

Rif. L2918

Comune di
Bussero

(Città Metropolitana di Milano)



Vermeer, *Il Geografo* - 1668

GEOARBOR STUDIO PROFESSIONALE

Dr. Geol. Carlo D. Leoni

Iscrizione N° 776 all'Albo
dell'Ordine dei Geologi
della Regione Lombardia
C.F. LNECLD59T23F205Z
Partita IVA 06708220964

- ↘ *Geologia*
- ↘ *Geotecnica*
- ↘ *Idrogeologia*
- ↘ *Indagini ambientali*
- ↘ *Pianificazione territoriale*
- ↘ *Cave, discariche*
- ↘ *Ripristini ambientali*
- ↘ *Indagini geognostiche*
- ↘ *Ingegneria naturalistica*
- ↘ *Pozzi*
- ↘ *Rilievi topografici*
- ↘ *Rilievi GPS*
- ↘ *Laboratorio geotecnico*
- ↘ *Studi Idroelettrici*

Studio Idraulico di valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio redatto ai sensi del PGRA sul Torrente Molgora:

zonizzazione della Pericolosità e del Rischio da esondazione in aree classificate come R4 ai sensi del P.G.R.A. (rev.2020)

Committente: Comune di Bussero

Vaprio D'Adda, 25/02/2022

Dott. Geol. Carlo Leoni



Sommario

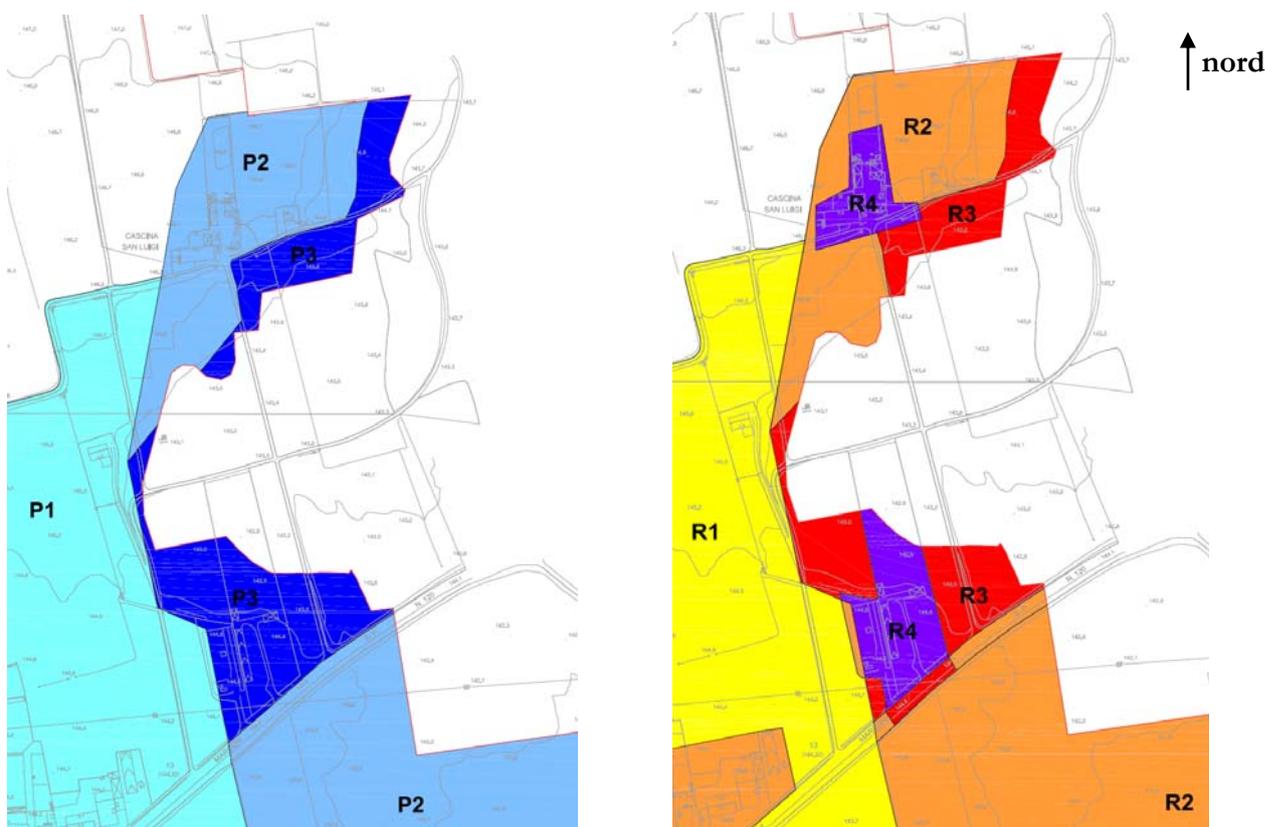
1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	4
3. RACCOLTA DATI GENERALI	5
3.1. CARTOGRAFIE AGGIORNATE	5
3.2. STUDI PREGRESSI	5
4. IL SISTEMA IDRAULICO DEL COMUNE DI BUSSERO	6
4.1 IL TORRENTE MOLGORA	6
4.2 IL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE MOLGORA.....	6
5. STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORSI D’ACQUA NATURALI E ARTIFICIALI ALL’INTERNO DELL’AMBITO IDROGRAFICO DI PIANURA LAMBRO – OLONA (ADBPO, 2004)	8
5.1 DETERMINAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO	9
5.2 CRITICITÀ STORICA DEL SISTEMA FLUVIALE	11
5.3 EVENTI ALLUVIONALI STORICI	12
5.4 OPERE INTERFERENTI	13
5.5 ANALISI IDRAULICA DELLE CRITICITÀ SU TUTTO IL TERRITORIO COMUNALE.....	14
6. IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) – REVISIONE 2020.....	16
6.1 MAPPE DI PERICOLOSITÀ	17
6.2 MAPPE DI RISCHIO.....	19
7. STUDIO IDROLOGICO	21
7.1 PREMESSA	21
7.2 METODOLOGIA DI LAVORO	24
7.2.1 ANALISI IDRAULICA DELLE CRITICITÀ PER LE AREE R4 DEL PGRA.....	24
8. VALUTAZIONE DEL RISCHIO E CONCLUSIONI	36
8.1 NUOVA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO	36
9. CONCLUSIONI	39

Allegati di riferimento:

- **Tavola 2a:** “Carta della pericolosità e del rischio idraulico del Torrente Molgora ai sensi del PGRA (revisione 2020) e valutazione di dettaglio della pericolosità e rischio idraulico nelle aree R4 (a rischio molto elevato) ai sensi della DGR n.IX 2616/2011” alla scala 1:5.000
- **Tavola 10:** “Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano” alla scala 1:10.000

1. PREMESSA

Lo studio idraulico riportato nella presente relazione ha come oggetto la verifica delle dinamiche di piena del Torrente Molgora entro le aree classificate come R4 – rischio molto elevato del territorio comunale di Bussero, in particolare sono due aree che verranno di seguito così denominate “AREA S.P.120 – ZONA CASCINALE DUGNONE” a sud e “AREA CASCINALE SAN LUIGI” a nord.



*Estratti della cartografia vigente del PGRA (2020):
carta della pericolosità a sinistra e carta del rischio a destra (in viola le aree R4)*

Per caratterizzare del punto di vista idrologico il corso d’acqua oggetto di studio, al fine di valutare le capacità di deflusso attuali e le eventuali volumetrie di esondazione per lo scenario oggetto di verifica (eventi di piena per Tr di 100 anni), è stato fatto riferimento agli idrogrammi di piena forniti dall’Autorità di Bacino del Fiume Po per il Torrente Molgora.

Gli idrogrammi a disposizione sono relativi a diverse sezioni di chiusura disposte su tutto il corso d’acqua che attraversa il territorio comunale e pertanto è stato possibile ricavare i vari contributi distribuiti lungo il reticolo.

Lo studio è redatto conformemente alle metodologie definite nell’Allegato 4 alla d.g.r. 30 novembre 2011, n. IX/2616 e nella direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, approvate dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2/99 del 11 maggio 1999 e n. 10/06 del 5 aprile 2006.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

In data 17/12/2015, con deliberazione n. 4/2015 l’Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato il “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Padano” (PGRA) ai sensi del DLgs 23/02/2010 n. 49 e s.m.i., (pubblicato in data 23/12/2015 sul proprio sito istituzionale) e recentemente approvato con deliberazione n. 2/2016 del 3 marzo 2016.

Contestualmente, sempre in data 17/12/2015, con deliberazione n. 5/2015 l’Autorità di Bacino ha adottato il “Progetto di Variante al Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI)”, (pubblicata sul sito internet dell’Autorità in data 22/12/2015).

Nel contenuto della deliberazione n. 5/2015, l’Autorità di Bacino, prevede che fino all’adozione definitiva della Variante del PAI, per le Aree a Rischio Significativo (ARS) individuate nelle mappe della Pericolosità e del Rischio di Alluvioni che costituiscono elementi di aggiornamento in materia di protezione civile e in particolare ai fini della predisposizione o adeguamento dei piani di emergenza di cui all’art. 67.5 del DLgs n. 152/2006, si devono ritenere applicabili le misure previste dall’ “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2, D.L. 11 giugno 1998, n. 180” adottato con DPCM 29 settembre 1998 per le aree di cui all’art. 1, comma 1, lett. b del D.L. n. 279/2000 convertito in Legge n. 365/2000.

- D.g.r 30 novembre 2011 – n.IX/2616 “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12’, approvati con d.g.r 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.rr 28 maggio 2008, n.8/7374”, pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012.
- D.g.r 19 giugno 2017 – n. X/6738 Disposizioni generali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po.

3. RACCOLTA DATI GENERALI

3.1. Cartografie aggiornate

Per lo sviluppo dell'attività sono inoltre state raccolte cartografie aggiornate, tra le quali le Carte Tecniche Regionali 1:10'000, ortofoto, aerofotogrammetrici compreso il nuovo DBT (database topografico regionale) e il DTM 5X5 - Modello digitale del terreno (ed. 2015) sviluppato da Regione Lombardia che copre l'intero territorio comunale di Bussero.



Stralci di cartografie raccolte utilizzate: a sinistra DTM 5x5, a destra DTB regionale

3.2. Studi pregressi

Il torrente Molgora non è delimitato da fasce fluviali predisposte dall'Autorità di Bacino del fiume Po mediante PAI; il medesimo è stato oggetto di alcuni studi di dettaglio finalizzati alla predisposizione di interventi e opere per la mitigazione del rischio esondazioni. Tali studi sono stati svolti dall'Autorità di Bacino del fiume Po, dall'AIPo e da Regione Lombardia.

Nella fattispecie, per il presente lavoro, sono stati consultati i seguenti studi:

- ✓ Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona. (AdBPo, 2004);
- ✓ Carte ed elaborati relativi al Piano di gestione del rischio alluvioni – PGRA e revisione 2020.

Dato il carattere specifico dei documenti, nei paragrafi che seguono ne viene riportata solo una breve sintesi evidenziando i risultati maggiormente pertinenti al presente lavoro; si rimanda pertanto ai documenti originali per maggiori dettagli e per le valutazioni critiche ai metodi di calcolo ed analisi adottati.

4. IL SISTEMA IDRAULICO DEL COMUNE DI BUSSERO

4.1 Il Torrente Molgora

Il corso d'acqua di maggiore importanza, all'interno del territorio comunale, è rappresentato dal Torrente Molgora. Il torrente Molgora lambisce il territorio di Bussero in corrispondenza del confine comunale orientale con i comuni di Pessano con Bornago e Gorgonzola.

N. Progr.	Denominazione	Altri comuni interessati	Foce o sbocco	Tratto classificato principale	N. iscr. AAPP
LC00 5	Torrente Molgora	Cernusco Lombardone, Merate, Olgiate Molgora, Osnago, Rovagnate	Canale Muzza	Da monte dell'attraversamento della strada provinciale 58, presso Monticello, al confine provinciale	16 9

Classificazione del torrente Molgora

4.2 Il bacino idrografico del torrente Molgora

Il torrente Molgora ha origine nei rilievi collinari della Brianza lecchese in corrispondenza della valle Pessina in Comune di Colle Brianza. All'altezza di Calco si chiude il bacino di prima formazione della Molgora, sul quale si sviluppa un reticolo idrografico moderatamente ramificato costituito da piccoli torrenti che scorrono incisi tra le colline di S. Maria Hoè, Olgiate Molgora e Rovagnate.

Le caratteristiche morfologiche ed idrauliche di tali corsi d'acqua sono tipicamente torrentizie. Dopo la confluenza con il ramo di Perego, all'altezza di Calco, la Molgora si sviluppa in direzione Sud lungo la zona pedecollinare attraversando i territori comunali di Merate, Cernusco Lombardone, Osnago e Ronco Briantino, fino a raggiungere il centro abitato di Usmate dove riceve l'importante contributo del Torrente Molgoretta.

