

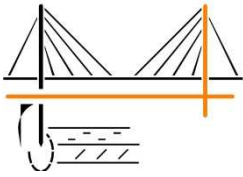
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI MONTICHIARI

AMBITO DI TRASFORMAZIONE N. 2
VIA SANT'EUROSIA – VIA POZZO CAVATO

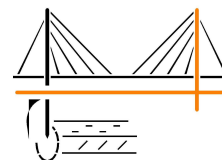
RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA
(R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.; L.R. 15 marzo 2016 n. 4)

Committenti:
Costa Eros
Via dei Casali, 25 – 25080 Manerba d. G. (BS)
Ferrari Gianluigi
Vicolo Pertusio, 28 – 26100 Cremona

Rev. 1	23.12.2022	CL		Data	Nome
Rev. 2	04.04.2023	CL	Elaborato:	06.05.2022	CL
			Verificato:	06.05.2022	CL
			Rif. Int.:	--	
			Redatto: 		
Modifiche	Data	Nome	STUDIO TECNICO LANCINI-MANZINI Ingegneria Civile – Geologia Tecnica e Ambientale		



Geol. Claudio Lancini

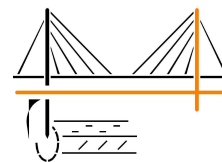


SOMMARIO

1 INTRODUZIONE.....	3
1.1 INTRODUZIONE ALLA REV. 2	4
2 INQUADRAMENTO DEL SITO DI PROGETTO	6
2.1 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO	6
2.2 INQUADRAMENTO SECONDO GLI “AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE”	14
2.3 OPERE DI PROGETTO ED INQUADRAMENTO AI SENSI DELL’ART. 9 DEL R.R.....	17
3 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA	20
3.1 DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DETTAGLIATA	21
3.2 DEFINIZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	23
<i>Parametri per durate minori di 1 Ora.....</i>	<i>26</i>
<i>Tempi di ritorno.....</i>	<i>26</i>
<i>Piogge di progetto – tabella riassuntiva</i>	<i>26</i>
3.3 DEFINIZIONE DELLO IETOGRAMMA E DELL’IDROGRAMMA DI PROGETTO	27
<i>Definizione dello ietogramma netto di progetto (Tr = 50 anni)</i>	<i>27</i>
3.4 RISULTATI DELLE PROCEDURE DI CALCOLO.....	30
3.5 DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI INFILTRAZIONE NEL TERRENO	33
3.6 TEMPO DI SVUOTAMENTO DELLE OPERE DI LAMINAZIONE	37
4 DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	39
5 MANUTENZIONE	42
6 CONCLUSIONI	44

ALLEGATO:

- SCHEDA TECNICA “ECODRAIN”



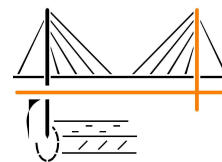
1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato è redatto in base all'incarico professionale ricevuto dallo Studio di Architettura Lussignoli Associati, con sede a Brescia in Via Corsica n. 118, per conto dei Sigg. Costa Eros e Ferrari Gianluigi, e rientra all'interno dell'Ambito di Trasformazione n. 2 Via Sant'Eurosia – Via Pozzo Cavato nel Comune di Montichiari (BS), ricadente all'interno del Foglio n. 45 – Particelle n. 213-234-216-207-208-162.

L'elaborato in oggetto, compresi gli allegati, costituisce la Relazione Tecnica relativa al Progetto di Invarianza Idraulica ed Idrologica, come previsto dall'Art. 10, comma 1, lettera a) del R.R. (Lombardia) 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)”*. Tale Regolamento, introdotto dall'Art. 7 della L.R. 15 marzo 2016 n. 4 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua”*, definisce, in attuazione dell'Articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica e, in particolare, disciplina l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica agli interventi di cui all'Articolo 58 bis, comma 2, della L.R. 12/2005, con le specificità di cui all'Articolo 3, nonché i criteri e i metodi per la disciplina, nei regolamenti edilizi, delle modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'Articolo 58 bis, comma 4, della L.R. 12/2005.

Come prevede l'art. 4 del Regolamento, *“le misure di invarianza idraulica e idrologica ed i vincoli allo scarico da adottare per le superfici interessate da interventi che prevedono una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione si applicano, secondo quanto previsto dal presente regolamento, alle acque pluviali di cui all'articolo 2, comma 1, lettera h).”* Per acque pluviali si intendono le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia di lavaggio delle aree esterne, di cui all'Art. 3 del R.R. 24 marzo 2006 n. 4, disciplinate dal Regolamento medesimo.

I contenuti del presente documento riguardano principalmente la descrizione, compreso il calcolo ed il dimensionamento, della soluzione progettuale di invarianza idraulica ed idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico, costituenti il



sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo.

Parte integrante dell'elaborato, è rappresentata dalla documentazione prevista all'Art. 10, comma 1, lettere c) -d) del R.R. 23 novembre 2017 n. 7, tra cui il "Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria" dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica ed idrologica e di recapito nei ricettori, secondo le disposizioni dell'Articolo 13 del Regolamento medesimo.

Al presente documento si allega anche l'"Asseverazione del professionista" in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'Allegato E.

Di seguito viene riepilogata la normativa di riferimento:

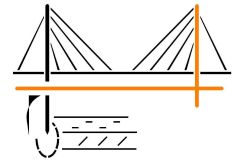
- **Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12**: Legge per il governo del territorio;
- **Legge Regionale 15 marzo 2016 n. 4**: Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua;
- **Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.**: 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).

1.1 Introduzione alla Rev. 2

La presente Revisione (Rev. 2) è redatta in seguito ad alcune variazioni apportate al progetto della lottizzazione, che comportano un aggiornamento delle superfici (impermeabili, semi-permeabili, aree verdi permeabili, ecc.) e della loro distribuzione all'interno del lotto medesimo.

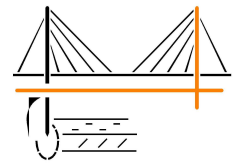
In particolare, le principali modifiche riguardano l'impiego di superfici semi-permeabili (asfalti drenanti) in corrispondenza della viabilità interna al lotto (strade, marciapiedi, parcheggi) e l'assenza di piani interrati, e perciò di solette al di sotto di tali superfici o delle aree verdi.

Come già effettuato per la Rev. 1 del presente elaborato, vengono distinte le superfici oggetto di cessione alla Pubblica Amministrazione (Comune di Montichiari), di seguito denominate



“superficie pubblica” da quelle che restano in capo ai privati, di seguito denominate *“superficie privata”*.

Ai fini di una più facile lettura dei risultati ottenuti all'interno della presente Revisione (Rev. 2), all'interno dei paragrafi specifici sono stati inseriti i dati aggiornati delle opere di invarianza idraulica, in sostituzione dei precedenti. Non sono più presenti i paragrafi aggiunti nella Rev. 1, perché ormai superati.



2 INQUADRAMENTO DEL SITO DI PROGETTO

Il sito di progetto è ubicato nel comune di Montichiari (BS) – Via Sant'Eurosia- Via Pozzo Cavato, ed è compreso nel Foglio n. 45 – Particelle n. 213-234-216-207-208-162. Di seguito si riporta un estratto del Geoportale della Provincia di Brescia, contenente la posizione del sito.

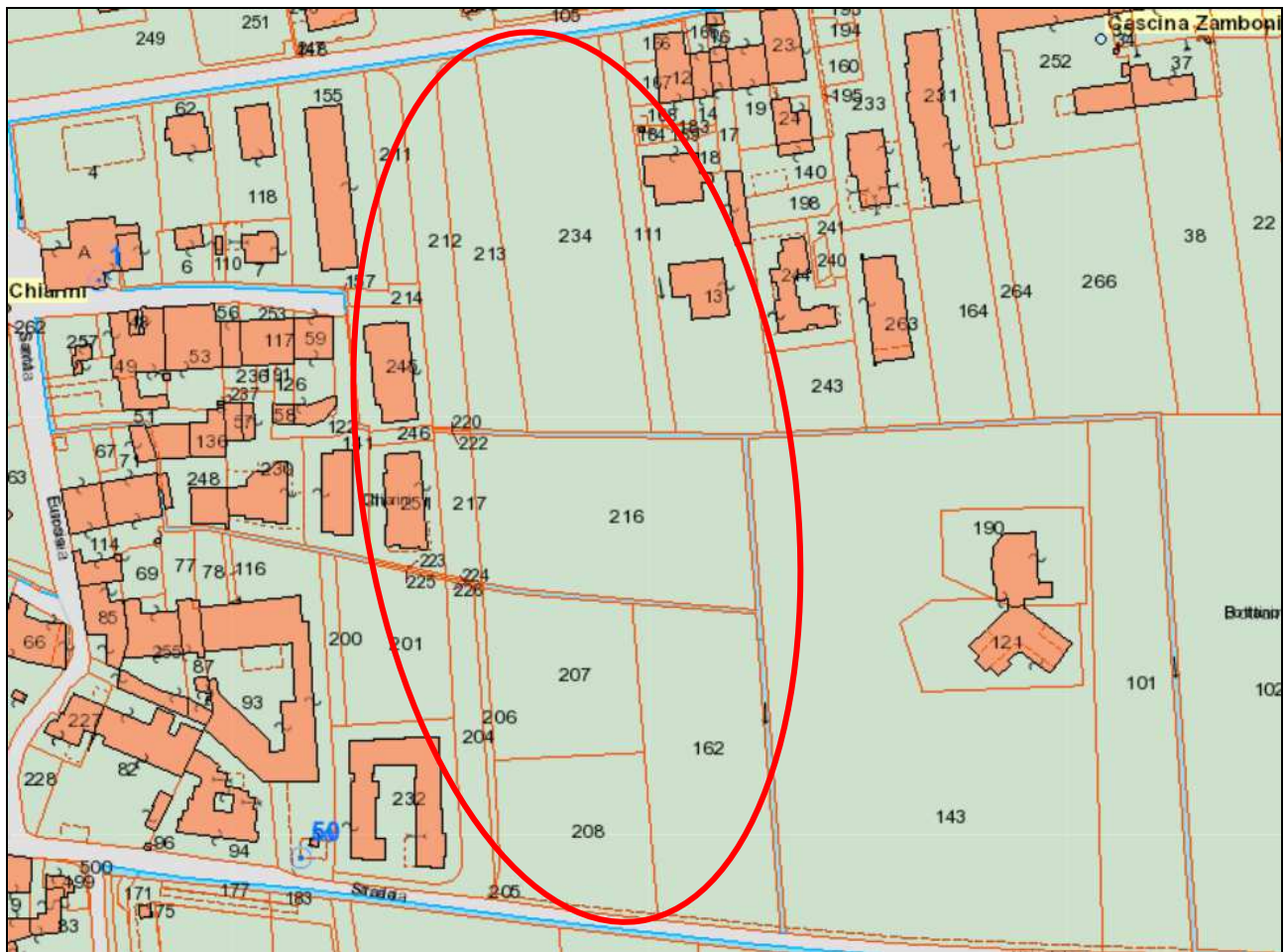
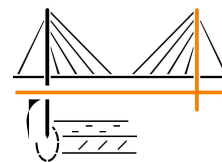


Figura 1: Estratto mappa catastale (fonte Geoportale della Provincia di Brescia)

2.1 Inquadramento programmatico

All'interno di questo paragrafo, vengono introdotte le principali caratteristiche del sito di progetto, in riferimento agli allegati relativi al Piano di Governo del Territorio del Comune di Montichiari (BS).



In primo luogo si riporta lo stralcio della Tavola D-05 – “Carta Geomorfologica”, (vedi figura seguente):

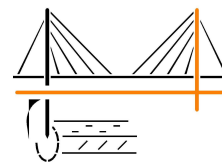


Figura 2: stralcio della Tavola D-05 – “Carta Geomorfologica”

Il sito di progetto ricade in una zona definita come “*Piano Generale Terrazzato*”. Nella Relazione allegata allo Studio Geologico del P.G.T. Comunale (Dott. Geol. Mario Pesce, novembre 2004), il “*Piano generale terrazzato*” è così definito:

PIANO GENERALE TERRAZZATO

“Il Piano Generale Terrazzato corrisponde al livello fondamentale della pianura (PGT), è sostanzialmente degradante verso sud e nel caso specifico corrisponde alle zone relativamente più rilevate del territorio comunale (ad eccezione delle colline moreniche). Su di esso sono ubicati il paese di Montichiari, le località Fascia d’Oro, Novagli, Chiarini e Boschetti. La litologia del terrazzo corrisponde a depositi legati a processi fluvio-glaciali, sostanzialmente di natura ghiaioso/sabbiosa.”



Secondo quanto riportato nel medesimo documento (Dott. Geol. Mario Pesce, novembre 2004), l'area di interesse è contraddistinta da:

“Antiche linee di deflusso superficiale con andamento complessivamente in senso NE-SW e una morfologia ondulata accentuata da discontinue scarpate di debole rigetto. Nel settore occidentale del territorio comunale il PGT presenta le sue quote più elevate (124 m) ed è rappresentato da un'area generalmente pianeggiante e debolmente degradante verso ovest; nel settore orientale il PGT è invece caratterizzato da un andamento prevalentemente ondulato con aree più o meno rilevate allungate in senso N-S e quote massime di 121 m. L'andamento degradante verso S generale determina un abbassamento di quote del PGT a valori altitudinali di 77 m. Il limite del PGT con i terrazzi adiacenti è costituito per lo più da una scarpata continua disposta in senso N-S di rigetto inferiore a 10 m (dato significativo per l'analisi del rischio sismico) nella porzione centro/settentrionale”

L'insieme dei depositi alluvionali (sabbiosi e ghiaiosi) presenta caratteristiche interessanti da un punto di vista edilizio: *“Tutti gli studi considerati, confermano un elevato valore di angolo d'attrito, compreso nell'intervallo tipico di 30° – 35°. Si tratta di resistenze meccaniche desiderabili ai fini edificatori.”*

Dal punto di vista idrogeologico, si fa riferimento alla Tavola D-05 “Carta Idrogeologica”, che fornisce tra gli altri le indicazioni riguardo l'andamento delle linee iso-piezometriche in alcuni settori del territorio comunale, e riguardo i pozzi e le sorgenti.

