



Città di Lonato del Garda
Comune della Provincia di Brescia

FERALPI SIDERURGICA S.p.A. - CO.ME.CA. TECNOLOGIE S.p.A.

VARIANTE AL P.L. FERALPI - COMECA

Doc. n.

G

RELAZIONE di INVARIANZA IDRAULICA

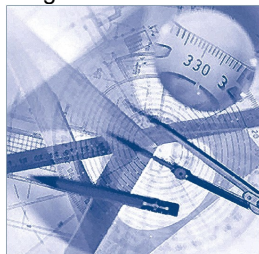


COMMITTENTE



N. Prog.	Tipo Doc	N. Tavola	Stato	Scala	Modifiche	Data	Redatto	Verificato	Approvato e Validato
/	.doc	/	/	/		06/2026	C. Bazzani	C. Bazzani	C. Bazzani

Progettista



**STUDIO TECNICO
BAZZANI CRISTIANO**

Viale Venezia, 44 – 25123 BRESCIA
tel. 030 3366439 – fax 030 3361431
info@studiotecnicobazzani.it
www.studiotecnicobazzani.it

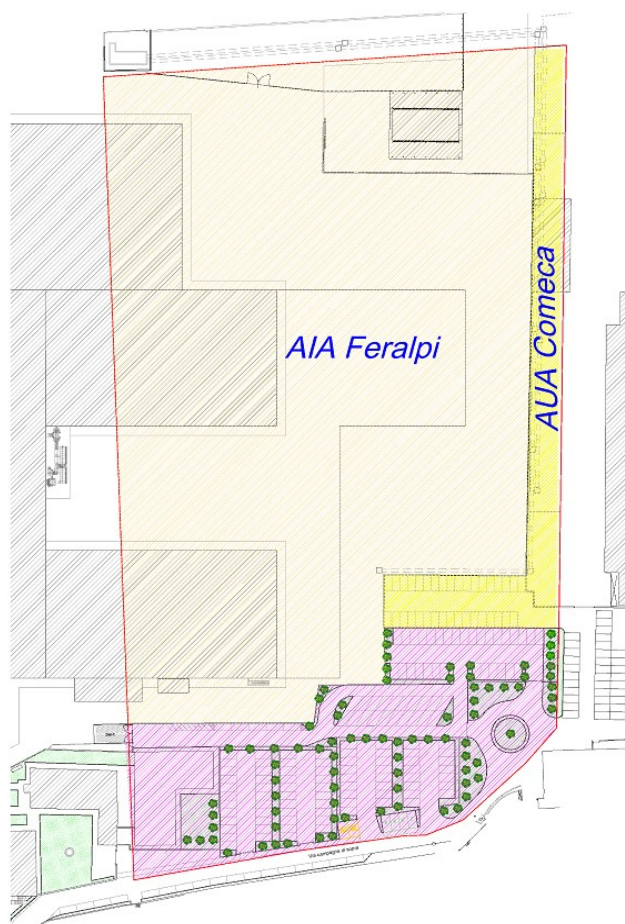
Timbro e Firma



1. IDENTIFICAZIONE DEL PROGETTO

L'area oggetto della presente variante al Piano di Lottizzazione Feralpi – Comeca, presenta un'estensione di mq 34.835,29 come identificato nella figura sottostante (perimetro di colore rosso).

In tale area le acque meteoriche di dilavamento ricadenti nella porzione identificata con retino giallo sono già disciplinate mediante AIA n. 2342 del 04/07/2024 per la parte relativa a Feralpi e mediante AUA n. 84 del 20/12/2023 per la parte relativa a Comeca; in tali aree, pertanto, viene meno il rispetto del Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7. Nella porzione identificata con retino magenta (mq 6834,15) le acque meteoriche di dilavamento non sono ancora regimate e pertanto dovranno rispettare le disposizioni contenute nel Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7.



-  acque meteoriche di dilavamento regimate tramite AIA
-  acque meteoriche di dilavamento regimate tramite AUA
-  acque assoggettate a progetto di invarianza idraulica

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Di seguito sono elencati i documenti di riferimento tecnico- normativo con cui è stato sviluppato il progetto esecutivo dell'opera:

NORMATIVA NAZIONALE

L. 319/76 (Legge Merli) Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12).

Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

DLgs 152/99

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

DLgs 152/2006

Ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Tale Decreto legislativo disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Istituisce i distretti idrografici nei quali sarà istituita l'Autorità di bacino distrettuale, che va a sostituire la o le Autorità di Bacino previste dalla legge n. 183/1989. In

forza del recente d.lgs 8 novembre 2006, n. 284, nelle more della costituzione dei distretti idrografici di cui al Titolo II della Parte terza del d.lgs. 152/2006 e della revisione della relativa disciplina legislativa con un decreto legislativo correttivo, le Autorità di Bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, sono prorogate fino alla data di entrata in vigore del decreto correttivo che, ai sensi dell'articolo 1, comma 6, della legge n. 308 del 2004, definisca la relativa disciplina. Fino alla data di entrata in vigore del decreto legislativo correttivo di cui al comma 2-bis dell'articolo 170 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come inserito dal comma 3, sono fatti salvi gli atti posti in essere dalle Autorità di Bacino dal 30 aprile 2006.

Inoltre l'articolo 113 del medesimo Decreto legislativo, stabilisce, in materia di controllo dell'inquinamento prodotto dal dilavamento delle acque meteoriche, che "...le regioni disciplinano: b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque di dilavamento ...siano sottoposte a particolari prescrizioni..", art. 113 comma 1, e che "... i casi in cui può essere richiesto.. siano convogliate e opportunamente trattate. in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose.", art. 113 comma 3.

DM 14/01/2008

"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" Il decreto si compone di due articoli e precisamente dell'articolo 1 con cui viene approvato il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni ad eccezione delle tabelle 4.4.III e 4.4.IV e del Capitolo 11.7. Le nuove norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005.

Nel paragrafo 5.1.7.4, denominato "Smaltimento dei liquidi provenienti dall'impalcato", si prescrive che: "... il progetto del ponte deve essere corredato dallo schema delle opere di convogliamento e di scarico. Per opere di particolare importanza, o per la natura dell'opera stessa o per la natura dell'ambiente circostante, si deve prevedere la realizzazione di un apposito impianto di depurazione e/o decantazione."

Successivamente con il DM 06/05/2008 "Integrazioni al decreto 14 gennaio 2008" sono stati approvati il capitolo 11.7 e le tabelle 4.4.III e 4.4.IV del testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni allegate al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Decreto n. 131 del 16/06/2008

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. (GU n. 187 del 11/08/2008 - Suppl. Ordinario n. 189)

Decreto n. 56 del 14/04/2009

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche

del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo" (GU n.124 del 30/05/2009 - Suppl. Ordinario n. 83)

NORMATIVA REGIONALE

Legge regionale n. 21 del 27 dicembre 2010

Modifiche alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), in attuazione dell'articolo 2, comma 186 bis, della legge 23 dicembre 2009, n. 191.