Il bacino idrografico della Molgoretta e quello della Molgora a monte di Usmate hanno dimensioni paragonabili tra di loro con estensioni di 32 km² e 35 km² rispettivamente. Le loro conformazioni planimetriche si distinguono, tuttavia, dalla forma più allungata del bacino della Molgora rispetto a quella a ventaglio del bacino della Molgoretta.

Inoltre, gli affluenti della Molgoretta sono più importanti rispetto a quelli della Molgora e si sviluppano sull'intero bacino. Infatti, il T. Molgora a valle della confluenza con il ramo di Perego e fino alla confluenza con il T. Molgoretta percorre circa 10 km senza affluenti.

Dopo l'immissione della Molgoretta, il T. Molgora prosegue solcando la pianura tra il Lambro e l'Adda con un tracciato sinuoso che interessa i centri abitati di Vimercate, Burago di Molgora, Omate (fraz. di Agrate Brianza), Caponago, Pessano con Bornago, Gorgonzola e Melzo, fino a confluire nel canale Muzza.

Alla confluenza il bacino idrografico raggiunge la superficie di 168 km². Nel tratto situato a valle di Usmate con Velate il Molgora non riceve apporti di tipo naturale, le immissioni sono essenzialmente dovute a scarichi fognari ubicati lungo il corso d'acqua oltre alle acque eccedenti la necessità irrigua scaricate dai canali e dalle rogge.

Nella sua parte superiore, il bacino del Molgora, è coperto da vegetazione boschiva, mentre a partire dalla zona meridionale di Vimercate il suolo è generalmente utilizzato per scopi agricoli. La presenza di vaste zone irrigate, in particolare dei sistemi che fanno a capo al Naviglio Martesana e al Canale Villoresi, apporta al bacino della Molgora quantità non indifferenti di acqua provenienti dall'esterno del bacino stesso.

Le zone urbanizzate occupano attualmente una percentuale di rilievo sul totale delle aree scolanti ed un loro progressivo aumento verificatosi negli ultimi decenni ha portato alla diminuzione dei tempi di formazione delle piene ed a un aumento delle portate al colmo nel corso d'acqua.

Il profilo longitudinale del torrente presenta pendenze elevate (>20%) nelle aree prossime alla sorgente, per poi ridursi gradualmente fino a raggiungere il 4% da Caponago alla foce. Le sezioni trasversali dell'alveo sono generalmente di tipo trapezoidale con larghezze di fondo crescenti verso valle e altezze spondali variabili, in funzione sia delle profondità naturali dell'alveo rispetto ai piani dei terreni adiacenti il corso d'acqua, sia delle opere spondali presenti in più tratti lungo il percorso ed aventi uno sviluppo totale superiore ai 20 km.

Nel suo tratto meridionale l'alveo del corso d'acqua è poco inciso, con sezioni di larghezza variabile tra i 30,0 e 6,0 m (media circa 15,0 m) e altezza variabile tra i 4,8 e 1,5 m (media circa 3,0 m), generalmente prive di fascia golenale; nello specifico, il tratto d'asta che lambisce il territorio di Bussero, presenta larghezze di fondo alveo pari a 8-6 m e altezze spondali di 2,5-3 m, con pendenze medie pari a 0,5%.



Bacino del Molgora con evidenziate le aree urbane e i corsi d'acqua afferenti

5. STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORSI D'ACQUA NATURALI E ARTIFICIALI ALL'INTERNO DELL'AMBITO IDROGRAFICO DI PIANURA LAMBRO – OLONA (ADBPO, 2004)

Il Torrente Molgora tuttavia, come già anticipato al paragrafo precedente, pur appartenendo al reticolo principale, manca di fasce P.A.I.; per la caratterizzazione e la definizione delle criticità di tale corso d'acqua, si è fatto pertanto riferimento allo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona", disposto dall'Autorità di Bacino del fiume Po nel 2004 (in particolare Elaborati 5.2.1-5.2.2-5.3.1-5.4.1./MO), e al recente Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po, 2020), descritti entrambi nei capitoli seguenti.



Stralcio della Tavola 5.2.2_4_1C-MO-04 dello Studio di fattibilità (AIPo, 2004): aree allagabili in Comune di Bussero e territori limitrofi.

Linea rosa tratteggiata: confine comunale;
 linee rosse aree allagabili con $Tr=10$ anni
 linee verdi aree allagabili con $Tr=100$ anni
 rigato giallo: aree allagabili con $Tr=500$ nni

5.1 Determinazione delle aree di allagamento

La suddivisione in tratti omogenei del torrente Molgora è stata effettuata prendendo in esame:

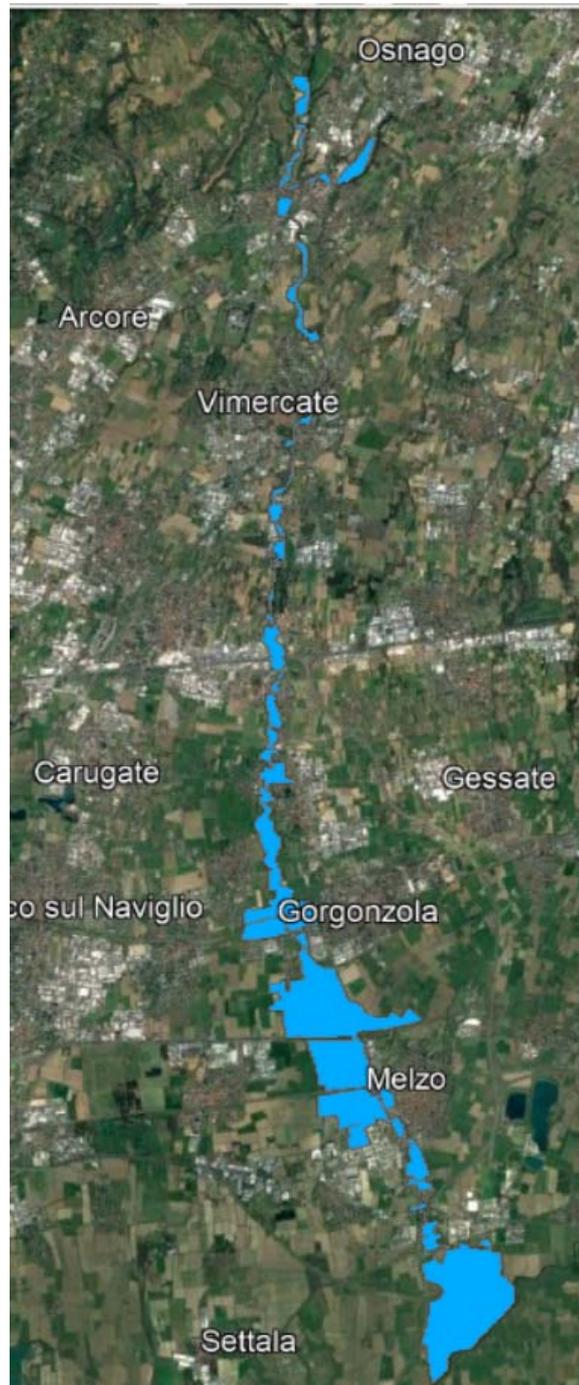
- 1) le caratteristiche idrologiche del bacino afferente
- 2) le caratteristiche morfologiche dell'alveo
- 3) le caratteristiche idrauliche dell'alveo.

Le caratteristiche idrauliche dell'alveo, infine, che sono state prese in esame per la suddivisione in tratti omogenei, sono quelle relative alla distribuzione, lungo l'asta fluviale, delle aree allagabili (assenti, sporadiche, localizzate, continue) per la piena di riferimento (TR = 100 anni).

In generale riferendosi a tutta l'asta fluviale del torrente Molgora, per eventi di tempo di ritorno 100 anni, si evidenzia che:

- 1) sul tratto di monte tra i Comuni di Carnate e (MO108) fino a Usmate con Velate (MO97), a valle della confluenza tra Molgora e Molgoretta, si riscontrano allagamenti localizzati, dovuti essenzialmente alla presenza di numerosi manufatti che ostacolano il deflusso riducendo ulteriormente la sezione utile (ponti). In questo tratto l'alveo è praticamente canalizzato attraversando una zona molto urbanizzata, che in alcuni punti presenta allagamenti non trascurabili. Fa eccezione il tratto a monte della ferrovia attorno alla sezione MO108 e quello a monte della MO98 dove i sono allagamenti piuttosto estesi che però, a parte un importante insediamento commerciale, interessano per lo più ambiti agricoli;
- 2) nella parte centrale del torrente, l'alveo da Carnate a Omate, l'officiosità idraulica aumenta sensibilmente. Si riscontrano in ogni caso alcuni allagamenti localizzati in prossimità dei comuni di Vimercate e Burago di Molgora, che interessano anche aree urbanizzate, aree agricole e aree di espansione naturale del torrente;
- 3) la situazione di maggiore criticità si riscontra negli attraversamenti urbani del tratto di valle, Agrate Brianza, Caponago, Pessano con Bornago, Gorgonzola e Melzo. In queste zone non si può definire quale sia il manufatto (ponte) determinante le maggiori limitazioni e definire se, una volta che questo venisse adeguato, si possano determinare significative riduzioni dei livelli di piena del Molgora, in quanto tutto il sistema torrente, confinato dalla pressione antropica sulle sponde, risulta in stato deficitario. Le aree agricole comprese tra questi centri urbani ed attraversate dal torrente sono caratterizzate da allagamenti diffusi;
- 4) la situazione si presenta critica anche alla confluenza con il canale Muzza a causa di allagamenti diffusi che interessano la località Cavaione verso Nord e Lavagna verso Sud.

Questo terzo tratto del torrente Molgora è alimentato da un bacino prevalentemente urbanizzato, con scarsa presenza di aree afferenti naturali; i deflussi di piena in questo tratto sono quindi essenzialmente provenienti da bacini urbani. Per l'evento di piena di riferimento (TR = 100 anni), gli scarichi urbani dei comuni afferenti contribuiscono per complessivi 28,5 m³/s (Agrate Brianza 9 m³/s, Pessano con Bornago 5m³/s, Bussero 3 m³/s, Gorgonzola 4 m³/s, Melzo 6,5 m³/s e Trucuzzano 1 m³/s).



Allagamenti del Torrente Molgora per eventi con $Tr = 100$ anni

5.2 Criticità storica del sistema fluviale

Nel Comune di Bussero il torrente Molgora produce allagamenti piuttosto significativi e le criticità idrauliche presenti sono connesse all'assetto idraulico semi-urbano.

Il tratto meridionale del torrente Molgora in particolare caratterizzato dalla presenza di numerose ed estese aree di allagamento che si sviluppano sia in zone adibite all'agricoltura che in aree urbane. Le esondazioni, naturali e urbane, sono dovute principalmente al rigurgito causato dai numerosi manufatti che attraversano il corso del torrente sino alla confluenza nel canale Muzza ed alla ridotta capacità di deflusso dell'alveo principale che, come accennato precedentemente, diminuisce procedendo verso valle. Nel seguito sono descritte le problematiche locali.

Area di allagamento a Pessano con Bornago tra sezione MO-50 e MO-44

A valle del ponte di via Carlo Porta (MO-46) gli allagamenti diventano più consistenti e interessano pesantemente un'area agricola a causa dell'inadeguatezza del ponte della SP120 (MO-44) che viene addirittura sormontato dalle piene, soprattutto sulla sponda destra dove la strada assume un profilo a corda molle. Il tracciamento delle aree allagate differisce in quanto viene utilizzato il lidar che ha un maggior dettaglio delle quote altimetriche.

Area di allagamento tra Pessano con Bornago e Gorgonzola: da sezione MO-44 a 31.1.

Nelle zone comprese tra Pessano con Bornago e Gorgonzola è presente una significativa situazione di allagamento che interessa anche parte del centro urbano di Gorgonzola, precisamente la zona nei pressi della Martesana. Le cause che possono determinare un allagamento così vasto sono molteplici; tra queste la causa principale è rappresentata dalla limitata conducibilità idraulica dell'alveo, che in generale per lunghi tratti sino al Naviglio Martesana è appena compatibile con le portate TR 10 anni.

Gli allagamenti che si verificano a valle della SP120, si estendono per una larghezza di alcune centinaia di metri e per una lunghezza di circa 2 km protraendosi sino al Naviglio Martesana. L'area interessata è di circa 1'200'000 m². Rispetto al tracciamento effettuato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, si è ipotizzato un minor coinvolgimento della sponda sinistra idraulica, che, in base alle migliori informazioni altimetriche disponibili, ha rivelato una quota maggiore.



