



STUDIO TECNICO

DOTT. ING. DARIO VALENTINI

Sede: Via Asnenga, 17/A - CALCINATE - Ufficio: Via Locatelli, 19/G - TRESORE B.RIO
Tel. 035/944.439 - Fax. 4257883 - e.mail: ingvalentini@ingvalle.net

COMUNE DI CALCINATE

Provincia di Bergamo

Progetto:

PIANO ATTUATIVO ArR1

Proprietà:

EDILMASI SRL

Proprietà
Edilmasi SRL

Il Progettista
Dott. Ing. Dario Valentini

Relazione invarianza idraulica

Piano di manutenzione invarianza idraulica

Allegato E - Asseverazione del professionista
in merito alla conformità del progetto ai
contenuti del regolamento

Trescore Balneario, luglio 2020

all. **D**

**ai sensi del regolamento regionale 23 novembre 2017 n. 7
e regolamento regionale 19 aprile 2019 n. 8**

Si riporta una rappresentazione planimetrica dell'area di intervento su base ortofoto digitale a colori.



Le acque bianche dalla strada, dei marciapiedi e dei parcheggi in progetto saranno raccolte in pozzi perdenti e disperse nel sottosuolo.

Il presente progetto prevede quindi lo smaltimento delle sole acque bianche che provengono dalla strada, dai marciapiedi e dai parcheggi che saranno convogliate ai pozzi perdenti tramite tubazioni in PVC rigido serie SN 8 SDR34.

Le acque bianche dei singoli lotti saranno smaltite da appositi pozzi perdenti realizzati all'interno dei lotti stessi e saranno dimensionati in fase di progettazione dei futuri fabbricati.

Il calcolo della rete di smaltimento delle acque bianche viene effettuato calcolando separatamente ogni singolo tronco di rete.

Le caratteristiche del terreno, come indicato nella relazione geologica, consentono lo smaltimento delle acque piovane tramite pozzi perdenti e indica un coefficiente di permeabilità del terreno pari a $5,8 \times 10^{-4}$ m/s.

I calcoli e le verifiche che andranno ad eseguirsi saranno i seguenti:

- calcolo e dimensionamento tubazioni per smaltimento acque bianche;
- calcolo e dimensionamento pozzi perdenti.

Capitolo 1 - ANALISI PLUVIOMETRICA

Vincoli normativi

L'art. 7 della Legge Regionale della Lombardia 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", prevede che, al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli, gli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali recepiscano il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo.

Nello specifico il concetto di invarianza idraulica viene definito come: "principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione".

Dati, parametri e coefficienti di calcolo.

Tempo di ritorno

Il tempo di ritorno T_r rappresenta la durata media in anni del periodo in cui l'evento viene superato una sola volta.

A meno di non assumere valori più alti per specifiche ragioni (particolari valenze delle opere da salvaguardare) il Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017, modificato il Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019, indica un valore di riferimento del tempo di ritorno da assumere negli studi idraulici di dimensionamento delle opere atte a contrastare gli allagamenti pari a 50 anni e di 100 anni per la verifica degli stessi.

Le precipitazioni di progetto e le segnalatrici di possibilità pluviometrica

Nel dimensionamento di qualunque dispositivo idraulico è necessario determinare la portata e/o i volumi di piena di progetto al fine di dare al dispositivo adeguate misure geometriche.

La portata viene determinata a mezzo di formulazioni matematiche o modelli che

simulano la trasformazione della pioggia al suolo.

Il Regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i. rimanda al sito ARPA Regione Lombardia per l'acquisizione dei coefficienti "a1" e "n" delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

I dati che consentono di determinare il parametro "a" della curva possibilità pluviometrica come prodotto tra il parametro "a1" ed il parametro "wT".

Determinato i coefficienti "a" ed "n" che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica a due parametri:

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

dove:

h = altezza di pioggia in mm;

t = tempo in ore.

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia "t", il massimo valore di "h" nel periodo pari al tempo di ritorno T_r e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

Coefficiente d'afflusso/deflusso

Il valore di tale coefficiente dipende dalle caratteristiche di permeabilità.

