



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
"Ente di diritto pubblico"

Via Vittorio Veneto, 19 - 20844 TRIUGGIO (MB)

Tel. 0362/970961 fax 0362/997045 e-mail info@parcovelvallelambro.it



**Regione
Lombardia**



**COMUNE DI
ANNONE BRIANZA**



**COMUNE DI
OGGIONO**



**COMUNE DI
SIRONE**

PROGETTO DEFINITIVO

AREA DI LAMINAZIONE DELLE PIENE
DEL TORRENTE GANDALOGGIO E ALTRI
NEI COMUNI DI OGGIONO, SIRONE E ANNONE
(LC)

LUGLIO 2017

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	G. Garbin		
VERIFICA	G.B. Peduzzi		
APPROVAZIONE	G.B. Peduzzi		
 STUDIO PAOLETTI ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l. SOCIETA' DI INGEGNERIA Via Bassini, 23 - 20133 MILANO (IT) Tel.+39 02 26681264 - Fax +39 02 26681553 etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it www.etatec.it		UN DIRETTORE TECNICO : <i>Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI</i> IL PROGETTISTA: <i>Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI</i>	
 <small>Sistema Certificato UNI EN ISO 9001:2008 SC 06-647 Rev.04/EA 34</small> 		GEOLOGIA: <i>Dott. Geol. PAOLO DAL NEGRO</i>	

TITOLO

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1	INTEGRAZIONE SEZIONE DI CONTROLLO FOSSO DEI PASCOLI	AGOSTO 2018
	2		
	3		
Numero elaborato	TIPOLOGIA PD	COMMESSA 365-08	DOCUMENTO ATTI
			NUMERO A.02.00

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
1.1	INQUADRAMENTO STORICO DI SINTESI.....	1
1.2	STUDI E PROGETTI	4
2.	DATI ED INDAGINI UTILIZZATE.....	7
2.1	RILIEVI ESISTENTI	7
2.2	INTEGRAZIONI EFFETTUATE.....	8
2.2.1	Richieste ai Comuni.....	8
2.2.2	Rilievi e documentazione fotografica	9
3.	IDROLOGIA	11
3.1	CPP E TEMPO DI RITORNO	11
3.2	IETOGRAMMA	12
3.3	PERDITE IDROLOGICHE E LAMINAZIONE.....	13
3.4	IDROGRAMMI IN INGRESSO	14
4.	MODELLO.....	15
4.1	DTM E LIDAR (MODELLI DIGITALI DEL TERRENO)	15
4.2	TRATTI FLUVIALI	16
4.3	SCABREZZE.....	16
4.4	MANUFATTI	18
4.4.1	Tombotti e muro di confine ferroviario	18
4.4.2	Ponti e attraversamenti.....	19
4.5	BACINI AFFERENTI	20
5.	SCENARI ESAMINATI	22
5.1	STATO DI FATTO PER T=50 ANNI	22
5.2	STATO DI PROGETTO PER T=50 ANNI.....	26
5.3	STATO DI FATTO AREA GOLF PER T=50 ANNI.....	31
5.4	STATO DI FATTO AREA GOLF CON AREA DI LAMINAZIONE REALIZZATA PER T=50 ANNI 33	
5.5	STATO DI PROGETTO AREA GOLF CON AREA DI LAMINAZIONE REALIZZATA PER T=50 ANNI 34	
5.6	STATO DI PROGETTO AREA GOLF CON SENZA DI LAMINAZIONE PER T=50 ANNI.....	35
6.	LA SEZIONE DI CONTROLLO	37
7.	CONCLUSIONI	39

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Confronto per affiancamento di foto aeree e satellitari degli anni 1954-55 e 2011.....	2
Figura 2 – Estratto dalla cartografia militare dell’Impero Austriaco relativa alla Lombardia degli anni 1818-1829 in cui si osserva il reticolo di bonifica e il sistema di confluenze nei pressi di Molteno.	3
Figura 3 – Estratto dal progetto relativo alla riprofilatura e nuovo tracciamento del Fosso dei Pascoli diretto al lago di Annone.....	5
Figura 4 – Confluenza dei reticoli di drenaggio diretti al torrente Pescone. Si osserva la soglia con foro atta a limitare le portate affluenti da nord e probabile causa delle insufficienze segnalate lungo tale ramo.	9
Figura 5 – Ietogramma sintetico di tipo Chicago utilizzato.	13
Figura 6 – Idrogrammi sintetici in ingresso al torrente Bevera (BEV1A-B) e Gandaloglio (GAN) indicati, per omogeneità, con la stessa codifica usata nel modello del bacino del Lambro.	14
Figura 7 – Estensione a nord del LIDAR utilizzato su base CTR.....	16
Figura 8 – Esempio delle condizioni di vegetazioni del RIM nella piana dei Pascoli.	17
Figura 9 – Condizione dell’alveo del Gandaloglio nei pressi della realizzanda opera di scolmo.	17
Figura 10 – Estratto del profilo della linea ferroviaria Lecco-Albate Camerlata fornito da R.F.I. S.p.A., ove sono evidenziati i tombotti considerati e il muro di confine presente.	18
Figura 11 – Muro di confine del sedime ferroviario in corrispondenza di un tombotto con apporti dalla sede stradale (tramite l’apertura rettangolare nel muro) e dal canale di drenaggio delle portate meteoriche della zona industriale di Oggiono.	19
Figura 12 – Tombotto rilevato al termine del muro di confine di R.F.I. S.p.A. verso Molteno.....	19
Figura 13 – Esempio di scarico al fosso di drenaggio delle acque meteoriche della zona industriale di Oggiono.	21
Figura 14 – Idrogramma torrente Gandaloglio T=50 anni.	23
Figura 15 – Idrogramma torrente Bevera T=50 anni.	23
Figura 16 – Idrogramma Fosso dei Pascoli T=50 anni.	24
Figura 15 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto.	25
Figura 18 – Idrogramma diretto alle aree del Golf Club Lecco – stato di fatto.	26
Figura 19 – Scenario di simulazione nelle condizioni di progetto.	28
Figura 20 – Idrogramma diretto alle aree del Golf Club Lecco – stato di progetto.	30
Figura 21 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto all’interno dell’area golf.....	32
Figura 22 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto all’interno dell’area golf con la realizzazione dell’area di laminazione.	33
Figura 23 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di progetto all’interno dell’area golf con la realizzazione dell’area di laminazione.	35
Figura 24 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di progetto all’interno dell’area golf ma in assenza dell’area di laminazione.	36

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Parametri della CPP utilizzata.....	12
Tabella 2 – Coefficienti d’afflusso utilizzate per le varie tipologie di uso del suolo considerate.....	13
Tabella 3 – Coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati per le diverse zone omogenee considerate	16

1. PREMESSA

La presente relazione riprende i contenuti della relazione generale allegata allo studio denominato “*Redazione del modello di calcolo e gestione dell’opera da realizzare nell’ambito dei lavori di sistemazione idraulica dei torrente Bevera e Gandaloglio – 1°Lotto*” commissionato dal Comune di Oggiono agli scriventi per inquadrare lo scenario di stato attuale e le modalità di regolazione dell’opera in progetto.

Questo documento descrive il modello idraulico per la verifica dello scenario dello stato di fatto ed il dimensionamento dell’area di laminazione con riferimento ad un evento caratterizzato da $T=50$ anni.

L’aggiornamento della presente relazione all’integrazione progettuale richiesta dal Consorzio Valle Lambro, deriva dall’intenzione di procedere all’inserimento di una sezione di controllo che garantisca il deflusso controllato delle acque dal Fosso dei Pascoli attraverso il Ponte di via dell’Industria in direzione del Torrente Bevera. Al termine della presente relazione è stato inserito un paragrafo descrittivo dell’opera in progetto e del relativo funzionamento idraulico.

1.1 INQUADRAMENTO STORICO DI SINTESI

Il sistema idraulico costituito dai torrenti Bevera, Gandaloglio e Fosso dei Pascoli manifesta storicamente gravi insufficienze nel territorio del Comune di Molteno e dei Comuni circostanti.

Figura 1 – Confronto per affiancamento di foto aeree e satellitari degli anni 1954-55 e 2011.



Analogamente ad altre situazioni di criticità l'origine è imputabile alla combinazione dei notevoli effetti dell'antropizzazione del territorio, della sua impermeabilizzazione (con aumento dei deflussi superficiali e contrazione del tempo di corrivazione) della riduzione delle sezioni e delle aree naturalmente allagabili (ovvero l'aumento del valore esposto nelle stesse rendendo quindi gli allagamenti non più compatibili con i nuovi usi del suolo ivi presenti) nonché nella modifica dello storico reticolo idrico.

Per quanto concerne le criticità in esame, l'abitato principale di Molteno è posto alla confluenza dei tre corsi d'acqua che risultano ivi vincolati non solo da classici manufatti di attraversamento di diversa età e funzionalità idraulica ma anche da una situazione morfologica particolare (il torrente Bevera, principale dei tre corsi, è costretta a compiere un ampio giro attorno all'abitato per effetto dell'altimetria del colle ove l'abitato stesso si sviluppa), da ampi tratti tombinati e dalla presenza del rilevato ferroviario della linea ferroviaria Lecco-Albate Camerlata che di fatto limita, oggi, lo spagliamento delle portate di piena nella zona a est (nota come "i pascoli") un tempo sede di specchio d'acqua lacustre come testimoniato dai sondaggi geognostici eseguiti in tale area. Il paleo lago presente è stato nei secoli bonificato con un fitto sistema di canali

confluenti a sud nel Fosso dei Pascoli, quindi nel torrente Gandaloglio e nel torrente Bevera (successivi interventi hanno deviato il Fosso dei Pascoli facendolo confluire direttamente nel torrente Bevera) e a nord nel torrente Pescone quindi nel lago di Annone.

Figura 2 – Estratto dalla cartografia militare dell'Impero Austriaco relativa alla Lombardia degli anni 1818-1829 in cui si osserva il reticolo di bonifica e il sistema di confluenze nei pressi di Molteno.



L'area dei Pascoli risulta quindi avere uno spartiacque di incerta definizione, presumibilmente variabile a seconda dei tiranti presenti data la conformazione pianeggiante, ed afferisce parzialmente al fiume Lambro, tramite il torrente Bevera, e parzialmente al fiume Adda, tramite il torrente Pescone ed il lago di Annone.

L'insieme dei vincoli descritti concorre a determinare l'insufficienza degli alvei nel convogliare a valle le portate di piena con conseguenti frequenti e vaste esondazioni che interessano aree urbanizzate ed infrastrutture (es. S.P.49), creando danni e disagi per la popolazione.

La frequenza di tali esondazioni è andata progressivamente aumentando raggiungendo al termine degli anni '80 ed all'inizio degli anni '90 frequenze di più volte all'anno come documentato da quanto reperito presso l'Amministrazione Comunale di Molteno in particolare per gli eventi del:

- 24 agosto 1987;
- 4-5 giugno 1988;
- 4 aprile 1989;
- 24 giugno 1989;

- 22 luglio 1989;
- 6 luglio 1992;
- 15 novembre 1996;
- 25 novembre 2002.