Allagamenti stato di fatto TR 100 anni stimati dall'AdBPo (Studio di fattibilità Lambro-Olona del 2004).

5.3 Eventi alluvionali storici

È stata fatta anche una analisi dei dati storici disponibili per gli eventi di piena del Torrente Molgora. L'insieme delle citate particolarità fa sì che gli eventi alluvionali del torrente Molgora nell'area valliva del suo corso sia stato interessato da esondazioni di carattere locale in corrispondenza delle anse più accentuate del suo alveo. Negli anni 1976, 1977, 2002 sono state registrate esondazioni locali nelle quali l'intensità dell'evento meteorico ha provocato disagi e rallentamenti alla rete viaria ed in alcuni casi danni agli edifici. Nel dettaglio, nel 1977 il Torrente è esondato a nord dell'abitato di Pessano sulla sinistra idrografica e a monte del ponte sulla SP 120 che ha ostacolato il flusso delle acque per via della sua luce insufficiente. Nel novembre 2002 è stato chiuso il ponte sulla SP 242. Tra i comuni di Bussero e Gorgonzola sono vulnerabili aree prevalentemente agricole e incolte al confine fra i due comuni. Qui il Molgora è esondato più volte nel corso degli anni. Le esondazioni più recenti si sono verificate nel novembre 2014 dopo molti giorni di pioggia, causando tra l'altro molte le zone di allagamento, tra cui si citano, a titolo di esempio, l'area di Via Milano e Via Kennedy, con i tombini divelti, Piazza Cavour, e la zona vicina al cimitero.

Consultando il viewer geografico della Regione Lombardia: l'ultima piena significativa che ha coinvolto il comune di Bussero è stata quella del novembre 1951 (aree in verde).



Esondazione 8 - 12 novembre 1951
Provincia di Milano

Id	0
COD_IDRO	
NOME	Ticino_Adda_e_Po
STUDIO_FONTI	Provincia di Milano - Area di intervento e assetto del territorio - settore idraulica - Carta idro - orografica dei territori compresi tra i fiumi Ticino, Adda e Po
ANNO	1951
MESE	Novembre
GIORNO	8-12
Note	Allagamenti prodotti dall'alluvione del 1951

*Aree allagate durante l'evento alluvionale del novembre 1951 (in verde)
(fonte: viewer Geoportale Lombardia, esondazioni storiche tra Ticino e Adda)*

5.4 Opere interferenti

I ponti, presenti in gran numero lungo il corso del torrente Molgora, costituiscono spesso un fattore limitante della capacità di deflusso dell'alveo nei confronti del transito della piena di riferimento. La compatibilità idraulica dei ponti in questione, valutata in funzione di quanto prescritto per i "ponti esistenti" dalla Direttiva Infrastrutture dell'Autorità di Bacino del Po, e valutata anche in funzione dell'altezza del rigurgito prodotto dal manufatto, nonché dall'assetto territoriale dell'area interessata dall'allagamento, così come precisato nel precedente paragrafo 1.2.3 dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona", è quella indicata nel prospetto che segue:

Ponti presenti nel comune di Bussero

Stato attuale per evento con T = 100 anni									
Sezione	Attraversamento	Livello idrico (m s.l.m.)	Franco idraulico (cm)	Altezza sormonto (cm)	Rigurgito (m)	Funzionamento idraulico	Valutazione compatibilità idraulica		
							Franco	Rigurgito e allagamento	
MO46	Ponte strada comunale di Pessano - Via C. Porta	147.2	42		0.8	pressione	non adeguato	non compatibile	
MO44	Ponte SP120 di Pessano con Bornago	145.9	288	134	3.3	tracimazione	non adeguato	non compatibile	
MO38	Ponte strada comunale di Gorgonzola - Via Buozzi	136.9	213	68	0.5	tracimazione	non adeguato	compatibile	

Compatibilità dei ponti presenti (Studio di fattibilità Lambro-Olona del 2004)

5.5 Analisi idraulica delle criticità su tutto il territorio comunale

Il confronto tra i valori di livelli idrici e l'altezza delle sponde misurata nelle sezioni del Comune di Bussero e limitrofi mostra sostanzialmente una insufficienza diffusa dell'alveo nella condizione attuale, principalmente per portate con tempi di ritorno dell'ordine dei 100 o 500 anni; anche per tempi di ritorno di 10 anni si osservano casi di insufficienza soprattutto in corrispondenza dei manufatti di attraversamento stradale. Si sottolinea che, laddove non si ha superamento, sebbene l'alveo risulti sufficiente, in alcuni casi il franco di sicurezza rilevato risulta di poche decine di centimetri. Con la piena cinquencetennale si ha superamento delle sponde in quasi tutte le sezioni appartenenti al tratto considerato, come visibile dalla tabella riportata di seguito.

Sezione	Descrizione	Quote terreno [m s.l.m.]			Livelli idrici [m s.l.m.]		
		Sponda destra	Fondo alveo	Sponda sinistra	Piena Tr 10 anni	Piena Tr 100 anni	Piena Tr 500 anni
MO46.1		145.98	143.7	146.85	146.4	147.4	148.1
MO46	Ponte strada comunale di Pessano - Via C. Porta	148.89	143.2	146.84	145.9	147.2	147.9
		148.89	143.2	146.84	145.4	146.4	146.8
MO45		143.79	141.4	145.76	143.9	146	146.2
MO44	Ponte SP120 di Pessano con Bornago	144.54	139.6	142.7	143.8	145.9	146.2
		144.54	139.6	142.7	141.9	142.6	143
MO43		141.75	138.4	143.9	140.7	141.5	141.8
MO42		139.45	137.5	139.22	139.5	140	140.1
MO41		139.47	136.8	139.21	138.7	139.3	139.4
MO40		137.79	135.3	137.45	137.1	137.7	138.2
MO39.1		138.02	134.6	136.81	136.5	137.3	138.2
MO39		137.88	134.1	136.09	135.9	137.1	138.1
MO38.1		135.4	133.0	136.13	135.0	137	138.1
MO38	Ponte strada comunale di Gorgonzola - Via Buoizzi	135.23	132.2	134.82	134.6	136.9	137.9
		135.23	132.2	134.82	134.5	136.4	137.5

Livelli idrici e quote del terreno per le sezioni caratteristiche nel tratto di alveo di interesse con riportati i superamenti o meno delle sponde destra e sinistra dell'alveo nelle sezioni di interesse, per il Tr. di 100 anni (fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)

Sezione	Superamento sponda sx			Superamento sponda dx		
	T 10	T 100	T 500	T 10	T 100	T 500
MO46.1	-0.45	0.55	1.25	0.42	1.42	2.12
MO46	-0.94	0.36	1.06	-2.99	-1.69	-0.99
	-1.44	-0.44	-0.04	-3.49	-2.49	-2.09
MO45	-1.86	0.24	0.44	0.11	2.21	2.41
MO44	1.1	3.2	3.5	-0.74	1.36	1.66
	-0.8	-0.1	0.3	-2.64	-1.94	-1.54
MO43	-3.2	-2.4	-2.1	-1.05	-0.25	0.05
MO42	0.28	0.78	0.88	0.05	0.55	0.65
MO41	-0.51	0.09	0.19	-0.77	-0.17	-0.07
MO40	-0.35	0.25	0.75	-0.69	-0.09	0.41
MO39.1	-0.31	0.49	1.39	-1.52	-0.72	0.18
MO39	-0.19	1.01	2.01	-1.98	-0.78	0.22
MO38.1	-1.13	0.87	1.97	-0.4	1.6	2.7
MO38	-0.22	2.08	3.08	-0.63	1.67	2.67
	-0.32	1.58	2.68	-0.73	1.17	2.27

Superamenti delle sponde destra e sinistra dell'alveo del Molgora nelle sezioni di interesse, per diversi tempi di ritorno (fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)

Il profilo di corrente si presenta, nel tratto di studio, caratterizzato dai rigurgiti dei manufatti di attraversamento. Viene di seguito proposto un estratto della tabella contenente l'analisi di compatibilità idraulica dei ponti nelle condizioni attuali per il territorio di interesse, dove è possibile osservare l'insufficienza dell'alveo in corrispondenza della portata di piena centennale e i valori di rigurgito che si instaurano a monte delle opere stesse.

Stato attuale per evento con T = 100 anni									
Sezione	Attraversamento	Livello idrico (m s.l.m.)	Franco idraulico (cm)	Altezza sormonto (cm)	Rigurgito (m)	Funzionamento idraulico	Valutazione compatibilità idraulica		
							Franco	Rigurgito e allagamento	
MO46	Ponte strada comunale di Pessano - Via C. Porta	147.2	42		0.8	pressione	non adeguato	non compatibile	
MO44	Ponte SP120 di Pessano con Bornago	145.9	288	134	3.3	tracimazione	non adeguato	non compatibile	
MO38	Ponte strada comunale di Gorgonzola - Via Buozzi	136.9	213	68	0.5	tracimazione	non adeguato	compatibile	

Analisi di compatibilità idraulica degli attraversamenti in corrispondenza delle sezioni MO46, MO44 e MO38 per un evento piena di riferimento con T 100 anni (fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)

6. IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) – REVISIONE 2020

Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po, brevemente PGRA-Po. Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato adottato con deliberazione n. 4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po. Il PGRA rappresenta lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal d.lgs.

n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato adottato con deliberazione n. 4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il PGRA del distretto padano, nello specifico, mira ad 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. I territori di maggior interesse, laddove si concentrano molte misure del Piano, sono le aree allagabili, classificate in base a quattro livelli crescenti di rischio in relazione agli elementi vulnerabili contenuti e individuate cartograficamente in mappe di pericolosità e di rischio.

Tali mappe rappresentano infatti, in modo unitario per l'intero distretto idrografico e ad una scala appropriata, le aree allagabili per ciascuno scenario di piena esaminato: piena frequente, piena poco frequente e piena rara e la consistenza dei beni esposti e della popolazione coinvolta al verificarsi di tali eventi.

6.1 Mappe di Pericolosità

Le mappe contengono anche indicazione delle infrastrutture strategiche, dei beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nelle aree allagabili nonché degli impianti che potrebbero provocare inquinamento accidentale. Le mappe assolvono ad una funzione di carattere ricognitivo dei fenomeni naturali esaminati e della conseguente esposizione ad essi di determinate parti del territorio e della popolazione ivi residente e forniscono la rappresentazione dell'estensione delle aree allagabili, delle quali devono tener conto tutti i soggetti interessati secondo le comuni regole di prudenza, cautela e prevenzione.

Data l'ampiezza del bacino del fiume Po con la conseguente notevole differenza di caratteristiche negli eventi alluvionali e di dati a disposizione, si è reso necessario suddividere l'intero bacino in diversi ambiti territoriali, in ognuno dei quali la metodologia per la mappatura della pericolosità è risultata differente.

Gli ambiti individuati sono i seguenti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL);

Il Torrente Molgora nell'ambito definito come Reticolo principale che è costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondivalle montani e collinari.

Le mappe della pericolosità riportano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari di probabilità di accadimento dell'evento alluvionale:

- alluvioni rare – Low probability L;
- alluvioni poco frequenti – Medium probability M;
- alluvioni frequenti – High probability H.

L'attività di mappatura della pericolosità di alluvione sul reticolo principale, a cui appartengono i torrenti presenti nell'area comunale, è stata effettuata tenendo conto di tutte le informazioni, le conoscenze ed i modelli idraulici disponibili nell'ambito dei seguenti studi:

- Studi propedeutici al P.A.I. (1996 AdBPo); 9 Fasce Fluviali (1994-2001);
- Studi di fattibilità (2004 AdBPo);
- Ulteriori approfondimenti effettuati da Regioni, Province, AIPO e altri Enti nell'ambito delle attività di adeguamento della pianificazione territoriale ed urbanistica alle disposizioni del PAI e per la progettazione delle opere idrauliche di difesa previste nei programmi di attuazione del PAI;
- In alcuni casi (Adda Sopralacuale, Arda, Stura di Lanzo, Secchia, ecc.) sono state condotte nuove analisi idrauliche per la delimitazione delle aree inondabili.