Per il dimensionamento vengono utilizzati i coefficienti di afflusso/deflusso φ indicati nell'art. 11 comma d del Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 e successivamente modificato dal Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019:

- pari a **1,0** per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a **0,7** per 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;
- pari a **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.

Durata evento critico

La quantità di acqua, e di riflesso la portata, che una determinata area raccoglie è in funzione, oltre che del tempo di ritorno adottato, anche della durata dell'evento critico.

Tale parametro di durata, che può variare da pochi minuti a parecchie ore e viene adottato in funzione della tipologia di verifica idraulica cui si è interessati.

Per una condotta chiusa (es. tubo circolare) la condizione più gravosa cui si deve prestare attenzione è quella in cui a causa di una violentissima precipitazione, concentrata in un brevissimo lasso di tempo, si registrino aumenti repentini della portata.

Tali sbalzi di portata, anche se di breve durata, possono mettere in crisi la condotta con il manifestarsi del passaggio da comportamento a caduta a quello di "condotta in pressione" che potrebbe causare anche il rigurgito di acqua dai punti di presa.

Trattasi quindi, nel più ampio sistema degli scoli delle acque meteoriche, di una verifica puntuale in cui la tubatura circolare rappresenta un collo di bottiglia solo in caso di eventi brevi ed intensi.

Al contrario in caso di eventi critici di durata notevole (nell'ordine delle ore) le tubazioni che raccolgono acqua da superfici impermeabili gestiranno portate medie molto minori di quelle registrabili durante eventi brevi ed intensi.

Per il dimensionamento si considera un **EVENTO CRITICO COMPRESO DA 1 A 24 ORE** su aree limitate confluenti in tubatura (nell'ordine di 1-2-3 ettari):

- Portate intense con aumento repentino;
- Situazione critica per tubature chiuse.

Capitolo 1.1 – DATI ARPA REGIONE LOMBARDIA

Dati ARPA Regione Lombardia per il comune di Calcinate:

Parametri 1-24 ore		
Parametro		Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario		29.52
N - Coefficiente di scala		0.28749999
GEV - parametro alpha		0.29300001
GEV - parametro kappa		-0.0148
GEV - parametro epsilon		0.8265

I dati del portale ARPA consentono di determinare il parametro “a” della curva possibilità pluviometrica come prodotto tra il parametro “a1” ed il parametro “wt”.

Per il sito in esame il parametro “a1” vale 29,52 mm/hn mentre il parametro “wt” vale per T50: 2,00342391 e per T100: 2,2212851.

Il parametro “n” fornito da ARPA è relativo a piogge di durata > 1 h.

Per T50 si hanno i seguenti valori di “a” e “n”:

- $a = a1 \times wt = 29,52 \times 2,00342391 = 59,14107 \text{ mm/hn}$
- $n = 0,28749999$ per durate di pioggia > 1 h.

Per T100 si hanno i seguenti valori di “a” e “n”:

- $a = a1 \times wt = 29,52 \times 2,2212851 = 65,57234 \text{ mm/hn}$
- $n = 0,28749999$ per durate di pioggia > 1 h.

Di seguito sono riportate le elaborazioni ottenute con il foglio di calcolo di Arpa Lombardia.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Calcinato*

Coordinate:

