario di pianura (Consorzio Emilia Centrale)	9
2	Presentazione contesto ambientale stato di fatto e di progetto	11
2.1	Descrizione dell'intervento	11
2.2	Aspetti ambientali	15
2.2.1	Inquadramento territoriale e orografia	15
2.2.2	Il reticolo idraulico secondario di pianura (locale)	15
2.2.3	Confini naturali e bacinizzazione antropica	16
2.2.4	Descrizioni delle potenziali criticità	16
3	Verifiche idrauliche	18
3.1	Il modello bidimensionale applicato (Infoworks)	18
3.1.1	Il Background matematico del software	18
3.1.2	Il modello digitale del terreno	19
3.2	Le portate di riferimento	19
3.3	Condizioni al contorno e/o scenari considerati	20
3.4	Presentazioni dei risultati e descrizione delle fenomenologie riscontrate	21
3.5	Fenomeni di allagamento da braccia arginale del Fiume Secchia	26
4	Riduzione della vulnerabilità degli edifici da interferenze con RSP	29
4.1	Analisi dei possibili effetti della piena	29
4.1.1	Spinta idrostatica Orizzontale	29
4.1.2	Spinta di Galleggiamento	30
4.1.3	Immersione prolungata	30
4.1.4	Spinta idrodinamica	31
4.1.5	Impatto dei detriti	31
4.1.6	Erosione e scalzamento	32
4.2	Strategie di riduzione della vulnerabilità	33
4.2.1	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impianti elettrici	33
4.2.2	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impermeabilizzazione	33
4.2.3	Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: dettagli costruttivi	33
4.2.4	Buona tecnica	33
5	Conclusioni	35

1 Premessa

La presente relazione tecnica ha lo scopo di contestualizzare l'intervento edilizio individuato come "Lottizzazione Orione" denominato Comparto D3 "Via Arrigo Boito" ed ubicato nel Comune di Soliera (MO) 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).

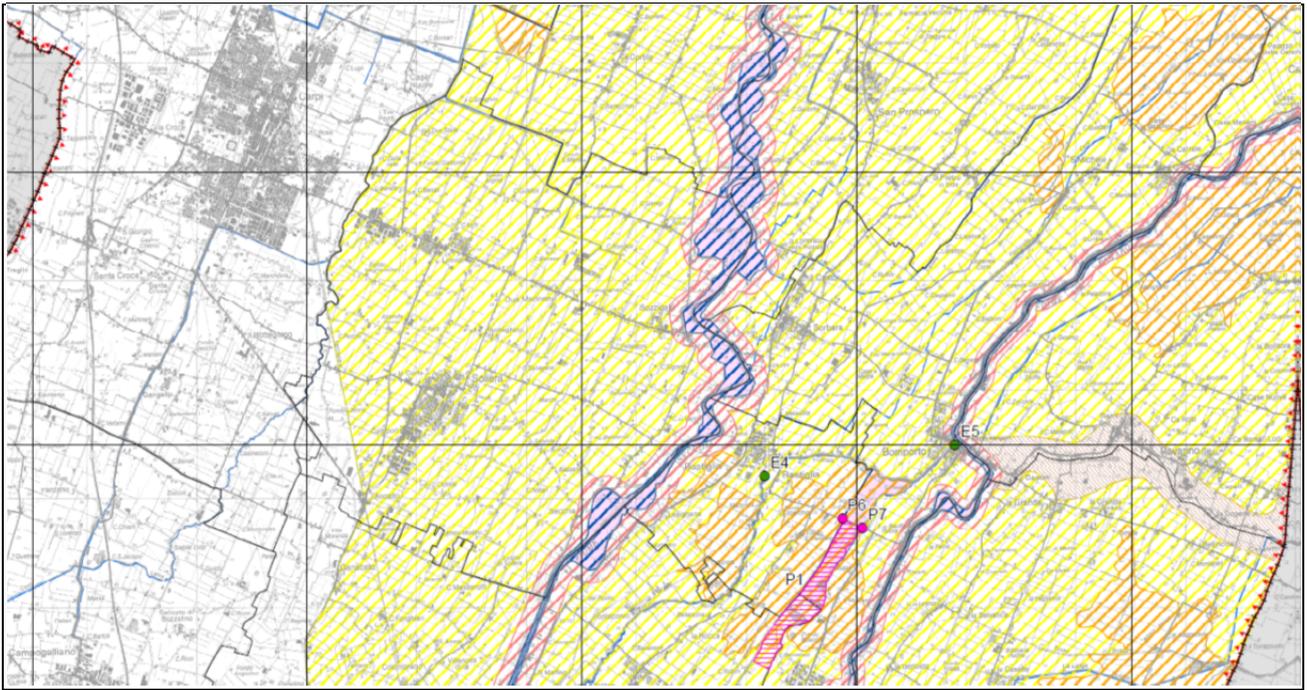


Figura 1: PTCP 2008 – Tav 2.3.1: Rischio idraulico; Carta della pericolosità e della criticità idraulica tra i comuni di Carpi, Soliera e Bomporto.

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 PGRA¹

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 pericolosità² 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.

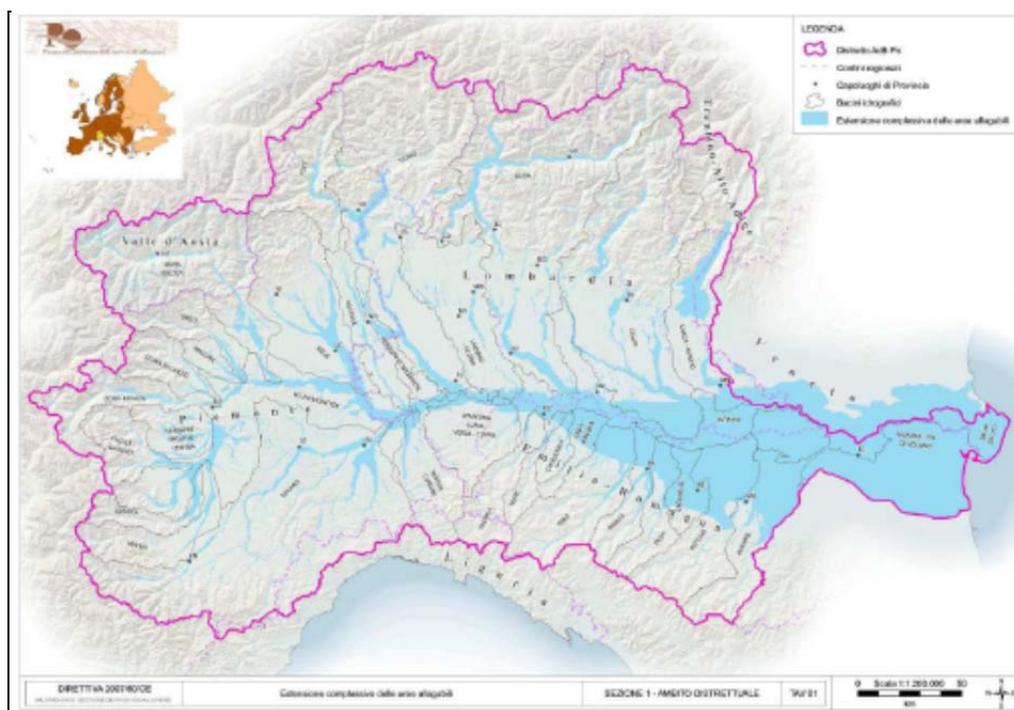


Figura 3: Pericolosità da alluvione complessiva nel distretto padano.

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).

¹ "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

² "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

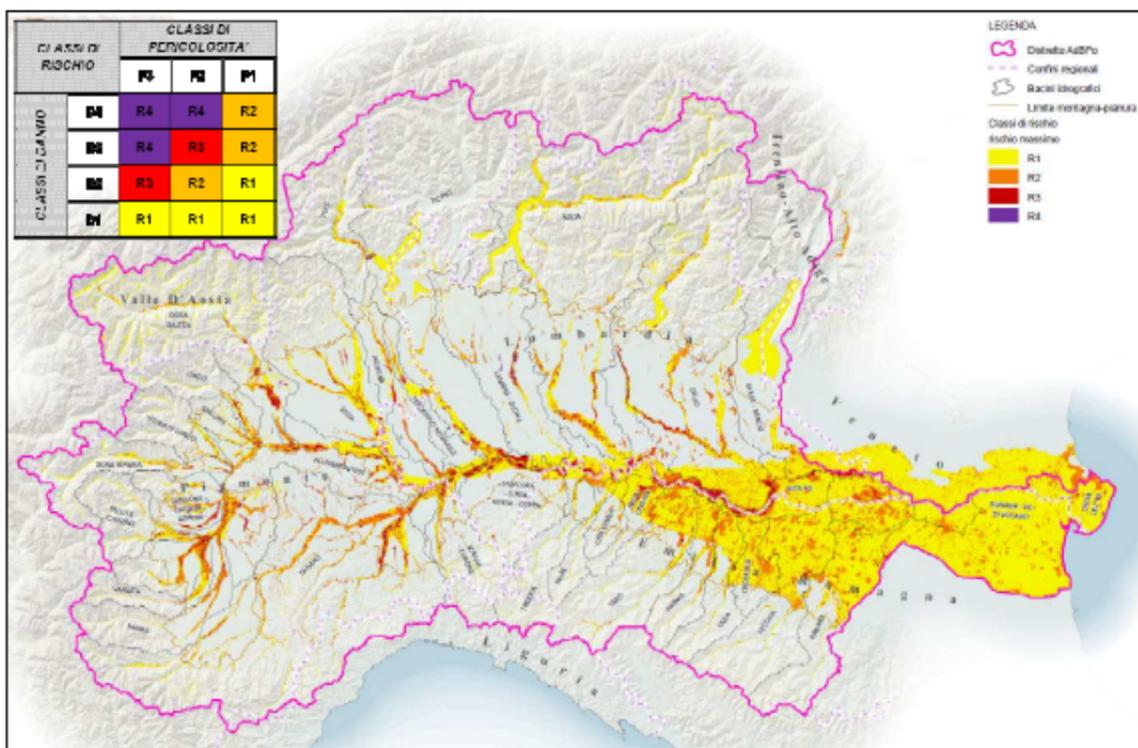


Figura 4: Rischio da alluvione complessiva nel distretto padano.

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'ambito di tale contesto normativo, viene definito al paragrafo 5 il **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 gli interventi in fase di progettazione ed attuazione.