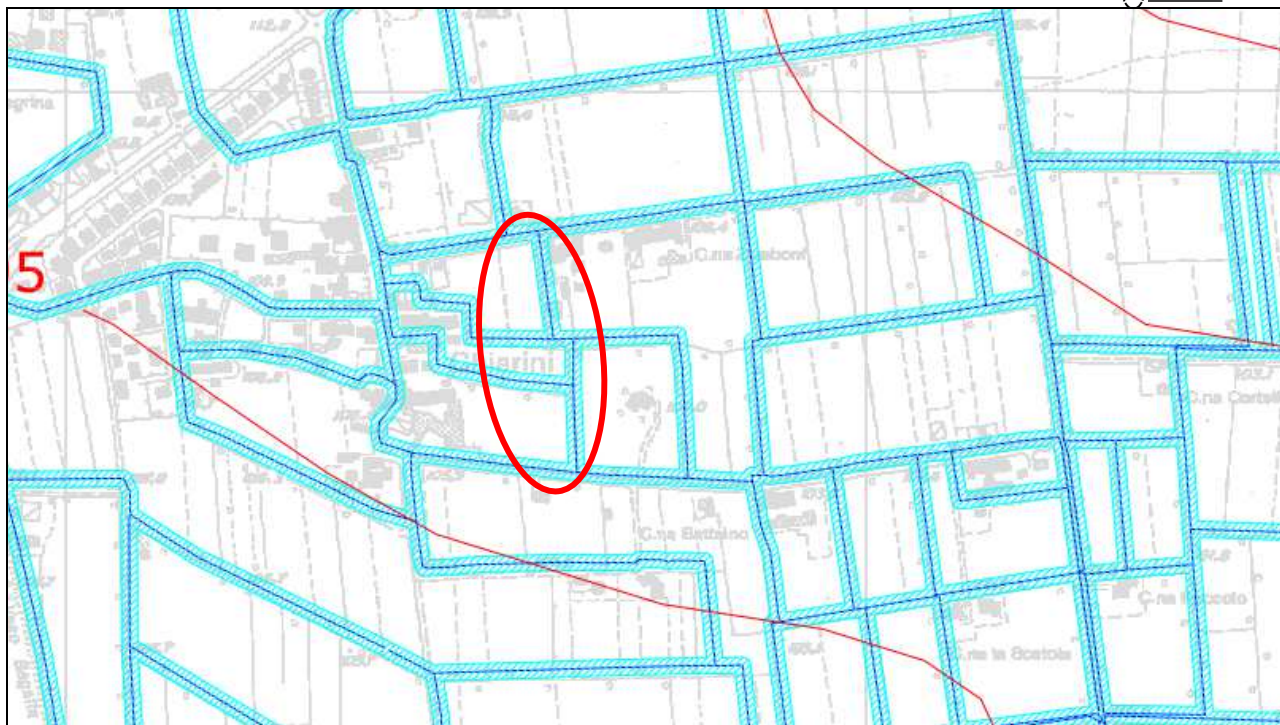
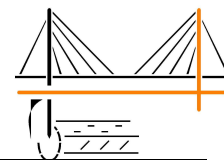


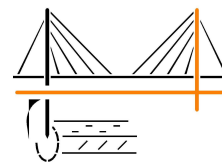
Figura 3: stralcio della Tavola D-05 – “Carta Idrogeologica”

Il sito di progetto, secondo quanto contenuto nella Relazione Geologica allegata al P.G.T. Comunale (Mario Pesce, 2004), è inquadrato all'interno dei “Terreni molto permeabili a vulnerabilità media”, con la presenza di una fitta rete idrografica di competenza del Consorzio “Medio Chiese”.

Nella Relazione allegata allo Studio Geologico del P.G.T. Comunale (Dott. Geol. Mario Pesce, novembre 2004), relativamente alle falde freatiche, vengono indicate le seguenti informazioni.

Falde freatiche

“Tramite determinazioni piezometriche rilevate nel territorio comunale durante l'aprile del 2003 sono state estrapolate le isofreatiche riportate sulla carta tematica e alla quale è necessario riferirsi con cautela ricordando che i valori sono riferiti ad un limitato periodo e che possono anche ampiamente variare nel tempo. Le isofreatiche subiscono una inflessione verso monte in prossimità del terrazzo del Piano di Rò e sono ravvicinate nel settore nord-orientale del territorio comunale a indicare un gradiente idraulico superiore pur rimanendo decisamente basso l'alta pianura presenta mediamente un gradiente idraulico pari a 0.4-0.5 per mille. L'andamento



generale di scorrimento delle acque sotterranee è principalmente in senso NNE-SSW, ma sono presenti anche flussi secondari che hanno direzione radiante rispetto all'alto freatico individuato presso il paese di Montichiari. Sotto l'acquifero freatico, a profondità non investigate, sono presenti altri acquiferi confinati in strati permeabili racchiusi entro strati argillosi impermeabili ai quali si può attingere tramite pozzi artesiani. La maggior parte delle aree urbanizzate è ubicata nella zona centro settentrionale dove, le soggiacenze sono superiori ai 10 m, mentre le aree prettamente agricole occupano l'intero settore meridionale. Un discorso a sé merita inoltre la variazione stagionale e pluriennale del livello freatico, essenzialmente dipendente: dai cicli meteorici, da quelli irrigui, dall'ampiezza del bacino idrogeologico di alimentazione da monte e da eventuali "strozzature" di trasmissività a valle; insieme di fattori che dà luogo a un fenomeno "oscillatorio" nella soggiacenza freatica."

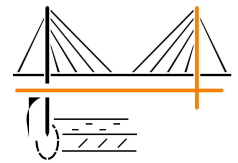
In base a quanto illustrato nella Tavola D-05 "Carta Idrogeologica", ed in particolare secondo l'andamento delle linee isofreatiche, si può evincere che la profondità della falda presso il sito di progetto, si attesti attorno ai -10 m dal piano campagna.

Il sito di progetto appartiene alla Classe di Fattibilità 2 (con modeste limitazioni) Sottoclasse 2b "Aree adiacenti la valle del fiume Chiese costituiti da depositi ghiaiosi passante a granulometrie più fini, condizioni di ridotta pericolosità geologica o idrogeologica." (vedi Tavola D-05 "Carta della Fattibilità territorio per le Azioni di Piano", di seguito riportata).

In merito alla Classe sopracitata, si riportano le prescrizioni contenute all'interno delle Norme Geologiche di Piano (Geol. Pesce, 2004):

SOTTOCLASSE 2B:

"la sottoclasse è rappresentata da aree costituite in linea di massima da depositi ghiaiosi che possono sfumare localmente in granulometrie più fini. Le aree considerate sono prospicienti alla Valle del Fiume Chiese e occupano allungate e limitate porzioni del Piano Generale Terrazzato che sono meno rilevate. Hanno caratteristiche meccaniche buone, ma con variazioni nella consistenza non prevedibili; la litologia, infatti, rappresenta il principale fattore limitante. Le aree sono adibite per lo più ad uso agricolo, ma vi sono ubicati anche i centri urbani."



L'area di progetto include al proprio interno anche alcune superfici relative alle fasce di rispetto del Reticolo Idrico Minore; esse sono inquadrate nella Classe di Fattibilità 3 (fattibilità con consistenti limitazioni), Sottoclasse 3H.

SOTTOCLASSE 3H:

“corrisponde alle fasce di rispetto ad alto grado di tutela del Reticolo Idrografico minore di Competenza del Consorzio Medio Chiese, la cui ampiezza massima è di 10 m. Si applicano le norme di cui agli artt. 6 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del Reticolo Idrografico del Territorio Comunale.”

Di seguito si riporta uno stralcio della Tavola D-05 “*Carta della Fattibilità del territorio per le Azioni di Piano*”:

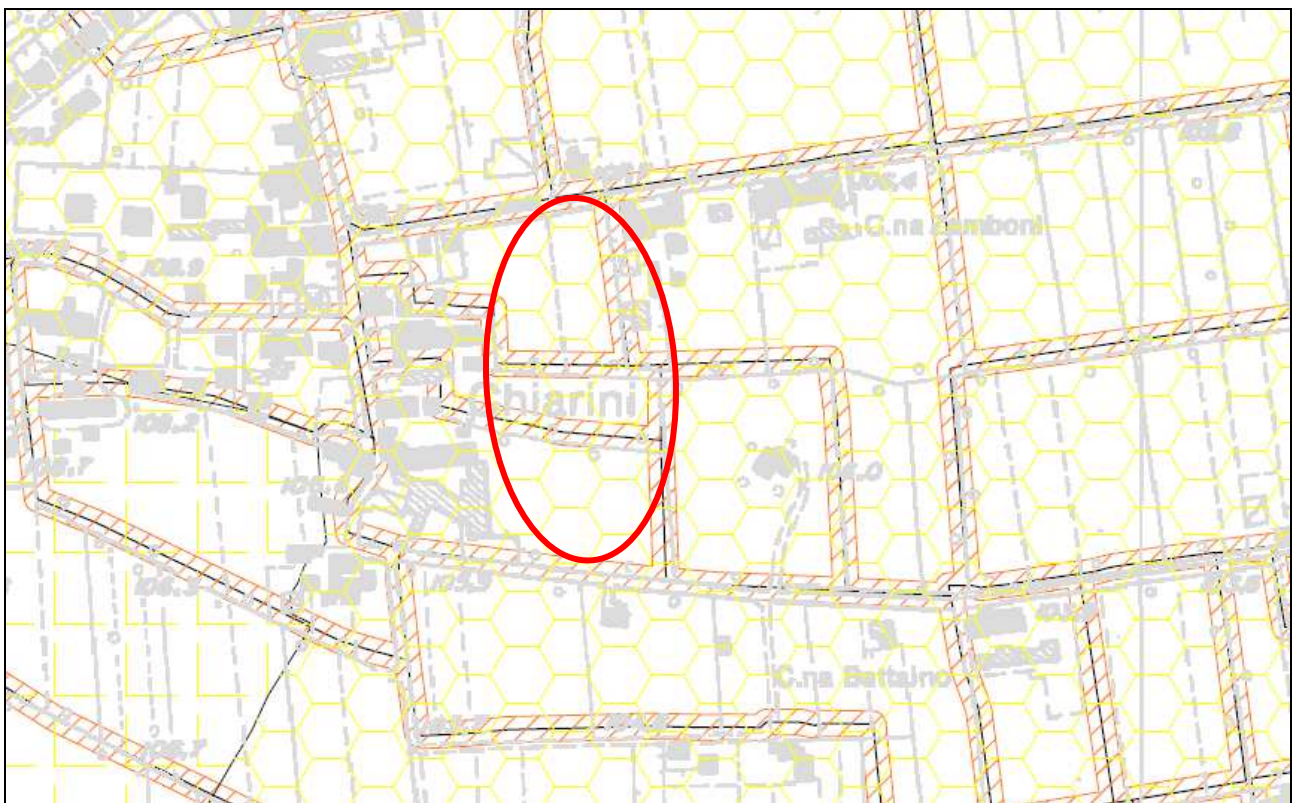


Figura 4: stralcio della Tavola D-05 “Carta della Fattibilità del territorio per le Azioni di Piano”

