

Dott. ing. Enrico Corinaldesi

Dott. ing. Paolo Leoni

Studio di Ingegneria Civile Idraulica
Via Montello,83 - 25128 Brescia
tel/fax 030391108 cell.3398876149
e-mail ingenricocorinaldesi@gmail.com
enrico.corinaldesi@unibs.it
PEC enrico.corinaldesi@ingpec.eu
Numero iscrizione Ordine degli ingegneri A2096

Studio di Ingegneria Civile Idraulica
Via Romanino 12 – 25018 Montichiari (BS)
tel.Cell. 333/6634711
e-mail: info@paololeoni.it
paolo.leoni@unibs.it
PEC paolo.leoni@ingpec.eu
Numero iscrizione Ordine degli ingegneri A6548

**VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INTERVENTO DI
RIQUALIFICAZIONE E CAMBIO DESTINAZIONE D'USO,
DI UN LOTTO UBICATO PRESSO S.P.28 IN COMUNE DI LONATO**

Brescia lì, 08/11/2024

Committente
Ammitt S.r.l.

Progettisti	
 Dott. ing. Enrico Corinaldesi	 Dott. ing. Paolo Leoni

INDICE

1	Introduzione	3
2	Ambito territoriale	6
3	Consultazione Quadro Normativo	9
4	Identificazione del rischio idraulico	13
5	Compensazione dei volumi di esondazione	24
6	Invarianza idraulica	26
7	Valutazione della compatibilità idraulica	38
8	Conclusioni	41
Allegati		42

1 INTRODUZIONE

In relazione all'incarico ricevuto da Ammit S.r.l., si redige la presente relazione richiesta dall'Amministrazione Comunale di Lonato del Garda e finalizzata a verificare la compatibilità idraulica dell'intervento edilizio previsto.

L'area di intervento ricade nella classificazione PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni) e si colloca in una classe di pericolosità idrogeologica RSP (Reticolo Secondario di Pianura) con scenario frequente (H) di tipo P3. Questa classificazione implica un elevato rischio di allagamento, richiedendo un'analisi approfondita delle condizioni idrauliche e delle eventuali misure di mitigazione necessarie.

L'intervento in oggetto consiste in una richiesta di SUAP (Segnalazione Unica di Attività Produttive) per la riqualificazione e cambio di destinazione d'uso di un lotto ubicato presso la S.P. 28 nel Comune di Lonato del Garda (BS), riguardante una superficie di circa 2,450 mq. L'area in oggetto è identificata catastalmente al N.C.T. Fg. 15, Mapp. 117, 225 e 116.

Il progetto in esame si colloca nella casistica di "Ristrutturazione con cambio di destinazione d'uso" e prevede la miglioria e la riqualificazione degli edifici esistenti, nonché l'aumento di area pavimentata esterna che sarà adibita alla movimentazione di mezzi.

L'area risulta confinata fisicamente da due infrastrutture lineari: la SP28 a ovest e la Roggia Lonata, situata a circa 550 metri a nord. L'esposizione al rischio idraulico dell'area in oggetto è dovuta alla presenza della Roggia Lonata, che svolge una importante funzione idraulica sul territorio per scopi principalmente irrigui.

Va sottolineato che tale corpo idrico è fortemente artificializzato e regimato per la sua promiscua funzionalità di canale di scolo ed irriguo; tale fatto rende di difficile definizione il valore delle portate di piena.

La presente relazione idraulica definisce il livello di rischio idraulico e le misure di salvaguardia che verranno previste per mitigare il rischio di danni a beni e strutture e/o per consentire la facile evacuazione dell'area inondabile.

Inoltre, è importante sottolineare che la Roggia Lonata risulta relativamente distante dall'area di intervento (circa 550 metri) e che l'area di interesse è praticamente pianeggiante ed quasi interamente agricola.

Nello svolgimento del lavoro si è fatto preciso richiamo ad alcune normative e direttive di riferimento per gli studi di compatibilità idraulica, come, ad esempio:

- La Direttiva contenente i “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico”, approvata dall’Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione n.2/99 del 11 Maggio 1999, aggiornata con deliberazione n°10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006.
- L’Allegato 4 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616, riguardante l'aggiornamento dei criteri e degli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, come previsto dall'articolo 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con la D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566, e successivamente modificati con la D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

Non è stata condotta una modellazione idraulica dell’area poiché, secondo quanto stabilito nell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011, per gli interventi minori come quello in esame non è necessario procedere con tale schematizzazione.

Questo è dovuto al fatto che le opere previste non comportano un incremento significativo delle superfici impermeabilizzate né delle portate di deflusso.

Le attività compiute possono essere sinteticamente illustrate come segue:

- Sopralluogo di campagna e rilievo plano-altimetrico dell’area dell’intervento;
- Consultazione della documentazione di carattere idraulico ed idrologico, inerente il corso d’acqua Roggia Lonata, per la determinazione della piena di progetto: in particolare del PGT comunale e dei piani PAI e PGRA;
- Valutazione delle misure di mitigazione del rischio idraulico secondo quanto previsto dalle norme tecniche del PGT.

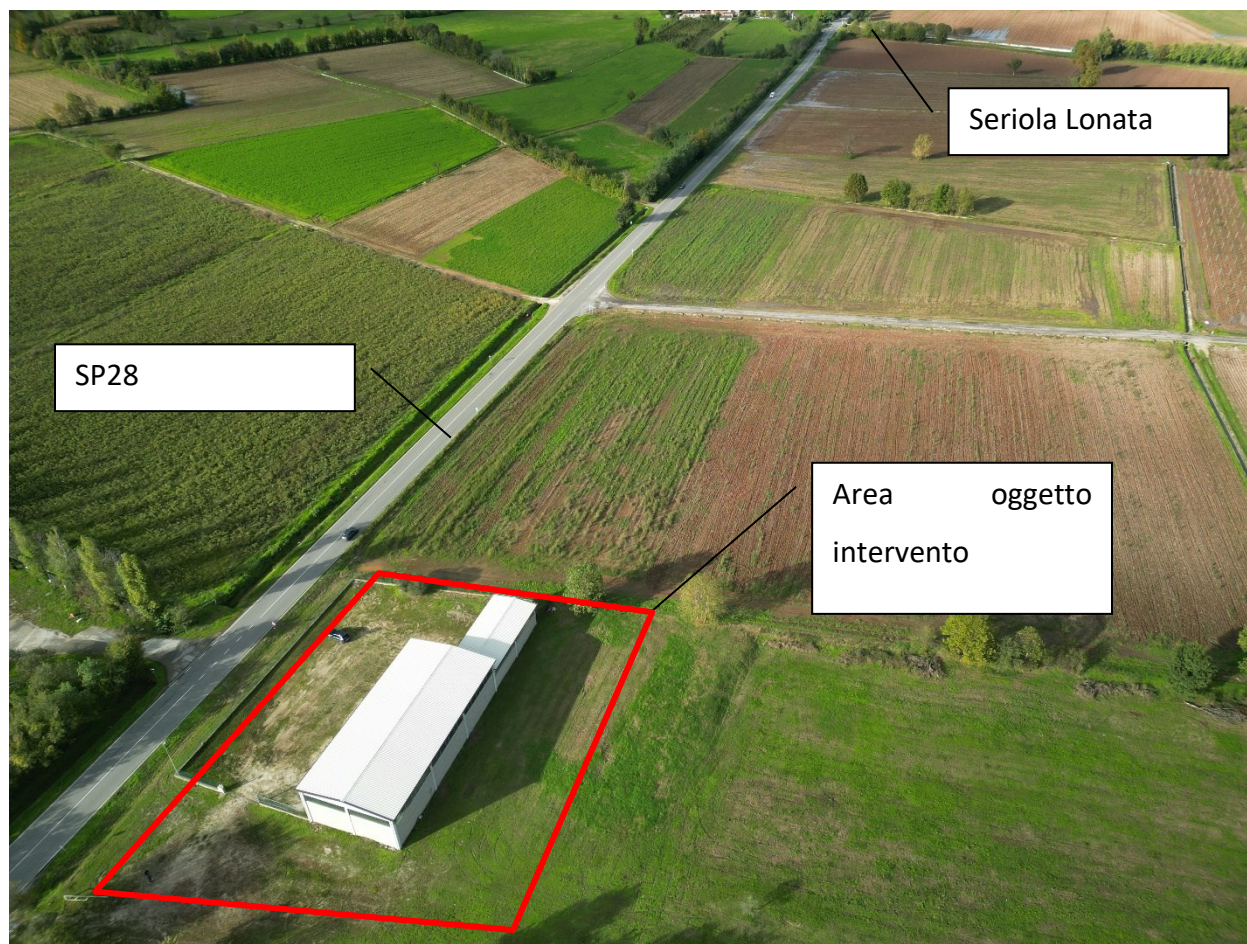


Figura 1 - Vista aerea dell'area

2 AMBITO TERRITORIALE

L'area di intervento che, come detto, si estende per circa **2.450 m²**, è caratterizzata da una morfologia subpianeggiante e presenta una varietà di infrastrutture lineari limitrofe. Attualmente, la conformazione relativa all'uso del suolo si presenta come riportato all'All. n°8.

L'area è ubicata ad una quota media di circa **148 m.s.l.m.** (All. n°2) risulta confinata a ovest dalla SP28 e a nord dalla Roggia Lonata, situata a circa 550 metri di distanza.

Questa roggia appartiene al reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP) ed è cartografata (P.G.R.A.) come parzialmente interessata da un rischio di alluvione frequente, classificata con pericolosità **P3H** e rischio idraulico **R2/R3** (All 6 e 7). La Roggia Lonata ha origine dal fiume Chiese in località Cantrina di Bedizzole e riceve, lungo il suo percorso, apporti esterni naturali, con varie derivazioni irrigue che hanno origine dalla roggia stessa.