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **50**

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 29,52

N - Coefficiente di scala 0,28749999

GEV - parametro alpha 0,29300001

GEV - parametro kappa -0,0148

GEV - parametro epsilon 0,8265

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

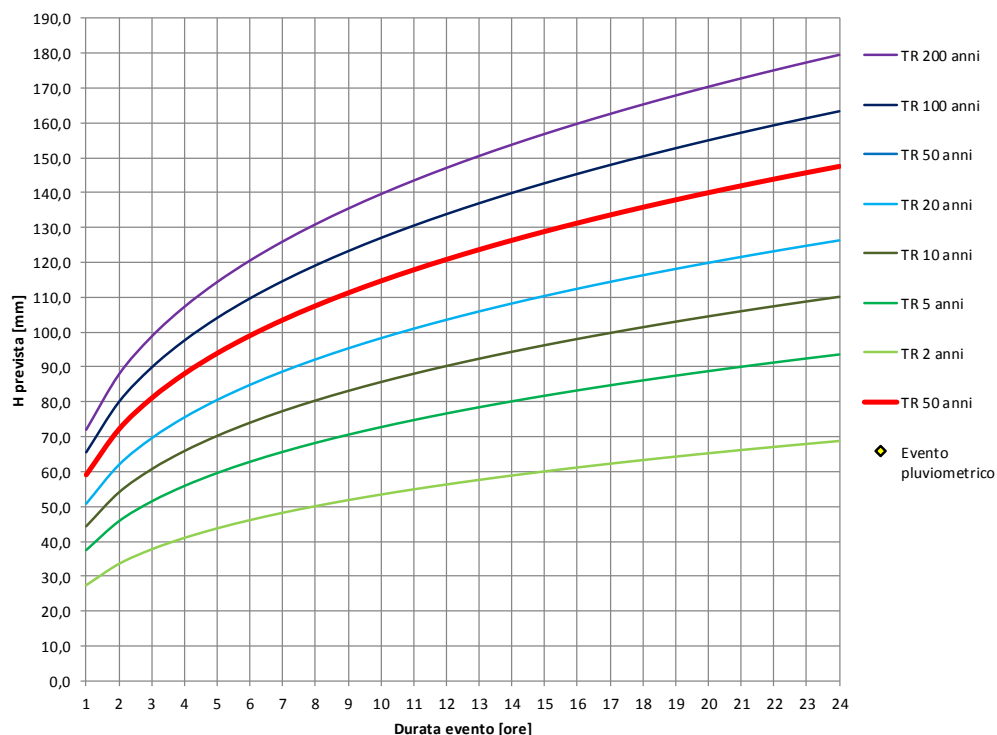
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93418	1,27090	1,49696	1,71618	2,00342	2,22129	2,44060	2,00342391
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	27,6	37,5	44,2	50,7	59,1	65,6	72,0	59,1410739
2	33,7	45,8	53,9	61,8	72,2	80,0	87,9	72,1830664
3	37,8	51,5	60,6	69,5	81,1	89,9	98,8	81,1076022
4	41,1	55,9	65,8	75,5	88,1	97,7	107,3	88,1011238
5	43,8	59,6	70,2	80,5	93,9	104,2	114,4	93,9383821
6	46,2	62,8	74,0	84,8	99,0	109,8	120,6	98,9937289
7	48,3	65,6	77,3	88,6	103,5	114,7	126,1	103,479634
8	50,1	68,2	80,3	92,1	107,5	119,2	131,0	107,529486
9	51,9	70,6	83,1	95,3	111,2	123,3	135,5	111,233069
10	53,5	72,7	85,7	98,2	114,7	127,1	139,7	114,653996
11	54,9	74,8	88,0	100,9	117,8	130,7	143,6	117,839148
12	56,3	76,6	90,3	103,5	120,8	134,0	147,2	120,824165
13	57,7	78,4	92,4	105,9	123,6	137,1	150,6	123,636844
14	58,9	80,1	94,4	108,2	126,3	140,0	153,9	126,299318
15	60,1	81,7	96,3	110,4	128,8	142,8	156,9	128,829533
16	61,2	83,3	98,1	112,4	131,2	145,5	159,9	131,242257
17	62,3	84,7	99,8	114,4	133,5	148,1	162,7	133,549805
18	63,3	86,1	101,4	116,3	135,8	150,5	165,4	135,762566
19	64,3	87,5	103,0	118,1	137,9	152,9	168,0	137,889391
20	65,3	88,8	104,6	119,9	139,9	155,2	170,5	139,937889
21	66,2	90,0	106,0	121,6	141,9	157,3	172,9	141,914653
22	67,1	91,2	107,5	123,2	143,8	159,5	175,2	143,825441
23	67,9	92,4	108,8	124,8	145,7	161,5	177,5	145,675308
24	68,8	93,5	110,2	126,3	147,5	163,5	179,6	147,468725

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



Capitolo 2 – CONDOTTI A PELO LIBERO

Portata di progetto

Per calcolare la portata critica relativa al tempo di ritorno di 50 anni è stato utilizzato il metodo denominato “di corrivazione”.