Per ogni scenario è associata una classe di pericolosità cui corrisponde un tempo di ritorno dell'evento variabile a seconda dell'ambito considerato. La pericolosità viene identificata in tali mappe con tre distinte tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

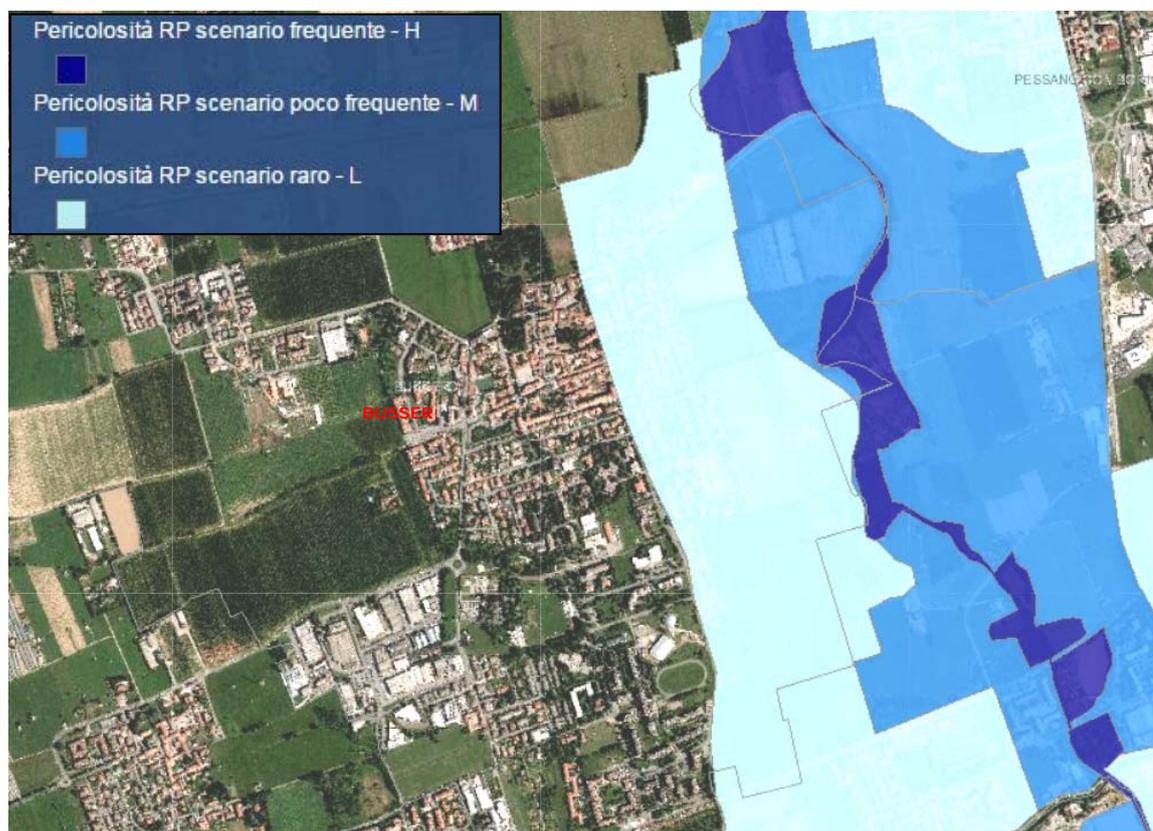
Nel caso del Torrente Molgora appartenente all'ambito del Reticolo Principale (RP), i tempi di ritorno di riferimento per ogni scenario alluvionale sono riportati nella seguente tabella:

Scenario	Pericolosità	Tempo di ritorno
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	P3 (elevata)	10 - 20 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	P2 (media)	100 - 200 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	P1 (bassa)	500 anni

Scenario di inondazione di riferimento per il torrente Molgora

Facendo riferimento alla Tavola 2a Carta della Pericolosità PGRA – PAI, si riporta in figura un estratto della mappa di pericolosità del territorio in esame (fonte: viewer Geoportale Regione Lombardia).

Mappatura della pericolosità per il territorio del Comune di Bussero ai sensi della Direttiva alluvioni 2007/60/CE - Agg. 2020



La cartografia delle aree a diversa pericolosità nella zona esaminata: L – scenario raro – azzurro chiaro, M – scenario poco frequente – azzurro scuro, H – scenario frequente - blu (da Geoportale Lombardia) – PGRA rev.2020

6.2 Mappe di Rischio

Le mappe del rischio segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti 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). Le classi derivano dal confronto tra la classe di pericolosità e la classe di danno associata all'elemento esposto. Si distinguono 4 classi di danno potenziale: D4 (molto elevato), D3 (elevato), D2 (medio) e D1 (moderato o nullo).

Le mappe del rischio sono il risultato finale dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità esaminati e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee. La presenza e distribuzione degli elementi esposti si basa principalmente sulle banche dati regionali relative alle carte di uso del suolo che, nell'ottica nazionale, sono risultate alquanto eterogenee.

Le 78 classi di uso del suolo presenti a scala locale sono state accorpate e raggruppate in 6 macrocategorie a livello nazionale (zone urbanizzate, strutture strategiche, infrastrutture strategiche, attività economiche, insediamenti produttivi o tecnologici potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale, beni ambientali, storici e culturali) e nelle 4 indicate dalla direttiva europea (popolazione, attività economica, ambiente, beni culturali). Per definire il rischio è necessario determinare la vulnerabilità dei vari elementi. In mancanza di specifiche curve del danno correlate alla tipologia, magnitudo e frequenza dell'evento considerato e al comportamento delle strutture e agli usi delle stesse, la vulnerabilità è stata assunta in modo semplificato assegnando, a favore di sicurezza, un valore costante uguale a tutti gli elementi esposti considerati.

Anche la stima del danno è stata condotta in modo qualitativo e sulla base di un giudizio esperto, attribuendo un peso crescente da 1 a 4 a seconda dell'importanza della classe d'uso del suolo.

Sono stati assegnati pesi maggiori alle classi residenziali che comportano una presenza antropica costante e pesi decrescenti alle diverse tipologie di attività produttive, privilegiando le attività maggiormente concentrate (attività industriali), rispetto alle attività estensive (attività agricole). Ai vari elementi censiti è stato quindi attribuita una classe di danno da 1 a 4 (D1 danno minimo - D4 danno massimo).

Il rischio è stato determinato combinando i parametri vulnerabilità, danno e pericolosità, condotta attraverso la creazione di matrici.

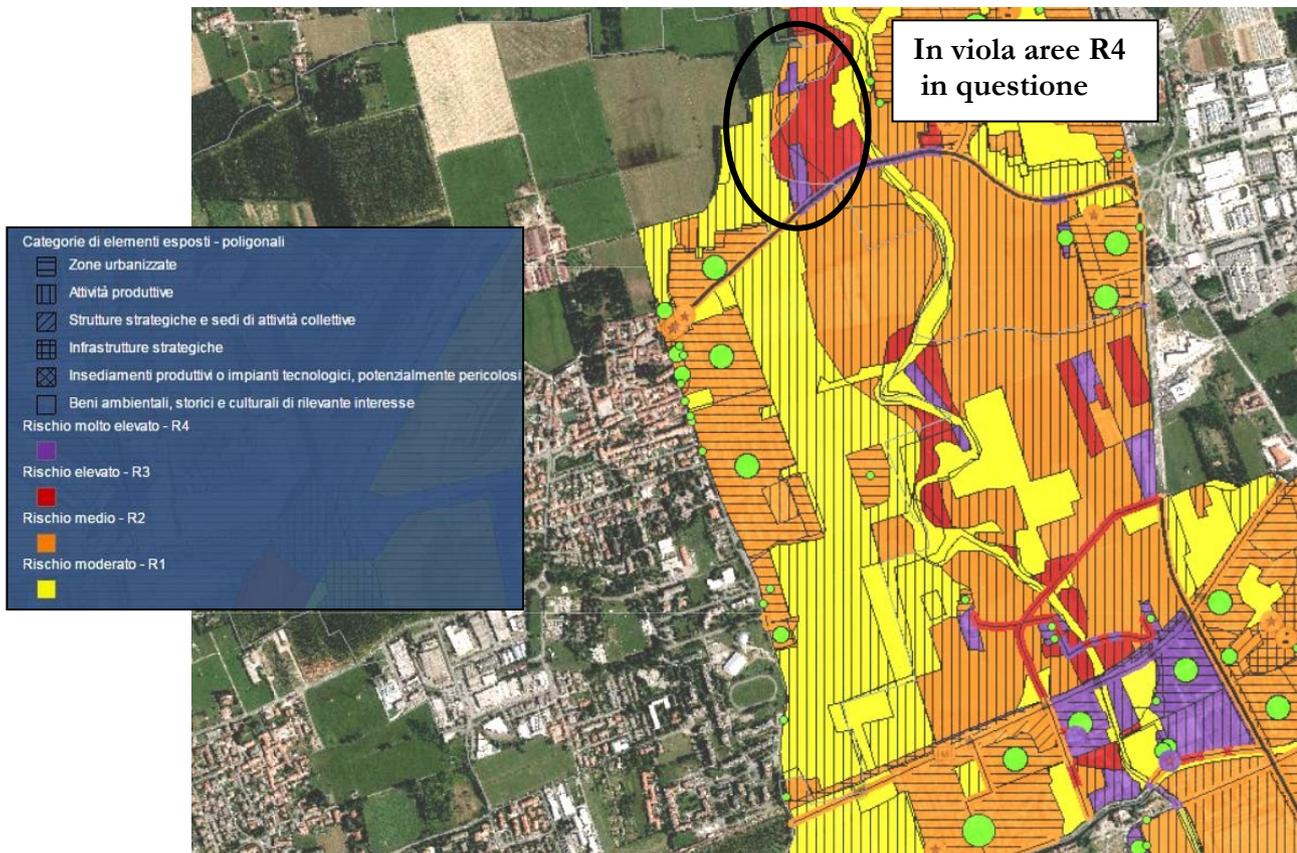
Nelle righe sono riportati i parametri danno-vulnerabilità e nelle colonne i livelli di pericolosità associabili agli eventi ad elevata, media e bassa probabilità di accadimento individuati nelle carte di pericolosità. L'implementazione di tale matrice ha consentito l'attribuzione di ogni elemento esposto ad una delle classi di rischio previste nei dispositivi nazionali. Per distinguere l'impatto assai diverso in termini di pericolo per la vita umana e danno per le attività antropiche, in relazione alla diversa intensità e modalità di evoluzione dei processi di inondazione negli ambiti territoriali considerati, si è utilizzato tre diverse matrici di rischio.

Si riporta di seguito la matrice utilizzata per l'ambito del reticolo principale (RP) in cui ricadono i torrenti e la distribuzione delle aree a rischio (fonte Geoportale Regione Lombardia).

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

Matrice danno-pericolosità-classi di rischio per l'ambito reticolo principale (RP)

Facendo riferimento alla Tavola 2a Carta del Rischio PGRA – PAI, si riporta un estratto della mappa di rischio per l'area di interesse.



La cartografia delle aree a rischio nella zona esaminata: R1 – giallo, R2 – arancione, R3 – rosso, R4 – viola (da Geoportale Lombardia) – PGRA rev. 2020

7. STUDIO IDROLOGICO

7.1 Premessa

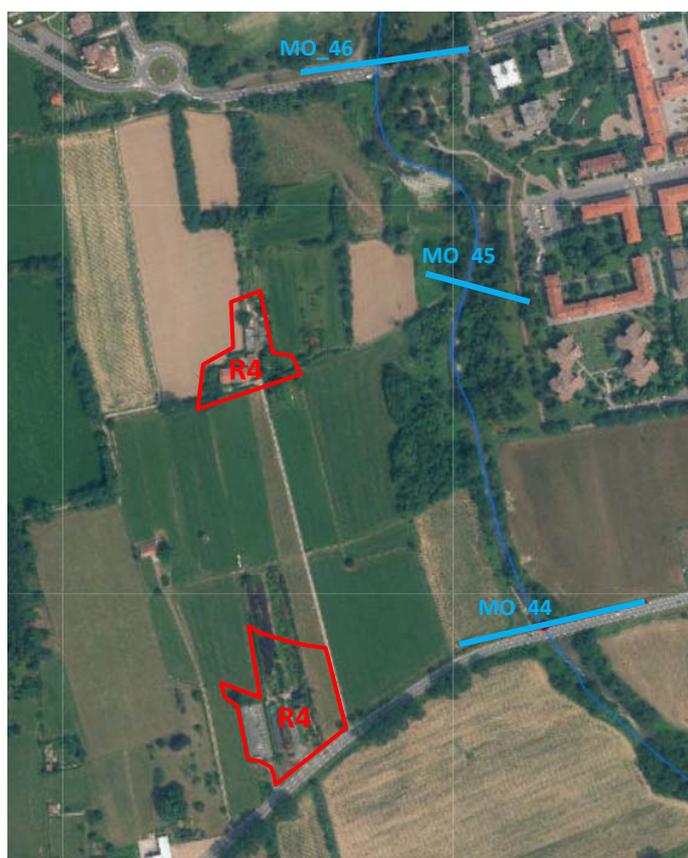
Lo studio idraulico riportato nella presente relazione ha come oggetto la verifica delle dinamiche di piena del Torrente Molgora entro le aree classificate come R4 – rischio molto elevato del territorio comunale di Bussero.