Il tempo di ritorno della piena di riferimento è quello corrispondente allo scenario frequente (H = high), come definito nel P.G.R.A., con eventi classificati probabilisticamente compresi fra **20 e 50 anni**.

La Roggia Lonata nasce come vettore artificiale asservito all'irrigazione ed è pertanto regolato; tuttavia, riceve apporti di colatori naturali che drenano significative porzioni di territorio. Il sopralluogo eseguito, in prossimità della località Pontezzocco, ha rilevato la confluenza del **Torrente Reale** nella Roggia Lonata.

Il torrente Reale, nella sua parte terminale prima dell'immissione nella roggia, ha una sezione rettangolare con una larghezza di base di circa **2,0 m** e una profondità pari a circa **1,30 m**.

Si segnala che il consorzio "**Consorzio di Bonifica Chiese - Comprensorio n° 7**", Ente al quale la Roggia Lonata compete ha programmato, in attesa di finanziamento e nel prossimo futuro, la realizzazione di opere tese a risolvere le problematiche connesse agli allagamenti dovuti all'esondazione della roggia stessa.

Tali opere si concretizzeranno nella costruzione di un canale scolmatore in prossimità della confluenza con il torrente Reale, oltre alla realizzazione di una vasca di laminazione in località Pontezzocco. Non si è a conoscenza della consistenza di tali opere e delle tempistiche di esecuzione delle stesse; pertanto, allo stato attuale, si prende atto che un'ampia fascia del territorio è soggetta a sommersione idraulica anche per eventi pluviometrici classificati come non eccezionali.

I seguenti allegati sono stati utilizzati per supportare la presente analisi:

ALL.1 - Sfondo Google

ALL.2 - Sfondo DBT

ALL.2_1.25000 - Sfondo DBT

ALL.3 - Foto aerea (G.A.I. 1954 - SIT LOMBARDIA)

ALL.4 - Foto aerea (G.A.I. 1998 - SIT LOMBARDIA)

ALL.5 - Fasce PAI

ALL.6 - PGRA (Pericolosità)

ALL.7 - PGRA (Rischio)

ALL.8 - DUSAF

ALL.9 - Percorso Roggia Lonata



Figura 2 - Inquadramento dell'area oggetto di interesse nel Comune di Lonato



Figura 3 - Inquadramento idrografico dell'immissione del torrente Reale nella Roggia Lonata.

3 CONSULTAZIONE QUADRO NORMATIVO

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA) è stato adottato il 17 dicembre 2015 e successivamente approvato il 3 marzo 2016. La sua pubblicazione ufficiale è avvenuta con il DPCM del 27 ottobre 2016. Il PGRA è un documento fondamentale per la pianificazione e la gestione del rischio alluvioni, essendo parte integrante della normativa italiana per la gestione delle risorse idriche e la protezione civile.

Questo piano identifica le aree potenzialmente esposte a pericolosità alluvionali e stima il grado di rischio per gli elementi presenti in tali aree. Propone, inoltre, misure di riduzione del rischio suddivise in categorie di prevenzione, protezione, preparazione e analisi, da attuare in modo integrato e coordinato.

Le aree allagabili sono classificate in tre scenari di pericolosità:

- **Aree P3/H:** interessate da alluvioni frequenti;
- **Aree P2/M:** interessate da alluvioni poco frequenti;
- **Aree P1/L:** interessate da alluvioni rare.

L'area oggetto di studio ricade interamente nel comune di Lonato (BS) in un'area classificata come interessata da alluvioni frequenti (P3/H).

La classificazione P3 indica una pericolosità elevata per eventi di alluvione, corrispondente a un tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni. Ciò significa che in un'area classificata come P3, si prevede che si verifichi un evento di alluvione con una probabilità di ritorno in questo intervallo di tempo.

Ambito territoriale RSP

- | | |
|---|--|
|  | Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (Aree P3/H) |
|  | Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (Aree P2/M) |
|  | Aree classificate a rischio elevato R3 su RSP all'interno delle quali il Comune è tenuto ad effettuare una valutazione dettagliata della pericolosità e del rischio locale (§. 3.3.4 della D.G.R. n. X/6738/2017). |

Figura 4 - Stralcio della “Carta PAI-PGRA” (SG Tav. 14 – Dicembre 2019), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell’area d’interesse.

3.1 PGT comunale

Il Comune di Lonato del Garda ha recepito le mappe del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) nel 2019, integrandole nel proprio Piano di Governo del Territorio (PGT). Questo aggiornamento ha permesso di allineare la pianificazione comunale alle direttive regionali e nazionali in materia di gestione del rischio idraulico.

Nel 2019, il Comune ha aggiornato il PGT per includere le aree identificate dal PGRA come soggette a rischio alluvionale. Questo ha comportato la revisione delle normative urbanistiche locali, introducendo specifiche misure di prevenzione e mitigazione del rischio idraulico nelle zone classificate come P3, R3, RSP.

Le mappe aggiornate del PGRA, integrate nel PGT, sono disponibili per la consultazione pubblica. È consigliabile esaminare queste mappe per comprendere le specifiche restrizioni e linee guida applicabili all'area di interesse.

Gli interventi in queste aree devono rispettare le indicazioni fornite dal PGRA, garantendo che le modifiche apportate al territorio non aumentino il rischio di allagamenti.

È essenziale implementare misure di mitigazione del rischio idraulico, come sistemi di drenaggio e vasche di laminazione, in conformità con le disposizioni del PGRA. Per questo motivo è necessario redigere uno **Studio di Compatibilità Idraulica** che dimostri come l'intervento proposto rispetti le normative vigenti e non aggravi la situazione preesistente.

Tuttavia, sullo stesso elaborato sono inoltre indicate, lungo il Reticolo Secondario di Pianura – RSP, le aree classificate a rischio elevato R3 nelle mappe di rischio del PGRA, all'interno delle quali il **Comune è tenuto ad effettuare una valutazione dettagliata** della pericolosità e del rischio locale, come indicato nel par. 3.3.4 dell'Allegato A alla D.G.R. n.X/6738/2017.

È fondamentale sottolineare che lo studio di compatibilità idraulica realizzato dal privato ha un obiettivo specifico e un ambito di applicazione ben definito. Esso non può sostituire, né deve replicare, lo studio idraulico più ampio e dettagliato che il Comune di Lonato del Garda è tenuto a produrre.

Lo studio di compatibilità idraulica relativo all'intervento preso in considerazione si basa su dati specifici relativi all'intervento proposto e si valuta su una valutazione dei volumi e delle portate locali, ma non include la modellazione complessiva del sistema idraulico. Il lavoro mira, pertanto, ad indicare le opere di riduzione del rischio idraulico, non potendosi agire sulla causa del problema.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico superficiale, come riportato nella “Carta delle Fasce di Tutela del Reticolo Idrico” (RIM Tav.3/a; Fig. 3), si segnala la presenza, in adiacenza al confine meridionale del lotto di interesse progettuale, di un tratto di corso d’acqua appartenente al Reticolo Idrico Minore di competenza consortile (denominato “Roggia Lonata – 1° comizio”; codice RIM: 5.5).

In merito si specifica che le opere idrauliche progettuali non interferiscono con tale elemento idrografico e non rientrano all’interno della fascia di tutela per esso istituita.

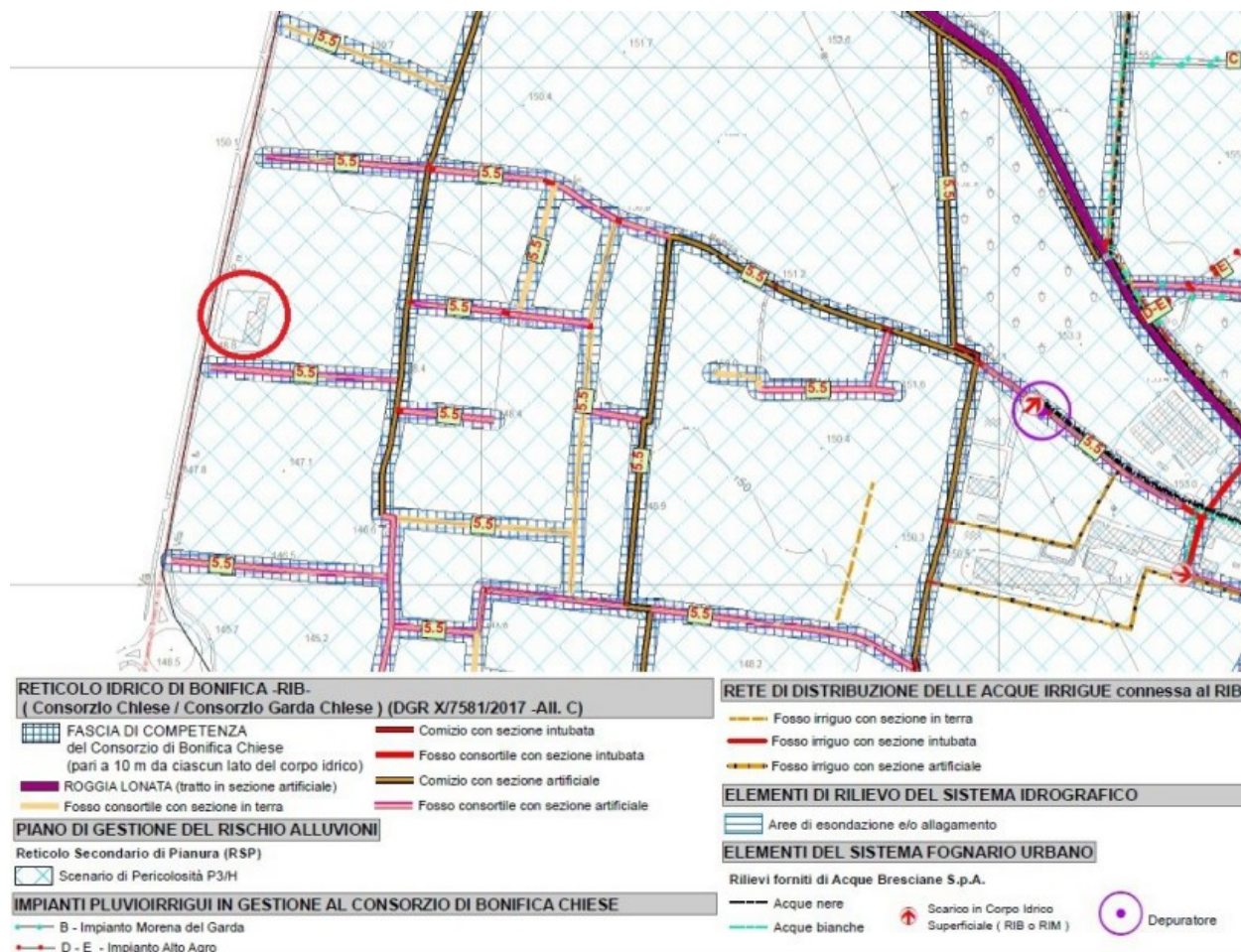


Figura 5 - Stralcio della “Carta delle fasce di tutela del Reticolo Idrico” (RIM Tav. 3/a), allegata al Documento di Polizia Idraulica del Reticolo Idrico Minore comunale, con ubicazione dell’area d’interesse.