Ambito di riferimento³

Il Reticolo secondario di pianura (RSP) è costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio - bassa pianura padana. La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) previsti dalla Direttiva. Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è stato di tipo prevalentemente storico - inventariale e si è basato sugli effetti di eventi avvenuti generalmente negli ultimi 20-30 anni in quanto ritenuti maggiormente rappresentativi delle condizioni di pericolosità connesse con l'attuale assetto del reticolo di bonifica e del territorio. A questa tipologia di aree si aggiungono limitate zone individuate mediante modelli idrologico - idraulici e aree delimitate sulla base del giudizio esperto degli enti gestori in relazione alla incapacità, più volte riscontrata, del reticolo a far fronte ad eventi di precipitazione caratterizzati da tempi di ritorno superiori (in media) a 50 anni (individuato come tempo di ritorno massimo relativo allo scenario P3). Stante le caratteristiche proprie del reticolo, nello scenario di alluvione poco frequente (P2), l'involuppo delle aree potenzialmente allagabili, coincidente con gran parte dei settori di pianura dei bacini idrografici, ha carattere indicativo e necessita di ulteriori approfondimenti di tipo conoscitivo. Ne deriva che l'estensione delle

³ DGR 1300/2016 del 01 agosto 2016 - Giunta della Regione Emilia Romagna - Codice Documento GPG/2016/1405 - Paragrafo 5.

aree interessate da alluvioni rare (P1) è ricompresa, di fatto, nello scenario P2. Le alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui che danno origine a condizioni di rischio medio (R2) e moderato/nullo (R1) e in casi limitati, prevalentemente situati in zone urbanizzate e insediate interessate da alluvioni frequenti, a condizioni di rischio elevato (R3). La mitigazione delle condizioni di rischio per il patrimonio edilizio esistente si fonda su azioni di protezione civile ed eventualmente di autoprotezione e di protezione passiva. Per quanto riguarda gli interventi edilizi nel seguito dettagliati si fa riferimento alle disposizioni specifiche sotto riportate.

Disposizioni specifiche

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:

- di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;

- di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

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

a) ristrutturazione edilizia;

b) interventi di nuova costruzione;

c) mutamento di destinazione d'uso con opere.

Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali.

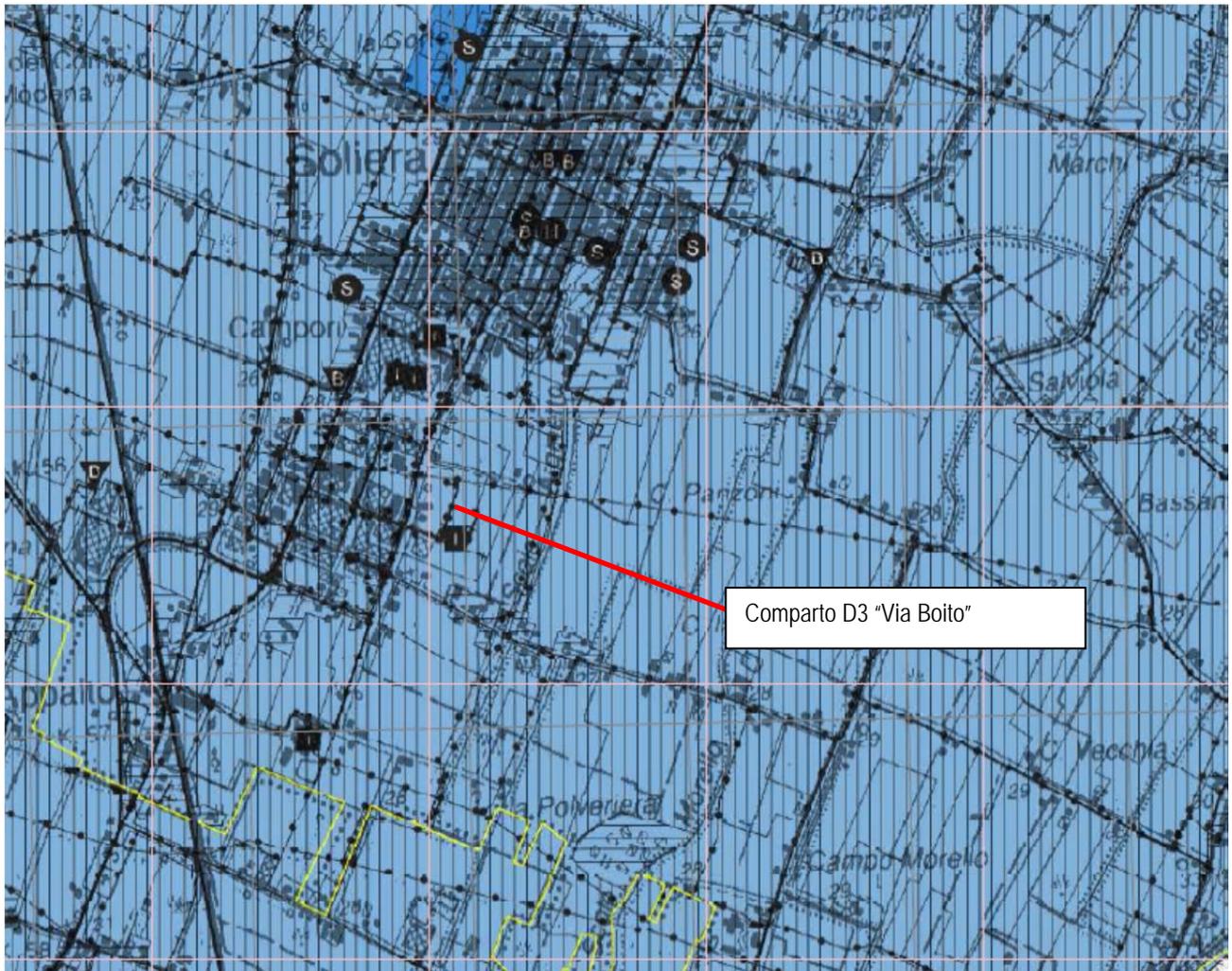


Figura 5- Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: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



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 – rischio medio.

1.2 Il reticolo secondario di pianura (Consorzio Emilia Centrale)⁴

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 temila chilometri quadrati, distribuite tra le provincie di Reggio Emilia, Modena, Parma, Mantova e Massa Carrara.

⁴Consorzio 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.

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.



Figura 7: Area gestita dal Consorzio della Bonifica Emilia Centrale

2 Presentazione contesto ambientale stato di fatto e di progetto

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'intervento

Il comparto D3 "Via Boito" o "lottizzazione Orione" oggetto di studio è ubicato nel Comune di Soliera (MO), nei dell'estremo Nord della via Boito.



Figura 8: Inquadramento generale dell'area oggetto di intervento.



Figura 9: Inquadramento dell'area oggetto di intervento.

Allo stato attuale si tratta di un'area destinata ad insediamenti di carattere industriale/commerciale ma ad oggi soggetta ad attività agricola.

Sul lotto in oggetto è prevista la realizzazione di un fabbricato industriale. Resta da definire in seguito la possibilità di mantenere il fabbricato di progetto come unica particella, oppure la possibilità che esso venga suddiviso funzione delle esigenze di utenza.



Figura 10 Area destinata al nuovo comparto in progetto.

Il lotto vede l'accesso carraio principale ubicato all'estremo Nord della via Boito già esistente. E' prevista la realizzazione di una viabilità che prosegua la via Boito con orientamento Ovest-Est, ovvero antistante il fabbricato di progetto.

Tale viabilità, sarà dotata delle opportune dotazioni urbanistiche in termini di aree verdi, parcheggi, illuminazione e rete di drenaggio urbano. Essa, in funzione della suddivisione interna del lotto (mono particella o pluriparticella) potrà essere destinata ad uso pubblico o avere carattere privato. Tali aspetti saranno definiti in seguito.



Figura 11: Planimetria urbanistica dell'area in oggetto.

L'accesso principale all'area di urbanizzazione è previsto sulla via Arrigo Boito che, in tale sezione presenta una quota assoluta pari a +27.12 m s.l.m.

Il comparto di forma pressoché rettangolare si estende in un'area attualmente agricola a completamento del comparto produttivo nella zona Sud di Soliera. La viabilità interno del comparto in oggetto risulta posta in termini di quota di imposta, in continuità rispetto alla via Boito esistente.

I terreni limitrofi a Nord ed a Est permarranno a destinazione agricola con andamento degradante in direzione Nord Est fino al raggiungimento della carraia in terra esistente di collegamento al Cavo Arginetto, recapito ultimo delle portate meteoriche in oggetto. Nei pressi del manufatto di scarico esistente, relativo ad una rete di drenaggio acque meteoriche urbane gestita da Aimag s.r.l., si riscontra una quota del ciglio del fosso pari a +25.57 m s.l.m. ed una quota di scorrimento del condotto esistente DN 800 pari a +24.50 m s.l.m..