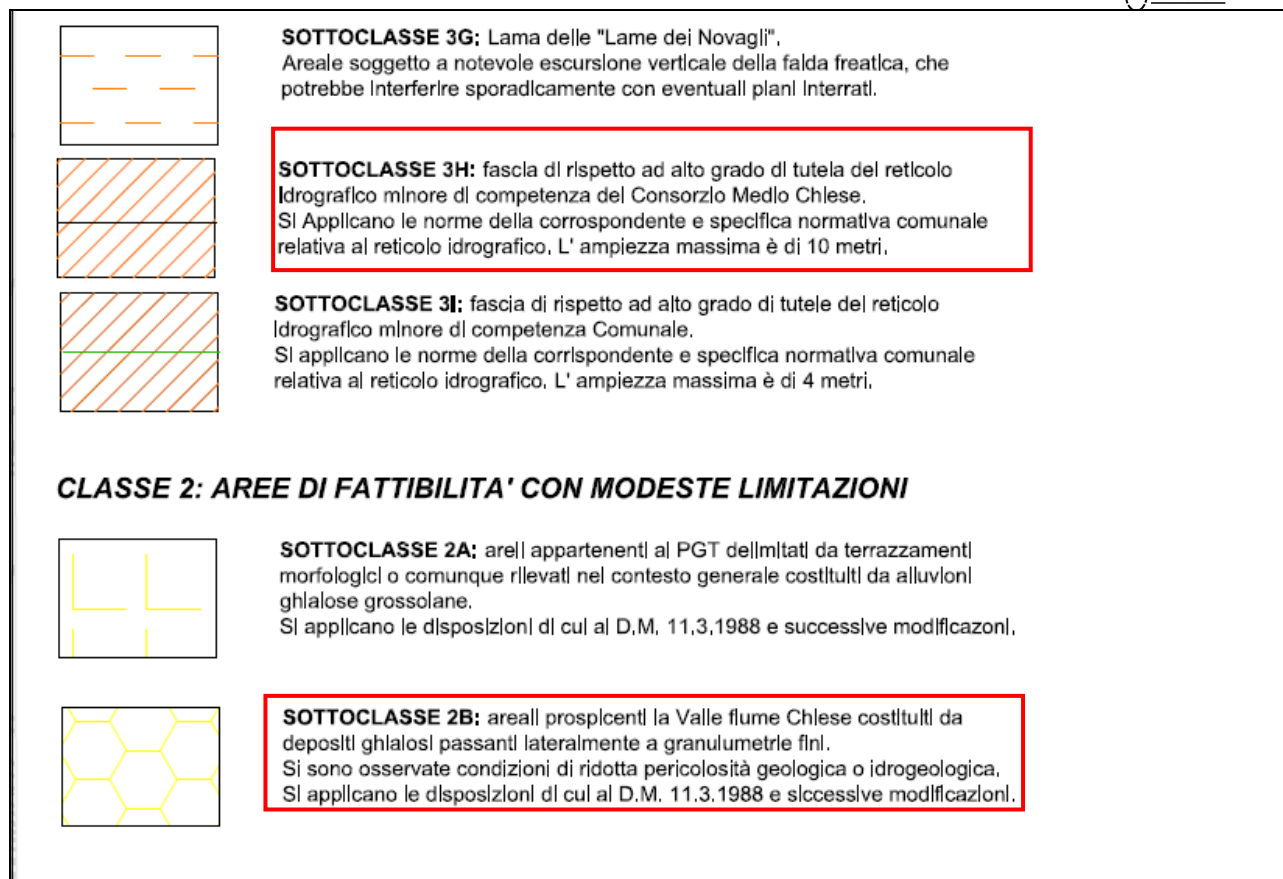
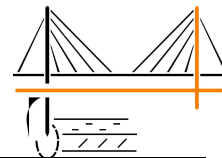


Figura 5: stralcio della Tavola D-05 "Carta della Fattibilità del territorio per le Azioni di Piano" - Legenda

Le infrastrutture relative alla rete fognaria comunale sono illustrate all'interno della Tavola denominata B6.a e dal titolo "*Impianti urbanizzativi-rete fognaria*", allegata al Piano dei Servizi del P.G.T. comunale. Nei pressi del sito di progetto, e precisamente lungo la direttrice di Via Sant'Eurosia, adiacente allo stesso, vi è la presenza di una rete di sottoservizi per lo smaltimento delle acque in fognatura. Di seguito si riporta lo stralcio della Tavola sopraccitata.

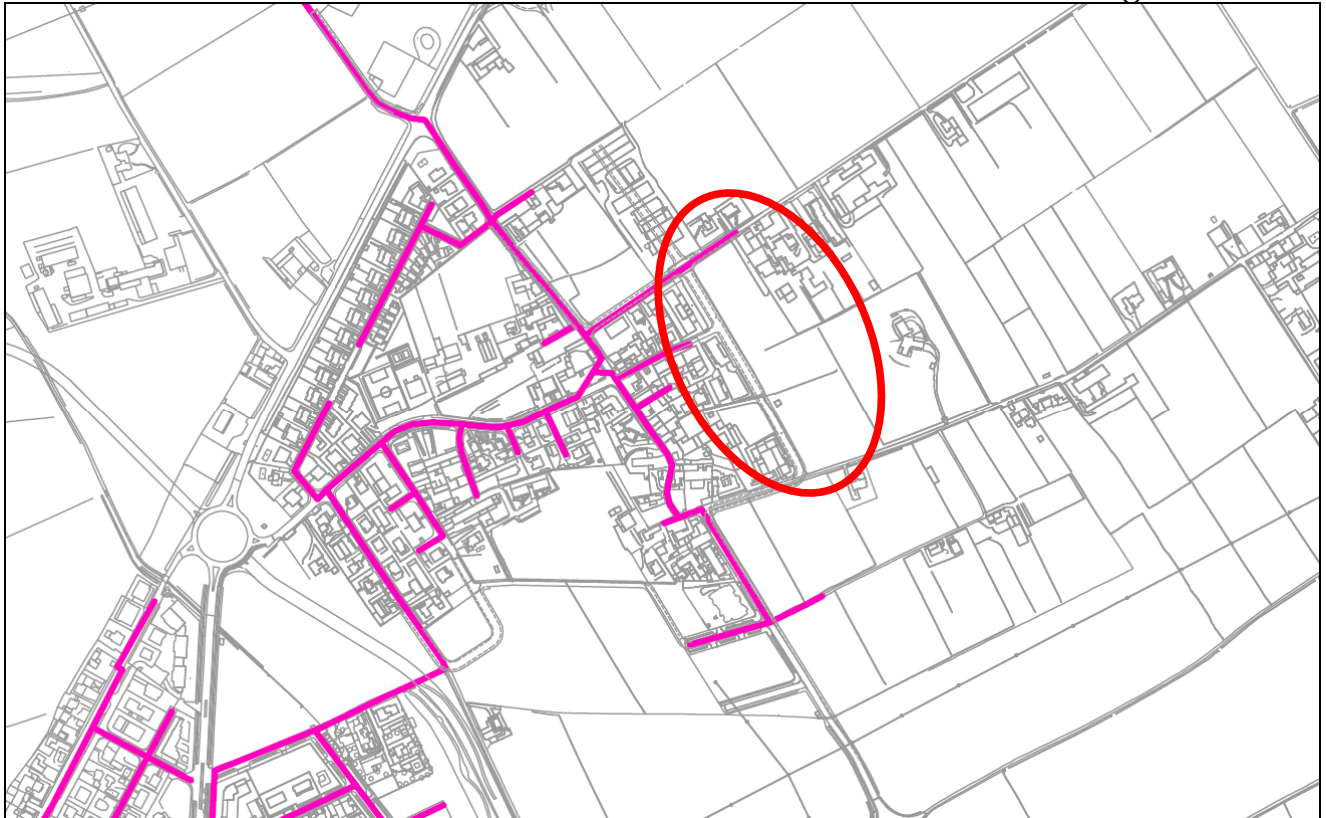
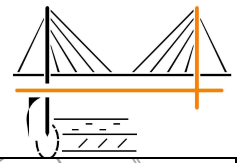


Figura 6: stralcio della Tavola B6.a “Impianti urbanizzativi-rete fognatura”

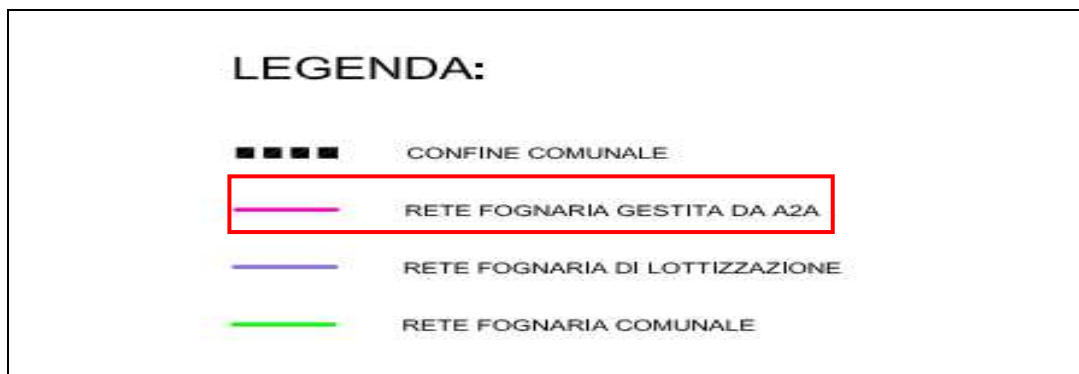


Figura 7: stralcio della Tavola B6.a “Impianti urbanizzativi-rete fognatura” – Legenda

Le opere di progetto sono inquadrare all'interno di un “Ambito di trasformazione”, che prevede la realizzazione di due blocchi di edifici, così come illustrato dalla figura seguente, relativa al Progetto urbanistico (Arch. Lussignoli).

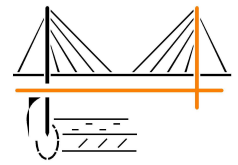
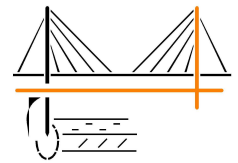


Figura 8: Planimetria relativa all'“Ambito di trasformazione”

2.2 Inquadramento secondo gli “Ambiti territoriali di applicazione”

Il territorio della Regione Lombardia è stato suddiviso in “ambiti territoriali di applicazione”, ai sensi dell'Art. 7 del Regolamento Regionale del 23 novembre 2017, n. 7, in base al quale i Comuni sono stati inseriti in tre diversi ambiti, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. Le tipologie di aree (ambiti) individuate, sono le seguenti:

- Aree A: alta criticità idraulica;
- Aree B: media criticità idraulica;
- Aree C: bassa criticità idraulica.



L'Allegato C al Regolamento riporta l'“*Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del regolamento*”, così come illustrato nella “Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica” presente nell'Allegato B e di seguito riportata.

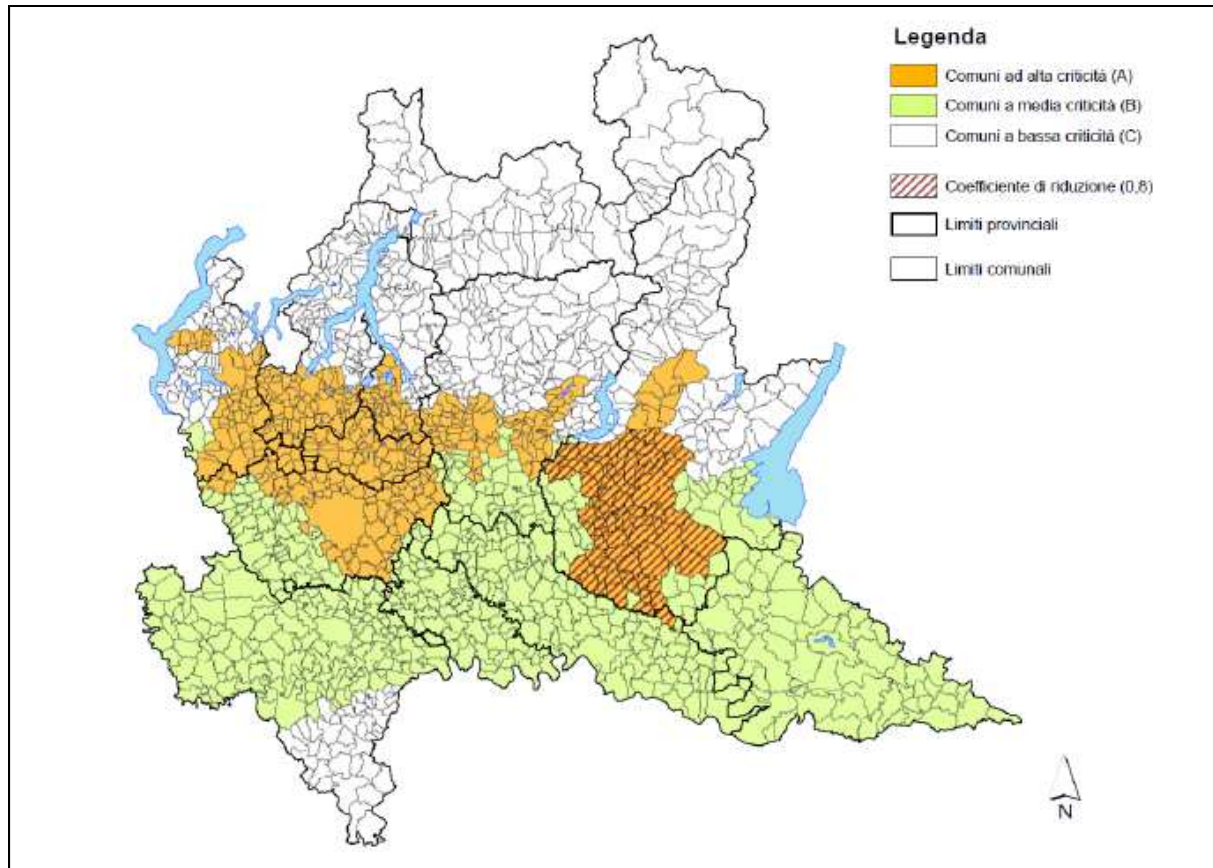


Figura 9: Distribuzione Aree di criticità Idraulica e idrologica Regione Lombardia

Il territorio del Comune di Montichiari, all'interno del quale è ubicato il sito di progetto, ricade in Area di criticità A (Alta criticità idraulica), come si osserva dallo stralcio dell'Allegato C del Regolamento, di seguito illustrato.