1.2 STUDI E PROGETTI

Il Genio Civile di Como all'inizio degli anni '90 ha provveduto a progettare ed eseguire un articolato intervento imperniato sulle seguenti opere:

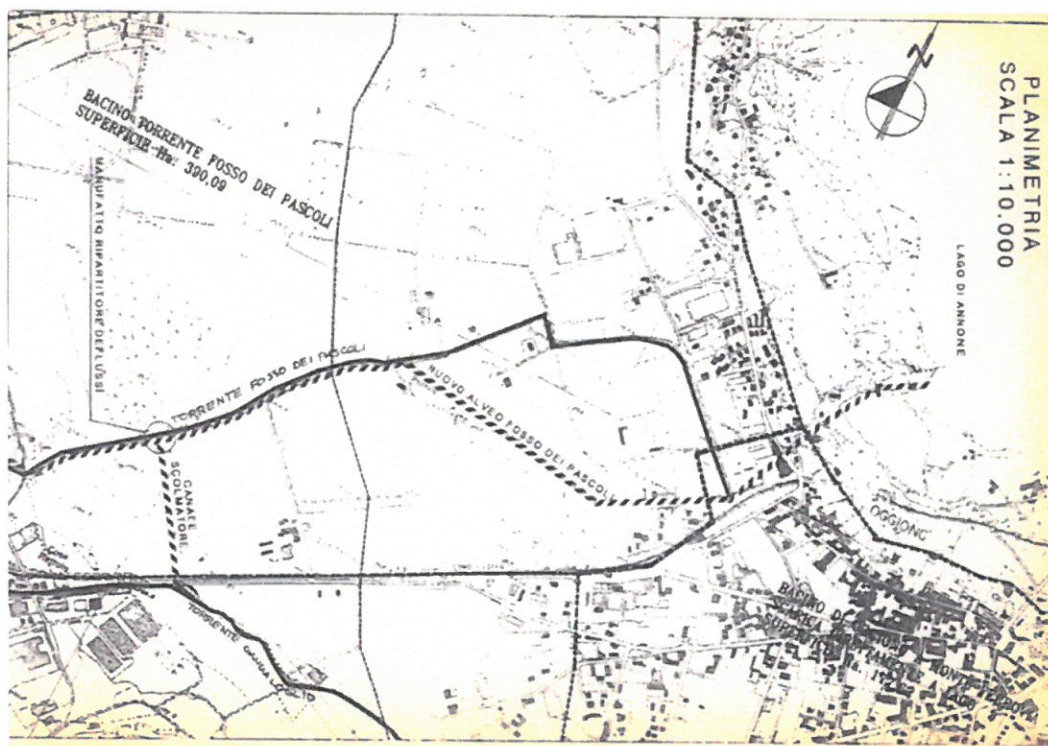
- inalveamento e risezionamento di tratti di torrente Bevera e Gandaloglio interni all'abitato di Molteno;
- rivestimento di fondo e sponde in calcestruzzo e pietrame;
- formazione di due vasche di trattenuta del materiale di fondo trasportato a monte dell'abitato di Molteno.

In aggiunta era stata studiata la possibilità di realizzare tre canali scolmatori e relativi manufatti di sfioro e di immissione, in grado di limitare le portate transistanti nei torrenti sistemati che attraversano il centro abitato di Molteno.

Il primo canale avrebbe dovuto convogliare verso il torrente Gandaloglio le portate del torrente Bevera eccedenti il valore massimo compatibile con l'alveo sistemato. Il secondo verso il Fosso dei Pascoli le eccedenze del torrente Gandaloglio in modo da limitare la portata transitante nell'alveo sistemato lungo il tratto che attraversa il centro abitato di Molteno.

Per le acque immesse nel Fosso dei Pascoli, provenienti dal torrente Gandaloglio, si era previsto di inviarne parte verso il lago di Annone e una parte verso il torrente Bevera a valle del ponte ferroviario. Pertanto la soluzione analizzata prevedeva anche la riprofilatura ed il rimodellamento dell'alveo del Fosso del Pascolo, oltre alla realizzazione di un canale di scarico nel lago. Successivi approfondimenti condotti dai Comuni interessati hanno portato ad escludere tale ipotesi ed individuare come preferibile una soluzione che tendesse ad usufruire di fossi minori esistenti nelle piane denominate "i pascoli" ed i "i ronchetti" per convogliare le acque eccedenti al lago di Annone. L'utilizzo infatti di idrografia minore esistente in campagna, da risagomare ed adeguare, risulta più facilmente attuabile rispetto alla formazione di un nuovo tracciato che coinvolgesse la zona urbana di Oggiono.

Figura 3 – Estratto dal progetto relativo alla riprofilatura e nuovo tracciamento del Fosso dei Pascoli diretto al lago di Annone.



Nel 1999 è stato condotto lo studio di *“Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 torrente Bevera e Gandaloglio nei comuni di Molteno, Oggiono e Sirone”*. Successivamente, nel 2001, su incarico di Regione Lombardia, è stato redatto il progetto esecutivo denominato *“Sistemazione idraulica dei torrenti Bevera e Gandaloglio nel Comune di Molteno e limitrofi”*. L’iter progettuale dell’opera ha subito nel corso degli anni una serie di modifiche ed integrazioni che hanno in parte ridotto il numero degli interventi previsti inizialmente, oltre che l’originaria impostazione delle opere. Solo a seguito di un ultimo aggiornamento progettuale condotto nell’anno 2014, nel corso del mese di settembre 2015 si è proceduto alla consegna dei lavori di un primo stralcio di opere. L’opera appaltata prevede la formazione di un canale scolmatore Gandaloglio-Fosso dei Pascoli a monte dell’abitato di Molteno, ottenuto risezionando l’alveo oggi esistente a valle della ferrovia per lo scarico delle acque meteoriche provenienti dal Comune di Oggiono, e favorendo quindi la deviazione della portata di progetto dal torrente Gandaloglio alla piana dei Pascoli.

Gli interventi previsti dal presente Progetto Definitivo ripropongono le originarie arginature che delimitavano la piana dei Pascoli; tuttavia poiché la sommità arginale risulta ora inferiore rispetto a quella proposta nelle stesure originarie del progetto, la loro estensione sul territorio è ridotta ed il limite dell’area di laminazione è definito dalla morfologia stessa del terreno.

2. DATI ED INDAGINI UTILIZZATE

Nel presente capitolo vengono presentati i dati esistenti e le integrazioni effettuate al fine di disporre di una panoramica il più completa possibile limitando pertanto al minimo le ipotesi assunte. Onde evitare errori imputabili all'utilizzo di fonti differenti è stata verificata la corrispondenza tra i vari dati e, qualora fossero presenti discrepanze, è stata effettuata un'omogeneizzazione.

2.1 RILIEVI ESISTENTI

I rilievi esistenti fanno riferimento a momenti di approfondimento realizzati anche in tempi successivi, ossia rilievi effettuati nel contesto:

1. della *“Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della legge 267/98 Torrente Bevera e Gandaloglio nei Comuni di Molteno, Oggiono e Sirone”* relativi alle sezioni di Bevera e Gandaloglio con relativi manufatti di attraversamento e sezioni critiche;
2. del *“Progetto esecutivo Interventi di sistemazione idraulica dei Torrenti Bevera e Gandaloglio in Comune di Molteno e limitrofi”* relativo al rilievo ove è prevista l'opera di ricalibratura di parte del Fosso dei Pascoli e di alcune sezioni del reticolo idrico minore in corrispondenza delle arginature previste nella versione del 2001 del suddetto progetto;
3. dei tracciamenti relativi alla cantierizzazione del 1° lotto del predetto progetto nel 2015;
4. di nuovi controlli altimetrici a valle dell'area denominata *“Poncia”* lungo lo sviluppo del reticolo di drenaggio fino al torrente Pescone;
5. di un rilievo dtm effettuato mediante drone, in grado di caratterizzare altimetricamente l'area appartenente al Golf Club Lecco in cui scorre il reticolo, fino al sottopasso della S.S.36.

Per la corretta configurazione del sistema di drenaggio si è fatto riferimento al Reticolo Idrico Minore (RIM) individuato a livello di pianificazione comunale tramite l'analisi delle relative tavole dei Piani di Governo del Territorio (PGT).

Per una caratterizzazione di dettaglio degli apporti dovuti agli scarichi delle aree urbanizzate sono stati utilizzati i dati forniti da Idrolario s.r.l. gestore del servizio idrico integrato nei comuni interessati.

Infine per quanto riguarda il modello del terreno (Digital Terrain Model – DTM) è stato utilizzato il rilievo LIDAR con passo di 1 metro fornito da Regione Lombardia integrato, nella

zona a nord e fino alla S.S.36 ove non sono disponibili dati LIDAR, con il DTM ricavato da un volo del drone calibrato con target a terra, di cui si è già accennato in precedenza.

2.2 INTEGRAZIONI EFFETTUATE

2.2.1 Richieste ai Comuni

Per una corretta taratura del modello ed adeguato approfondimento sono state inoltrate diverse richieste d'informazioni ai Comuni, finalizzate a una conoscenza dettagliata dei seguenti elementi:

- stato di fatto del territorio al novembre 2001 (data redazione del progetto esecutivo in oggetto) con area urbanizzata, estensione delle reti di drenaggio urbano, terminali di scarico;
- caratteristiche tecniche (superfici impermeabili, sistemi di accumulo e drenaggio urbano, autorizzazioni) delle urbanizzazioni dal 2001 al 2015;
- previsioni di ulteriori urbanizzazioni contenute nei documenti di PGT e vincoli allo scarico previsti;
- situazioni di criticità idraulica dal 2001 al 2015 (documentazione disponibile tecnica, fotografica, ecc.).

Situazioni di criticità sono variamente diffuse all'interno del territorio in esame e risultano essere state segnalate dai soli comuni di Oggiono e Annone Brianza.

Le problematiche segnalate dal Comune di Oggiono riguardano prevalentemente l'esondazione del torrente Gandaloglio che, nel 2010, ha causato la chiusura della strada provinciale n. 49.

Le criticità segnalate dal Comune di Annone Brianza riguardano il tratto iniziale di un fosso afferente alla piana dei pascoli nel quale durante i rilievi è stata rinvenuta la presenza di uno scarico a servizio di una nuova area industriale. La seconda area critica segnalata risulta al confine tra i Comuni di Annone Brianza e Bosisio Parini all'interno della proprietà Golf Club Lecco. Il fosso che manifesta insufficienza idraulica è caratterizzato da due rami; il tratto insufficiente confluisce ortogonalmente nel reticolo di drenaggio principale afferente al torrente Pescone, ed in arrivo dalla "Poncia". L'immissione avviene immediatamente a monte di un attraversamento di una strada interna al golf. Essa costituisce una criticità idraulica in quanto è realizzata mediante una coppia di tubazioni affiancate che disegnano una curva ad angolo retto rispetto al tratto di alveo che lo precede. L'immissione del tratto secondario del reticolo avviene mediante una luce sul fondo in corrispondenza di un muretto curvo che accompagna il deflusso

dell'alveo principale.

Appare chiaramente evidente come l'intera confluenza sia inefficace, non solo per la presenza di una curva ad angolo retto, ma per la presenza di muretto al piede, la cui funzione presumibilmente è quella di impedire che le portate provenienti dal reticolo principale risalcano in controflusso l'alveo secondario.

Figura 4 – Confluenza dei reticoli di drenaggio diretti al torrente Pescone. Si osserva la soglia con foro atta a limitare le portate affluenti da nord e probabile causa delle insufficienze segnalate lungo tale ramo.



2.2.2 Rilievi e documentazione fotografica

La campagna di rilievi integrativi lo studio commissionato dal Comune di Oggiono è stata condotta dal novembre 2015 al gennaio 2016 e ha riguardato i seguenti punti:

- il rilievo del Fosso dei Pascoli a monte del ponte stradale di via dell'Industria (Comune di Sirone);
- il reticolo idrico minore segnalato dalle carte comunali;
- verifiche del piano campagna;
- verifica e rilievo di eventuali ostacoli idraulici presso il reticolo di drenaggio diretto al torrente Pescone;
- rilievo di dettaglio di criticità segnalate dai Comuni o dai proprietari delle aree.

In occasione di tale campagna di rilevamenti si è provveduto a documentare fotograficamente lo stato dei luoghi. Con la predisposizione degli elaborati del presente progetto definitivo si è proceduto all'esecuzione di un'ulteriore verifica topografica di insieme dei punti più significativi, in aggiunta all'esecuzione di un volo con drone in corrispondenza del reticolo a valle dell'area Poncia lungo il reticolo principale fino alla S.S.36.

In particolare questa attività è servita per implementare un modello idraulico bidimensionale che permettesse di approfondire le dinamiche di allagamento a valle di via alla Poncia ed individuarne le modalità risolutive.