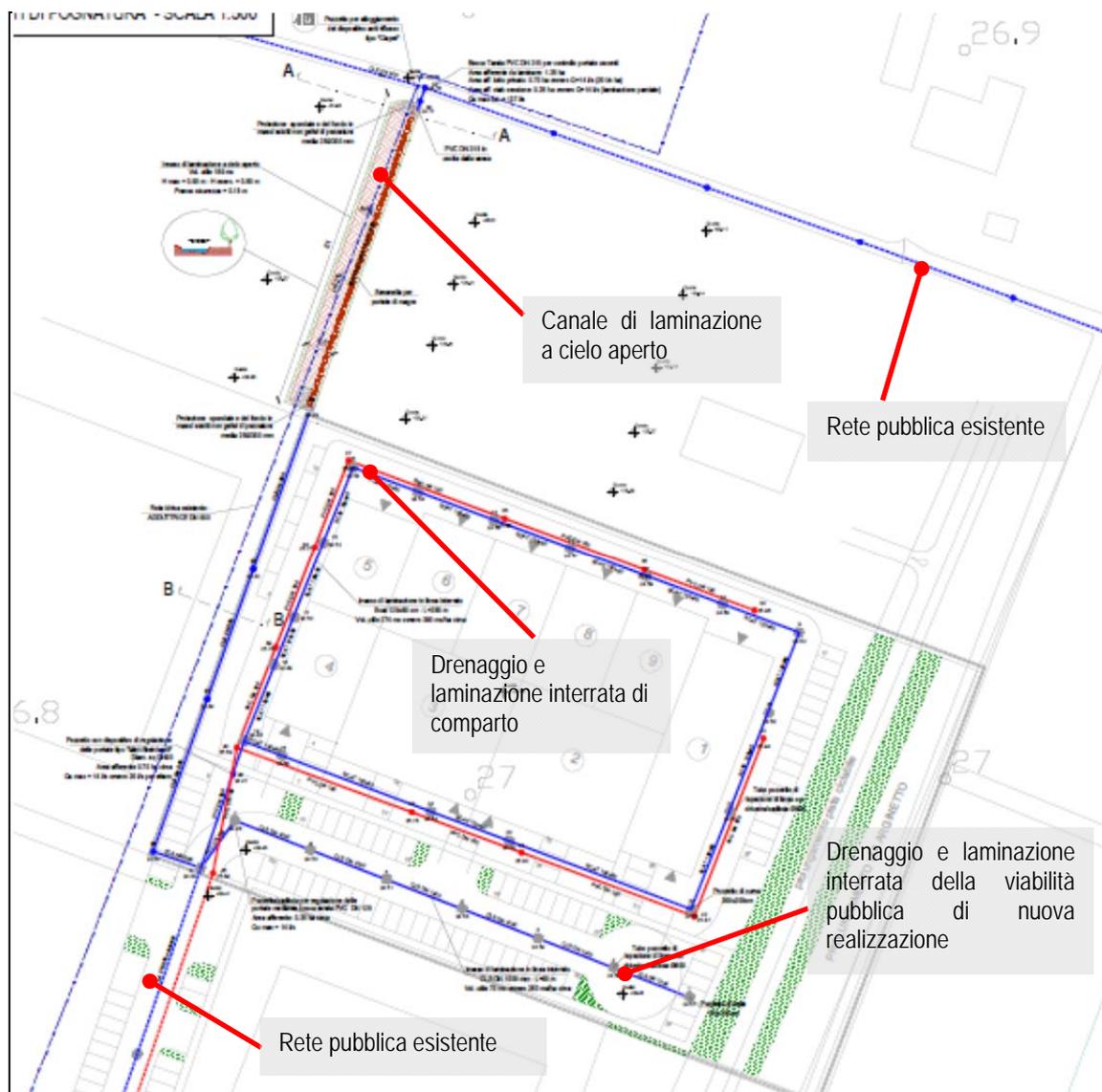


Figura 12: Panoramica dell'area oggetto di intervento. Sono individuate le reti di drenaggio urbano di acque meteoriche esistenti (tratto blu tratteggiato) e di progetto (tratto blu continuo).

Relativamente alla soluzione tecnica prevista dagli stessi scriventi per il drenaggio delle acque meteoriche, i circa 1.10 ha di estensione dell'area destinata ad ospitare il nuovo insediamento in progetto sono stati suddivisi in sottobacini idrologici afferenti ai singoli tronchi di fognatura bianca, il cui tracciato si sviluppa lungo la viabilità interna al comparto e seguendo la dislocazione delle caditoie previste per il drenaggio delle acque.

La proposta progettuale prevede la suddivisione dell'area in due sottobacini principali recapitanti nella fognatura meteorica esistente che verrà opportunamente estesa fino al raggiungimento della pubblica fognatura per acque meteoriche circa 150 metri a Nord, affluente a sua volta nel Cavo Arginetto.

Il sottobacino costituito dal lotto privato presenta un sistema di drenaggio/laminazione interamente interrato costituito da condotte scatolari 120x80 cm in cemento armato vibrato per uno sviluppo lineare pari a 285 metri con pendenza longitudinale pari a 0.1% (uno per mille) ed un volume di circa 274 mc. La laminazione idraulica

dei picchi di piena è consentita da una valvola di regolazione delle portate a galleggiante tipo "Mini", opportunamente calibrata al fine di un rilascio non superiore a 14 l/sec.

Analogamente, l'area individuata dalla nuova viabilità di progetto costituita dall'estensione della Via Boito risulta drenata da una condotta CLS DN 1000 per una lunghezza pari a 90 m con pendenza dello 0.1% (uno per mille) e dunque un volume di invaso pari a circa 70 mc. L'attenuazione idraulica risulta generata da una bocca tarata di valle costituita da un collettore PVC DN 125 la cui portata effluente risulta stimata in 14 l/sec. Le portate in eccesso ai 20 l/sec ettaro raggiungeranno la fognatura bianca pubblica al margine del comparto costituita da un collettore CLS DN 800 il quale, circa 90 m a valle sarà collegato all'invaso di laminazione a cielo aperto realizzato mediante allargamento e risagomatura del fossetto esistente in sinistra idraulica. Verrà così creato un invaso di capacità utile di esercizio pari a circa 189 mc in grado di laminare le portate del sottobacino individuato dall'area già urbanizzata costituita dalla via Boito esistente e dei lotti artigianali sul lato Est della stessa, oltre che dalle portate in eccesso precedentemente attenuate della nuova viabilità pubblica. Il controllo del flusso uscente da tale vasca è ottenuto mediante bocca tarata PVC DN 315 che consente il transito di 137 l/sec.

Per tutta l'area oggetto di intervento, tali volumi saranno sufficienti a contenere eventi sino a 50 anni di tempo di ritorno.

2.2 Aspetti ambientali

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.

Il comparto in oggetto si trova in ambiente attualmente agricolo, al margine del comparto artigianale esistente. La viabilità esistente costituita dall'estremo Nord della via Boito si trova ad una quota altimetrica pari a circa +27 m s.l.m.; al contempo, il piano campagna oggetto di trasformazione allo stato ante operam risulta mediamente pari a +26 m s.l.m..

2.2.2 Il reticolo idraulico secondario di pianura (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.

Inoltre, il reticolo di drenaggio vede la presenza di un collettore acque meteoriche in calcestruzzo DN 800 recapitante al Cavo Arginetto ad una distanza pari a circa 150 metri in direzione Nord rispetto alla lottizzazione in oggetto. Come accennato è tale collettore che costituisce il recapito delle acque meteoriche dell'area oggetto di studio, in regime di invarianza idraulica secondo una udotria di 20 l/s per ettaro.



Figura 13: Inquadramento planimetrico reticolo secondario di pianura

2.2.3 Confini naturali e bacinizzazione antropica

Viste le considerazioni esplicitate in merito al reticolo secondario di pianura limitrofo all'area di intervento e quanto presentato riguardo all'inquadramento territoriale ed orografico, si ritiene opportuno considerare nelle successive analisi matematico/numeriche la porzione di territorio delimitata dai confini del comparto stesso, opportunamente maggiorata di un raggio pari a circa 300 metri.

2.2.4 Descrizioni delle potenziali criticità

In base a quanto 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

Tale scenario risulta rappresentativo di un fenomeno di precipitazione particolarmente diffusa arealmente nell'ambito dell'intero bacino del Po e di durata pari a diversi giorni come ad esempio si è verificato con l'evento del maggio '96. Una criticità di questo tipo nasce dal raggiungimento delle massime capacità idrauliche di tutte le aste idrauliche principali e secondarie del reticolo secondario che, innalzando i livelli di tirante al loro interno, non consentono più il deflusso delle acque dalle campagne e dagli ambienti urbanizzati. Poiché il fenomeno è diffuso anche dal punto di vista temporale, si può assumere che gli stessi terreni abbiano raggiunto la completa saturazione: ne consegue che tutto il piovuto ristagna superficialmente.

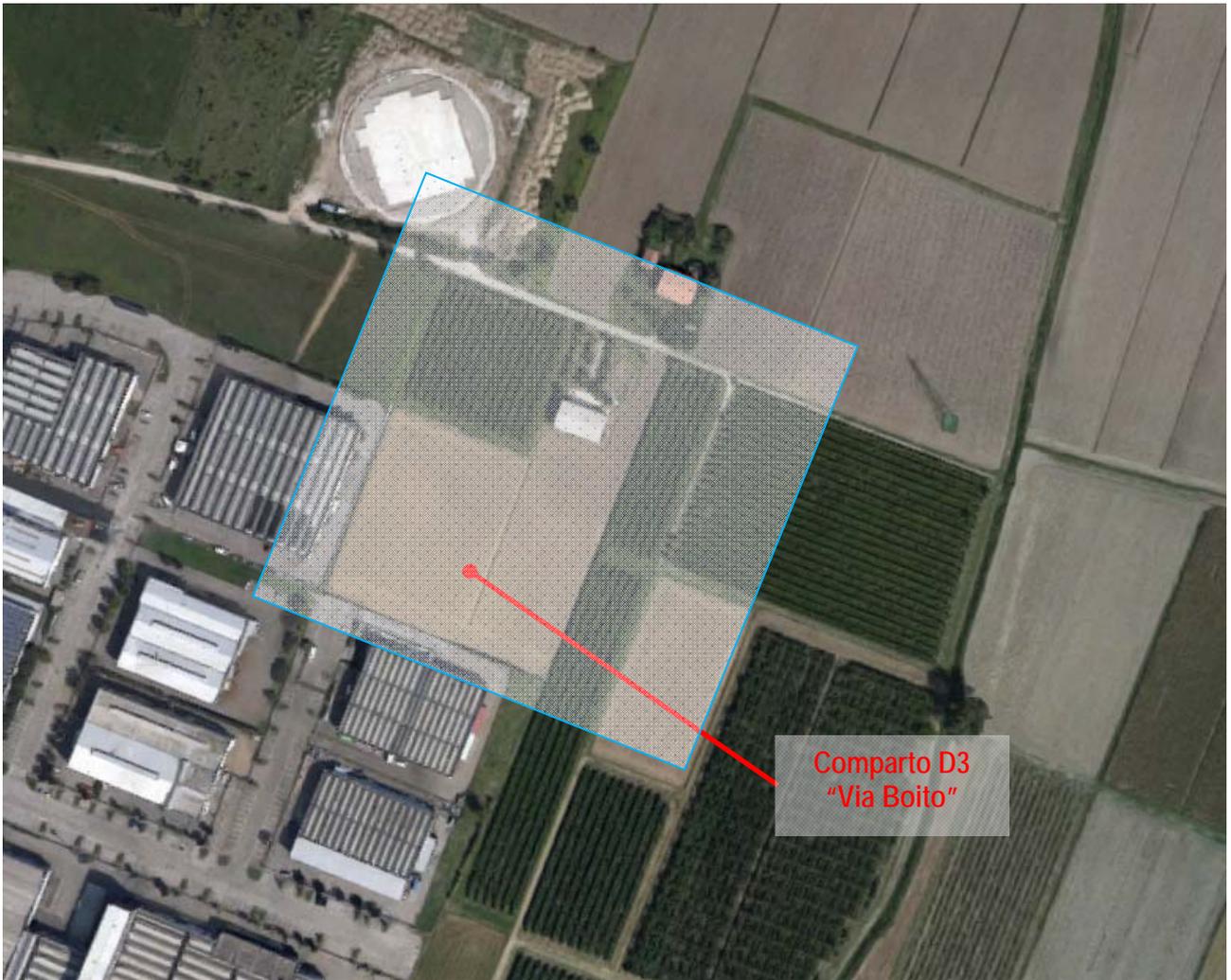


Figura 14: Inquadramento delle criticità idrauliche

3 Verifiche idrauliche

3.1 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.

3.1.1 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:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l’asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da $z+h$;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- S_f 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 e' quello di Priessmann mentre il risolutore adottato e' 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.

3.1.2 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 di Burana;
- 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.