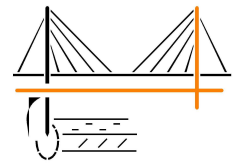


Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
MONTE ISOLA	BS	C	
MONTE MARENZO	LC	C	
MONTEBELLO DELLA BATTAGLIA	PV	B	
MONTECALVO VERSIGGIA	PV	C	
MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	VA	C	
MONTELLO	BG	A	1
MONTEMEZZO	CO	C	
MONTESCANO	PV	C	
MONTESEGALE	PV	C	
MONTEVECCHIA	LC	A	1
MONTICELLI BRUSATI	BS	A	0,8
MONTICELLI PAVESE	PV	B	
MONTICELLO BRIANZA	LC	A	1
MONTICHIARI	BS	A	0,8
MONTIRONE	BS	A	0,8
MONTODINE	CR	B	
MONTORFANO	CO	A	1
MONTU' BECCARIA	PV	C	
MONVALLE	VA	C	
MONZA	MB	A	1
MONZAMBANO	MN	B	
MORAZZONE	VA	A	1
MORBEGNO	SO	C	
MORENGO	BG	B	
MORIMONDO	MI	B	
MORNAGO	VA	C	

Figura 10: Stralcio dell'Elenco di cui all'Allegato C del Regolamento

Si ricorda che le normative impongono per tutti gli ambiti di trasformazione, situati nel territorio lombardo, l'inserimento degli stessi in Area A (ad alta criticità idraulica), come riportato nell'articolo 7 comma 5 del Regolamento di seguito riportato:

“Indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti e alle procedure indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole”.

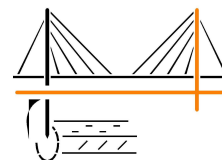


2.3 Opere di progetto ed inquadramento ai sensi dell'Art. 9 del R.R.

Le opere di progetto, di cui al D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380, riguardano la realizzazione di un complesso di edifici residenziali relativi ad un “Ambito di trasformazione”; nella figura seguente è possibile visualizzare l'insieme delle superfici interessate dall'intervento.



Figura 11: Planimetrie di progetto



Escludendo le aree verdi permeabili, le quali non subiscono trasformazioni, La superficie di intervento è pari a 18.868 mq. Il progetto, nella sua globalità, è caratterizzato quindi da una “superficie interessata dall’intervento”, così come definita dal Regolamento, pari a 18.868 mq. Tale valore tiene conto sia della aree che resteranno in capo ai privati, sia quelle successivamente oggetto di cessione all’Ente pubblico (Comune di Montichiari).

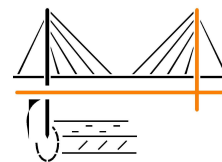
Il Regolamento Regionale disciplina all’Art. 9 la “Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo”, prevedendo che le verifiche idrauliche ed idrologiche vengano condotte attraverso diversi approcci progettuali, a seconda dei valori relativi ai seguenti parametri:

1. Superficie interessata dall’intervento;
2. Coefficiente di deflusso medio ponderale.

Tali parametri permettono di individuare la Classe di intervento relativa alla matrice illustrata nella Tabella 1 del Regolamento Regionale (di seguito riportata), e quindi di selezionare la corretta modalità di calcolo da applicare al singolo intervento, tenendo conto anche dell’Ambito territoriale (Art. 7 del Regolamento) a cui il sito di progetto appartiene.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,03$ a $\leq 0,1$ ha ($da > 300$ mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,03$ a $\leq 0,1$ 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)	$\leq 0,4$		
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		

Figura 12: Tabella 1 – Art. 9 R.R. 23 novembre 2017, n. 7



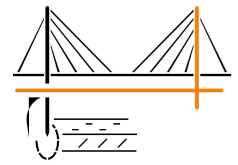
La figura precedente illustra l'inquadramento delle opere di progetto all'interno della matrice di cui alla Tabella 1 del Regolamento; nei riquadri in rosso è possibile visualizzare i parametri relativi all'intervento in oggetto.

La superficie interessata dall'intervento riguarda l'area comprendente i nuovi edifici e la viabilità annessa (parcheggi, viali di accesso, marciapiedi). I tetti degli edifici sono considerati impermeabili (coefficiente $\phi=1$), mentre la viabilità sarà realizzata con asfalti drenanti, e quindi può essere inclusa nelle superfici semipermeabili; il coefficiente di deflusso adottato è pari a $\phi=0,41$, come da scheda tecnica esemplificativa allegata.

Tenendo conto delle aliquote di superfici impermeabili e semipermeabili (vedi dettaglio nel capitolo seguente), si tiene conto quindi di un coefficiente di deflusso medio ponderale pari a $\phi=0,82$.

La “superficie interessata dall'intervento” pari a **18.868 mq**, unitamente al valore del **coefficiente di deflusso medio ponderale** pari a **$\phi=0,65$** , (valore riferito alla totalità del progetto) colloca il progetto nella casella con superfici comprese tra “10.000 mq e 100.000 mq” e $\phi>0,4$; a questo punto il progetto ricade all'interno della Classe di Intervento 3 “Impermeabilizzazione potenziale alta”.

Incrociando i dati relativi all'Ambito territoriale, che in questo caso corrisponde ad Area A (alta criticità idraulica), sia perché ubicato in Comune di Montichiari, sia perché si tratta di un “Ambito di trasformazione”, si ricava che la modalità di calcolo per l'invarianza idraulica dovrà essere eseguita applicando anche la “Procedura dettagliata” ai sensi dell'Art. 11 del Regolamento, oltre che il “Metodo dei requisiti minimi Art. 12 comma 2”, come prevede l'Art. 11 comma 2 lettera e) punto 3 del Regolamento medesimo.



3 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA

Le opere di progetto riguardano la realizzazione di un complesso residenziale, il quale prevede una trasformazione di superfici pari a 18.868 mq. Tale intervento, in rapporto al “Piano delle Regole” allegato al P.G.T. di Montichiari (Tavola C 2.3 – “*Ambiti e zone*”, Arch. Rubagotti, aprile 2021), ricade all’interno di “*Ambiti di trasformazione*”, denominato “AdT 2”.

Di seguito si riporta un estratto della Tavola C 2.3 – “*Ambiti e zone*” sopraccitata.

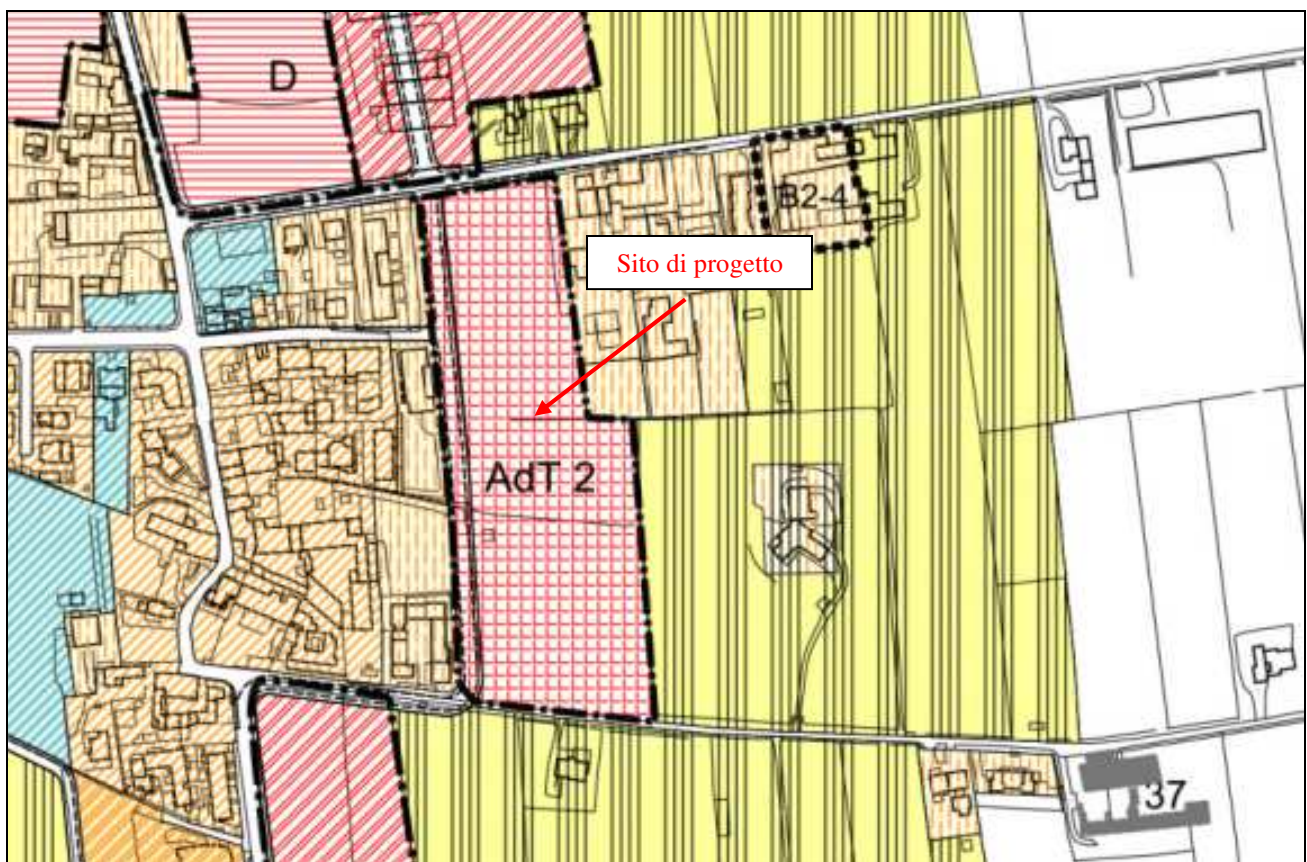


Figura 13: Estratto della Tavola C 2.3 – “*Ambiti e zone*” allegata al P.G.T. Comunale



Figura 14: Estratto della Tavola C 2.3 – “Ambiti e zone” allegata al P.G.T. Comunale – legenda

I terreni presenti in sito, appartenenti al “*Piano Generale Terrazzato*”, sono caratterizzati da “*Terreni molto permeabili*”, così come riportato nella Relazione allegata allo Studio Geologico del P.G.T. Comunale (Dott. Geol. Mario Pesce, novembre 2004). Secondo quanto riportato nella Relazione stessa, la falda freatica è situata a -10 m circa dal piano campagna. In relazione quindi alla buona permeabilità dei terreni superficiali, ed alla profondità della falda presso il sito di progetto, si opta per lo scarico delle acque soggette ad invarianza idraulica all’interno di un opportuno sistema di pozzi drenanti.

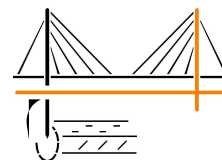
Nei prossimi paragrafi, viene illustrata la procedura relativa al dimensionamento del “volume di laminazione”, così come previsto dal Regolamento.

3.1 Descrizione della Procedura dettagliata

In base a quanto illustrato nel Paragrafo 2.3 del presente elaborato, la modalità di calcolo applicabile all’intervento di progetto deve prevedere anche quella prevista all’Art. 11, comma 2 lettere d) ed e) del Regolamento: “Procedura dettagliata”.

Tale procedura richiede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi - deflussi del bacino fino alla sezione di ingresso nell’invaso (o nel complesso degli invasi) di laminazione in progetto, in particolare adottando idonei criteri di scelta:

- dello ietogramma di progetto e della sua durata complessiva a partire dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l’area in esame;



- della procedura di calcolo dello ietogramma netto in funzione delle perdite idrologiche per accumuli iniziali e per infiltrazione, in relazione alle tipologie del suolo e della urbanizzazione in progetto;
- del modello di trasformazione afflussi netti-deflussi idoneo a rappresentare sia la formazione degli idrogrammi di piena nelle diverse sotto-aree, sia la loro propagazione e formazione dell'idrogramma complessivo $Q_e(t)$ in corrispondenza della sezione di ingresso nell'invaso (o nel complesso degli invasi) di laminazione in progetto.

A tale scopo è stato utilizzato:

- uno ietogramma di progetto tipo Chicago avente una durata poco superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- la stima del processo di infiltrazione indicato nell'articolo 11, comma 2, lettera c), punti da 1 a 6 del regolamento, o l'adozione dei coefficienti di deflusso indicati nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento;
- il modello di trasformazione aree – tempi (metodo di corrivazione) del bacino afferente all'invaso di laminazione.

Il dimensionamento dell'invaso (o degli invasi) di laminazione avviene poi applicando le equazioni seguenti al fine di computare l'idrogramma uscente $Q_u(t)$ dalla bocca (o dall'insieme delle bocche) di scarico dell'invaso (o degli invasi) e quindi verificare il rispetto del valore della massima portata ammissibile nel caso in esame (articolo 8 del regolamento) e del tempo massimo di svuotamento (articolo 11, comma 2, lettera f)).

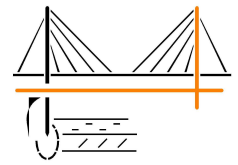
I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da un invaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione nel tempo (t) è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

- equazione differenziale di continuità:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

- legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso:



$$Q_u = Q_u[H(t)]$$

- curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico H nell'invaso:

$$W = W[H(t)]$$

dove $Q_e(t)$ rappresenta la portata entrante, $Q_u(t)$ quella complessivamente uscente dall'insieme delle opere di scarico e/o di infiltrazione e/o di riuso, $W(t)$ il volume invasato, $H(t)$ il battente idrico nell'invaso.

Il calcolo viene riferito ad un evento di piena entrante $Q_e(t)$ selezionato come “evento di progetto” e cercando le soluzioni dimensionali affinché la portata uscente $Q_u(t)$ sia sempre inferiore o al massimo uguale al preassegnato limite massimo $Q_{u \max}$ indicato nell'Articolo 8 del regolamento, o nel caso di sistemi di infiltrazione (tipo i pozzi perdenti), alla capacità di scarico di questi ultimi, legata alla permeabilità dei terreni.