4 IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Con lo scopo di definire più nel dettaglio il reale rischio idraulico atteso per le edificazioni previste in progetto, e quindi delineare le opere di salvaguardia da porre in atto, si è eseguito un rilievo topografico dell'area di intervento, punto di partenza per la correlazione delle quote idrometriche ottenute dalle analisi e calcolazioni che si espliciteranno nel seguito con la fascia di esondazione rappresentata dal P.G.R.A.

La fascia probabilistica indicata dal P.G.R.A. classifica gli eventi che provocano la sommersione areale compresi fra $T_r = 20$ e $T_r = 50$ anni; è lecito, pertanto, identificare con $T_r = 50$ anni il limite estremo dell'area allagabile.

Si è quindi proceduto, per il calcolo delle piene probabilistiche e con il fine della verifica idraulica delle sezioni, con l'eseguire una correlazione indiretta partendo dalle curve di possibilità pluviometrica identificative del regime idrologico della zona.

Un calcolo rigoroso delle portate di piena presupporrebbe la definizione del bacino idrografico sull'intera asta del corso d'acqua, con la definizione delle varie immissioni/derivazioni, dei programmi e metodologie di parzializzazione delle portate sulle opere di regolazione, ecc., e quindi un rilievo ed uno studio a scala decisamente più ampia, che esula dall'incarico conferito. Tuttavia, come si riporterà più nel dettaglio in seguito, le analisi e verifiche esperite sono giunte a risultati analogamente soddisfacenti.

Le curve di possibilità pluviometrica sono descritte dalla funzione:

$$h = a \cdot t^n$$

ove:

- h = altezza di pioggia in mm,
- t = durata di pioggia in ore,
- a e n = parametri della curva da determinarsi in base alle caratteristiche pluviometriche della zona.

Per il presente lavoro si è fatto riferimento ai tempi di ritorno $T_r = 20-50-100-200$ anni.

Si presume pertanto che le portate della Roggia Lonata (canale di origine artificiale, ma che drena significative porzioni di bacini naturali – torrente Reale) siano contenute nel proprio alveo sino alla portata relativa all'evento con tempo di ritorno **$T = 20$ anni**.

Le curve di possibilità pluviometrica sono state calcolate secondo i parametri forniti da A.R.P.A. Lombardia (SIDRO).

T ritorno	Tpioggia > 1 ora		Tpioggia < 1 ora	
	a	n	a	n
T = 20 anni	46,20	0,2675	46,20	0,50*
T = 50 anni	54,10	0,2675	54,10	0,50*
T = 100 anni	60,20	0,2675	60,20	0,50*
T = 200 anni	66,50	0,2675	66,50	0,50*

* esponente raccomandato da R.L.(DELIBERAZIONE N° X / 6829 Seduta del 30/06/2017-All.G)
per piogge di durata inferiore all'ora.

A tali curve corrispondono, per le diverse durate, le altezze di pioggia riportate nella seguente tabella:

Durata tp > 1 ora	T20	T50	T100	T200
1 h	46,20	54,10	60,20	66,50
3 h	61,98	72,58	80,77	89,22
6 h	74,61	87,37	97,22	107,39
12 h	89,81	105,17	117,02	129,27
24 h	108,11	126,59	140,86	155,61
Durata tp < 1 ora				
15'	23,10	27,05	30,10	33,25
20'	26,66	31,22	34,74	38,37
30'	32,67	38,25	42,57	47,02
45'	40,01	46,85	52,13	57,59
1 h	46,20	54,10	60,20	66,50

Si è proceduto quindi al calcolo della portata che può essere contenuta nell'alveo della roggia Lonata in corrispondenza della confluenza con il torrente Reale.

Al fine della verifica delle sezioni idrauliche si è adottata la logica semplificazione di moto uniforme; infatti il tracciamento dei profili di moto permanente non ha, per il caso in esame, alcuna valenza sostanziale viste le numerose variabili in gioco e la cui definizione, come detto, esula dal presente incarico.

La scelta di adottare l'ipotesi di moto uniforme, oltre a semplificare notevolmente la formulazione analitica, compendia errori che risultano sostanzialmente poco significativi e quindi accettabili.

Partendo da questa ipotesi fondamentale, si sono calcolate le grandezze fisiche proprie del moto uniforme mediante l'uso della formula di Chèzy che ha l'espressione di seguito riportata:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

con:

- Q = portata (m^3/s)
- A = area della sezione liquida (m^2)
- R = raggio idraulico (m)
- i = pendenza del fondo
- C = coefficiente di Chèzy, caratterizzante la scabrezza dell'alveo.

L'espressione adottata per quantificare l'indice di scabrezza sopra citato risulta essere quella di Strickler e cioè:

$$C = k_s \cdot R^{1/6}$$

con:

- R = raggio idraulico (m)
- k_s = coefficiente di Strickler Si è posto pari a:

$k_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per la sezione trapezia in calcestruzzo;

$k_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per la sezione rettangolare in calcestruzzo (immissione del torrente Reale);

$k_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per la sezione naturale di allagamento dell'area inerente l'intervento

I risultati ottenuti, con riferimento ad alcune sezioni di riferimento, hanno il seguente significato dei simboli:

- (h_0) = altezza di moto uniforme (calcolata dal punto più basso della sezione – in questo caso il fondo dei corsi d'acqua -Roggia Lonata – torrente Reale).
- (k) = altezza critica della corrente
- (V_0) = velocità media della corrente relativa al moto uniforme
- (Q_{max}) = portata massima convogliabile nella sezione (per la roggia Lonata pari a $Q=18,2 \text{ m}^3/\text{s}$ nella sezione trapezia prima dell'intersezione con il torrente Reale).

Tr=50 anni							
Tratto	Pendenza m/m	Q max Portata massima m^3/s	Altezza di moto uniforme m	Velocità m/s	Tipologia di sezione	Altezza critica m	tipo di corrente
Roggia Lonata prima dell'intersezione con il Torrente Reale	0,0007	18,2	1,80	1,94	trapezia	1,29	lenta
Sez. torrente Reale	0,005	7,4	1,20	3,08	rettangolare	1,12	lenta
Roggia Lonata DOPO l'intersezione con il Torrente Reale	0,0007	25,6	2,47	0,54	trapezia	1,59	lenta