3.2 Le portate di riferimento

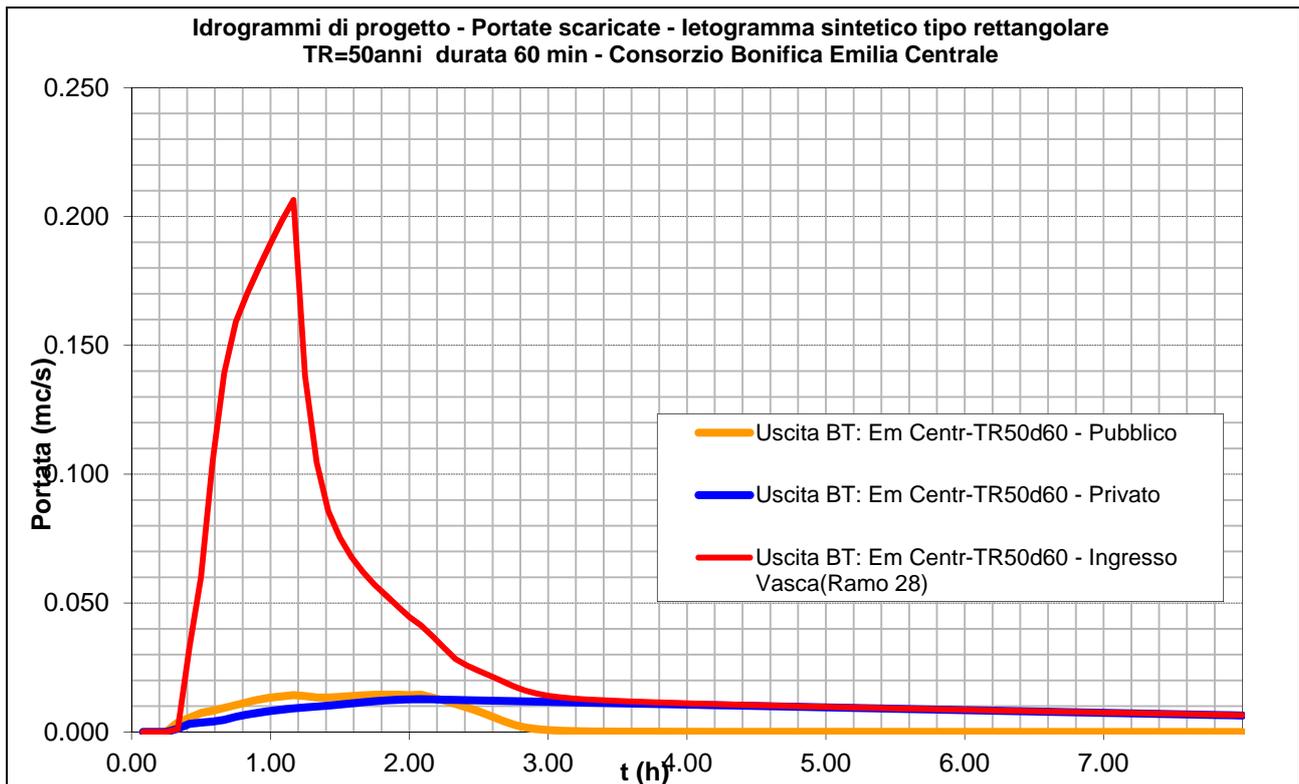
Occorre a questo punto definire le sollecitazioni idrauliche da attribuire al territorio oggetto di analisi derivanti dalle potenziali criticità locali già descritte nei paragrafi precedenti, al fine della realizzazione del modello idraulico bidimensionale. Pertanto, dopo aver analizzato in modo scrupoloso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

- vista 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;
- vista la planimetria di progetto della nuovo comparto D3 "Via Boito";
- considerata la realizzazione delle reti di drenaggio acque meteoriche di comparto descritta in precedenza, nella totalità dei suoi componenti, la quale scarica nella rete esistente in regime di invarianza idraulica;

- considerati gli esiti della modellazione idraulica monodimensionale in moto vario realizzata al fine del progetto del sistema di drenaggio di comparto,

si ritiene di perseguire un approccio metodologico semplificato volto alla definizione delle portate meteoriche che possono interferire con il fabbricato oggetto di intervento e con il contesto limitrofo.

A tal proposito si osserva che l'area oggetto di studio, soggetta ad una precipitazione avente tempo di ritorno 50-ennale (ietogramma rettangolare TR50 fonte Consorzio di Bonifica Emilia Centrale, ente gestore del reticolo secondario di pianura), genera gli idrogrammi di piena riportati nel grafico seguente.



Si può osservare dunque che:

- per l'area privata (idrogramma colore blu) si hanno circa 14 l/s in uscita dalla bocca tarata di comparto costituita da un regolatore di portata a galleggiante;
- per l'area pubblica di nuova realizzazione costituita dall'estendimento della Via Boito si hanno (idrogramma colore arancione) circa 14 l/s.
- in ingresso alla vasca (idrogramma colore rosso) al ramo n° 28 si hanno circa 206 l/s di picco;

Ai fini della modellazione idraulica bidimensionale, l'idrogramma di piena in ingresso alla vasca viene ripartito internamente ad essa in corrispondenza della sezione di uscita della vasca di laminazione a cielo aperto della rete di scolo delle acque meteoriche di comparto. Poiché la vasca è modellata idraulicamente in modo tale da non presentare vie di uscita, la configurazione di progetto è rappresentativa di uno scenario ove il reticolo di drenaggio risulta già al pieno delle proprie capacità idrauliche e dunque non in grado di ricevere ulteriori apporti idrologici/idraulici, generando ristagno e deflussi superficiali.

3.3 Condizioni al contorno e/o scenari considerati

Nel modello matematico di simulazione idraulica, la portata poc'anzi descritta viene rappresentata con una sorgente puntuale in corrispondenza della sezione di valle dell'invaso di laminazione a cielo aperto, 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.

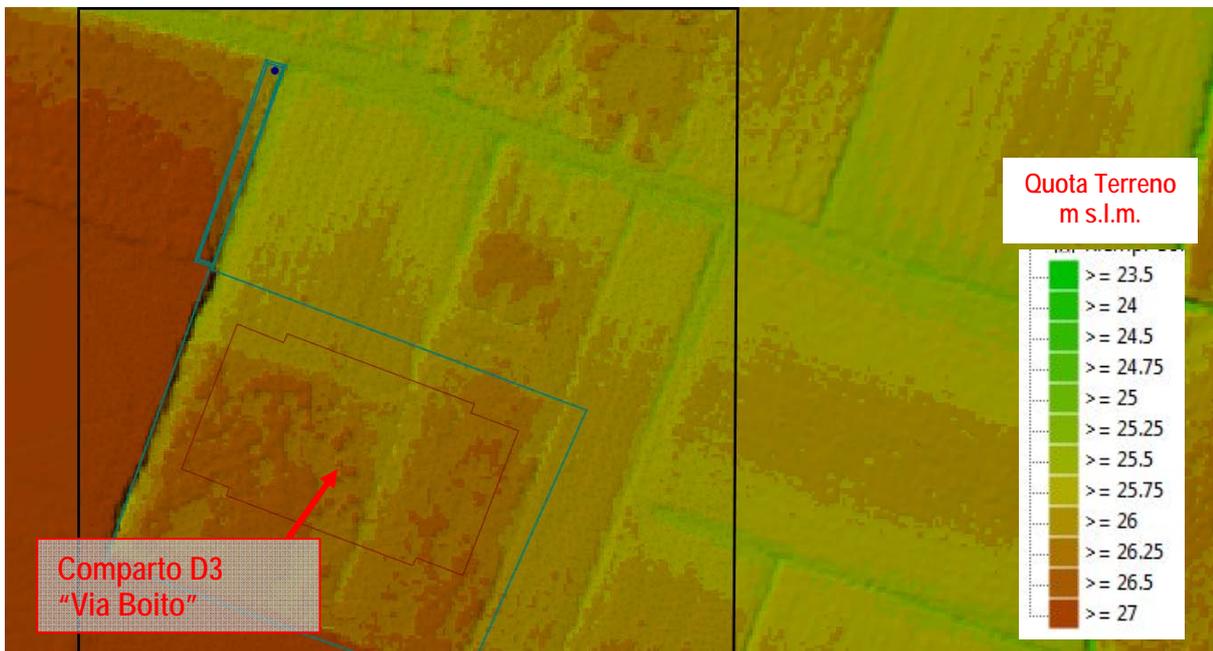


Figura 15: Modello digitale del terreno con individuazione della sorgente d'acqua di calcolo.

In figura 15 viene riportata la mappatura del modello digitale del terreno adottato nella simulazione numerica sul quale è evidenziata l'ubicazione del comparto D3 oggetto di studio nonché le sorgenti di acqua (puntini blu) rappresentative dello scenario di verifica considerato.

3.4 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.