3.2 Definizione della curva di possibilità pluviometrica

In questo paragrafo vengono illustrate le valutazioni ed i calcoli relativi alle precipitazioni di progetto, che prevedono nello specifico il calcolo dei parametri caratteristici della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica, in funzione dei tempi di ritorno, sulla base dei dati di Arpa Lombardia – Art 11 comma 2 lettere a,b);

Si riportano i coefficienti caratteristici delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica da utilizzare per l'area in oggetto, secondo i dati rilevati da ARPA LOMBARDIA, in base alla seguente formulazione analitica:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

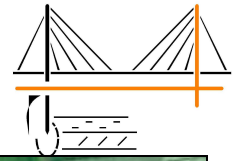
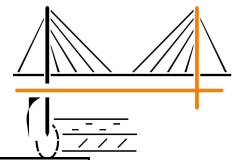


Figura 15: Portale ARPA Lombardia - Localizzazione intervento

Parametri per durate di 1-24 Ore

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it	
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	27.28
N - Coefficiente di scala	0.2669
GEV - parametro alpha	0.2738
GEV - parametro kappa	-0.042
GEV - parametro epsilon	0.8299

Figura 16: Parametri 1-24 ore ricavati da <http://idro.arpalombardia.it>



Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0.93103	1.25380	1.47611	1.69604	1.99078	2.21932	2.45380	1.99077689
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	25.4	34.2	40.3	46.3	54.3	60.5	66.9	54.3083937
2	30.6	41.2	48.5	55.7	65.3	72.8	80.5	65.3449249
3	34.1	45.9	54.0	62.0	72.8	81.2	89.7	72.8132843
4	36.8	49.5	58.3	67.0	78.6	87.7	96.9	78.6242959
5	39.0	52.6	61.9	71.1	83.4	93.0	102.9	83.4491758
6	41.0	55.2	65.0	74.6	87.6	97.7	108.0	87.6103724
7	42.7	57.5	67.7	77.8	91.3	101.8	112.5	91.2900877
8	44.2	59.6	70.1	80.6	94.6	105.5	116.6	94.6022956
9	45.7	61.5	72.4	83.2	97.6	108.8	120.3	97.6234797
10	47.0	63.2	74.4	85.5	100.4	111.9	123.8	100.407686
11	48.2	64.9	76.4	87.7	103.0	114.8	126.9	102.99465
12	49.3	66.4	78.2	89.8	105.4	117.5	129.9	105.414519
13	50.4	67.8	79.8	91.7	107.7	120.1	132.7	107.690759
14	51.4	69.2	81.4	93.6	109.8	122.5	135.4	109.842025
15	52.3	70.5	83.0	95.3	111.9	124.7	137.9	111.883415
16	53.2	71.7	84.4	97.0	113.8	126.9	140.3	113.827338
17	54.1	72.9	85.8	98.6	115.7	129.0	142.6	115.684127
18	54.9	74.0	87.1	100.1	117.5	130.9	144.8	117.462486
19	55.7	75.1	88.4	101.5	119.2	132.9	146.9	119.169823
20	56.5	76.1	89.6	102.9	120.8	134.7	148.9	120.812498
21	57.2	77.1	90.8	104.3	122.4	136.4	150.9	122.396018
22	58.0	78.0	91.9	105.6	123.9	138.2	152.7	123.925184
23	58.6	79.0	93.0	106.8	125.4	139.8	154.6	125.40421
24	59.3	79.9	94.0	108.1	126.8	141.4	156.3	126.836818

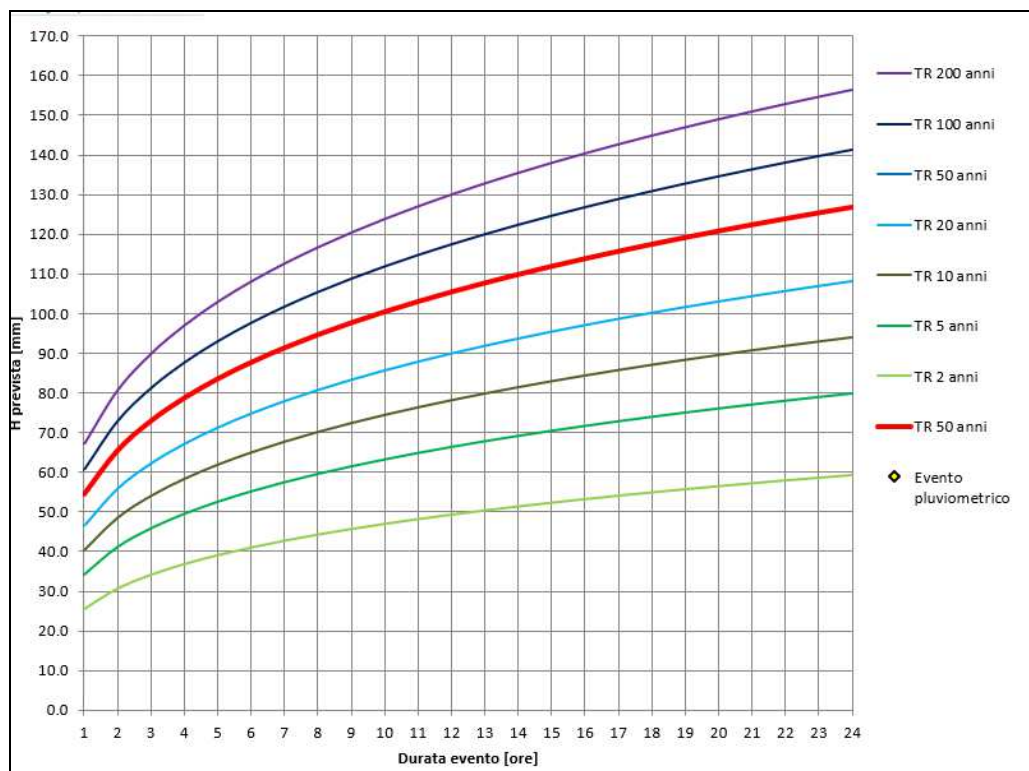
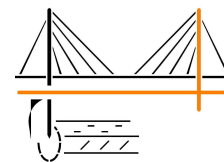


Figura 17: Diagramma altezze di pioggia-durata (1-24 h) per i diversi TR (idro.arpalombardia.it)



Parametri per durate minori di 1 Ora

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

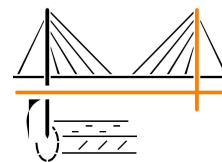
Tempi di ritorno

1. $Tr = 50$ anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione con un adeguato grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;

2. $Tr = 100$ anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica del grado di sicurezza delle opere come sopra dimensionate. Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T 100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno. 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.

Piogge di progetto – tabella riassuntiva

Durata	a_1	wT	wT	$a = a_1 \times wT$ (Opere)	$a = a_1 \times wT$ (Verifiche di sicurezza)	N
		Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	
< 1 ora						0,5
1-24 ore	27,28	1,99078	2,21932	54,3	60,5	0,2669



3.3 Definizione dello ietogramma e dell'idrogramma di progetto

Secondo quanto illustrato nel paragrafo precedente, la curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella seguente forma generale:

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

In base ai dati ottenuti per il sito di progetto con un tempo di ritorno $Tr = 50$ anni, in riferimento ad eventi meteorici di durata maggiore/uguale ad un'ora, la relazione precedente diventa:

$$h = 54,3 \cdot t^{0,2669}$$

Definizione dello ietogramma netto di progetto ($Tr = 50$ anni)

A partire dalla curva di possibilità pluviometrica, si deve operare la trasformazione afflussi – deflussi del bacino di riferimento, sino alla sezione di ingresso nell'invaso di laminazione in progetto.

Si adotta uno ietogramma di progetto “tipo Chicago”, che si può facilmente ottenere dalla curva di possibilità pluviometrica a due parametri sopra riportata, tramite l'impiego delle seguenti funzioni:

$$i(t) = a \cdot n \left(\frac{rT - t}{r} \right)^{n-1} \quad \text{Valida per } t < rT \text{ (prima del picco)}$$

$$i(t) = a \cdot n \left(\frac{t - rT}{1 - r} \right)^{n-1} \quad \text{Valida per } t > rT \text{ (dopo il picco)}$$

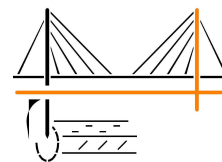
dove:

r : rappresenta la posizione relativa del picco (valori suggeriti tra 0,3 e 0,45 per durate paragonabili al tempo di corrivazione);

t : tempo;

T : durata della pioggia.

Con lo “ietogramma di Chicago”, il volume della precipitazione cumulata in qualsiasi istante $h(t)$ è pari a quello fornito dalla curva di possibilità pluviometrica $h = a \cdot t^n$, ed il picco di intensità della precipitazione sarà posto ad un tempo rT dopo l'istante di inizio della pioggia.



Si assume una posizione del picco $r=0,4$ e una durata dell'evento piovoso pari a $T=1$ ora, sicuramente maggiore del tempo di corrivazione della rete drenante, stimabile in prima approssimazione in circa 18 minuti.

Il calcolo per ottenere lo ietogramma netto, è condotto in via semplificata adottando i valori standard del coefficiente di deflusso indicati nell'Art. 11 Comma 2 lettera d) del Regolamento, dai quali si ricava il "coefficiente di deflusso medio ponderale" riferito al bacino di interesse.

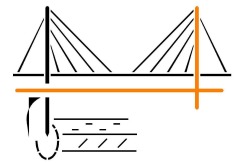
In base alle caratteristiche delle superfici di progetto, in termini di permeabilità, si attribuiscono i coefficienti di deflusso così come segue, secondo quanto indicato con l'Art. 11 del R.R. e s.m.i.:

- 1,0 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

In particolare, per il sito di progetto si prevede di realizzare la viabilità interna (strade, parcheggi, marciapiedi) con pavimentazione drenante, avente coefficiente di deflusso pari a 0,41, come da scheda tecnica esemplificativa allegata.

Come richiesto dalla Committenza, i dimensionamenti delle opere di invarianza idraulica verranno di seguito condotti, tenendo separate le superfici di competenza dei privati (**superficie privata**), da quelle oggetto di cessione al Comune di Montichiari (**superficie pubblica**).

Descrizione	impermeabile (mq)	phi	semi-permeabile (mq)	phi	phi (mp)	Sup. scolante intervento (mq)
Superficie privata	7760	1,0	6039	0,41	0,74	10211
Superficie pubblica	/	/	5069	0,41	0,41	2078



Per quanto riguarda la “Superficie privata”, si ottiene un coefficiente di deflusso ponderale medio pari a $\phi = 0,74$, ed una conseguente “Superficie scolante di intervento”, così come definita dal Regolamento, pari a 10.211 mq.

Per quanto riguarda invece la “Superficie pubblica”, il valore del coefficiente di deflusso ponderale medio è pari a $\phi = 0,41$, dato che si tratta solo di superfici semi-permeabili, ottenendo una conseguente “Superficie scolante di intervento”, così come definita dal Regolamento, pari a 2.078 mq.

Di seguito si riporta lo ietogramma netto di progetto.

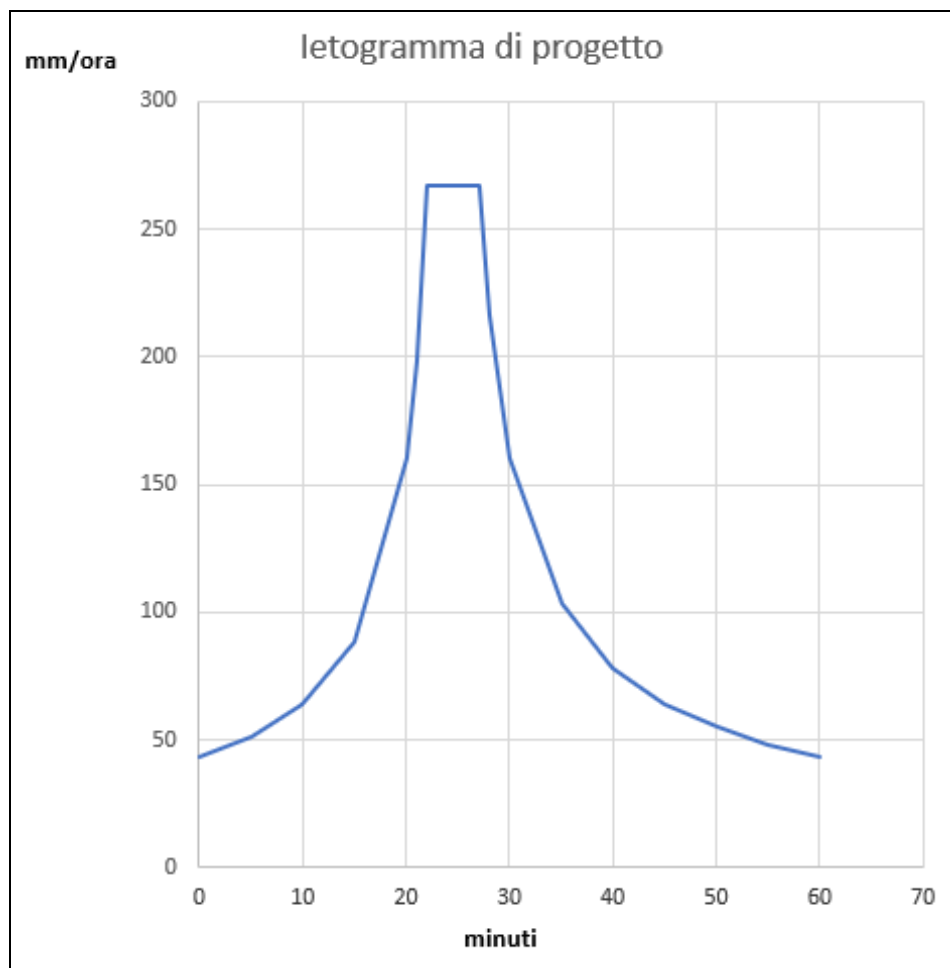
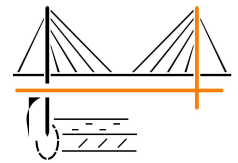


Figura 18: ietogramma netto di progetto (tipo Chicago)



Per la definizione del modello di trasformazione afflussi netti-deflussi, idoneo a rappresentare la formazione dell'idrogramma di piena in entrata $Q_e(t)$ del sito di progetto, in corrispondenza della sezione di ingresso degli invasi di laminazione in progetto, si adotta il modello di trasformazione aree - tempi (metodo di corrivazione) del bacino afferente a ciascun invaso.