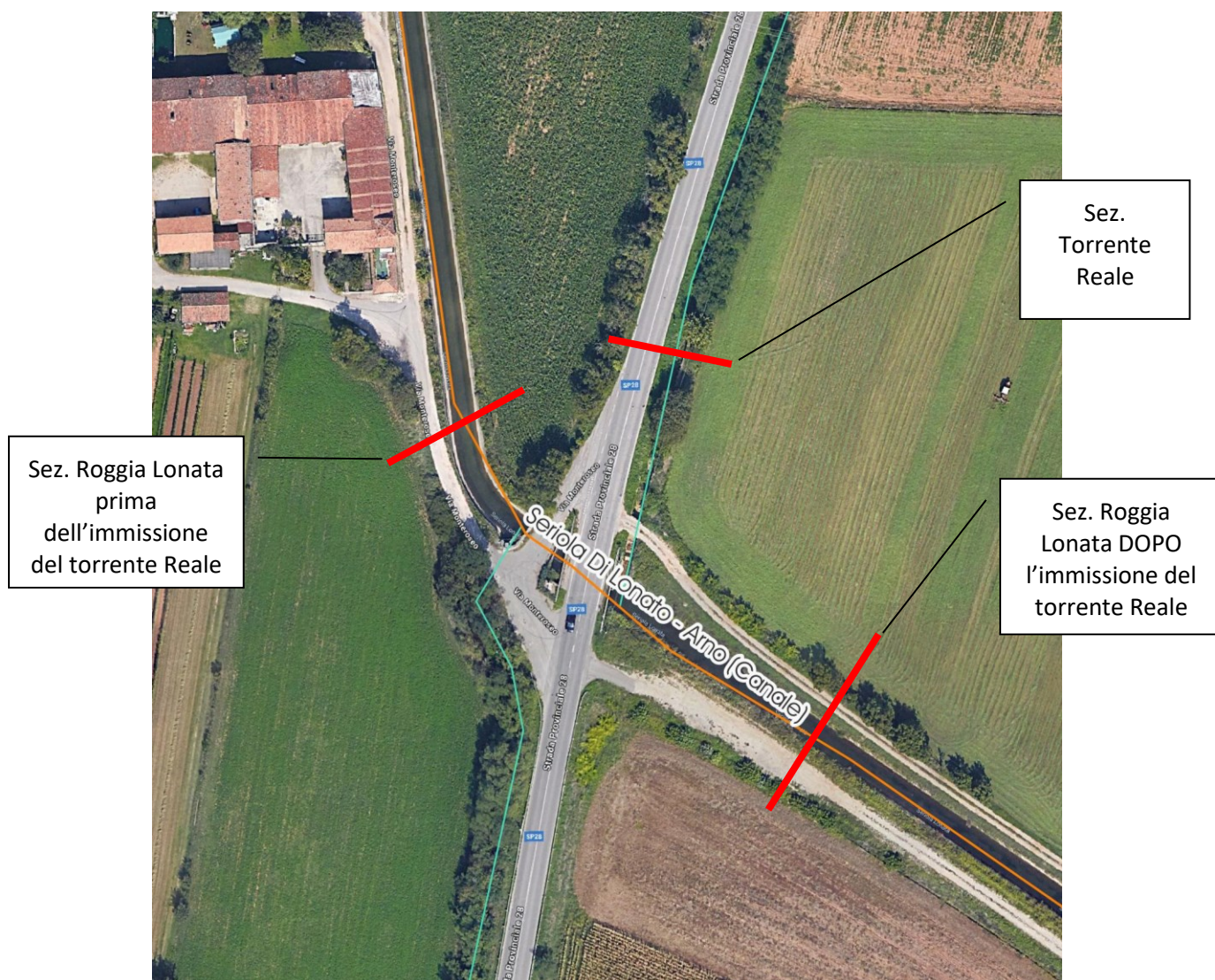


Figura 6 - rappresentazione grafica che descrive il nodo idraulico di connessione tra la Roggia Lonata e il torrente Reale

Il commento ai risultati della tabella sopra riportata è così, di seguito, riassunto.

- Da quanto desumibile dalla delimitazione dell'allagamento indicato dal P.G.R.A., l'insufficienza idraulica del territorio in esame inizia, in modo significativo, nell'intorno dell'immissione del torrente Reale nella Roggia Lonata (in località Pontezzocco).
- In mancanza di uno studio più approfondito, si considera quale portata critica responsabile dell'esondazione quella risultante dalla somma delle due massime convogliabili dai corsi d'acqua in questione e cioè del torrente Reale prima dell'immissione nella Roggia Lonata e quella della roggia stessa, che presenta pressochè la medesima sezione idraulica in tutto il tratto analizzato.

- La portata massima è stata stimata pari a $Q = 25,6 \text{ m}^3/\text{s}$, che si indica come quella conseguente ad un evento pluviometrico con tempo di ritorno $T = 50$ anni.
- Al fine di contenere tale portata nella sezione trapezia della Roggia Lonata si dovrebbero rialzare le sponde con un soprassoglio pari a $0,50 \text{ m}$.; ovviamente il sovrizzo dovrebbe essere esteso a tutto il tratto identificato come esondabile, peraltro già eseguito in alcuni punti della Roggia Lonata.

Vista l'impossibilità di intervenire su tale corso d'acqua (il tratto esondabile, si ripete, è già oggetto di attenzione nel programma futuro di intervento del "Consorzio di Bonifica Chiese - Comprensorio n° 7"), si prevede la difesa dei beni esposti mediante la realizzazione di un muro di cinta intorno all'edificio.

Si evidenzia che l'edificio risulta sprovvisto di piano interrato e situato in un punto altimetricamente più elevato rispetto all'area circostante (Tavola grafica 2 sezioni ambientali allegata).

La portata che può essere riversata al di fuori della sezione idraulica della Roggia Lonata durante un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno cinquantennale risulta quindi pari a circa

$$Q_{Tr=50 \text{ anni}} - Q_{\max} = 25,6 - 18,2 = 7,4 \text{ m}^3/\text{s}.$$

I dati probabilistici della pluviometria indicano uno scostamento dall'evento cinquantennale, in aumento, pari all'11,2% per l'evento con $Tr = 100$ anni e pari al 22,9% per quello con $Tr = 200$ anni.

Tali aumenti dei valori di pioggia sono stati linearmente traslati in termini di portata (in percentuale). La tabella seguente definisce le grandezze proprie del moto uniforme per le portate così definite, supponendo che la sezione idraulica sia ricettiva:

$$\begin{aligned} Q_{Tr=100 \text{ anni}} &= 28,5 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{Tr=200 \text{ anni}} &= 31,5 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

I valori di portata che possono essere riversati al di fuori della sezione idraulica della Roggia Lonata per i tempi di ritorno 100 e 200 anni sono:

$$\begin{aligned} Q_{Tr=100 \text{ anni}} - Q_{\max} &= 28,5 - 18,2 = 10,3 \text{ m}^3/\text{s}. \\ Q_{Tr=200 \text{ anni}} - Q_{\max} &= 31,5 - 18,2 = 13,3 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Tr=100 anni							
Tratto	Pendenza m/m	Q max Portata massima m ³ /s	Altezza di moto uniforme m	Velocità m/s	Tipologia di sezione	Altezza critica m	tipo di corrente
Roggia Lonata DOPO l'intersezione con il Torrente Reale	0,0007	28,5	2,60	0,58	trapezia	1,67	lenta

Tr=200 anni							
Tratto	Pendenza m/m	Q max Portata massima m ³ /s	Altezza di moto uniforme m	Velocità m/s	Tipologia di sezione	Altezza critica m	tipo di corrente
Roggia Lonata DOPO l'intersezione con il Torrente Reale	0,0007	31,5	2,65	0,59	trapezia	1,98	lenta

4.1 Analisi della propagazione delle piene della Roggia Lonata

Si analizzano le portate sfiorate dall'argine destro della Roggia Lonata per diversi tempi di ritorno, ovvero 50, 100 e 200 anni. Le portate considerate sono rispettivamente di 7,4 m³/s, 10,3 m³/s e 13,3 m³/s. La portata in eccesso si riversa in un'area allagabile situata in destra idrografica, caratterizzata da una pendenza di 0,007 m/m e da una larghezza di circa 500 metri. L'area è pianeggiante e quasi interamente adibita a coltivo, con un coefficiente di scabrezza (Strickler) $K_s=30m^{1/3}/s$.

Assumere che l'intera portata in eccesso venga sfiorata dall'argine destro per una lunghezza di 500 metri è un'ipotesi conservativa che include quindi un notevole margine di sicurezza. Tuttavia, tale ipotesi è giustificata anche dalla conformazione altimetrica dell'area che tende naturalmente verso sud con una pendenza media dello 0.007 m/m.

Una ulteriore semplificazione, nella trattazione della propagazione della piena, è dovuta alla semplificazione dell'area di allagamento. Infatti, si stima che l'intera portata si propaghi nell'area compresa tra l'intervento e la Roggia Lonata, per una estensione di circa 30 Ha.

Per determinare il tirante d'acqua (h) e la velocità del flusso corrispondenti alle tre portate di piena, si utilizzerà la già citata formula di Chèzy per il calcolo della velocità del flusso in un canale. Per applicare la formula di Chèzy all'area di allagamento, consideriamo l'area di allagamento come un canale a sezione trasversale rettangolare, con una larghezza di 500 m e un'altezza che può variare da 0 a 1 m.

In queste condizioni è possibile stimare la velocità ed il tirante dell'acqua per i tre diversi tempi di ritorno:

	Tr:50 anni	Tr:100 anni	Tr: 200 anni
Portata	7,4 m ³ /s	10,3 m ³ /s	13,3 m ³ /s
Tirante	3,3 cm	4,1 cm	4,8 cm
velocità	0,4 m/s	0,5 m/s	0,55 m/s