Per caratterizzare del punto di vista idrologico il corso d'acqua oggetto di studio, al fine di valutare le capacità di deflusso attuali e le eventuali volumetrie di esondazione per lo scenario oggetto di verifica (eventi di piena per Tr di 100 anni), è stato fatto riferimento agli idrogrammi di piena forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po per il Torrente Molgora.

Gli idrogrammi a disposizione sono relativi a diverse sezioni di chiusura disposte su tutto il corso d'acqua che attraversa il territorio comunale e pertanto è stato possibile ricavare i vari contributi distribuiti lungo il reticolo.

Nel comune di Bussero in particolare ricadono le sezioni dalla MO_46 alla MO_39; ai fini del presente studio verranno analizzate tuttavia solo le sezioni dalla MO_46 (ponte di via Carlo Porta) alla MO_44 (ponte SP 120) che delimitano un tratto del T. Molgora lungo circa 600 m.

In questo tratto si verificano allagamenti che vanno ad espandersi in aree urbanizzate (classe di danno D4) del territorio di Bussero e che si classificano come area a rischio molto elevato (R4 del PGRA).



*Sezioni idrauliche analizzate (in azzurro) che interessano le aree R4 – rischio molto elevato (in rosso)
(fonte: viewer Geoportale Lombardia, sezioni trasversali corsi d'acqua)*

Lo studio è redatto conformemente alle metodologie definite nell'Allegato 4 alla d.g.r. 30 novembre 2011, n. IX/2616 e nella direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2/99 del 11 maggio 1999 e n. 10/06 del 5 aprile 2006.

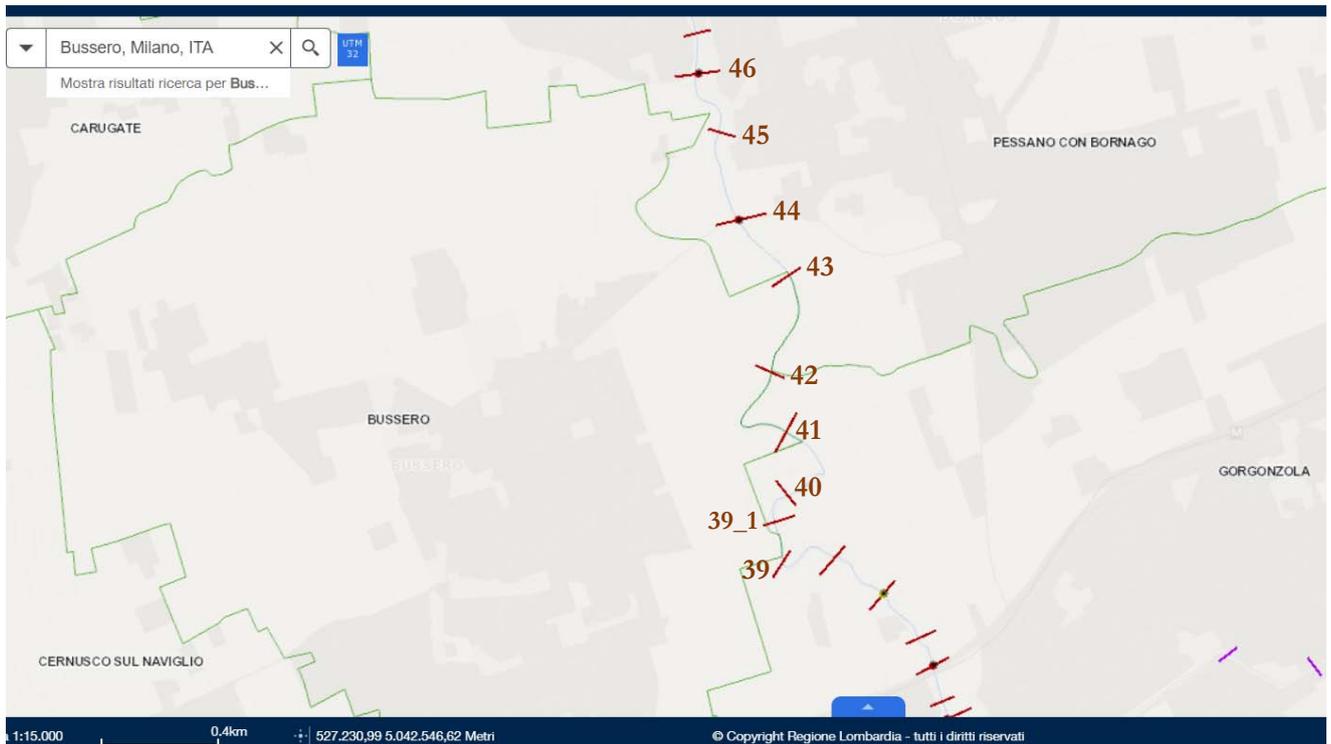
Dai risultati dello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali e artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona” del 2004, svolto mediante il servizio di supporto specialistico della Società C. LOTTI & ASSOCIATI, è stato possibile ricavare i profili idrici di piena al colmo, sia per lo stato attuale che per l’assetto di progetto. Infatti sono previsti progetti di nuove aree di laminazione, che porteranno a diminuire i livelli idrici di piena nelle sezioni considerate.

Lo studio è stato redatto considerando i livelli idrici di piena raggiunti **allo stato attuale**, in occasione a eventi alluvionali con tempo di ritorno di **100 anni**.

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei livelli idrici lungo la progressiva, con riferimento all’assetto attuale (T=10, 100 e 500 anni).

Sez.	Progr. (km)	T = 10 anni	T = 100 anni	T = 500 anni
		Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)
MO 47	31.234	146.60	147.40	148.10
MO 46.1	31.371	146.40	147.40	148.10
MO 46 (m)	31.517	145.90	147.20	147.90
MO 46 (v)	31.517	145.40	146.40	146.80
MO 45	31.747	143.90	146.00	146.20
MO 44bis	32.061	143.80	146.00	146.20
MO 44 (m)	32.068	143.80	145.90	146.20
MO 44 (v)	32.068	141.90	142.60	143.00
MO 43	32.316	140.70	141.50	141.80
MO 42	32.673	139.50	140.00	140.10
MO 41	33.039	138.70	139.30	139.40
MO 40	33.390	137.10	137.70	138.20
MO 39.1	33.512	136.50	137.30	138.20
MO 39	33.652	135.90	137.10	138.10

Profili idrici al colmo lungo il Torrente Molgora, in azzurro sono evidenziate le sezioni in corrispondenza dell’area in esame (Tab. 5.15: profili di piena per il torrente Molgora – AbdPo 2016)



*Sezioni idrauliche analizzate che interessano il comune di Bussero
(fonte: viewer Geoportale Lombardia, sezioni trasversali corsi d'acqua)*

7.2 Metodologia di lavoro

7.2.1 Analisi idraulica delle criticità per le aree R4 del PGRA

In questa fase di analisi è stato utilizzato il metodo topografico accoppiato al metodo volumetrico, in quanto si adatta ai casi in cui l'area soggetta a potenziali inondazioni sia, oltre che topograficamente depressa in modo sensibile, anche delimitata da elementi antropici o naturali che fungono da barriera e controllano le vie di fuga delle acque esondabili (nel nostro caso l'orlo di terrazzo morfologico in destra idraulica del Torrente Molgora).

L'impostazione di tale metodologia si basa sulla propagazione delle quote di esondazione calcolate in condizioni di moto permanente nel Torrente, fino alla loro intersezione con le isoipse delle aree circostanti, imponendo altresì che il volume di allagamento coincida con quello dell'idrogramma esondabile.

Tale procedura (in riferimento alla D.g.r n. IX/2616 del 30 novembre 2011 -allegato 4-) si basa sul confronto tra le quote idriche nel corso d'acqua in condizioni di moto permanente e le quote topografiche delle aree circostanti, imponendo che il volume di allagamento coincida con quello dell'idrogramma esondabile.

Metodo topografico

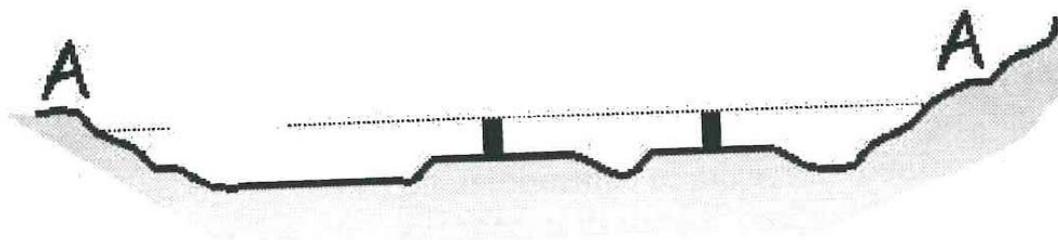
Il principio alla base del metodo ipotizza che nel corso della piena si realizza un livello del pelo libero orizzontale in tutto il transetto. Per tenere conto del flusso fuori dall'alveo in caso di esondazione, il profilo di moto permanente viene calcolato estendendo la sezione di flusso all'area circostante, immaginando l'assenza di argini. Le aree inondabili vengono definite individuando la zona più vicina del piano campagna che ha quota minore rispetto a quella della sezione in cui il fluido stramazza.

Nella definizione delle aree a diverso livello di criticità, pertanto, ci si è basati sul livello idrico di piena e parallelamente alla analisi morfologica del territorio in esame. La morfologia del territorio è infatti il fattore che condiziona inevitabilmente e maggiormente la propagazione del flusso idrico.

I limiti delle aree allagabili possono essere caratterizzati per tratti omogenei in funzione degli elementi naturali (orli di terrazzo, alvei abbandonati, solchi erosivi, ecc.) o artificiali (rilevati, strade, canali, ecc.) sui quali si attestano e della loro più o meno incerta capacità di contenere le acque di piena, in relazione alla loro adeguatezza in quota, sagoma e struttura.

In un contesto urbano come quello di Bussero va evidenziato che l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione del territorio contribuisce, in modo determinante, all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente idrometrico delle aree trasformate.

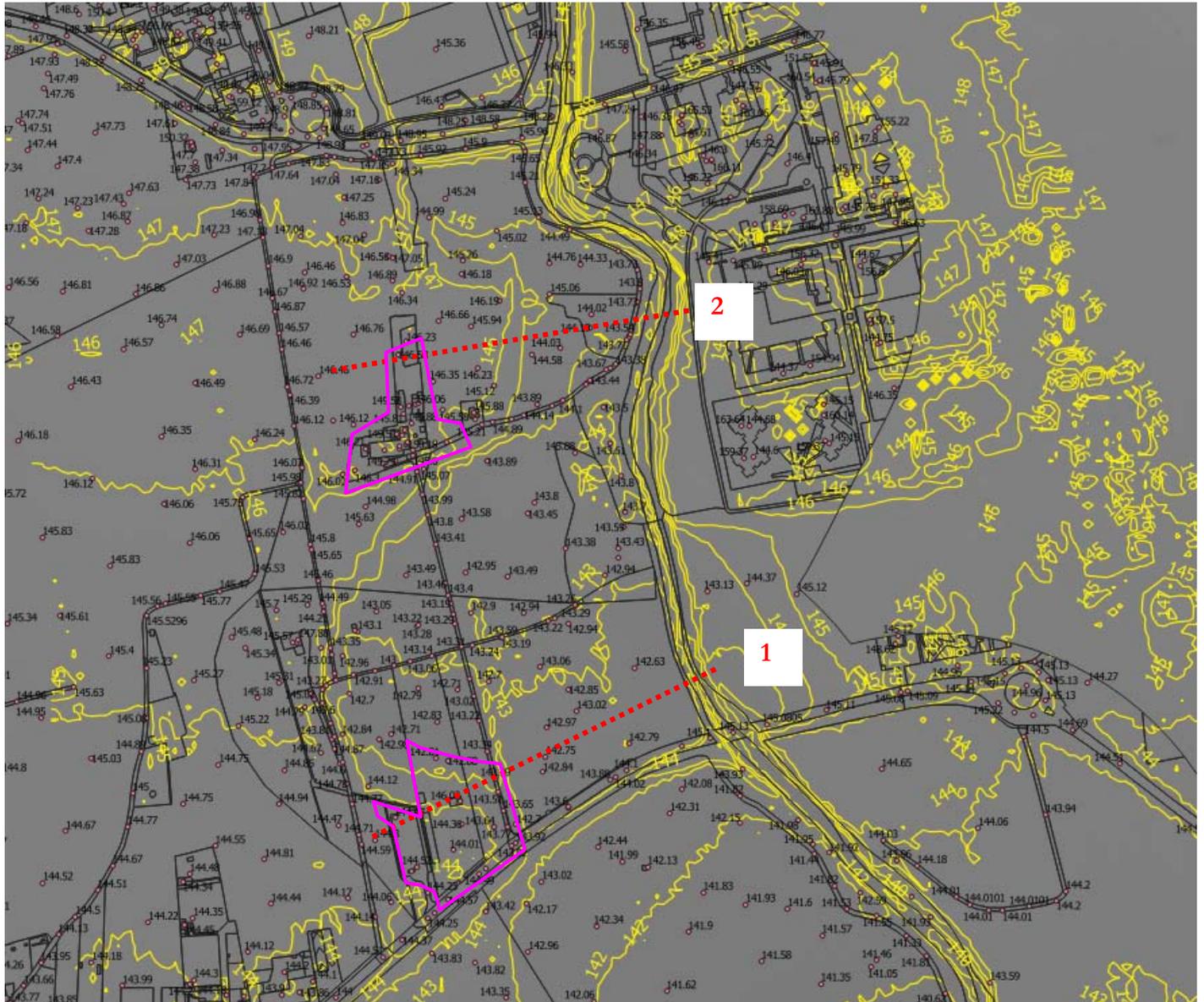
Si è quindi reso necessario caratterizzare con maggior dettaglio i territori coinvolti dalle alluvioni con l'individuazione delle infrastrutture lineari che possono condizionare l'espansione delle piene e di ogni altro elemento artificiale la cui impermeabilità o permeabilità può modificare i fenomeni di deflusso delle acque di piena e le superfici allagabili.