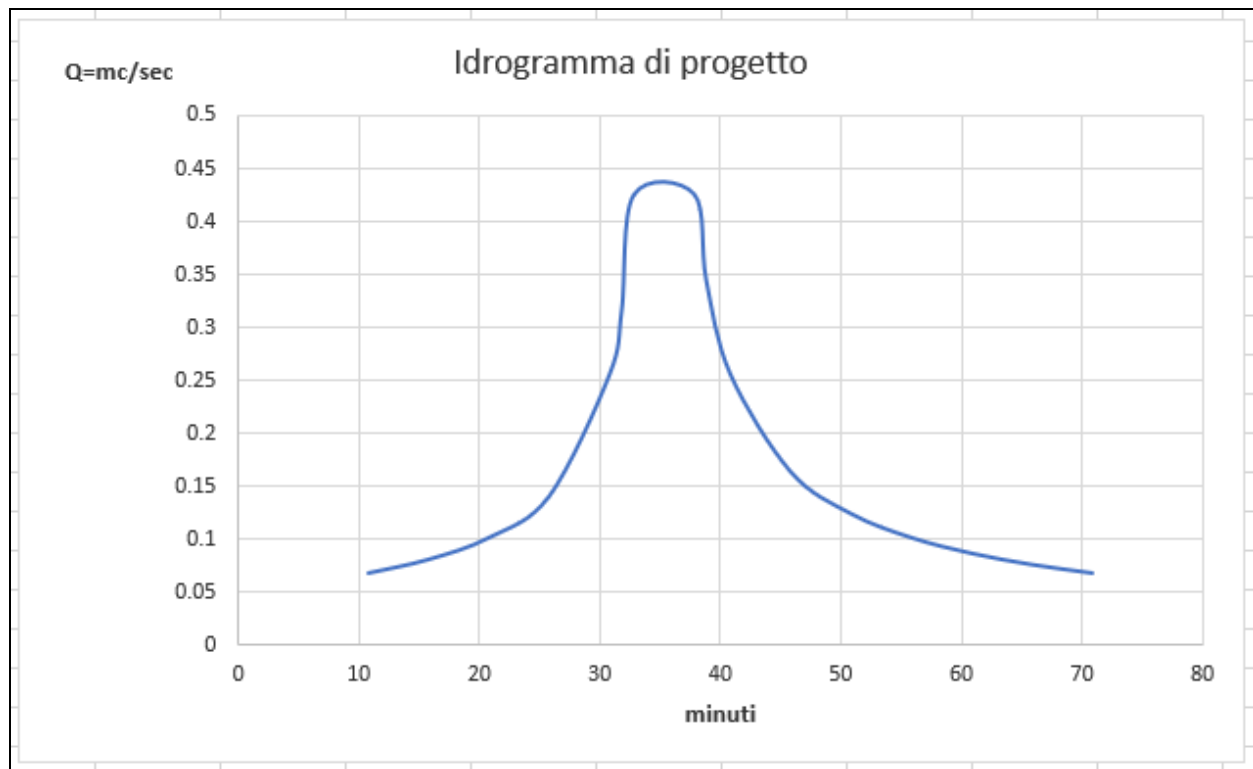


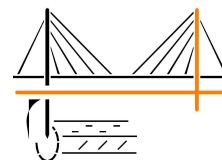
Figura 19: Idrogramma entrante $Q_e(t)$ nel sistema di laminazione

L'idrogramma in entrata al sistema di laminazione è caratterizzato da un picco di portata pari a $Q_{\max} = 0,43 \text{ mc/sec}$, ed un volume complessivo dell'onda entrante nel sistema stesso è pari a 588 mc.

3.4 Risultati delle procedure di calcolo

Per consentire il dimensionamento degli invasi di laminazione è necessario determinare anche l'idrogramma uscente $Q_u(t)$ attraverso il sistema di scarico del bacino e, quindi, verificare:

1. il rispetto del valore della portata limite ammissibile che può essere scaricata nel ricettore, ai sensi dell'Art. 8 del Regolamento;



2. il rispetto del tempo massimo di svuotamento degli invasi, secondo quanto indicato nella lettera f), comma 2, Art. 11 del Regolamento, pari a 48 ore.

Nel caso in esame la verifica di cui al primo punto non si rende necessaria, in quanto il progetto non prevede scarichi in un ricettore, ma solo dispersione negli strati superficiali del sottosuolo, tramite la realizzazione di opportuni pozzi perdenti.

Relativamente al sito di progetto, è possibile assumere un valore di permeabilità dei terreni presenti nei primi metri di sottosuolo pari a $1,5 \times 10^{-4}$ m/sec, così come ricavato all'interno del "Fascicolo Allegati" allo Strumento Geologico Generale allegato al P.G.T. del Comune di Montichiari (Geol. Mario Pesce, novembre 2004). Nello specifico sono state considerate n. 2 prove di permeabilità realizzate in corrispondenza del Velodromo (Geol. Beffa, marzo 2003).

Ai fini di arrivare alla conclusione della "Procedura dettagliata", e definire la portata in uscita dal sistema (Qu), si è condotto il calcolo del numero di pozzi perdenti da prevedere a servizio della "Superficie privata", necessari anche alla laminazione delle acque soggette ad invarianza. A scopo cautelativo si è trascurato l'apporto della trincea drenante, a servizio delle aree afferenti alla "Superficie pubblica".

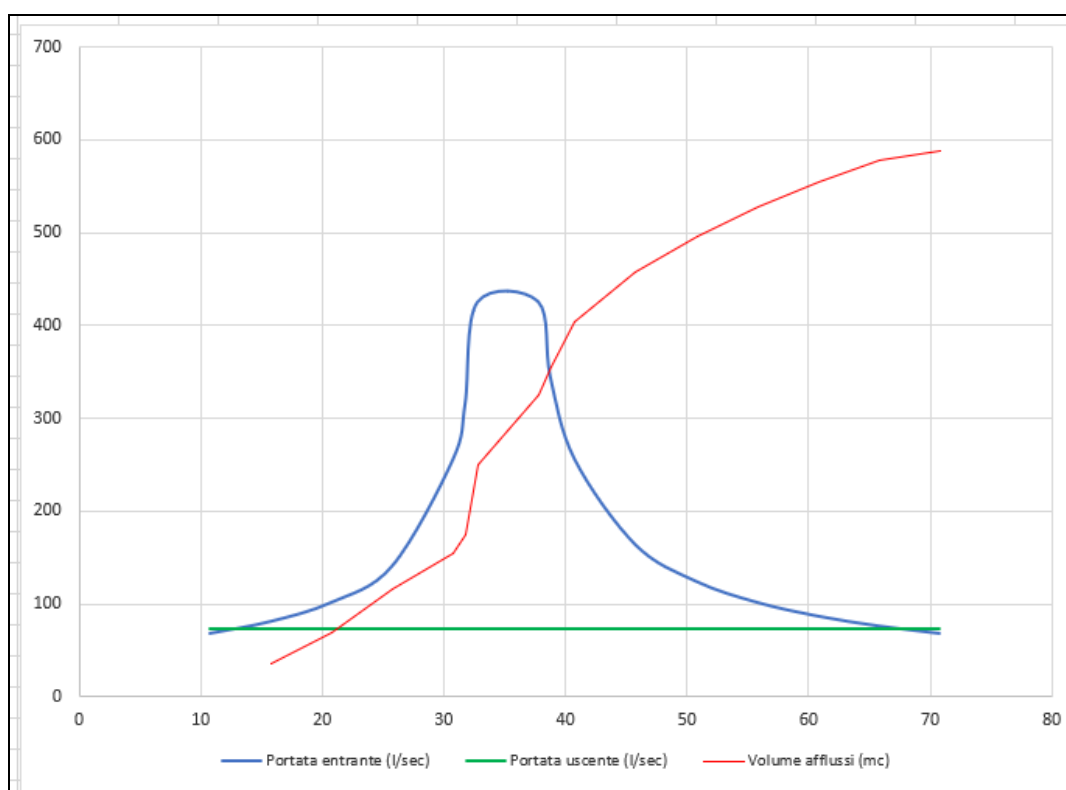
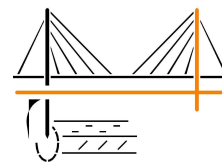


Figura 20: Andamento delle $Q_e(t)$, $Q_u(t)$ e del Volume degli afflussi



Dalla procedura di calcolo dettagliata, con riferimento ad un tempo di ritorno $Tr=50$ anni, si ottengono quindi i seguenti risultati:

Ietogramma tipo	Chicago	
Posizione relativa del picco (r)	0,4	
Durata dell'evento di progetto (T)	ore	1
Portata affluente massima $Q_{e_{max}}$	mc/sec	0,42
Portata totale in uscita Q_u (per dispersione)	mc/sec	0,073
Volume totale affluito	mc	588
Volume totale disperso	mc	312
Volume netto rimanente	mc	276

Tabella 1: Determinazione del volume netto da laminazione ($Tr=50$ anni)

Come risultato dell'applicazione della “Procedura dettagliata”, ai sensi dell'Allegato G del Regolamento, si ottiene un volume di invaso W_0 pari a 276 mc.

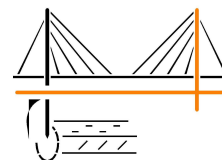
L'art. 11 comma 2 lettera e) punto 3 del Regolamento indica che “*il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2*”, pertanto si è calcolato il Volume minimo dell'invaso anche con il Metodo dei requisiti minimi (Art. 12, comma 2 del Regolamento).

Relativamente al sito di progetto, come già precedentemente illustrato, è necessario riferirsi ai parametri dell'Area A (ad alta criticità idraulica), quindi il volume minimo dell'invaso di laminazione risulta pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, moltiplicato per il “coefficiente P” di cui alla tabella riportata nell'Allegato C, pertanto uguale a:

$$W_0 = 800 \text{ mc/ha} \times S_i \times \text{Coeff. P} = 800 \text{ mc/ha} \times 1,2264 \text{ ha} \times 0,8 = 785 \text{ mc}$$

Confrontando il calcolo del volume d'invaso ottenuto con la “Procedura dettagliata” e con il “Metodo dei requisiti minimi” risulta che:

$$W_0 \text{ (Procedura dettagliata)} = 276 \text{ mc} < W_0 \text{ (Metodo requisiti minimi)} = 785 \text{ mc}$$



Pertanto, ai sensi del Regolamento, si dovrà adottare il valore più cautelativo del volume di laminazione, che si ottiene dal “Metodo dei requisiti minimi”. Al fine di calcolare i volumi necessari di invaso, secondo quanto previsto dal Regolamento, si provvede di seguito a distinguere la “Superficie privata” dalla “Superficie pubblica”.

3.5 Dimensionamento dei sistemi di infiltrazione nel terreno

Come richiesto dalla Committenza, i dimensionamenti delle opere di invarianza idraulica verranno di seguito condotti, tenendo separate le superfici di competenza dei privati (**superficie privata**), da quelle oggetto di cessione al Comune di Montichiari (**superficie pubblica**).

Tenendo conto di quanto previsto dal “Metodo dei requisiti minimi” sopraccitato, e delle “Superfici scolanti di intervento” precedentemente calcolate, si ottengono i valori riportati di seguito.

Superficie privata:

$$W_0 = 800 \text{ mc/ha} \times S_i \times \text{Coeff. P} = 800 \text{ mc/ha} \times 1,0211 \text{ ha} \times 0,8 = 654 \text{ mc}$$

Il **volume di laminazione (W_0)** relativo alla “Superficie privata” è pari a **654 mc**.

Per ottemperare a quanto previsto dal Regolamento, si prevede la realizzazione di pozzi perdenti, i quali avranno la funzione sia di scarico nel sottosuolo delle acque soggette ad invarianza, sia di laminazione delle stesse.

Vengono ipotizzati pozzi aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

Caratteristiche pozzi disperdenti	
Diametro anelli (m)	2
Altezza di dispersione laterale (m)	3
Spessore materiale drenante attorno al pozzo (m)	0,5
Portata in uscita dal singolo pozzo (mc/h)	10,17
Volume totale di laminazione singolo pozzo (mc)	23,13

Tabella 2: Caratteristiche dei pozzi perdenti



POTENZIALITA' DI DISPERSIONE DI UN POZZO PERDENTE CILINDRICO				
<i>Diametro interno pozzo</i>	<i>Di</i>	2	m	
<i>Altezza utile pozzo</i>	<i>Hi</i>	3	m	
<i>Coeff. Permeabilità</i>	<i>K</i>	1.5E-04	m/s	
<i>Larghezza corona esterna drenante</i>	<i>L</i>	0.5	m	
<i>Presenza di vasca di prima pioggia</i>		FALSO	vero/falso	
<i>Superficie impermeabile soggetta a prima pioggia</i>	<i>Spp</i>	0	ha	
<i>Superficie impermeabile non soggetta a prima pioggia</i>	<i>Snpp</i>	1.0211	ha	
<i>Superficie delle coperture</i>	<i>Sc</i>	0	ha	
Volume laminazione Art. 12 comma 2_zona C		653.50	mc	
Portata in uscita da un pozzo		10.17	mc/h	
Volume accumulato da un pozzo		12.95	mc	
Volume totale per pozzo		23.13	mc	
Vasca prima pioggia		0.00	mc	
Volume netto da smaltire dal sistema drenante		653.50	mc	
CALCOLO POZZI PERDENTI		28.3	num	
ARROTONDAMENTO NUMERO POZZI PERDENTI		29	num	

Figura 21: Estratto del foglio di calcolo relativo al dimensionamento dei pozzi perdenti

Le aree appartenenti alla “Superficie privata” necessitano quindi la realizzazione di **n. 29 pozzi perdenti**, aventi le caratteristiche geometriche riportate in precedenza.