3. IDROLOGIA

Nel presente capitolo vengono analizzate le condizioni ed i parametri idrologici utilizzati per le simulazioni.

Lo scenario di verifica relativo all'esondazione dei torrenti Bevera e Gandaloglio corrisponde infatti alla sovrapposizione degli effetti dell'esondazione con gli apporti generati dal deflusso superficiale delle piogge insistenti sull'area in esame.

3.1 CPP E TEMPO DI RITORNO

Per la verifica delle opere idrauliche fluviali e simulare l'effetto della precipitazione su un bacino è fondamentale definire l'evento meteorico di progetto in base al rischio ritenuto ammissibile per l'insufficienza dell'opera stessa (espresso come tempo di ritorno dell'evento). Dall'analisi di registrazione storiche e da modelli statistici, a livello regionale, sono disponibili le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP). Queste esprimono il legame tra altezza di pioggia e durata dell'evento per un dato tempo di ritorno. La formulazione adottata nell'analisi, e comune della prassi progettuale, è di tipo monomio:

$$h_T(D) = a_T \cdot D^n$$

Ove:

h è l'altezza di pioggia espressa in millimetri;

D è la durata dell'evento di pioggia espresso in ore;

a_T ed n sono i parametri della CPP, a_T dipende dal tempo di ritorno T .

La scelta dell'evento meteorico di verifica e progetto delle opere deve basarsi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza, ossia della possibilità che si manifestino eventi, estremi, di intensità superiore a quelle di progetto. Ciò comporta che, per tali eventi estremi, le portate generate siano maggiori di quelle compatibili con l'opera generando pertanto danni a cose e persone. Si evince quindi che all'aumentare dei danni provocati dall'insufficienza dell'opera considerata maggiore sarà il tempo di ritorno per il quale dovrà essere verificata al fine di ottimizzare il bilanciamento tra rischi e investimenti per la loro mitigazione. Nel modello in esame ci si è riferiti alle condizioni di pioggia e portate causate da un evento con tempo di ritorno cinquantennale.

In particolare i parametri assunti per le curve di possibilità pluviometrica sono stati ottenuti dalle curve CPP presenti nello *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona”*

al fine di disporre di parametri conformi a quelli relativi alla pianificazione di bacino.

Tabella 1 – Parametri della CPP utilizzata

T	a_T	n₁	n₂
50	77	0,5	0,29

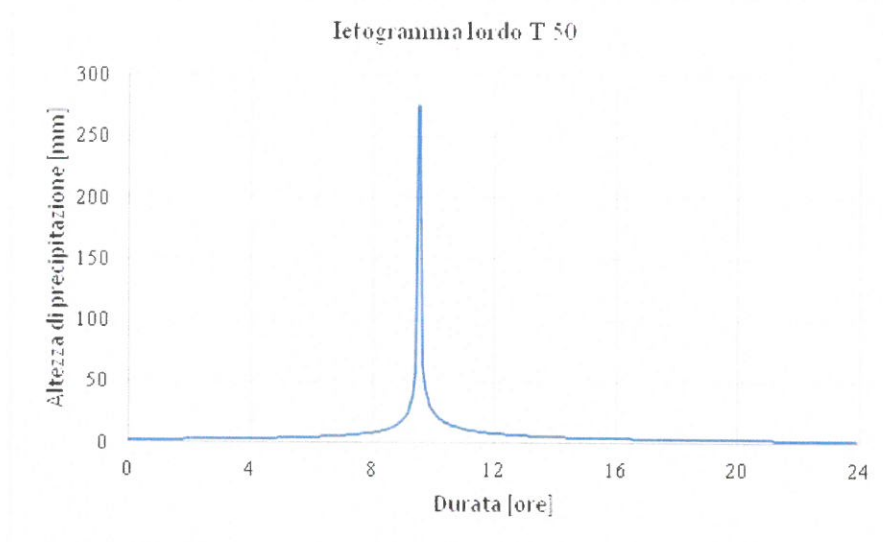
Il tempo di ritorno di verifica è stato assunto pari a 50 anni in analogia a quanto previsto nei progetti dal 1999 al 2014.

3.2 IETOGRAMMA

Tra le possibili forme diverse degli eventi di pioggia di progetto, presenti in letteratura, si è scelto di adottare lo ietogramma di tipo Chicago. Questo è definito in modo tale che l'intensità media della precipitazione da esso descritta sia congruente, per ogni durata, con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Si ottiene così il vantaggio che il risultato sia poco sensibile alla variazione della durata di base. Infatti la parte centrale dello ietogramma, quella nell'intorno del picco, rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio ed alla fine dell'evento. Pertanto uno ietogramma Chicago di durata generica contiene in sé anche le piogge critiche di durata inferiore.

Per caratterizzare tale ietogramma si è imposta la posizione del picco a 0.4 della durata e si è scelta una durata di 24 ore. Tale durata risulta infatti sufficiente a contenere gli eventi critici per i bacini in esame in quanto il tempo di corrivazione massimo è stato stimato (nella relazione idrologica del Progetto Esecutivo degli *"Interventi di sistemazione idraulica dei Torrenti Bevera e Gandaloglio in Comune di Molteno e limitrofi"*) pari a 6,7 ore.

Figura 5 – Ietogramma sintetico di tipo Chicago utilizzato.



3.3 PERDITE IDROLOGICHE E LAMINAZIONE

Parte della precipitazione meteorica concorre alla formazione dell'idrogramma (ed è definito come ietogramma netto) mentre parte della precipitazione non giunge al reticolo e viene definita con il termine di “perdite idrologiche”. Queste possono essere di varia natura quali immagazzinamento in avvallamenti superficiali, infiltrazione nel terreno ed evapotraspirazione.

Tali perdite idrologiche sono state simulate a seguito della definizione di un coefficiente d'afflusso (φ).

Tabella 2 – Coefficienti d'afflusso utilizzate per le varie tipologie di uso del suolo considerate

Tipologia uso suolo	coeff. Afflusso
Aree verdi e agricole	0.1
Aree urbanizzate con pertinenze verdi	0.4
Aree industriali e densamente edificate	0.85

I valori utilizzati sono coerenti con quelli usati nella prassi progettuale.

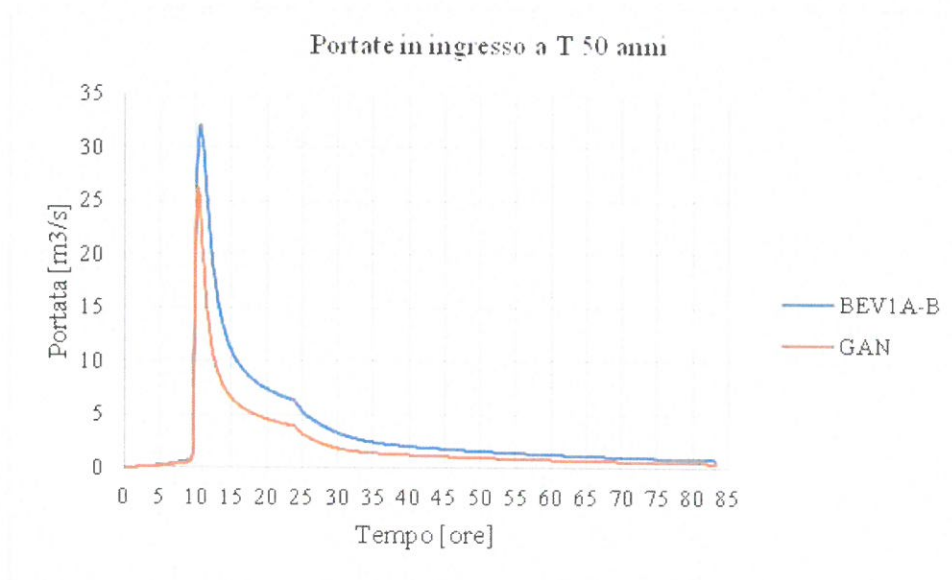
I volumi di poggia netti così ottenuti sono stati sottoposti a processi di laminazione interni al modello di calcolo al fine di non sovrastimare i picchi di portata ottenuti. Il processo di laminazione è stato calibrato al fine di ottenere portate al colmo di circa 250 l/s per ettaro impermeabile nelle zone densamente urbanizzate e di circa 200 l/s al chilometro quadrato (ossia 2 l/s per ettaro) per le aree verdi e agricole in quanto tali valori risultano conformi ai valori

ottenuti in zone di pianura. Nel caso in oggetto, come evidenziato nel successivo capitolo 4, ampie zone modellate (la piana dei pascoli) possono subire variazioni sensibili di questo parametro in relazione alle condizioni di saturazione che si possono verificare, fino alla formazione di palude per effetto di precipitazioni avvenute nei giorni precedenti.

3.4 IDROGRAMMI IN INGRESSO

Gli idrogrammi in ingresso per i torrenti Bevera e Gandaloglio sono stati ottenuti tramite la modellazione in MIKE11 utilizzata per la redazione dello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali e artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*”. Per tener conto di fenomeni meteorici precedenti, ed al fine di non sottostimare le portate di piena a causa di un’eccessiva quantificazione delle perdite iniziali (tarate su un evento con tempo di ritorno di 200 anni avente quindi precipitazioni notevolmente superiori a quelle T=50 anni in oggetto), è stata considerata come condizione iniziale di imbibimento del bacino il valore 20%.

Figura 6 – Idrogrammi sintetici in ingresso al torrente Bevera (BEV1A-B) e Gandaloglio (GAN) indicati, per omogeneità, con la stessa codifica usata nel modello del bacino del Lambro.



4. MODELLO

Nel presente capitolo viene illustrata la formulazione del modello di propagazione della piena tramite il codice di calcolo InfoWorksTM. Tale software, prodotto e commercializzato dalla Wallingford Software Ltd., consente la simulazione fisicamente basata sia di propagazione delle piene in moto bidimensionale che monodimensionale.

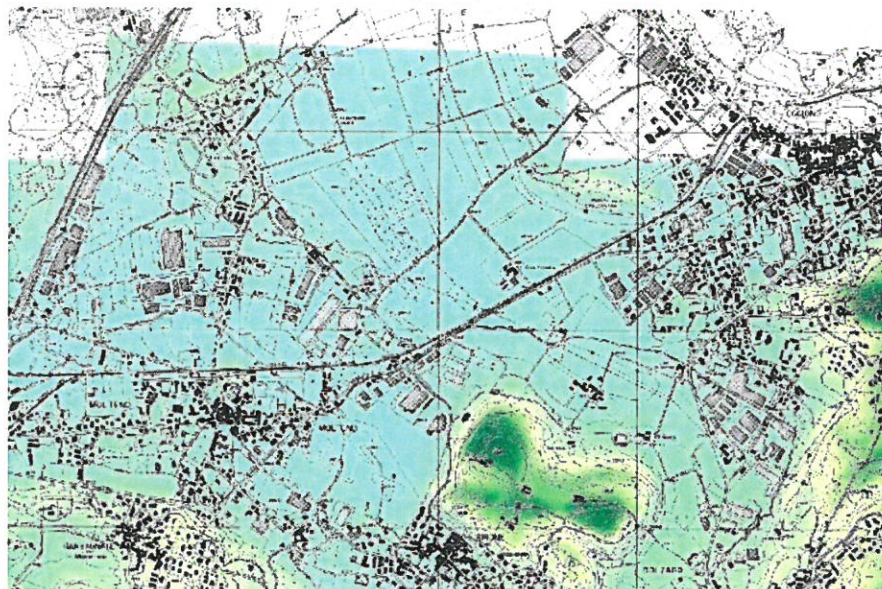
L'area in analisi riguarda il bacino del torrente Gandaloglio a valle della S.P. 51, la piana dei Pascoli fino alla sezione di chiusura della S.S. 36, il bacino del torrente Bevera a valle di viale Grandi a Molteno fino a via Adolfo Consolini a Molteno. Tale area è stata considerata sia direttamente nella modellazione dell'evoluzione 2D della piena o attraverso la definizione di bacini afferenti alla zona 2D al fine di tener conto di tutti gli apporti derivanti dalle precipitazioni e dall'evoluzione dell'uso del suolo.