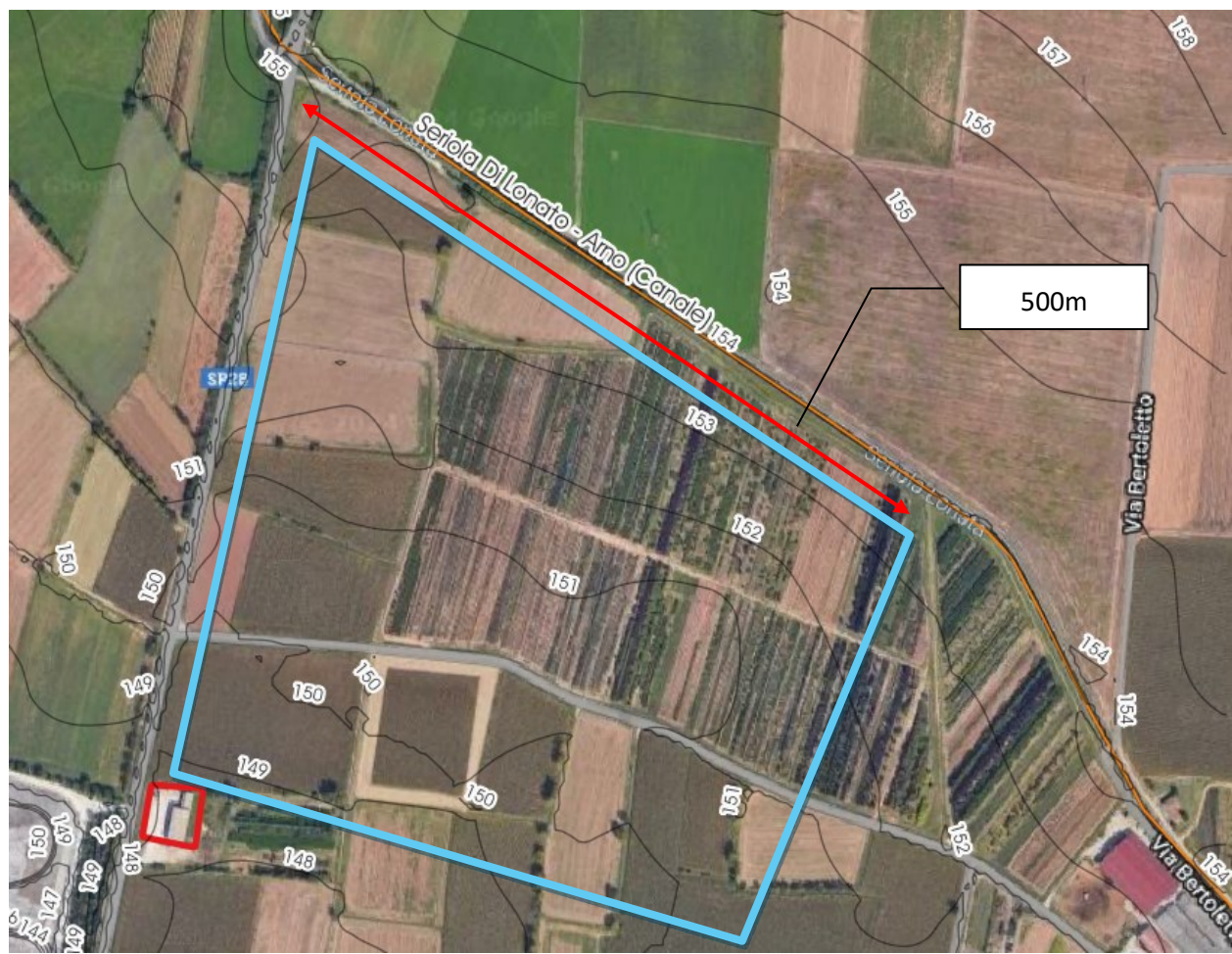


Figura 7 - individuazione dell'area allagabile



Figura 8 – sezione dalla Roggia Lonata all’area di intervento



Figura 9 – sezione dalla Roggia Lonata all'area di intervento

La Figura 8 e la Figura 9 mostrano l'andamento altimetrico dell'area di allagamento che si propaga in destra idrografica della Roggia Lonata e definiscono la pendenza media della zona in cui si possono propagare, da nord verso sud, le portate fuoriuscite dal corpo idrico analizzato.

Le altezze idrometriche ottenute con questa analisi sono tutte inferiori a 1,0 m. Nella sezione interessata dall'edificio si assume un valore di tirante idrico pari a **0,10 m**.

Le velocità medie sulle sezioni sono dell'ordine di **0,5-0,6 m/s**.

Con riferimento alla D.G.R. 30.11.2011 n°IX/2616 (par.3.4), la pericolosità idraulica viene definita indicativamente come nella tabella seguente (Figura 10).

In situazioni di emergenza, la gestione efficace dell'allerta e dell'evacuazione degli immobili è cruciale per ridurre i rischi associati a eventi di piena. Il tempo necessario per raggiungere un tirante di 10 cm nell'area allagabile varia significativamente in funzione della portata del flusso. Ad esempio, con una portata di $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$, il tirante potrebbe raggiungere questo livello in circa 67 minuti, mentre per una portata di $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$ il tempo si riduce a circa 48 minuti, e con $13,3 \text{ m}^3/\text{s}$ il raggiungimento del tirante avviene in soli **37 minuti**.

Queste stime, sebbene rivestano solamente un carattere indicativo, sono comunque fondamentali per l'implementazione di piani di evacuazione tempestivi e coordinati. Conoscere

in anticipo i tempi di allerta consente alle autorità locali di attivare le procedure di emergenza, avvisare i residenti delle aree a rischio e garantire che le persone possano mettersi in sicurezza prima che la situazione diventi critica. È quindi essenziale monitorare costantemente le condizioni meteorologiche e idrologiche per attivare le misure preventive necessarie e garantire la sicurezza delle comunità vulnerabili.

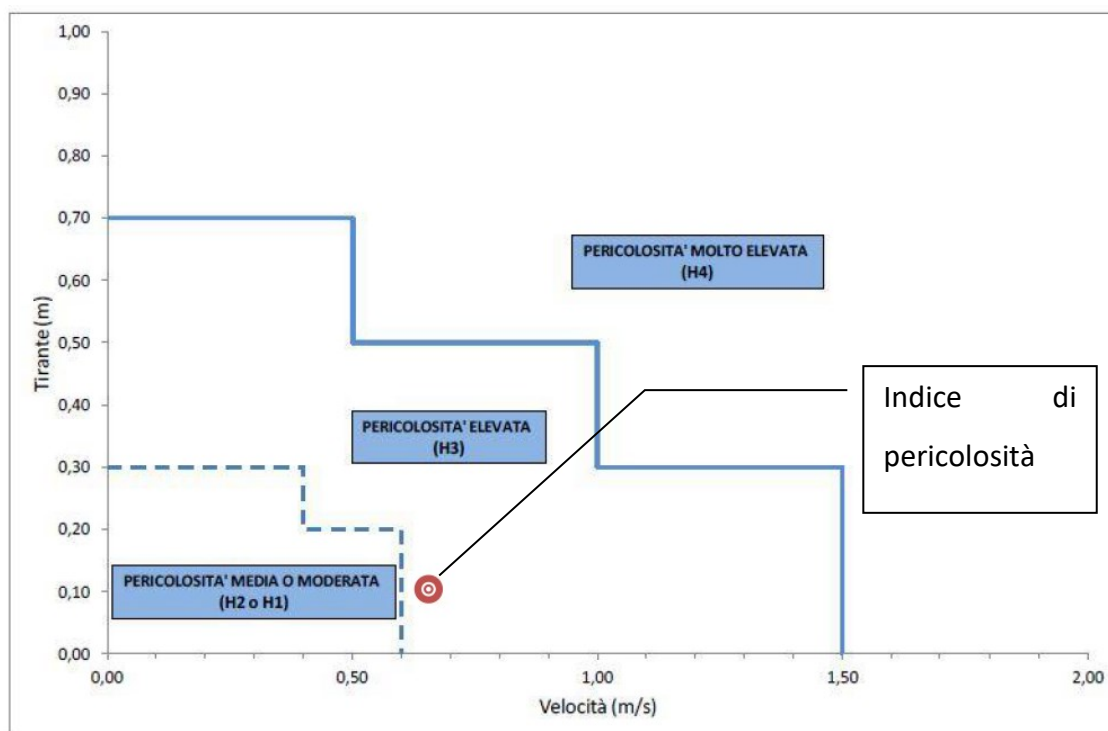


Figura 10 - matrice per la stima della pericolosità idraulica

5 COMPENSAZIONE DEI VOLUMI DI ESONDAZIONE

Sulla base dei risultati a cui è giunta l'analisi del rischio idraulico, si calcolano i volumi da reperire, all'interno del lotto, per compensare quelli sottratti alla laminazione delle piene dal nuovo edificio e le sue opere di difesa idraulica (muro di cinta in calcestruzzo).

In questo caso saranno considerate solo le aree occupate dall'edificio e dal parcheggio (in quanto protetto da un muro di cinta di altezza pari a 30 cm).

Per quanto riguarda le aree pavimentate esterne adibite a parcheggio e movimentazione mezzi, queste rimangono aree in cui la piena può continuare a propagarsi e quindi non andranno considerate nel calcolo del volume sottratto alla laminazione.

Il tirante idrico di riferimento per eseguire questa stima è stato assunto pari a 10 cm, mantenendo anche in questo caso un doveroso margine di sicurezza in quanto questo valore è superiore al valore stimato per eventi con tempo di ritorno duecentennale.

Volume sottratto allo spaglio ed alla laminazione per l'edificio:

- Superficie: 662,3 m²
- Battente idraulico: 0,1 m
- Volume sottratto = Superficie × Battente idraulico= 66 m³

Volume sottratto allo spaglio ed alla laminazione per il parcheggio recintato:

- Superficie: 1.008,4 m²
- Battente idraulico: 0,1 m
- Volume sottratto = Superficie × Battente idraulico= 101 m³

Tipologia	Superficie interventi (m ²)	Battente idraulico di piena (m)	Volume sottratto alla laminazione (m ³)
Edificio	662,3	0,1	66
parcheggio recintato	1.008,4	0,1	101

Alla luce dei calcoli effettuati, si è stimato che il nuovo intervento di ristrutturazione edilizia comporta una sottrazione complessiva di **167 m³** di volume alla laminazione delle piene, a causa delle aree occupate dall'edificio e dal parcheggio contornato dalla recinzione con fondazione muraria che funge da barriera idraulica e resa necessaria per aumentare la sicurezza idraulica.

I volumi sottratti saranno sommati a quelli definiti dai calcoli per il rispetto del principio di invarianza idraulica ai sensi del R.R. 7/2017 e s.m.i. (vedasi capitolo successivo).

In sintesi, l'integrazione dei volumi sottratti all'area di propagazione della piena e quelli necessari per il rispetto del principio di invarianza idraulica avverranno attraverso la definizione di una unica vasca di laminazione naturale, di dimensioni appropriate ed in grado di rispettare entrambe le esigenze idrauliche.

6 INVARIANZA IDRAULICA

L'invarianza idraulica rappresenta uno degli aspetti fondamentali nella progettazione di interventi soprattutto in aree soggette a rischio idraulico, come quella in esame.

L'obiettivo principale è garantire che le modifiche apportate al territorio non comportino un incremento delle portate d'acqua in uscita rispetto alla situazione preesistente, evitando in tal modo il rischio di allagamenti nelle aree circostanti.

L'invarianza idraulica si riferisce alla capacità di un'area di mantenere le stesse condizioni di drenaggio e deflusso delle acque meteoriche, anche dopo l'implementazione di opere di impermeabilizzazione come nuove pavimentazioni o edificazioni. Questo principio è essenziale per la gestione sostenibile delle risorse idriche e per la tutela della sicurezza idraulica.

La relazione di invarianza idraulica, redatta dal Geologo Niccolò Crestana e già in possesso della Committenza, stabilisce i criteri necessari per garantire il rispetto del principio normato dal R.R. 7/2017 e s.m.i. .