Legge regionale 27 febbraio 2007, n. 5

La norma, pubblicata il 2 marzo 2007 sul 2° supplemento ordinario del Burl, agli articoli 6,7,8 apporta modifiche rispettivamente alla L.R. 17/2000 in materia di inquinamento luminoso, modifiche e integrazioni alla L.R. 26/2003 in materia di risorse idriche, oltre a fornire l'interpretazione autentica dell'art. 49, commi 2,3,4 della L.R. 26/2003. La legge è entrata in vigore il 3 marzo 2007.

Deliberazione Giunta regionale del 13 dicembre 2006 - n° 8/3789 - Programma di tutela e uso delle acque

Indicazioni alle Autorità d'Ambito per la definizione degli interventi prioritari del ciclo dell'acqua (l.r. n° 26/2003).

Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4

Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relativa "Direttiva per l'accertamento dell'inquinamento delle acque di seconda pioggia in attuazione dell'art. 14, comma 2, del Regolamento Regionale n° 4/2006" (Delibera di Giunta regionale n. 8/2772 pubblicata sul Burl della Regione Lombardia - serie ordinaria del 3 luglio 2006).

L'art. 2 - (Definizioni):

*f) "**superficie scolante**" l'insieme di strade, cortili, piazzali, aree di carico e scarico e di ogni altra analoga superficie scoperta, alle quali si applicano le disposizioni sullo smaltimento delle acque meteoriche di cui al presente Regolamento;*

Art. 3 - (Acque di prima pioggia e di lavaggio soggette a regolamentazione)

1. La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di prima pioggia sono soggetti alle disposizioni del presente regolamento qualora tali acque provengano:

a) da superfici scolanti di estensione superiore a 2.000 mq, calcolata escludendo le coperture e le aree a verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività:

- 1) industria petrolifera;*
- 2) industrie chimiche;*
- 3) trattamento e rivestimento dei metalli;*
- 4) concia e tintura delle pelli e del cuoio;*

5) *produzione della pasta carta, della carta e del cartone;*

6) *produzione di pneumatici;*

7) *aziende tessili che eseguono stampa, tintura e finissaggio di fibre tessili;*

8) *produzione di calcestruzzo;*

9) *aree intermodali;*

10) *autofficine;*

11) *carrozzerie;*

b) dalle superfici scolanti costituenti pertinenza di edifici ed installazioni in cui sono svolte le attività di deposito di rifiuti, centro di raccolta e/o trasformazione degli stessi, deposito di rottami e deposito di veicoli destinati alla demolizione;

c) dalle superfici scolanti destinate al carico e alla distribuzione dei carburanti ed operazioni connesse e complementari nei punti di vendita delle stazioni di servizio per autoveicoli;

d) dalle superfici scolanti specificamente o anche saltuariamente destinate al deposito, al carico, allo scarico, al travaso e alla movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al d.lgs. 152/1999.

Tale articolo elenca i casi in cui le acque di prima pioggia debbano essere sottoposte a trattamento qualitativo così come previsto dal regolamento stesso; si fa presente che le acque di dilavamento delle superfici stradali/autostradali non sono riportate in tale elenco e, pertanto, esse non sono sottoposte a specifiche prescrizioni.

Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 2

Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

D.G.R. 29 marzo 2006 - n. 8/2244

Approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'articolo 44 del d.lgs. 152/99 e dell'articolo 55, comma 19 della l.r. 26/2003;

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque definitivamente approvato con Delibera di Giunta n. 2244 del 29 marzo 2006. L'Art. 44 - Riduzione delle portate meteoriche drenate, riporta:

“1. Per ridurre l'apporto inquinante derivante dal drenaggio delle acque meteoriche, nell' Appendice G sono riportate le norme tecniche per la programmazione e la progettazione dei sistemi di fognatura, con i riferimenti da assumere per la riduzione delle portate meteoriche circolanti nelle reti fognarie, sia unitarie sia separate, e per la limitazione delle portate meteoriche scaricate nei ricettori. La disciplina delle acque meteoriche da avviare alla depurazione e delle vasche di accumulo delle acque di pioggia è contenuta nel Regolamento per gli scarichi delle acque reflue e delle acque meteoriche.

2. I valori di cui alle predette norme integrano, per le parti interessate, la metodologia per l'elaborazione e la redazione del Piano d'ambito."

Appendice G - Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura, al punto 2.3 Limitazione delle portate meteoriche recapitate nei ricettori mediante vasche volano, riporta:

La critica situazione idraulica di molti corsi d'acqua, inadeguati a ricevere le portate meteoriche urbane e extraurbane, porta ad adottare scelte atte a ridurre le portate meteoriche drenate sia – ove possibile – dalle esistenti aree scolanti, sia – comunque – dalle aree di futura urbanizzazione.

In particolare occorre prevedere l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei ricettori e comunque entro i seguenti limiti:

- 10 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziali o riguardanti attività commerciali o di produzione di beni;

- 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree già dotate di reti fognarie.

Tali limiti sono da adottare per tutte le aree fognate non ricadenti nelle sotto elencate zone del territorio regionale, sia per le reti unitarie sia per quelle destinate esclusivamente alla raccolta delle acque meteoriche:

- aree situate a nord dell'allineamento pedemontano individuato dai tracciati della strada provinciale Sesto calende – Varese, della strada statale n.342 tra Varese e Como, della strada statale n.369 tra Como, Lecco e Caprino Bergamasco, della strada statale n.342 tra Caprino Bergamasco e Bergamo, dell'autostrada A4 tra Bergamo, Brescia e Peschiera del Garda;
- aree direttamente gravitanti sui laghi o sui fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Mella, Chiese e Mincio;
- aree situate nel settore collinare dell'Oltrepò pavese.

Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio) riporta:

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.

3. Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;

- b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;
- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;
- d) scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.

INVARIANZA IDRAULICA

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'**invarianza idraulica e idrologica** che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione al fine di far diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi. La Regione Lombardia ne ha approvato i criteri e metodi (**regolamento**

regionale n. 7 del 23 novembre 2017), come previsto dall'articolo 58 bis della legge regionale n. 12 del 2005 per il governo del territorio.

Il regolamento si occupa della **gestione delle acque meteoriche non contaminate**, A tal fine, il nuovo regolamento regionale detta una nuova disciplina per le **nuove costruzioni** e le **ristrutturazioni** di quelle esistenti, comprese le **infrastrutture stradali**. Il **regolamento regionale n. 7 del 29 giugno 2018** introduce uno specifico comma che definisce un **periodo transitorio di disapplicazione** del regolamento per alcune **fattispecie di interventi**.