4.1 DTM E LIDAR (MODELLI DIGITALI DEL TERRENO)

Per poter analizzare l'evoluzione di una piena con un modello bidimensionale è necessario disporre di un modello digitale del terreno (Digital Terrain Model-DTM). Gli uffici di Regione Lombardia hanno reso disponibile il rilievo LIDAR con risoluzione di 1 metro per 1 metro. Tale rilievo (di dettaglio ottimale per gli scopi) tuttavia non risulta coprire tutta l'area in esame. Durante lo studio commissionato dal Comune di Oggiono, a nord dell'area coperta dal Lidar il modello del terreno è stato integrato, oltre che con i rilievi effettuati, con il DTM a maglia 20 metri per 20 metri disponibile sul geoportale di Regione Lombardia. La fase di progettazione definitiva ha condotto invece, come già detto, alla predisposizione di un volo con drone in grado di restituire una perfetta mappatura dell'andamento altimetrico del terreno nell'area a valle della Poncia così da ricostruire in modo efficace le condizioni di deflusso attuali e quelli di progetto, al termine della realizzazione della vasca di laminazione.

La figura che segue evidenzia le zone colorate che corrispondono alla porzione di territorio regionale coperto dal volo Lidar a maglia 1x1.

Figura 7 – Estensione a nord del LIDAR utilizzato su base CTR.



4.2 TRATTI FLUVIALI

I tratti fluviali dei torrenti Bevera e Gandaloglio, per quanto concerne l'area in esame, sono stati modellati come tratti fluviali monodimensionali. Questa scelta è stata operata al fine di ottenere una rappresentazione di dettaglio dei fenomeni di rigurgito e strozzatura dovuti alla presenza di attraversamenti o modifiche delle sezioni dell'alveo. Una rappresentazione monodimensionale consente infatti una maggiore semplicità e immediatezza nella lettura dei risultati. Tali tratti monodimensionali sono stati connessi tramite le sponde, corrispondenti al modello digitale del terreno, all'area in cui l'esondazione viene simulata in forma bidimensionale.

La definizione di domini monodimensionali è stata anche utilizzata per simulare il reticolo di drenaggio a nord del limite del LIDAR fino alla sezione di chiusura al ponte della S.S.36.

4.3 SCABREZZE

Data la variabilità del territorio considerato, sono stati imposti diversi coefficienti di scabrezza a zone considerate omogenee.

Tabella 3 – Coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati per le diverse zone omogenee considerate

Zona omogenea	n	Descrizione
Gandaloglio	0.027	Canali non vegetati
Fosso Pascoli a monte via industria	0.07	Canali in terra rinaturalizzati mediamente cespugliati
Fosso Pascoli fino alla confluenza	0.027	Canali non vegetati
Bevera	0.027	Canali non vegetati

Zona omogenea	n	Descrizione
RIM	0.1	Canali in terra rinauralizzati con sponde fortemente cespugliate
Prati/campi	0.03	Prato senza cespugli con erba bassa
Edificato	0.015	Rivestimenti in cemento grezzo/bitume
Zone boscate	0.055	Aree con cespugli e alberi
Tratti tombinati e tubazioni	0.017	Canali rivestiti in cls grezzo
Reticolo di drenaggio al Pescone	0.027	Canali non vegetati

I parametri sono comunemente utilizzati nella pratica di progettazione secondo le descrizioni presenti in Tabella 3. La corrispondenza tra tali descrizioni e lo stato di fatto è stata verificata durante i sopralluoghi effettuati.

Figura 8 – Esempio delle condizioni di vegetazioni del RIM nella piana dei Pascoli.



Figura 9 – Condizione dell'alveo del Gandaloglio nei pressi della realizzanda opera di scolmo.



Figura 11 – Muro di confine del sedime ferroviario in corrispondenza di un tombotto con apporti dalla sede stradale (tramite l'apertura rettangolare nel muro) e dal canale di drenaggio delle portate meteoriche della zona industriale di Oggiono.



I tombotti sono stati modellati in base ai rilievi effettuati e ai dati forniti da R.F.I. S.p.A.. Per quanto concerne le aperture sul muro si è ipotizzato che queste siano state realizzate al fine di permettere un maggiore deflusso delle acque della strada provinciale n. 49 verso la piana dei Pascoli.

Figura 12 – Tombotto rilevato al termine del muro di confine di R.F.I. S.p.A. verso Molteno.



4.4.2 Ponti e attraversamenti

Come ampiamente illustrato dagli studi e progetti precedentemente citati, le sezioni più critiche a livello idraulico sono legate alla presenza di ponti e tombature. Sono stati inseriti nel modello cinque ponti sul torrente Gandaloglio e la tombatura a monte della confluenza con il

torrente Bevera. Con la stessa modalità sono stati inseriti sei ponti sul torrente Bevera ed il tratto tombinato a monte della confluenza con il torrente Gandaloglio. In conclusione sono stati inseriti il tratto tombinato all'interno della proprietà La nuova Poncia s.r.l., il ponte in via per la Poncia ed i tratti tombinati all'interno del Golf Club Lecco fino alla sezione di chiusura presso la S.S. 36. La porzione di modello bidimensionale che interessa l'area del Golf è stata sviluppata in modo autonomo rispetto al modello dell'intera area di laminazione, allo scopo di non appesantire lo strumento di calcolo. Gli scenari esaminati in questa zona sono stati ricostruiti utilizzando come idrogrammi di input quelli in uscita dal modello di calcolo dell'area di laminazione.

4.5 BACINI AFFERENTI

Durante la realizzazione del modello sono stati considerati tutti gli apporti dei bacini imbriferi legati alle due sezioni di chiusura (Bevera al ponte in via Adolfo Consolini a Molteno e ponte della S.S.36 al reticolo di drenaggio diretto al Pescone). Per garantire una maggiore completezza al modello idraulico e tenere in considerazione tutti gli apporti meteorici è stato considerato tutto il bacino afferente all'area in esame tramite la definizione di bacini di pioggia anche esterni all'area direttamente interessata dagli allagamenti.

Per ciascun sottobacino è stata considerata una ripartizione percentuale della superficie nelle diverse tipologie di uso del suolo. Il coefficiente d'afflusso del sottobacino risulta pertanto frutto della suddivisione nelle varie tipologie di uso del suolo e dei coefficienti d'afflusso assegnati a ciascuna tipologia.

Sono state inoltre analizzate in dettaglio due zone industriali ricadenti all'interno dell'area bidimensionale a causa della loro notevole estensione e posizione critica. Tali zone ricadono ad Oggiono (via Altobello, via Mognago, via Foppa e limitrofe) e a Sirone (via Minzoni e via Colombo).

Entrambe le zone industriali sono state ipotizzate in assenza di serbatoi di accumulo delle acque di pioggia finalizzate alla laminazione delle portate meteoriche in quanto non sono disponibili informazioni in merito. Analogamente si è proceduto per le aree industriali di Annone Brianza (anche qui tale ipotesi è stata supportata dal rilievo di scarico di acque meteoriche dall'area industriale).

Nell'area industriale di Oggiono sono stati rilevati scarichi di reti meteoriche o di drenaggio allacciati al fosso di collettamento delle acque meteoriche diretto alla tombinatura al di sotto del rilevato ferroviario. È stato quindi ipotizzato che tutta l'area industriale scarichi in tale fosso

in quanto nella relazione del progetto esecutivo “Interventi di sistemazione idraulica dei Torrenti Bevera e Gandaloglio nel Comune di Molteno e limitrofi” si riporta:

“A seguito dei sopralluoghi eseguiti in fase di redazione del Progetto Preliminare di sistemazione idraulica del fiume Lambro, redatto dagli scriventi nel corso del 1998 ed in cui venivano riprese le indicazioni passate, si è individuata come sicuramente attuabile, con modalità di inserimento ambientale e di riqualifica fruizionale, la laminazione prevista a nord della linea FS in terreni già in parte paludosi. Di fatto il Comune di Oggiono ha già intrapreso le prime azioni in tal senso realizzando un reticolo di drenaggio con recapito nella zona “i pascoli” per il convogliamento delle acque in eccesso a nord della linea FS.. Tale intervento è oggi limitato all’allontanamento delle acque di scolo dalle superfici urbane ed in particolar modo dall’area industriale a sud dell’abitato.”

Per quanto concerne i bacini afferenti al Fosso dei Pascoli si è fatto riferimento sia alla presenza di uno scarico di uno scolmatore fognario che alla presenza, sulla carta aerofotogrammetria così come presente nelle tavole storiche, di un’estensione maggiore del fosso verso monte non riscontrata durante il rilievo effettuato.

Figura 13 – Esempio di scarico al fosso di drenaggio delle acque meteoriche della zona industriale di Oggiono.



5. SCENARI ESAMINATI

La modellazione degli scenari di progetto è stata preceduta da un'accurata fase di taratura derivante dal confronto tra i risultati del modello e gli effetti reali registrati sul territorio.

Tralasciando in questa sede la descrizione del processo di taratura, per la quale si rimanda alla relazione originaria allegata allo studio denominato *“Redazione del modello di calcolo e gestione dell'opera da realizzare nell'ambito dei lavori di sistemazione idraulica del torrente Bevera e Gandaloglio – 1° Lotto”*, si ricorda unicamente che, come periodo di taratura, è stata scelta la settimana dal 7 agosto 2014 al 15 agosto 2014.

Infatti, in tale periodo è stato registrato un allagamento che ha interessato la proprietà La Nuova Poncia s.r.l. di cui è stata fornita ampia documentazione fotografica durante il sopralluogo del 28 gennaio 2016.

L'insieme di informazioni reperite hanno permesso una migliore calibratura dello scenario dello stato di fatto.

Nel presente capitolo vengono illustrati i risultati ottenuti tramite la modellazione numerica, con particolare riferimento a due configurazioni: la prima fa riferimento allo stato di fatto, la seconda fa riferimento alla realizzazione degli interventi di primo lotto, con la formazione del canale scolmatore tra il Torrente Gandaloglio ed il fosso dei Pascoli e quindi le arginature di contenimento secondo la configurazione planimetrica emersa nel progetto preliminare redatto dal Parco Regionale Valle Lambro.

I medesimi scenari sono stati analizzati anche per quanto riguarda l'areale a valle della “Poncia” e più in particolare il reticolo che attraversa il sedime del Golf Club Lecco fino alla S.S. 36.

5.1 STATO DI FATTO PER T=50 ANNI

L'analisi delle condizioni di deflusso nello scenario dello stato di fatto ha costituito un punto di riferimento fondamentale per fissare le condizioni idrauliche di partenza che determineranno la realizzazione delle arginature. In questa fase si è già ipotizzata la presenza del canale scolmatore tra il Gandaloglio ed il fosso del Pascolo, in quanto quest'opera, appartenendo ad un progetto approvato ed appaltato, sarà realizzata certamente prima delle opere previste dal presente progetto definitivo.