Le soluzioni indicate e proposte dal geologo includono:

1. Una rete di raccolta delle acque meteoriche costituita da una serie di tubazioni e caditoie che consenta una gestione efficace delle acque piovane, garantendo il deflusso controllato verso la vasca di laminazione;
2. Una vasca di laminazione naturale per compensare l'impatto delle nuove impermeabilizzazioni sul deflusso delle acque superficiali. Questa vasca ha lo scopo di trattenere temporaneamente le acque meteoriche durante eventi di pioggia intensa, e permettere un rilascio controllato dei volumi stoccati per non aggravare reti o infrastrutture idrauliche esistenti;
3. Un sistema di infiltrazione costituito da pozzi perdenti che consentano una gestione efficace delle acque piovane, facilitando lo smaltimento delle acque laminate e quindi lo svuotamento della vasca in cui le acque vengono riversate.

La relazione di invarianza idraulica redatta dal Geol. Niccolò Crestana non viene modificata in maniera sostanziale, ma viene integrata con maggiori informazioni alla luce di quanto contenuto nel presente studio di compatibilità idraulica.

Le soluzioni tecniche già proposte, quali le vasche di laminazione ed i sistemi di drenaggio e infiltrazione, rimangono valide e rappresentano un approccio efficace per garantire il rispetto del

principio di invarianza idraulica, visto anche nell'ottica dell'ottimizzazione del rapporto costi/benefici.

Le modifiche ed integrazioni specifiche rispetto a quanto contenuto nella suddetta relazione di invarianza idraulica saranno riportate in questa relazione ed in una tavola grafica, che illustrerà dettagliatamente le variazioni proposte e le caratteristiche delle opere da realizzare. Questo approccio garantirà non solo la coerenza con le normative vigenti, ma anche una gestione ottimale delle acque superficiali, contribuendo così alla sicurezza idraulica dell'area interessata. Si riporta, per completezza di informazione, un estratto degli articoli del R.R. 7/2017, che definiscono gli obbiettivi dettati dalla suddetta normativa.

Art.1 – Oggetto ed ambito di applicazione

1. *“.....Al fine di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico.....”.*

2. *“Il presente regolamento definisce, altresì: a) ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori, ai sensi dell'articolo 7;*

b) il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati, ai sensi dell'articolo 8.....”.

3. *“Non sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica di cui al presente regolamento gli interventi che comportano la demolizione parziale, esclusa quella fino al piano terra di cui all'articolo 3, comma 2, lettera b), e la ricostruzione o il ripristino o la sostituzione o la modifica o l'inserimento di elementi costitutivi che non comportano una maggiore superficie della proiezione sul suolo del filo esterno dell'edificio.”*

Art.2 – Definizioni

1a)*” invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione....”.*

1b)*” invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione...”.*

Art.3 – Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica

4. *“La riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all’urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l’intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione zero, preesistente all’urbanizzazione.*

Art.5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali

1. *“Il controllo e la gestione delle acque pluviali è effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l’infiltrazione, l’evapotraspirazione e il riuso.”*

2. *“La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un ricettore è dovuta in caso di capacità di infiltrazione dei suoli inferiore rispetto all’intensità delle piogge più intense. Il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili di cui all’articolo 8.”*

È evidente, dalla lettura dei precedenti articoli, quale sia il principio che governa "l'invarianza idraulica ed idrologica" e cioè essenzialmente garantire il concetto di non aggravio dei ricettori di valle rispetto alla condizione preesistente e, laddove possibile, favorire l'infiltrazione nel sottosuolo.

In questo caso:

- Le acque raccolte dall'invaso di laminazione saranno poi scaricate da una batteria di 5 pozzi perdenti in grado di garantire una portata di scarico pari a $Q_{inf\ totale} = 6,07\text{ l/s}$.
- Il dimensionamento delle opere di laminazione e smaltimento delle acque meteoriche è stato effettuato considerando la capacità dispersiva del terreno per infiltrazione nell'area occupata dall'invaso di laminazione che contribuisce in piccola parte allo smaltimento delle acque accumulate ($Q_{u,inf}=0,95\text{ l/s}$)
- La rete delle acque meteoriche che raccoglie le acque provenienti da tutte le superfici impermeabilizzate sarà costituita da tubazioni in PVC SN_4. Le acque meteoriche saranno in seguito recapitate in un vaso di laminazione di tipo verde a cielo aperto, posizionato a est della struttura in una zona altimetricamente già ribassata; per il dimensionamento delle opere idrauliche è stato considerato un evento meteorico corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 50 anni.

6.1 Individuazione ambito di intervento

Ai sensi della D.G.R. del 20 novembre 2017, n. 7372, e successive modifiche (Aprile 2019), il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. Ad ogni Comune è associata una criticità: A –alta criticità, B –media criticità, C –bassa criticità.

Il territorio di Lonato d/G ricade nella classe di **criticità media (criticità B)**.

L'intervento prevede le seguenti superfici impermeabili e/o semipermeabili, a cui si associa il corrispondente coefficiente di deflusso:

- Superficie complessiva aree trasformate: $3.075,1\text{ m}^2$
- Superficie impermeabile di progetto: $662,3\text{ m}^2$
- Superficie semi-permeabile di progetto: $2.412,8\text{ m}^2$ (di cui $1008,4\text{ m}^2$ recintati)

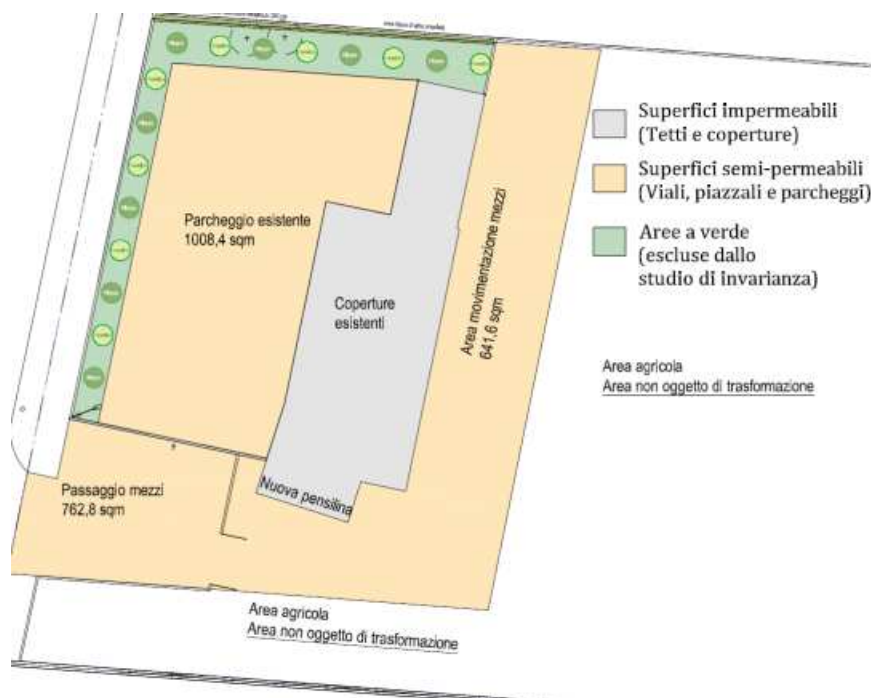


Figura 11 - Planimetria di progetto con individuazione delle superfici di trasformazione ovvero superfici impermeabili (grigio), semi-permeabili (arancio) e quelle escluse dallo studio di invarianza (verde e bianco).

Nello specifico, assumendo un coefficiente di deflusso pari a 1,0 per le parti considerate impermeabili (tetti e coperture), 0,7 per le superfici considerate semi-permeabili (viali, parcheggi e piazzali di manovra), e trascurando le aree a verde perché non rientrano all'interno dello studio di invarianza idraulica, si calcola, un coefficiente di deflusso medio ponderale pari a **0,764**.

La superficie scolante impermeabile equivalente, stimata sulla base di quanto riportato nell'art. 12 comma 2 del R.R. 8/2019 risulta pari a **2.349,4 m²**.

Di conseguenza, il volume minimo di laminazione d'invaso richiesto da normativa, utilizzando un valore parametrico 500 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile, per Aree B, sarà:

- $W_{\min} = 117,5 \text{ m}^3$ (W = volume requisito minimo).
- Per quanto riguarda la stima del volume, calcolata con il metodo delle sole piogge, il volume di laminazione stimato nella relazione di invarianza idraulica ed idrologica è stato stimato in **121 m³**.

6.2 Sistema di laminazione e dispersione

La relazione di invarianza idraulica ed idrologica prevede la realizzazione un sistema di immagazzinamento e dispersione e delle acque piovane mediante un sistema ibrido, costituito da un'area verde ribassata e pozzi filtranti.

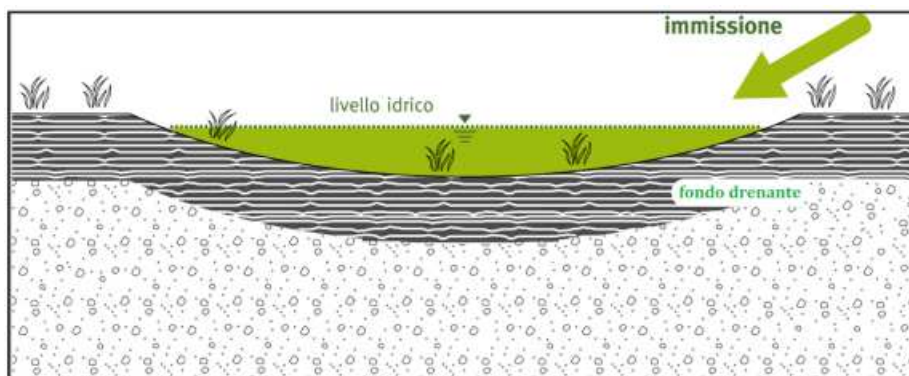


Figura 12 - schematizzazione dell'invaso di laminazione.