Il regolamento integrato deve essere **applicato su tutto il territorio regionale**, tenendo conto del periodo di disapplicazione, in modo diversificato a seconda della **criticità dell'area** in cui si ricade: il territorio regionale è stato infatti **suddiviso in aree a criticità alta, media e bassa**.

Sul Supplemento al BURL 24/04/2019, n. 17 è stato pubblicato il **Regolamento R. Lombardia n. 8 del 2019** recante "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7.

Il **R.R. Lombardia 19/04/2019, n. 8** modifica il Regolamento R. Lombardia 23/11/2017, n. 7, già modificato con il Regolamento R. Lombardia 29/06/2018, n. 7, per le seguenti necessità:

- correggere alcuni errori materiali ed aggiornare alcuni allegati (allegati da A ad H);
- recepire le proposte di miglioramento terminologico del testo in alcuni punti, finalizzate a rendere più chiaro ed intellegibile il testo stesso;
- specificare meglio alcune norme in esso contenute, con particolare riferimento alla tipologia edilizia degli interventi rientranti nelle lettere d), e) ed f) dell'art. 3, comma 1, del D.P.R. n. 380/2001;
- calibrare meglio i parametri numerici di superficie cui applicare il regolamento relativamente ad alcune tipologie di intervento nonché il parametro di superficie massimo per gli interventi che possono applicare il regolamento in modo semplificato;
- avere a disposizione un più ampio intervallo di tempo per promuovere un'azione informativa e formativa a favore dei tecnici comunali e dei professionisti che dovranno applicarlo.

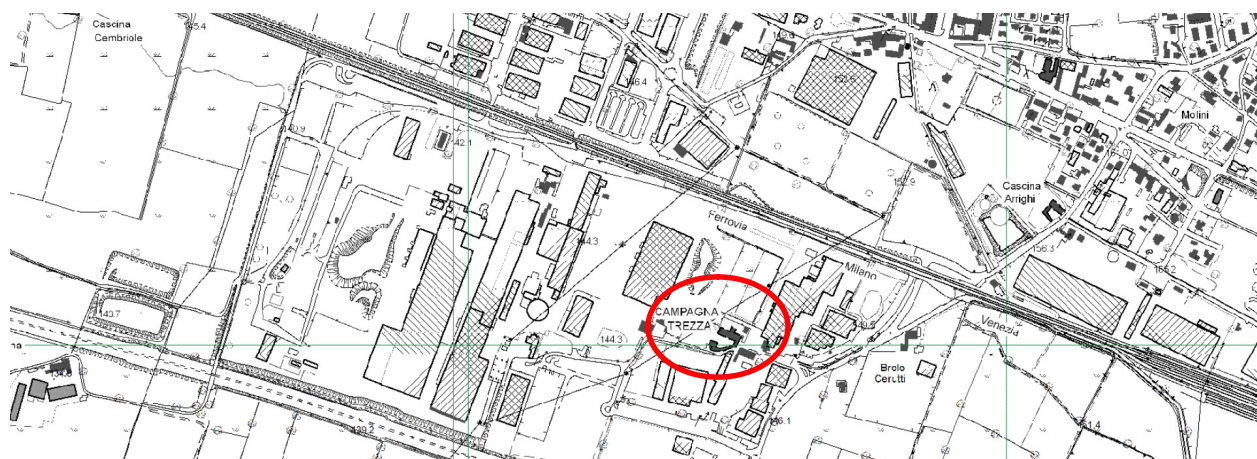
3. MODELLO GEOLOGICO

Inquadramento geografico, geomorfologico, geologico, idrografico ed idrogeologico

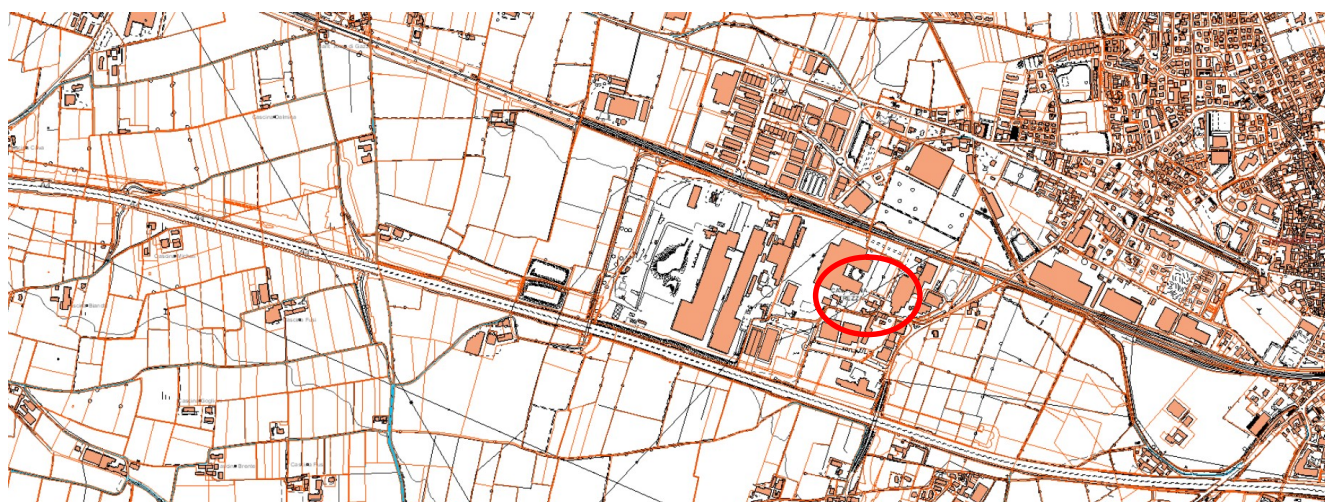
L'area oggetto dello studio si colloca a Sud - Est del centro storico del Comune di **Lonato del Garda** in un'area pianeggiante di circa **147 m s.l.m.** ed è geograficamente rappresentata nella Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia (C.T.R. R.L.) alla scala 1:10.000.



Stralcio immagine satellitare (fonte google maps)



Stralcio CTR Regione Lombardia (fonte: Geoportale Regione Lombardia)



Stralcio Estratto Mappa Catastale (fonte Geoportale Regione Lombardia)



Il territorio comunale di Lonato occupa una superficie di circa 72 km² e si colloca nel lembo di territorio posto a Sud-Est della provincia occupando buona parte l'anfiteatro morenico benacense.

Il paesaggio prevalente è tipico dell'ambiente collinare morenico con quote che vanno dai 65 m s.l.m. (livello del lago) fino al punto altimetricamente più elevato di 283 m s.l.m. (Monte Falò). Nell'ambito del territorio comunale si riscontrano estese porzioni di pianura intramorenica interposta a rilievi collinari appartenenti ai diversi ordini delle cerchie moreniche.