Le portate in ingresso al dominio di calcolo sono costituite dai seguenti idrogrammi:

- Idrogramma Torrente Gandaloglio:

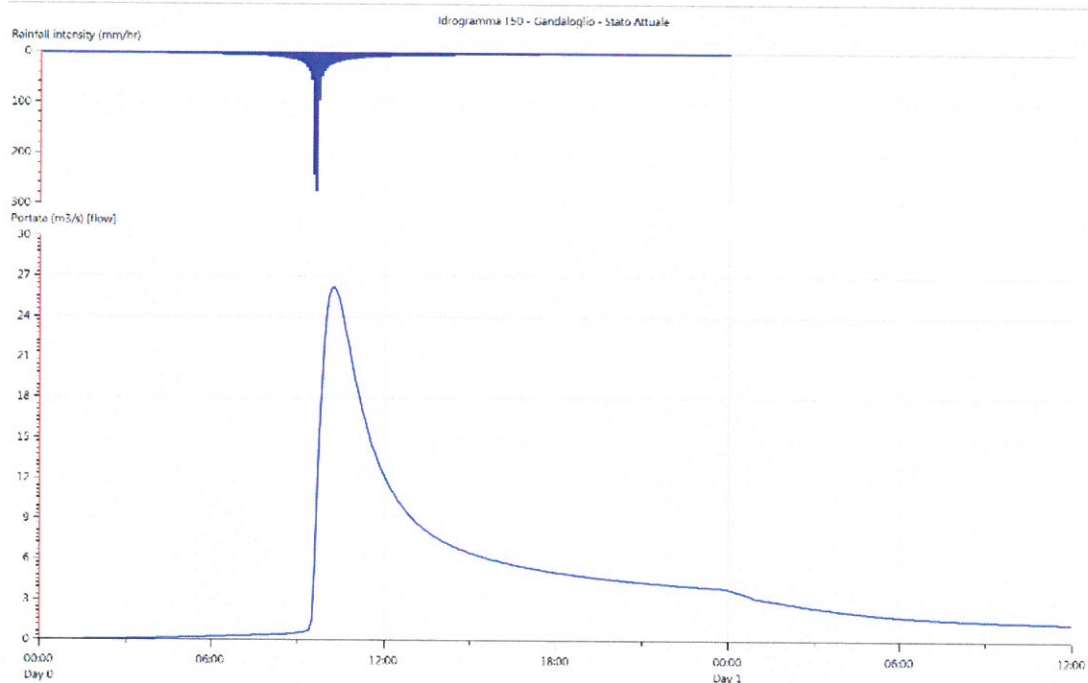


Figura 14 – Idrogramma torrente Gandaloglio T=50 anni.

- Idrogramma Torrente Bevera:

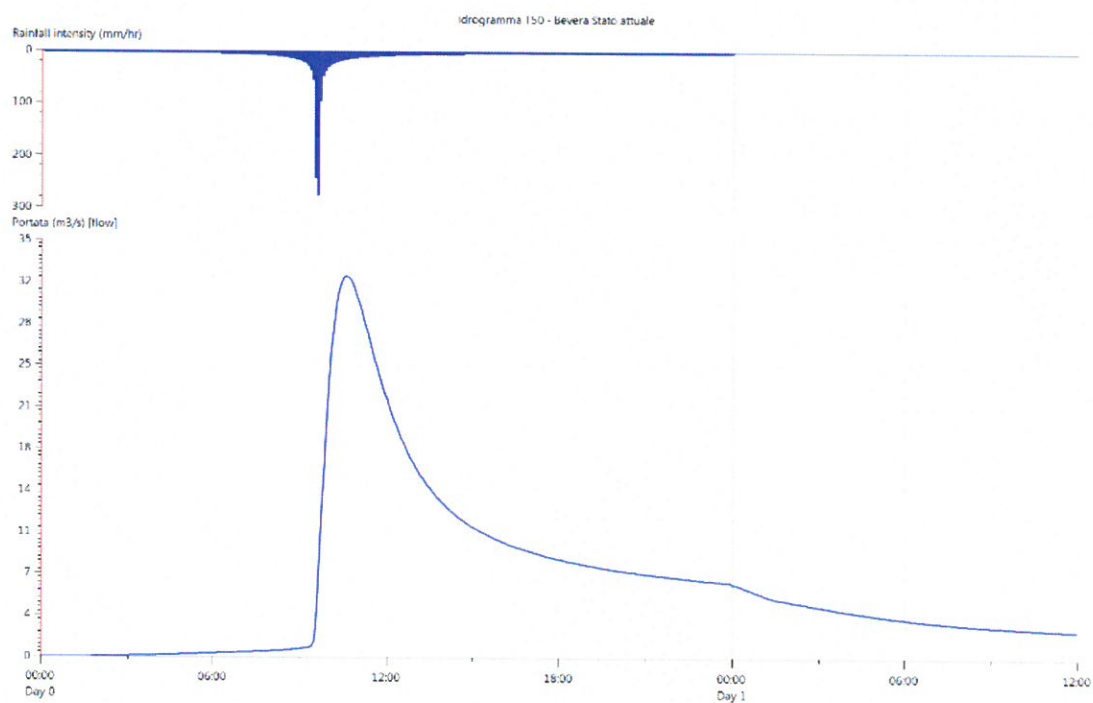


Figura 15 – Idrogramma torrente Bevera T=50 anni.

- Idrogramma Fosso dei Pascoli;

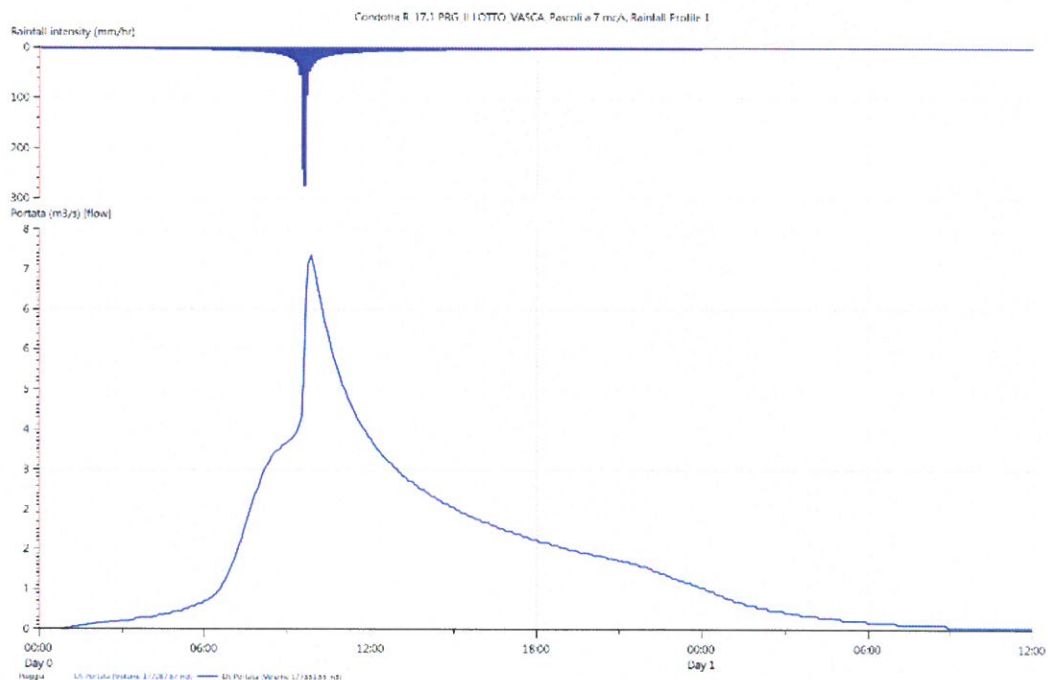


Figura 16 – Idrogramma Fosso dei Pascoli T=50 anni.

In aggiunta agli input illustrati il modello integra una serie di idrogrammi derivanti dai bacini scolanti variamente afferenti all'area del fosso dei Pascoli e che, come tali, entrano nel modello in punti variamente distribuiti all'interno del modello di calcolo.



Figura 17 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto.

Lo scenario che risulta dalle simulazioni dello stato di fatto evidenzia in modo molto accurato gli allagamenti che si verificano lungo il sedime della S.P. 49 ed in affiancamento alla linea ferroviaria Lecco_Albate. La figura fa emergere in modo molto marcato l'alveo del torrente Gandaloglio e, con una colorazione più scura, gli allagamenti a ridosso della strada provinciale, frutto non solo dell'insufficienza dell'alveo del Gandaloglio ma anche delle portate in arrivo dalla zona industriale di Oggiono.

All'interno della piana dei Pascoli risultano ben visibili gli allagamenti in corrispondenza del tratto di fosso dei Pascoli più prossimo al ponte di via dell'Industria e da qui verso l'area che si estende verso nord, ovvero la porzione altimetricamente più depressa dell'intera area.

Risulta chiaramente visibile, lungo il limite comunale tra Oggiono ed Annone Brianza, la presenza di diffusi allagamenti verso nord che si dirigono all'interno le proprietà della "Poncia" e da qui, sempre verso nord, in direzione del Golf Club Lecco.

In direzione est emergono insufficienze sul reticolo sia in corrispondenza della porzione iniziale del fosso dei Pascoli che sul fosso che lambisce il limite dell'area di spagliamento. Le criticità

che qui si verificano determinano esondazioni che, in base all'andamento altimetrico dei terreni, possono spagliare in direzione nord andando ad interessare i terreni drenati dal reticolo diretto verso il lago di Annone.

In conclusione si può affermare come gli allagamenti che si verificano lungo la S.P.49 per effetto sia delle esondazioni del torrente Gandaloglio che delle portate in arrivo dalla zona industriale di Oggiono, abbiano un deciso riflesso verso nord a cui vanno sommati i contributi provenienti dal Comune di Annone Brianza veicolati dal fosso dei Pascoli e dal reticolo di drenaggio che si appoggia al limite dell'area "Poncia" ed ancora più a nord sulla via omonima.. La somma di tutti questi effetti si traduce nel successivo idrogramma diretto verso le aree del Golf Club Lecco.

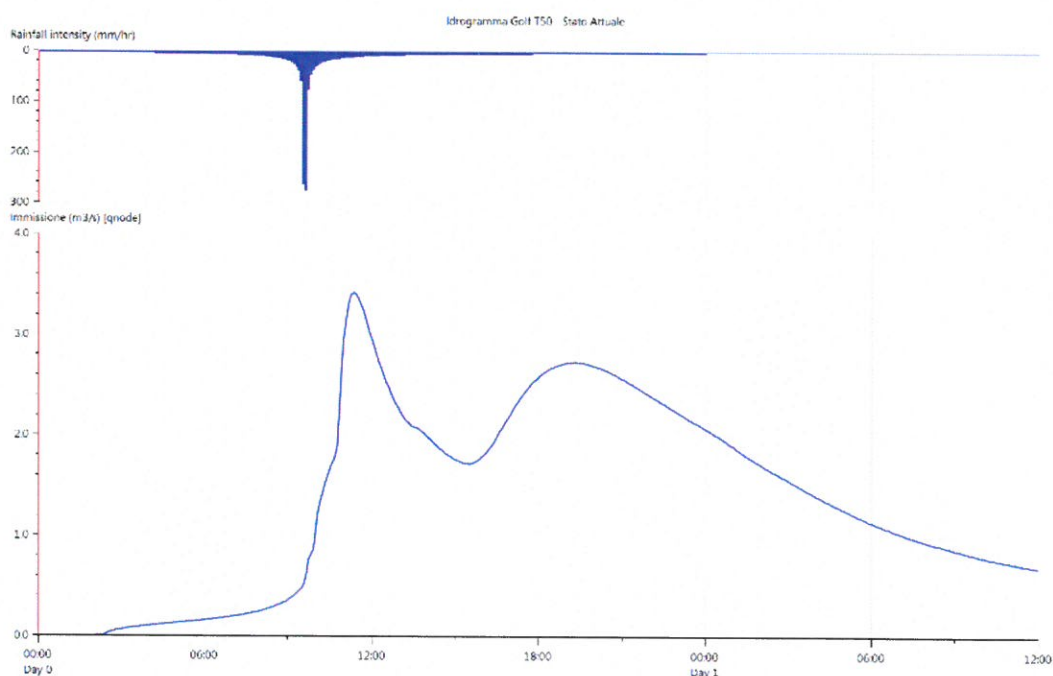


Figura 18 – Idrogramma diretto alle aree del Golf Club Lecco – stato di fatto.

Si osserva quindi la presenza di un idrogramma caratterizzato dalla presenza di due picchi di portata, legati al diverso tempo di corrivazione dei bacini afferenti, di cui, quello maggiore, ha una portata prossima a 3,5 mc/s ed il secondo appena inferiore a 3,0 mc/s.