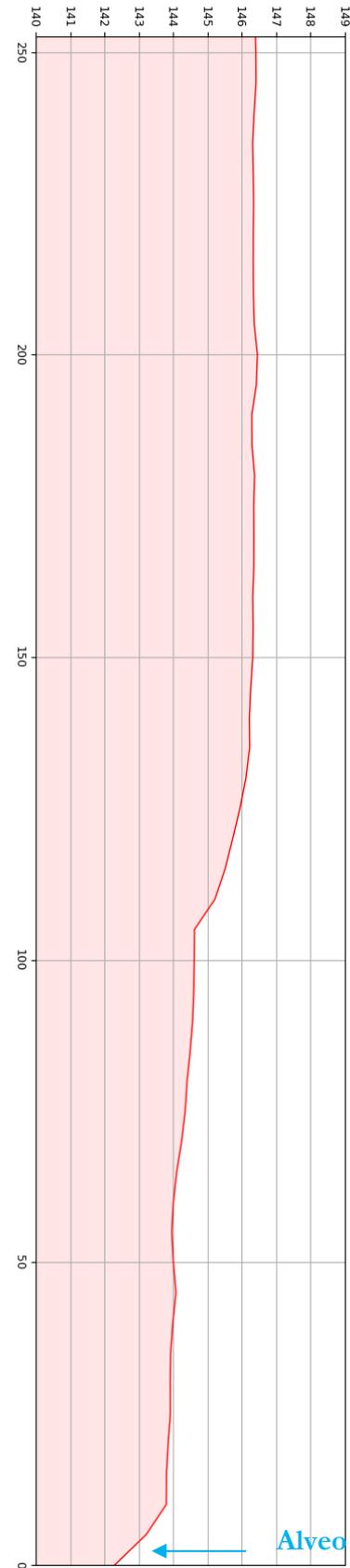
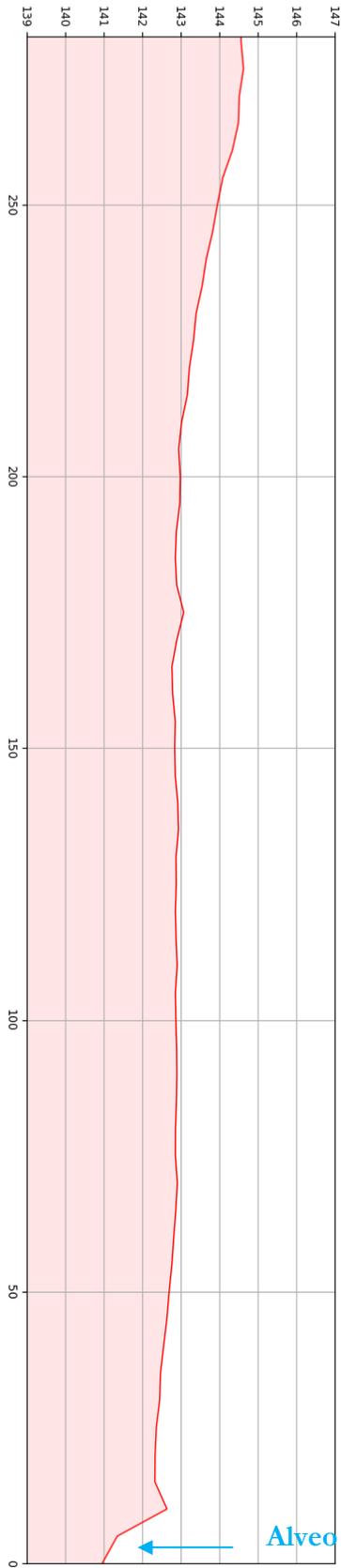
Metodo topografico: determinazione delle inondate

Nell'analisi morfologica del territorio la recente disponibilità di estesi DTM di elevata precisione e dettaglio, consente, rispetto al passato, un'accurata valutazione del terreno, delle sue forme naturali e degli elementi artificiali che influenzano le modalità di espansione delle piene e confinano i limiti dell'allagamento.

Le informazioni relative alla morfologia del terreno sono state ricavate sia dalle sezioni topografiche ricavate dal modello digitale del terreno (DTM).



Rilievo DTM (5x5) con le curve di livello estrapolate passo 1 m



Sezioni topografiche estrapolate dal DTM (5x5)

Tramite la metodologia di indagine precedentemente illustrata, le sezioni idrauliche utilizzate per la valutazione di dettaglio del rischio idraulico nelle aree classificate “R4 – rischio molto elevato” sono le seguenti (elencate da Nord verso Sud):

- sezione MO_47
- sezione MO_46.1
- sezione MO_46 (monte)
- sezione MO_46 (valle)
- sezione MO_45
- sezione MO_44.1
- sezione MO_44 (monte)



*Sezioni idrauliche analizzate (in azzurro) che interessano le aree R4 – rischio molto elevato (in rosso)
(fonte: viewer Geoportale Lombardia, sezioni trasversali corsi d’acqua)*

Dal profilo longitudinale di piena al colmo allo stato di fatto del Torrente Molgora (*Tavola 5.2.2_3_1N_MO_06 allegata allo Studio di fattibilità Lambro-Olona del 2004*) si nota quanto di seguito descritto:

a valle della sezione MO-48 entrambe le sponde si presentano insufficienti e mentre in sponda sinistra si verifica l’allagamento di alcune strutture abitative e di box interrati, in sponda destra si verifica l’allagamento del campo da calcio che presenta una quota bassa. Lo sfogo di questo invaso è costituito in parte anche dal sottopasso di via Carlo Porta che collega l’area del campo da calcio con i campi a Sud.

In corrispondenza della sezione di valle MO_46 (ponte di via Carlo Porta), considerando che il livello di piena per un tempo di ritorno pari a T100 raggiunge la quota di 146.4 m, l'argine destro posto ad una quota altimetrica di 148.89 m contiene l'onda di piena.

A seguire si hanno diffusi allagamenti determinati perlopiù dall'insufficienza delle sponde, che determina il propagarsi della corrente idrica nelle zone golenali.

A valle della sezione MO_46 infatti, il profilo altimetrico della sponda destra del T. Molgora si abbassa gradualmente ad una quota di 143.79 m nella sezione MO_45. Il tirante di piena centennale si attesta ad una quota di 146.0 m e le acque che non vengono contenute in alveo esondano nelle aree agricole circostanti (terreni permeabili che contribuiscono a laminare le acque di piena) con deflusso prevalente verso est e sud-est. Gli allagamenti diventano più consistenti e interessano tutta l'area agricola alla destra idraulica del T. Molgora a causa dell'inadeguatezza del ponte della SP120 (sezione MO-44) che determina consistenti rigurgiti e viene addirittura sormontato dalle piene (tirante pari a 145.9 m e sponda destra del ponte pari a 144.54 m).

I territori allagati e che presentano i tiranti idrici maggiori riguardano le aree morfologicamente più depresse e si espandono fino al terrazzo morfologico che funge da "argine" per gli allagamenti.

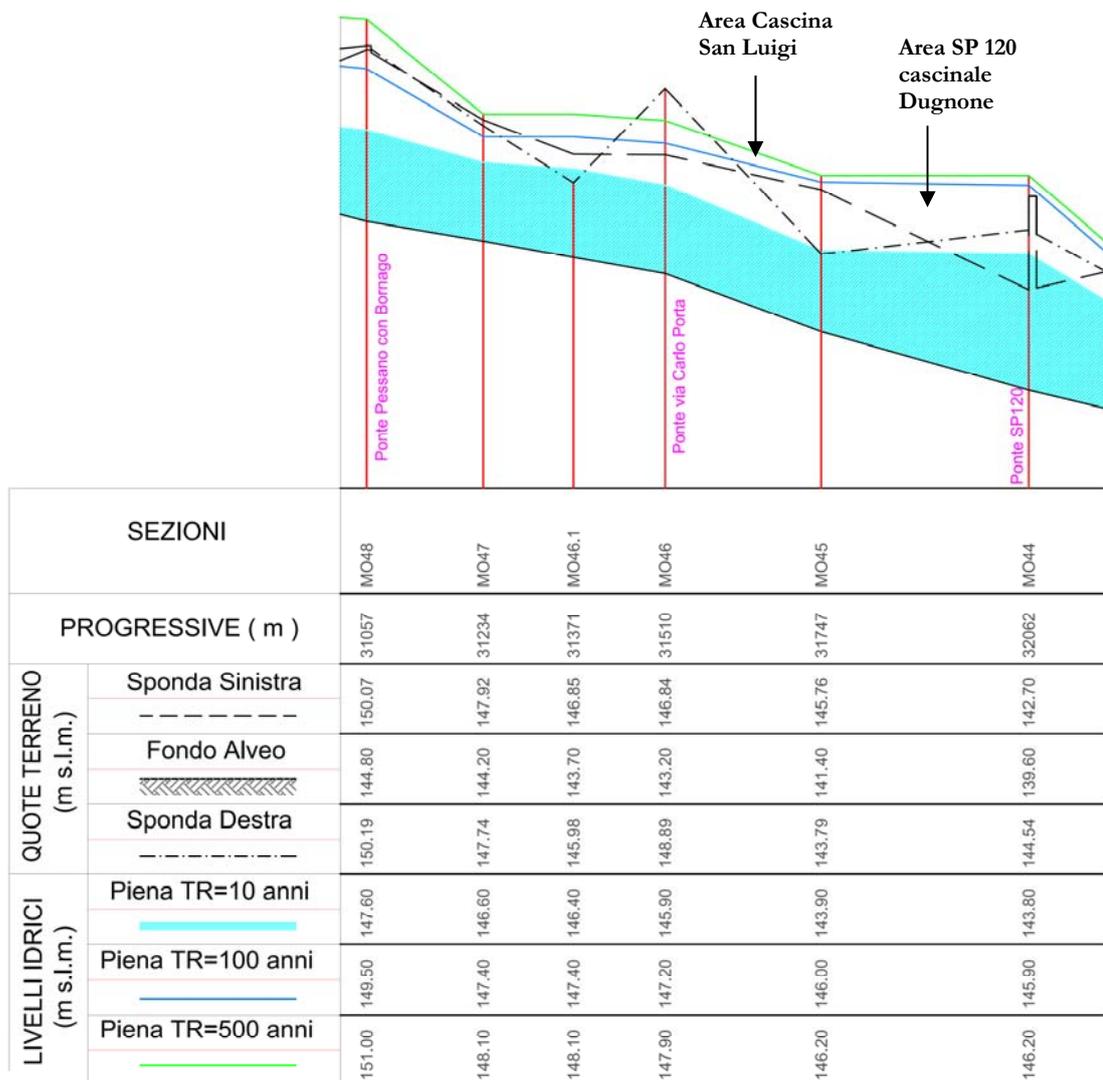


Tavola 5.2.2_3_1N_MO_06 allegata allo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona (AdBPo, 2004)"

Riassumendo, come riportato in precedenza, gli allagamenti per livelli di piena con Tr pari a 100 anni sono causati dall'insufficiente capacità di convogliamento del sistema torrente e in particolare dalla non compatibilità del ponte di via Carlo Porta e del ponte della SP120 per la piena centennale che porta a rigurgito delle acque e allagamenti nei terreni a monte.