Dal punto di vista **geomorfologico** si colloca nell'ambito delle colline moreniche le quali costituiscono parte del Sistema Morenico Frontale del Garda. Si tratta di cordoni morenici depositati nel Pleistocene superiore e di limitati lembi appartenenti al Pleistocene medio, intervallati da numerose piane e vallecicole intramoreniche caratterizzate da aree palustri e lacustri.

L'aspetto del territorio è caratterizzato da una topografia estremamente variabile. Le aree presentano pendii fortemente inclinati e scoscesi e sono fiancheggiate da aree a pendenza più moderata, che fanno da raccordo con gli avvallamenti e le piane intramoreniche. In queste ultime i depositi fluvioglaciali ghiaiosi sono prevalenti, i depositi più recenti e fini sono tipici degli avvallamenti formatisi dall'azione erosiva dei torrenti glaciali, mentre le aree a morfologia infossata corrispondono invece ad antiche conche lacustri.

La storia geologica dell'area in esame è caratterizzata nel Quaternario da ripetuti fenomeni di espansione e successivo ritiro dei ghiacciai.

La costituzione di un sistema morenico, tipo quello gardesano di cui l'area oggetto dello studio fa parte, deriva dalla sovrapposizione ed interazione di più eventi deposizionali ed erosivi legati alle diverse glaciazioni, originatesi da continue oscillazioni climatiche.

Dal punto di vista **geologico**, l'evoluzione dell'anfiteatro morenico si divide in due momenti ben distinti: un periodo glaciale che porta all'avanzamento verso regioni più meridionali del fronte del ghiacciaio, trasportando materiali litoidi che cadono sulla superficie (morene viaggianti) o che vengono strappati alle rocce di base (morene di fondo) e che costituiscono le cerchie moreniche una volta abbandonati alla fronte dopo che il ghiacciaio ha raggiunto la sua massima espansione.

Questo momento è seguito da un periodo postglaciale, caratterizzato dal ritiro dei ghiacci verso monte con conseguente fusione del corpo glaciale che porta all'accentuazione di fenomeni erosivi (terrazzi fluviali) e trasporto di materiale nella piana antistante.

La presenza dei maggiori laghi pedevalpini a monte dei vari anfiteatri morenici è correlata a quella dei ghiacciai ai quali si deve, in buona parte, l'origine delle conche lacustri.

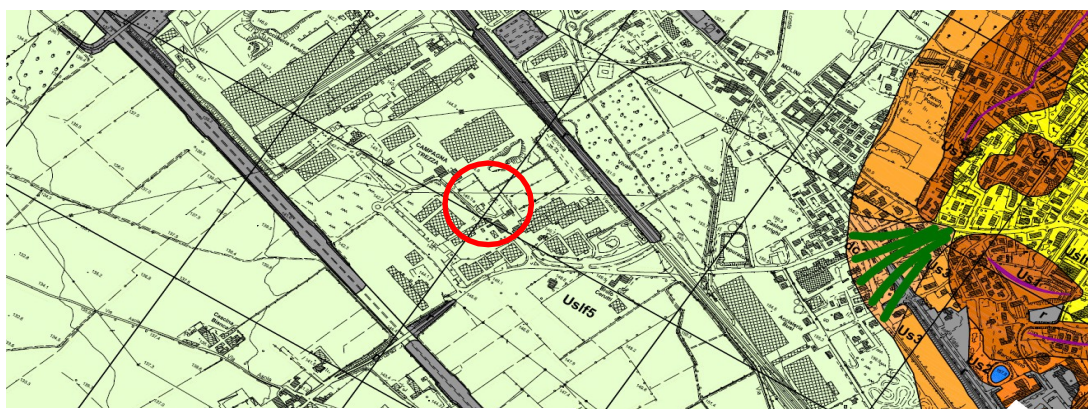
L'anfiteatro morenico gardesano che borda a meridione del Lago di Garda, la cui topografia caratterizza i comuni del basso bresciano e dell'alto mantovano, è stato costituito da un ghiacciaio che si protendeva verso Sud, sino ad una quindicina di chilometri da Mantova, grazie soprattutto all'ampiezza del bacino alimentatore costituito dall'area

delle Alpi Retiche, le cui calotte glaciali confluivano tutte in questo unico enorme canale di scarico, determinando la nascita del maggiore apparato morenico del Paese.

Nell'area gardesana sono conservate cerchie moreniche attribuibili alle glaciazioni del Mindel, Riss e Würm. Dalla Carta Geologica del foglio 48 "Peschiera del Garda" risulta che nell'area in questione sono individuabili **cordoni morenici** datati alle glaciazioni rissiana e wurmiana.

Le morene rissiane risultano in genere ben conservate e costituite da un ammasso caotico di blocchi, ciottoli e ghiaie poco cementati, con uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso-bruno. I depositi wurmiani costituiscono i depositi più interni, evidenziando per il Würm una espansione glaciale di portata minore rispetto alla precedente.

Le cerchie moreniche würmiane si presentano ghiaiose con uno scarso strato di terreno di alterazione.



COPERTURE QUATERNARIE

UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)

- Usif1** Depositi glaciali
- Usif2** Depositi glaciolacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale
- Usif3** Depositi di contatto glaciale
- Usif4** Depositi fluvio-glaciali delle cerchie interne

Usif5 Depositi fluvio-glaciali frontali alle cerchie interne.



Stralcio Carta Geologica (fonte: PGT Comune di Lonato del Garda)

La rete idrografica è nel suo insieme poco sviluppata. Essa è rappresentata dal Fiume Chiese, che scorre a qualche km ad Ovest dall'area di studio e da una serie di canali con andamento fortemente irregolare per le ondulazioni del paesaggio collinare morenico e con portate, perlopiù scarse nel corso dell'anno, le quali in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi possono aumentare considerevolmente.

Nei settori pianeggianti intramorenici si articolano rogge e fossati realizzati a scopo irriguo che trovano alimentazione soprattutto dalle precipitazioni ed in minor parte dalla presenza di piccole emergenze di acque legate alla presenza di falde sospese.

Il regime idrometrico del Fiume Mincio evidenzia due massimi, uno in aprile e l'altro in dicembre ed un periodo particolare di minimo che va da agosto a novembre.



Il corso d'acqua principale presente nel Comune di Lonato del Garda è la Fossa Redone il quale corre nel settore meridionale del territorio comunale seguendo per un tratto il confine con i comuni di Solferino e Cavriana entrando quindi nel territorio di Pozzolengo ed è alimentato, lungo il suo corso, da alcuni scoli minori dislocati a raggiera rispetto al canale principale.