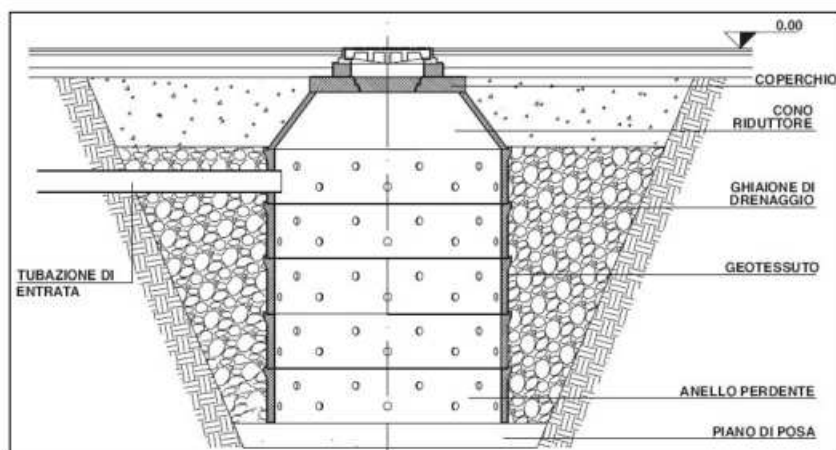


Figura 13 - schematizzazione del sistema di smaltimento per infiltrazione attraverso pozzi perdenti.

La relazione di invarianza idraulica e la relazione geologica allegate al progetto riportano dati significativi relativi alla permeabilità del suolo nell'area di intervento.

La circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla permeabilità delle unità idrogeologiche presenti.

In particolare, il lotto d'interesse è costituito in superficie da depositi di origine alluvionale, che sono permeabili per porosità e caratterizzati da una permeabilità complessivamente media.

È importante notare che potrebbero essere presenti orizzonti limoso-sabbiosi che ostacolano parzialmente la filtrazione idrica verticale.

Per la stima dei valori di permeabilità K, sono stati reperiti dati sia da letteratura, riguardanti le caratteristiche di permeabilità dei terreni, sia da stratigrafie di alcuni pozzi trivellati in aree limitrofe a quella di studio.

Sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai terreni presenti all'interno dell'area d'interesse possono essere attribuiti valori di permeabilità medio-alti, pari a $8,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^1$, con buone capacità di drenaggio.

Nel progetto di invarianza idraulica, si assumeranno questi valori come validi, con la scelta di applicare un coefficiente di sicurezza peggiorativo per la permeabilità, in considerazione del naturale fenomeno di intasamento progressivo dei granuli.

La portata scaricabile dall'invaso di laminazione per sola infiltrazione dal fondo della vasca **non risulta sufficiente** allo svuotamento dell'invaso nei tempi stabiliti dal Regolamento e per questo sarà necessario predisporre un sistema di **pozzi perdenti** che agevoleranno l'infiltrazione negli strati più profondi del sottosuolo.

Nel contesto della gestione delle acque meteoriche per l'intervento previsto, è stata adottata la soluzione di impiegare cinque pozzi perdenti (uno in più rispetto alla relazione di invarianza idraulica ed idrologica), ciascuno con una profondità di **3,5 metri** e di identico diametro. Questa decisione si basa su un'attenta analisi delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, che evidenziano la necessità di garantire un'efficace infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Dimensioni pozzo perdente			
Diametro interno pozzo	Di	2,0	[m]
Dreno esterno (spessore)	Dren	0,6	[m]
Altezza utile pozzo	Hi	3,5	[m]

La capacità di invaso di un pozzo perdente e dell'area occupata dai vuoti in cui esso è avvolto, equivale a $17,5 \text{ m}^3$ e, dai dati forniti relativamente alla permeabilità del suolo, la portata di smaltimento di ciascun pozzo **Q inf/cad. pozzo $\approx 1,2 \text{ l/sec}^2$** (ipotizzando un K di permeabilità ridotto del 50% rispetto ai dati forniti dalla relazione geologica allegata).

Tale valore dovrà necessariamente essere verificato, a scavo aperto, mediante prove di dispersione in sito per ogni pozzo previsto in progetto.

¹ Dato riportato nella relazione di invarianza idraulica del Geol. Crestana Niccolò

² da Stephens e Neuman (1982)

Si è deciso di predisporre la posa di 5 pozzi perdenti che garantiscono complessivamente un volume di laminazione aggiuntivo rispetto all'invaso di laminazione di **87 m³** ed una portata complessiva di infiltrazione pari a circa **6,07 l/s**.

La rete delle acque meteoriche che raccoglie le acque provenienti dalle superfici impermeabilizzate in progetto (coperture, piazzali e viabilità) è costituita, oltre che dai pluviali di pertinenza della copertura dell'edificio, da una serie di caditoie, collegate direttamente al sistema di collettamento e scarico terminale costituito da un **invaso di laminazione** di tipo "verde" a cielo aperto le cui dimensioni sono riportate in seguito:

Dimensioni esterne della vasca di laminazione			
Raggio	R	10	[m]
Altezza	H	1,0	[m]
Volume lordo di laminazione	W	270	[m ³]

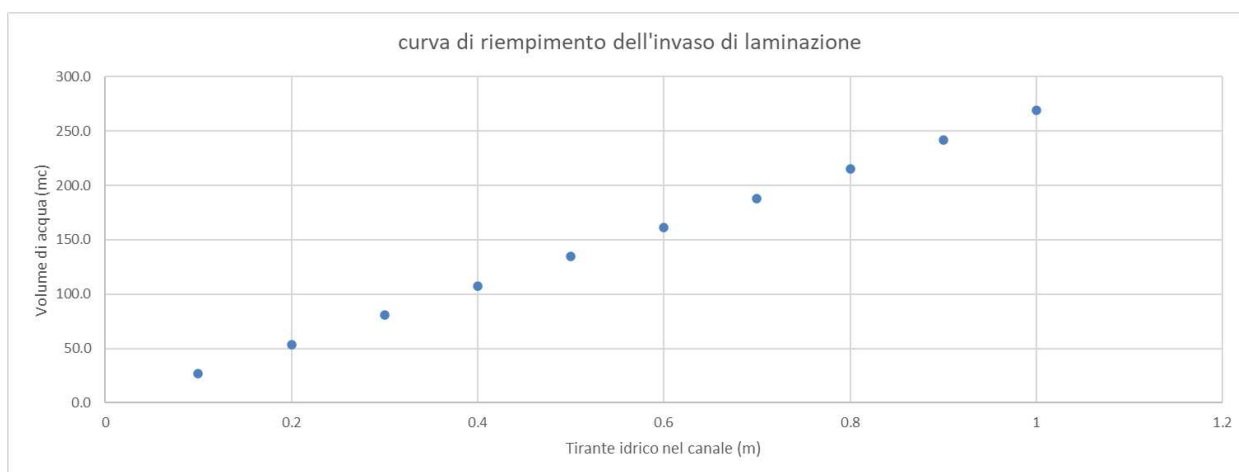


Figura 14 - curva di riempimento dell'invaso di laminazione

Di seguito, infine, sono riportati i volumi necessari per garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica oltre che per la compensazione dei volumi di esodo desunti dalla verifica di compatibilità idraulica:

Volumi Richiesti

Volume richiesto per il rispetto del principio di invarianza idraulica:	121 m ³
Volume richiesto per compensare i volumi sottratti alle aree di allagamento:	167 m ³
Volume totale richiesto:	288 m³

Volumi Ottenuti con le Opere Idrauliche

Volume fornito dai 5 pozzi perdenti:	87 m ³
Volume dell'invaso di laminazione di tipo naturale:	270 m ³
Capacità totale dei volumi progettati:	357 m³

Il volume totale di invaso derivante dalla realizzazione delle opere idrauliche previste in progetto supera le esigenze richieste, assicurando che il sistema possa gestire efficacemente le acque meteoriche e rispettare il principio di invarianza idraulica con un congruo margine di sicurezza necessario per sopperire alle numerose variabili contenute nelle calcolazioni.

In funzione del valore di portata uscente dall'opera di laminazione per effetto dello scarico nel sottosuolo per infiltrazione, il tempo di svuotamento risulta:

Tempo di ritorno	Tr		
Volume totale di laminazione	W ₀	357	[m ³]
Portata infiltrata massima	Q _{u,tot}	7.05	[l/s]
Tempo di svuotamento	t _{svuot}	14	[Ore]

È stato verificato che il tempo di svuotamento dei volumi immagazzinati non superasse le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità di laminazione il prima possibile secondo quanto richiesto dal Regolamento Regionale.

6.3 Descrizione della rete di drenaggio

Le aree coperte hanno pendenze diversamente orientate e quindi si prevede la raccolta dei pluviali dei tetti in linee dedicate in PVC SN4 dirette verso la rete fognaria di gestione e convogliamento delle acque meteoriche.

La rete di drenaggio delle acque meteoriche afferenti all'opera di laminazione è calcolata per eventi meteorici con tempo di ritorno **50 anni**.

I manufatti idraulici che compongono l'intera rete idraulica sono:

- caditoie con pozzetti in ghisa di classe D400.;
- tubazioni in PVC diametro variabile da 160 mm a 315 mm conformi alle norme tipo SN4 con rigidità minima anulare pari a 4 kN/m^2 ;
- batterie di pozzi drenanti in calcestruzzo prefabbricato ad anelli di altezza pari a 50 cm./cad., con rinfianco in ghiaia e tessuto non tessuto (TNT).

Le tubazioni saranno collegate tra loro mediante giunti a bicchiere ed anelli elastomerici, mentre gli innesti nei pozzetti saranno flessibili e a tenuta idraulica.