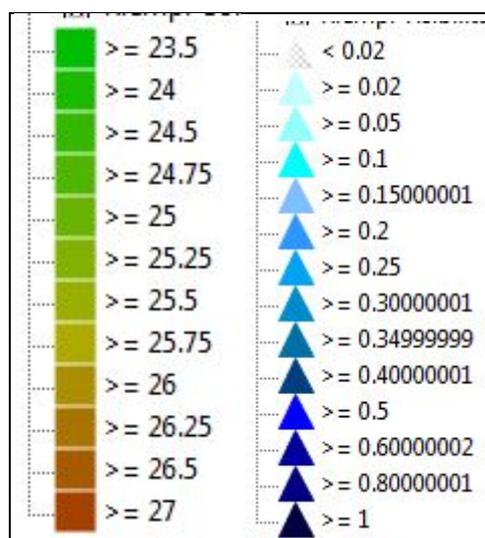
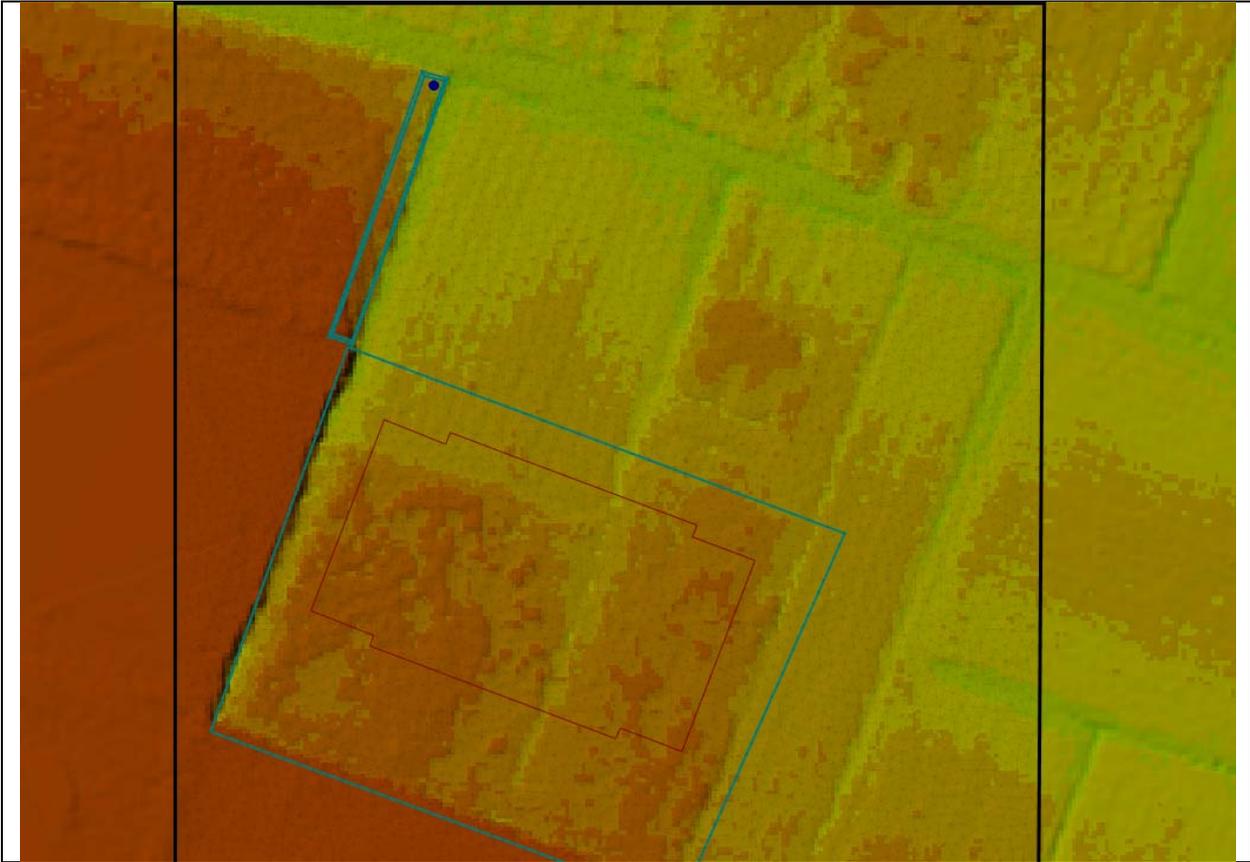
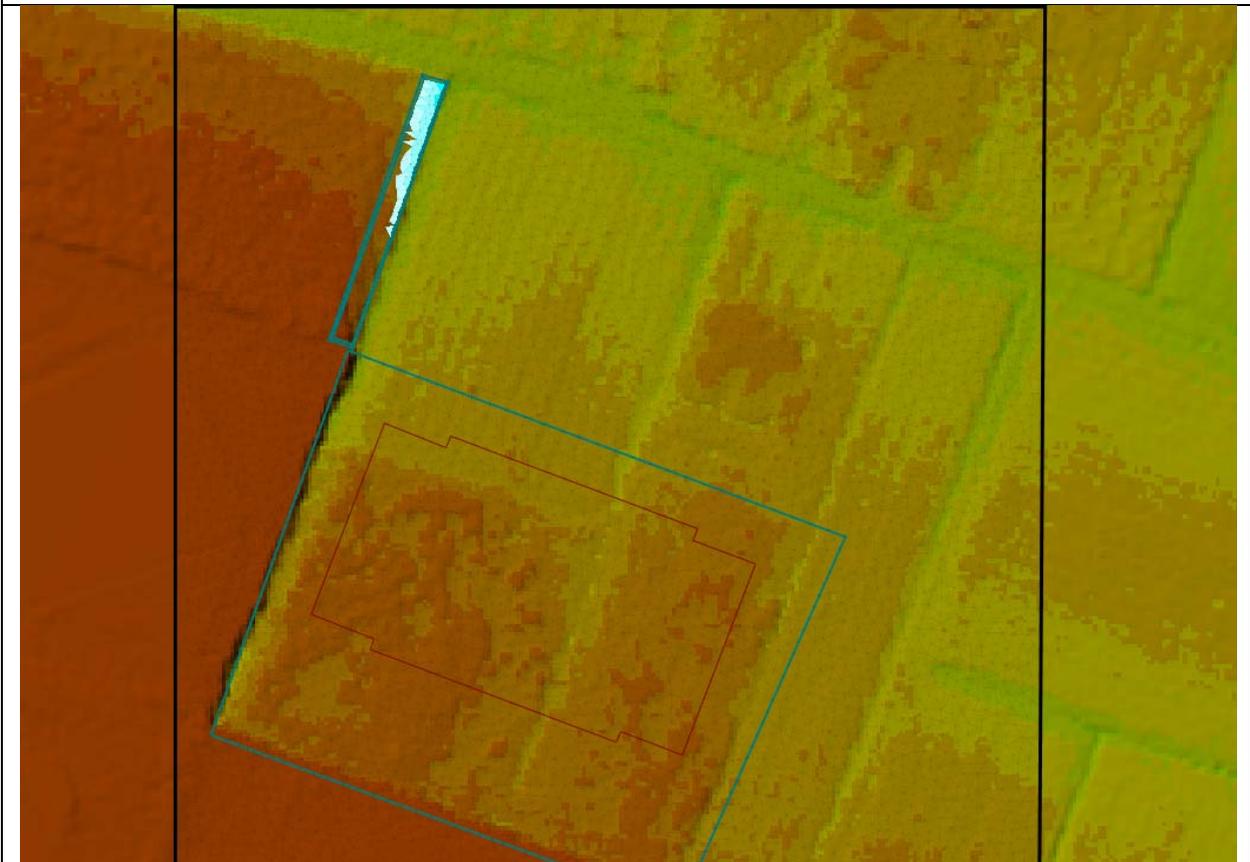


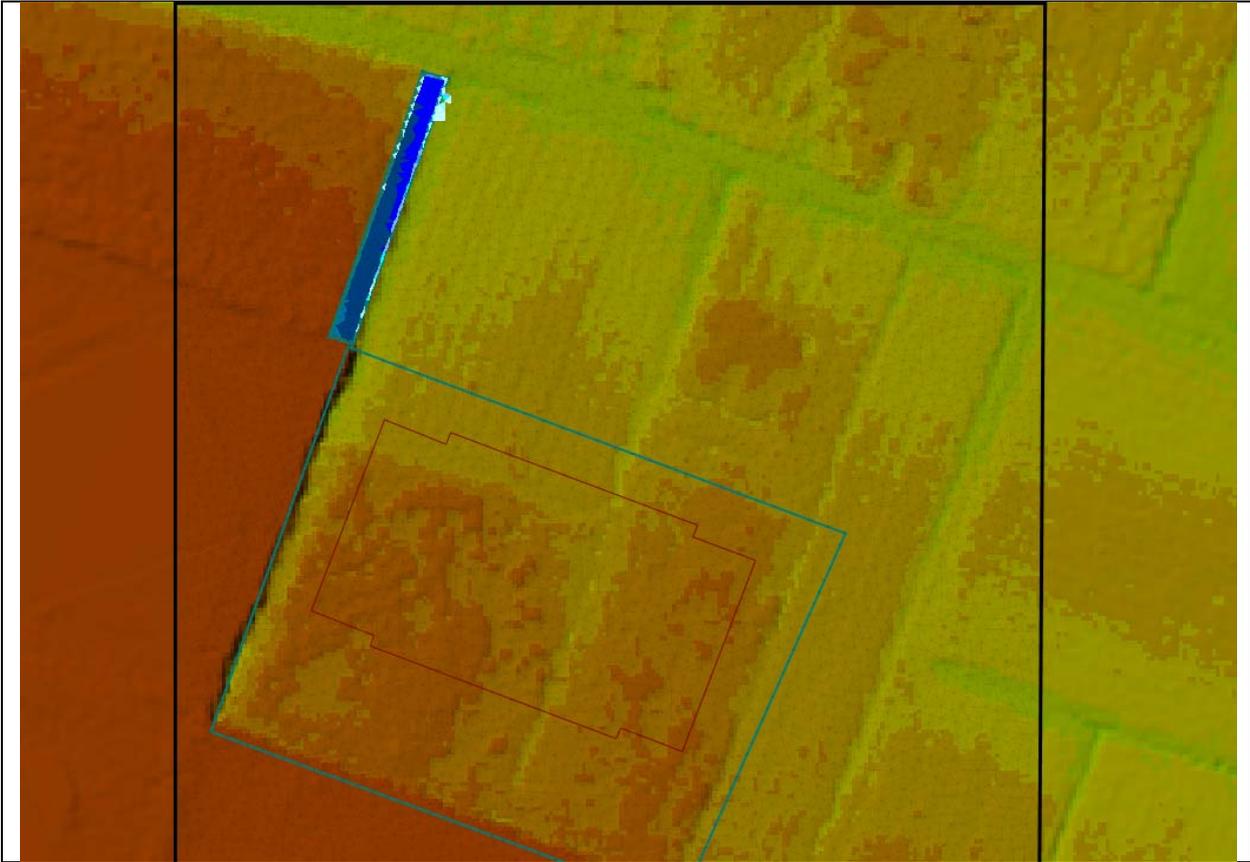
Figura 16: Scala cromatica delle altezze del piano campagna (a), e dei tiranti idraulici (b)