5.2 STATO DI PROGETTO PER T=50 ANNI

L'analisi dello scenario di progetto è stata condotta mantenendo immutati gli idrogrammi che sollecitano l'intero reticolo di drenaggio afferente alle aree di interesse.

Si è proceduto quindi ad individuare i limiti dell'area di laminazione così come fissati planimetricamente dagli elaborati progettuali preliminari del Parco Valle Lambro, e rendendoli

di fatto impermeabili al passaggio dell'acqua. In questo modo si è voluto verificare il livello di piena raggiunto dall'acqua all'interno dell'area di laminazione, nell'ipotesi che fossero presenti le arginature di progetto, onde verificare la quota di sommità arginale individuata nelle fasi preliminari.

Nella definizione delle condizioni al contorno del modello bidimensionale sono state quindi fatte le seguenti ipotesi:

- Presenza del canale scolmatore dal Gandaloglio verso la piana dei Pascoli;
- Assenza di un'opera di regolazione in uscita dal Fosso dei Pascoli: la sola regolazione è effettuata dal manufatto del ponte di via dell'Industria e dal rigurgito che il medesimo corso d'acqua ha per effetto dei livelli idrici del torrente Bevera in corrispondenza della confluenza;
- Lungo il confine tra i Comuni di Annone ed Oggiono è stata ipotizzato un leggero prolungamento del rilevato arginale, che nella realtà potrà essere configurato come una modestissima ricalibratura della sede stradale esistente; con questa ipotesi si è voluto far fronte ai possibili allagamenti verso nord indotti dalle insufficienze riscontrate nella porzione iniziale del reticolo;
- Non si è proceduto a simulare la presenza dei manufatti puntuali che garantiscono la continuità al reticolo esistente; ciò sia per i fossi in uscita dalla piana dei Pascoli in direzione Nord, che per quelli in ingresso dai terreni prospicienti Cascina Redaella e non inclusi nel limite dell'area di laminazione;



Figura 19 – Scenario di simulazione nelle condizioni di progetto.

Gli effetti della presenza dell'area di laminazione risultano chiaramente evidenti dall'analisi della figura 19.

L'analisi della porzione di territorio lungo la S.P. 49 a monte della linea ferroviaria, risulta sempre soggetta ad allagamenti, ma con tiranti idrici inferiori; ciò è denotato da una colorazione meno intensa rispetto allo scenario dello stato di fatto.

Focalizzando l'attenzione all'interno dell'area di laminazione emerge come gli allagamenti siano più circoscritti all'interno della piana dei pascoli e che gli stessi determinino tiranti idrici maggiori, denotati da una colorazione blu più intensa. La presenza delle arginature lungo il limite nord in corrispondenza del confine con Annone Brianza impedisce di fatto la tracimazione del confine con l'area "Poncia", e gli allagamenti che si producono all'interno di tale proprietà derivano unicamente dai deflussi prodotti dal drenaggio delle aree interne.

Il prolungamento delle arginature a nord fino all'inizio del reticolo di drenaggio esistente, impedisce la divagazione delle portate verso nord, obbligando il deflusso all'interno della piana dei Pascoli.

Se si pone attenzione le superfici corrispondenti ai prati prospicienti cascina Redaella si osservano aree di allagamento che non compaiono nello stato di fatto. Ciò si spiega poichè la simulazione non prevede la presenza delle chiaviche in grado di permettere il passaggio delle portate attraverso l'argine in progetto. Nella realtà costruttiva, invece, verrà garantita la continuità idraulica all'interno della piana dei pascoli, che costituisce il punto di naturale recapito di tutte le acque; pertanto gli allagamenti qui individuati alle spalle dell'argine avranno un'estensione estremamente ridotta alle spalle dell'argine in quanto sarà possibile il deflusso verso l'interno della vasca di laminazione.

Da ultimo si vuole osservare come, in corrispondenza del ponte di via dell'industria, che costituisce la naturale uscita del fosso dei Pascoli, si verifica unicamente un incremento dei livelli idrici senza un apprezzabile aumento delle superfici allagate, neppure lungo via dell'industria. Questa ultima constatazione attribuisce fondamento al fatto che la stessa struttura del ponte costituisca una bocca tarata in grado di limitare il deflusso all'interno dell'alveo del fosso dei Pascoli, in aggiunta al fatto che lo stesso è rigurgitato, per tutto il suo sviluppo di valle, dai livelli idrici che si instaurano in corrispondenza della confluenza tra la Bevera ed il Gandaloglio.

La simulazione di progetto evidenzia come i livelli idrici all'interno dell'area di laminazione raggiungano una quota pari a 265,20 m s.l.m., di circa 23 cm inferiore rispetto alla quota di sommità arginale individuata nel progetto preliminare predisposto dal Parco Regionale Valle Lambro (265,43 m s.l.m.).

Il risultato ottenuto permette quindi di confermare l'impostazione del progetto preliminare, nella consapevolezza che le opere in progetto possono fare fronte, in linea teorica, ad eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a $T=50$ anni senza determinare esondazioni verso nord e senza alcuna necessità di regolazione in uscita verso il fosso dei Pascoli.

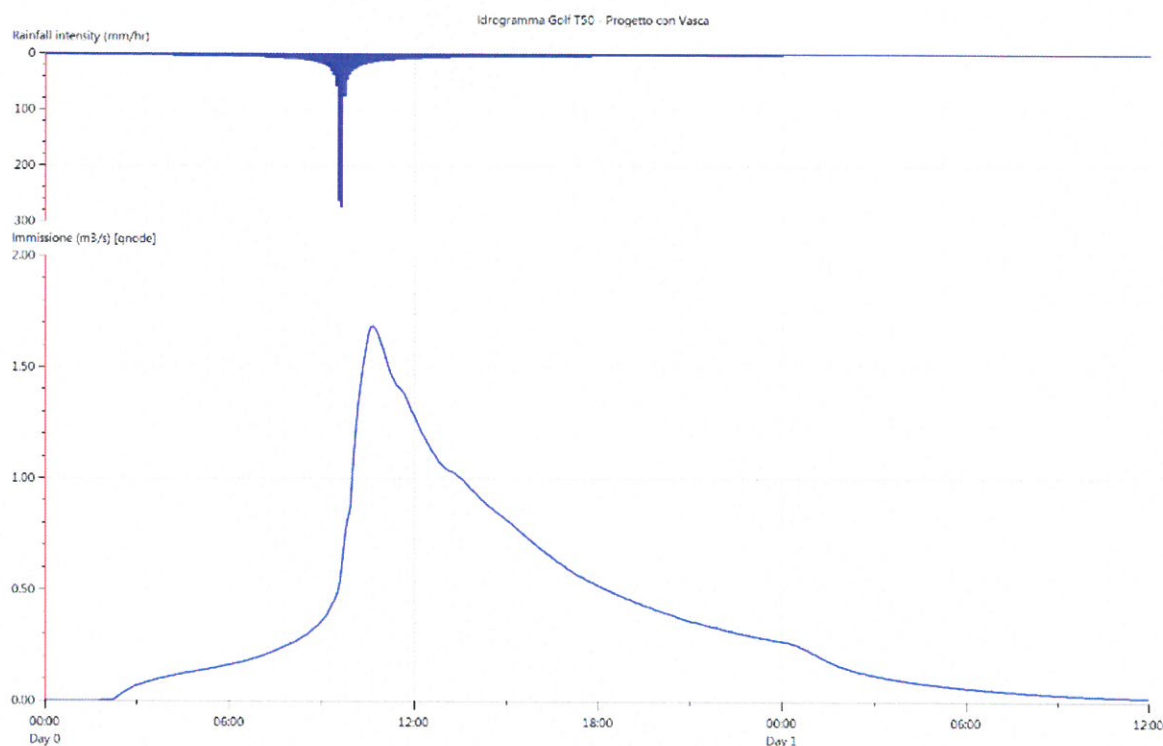


Figura 20 – Idrogramma diretto alle aree del Golf Club Lecco – stato di progetto.

Il risultato ottenuto dalla simulazione di questo scenario di progetto ha permesso di individuare un piccolo franco di sicurezza di circa 23 cm, rispetto alla quota sommitale di progetto preliminare pari a 265,43 m s.l.m. e che, pertanto, in questa fase progettuale viene confermata. Le indicazioni progettuali che sono scaturite dalle simulazioni condotte hanno suggerito di individuare alla quota 265,20 m s.l.m. una piccola soglia di sfioro verso uno dei canali interni alla proprietà "Poncia" ed appartenenti al RIM, in modo tale che l'accadimento di un evento caratterizzato da un tempo di ritorno superiore potesse trovare sbocco verso nord in modo controllato ed all'interno di un canale opportunamente individuato e sagomato in grado di veicolare le portate verso il reticolo che si sviluppa oltre via alla Poncia.

In particolare la soglia sfiorante avrà una forma trapezia con lunghezza alla base di 5 m; essa andrà a raccordarsi modo molto dolce con la sommità arginale fino a raggiungere una larghezza superiore di circa 8 m. L'applicazione delle classiche formule dell'idraulica per quantificare il deflusso da uno sfioratore frontale a larga soglia permette di verificare come il transito di una lama d'acqua di altezza pari a 23 cm su una soglia sfiorante di $L=5$ m consente il passaggio di una portata pari a circa 1,0 mc/s, che sale a circa a 1,5 mc/s nell'ipotesi che lo sfioratore si sviluppi su una lunghezza $L=8$ m. Poichè il previsto manufatto avrà una lunghezza variabile tra la base e la sommità, ne consegue che la portata sfiorata sarà contenuta all'interno del range

precedentemente indicato.

Queste indicazioni di massima sul funzionamento delle prevista soglia sfiorante evidenziano come l'accadimento di un evento di piena con $T > 50$ anni determini l'inizio di un processo di sfioro che, prima della tracimazione dell'intero rilevato arginale permette di scaricare in modo controllato una portata che non supera 1,5 mc/s. In aggiunta, poiché alla quota di progetto la superficie dell'area di laminazione è pari a circa 630'000 mq, ne consegue che il margine di volume di invaso all'interno del quale funziona la soglia di sfioro permette di invasare ulteriori 126'000 mc rispetto all'onda di piena $T = 50$ anni.

5.3 STATO DI FATTO AREA GOLF PER $T = 50$ ANNI

Lo scenario relativo allo stato di fatto è stato esaminato anche per l'area posta a valle di via alla Poncia, con particolare riferimento alla porzione di reticolo che si sviluppa internamente all'area Golf fino alla S.S.36. Il rilievo dtm dell'intera area è stato condotto mediante un volo effettuato con drone, e successivamente ricalibrato mediante il posizionamento di target a terra. Si è proceduto alla modellazione non solo del reticolo interno quanto anche delle aree contermini con l'obiettivo di verificare l'estensione delle aree allagabili. Gli idrogrammi in input al modello sono stati desunti dallo scenario di stato di fatto dell'intera area di laminazione, precedentemente esaminata, considerando in particolare l'idrogramma in uscita dall'area "Poncia" e quello in arrivo dal reticolo del Comune di Annone che drena un significativo comparto industriale. La somma di entrambe le componenti risulta pari a circa 3,4 m/s, quasi equamente ripartita tra i due idrogrammi.

Osservando la figura 21, è possibile riconoscere il reticolo principale che si articola all'interno della proprietà del Golf Club Lecco con un serie di curve ad angolo acuto molto spigolose, per poi dirigersi in linea retta verso la S.S.36.

Gli idrogrammi in ingresso riportati nella figura precedente sono stati inseriti puntualmente in corrispondenza della sezione iniziale del reticolo di drenaggio.