L'unità idrogeologica appartenente all'area in esame possiamo identificarla come l'Unità delle Colline Moreniche ed è sostanzialmente occupata dai cordoni morenici e dalle vallecicole inframoreniche: essa fa parte del vasto Sistema Morenico Frontale del Garda con il quale sono ipotizzabili interscambi con gli acquiferi più profondi. In questa unità idrogeologica gli acquiferi più superficiali non sono arealmente estesi, trattandosi per lo più di falde sospese e talvolta temporanee. In profondità invece è possibile individuare acquiferi più continui, per i quali è possibile la ricostruzione della piezometria.

Da un punto di vista idrogeologico i depositi morenici sciolti e permeabili permettono una buona penetrazione delle acque di precipitazione e di quelle di corsi d'acqua naturali e artificiali, alimentando le falde. Le falde intercettate dai pozzi della zona sono presenti nei livelli a granulometria grossolana (ghiaia e sabbia) compresi e confinati tra livelli impermeabili costituiti da limi ed argille (quasi tutte le falde produttive sono in pressione, risalendo fino a qualche decina di metri). In quest'area risulta complessa una suddivisione in falde acquifere ben distinte a causa della natura geologica della zona, caratterizzata da materiali trasportati dai ghiacciai e depositati caoticamente e pertanto di complessa correlazione dando origine ad una stratigrafia maldistinta.

In generale gli orizzonti acquiferi sono correlabili, con alcune approssimazioni determinate dai limiti spaziali dell'omogeneità geologica, in tre falde principali, delle quali la più profonda dovrebbe essere alimentata direttamente dalle acque del Lago di Garda avente direzione di deflusso, a scala regionale, NNO/SSE, mentre localmente abbiamo un regime di deflusso delle acque sotterranee in direzione NNE. Lo schema della circolazione idrica sotterranea può essere ricostruito analizzando congiuntamente vari elementi quali come la litologia superficiale e profonda, morfologia degli alvei attuali e piezometria che concorrono a definire l'assetto idrogeologico.

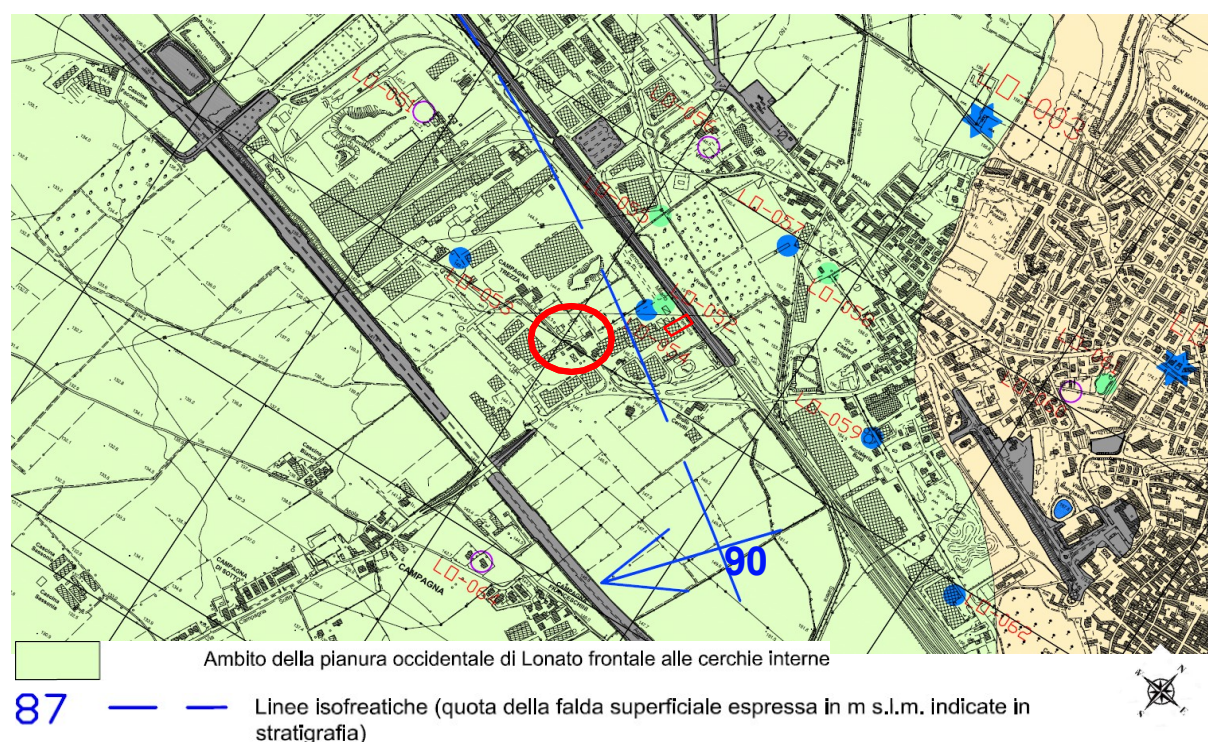
Nei settori intramorenici, l'Unità morenica e l'Unità fluvioglaciale ghiaioso-sabbiosa talora interferiscono originando in tal modo falde locali superficiali di scarsa estensione e produttività. Tali acquiferi sono alimentati esclusivamente dalle precipitazioni meteoriche, hanno una conformazione spaziale concava verso il basso, tipo catino e sono delimitati a letto da depositi morenici di scarsa permeabilità. All'interno dei depositi morenici, in presenza di lenti sabbioso-ghiaiose, possono originarsi piccole falde sospese anch'esse poco produttive con apporti che risentono a breve termine dell'andamento delle precipitazioni.

È invece alle maggiori profondità che si incontrano i sistemi acquiferi multistrato separati tra loro da livelli limoso-argillosi, alla quale si è fatto riferimento poco sopra, i quali non dipendono direttamente dalle precipitazioni di carattere locale e possiedono elevate capacità di immagazzinamento.

In termini di attitudine al deflusso idrico sotterraneo possiamo assegnare all'Unità fluvioglaciale ghiaioso-sabbiosa una discreta permeabilità ($k=10^{-2} \div 10^{-4}$ cm/s), a quella morenica una permeabilità medio bassa in quanto possiede sequenze argillose semi impermeabili che ne ostacolano la filtrazione e strati di conglomerato e ghiaia favorevoli all'immagazzinamento ed infine le unità corrispondenti ai depositi in prevalenza argilloso-torbosi di origine lacustre che sono caratterizzati da una permeabilità praticamente nulla ($k \geq 10^{-7}$ cm/s).

Dalle carte idrogeologiche si evince che la prima falda produttiva (captabile dai pozzi) si trova ad una profondità di circa **60 m dal p.c.**.

Al di sopra di tale profondità possono trovarsi localmente piccole falde sospese, talora temporanee. Nelle indagini geognostiche non è stata evidenziata presenza di acqua.