I pozzi perdenti sono costituiti da anelli forati sovrapponibili mediante una sagomatura a bicchiere. Sulla sommità viene posizionata la soletta, completa di chiusini o tappi per ispezione. Per le acque meteoriche, oltre alla dispersione, ha anche la funzione di accumulo provvisorio delle acque. Di seguito si riporta un esempio schematico delle opere in progetto, costituite da anelli disperdenti in cemento prefabbricati.

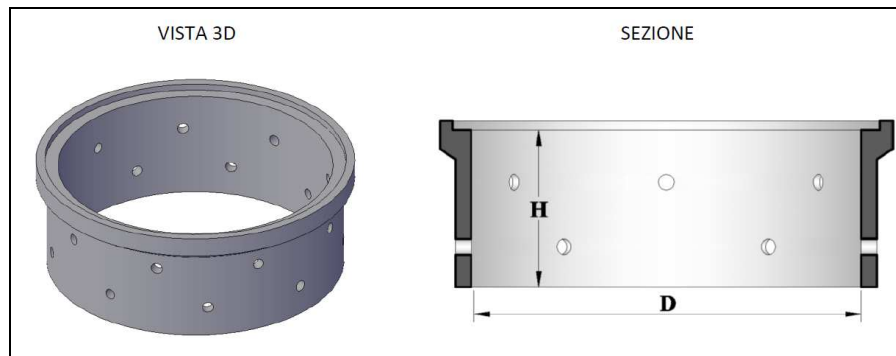
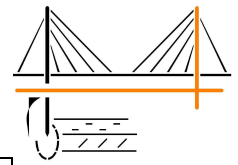


Figura 22: Immagine esempio degli anelli disperdenti

Di seguito si riporta uno schema esemplificativo dei pozzi perdenti da realizzare, con evidenziato lo spessore minimo del materiale drenante attorno agli stessi. È necessario interporre uno strato di "tessuto non tessuto" tra il ghiaione ed il terreno drenante, al fine di preservare il potere filtrante del sistema nel tempo.

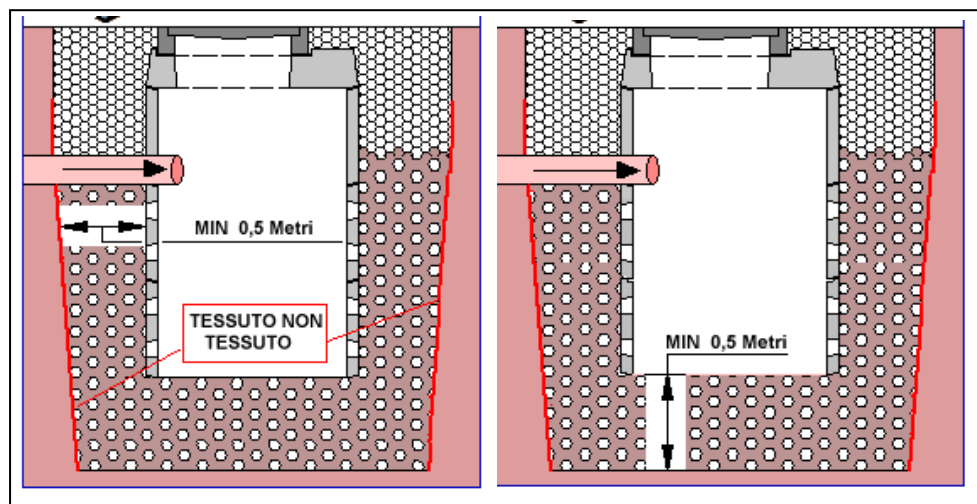
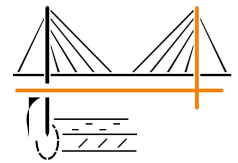


Figura 23: Schema esemplificativo di un pozzo perdente

Superficie pubblica:

$$W_0 = 800 \text{ mc/ha} \times S_i \times \text{Coeff. } P = 800 \text{ mc/ha} \times 0,2078 \text{ ha} \times 0,8 = 133 \text{ mc}$$

Il **volume di laminazione (W₀)** relativo alla “Superficie pubblica” è pari a **133 mc.**



Per ottemperare a quanto previsto dal Regolamento, si prevede la realizzazione di una **trincea drenante**, la quale avrà la funzione sia di scarico nel sottosuolo delle acque soggette ad invarianza, sia di laminazione delle stesse.

Viene ipotizzata una trincea drenante avente le seguenti caratteristiche geometriche:

Caratteristiche trincea drenante	
Lunghezza trincea (m)	75
Larghezza trincea (m)	3
Altezza utile trincea (m)	2
Diametro tubo forato (m)	0,315
Porosità del materiale di riempimento	0,3
Portata in uscita totale dalla trincea (mc/h)	283,5
Volume totale di laminazione trincea (mc)	135

Tabella 3: Caratteristiche della trincea drenante

Secondo quanto illustrato nella tabella precedente, una trincea drenante con le caratteristiche geometriche sopra descritte, è in grado di laminare un quantitativo di acqua pari a 135 mc.

135 mc (quantitativo laminato dalla trincea drenante) > 133 mc (da Regolamento) VERIFICATO

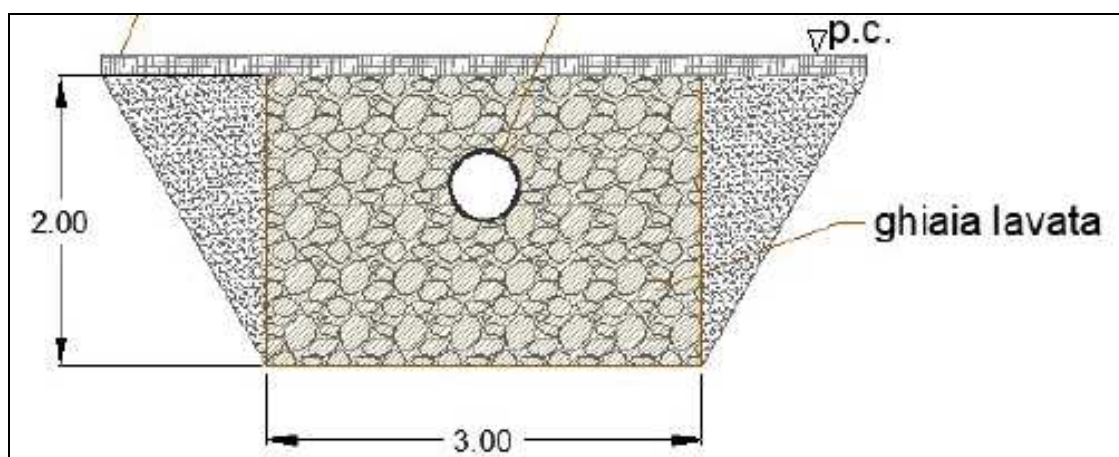
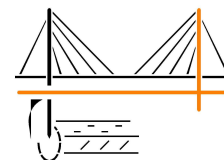


Figura 24: Schema esemplificativo di una trincea drenante



3.6 Tempo di svuotamento delle opere di laminazione

In base a quanto previsto dall'Art. 11 comma 2 lettera f del Regolamento (calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione), per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, il tempo di svuotamento dei volumi calcolati non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. La formulazione da applicare per il calcolo del tempo di svuotamento è la seguente:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + Q_{inf}}$$

dove:

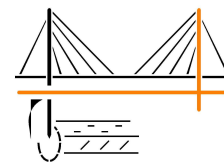
- W_{lam} : Volume di laminazione;
- Q_u : Portata uscente dall'invaso di laminazione, calcolata secondo i limiti imposti dall'Art. 8 del Regolamento. In questo caso non applicabile, perché vengono utilizzati sistemi di dispersione nel sottosuolo (pozzi perdenti e trincea drenante);
- Q_{inf} : Portata uscente dall'invaso di laminazione, dovuta alla dispersione nel sottosuolo (infiltrazione);

Superficie privata:

Volume invasato singolo pozzo (mc)	Portata in uscita singolo pozzo Q_{inf} (mc/h)	Tempo svuotamento singolo pozzo (h)
23,13	10,17	$23,13/10,17 = 2,3$ 2,3 < 48 verificato

Tabella 4: Verifica del tempo di svuotamento delle opere di laminazione (pozzi perdenti)

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento dei pozzi perdenti è verificata.

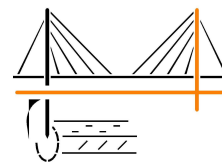


Superficie pubblica:

Volume invasato trincea drenante (mc)	Portata in uscita trincea drenante Q_{inf} (mc/h)	Tempo svuotamento singolo pozzo (h)
135	283,5	$135/283,5 = 0,5$ 0,5 < 48 verificato

Tabella 5: Verifica del tempo di svuotamento delle opere di laminazione (trincea drenante)

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento della trincea drenante è verificata.



4 DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI

Il calcolo delle portate di acque meteoriche che affluiscono nei collettori viene condotto utilizzando il cosiddetto metodo cinematico o metodo della corrivazione.

La portata massima al colmo in una data sezione viene calcolata per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione (t_c) del bacino sotteso dalla sezione stessa ed è data da:

$$Q_M = S \cdot \varphi \cdot i_c$$

dove:

Q_M : portata massima al colmo (mc/s)

S : superficie del bacino (mq)

φ : coefficiente medio ponderale di afflusso del bacino

i_c : intensità di pioggia (mm/h)

L'intensità di pioggia " i_c ", ossia l'altezza di pioggia rapportata all'intervallo di tempo t_c , può essere valutata attraverso il "metodo di corrivazione" con la seguente relazione:

$$i_c = \frac{h_{tc}}{t_c}$$

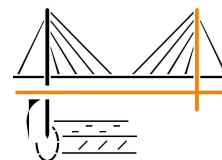
Con l'applicazione di tale metodo, si considera l'altezza di pioggia h_{tc} che cade nell'intervallo di tempo t_c in cui la particella "idraulicamente" più distante giunge alla sezione di verifica (tempo di corrivazione). Il valore dell'intensità di pioggia per una durata di tempo pari al tempo di corrivazione, come sopra determinato, viene stimata attraverso la valutazione della curva di possibilità pluviometrica, come già precedentemente definita nel presente elaborato, per un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Per una fognatura urbana il tempo di corrivazione t_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata, compreso il percorso che l'acqua pluviale compie sulla superficie scolante prima dell'accesso in rete. Il tempo di corrivazione è dato da:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

t_a : tempo di accesso in rete



t_r : tempo percorso nella rete

Il tempo di accesso in rete (t_a) è in genere di difficile determinazione, variando con le pendenze delle superfici scolanti e con la natura delle stesse: scabrezza, permeabilità e irregolarità, nonché dall'altezza di pioggia precedente all'evento critico di progetto e dalla capacità del bacino di accumulare invasi minori. Salvo casi particolari, nell'ambito della progettazione delle reti urbane, il valore di t_a è compreso entro l'intervallo di $5 \div 15$ minuti.

Il tempo di rete (t_r) può essere stimato come rapporto tra la lunghezza del punto più lontano dalla sezione considerata e la velocità che, in prima approssimazione, si assume pari a $V = 1$ m/s. Ove la lunghezza non fosse facilmente misurabile si può assumere:

$$L = \sqrt{1,5 \cdot A}$$

dove:

A: superficie del bacino scolante (espressa in mq)

Operando la suddivisione, già precedentemente eseguita, tra “Superficie privata” e “Superficie pubblica”, si ottengono i valori seguenti.

Superficie	Superficie scolante intervento (mq)	Tempo di corrivazione (minuti)	Altezza di pioggia (mm)	Intensità di pioggia (mm/h)	Portata al colmo (mc/s)
Privata	10211	17	28,9	102,01	0,289
Pubblica	2078	15,9	27,95	105,48	0,061

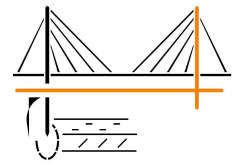
Il dimensionamento dei collettori è stato fatto tenendo conto di tubazioni in PVC, con coefficiente di scabrezza K_s pari a 90. Il calcolo della portata garantita da un collettore può essere eseguito con la seguente espressione:

$$Q = A * K_s * R^{2/3} * i^{1/2}$$

dove:

A: area netta interna della tubazione utilizzata

K_s : coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strikler (pari a 90)



R: raggio idraulico della tubazione

i: pendenza della tubazione (pari allo 0,5-0,7%)

Nella determinazione del diametro ottimale, si è imposto un grado di riempimento della condotta pari al 70%, in modo da avere un franco di sicurezza all'interno della tubazione stessa, ed una pendenza pari a 0,5%.