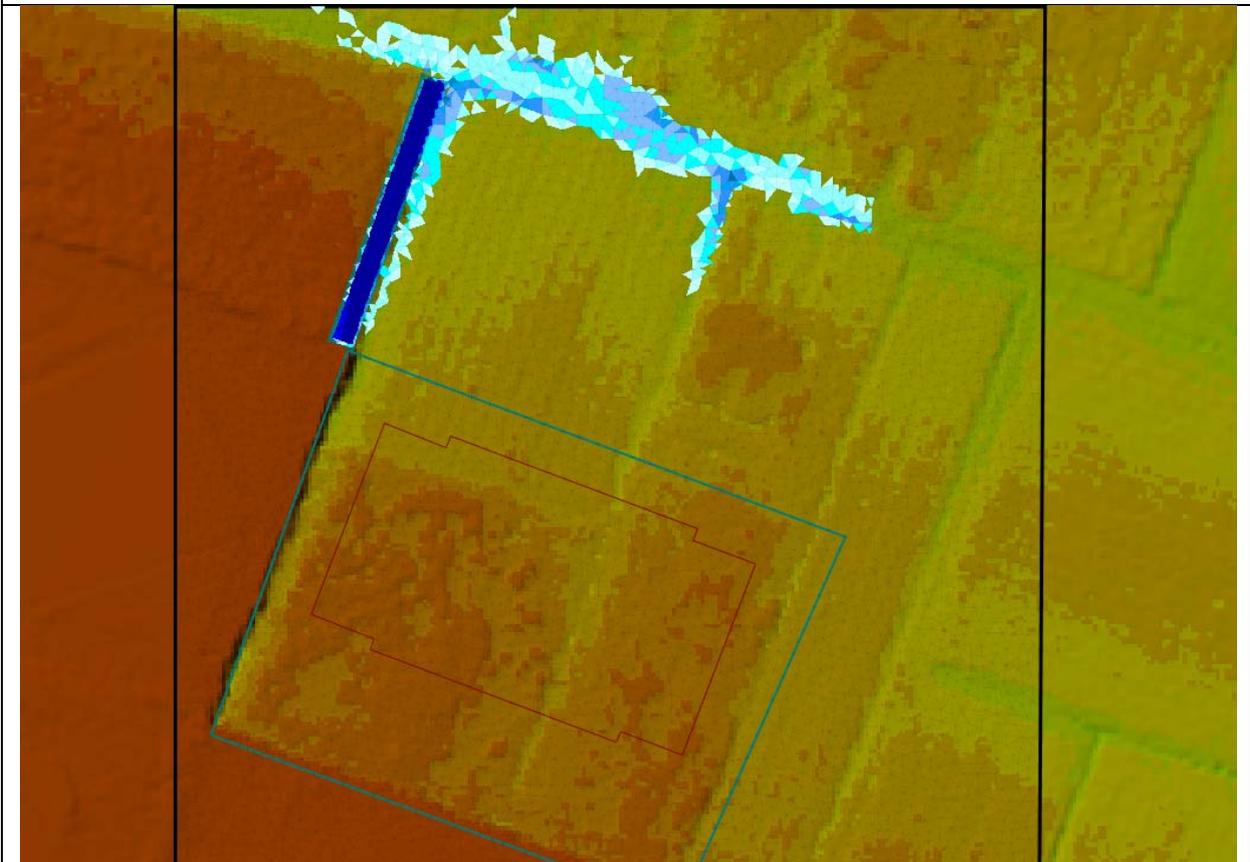
Time step: 0 minuti



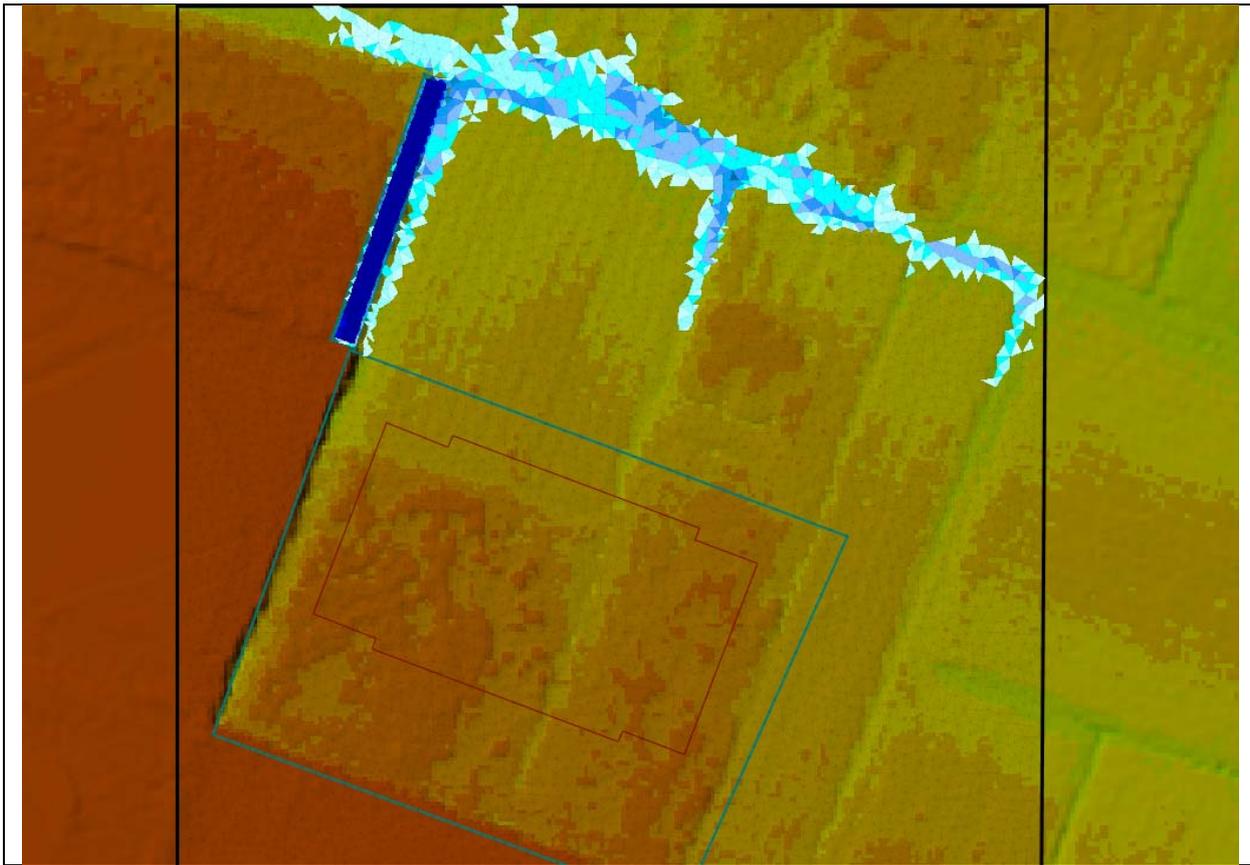
Time step: 20 minuti



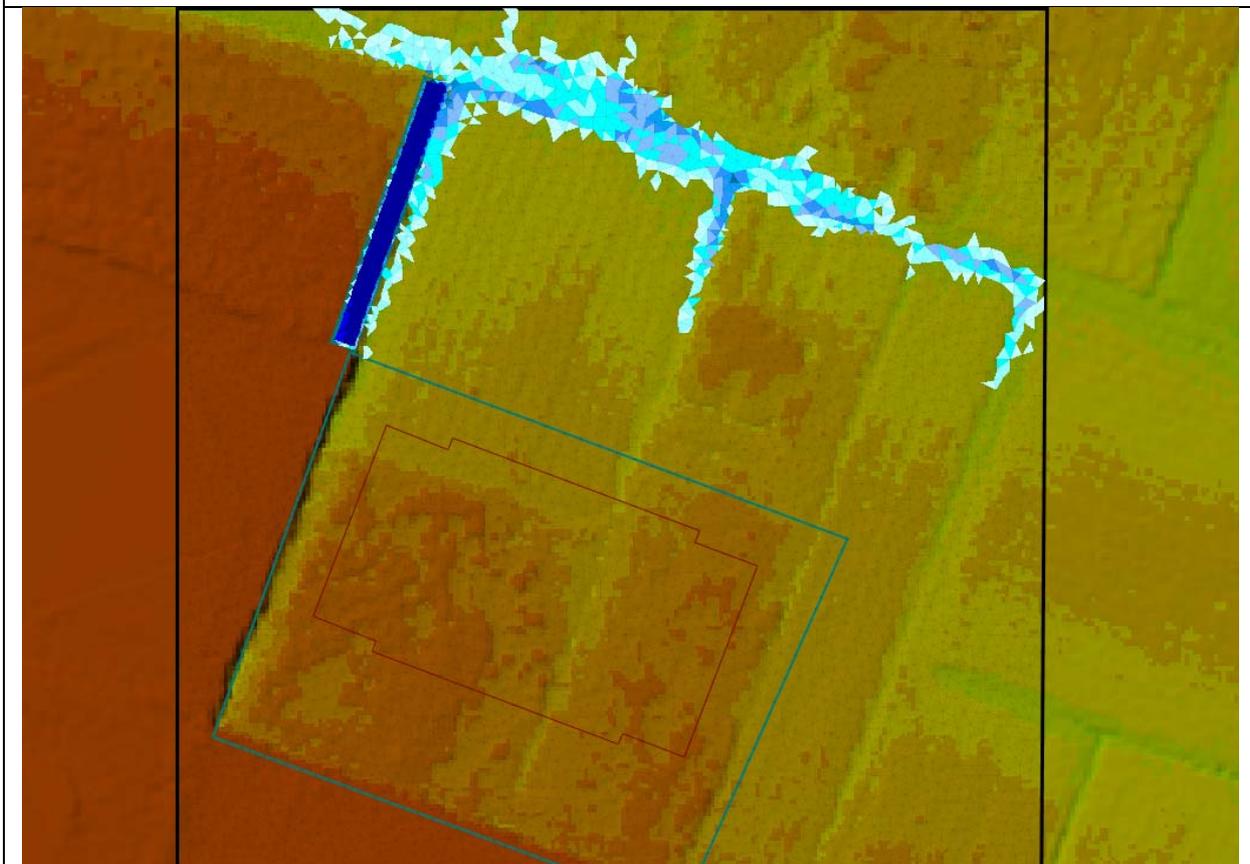
Time step: 40 minuti



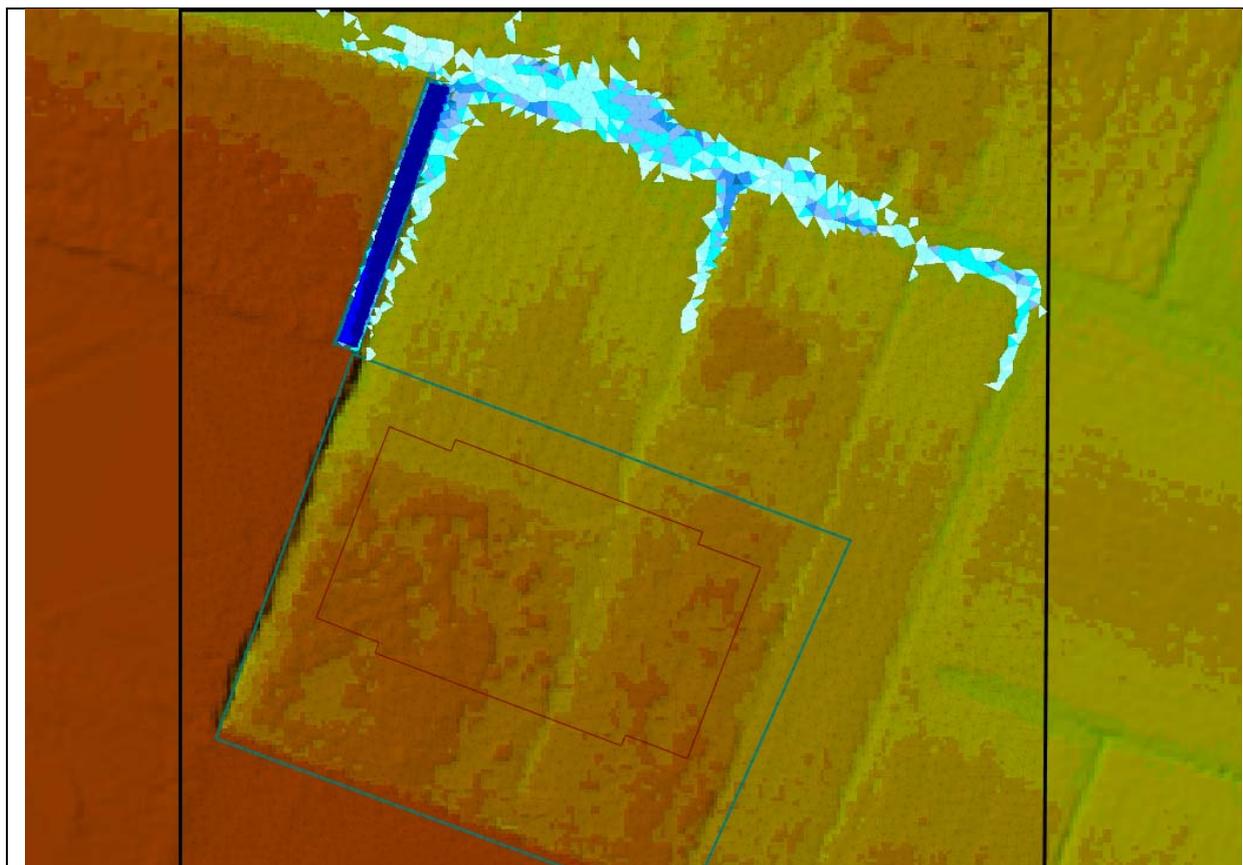
Time step: 60 minuti



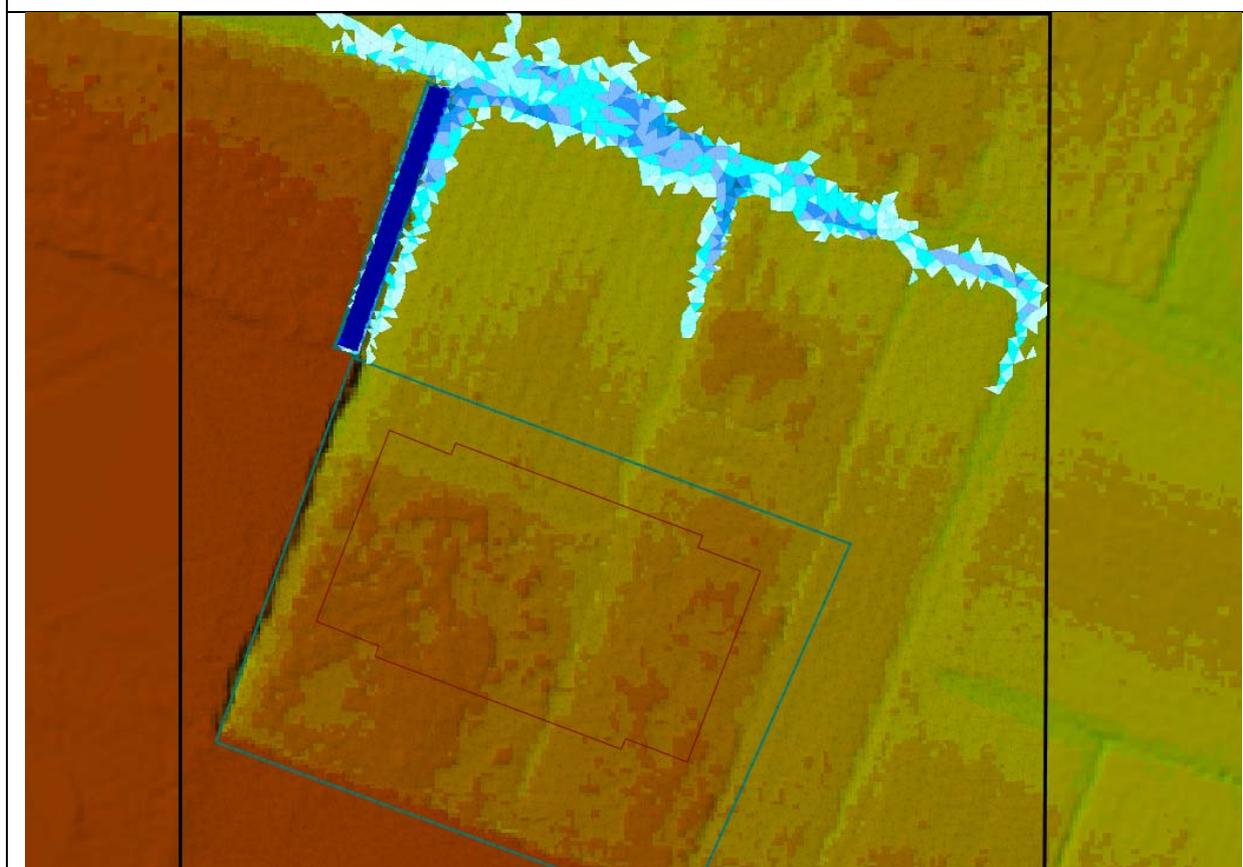
Time step: 80 minuti



Time step: 100 minuti



Time step: 180 minuti



Inviluppo dei massimi battenti idrici

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

Per una corretta e completa comprensione delle mappe di allegamento 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 pari a circa +27.06 m s.l.m.).

Si può osservare dunque il fenomeno di laminazione interno alla vasca a cielo aperto di progetto che, sotto le ipotesi di portate in uscita dalla stessa pari a zero dovute alla totale incapacità di ricezione del reticolo secondario, genera esondazione di acqua dalle sezioni di valle. Tali fenomeni di sormonto del ciglio dell'invaso sono limitate all'arginatura in destra, in corrispondenza della carraia esistente ad uso esclusivamente agricolo. Le portate esondate proseguono dunque sull'asse ovest – est caratterizzato da una viabilità interpodereale raggiungendo dunque il cavo Arginetto seguendo la naturale pendenza del terreno.

Al picco del fenomeno si registra pertanto un battente di circa 90 cm interno alla vasca di laminazione a cielo aperto ed un tirante idrico massimo all'incrocio delle carraie in corrispondenza dello spigolo Nord Est dell'invaso pari a circa 25/30 cm. Tale battente resta pressoché confinato sulla carraia interessando in minima parte limitate porzioni di terreni coltivati a frutteto. Il battente idraulico atteso sul sedime della carraia nelle sezioni più ad Est risulta mediamente compreso tra 10 e 15 cm.

Il fabbricato esistente ubicato a Sud della carraia Ovest Est e compreso tra invaso di laminazione e Cavo Arginetto non resta interessato in alcun modo da tali fenomeni di esondazione, generati dalla modificazione del territorio in oggetto. Stesso dicasi per gli altri edifici limitrofi all'area investigata, caratterizzati da quota di imposta superiore.