Stralcio Carta Idrogeologica (fonte: PGT Comune di Lonato del Garda)

4. PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO IN SITO

In base alle indagini eseguite in zone limitrofe all'area in studio, considerando sia le indagini più recenti sia quelle pregresse, è stato effettuato un totale pari a n. 16 prove di permeabilità in foro di sondaggio, per la valutazione del coefficiente di permeabilità (K) dei terreni del sottosuolo dell'area.

Tutte le prove sono state effettuate a profondità tali da interessare il deposito fluvioglaciale naturale; n. 4 prove sono state effettuate tra i -6,0 m e i -9,4 m dal p.c., mentre tutte le altre hanno interessato profondità tra i -3,0 m e i -5,2 m dal p.c..

Per ciascuno dei due intervalli di profondità, si possono quindi mediare i relativi valori ottenuti, al fine di ottenere due valori di coefficiente di permeabilità rappresentativi per il sito, di cui uno per profondità inferiori a -6 m da p.c., ed uno per profondità superiori a -6 m da p.c.. I valori rappresentativi mediati sono i seguenti:

	<i>Intervallo di profondità da p.c.</i>	<i>Coefficiente medio di permeabilità</i>
1	3,0 m ÷ 5,2 m	$K = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
2	6,0 m ÷ 9,4 m	$K = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

5. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente **PGT** comunale e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambientale, Regionale e di Bacino).

Dalla visione della **Carta di Fattibilità Geologica** per le azioni di piano si evince che il sito in esame ricade parzialmente nella classe di **Fattibilità senza particolari limitazioni – Classe 1**.

Dalla visione **Carta dei vincoli della componente geologica** si evince che l'area di studio ricade **esternamente** alle aree sottoposte a vincolo.

6. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

Q_{umax} [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso

A [ha]: area totale dell'intervento

φ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

u_{lim} [l/(s · ha_{imp})]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

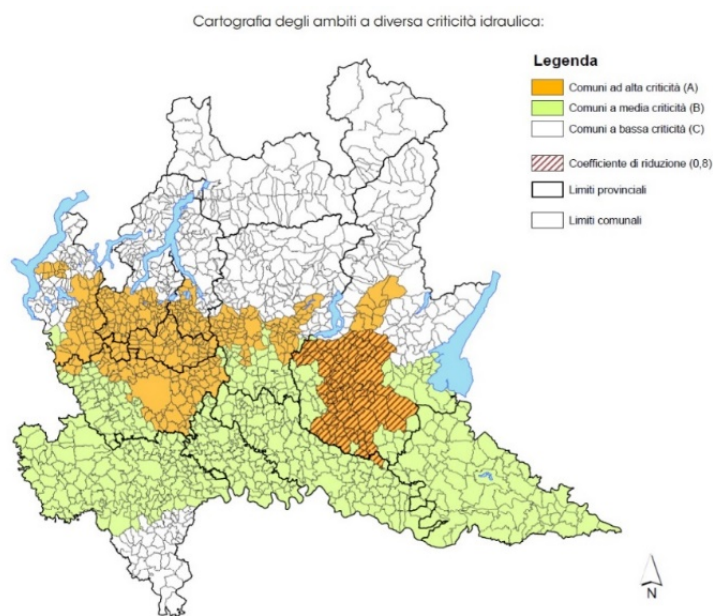
Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione (art. 7)

I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e della dipendenza di tali effetti dalle caratteristiche del ricettore finale, in termini di capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata e dei tratti a valle.

In considerazione di quanto disposto al comma 2, il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- **aree A**, ovvero ad **alta criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- **aree B**, ovvero a **media criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- **aree C**, ovvero a **bassa criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

Nell'allegato vi sono elencati tutti i comuni della Regione Lombardia, con indicata la rispettiva area (A, B o C).



Classificazione criticità idraulica

Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori (art.8)

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito, sono:

- **Aree A (ALTA CRITICITA'):** $u_{lim} = 10$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree B (MEDIA CRITICITA'):** $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree C (BASSA CRITICITA'):** $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

u_{lim} = portata specifica limite ammissibile allo scarico

Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo (art.9)

Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento, nella quale rientrano anche le superfici occupate dagli interventi finalizzati al rispetto del presente regolamento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera d), numero 2). Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato.

La modalità di calcolo da applicare per ogni intervento, come definita nella tabella 1, dipende dalla classe di intervento indicata nella stessa tabella e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade, ai sensi dell'articolo 7.

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Per entrambi i metodi indicati al presente comma si rimanda all'allegato G.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 10.1: Tabella 1 Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7

Nella tabella sopra riportata, attualmente vigente, è ancora presente la diversificazione in base al coefficiente di deflusso medio ponderale minore e maggiore di 0.4, valore che a nostro parere dovrebbe essere tolto dato che nella stima della superficie permeabile scolante non viene più computata l'area verde.

7. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e idrologica, nel sito oggetto dell'intervento, vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- **metodo dei requisiti minimi**
- **metodo delle sole piogge**

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra i metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra i valori calcolati.

Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m^2 , ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- **Aree A: $w_{\min} = 800^*$** [m3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree B: $w_{\min} = 500$** [m3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree C: $w_{\min} = 400$** [m3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m³], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m³]: volume di laminazione

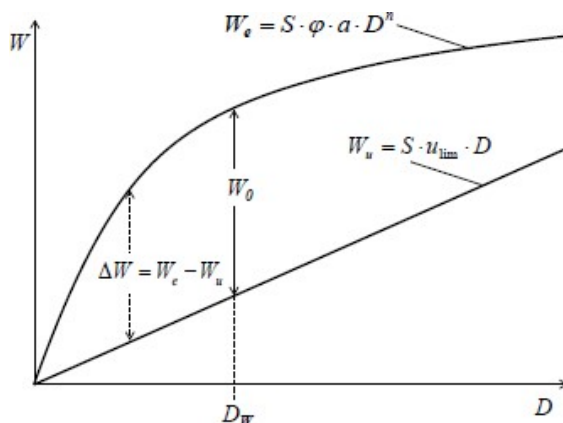
a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_W critica per la laminazione.



Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_W , tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_W superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di n , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

$K_{calc} [m/s]$: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

$i [m/m]$: gradiente idraulico

$A_f [m^2]$: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

8. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left(1 - \ln \frac{T}{T-1} \right)^k$$

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia: <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

TR = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

TR = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

9. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate nei ricettori.

L'articolo 11, comma e punto 3 del Regolamento Regionale recita:

"il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2. Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F. Tale riduzione non si applica nel

caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata"

L'articolo 2, comma m del Regolamento Regionale recita:

"ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal presente regolamento".