Applicando la formulazione precedente, si ottiene un diametro corretto delle tubazioni in PVC pari a 500 mm, con una portata relativa al massimo riempimento pari a 0,234 mc/s.

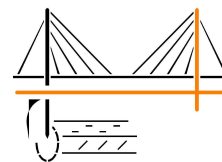
Superficie	Numero collettori	Diametro esterno (mm)	Riempimento (%)	Coeff. Ks	Pendenza (%)	Portata (mc/s)
Privata	4	315	70	90	0,7	0,324
Pubblica	1	315	70	90	0,5	0,068

Superficie privata:

0,289 mc/s (Portata al colmo) < 0,324 mc/s (Portata max riempimento collettori) Verificato

Superficie pubblica:

0,061 mc/s (Portata al colmo) < 0,068 mc/s (Portata max riempimento collettori) Verificato



5 MANUTENZIONE

Ai sensi dell'Art. 13 del Regolamento, si forniscono alcune indicazioni sulla manutenzione delle opere relative all'invarianza.

La manutenzione è generalmente limitata alla pulizia annuale del/dei serbatoio/i di accumulo delle acque e all'ispezione periodica delle grondaie e dei pluviali; la rimozione dei materiali, organici e non, dalla copertura migliora la qualità delle acque meteoriche in ingresso, agevolando il funzionamento dei filtri, oltre a garantire una migliore durata della copertura stessa. È importante perciò la rimozione di sedimenti, foglie e altri materiali accumulati sia dalle coperture che dai filtri a monte dell'accumulo. Tale pulizia dovrebbe avvenire ogni anno prima dell'inizio della stagione di maggiore piovosità ed è necessario un controllo a seguito di eventi meteorici di alta intensità.

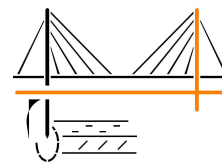
Particolare attenzione va posta nella previsione dell'accessibilità dei chiusini per l'asportazione di eventuali sedimenti. Poiché l'impiego è soprattutto domestico, si pone particolare attenzione al fatto che i chiusini non debbano essere accessibili da persone non autorizzate (es. bambini); meglio quindi prevedere una chiusura anche con serrature o lucchetti.

La manutenzione e il ripristino di pozzi perdenti sono fondamentali per evitare (o intervenire con tempestività) che all'interno si depositi materiale come foglie o sabbia, che creerebbero una barriera impermeabile; l'acqua non potrebbe raggiungere il contorno drenante composto da ghiaia e ciottoli.

Quando la manutenzione del pozzo perdente viene trascurata, la sua capacità dispersiva diminuisce notevolmente. In questo caso è necessario effettuare un completo ripristino del pozzo, effettuarne lo spurgo ed il lavaggio a fondo, in modo da poterlo riattivare.

Durante i controlli (che devono essere eseguiti ogni sei mesi circa), occorre verificare:

- il livello massimo raggiunto;
- il tempo necessario per lo svuotamento (o dispersione) nel terreno dopo la pioggia;
- l'eventuale presenza di limo sul fondo.



Nel caso si rilevi un riempimento graduale del pozzo perdente, occorre verificare il sistema di depurazione a monte, ossia gli eventuali dissabbiatori, disoleatori o altri pozzetti che potrebbero essere intasati da terra, sabbia, fogliame o altro materiale.

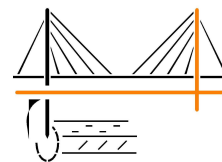
In questo caso si può procedere nei seguenti modi:

1. se esiste un pozzetto deviatore, sviare il flusso dell'acqua in un altro pozzo perdente e procedere nel frattempo alla pulizia dei pozzetti intasati.

Rimuovere il terreno attorno al pozzo perdente e ripristinarlo con altro ghiaione. Nel frattempo provvedere allo svuotamento dei pozzetti intasati a monte.

Riguardo la trincea drenante, devono essere previsti dei pozzetti di ispezione, i quali permettono il controllo delle acque prima dell'immissione nel terreno. In particolare, è richiesto un esame visivo almeno due volte l'anno tramite sopralluogo da parte di un tecnico, allo scopo di evitare l'intasamento del sistema per effetto di depositi di materiale trasportato dalle correnti nel periodo di massima pioggia.

Dovranno essere accertate le condizioni del materiale arido, allo scopo di verificare che queste ultime non siano oggetto di intasamenti. In tal caso, il tecnico incaricato della verifica deve redigere specifico verbale nel quale descriva la reale situazione del volume infiltrante, il tipo di materiale depositatosi e la sua quantità, l'ubicazione del deposito di materiale. Occorre che prontamente, in caso di occlusioni, si provveda all'asportazione di tale materiale in modo da ripristinare le condizioni funzionali del volume stesso. Devono essere previsti, inoltre, interventi di manutenzione e pulizia annuali per monitorare e verificare lo stato dei pozzetti d'ispezione e campionamento.



6 CONCLUSIONI

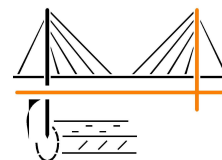
Il presente elaborato è redatto in base all'incarico professionale ricevuto dallo Studio di Architettura Lussignoli Associati, con sede a Brescia in Via Corsica n. 118, per conto dei Sigg. Costa Eros e Ferrari Gianluigi, e rientra all'interno dell'Ambito di Trasformazione n. 2 Via Sant'Eurosia – Via Pozzo Cavato nel Comune di Montichiari (BS), ricadente all'interno del Foglio n. 45 – Particelle n. 213-234-216-207-208-162.

L'elaborato in oggetto, costituisce la Relazione Tecnica (Revisione 2) relativa al Progetto di Invarianza Idraulica ed Idrologica, come previsto dall'Art. 10, comma 1, lettera a) del R.R. (Lombardia) 23 novembre 2017 n. 7. All'interno del presente elaborato, sono state condotte tutte le verifiche ed i dimensionamenti, finalizzati alla realizzazione delle opere di invarianza idraulica ed idrologica, previste dal Regolamento Regionale.

Si riassumono di seguito i principali risultati relativi ai dimensionamenti eseguiti per le opere di invarianza idraulica, tenendo conto su indicazione della Committenza, di una separazione tra le superfici oggetto di cessione alla Pubblica Amministrazione (Comune di Montichiari), di seguito denominate “*superficie pubblica*” da quelle che restano in capo ai privati, di seguito denominate “*superficie privata*”.

Superficie privata:

Caratteristiche pozzi disperdenti	
Diametro anelli (m)	2
Altezza di dispersione laterale (m)	3
Spessore materiale drenante attorno al pozzo (m)	0,5
Portata in uscita dal singolo pozzo (mc/h)	10,17
Volume totale di laminazione singolo pozzo (mc)	23,13
Numero previsto di pozzi	29



Superficie pubblica:

Caratteristiche trincea drenante	
Lunghezza trincea (m)	75
Larghezza trincea (m)	3
Altezza utile trincea (m)	2
Diametro tubo forato (m)	0,315
Porosità del materiale di riempimento	0,3
Portata in uscita totale dalla trincea (mc/h)	283,5
Volume totale di laminazione trincea (mc)	135

Si è inoltre ipotizzato che in ingresso alle opere di invarianza vengano realizzati opportuni collettori, aventi le caratteristiche geometriche indicate nel Capitolo 4.

Al presente documento si allega anche l'“Asseverazione del Professionista” in merito alla conformità del progetto ai contenuti del Regolamento Regionale, redatta secondo il modello di cui all'Allegato E.

Si rammenta inoltre, che la D.L. è tenuta alla redazione del Modulo “Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica”, di cui all'Allegato D del Regolamento Regionale.

Il Tecnico: Geol. Claudio Lancini



SCHEMA TECNICA

MASSETTO ECOLOGICO STRADALE ECODRAIN

INTRODUZIONE

Ecodrain è un calcestruzzo drenante studiato appositamente per la realizzazione di pavimentazioni ecologiche ad alto potere drenante, con elevata resistenza a compressione, fonoassorbente e senza alcun rilascio di sostanze nocive nell'eluato. L'avanzata tecnologia ha permesso la realizzazione del mix con proprietà uniche nel suo genere:

- » lavorabilità dell'impasto fresco con semplicità estrema senza pregiudicarne la resistenza finale a idratazione completata.
- » La quantità di cemento variabile da un minimo di kg./mc. 250 ad un massimo di kg./mc. 280 contenuta nel mix è la più bassa tra tutti i prodotti simili oggi in commercio.
- » La continua ricerca ed il continuo sviluppo ha permesso non solo di migliorare il prodotto nelle sue prestazioni complessive ma soprattutto di mettere a punto anche alcune variabili dello stesso che rappresentano senza dubbio quanto di più avanzato sia oggi possibile reperire sul mercato come:
- » Ecodrain lavato architettonico drenante con sasso a vista
- » Ecodrain architettonico drenante fotoluminescente
- » Ecodrain bianco fotoluminescente
- » Ecodrain pigmentato fotoluminescente
- » Sottofondo stradale drenante Ecoground

DESCRIZIONE

"Ecodrain" è composto da una base cementizia opportunamente studiata in funzione delle esigenze di resistenza ai carichi concentrati trasmessi dal transito veicolare, dalla capacità drenante e del grado di fono-assorbenza richiesti dall'opera che si intende realizzare.

Il mix progettato, prevedendo una quantità di cemento di Kg 250-280 per mc., con aggregati locali certificati con attestazione 2+ secondo la norma EN 12620, additivi speciali per il conseguimento di alte prestazioni meccaniche.

La percentuale dei vuoti intergranulari viene stabilita a seconda delle esigenze progettuali della pavimentazione ed è sensibilmente influenzata dal diametro massimo degli aggregati utilizzati che consigliamo di avere una dimensione massima di mm. 12; in ogni caso la pavimentazione "Ecodrain" garantisce sempre una massa aperta adeguata a sopportare i cicli di gelo e disgelo senza subire danni o rotture corticali.

TIPOLOGIA DI IMPIEGO

Per le sue caratteristiche drenanti ed ecologiche è particolarmente indicato per la realizzazione di piste ciclabili, strade inserite in zone di rispetto ambientale, aree verdi, centri storici, zone archeologiche e parcheggi a basso impatto paesaggistico. Non necessita di essere delimitato da cordoli di contenimento.

La particolare resistenza ai cicli di gelo e disgelo lo rende idoneo anche alla realizzazione di strade di montagna con forti pendenze e traffico pesante.

CARATTERISTICHE DEL MASSETTO

- » Esente da leganti bituminosi
- » Esente da resine
- » Base cementizia con contenuto di cemento inferiore ai limiti per la qualificazione del prodotto "non pericoloso"
- » Resistente ai sali disgelanti
- » Resistenze ai cloruri
- » Resistente ai cicli di gelo e disgelo
- » Resistente a oli minerali e solventi
- » Ampie possibilità di variazione della tessitura superficiale
- » Pigmentato per l'intero spessore
- » Possibilità di colorazione
- » Drenante
- » Fonoassorbente
- » Possibilità di variare il grado di permeabilità
- » Posa a freddo
- » Alti valori del coefficiente di attrito radente e aderenza trasversale
- » Ottima resistenza al calore
- » Eluato conforme ai parametri imposti dalle norme vigenti in materia ambientale

CONFEZIONAMENTO

Viene prodotto in centrale di betonaggio nel rispetto scrupoloso del mix preventivamente studiato, caricato in autobetoniera con volume max di mc. 8, alla base cementizia vengono aggiunti gli speciali additivi con appositi dosatori che garantiscono il corretto dosaggio dei componenti, dopo la normale mescolazione dinamica il prodotto è pronto per la posa in opera.

E' possibile modificare e controllare il tempo di lavorabilità del materiale intervenendo preventivamente in fase di confezionamento del materiale, è importante perciò stabilire il tempo necessario per il trasporto e l'eventuale difficoltà di posa legati a particolari caratteristiche dell'opera.

POSA IN OPERA

La posa in opera avviene con la normale vibrofinitrice stradale utilizzata per i conglomerati bituminosi, con utilizzo del sistema di vibrazione, senza azionare i bruciatori di riscaldamento della piastra. La posa in opera deve essere eseguita a freddo.

Il prodotto può essere posato in opera anche a mano, curando la planarità e la compattazione dovrà avvenire per mezzo di rullo a mano di peso max di Kg 80-100.

CARATTERISTICHE TECNICHE

- » ASPETTO: Tessitura superficiale aperta, drenante, colorata e dura
- » INFIAMMABILITÀ: Non infiammabile
- » POSA IN OPERA: Con vibrofinitrice stradale e/o a mano mediante staggiatura o roller-screed
- » CARRABILITÀ: Pedonale dopo circa 12 ore, traffico leggero 96 ore, traffico pesante 7 gg
- » LAVORABILITÀ: In media 60 minuti
- » TEMPERATURA DI UTILIZZO: da + 5°C a + 30°C
- » SPESSORE: Variabile
- » PESO SPECIFICO: < di Kg 2000 per mc allo stato fresco
- » RESISTENZA A COMPRESSIONE: > di 20 MPa
- » RESISTENZA AL CALORE: Incombustibile
- » RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI: Ottima
- » RESISTENZA AI SALI DISGELANTI: Ottima
- » RESISTENZA AL GELO: Ottima
- » DRENABILITÀ: > 200 lt/mq*minuto su 100% della superficie
- » COEFFICIENTE DI DEFLUSSO: $C_d = 0,41$
- » SRI > 29
- » IMPATTO ACUSTICO: Fonoassorbente
- » COLORAZIONE: Pigmentazione a tutto spessore
- » ECOLOGIA: Nessun rilascio di sostanze pericolose nell'eluato