Pertanto, per il comparto denominato “D3 – Via Boito – Lottizzazione Orione” nel Comune di Soliera (MO), al picco del fenomeno di allagamento si prospetta un tirante massimo stimato compreso tra 25 e 30 centimetri in corrispondenza dell'intersezione della carraia interpodereale e della cavedagna agricola esistente. Lungo lo sviluppo dell'asse viario Ovest- Est si attendono battenti medi dell'ordine di 10/15 cm che possono interessare al più le aree esclusivamente agricole limitrofe. L'area di nuova urbanizzazione, nonché la via Boito attualmente esistente in virtù della differenza di quota (circa 100 cm) che presenta con la confinante area agricola, non evidenzia alcun fenomeno di allagamento.

Si ritiene che tale tirante massimo (circa 25/30 centimetri confinati in corrispondenza della viabilità interpodereale) non comprometta la funzionalità e la fruibilità del comparto e non costituisca fonte di danno nei confronti della viabilità e delle abitazioni né per gli utilizzatori degli stessi e delle aree limitrofe.

Si precisa inoltre che tale scenario è da considerarsi di minore criticità rispetto alle condizioni di stato di fatto, caratterizzate da assenza di laminazione delle portate meteoriche generate dal bacino della Via Boito esistente.

Pertanto si può affermare che il reticolo secondario di pianura locale non risulta fonte di pericolosità e/o interferenza per le opere di progetto ed al contempo, le opere di progetto non costituiscono incremento del fattore di pericolosità verso il reticolo secondario esistente.

3.5 Fenomeni di allagamento da braccia arginale del Fiume Secchia

Si vuole ora riportare in forma sintetica i risultati dello studio idraulico “Definizione del livello di pericolosità e vulnerabilità idraulica del territorio in rapporto al sistema insediativo esistente e di progetto in comune di Soliera (MO)” eseguito nel Luglio 2011 dagli Ingg. Andrea Artusi e Yos Zorzi.

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.