Ponte sulla SP 120



Ponte su via Carlo Porta

Con questa metodologia di lavoro, per ogni sezione di interesse, confrontando il livello idrico del tirante di piena con tempo di ritorno di 100 anni, con la morfologia del terreno dedotta dalle cartografie dello Studio di fattibilità di AbdPo del 2004, sono state ricavati i superamenti del tirante di piena rispetto alla sponda destra del Torrente Molgora.

Sezione	Superamento sponda dx		
	T 10	T 100	T 500
MO46.1	0.42	1.42	2.12
MO46	-2.99	-1.69	-0.99
	-3.49	-2.49	-2.09
MO45	0.11	2.21	2.41
MO44	-0.74	1.36	1.66
	-2.64	-1.94	-1.54

Superamenti delle sponde destra e sinistra dell'alveo del Molgora nelle sezioni di interesse, per diversi tempi di ritorno (fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)

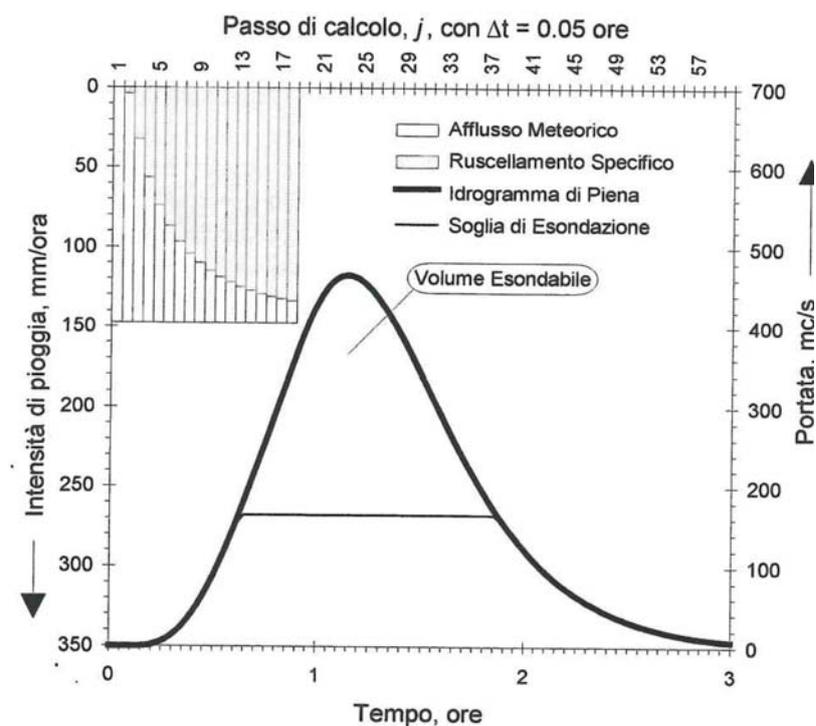
SEZIONE	PROGRESSIVA	CARATTERISTICHE SEZIONE	T=10	T=100	T=500	T=100Pr	QUOTE				
			LIVELLO				QUOTA FONDO	SPONDA SX	SPONDA DX	FRANCO	TIRANTE
MO47	31234.0	naturale	146.6	147.4	148.1	146.9	144.2	147.92	147.74	0.34	
MO46.1	31371.0	naturale	146.4	147.4	148.1	146.8	143.7	146.85	145.98		1.42
MO46 (m)	31510.0	manufatto	145.9	147.2	147.9	146.4	143.2	146.84	148.89	1.69	
MO46 (v)	31523.0		145.4	146.4	146.8	145.7	143.2	146.84	148.89	2.49	
MO45	31747.0	naturale	143.9	146	146.2	144.6	141.4	145.76	143.79		2.21
P44.1	32061.0	naturale	143.8	146	146.2	144.5	139.6	144.06	144.54		1.46
MO44 (m)	32062.0	manufatto	143.8	145.9	146.2	144.5	139.6	142.7	144.54		1.36
MO44 (v)	32073.9		141.9	142.6	143	142	139.6	142.7	144.54	1.94	

Risultati modello idraulico AbdPo – superamenti spondali (fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)

Metodo volumetrico

Questo metodo trae spunto dalla possibilità di utilizzare da una base di dati differente rispetto ai precedenti. Quali dati di ingresso esso non richiede soltanto la conoscenza dell'andamento del profilo di rigurgito della corrente, ma anche quella dell'idrogramma di piena, cioè della curva che descrive l'andamento temporale della portata idrica. L'integrale dell'idrogramma fornisce il volume idrico che defluisce in una data sezione nel tempo. Per eseguire il calcolo delle aree inondabili bisogna inoltre conoscere, per ogni sezione, il valore della capacità di smaltimento, ossia il valore massimo della portata che transita senza dare luogo a esondazioni, che assume il significato di portata critica in quel sito.

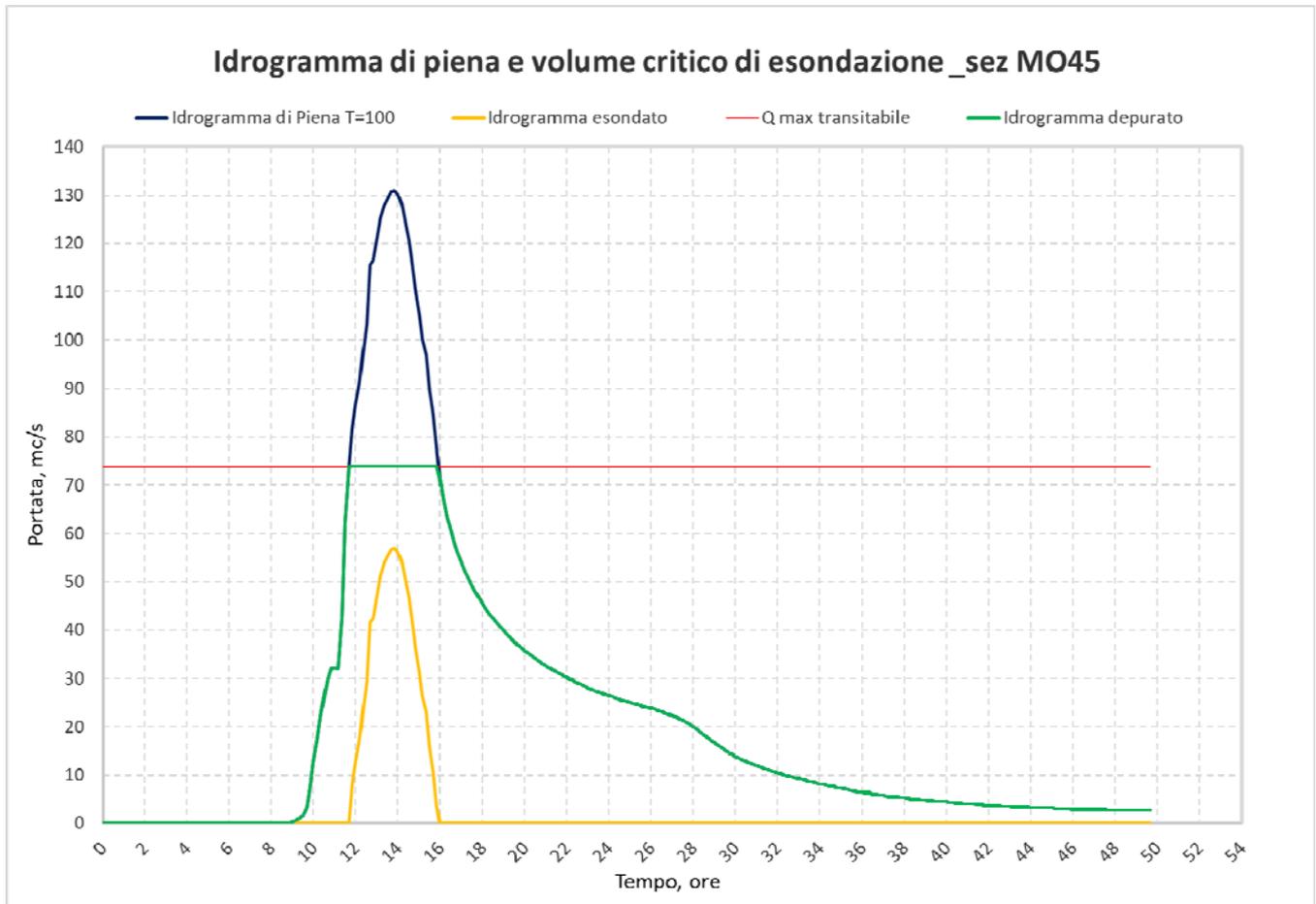
A partire da questo valore si decapita l'idrogramma relativo al periodo di ritorno considerato, tracciando una retta parallela all'asse temporale che intercetta, sull'asse delle ordinate, un valore pari al valore della portata critica. L'area compresa tra il segmento intercettato e l'idrogramma rappresenta il volume critico che non trova capienza all'interno dell'alveo e stramazza lateralmente andando così a inondare le superfici circostanti (vedi figura seguente).



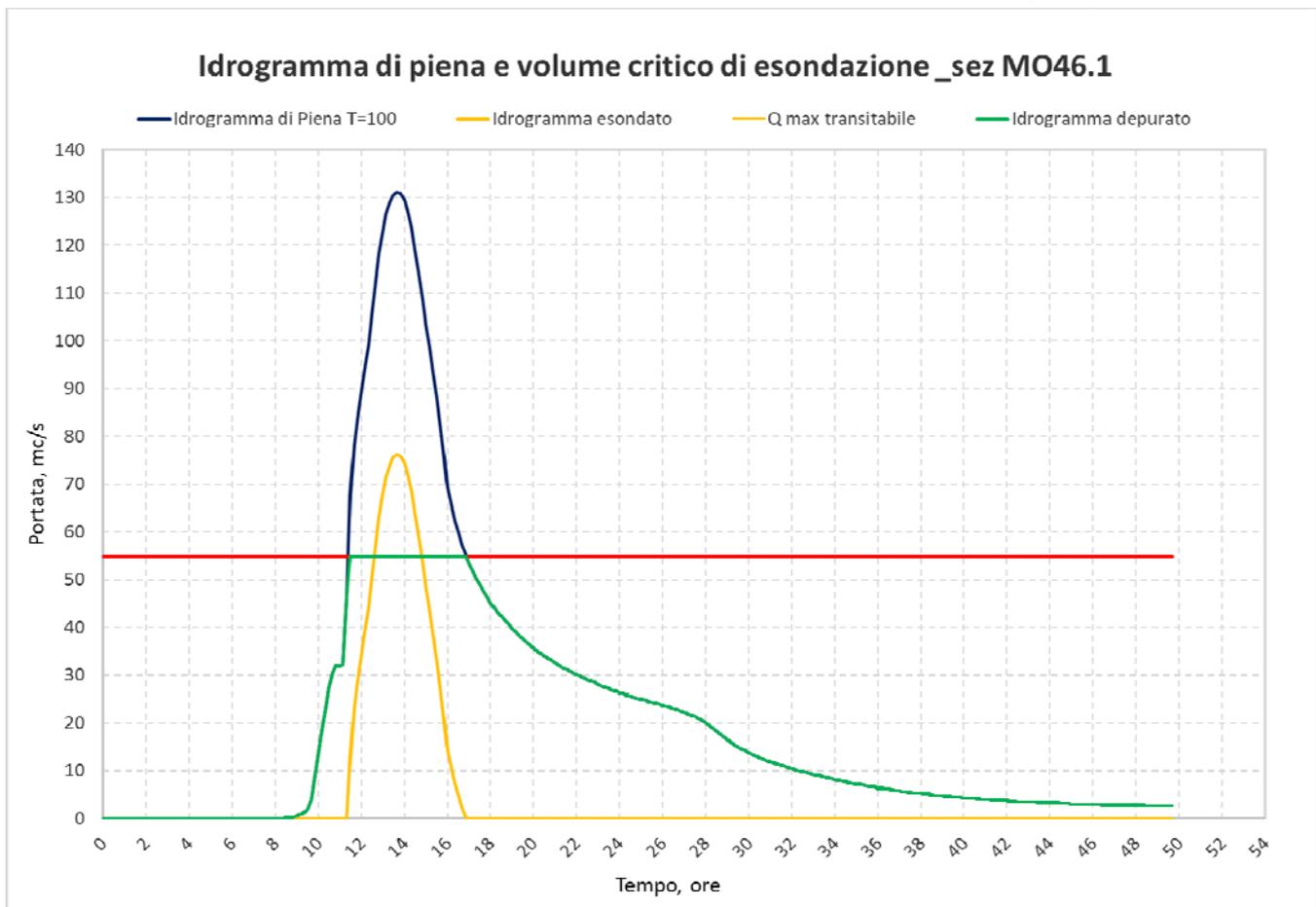
Idrogramma di piena e volume idrico di esondazione

Una volta determinato il volume d'acqua esondabile, esso viene distribuito nelle zone riparie limitrofe. Il procedimento reiterato per ogni sezione permette di conoscere per tutta la zona di interesse il volume fuoriuscito dall'alveo che trova recapito nelle depressioni topografiche delle zone perifluviali. A partire da questo valore si decapita l'idrogramma relativo al periodo di ritorno considerato, tracciando una retta parallela all'asse temporale che intercetta, sull'asse delle ordinate, un valore pari al valore della portata critica. L'area compresa tra il segmento intercettato e l'idrogramma rappresenta il volume critico che non trova capienza all'interno dell'alveo e stramazza lateralmente andando così a inondare le superfici circostanti.