Lo scenario degli allagamenti evidenzia diffuse zone di esondazione nei terreni attraversati dal reticolo; ciò accade in sinistra idraulica prima dell'accesso alle proprietà del Golf Club e, successivamente, in destra idraulica dopo la seconda curva ad angolo acuto. Qui si evidenzia una macchia più scura che, nella realtà, rappresenta uno dei laghetti utilizzati a scopo irriguo. Anche a valle della successiva brusca curva in sinistra, dove attualmente è presente un sottopasso costituito da una coppia di tubazioni affiancate e si assiste all'immissione di una

ulteriore porzione di reticolo, si osserva la presenza di esondazioni in sinistra idraulica.

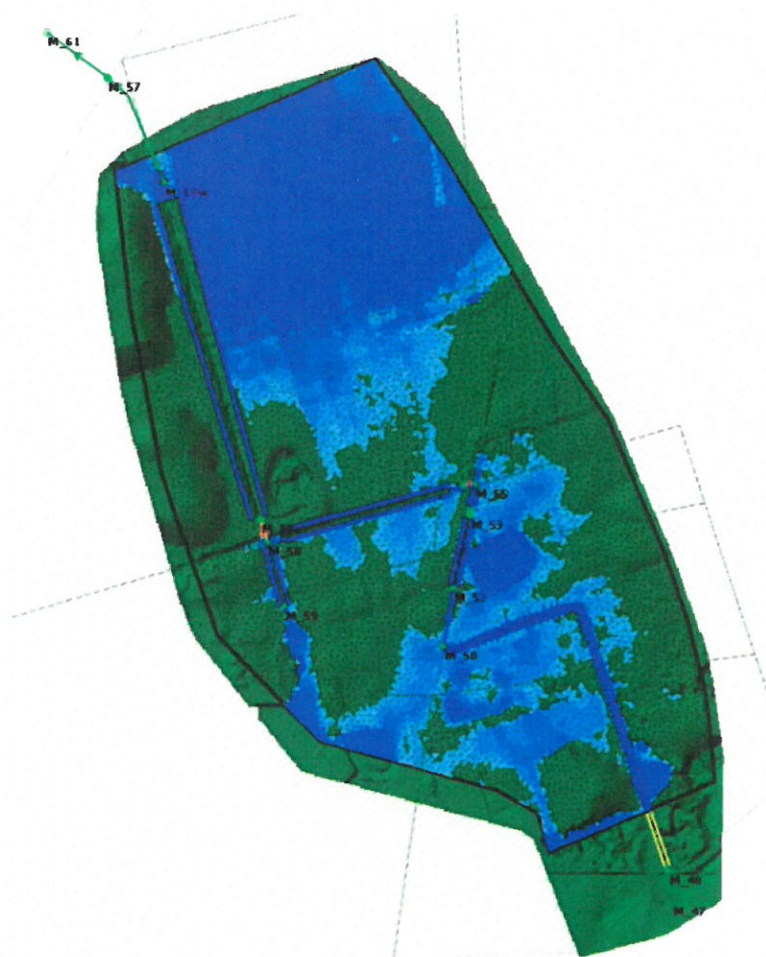


Figura 21 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto all'interno dell'area golf.

Appare superfluo evidenziare come le diffuse esondazioni derivino da molteplici componenti in cui effetti negativi si sommano.

Da un lato il reticolo è caratterizzato da un calibro non sempre all'altezza delle portate che in esso possono defluire. Sono presenti restringimenti di sezione, depositi di materiale vegetale sul fondo ed apparati radicali marcescenti che possono determinare restringimenti di sezione; le pendenze del reticolo sono estremamente basse e ad esse si sommano sia le brusche curve a cui è soggetto l'alveo che le numerose successioni di tratti tombinati dal calibro insufficiente, spesso in contropendenza e con significativa presenza di depositi in alveo. La natura di questi depositi è di tipo limacciosa, prodotta anche dalla progressiva decomposizione dell'apparato fogliare caduto a terra.

L'ultimo tratto di reticolo che conduce al sottopasso della S.S. 36 è caratterizzato nella realtà da una buona sezione trasversale e solo nella parte terminale, prima del sottopasso della S.S.36,

evidenzia sponde poco elevate rispetto all'alveo inciso o il piano campagna circostante. In esso sono comunque presenti sia tronchi in alveo, depositi, apparati radicali marcescenti ed altri ostacoli che non sempre rendono efficace il deflusso delle acque.

In conseguenza di tutto ciò emerge un'ampia area di allagamento che tuttavia interessa solo prati non soggetti ad alcun tipo di pratica agricola.

5.4 STATO DI FATTO AREA GOLF CON AREA DI LAMINAZIONE REALIZZATA PER $T=50$ ANNI

Lo scenario che qui viene presentato illustra l'effetto nei confronti dell'area del Golf Club Lecco da parte dell'area di laminazione, in grado di contenere eventi caratterizzati da un tempo di ritorno $T=50$ anni.

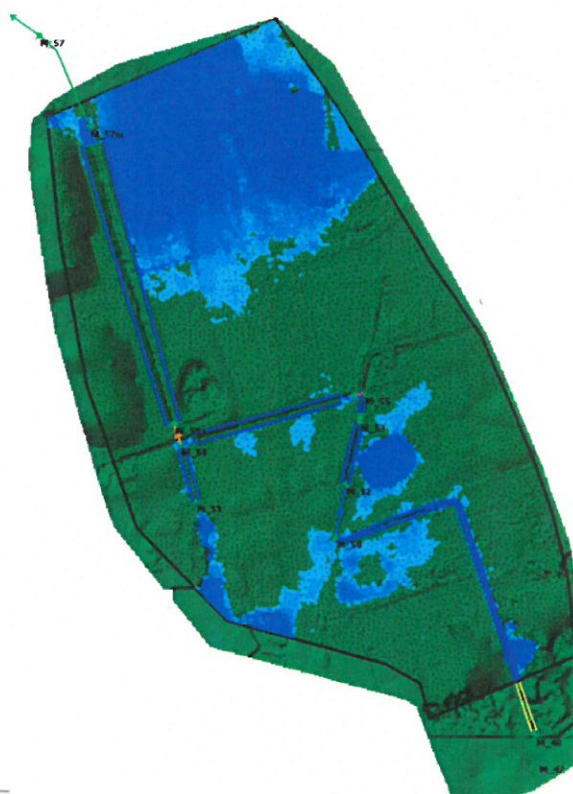


Figura 22 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di fatto all'interno dell'area golf con la realizzazione dell'area di laminazione.

Confrontando i risultati con quelli esposti nel paragrafo precedente si evidenzia fin da subito come l'estensione delle aree allagate sia più contenuta e, conseguentemente, anche i tiranti idrici ad esse associati. Permane una debole area di allagamento determinata dal primo tratto tombinato che interessa l'area del Golf. Da qui le portate che fuoriescono dall'alveo divagano nei campi posti in sinistra idraulica fino a convergere sul laghetto posto ad Ovest e solo

parzialmente visibile nel dtm utilizzato per la simulazione.

Nel tratto di valle, che si spinge fino alla S.S. 36 le esondazioni permangono, ma in misura meno estesa che nello scenario dello stato di fatto.

La ragione di questo significativo miglioramento all'interno dell'area del Golf è chiaramente riconducibile alla benefica presenza dell'area di laminazione che contribuisce ad annullare completamente il contributo in arrivo dal confine con l'area Poncia; in queste condizioni il reticolo di valle è infatti completamente alimentato dai soli contributi in arrivo dal territorio di Annone e che si trovano troppo a nord per essere intercettati dall'area di laminazione.

5.5 STATO DI PROGETTO AREA GOLF CON AREA DI LAMINAZIONE REALIZZATA PER T=50 ANNI

L'ultimo scenario che viene indagato fa riferimento ad una condizione in cui non solo è presente l'area di laminazione, ma tutte le tombature presenti all'interno dell'area del Golf Club sono state sostituite mediante manufatti scatolari di dimensioni 2x2 m con l'obiettivo di attribuire una livelletta di fondo alveo unica tra il sottopasso di via alla Poncia e quello della S.S.36, che di fatto costituiscono due vincoli geometrici fissati.

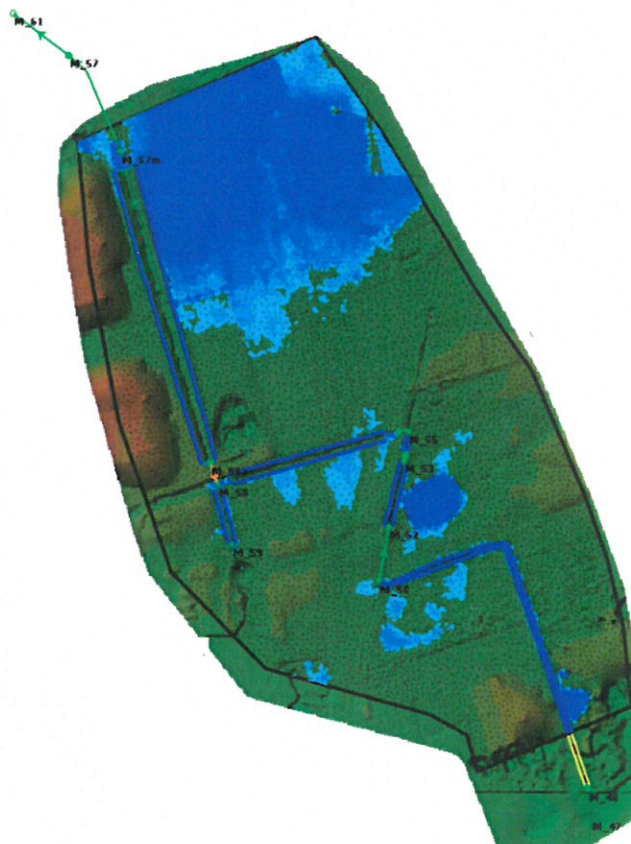


Figura 23 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di progetto all'interno dell'area golf con la realizzazione dell'area di laminazione.

Quello che emerge da questa simulazione è un'ulteriore miglioramento delle condizioni di deflusso che si manifesta con una riduzione delle aree allagate.

La ragione di questo miglioramento è imputabile alla sostituzione delle tombinature con altre di calibro certamente più adeguato. I residui allagamenti che permangono sono imputabili ad alcune insufficienze arginali lungo lo sviluppo del reticolo e che possono facilmente essere eliminate andando a realizzare modeste arginature laterali a fianco dell'alveo principale. La testimonianza di ciò sta nel fatto che la strada interna al Golf Club e che fiancheggia il reticolo di scolo, non è soggetta ad allagamenti. Il suo piano strada, e quindi la quota 264,00 m s.l.m. rappresenta una quota di sicuro riferimento per la sicurezza idraulica dell'area e che di fatto potrebbe azzerare i rischi di allagamento nell'ambito dell'area Golf.

Gli interventi di risagomatura del reticolo nell'area interna al Golf e la sostituzione delle tombinature con altre di calibro più adeguato permetterebbe anche di far fronte a scenari più gravosi in cui il reticolo fosse sollecitato non solo dagli eventi in arrivo dal Comune di Annone, ma anche dall'eventuale sfioro della vasca attraverso il manufatto previsto in progetto. In questo modo l'orizzonte temporale di sicurezza idraulica si amplierebbe quindi notevolmente.

5.6 STATO DI PROGETTO AREA GOLF CON SENZA DI LAMINAZIONE PER T=50 ANNI

In via del tutto esplorativa si è proceduto ad analizzare uno scenario intermedio che prevede la sostituzione delle tombinature interne al Golf e la ricalibratura del reticolo, ma in assenza della vasca di laminazione.