La formula proposta dal metodo di corrivazione è la seguente:

$$Q_C = 2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot g_C^{(n-1)}$$

dove:

Q_C è la portata critica, ovvero la massima che ci si può attendere in base ai dati pluviometrici della zona, espressa in mc/s;

S è la superficie in ha;

φ è il coefficiente di afflusso;

a è il parametro della curva di possibilità pluviometrica fornito ARPA Lombardia con tempo di ritorno pari a 50 anni;

n è il parametro della curva di possibilità pluviometrica fornito ARPA Lombardia con tempo di ritorno pari a 50 anni;

g_C è il tempo di corrivazione t_c espresso in ore.

La formula è rigorosa sotto le seguenti ipotesi:

- intensità di precipitazione uniforme nello spazio e costante nel tempo;
- coefficiente di deflusso costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- modello lineare stazionario di trasformazione afflussi-deflussi;
- portata nulla all'istante iniziale.

Tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione di ciascuna superficie relativo al primo tratto di calcolo è stato stimato mediante la seguente formulazione.

$$t_c = t_e + \frac{L}{1,5xV}$$

dove L rappresenta la lunghezza della linea interessata, V la velocità del condotto in m/s e t_e rappresenta il massimo tempo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere il condotto partendo dal punto di caduta.

Il tempo di corrivazione di ciascun bacino relativo ai successivi tratti di calcolo è stato stimato mediante la seguente formulazione.

$$t_c = t_r + t_e + \frac{L}{1,5xV}$$

dove t_r rappresenta il tempo di percorrenza delle particelle di pioggia del condotto nel tratto precedente (il più alto tra i tratti precedenti).

Considerando la morfologia, l'estensione e le pendenze della zona si può attribuire al coefficiente t_e la durata di:

2 minuti per la lunghezza fino a 40 m;

4 minuti per la lunghezza da 40 m a 100 m;

6 minuti per la lunghezza da 100 m a 150 m.

La superficie scolante costituisce un dato di prima importanza nella determinazione delle portate massime drenate.

La restituzione del valore di deflusso, elaborata mediante gli algoritmi prima illustrati, consente la determinazione della massima portata transitante nella sezione di chiusura del bacino.

$$Q_c = 2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \vartheta_c^{(n-1)}$$

Verifica della portata sopportabile dal condotto a pelo libero.

Il calcolo della portata a pieno riempimento del condotto a pelo libero viene svolto senza considerare il moto in pressione al momento del massimo riempimento:

$$\text{velocità del flusso } V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

$$\text{portata } Q = V \cdot A$$

Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:

$$\text{Area: } A = r^2 \cdot \pi$$

$$\text{Contorno bagnato: } C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$\text{Raggio idraulico: } R = \frac{A}{C}$$

Calcolo del coefficiente χ utilizzando la relazione di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot \sqrt[6]{R}$$

dove per il coefficiente n si è assunto il valore pari a 0,010, trattandosi di tubature in PVC rigido serie SN 8 SDR34.

Si ottiene quindi a pieno riempimento:

$$\text{Velocità del flusso } V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

Portata $Q = V \cdot A$

Fatto ciò si confrontano i risultati verificando che la portata sopportabile dal condotto sia superiore alla portata massima prevista.

Utilizzando la tabella 1 si ricavano, per riempimenti parziali, i valori di portata e di velocità in rapporto al massimo riempimento.