Quindi, in questo contesto, pur essendo il parametro che definirebbe il limite di scarico Q_u uguale a 20 l/s per ettaro impermeabile (valore fissato dal Regolamento per le aree di criticità B), ma riferito alla realizzazione di vasche di accumulo, nel caso oggetto di studio visto che:

- tutto il volume di laminazione verrà disperso nel sottosuolo;
- sono state eseguite in passato prove di permeabilità dettagliate;
- la presenza della falda freatica si rileva a circa 60 m da p.c.;
- il sottosuolo è caratterizzato da ghiaie mediamente permeabili aventi una permeabilità $k=8.3 \cdot 10^{-5}$ m/s;
- considerata una portata **scaricabile** pari a **31,5 l/s**, risultante dal metodo di calcolo adottato;
- è stata considerata una superficie impermeabile scolante pari a **5953 mq**,

ne deriva che la **portata massima scaricabile** sarà pari a 53 l/(s*ha).

10. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato.

Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni

insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

$W [m^3]$: volume invasato massimo

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

11. DATI DI PROGETTO

L'intervento contempla un intervento di nuova costruzione con una superficie complessiva impermeabile di 5575,62 mq e superficie a verde pari a 1258,53 mq, quindi essendo una nuova costruzione sono richieste misure di invarianza idraulica per la superficie interessata dall'intervento

DATI		
Superfici destinate a interventi finalizzati al rispetto del regolamento dell'invarianza idraulica ed idrologica		
Per aggiungere una superficie premere il tasto "+", per rimuoverla il tasto "-"		
Descrizione	Superficie (S_i) (ha)	Coeff. Deflusso (φ_i)
Area impermeabile	0,557562	1
Area verde	0,125853	0,3

Tenendo conto del coefficiente di deflusso pari a 1 per le superfici impermeabili e pari a 0,3 per le superfici a verde si ottiene una superficie interessata dall'analisi di invarianza idraulica pari a 0,5953 ha.

Superficie totale interessata dall'analisi di invarianza	($S_{tot. inv}$)	0,683415	ha
Coefficiente di deflusso medio ponderale	(φ_{pond})	0,871	--
Superficie totale interessata dall'analisi di invarianza ponderata	(S_{pond})	0,5953	ha _{imp}

12. RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo

Ambito territoriale	Brescia	LONATO DEL GARDA
Area criticità idraulica	B	
Coefficiente P		
Portata limite ammissibile	(U_{lim})	20 $\frac{l}{s \cdot ha_{imp}}$
Portata costante uscente (laminazione ottimale)	($Q_{u,lim}$)	11,91 $\frac{l}{s}$

Parametri curva di possibilità pluviometrica		
Parametro a curva di possibilità pluviometrica	(a)	54,2 $\frac{mm}{ora^n}$
Esponente n curva di possibilità pluviometrica	(n)	0,2653 --

RISULTATI

Durata critica	(D_w)	2,57	ore
Volume di laminazione	(W_o)	304,24	m^3
Volume specifico di invaso	(w_o)	511,11	$\frac{m^3}{ha}$

☒ Riduzione del 30% del volume di laminazione da adottare per la progettazione (art. 11, comma 2, lettera e) punto 3)

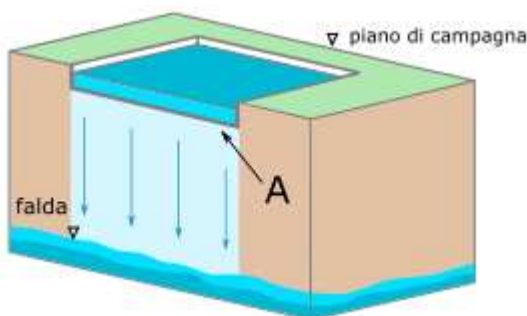
Verifica volume di laminazione

Il volume specifico di invaso w_o calcolato è maggiore del volume derivante dal parametro di requisito minimo (articolo 12 del regolamento ridotto del coefficiente di cui all' nell'art. 11, comma 2, lettera e), punto 3) pari a $500 \frac{m^3}{ha_{imp}} \cdot (1-30\%) = 350 \frac{m^3}{ha_{imp}}$ per aree di media criticità ed è quindi adottabile per il progetto della vasca di laminazione

Il Volume da realizzare nell'area è quindi pari a **304,24 m^3**

Verifica del sistema di invarianza

Dimensioni invaso						
Superficie pianta invaso	A _{inv}	380,25	m²			
Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	434,7	≥	304,24	m³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	3,8	≤	48,0	ore	Positiva

Sistema di scarico				
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante		
				
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	31,5	l/s	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	8,3	$m/s * 10^{-5}$	
Gradiente idraulico	i	1,00	m/m	
Area di infiltrazione	A_f	380,25	m^2	

13. SCHEMA PROGETTUALE DELL'OPERA DI INVARIANZA IDRAULICA

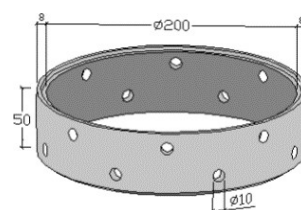
- Nel sito in studio si prevede lo scarico nel sottosuolo, in quanto la permeabilità risulta discreta e la soggiacenza della falda freatica si riscontra ad una profondità di circa 60 m.
- Il dimensionamento di pozzi filtranti consiste nella determinazione del volume minimo che devono possedere per essere in grado di smaltire le acque meteoriche.
- Il pozzo deve quindi consentire l'infiltrazione in profondità delle acque defluenti in superficie e permettere l'invaso dell'afflusso in eccesso fino all'esaurimento dell'evento piovoso.

Da quanto sopra il sistema prevedrà una distribuzione delle opere di filtrazione (pozzi disperdenti) il cui numero, diametro e profondità, è stato stimato in base alla legge di infiltrazione a portata costante e non dalla relazione di Sieker, 1984 piuttosto che di Newman (vedi paragrafi precedenti), quindi considerando in maniera cautelativa esclusivamente l'area di filtrazione risultante dagli scavi eseguiti per la realizzazione della batteria di pozzi e non la capacità di infiltrazione di ogni singolo pozzo.

Pertanto una volta stabilito il volume di laminazione, rispettando la superficie di filtrazione considerata, si andrà a calcolare il volume di laminazione, dato dalla somma dei volumi dei pozzi e quello efficace risultante dal riempimento dello scavo con ghiaia ben selezionata (si considera il 30 % di porosità efficace della ghiaia).