La verifica dei collettori è stata eseguita tramite il metodo cinematico lineare o metodo della corrivazione.

Dalle ipotesi del modello sopra descritte ne consegue che esiste un tempo di concentrazione, t_c caratteristico del bacino, che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

Aumentando la durata della precipitazione aumenterà, di conseguenza, l'area del bacino contribuente, fino al tempo di corrivazione, quando tutta la superficie del bacino sarà contribuente ovvero ogni goccia caduta nel bacino avrà raggiunto la sezione di chiusura.

Dato che usualmente l'intensità media di pioggia va diminuendo con l'aumentare della durata della stessa, come ampiamente dimostrato in letteratura idraulica, la portata critica per il bacino è quella risultante da una precipitazione di durata pari o superiore al tempo di corrivazione.

Il coefficiente di afflusso rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso ed il volume totale di pioggia caduta sul bacino.

Esso non è una costante del bacino ma varia da evento a evento secondo l'altezza totale di pioggia e l'iniziale stato di umidità del suolo.

Tuttavia, in fase di progettazione è opportuno fare riferimento a eventi critici che si manifestano con un'elevata umidità iniziale del suolo, infatti i valori del coefficiente di afflusso da letteratura idraulica sono cautelativamente riferiti a queste condizioni iniziali.

Tipologia superficie	Coefficiente di afflusso
Tetti con coperture metalliche o di lavagna	1,0
Pavimentazioni	0,7
Aree a verde	0,3

L'intensità critica di precipitazione, per il tempo di ritorno adottato, vale:

$$I_{cr} = a \cdot t_c^{n-1}$$

dove:

- a, n :coefficiente ed esponente della curva di possibilità pluviometrica;
- t_c :tempo di concentrazione del bacino.

La curva di possibilità pluviometrica adottata è quella indicata nella seguente tabella.

Stazione pluviometrica	Tempo di ritorno	Coefficiente a	Esponente n
Lonato	50 anni	54,1	0,26 ³

Per una fognatura urbana il tempo di concentrazione, t_c , può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulicamente più lungo della rete fognaria sino alla sezione di chiusura verificata; in particolare dopo aver individuato la rete fognaria sottesa alla sezione di chiusura e aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete.

La superficie scolante di progetto viene suddivisa in bacini e sottobacini afferenti a diverse reti di drenaggio costituite da tubazioni in PVC_SN4 con diametri compresi tra DN160 e DN315 con pendenza minima dello 0,3% e pendenza massima del 0,5%.

³ Per eventi con durata inferiore all'ora si assume il coefficiente n pari a 0,5

nodo	Quota fondo scorr.	Diametro (m)	Area tubo (m2)	Quota estradosso	Ricoprimento (m)	Area bacino (m2)	Qr (m ³ /s)	Vmax a riempimento	Qc (m ³ /s)	R Grado di riempimento
A.1	147,2	0,250	0,049	147,425	0,775	294	0,049	1,002	0,024	0,493
A.2	147,0	0,315	0,078	147,350	0,900	588	0,091	1,169	0,046	0,500
A.3	147,0	0,315	0,078	147,290	1,010	882	0,091	1,169	0,067	0,732
Vasca	146,7	0,315	0,078	147,015	0,485	1176	0,091	1,169	0,081	0,884

nodo	Quota fondo scorr.	Diametro (m)	Area tubo (m2)	Quota estradosso	Ricoprimento (m)	Area bacino (m2)	Qr (m ³ /s)	Vmax a riempimento (m/s)	Qc (m ³ /s)	R Grado di riempimento
B.1	147,18	0,250	0,049	147,434	0,767	294	0,049	1,002	0,024	0,493
B.2	147,12	0,315	0,078	147,439	0,812	588	0,091	1,169	0,047	0,518
B.3	146,92	0,315	0,078	147,239	1,062	784	0,091	1,169	0,058	0,636
Vasca	146,70	0,315	0,078	147,015	0,485	1176	0,091	1,169	0,080	0,881

7 VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

La valutazione della compatibilità idraulica per l'intervento di riqualificazione e cambio destinazione d'uso di un lotto ubicato presso S.P.28 si basa su un'analisi delle condizioni idrauliche esistenti e delle misure necessarie per mitigare il rischio di allagamenti. L'area oggetto dell'intervento si colloca all'interno della classificazione PGRA e presenta una pericolosità idraulica significativa, come evidenziato dalla categorizzazione RSP.

Ai sensi della Direttiva n°4, approvata con delibera del Comitato Istituzionale n°2 in data 11.05.1999 ed aggiornata con delibera n°10 del suddetto C.I. del 05.04.2006, con riferimento all'Allegato n°1, che richiede in sostanza quanto segue:

“Fisso restando che la valutazione di compatibilità idraulica debba essere definita caso per caso ed in funzione della specificità del progetto, in linea generale si evidenzia che:

- a) Le opere previste in progetto non devono significativamente interferire sul profilo inviluppo di piena;
 - b) Le stesse opere non devono ridurre la capacità di invaso dell'alveo;
 - c) Va studiata l'interferenza di quanto previsto in progetto con le opere di difesa idrauliche esistenti (sponde ed argini);
 - d) Le opere in progetto devono essere adeguatamente protette ed inserite nel sistema fluviale;
 - e) Vanno evidenziate le modifiche indotte dalle opere in progetto sia sull'assetto morfologico piano altimetrico che su quello naturale e paesaggistico;
 - f) Va, infine, verificata la condizione di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena”,
- per il caso in esame si è verificato solamente quanto richiesto al paragrafo f) perché gli altri punti (a,b,c,d,e) si riferiscono principalmente ad opere realizzate in alveo non previste con il progetto edilizio.

7.1 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

L'area oggetto di studio ricade in una classe di fattibilità in cui vigono consistenti limitazioni alla destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

In adempimento al par. 3.3.3 dell'All. A alla D.G.R. 10/6738/2017 ad entrambe queste tipologie di aree si applicano "consistenti limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa".

In assenza di realizzazione da parte del Comune di uno studio di approfondimento a livello locale ed in adempimento alle disposizioni comuni previste al par. 3.3.3. dell'All. A alla D.G.R. 10/6738/2017 si è proceduto come richiesto a eseguire quanto segue:

- realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica, che l'Amministrazione comunale è tenuta ad acquisire in sede di rilascio del titolo edilizio. Tale studio è finalizzato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali.
- garantire l'applicazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare e non peggiorare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;
- Non sono previsti piani seminterrati o interrati
- progettare gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo, ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

Le opere idrauliche progettate consentono di garantire situazioni adeguate di sicurezza idraulica e quindi classificare l'intervento come compatibile con le criticità idrauliche dell'area in cui è inserito.

È essenziale predisporre un piano di emergenza che stabilisca protocolli chiari in caso di eventi alluvionali. Questo piano dovrebbe includere:

- Protocolli di Allerta: Creazione di un sistema di allerta che informi i residenti riguardo a possibili rischi imminenti, in modo da attivare comportamenti

preventivi. La comunicazione potrebbe avvenire tramite SMS, e-mail, o avvisi sui social media.

- **Formazione della Popolazione:** Organizzazione di incontri informativi per educare i cittadini sulle misure di sicurezza idraulica e sui comportamenti da adottare durante eventi di pioggia intensa. Questo potrebbe includere informazioni su come monitorare le condizioni meteorologiche e come prepararsi per eventuali evacuazioni.

8 CONCLUSIONI

Lo studio di compatibilità idraulica per l'intervento di riqualificazione e cambio di destinazione d'uso del lotto ubicato presso la S.P. 28 nel Comune di Lonato del Garda ha dimostrato che le opere progettate non comportano un aggravio della condizione idraulica esistente.

L'intervento ha messo in evidenza la necessità di adottare misure di mitigazione per ridurre il rischio di allagamenti, dato che la Roggia Lonata, pur essendo situata a circa 550 metri dall'area di intervento, presenta un rischio di esondazione in caso di eventi pluviometrici intensi e di frequente accadimento.

Le opere progettate, tra cui un muro di contenimento ed un sistema di drenaggio delle superfici contributive al deflusso, sono state concepite per proteggere l'immobile dalle potenziali alluvioni, senza interferire con il corpo idrico.

Le analisi eseguite nel capitolo 7.1 confermano l'efficacia delle misure adottate nel garantire la sicurezza idraulica dell'area. È importante notare che, sebbene non sia possibile eliminare completamente il rischio idraulico associato alla presenza della Roggia Lonata, l'intervento contribuisce a limitare l'esposizione dell'immobile a tali rischi.

Si precisa che il presente studio non affronta alcune problematiche, quali la stabilità delle opere di difesa idraulica e la taratura di un modello idraulico a più ampia scala che tenga conto dell'intero bacino della roggia Lonata che esulano dall'incarico ricevuto. Tuttavia, le misure progettate rispettano i principi di invarianza idraulica e contribuiscono a garantire una gestione sostenibile delle acque meteoriche, allineandosi con le normative vigenti.

Brescia, 08 Novembre 2024

Dott. Ing. Leoni Paolo



I tecnici

Dott. Ing. Enrico Corinaldesi



ALLEGATI

- **TAVOLA** grafica n.1 interventi di protezione idraulica
- **TAVOLA** grafica 2 sezioni ambientali
- **ALL.1** - Sfondo Google
- **ALL.2** - Sfondo DBT
- **ALL.2_1.25000** - Sfondo DBT
- **ALL.3** - Foto aerea (G.A.I. 1954 - SIT LOMBARDIA)
- **ALL.4** - Foto aerea (G.A.I. 1998 - SIT LOMBARDIA)
- **ALL.5** - Fasce PAI
- **ALL.6** - PGRA (Pericolosità)
- **ALL.7** - PGRA (Rischio)
- **ALL.8** - DUSAF
- **ALL.9** - Percorso Roggia Lonata