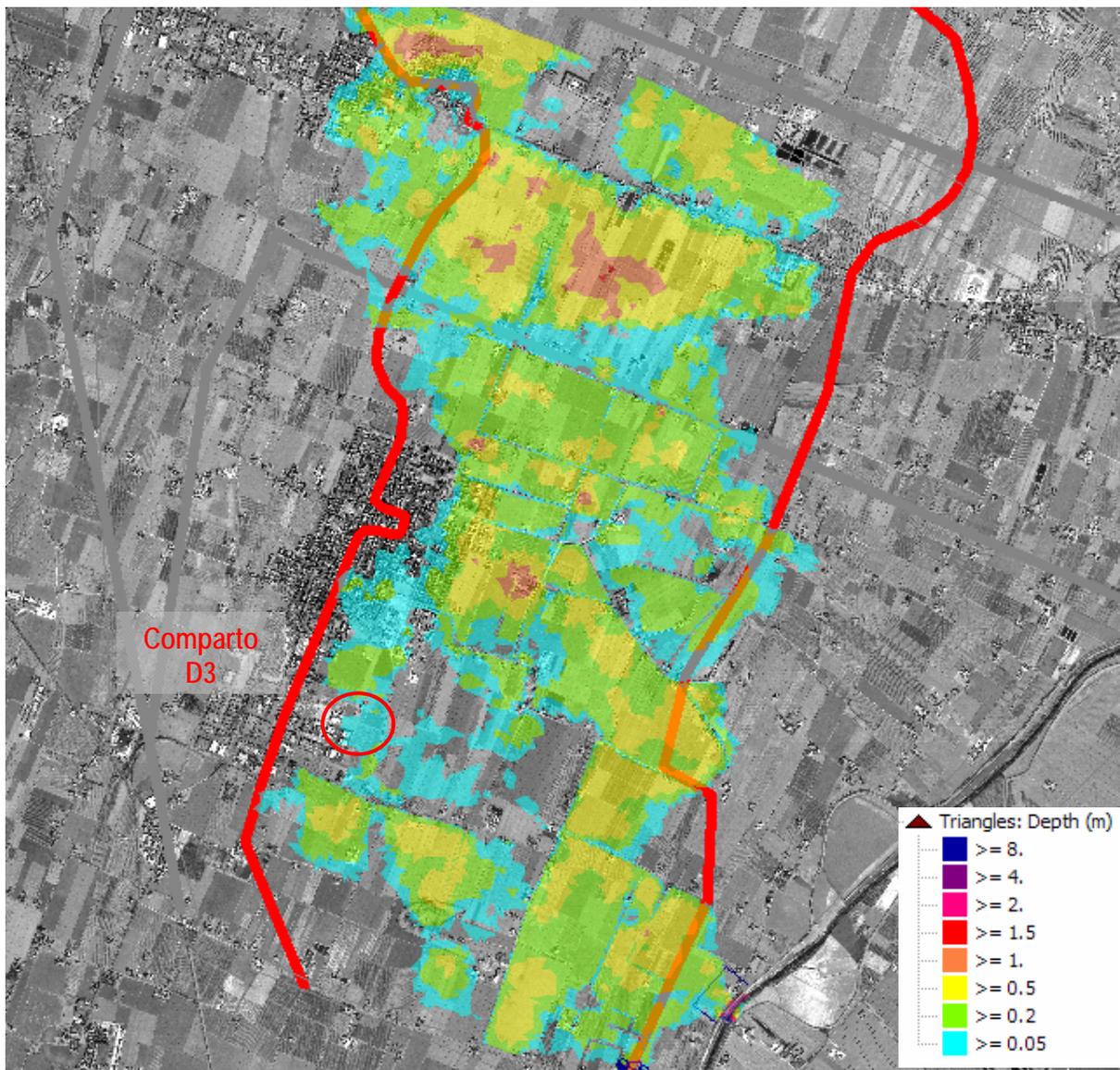


Figura 17: Inviluppo dei massimi livelli idrici (vedi legenda) simulati dal modello nel corso delle 18h di rottura arginale, raffrontati alla linea di confine (rossa) delle aree raggiunte dall'acqua nel 1966.

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 D3 oggetto di indagine: il tirante idrico stimato risulta compreso tra 0.05 e 0.20 metri allo stato di fatto dei luoghi antecedenti alla realizzazione dell'urbanizzazione del comparto.

Considerando che l'intervento prevede l'innalzamento del piano di imposta del comparto di mediamente 0.80-1.00 metri, gli effetti dell'onda di piena vengono qui ridotti generando tiranti idraulici che al più possono raggiungere valori inferiori a 5 centimetri.

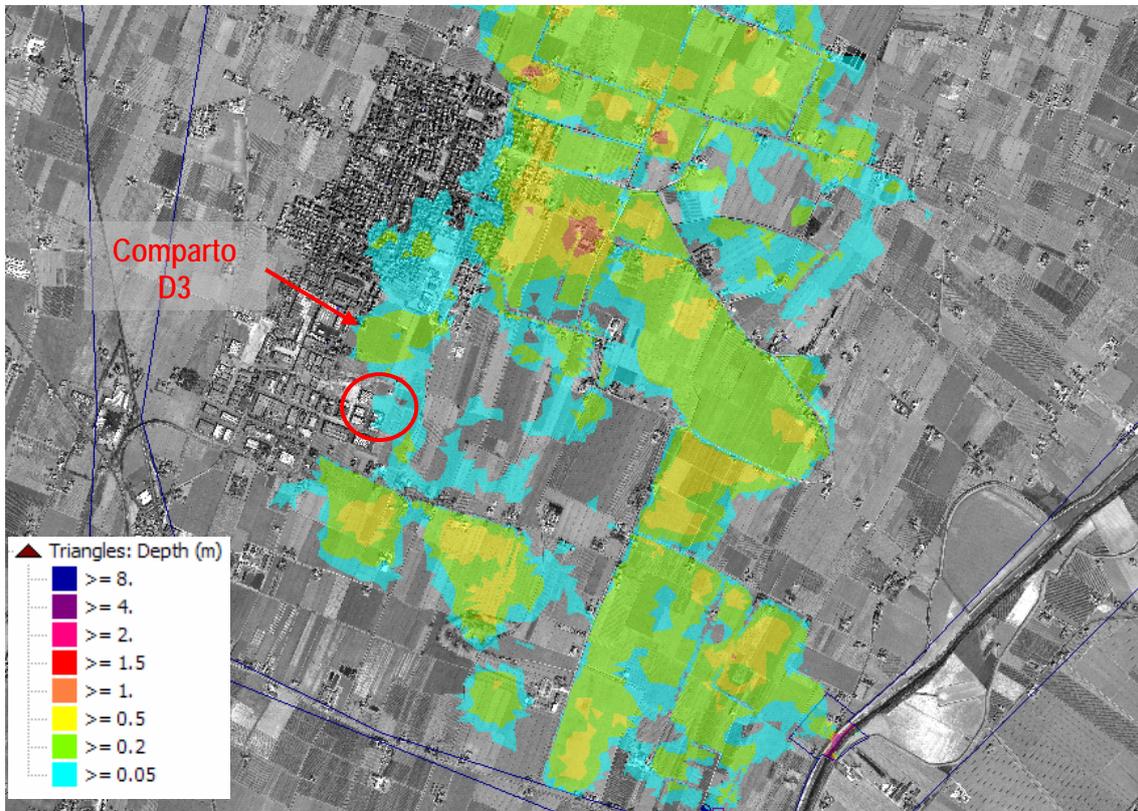


Figura 18: Esondazione: t=14h dalla rottura arginale. I colori indicano la profondità dell'acqua

4 Riduzione della vulnerabilità degli edifici da interferenze con RSP

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.

4.1 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.

4.1.1 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.

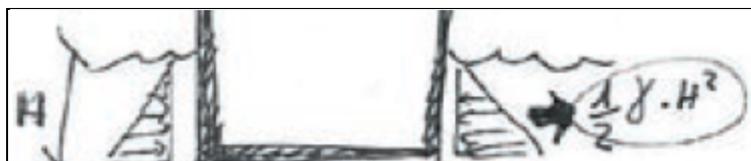


Figura 19: Schema concettuale delle forze agenti

$$F_h = 1/2 \gamma H^2$$

Con:

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

γ 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.

4.1.2 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.

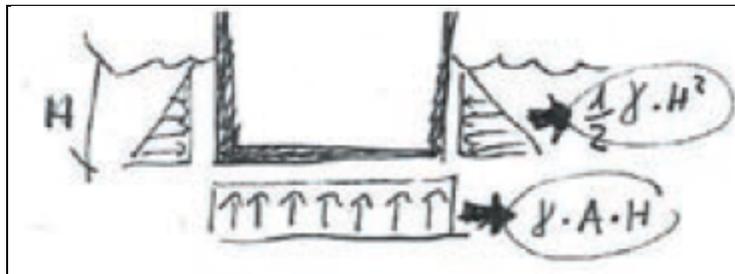


Figura 20: Schema concettuale delle forze agenti

$$F_v = \gamma AH$$

Con:

F_v forza verticale

γ 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

4.1.3 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.

4.1.4 Spinta idrodinamica

È 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.

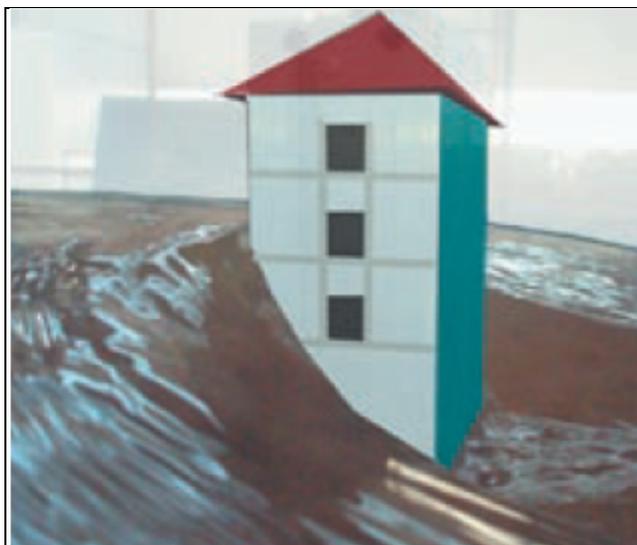


Figura 21: Schema concettuale del fenomeno

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

Con:

F_d spinta dinamica esercitata dalla corrente (N)

C_d coefficiente di Drag

ρ 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.

4.1.5 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.

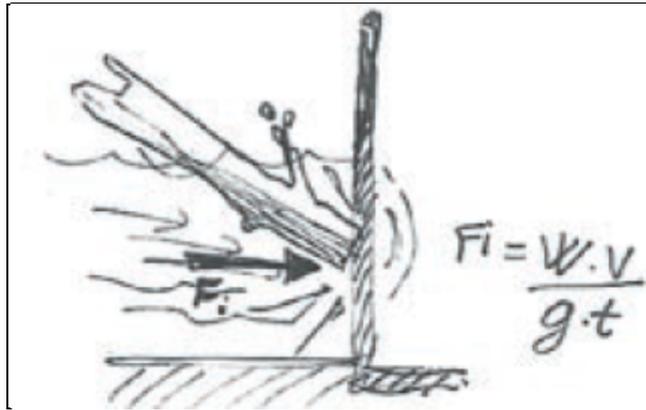


Figura 22: Schema concettuale delle forze agenti.

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.

4.1.6 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.

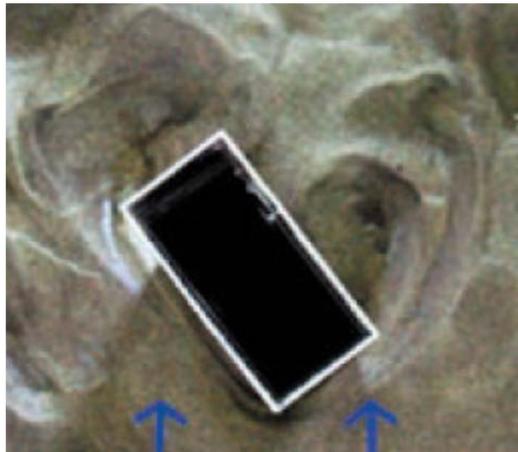


Figura 23: Esperimento di laboratorio, Dipartimento di Idraulica, Università di Pavia. Vista dall'alto di uno ostacolo rettangolare posto su letto sabbioso in seguito a simulazione.

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.

4.2 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.

4.2.1 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.

4.2.2 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.

4.2.3 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);

4.2.4 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 una 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.

5 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).