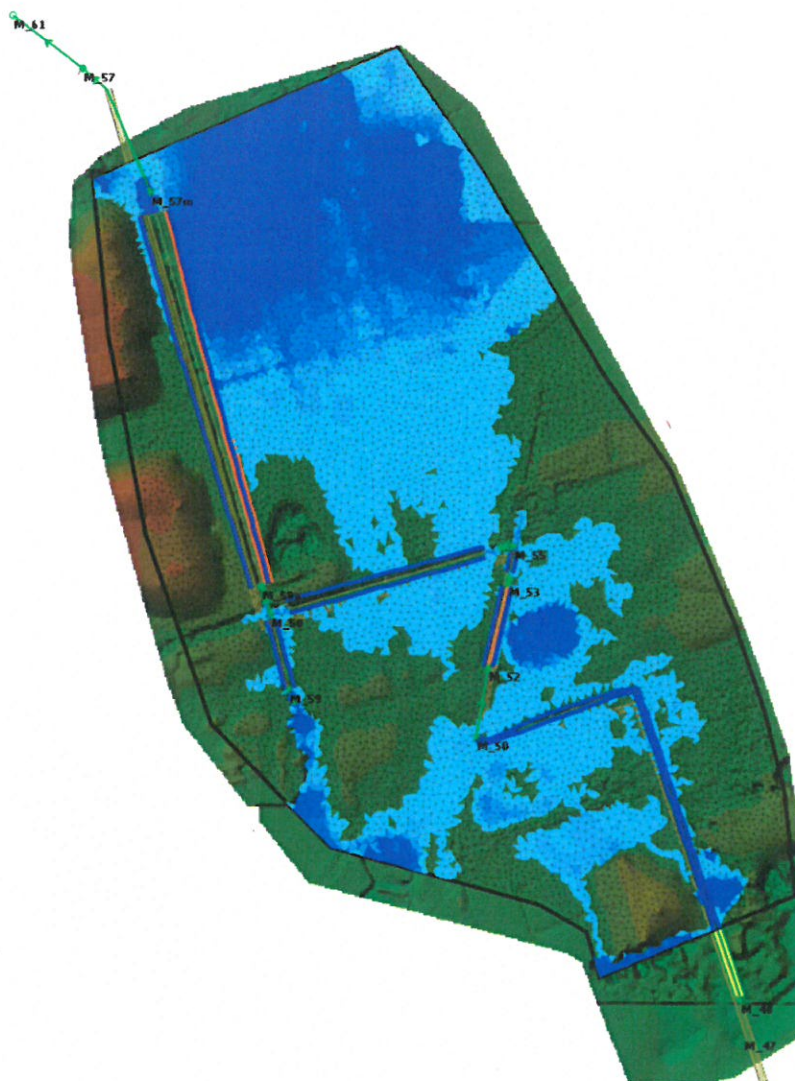


Figura 24 – Scenario di simulazione nelle condizioni di stato di progetto all'interno dell'area golf ma in assenza dell'area di laminazione.

In questo scenario appare evidente un miglioramento rispetto alle condizioni dello stato di fatto, ma non così radicale come in presenza della vasca di laminazione, la cui importanza diventa quindi essenziale.

6. LA SEZIONE DI CONTROLLO

Come si è avuto modo di argomentare ampiamente nel corso dell'articolato iter progettuale e come descritto anche nella relazione generale allegata al progetto definitivo del luglio 2017 al par. 4 "Opere in progetto", nelle condizioni attuali il ponte di via dell'Industria svolge di fatto un ruolo di sezione di controllo in quanto, per effetto combinato della sua geometria e dei rigurgiti indotti dalla confluenza del fosso dei Pascoli nella Bevera, esso stesso ricopre un ruolo di sezione ristretta. La modellazione idraulica effettuata evidenzia come la sua presenza impedisca il deflusso verso valle di portate superiori a circa 1,5 mc/s in occasione di eventi di piena $T=50$ e di massimo riempimento della vasca di laminazione.

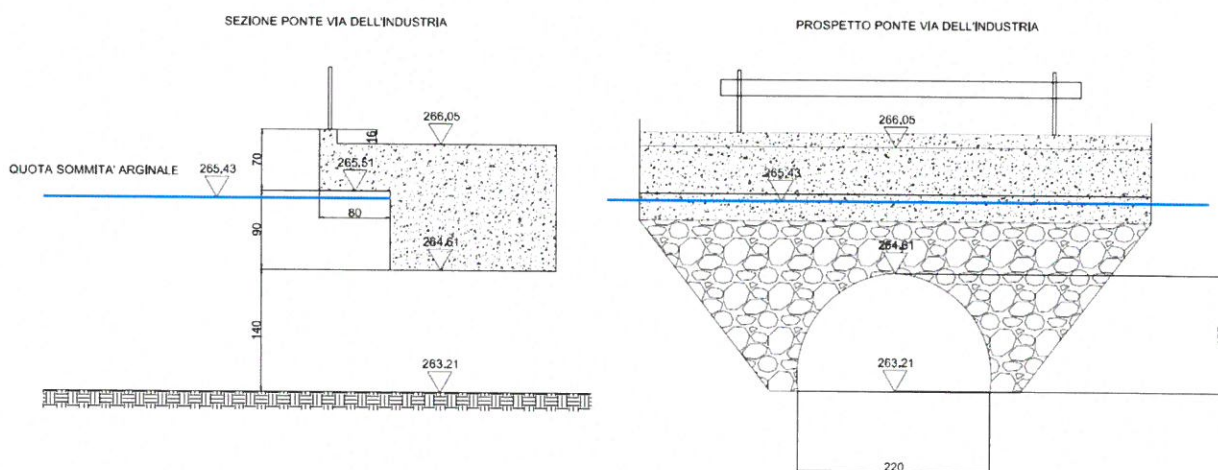


Figura 25 – Sezione e prospetto del ponte di via dell'Industria con l'indicazione della quota di sommità arginale.

La proposta progettuale che emerge dalla presente integrazione conduce alla realizzazione di una sezione di controllo che, a tutti gli effetti, riproduca le condizioni di deflusso che si realizzano al di sotto del ponte di via dell'Industria, localizzando la stessa a circa 120 m più a monte dalla struttura stradale esistente. L'opera in progetto non si configura come un elemento su cui verrà eseguita una regolazione manuale preventiva o in tempo reale delle portate uscenti dall'area di laminazione, quanto piuttosto un'opera fissa che riproduce in modo assolutamente fedele la geometria del ponte di via dell'industria.

Questa scelta progettuale garantisce a tutti gli effetti l'esatto rispetto delle condizioni di deflusso previste nel progetto definitivo in data luglio 2017 e continuerà a svolgere tale ruolo anche

qualora, in futuro, vi fosse l'esigenza di operare un rinnovo della struttura del ponte di via dell'Industria per esigenze differenti da quelle di natura idraulica.

La struttura della sezione di controllo è costituita da una successione di manufatti scatolari in cls di dimensioni 3x2,5 posati lungo l'alveo del Fosso dei Pascoli ed attorno ai quali viene rimodellato un nuovo argine di chiusura ed adeguata la viabilità interpoderale; in corrispondenza della sezione iniziale di imbocco dei manufatti scatolari si prevede l'installazione di una struttura realizzata in carpenteria metallica che riproduca in modo fedele la sezione del ponte di via dell'Industria, senza necessità di azioni di controllo derivanti dal funzionamento della vasca di laminazione o dei livelli indotti dal rigurgito del fosso dei Pascoli per effetto dei livelli della Bevera.

La soluzione prevista non modifica in alcun modo lo scenario prospettato nelle simulazioni idrauliche del progetto definitivo datato luglio 2017; ciò sia a monte che a valle della sezione di controllo medesima.

In particolare, a monte della sezione di controllo, lo scenario in caso di accadimento dell'evento T=50 sarà a tutti gli effetti identico a quello già previsto. Infatti la presenza del nuovo manufatto non altera in alcun modo le dinamiche di riempimento dell'area di laminazione; in misura del tutto analoga, non si alterano le portate defluenti dalla sezione di controllo, proprio in ragione del fatto che la luce libera è identica a quella del ponte esistente ed i livelli a valle sono gli stessi che si instaurano nello stato attuale per effetto dei rigurgiti indotti dalla Bevera.

A valle della sezione di controllo si può certamente affermare che l'opera in progetto non induce modifiche ai possibili scenari di allagamento che attualmente possono verificarsi nell'area su cui sorge il comparto industriale di Italforge in Comune di Sirone. Ogni scenario di funzionamento dell'area di laminazione non ha effetto alcuno sui livelli a valle della sezione di controllo in progetto, ambito che è esposto unicamente al rischio derivante dai rigurgiti del Fosso dei Pascoli per effetto della confluenza nella Bevera.

7. CONCLUSIONI

Il presente documento trae origine dalla relazione generale allegata allo studio denominato *“Redazione del modello di calcolo e gestione dell’opera da realizzare nell’ambito dei lavori di sistemazione idraulica del torrente Bevera e Gandaloglio – 1°Lotto”* commissionato dal Comune di Oggiono agli scriventi per inquadrare lo scenario di stato attuale e le modalità di regolazione dello sbarramento che alimenterà l’area di laminazione. Ai fini del presente progetto la modellazione effettuata ha permesso di verificare la quota sommitale dei rilevati arginali sud e nord nei confronti di un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno cinquantennale.

Le analisi condotte nell’ipotesi che, in corrispondenza del ponte di via dell’Industria lungo il fosso dei Pascoli, il deflusso delle acque sia regolato in modo autonomo, in funzione delle condizioni di rigurgito che si producono in corrispondenza della confluenza tra il torrente Bevera ed il torrente Gandaloglio, ha permesso di fissare il limite raggiunto dal volume di piena internamente all’area di allagamento. Tale quota, corrispondente a 265,20 m s.l.m., conferma le previsioni del progetto preliminare che fissava a 265,43 m s.l.m. la quota del coronamento arginale. Alla luce di tale risultato si è quindi deciso di dare spazio alla formazione di una soglia di sfioro che avesse come quota di imposta il limite raggiunto dal livello idrico in vasca e che potesse funzionare nel range residuo di circa 23 cm fino al raggiungimento della quota sommitale, per scaricare una portata massima di 1,5 mc/s verso l’area della “Poncia” in modo controllato, circoscritto, e solo al superamento dell’evento teorico cinquantennale.

In una seconda fase, partendo da un dtm realizzato ad hoc per la porzione di reticolo che attraversa l’area del Golf Club sono stati indagati diversi scenari con l’obiettivo di verificare se vi fossero conseguenze, in termini di riduzione delle aree allagate, dalla realizzazione dell’area di laminazione. Partendo da una simulazione dello stato di fatto, in assenza di vasca di laminazione, è stato successivamente simulato lo stato di fatto dell’area Golf a completa realizzazione dell’area di laminazione e, in un successivo step, anche lo scenario conseguente alla sostituzione di tutte le tombature interne a tale area, attualmente ampiamente insufficienti. Ciò che emerge dalle simulazioni condotte relativamente a tale ambito è che la realizzazione dell’area di laminazione recita un ruolo determinante per la riduzione degli allagamenti interni a tale contesto. Il completo contenimento dell’onda di piena all’interno della vasca in progetto elimina infatti la possibilità di una tracimazione diffusa lungo il confine con la “Poncia” che, unita agli apporti provenienti dal Comune di Annone, si traduce in un idrogramma non compatibile con il reticolo di valle. Gli ulteriori interventi di adeguamento delle tombature

interne all'area Golf migliorano ulteriormente le condizioni di deflusso, garantendo una riduzione aggiuntiva delle aree allagate anche per eventi che possono comportare l'innescio dello sfioro previsto in progetto in corrispondenza dell'argine nord della "Poncia".

Qualora si procedesse invece al solo adeguamento del reticolo e delle tombinature interne all'area del Golf in assenza della vasca di laminazione, si assisterebbe certamente ad un miglioramento rispetto allo stato attuale, ma certamente inferiore a quello prodotto dalla sola realizzazione dell'area di laminazione.

Il progetto recepisce la richiesta di inserire una sezione di controllo che regoli le portate defluenti verso il fosso dei pascoli di direzione del ponte di via dell'Industria e quindi alla confluenza con la Bevera, senza alterare le condizioni di rischio attuali nel comparto industriale del Comune di Sirone.

Milano, agosto 2018

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI S.R.L.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

Dott. Geol. Paolo Dal Negro

HA COLLABORATO

Dott. Ing. Giancarlo Garbin