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena per le sezioni MO_45 e MO_46.1 utilizzati ed elaborati secondo la procedura descritta in precedenza:



*Idrogramma di piena e volume critico in corrispondenza della sezione MO_45
(fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)*



*Idrogramma di piena e volume critico in corrispondenza della sezione MO_46.1
(fonte: Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po del 2004)*

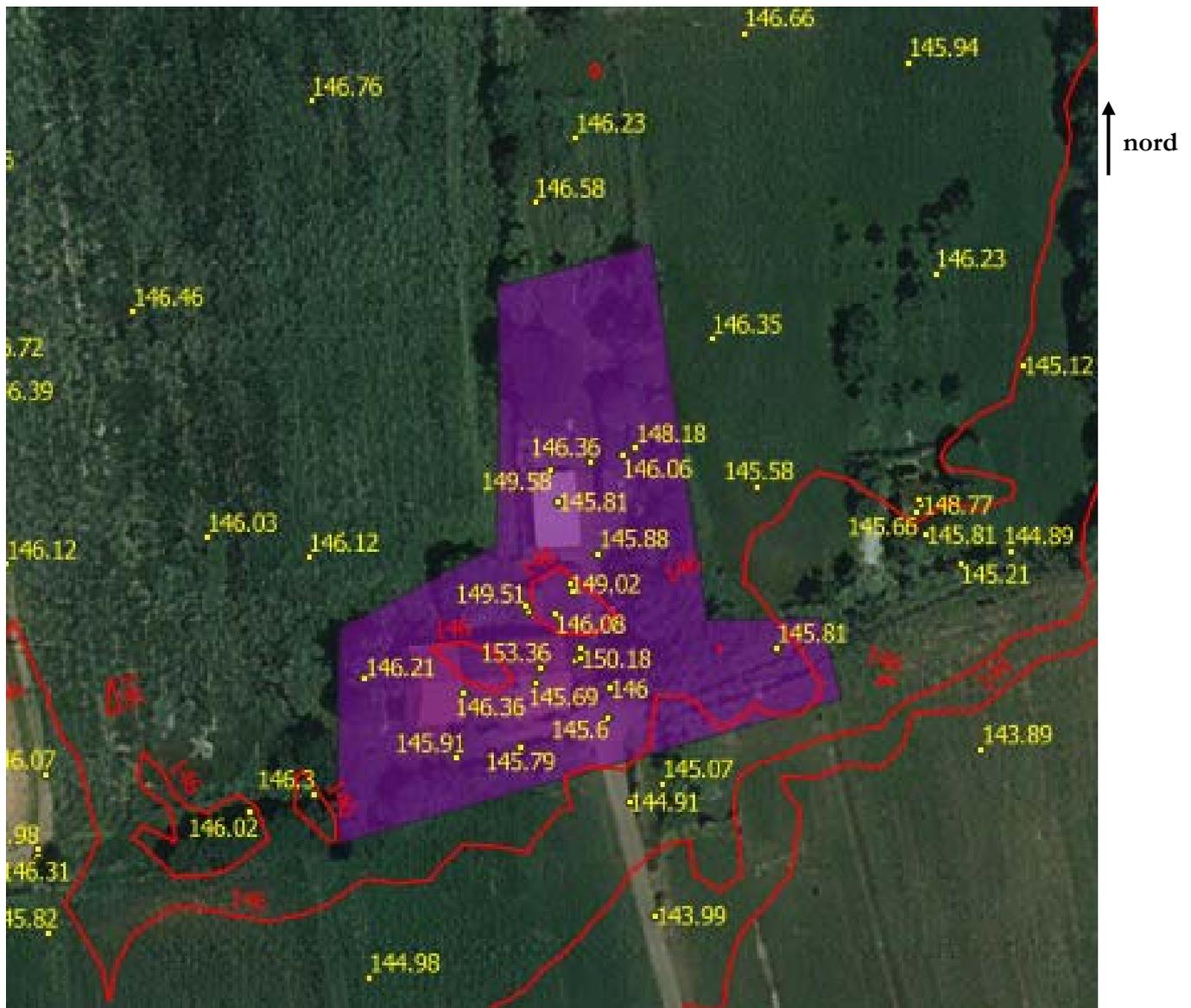
Una volta determinato il volume d'acqua esondabile è stato distribuito nelle zone riparie limitrofe propagando le quote di esondazione fino alla loro intersezione con le isoipse delle aree circostanti, imponendo come condizione che il volume di allagamento coincida con quello dell'idrogramma esondato.

- AREA CASCINALE SAN LUIGI

Tale area risultava classificata come esondabile per TR 100 anni da parte dell'AdBpo.

Le quote topografiche del terreno risultano comprese tra 146.0÷146.4 m (slm) e crescenti da nord verso sud.

Dalle valutazioni idrauliche eseguite, la quota di esondazione estesa all'area in esame risulta pari a 146.7 m (slm) e rapportata alla morfologia del terreno ne deriva che i tiranti di piena massimi sono compresi tra 30-50 cm in tutta l'area in esame.



Area R4 "Cascina San Luigi" – base topografica dell'area

8. VALUTAZIONE DEL RISCHIO E CONCLUSIONI

8.1 Nuova zonizzazione della pericolosità e del rischio

Il lavoro eseguito ha portato alla redazione di due elaborati finali inseriti nella componente geologica del PGT:

- **Tavola 2a:** “Carta della pericolosità e del rischio idraulico del Torrente Molgora ai sensi del PGRA (revisione 2020) e valutazione di dettaglio della pericolosità e rischio idraulico nelle aree R4 (a rischio molto elevato) ai sensi della DGR n.IX 2616/2011” alla scala 1:5.000
- **Tavola 10:** “Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano” alla scala 1:10.000

In base alle metodologie riportate nell’Allegato 4 alla d.g.r. IX/2616/2011 il seguente lavoro ha portato a una differente zonizzazione del rischio idraulico all’ interno delle aree P2/M (aree soggette ad esondazione del torrente Molgora per un tempo di ritorno pari a 100 anni), suddividendo l’area allagabile in differenti classi di rischio idraulico, a seconda del diverso tirante idrico che può essere raggiunto al suo interno.

All’interno dell’area inondabile P2 sono state allora delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento. Nel nostro caso non avendo elaborato un modello numerico, la velocità di scorrimento dei flussi di esondazione non è stato possibile definirla.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente.

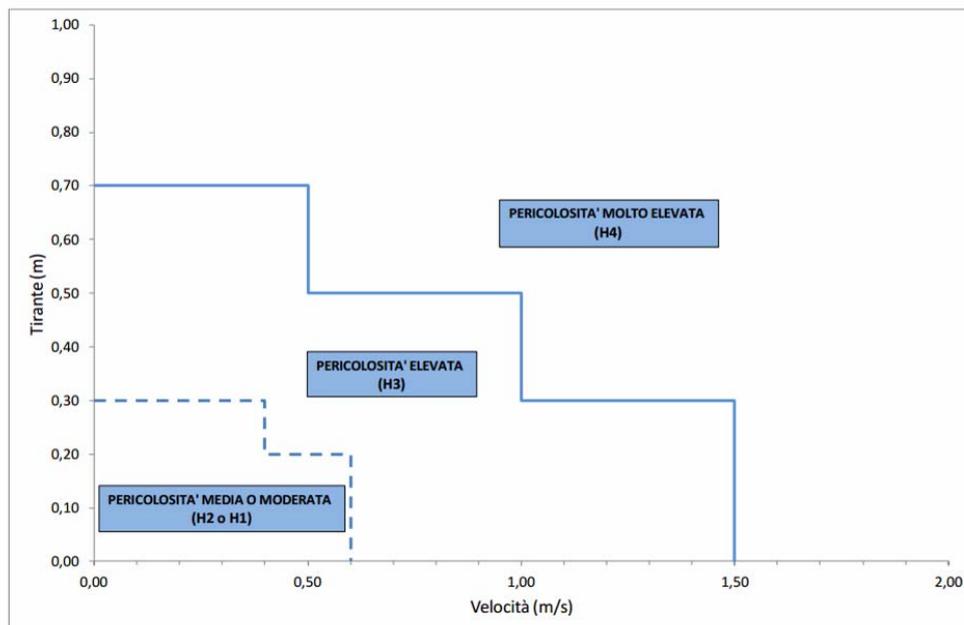


Grafico tirante - velocità per la determinazione della pericolosità idraulica

In particolare modo la suddivisione in classi della pericolosità idraulica si è basata sulla stima del tirante idrico, avente come discriminante il valore di 30 cm e considerando sempre come danno potenziale la classe E4 (zona urbana).

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Classe di Danno (E)

La zonazione del rischio invece si è basata sulla seguente matrice di calcolo:

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Matrice Danno (E) x Pericolosità idraulica (H)

Considerando quindi che la pericolosità idraulica classificata come P2, con una zonazione di rischio R4, la nuova suddivisione del rischio prevede quanto segue:

AREA S.P.120 – ZONA CASCINALE DUGNONE

Classe di danno: E3 (classe D3 del PGRA)

Classe di pericolosità: P2-H2 e P2-H3

Classe di rischio: R2 e R3

La zona allagabile P2/M da PGRA è stata suddivisa in due classi di pericolosità **P2 (H2)** e **P2 (H3)**, la prima prevede in occasione di un evento alluvionale (Tr=100 anni) un tirante idrico inferiore ai 30 cm e la seconda al contrario un tirante idrico compreso tra 30 e 50 cm.



Pericolosità idraulica a sinistra e Rischio idraulica a destra

Il Rischio è stato rivalutato pari a R2 e R3 a cui viene attribuita una classe di fattibilità geologica 3 (Tav.10).

AREA CASCINALE SAN LUIGI

Classe di danno: E4 (classe D4 del PGRA)

Classe di pericolosità: P2-H3

Classe di rischio: R4

La zona allagabile P2/M da PGRA è stata suddivisa in un'unica classe di pericolosità **P2 (H4)**, e prevede in occasione di un evento alluvionale (Tr=100 anni) un tirante idrico compreso tra 30 e 50 cm.

Il Rischio è stato rivalutato pari a R4 a cui viene attribuita una classe di fattibilità geologica 4 (Tav.10).



Pericolosità idraulica a sinistra e Rischio idraulica a destra

La pericolosità idraulica, quindi, rimane la medesima: queste zone del territorio comunale rimangono sempre soggette ad alluvioni per un Tr pari a 100 anni, ma è stata proposta una zonazione del rischio in base al tirante idrico che si può sviluppare.

La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio viene illustrata all'interno della **Tavola 2a** allegata alla componente geologica del PGT.

9. CONCLUSIONI

Sull'intera asta fluviale considerata si dispone attualmente di un dettagliato e completo patrimonio conoscitivo in relazione agli aspetti topografici, idrologici ed idraulici del corso d'acqua. Tali informazioni sono state impiegate nell'ambito di questo lavoro, in quale è stato condotto in base a valutazioni di tipo morfologico, tra la topografia del territorio e i livelli idrici di piena per un tempo di ritorno pari a 100 anni relativi **allo stato attuale**. Dalle osservazioni fatte la situazione più critica risulta essere in corrispondenza delle sezioni MO_46 e MO_44 in prossimità dei ponti al confine comunale con Pessano con Bornago. La direzione preferenziale del deflusso delle acque di esondazione risulta seguire il gradiente topografico naturale.

Il presente Studio costituisce parte integrativa della Componente Geologica del PGT Comunale e, sulla base delle elaborazioni condotte, ne aggiorna i contenuti (Tav.2a) concorrendo inoltre a ridefinire il Mosaico della Fattibilità Geologica a scala comunale (Tav.10). Nondimeno, la pubblica amministrazione dovrà procedere ad un successivo aggiornamento del documento di cui sopra contestualmente all'entrata in vigore della Variante di Piano del P.A.I., recependo all'interno degli elaborati tecnici della Componente Geologica le perimetrazioni delle nuove Fasce PAI individuate per il Torrente Molgora e le relative Norma Tecniche di Attuazione.

Vaprio D'Adda, 25/02/2022

Dott. Geol. Carlo Leoni