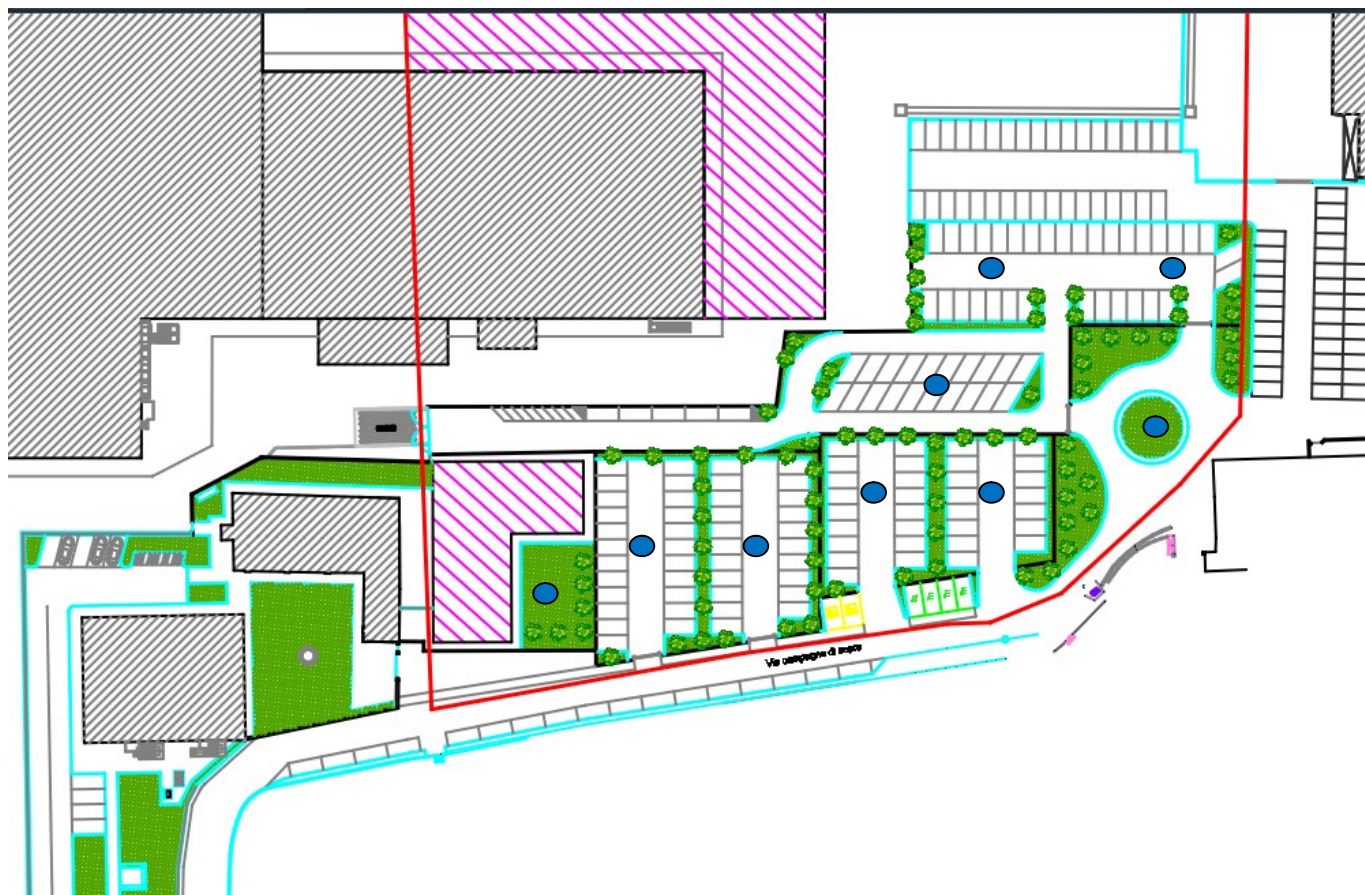
Coerentemente con le indicazioni del Regolamento Regionale, nel dimensionamento dei pozzi non è stato computato il volume infiltrato durante l'evento meteorico.

- L'infiltrazione nel terreno viene considerata, infatti, solo relativamente al processo di svuotamento delle opere filtranti. Per la realizzazione dei pozzi perdenti possono essere usati anelli prefabbricati componibili realizzati in calcestruzzo armato vibrato e dotati di fori conici passanti sulle pareti perimetrali, impiegati per disperdere nel terreno le acque. Gli elementi sono solitamente muniti di incastro a bicchiere per facilitarne la messa in opera. A chiusura dei pozzi perdenti sono disponibili coperchi pedonali e carrabili, muniti di fori di ispezione.



Descrizione sistema adottato	Area filtrazione m ² (base scavo)	Volume pozzi m ³	Volume scavi m ³	Volume efficace m ³ pozzi + riempimento con ghiaia (30 % porosità efficace) VOLUME DI LAMINAZIONE
9 pozzi	380,25	132,3	1008,45	434,8

Si precisa che la posizione dei pozzi perdenti identificata nell'immagine seguente potrà essere variata in fase di progetto definitivo/esecutivo ma si specifica che ogni pozzo perdente sarà in grado di smaltire le acque meteoriche ricadenti sulla superficie scolante di propria competenza.



● Individuazione dei pozzi perdenti

Distanza pozzi laminazione dagli edifici

La batteria di pozzi sarà posizionata a distanza adeguata (almeno 3 metri) dalle fondamenta degli edifici.

Considerando 5953 mq di impermeabilizzazione, dopo 10 minuti di evento meteorico corrispondono, secondo l'idrogramma Arpa Lombardia a circa 24 mm di pioggia per una portata massima di 238,12 l/s, quindi considerando 9 tubi di collettamento, uno per ciascun pozzo, ogni tubo dovrà essere in grado di smaltire una portata di 26,4 l/s.

14. VERIFICA BACINO E TEMPO DI SVUOTAMENTO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Scelta tempo di ritorno			
Verifica dei franchi di sicurezza delle opere			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Parametro pioggia	a	60,3	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> <i>T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.</i> <i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.</i>			

Durata critica	(D _w)	2,97	ore
Volume di laminazione	(W _o)	351,78	m ³

Il volume di laminazione in progetto, pari a 434,7 m³, risulta essere maggiore del volume di laminazione calcolato con un tempo di ritorno di 100 anni pari a 351,78 m³.

Infine, considerando che il tempo di svuotamento del sistema pozzi risulta pari a 3,8 ore, si ritiene che il bacino sia verificato in quanto il tempo di svuotamento dell'invaso risulta ampiamente inferiore alle 48 ore come richiesto dal Regolamento Regionale.

15. MANUTENZIONE

In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la **manutenzione** è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria,

ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera. A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli interventi di supporto necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata.

Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati.

Sarebbe auspicabile prevedere anche l'inserimento di pretrattamenti per l'intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura.

È opportuno inserire nelle grondaie dei filtri al fine di intrappolare particelle, foglie ed altri detriti. Esistono anche in commercio dei piccoli manufatti che si inseriscono nelle grondaie e consentono il transito dell'acqua e l'espulsione delle foglie.

Per quanto concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque;
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali;
- Verifica della pulizia interna dei pozzi;
- Pulizia scorrimento;
- Piccola manutenzione edile.

Brescia (BS), Giugno 2026