Tabella 1

h/D	P/D	A/D ²	R/D	V/V _r	Q/Q _r	h/D	P/D	A/D ²	R/D	V/V _r	Q/Q _r
0.05	0.45	0.015	0.033	0.257	0.005	0.55	1.67	0.443	0.265	1.039	0.586
0.10	0.64	0.041	0.064	0.401	0.021	0.60	1.77	0.492	0.278	1.072	0.672
0.15	0.80	0.074	0.093	0.517	0.049	0.65	1.88	0.540	0.288	1.099	0.756
0.20	0.93	0.112	0.121	0.615	0.088	0.70	1.98	0.587	0.296	1.120	0.837
0.25	1.05	0.153	0.147	0.701	0.137	0.75	2.09	0.632	0.302	1.133	0.912
0.30	1.16	0.198	0.171	0.776	0.196	0.80	2.21	0.674	0.304	1.140	0.977
0.35	1.27	0.245	0.193	0.843	0.263	0.85	2.35	0.711	0.303	1.137	1.030
0.40	1.37	0.293	0.214	0.902	0.337	0.90	2.50	0.744	0.298	1.124	1.066
0.45	1.47	0.343	0.233	0.954	0.416	0.95	2.69	0.771	0.286	1.095	1.074
0.50	1.57	0.393	0.250	1.000	0.500	1.00	3.14	0.785	0.250	1.000	1.000

Capitolo 3.1 – CALCOLO CONDOTTI A PELO LIBERO

Dimensionamento delle tubazioni per la raccolta delle acque bianche provengono dalla strada, dai parcheggi e dai marciapiedi.

TRATTO n. 1 da caditoia c1 a cameretta b1

Portata di progetto

Superficie bacino = 57,17 mq = 0,005 ha

Lunghezza tratto: 6,74 m - $\varphi = 1$

$t_a = 2$ minuti

Parametri della curva di possibilità climatica

Tempo di ritorno: 50 anni

a: 59,14017; n: 0,28749999

$$t_c = t_a + \frac{L}{V} = \frac{2}{60} + \frac{1}{3600} \cdot \frac{6,74}{0,907} = 0,034709 \text{ ore}$$

cui corrisponde una portata critica pari a :

$$Q_c = 2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \mathcal{G}_c^{(n-1)} = 2,78 \cdot 0,005 \cdot 0,9 \cdot 59,14017 \cdot 0,034709^{(0,28749999-1)} = 8,11 \text{ l/s}$$

Qm = 8,11 l/s massima portata nella sezione di chiusura del bacino per tempo di ritorno T= 50 anni.

Calcolo della portata sopportabile dal condotto

Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:

Tubo SN8 SDR 34 codice UD

Diametro esterno tubazione: 0,200 m

Diametro interno tubazione: 0,188 m

Pendenza minima della linea: 0,50 %

$$\text{Area: } A = r^2 \cdot \pi = 0,0277 \text{ m}^2$$

$$\text{Contorno bagnato: } C = 2 \cdot \pi \cdot r = 0,590 \text{ m}$$

$$\text{Raggio idraulico: } R = \frac{A}{C} = 0,046$$

Calcolo del coefficiente χ utilizzando la relazione di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot \sqrt[6]{R} = 59,85$$

Si ottiene quindi a pieno riempimento:

$$\text{Velocità del flusso } V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i} = 59,85 \cdot \sqrt{0,046 \cdot 0,005} = 0,907 \text{ m/s}$$

$$\text{Portata } Q = V \cdot A = 0,907 \cdot 0,0277 = 0,025 \text{ m}^3/\text{s} = 25 \text{ l/s}$$

La portata critica che statisticamente si verificherà ogni 50 anni è pari a **8,11 l/s** contro una portata massima sopportabile dalla tubazione pari a **25,00 l/s**.

La percentuale di riempimento del tubo causata dalla portata critica è pari a 32,28%.

TRATTO da caditoia c2 a cameretta b1					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	63,99 mq				
Superficie bacino	0,006 ha				
Lunghezza tubazione	6,46 m				
velocità acqua nel condotto	0,907 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,12 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,00 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,034652 ore				
Portata bacino (Qt)	9,74 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,010 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	200 mm				
diametro interno	0,188 m	=		188 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,0277 mq				
contorno bagnato -C-	0,590 m				
raggio idraulico -R-	0,046				
coefficiente (X)	59,85				
Velocità (V)	0,907 m/s				
Portata (Q)	0,025 mc/s				
Portata (Q)	25,12 l/s	>		9,74 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	38,79 %				

TRATTO da caditoia c3 a cameretta b1					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	54,91 mq				
Superficie bacino	0,005 ha				
Lunghezza tubazione	5,93 m				
velocità acqua nel condotto	0,907 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,11 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,00 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,034544 ore				
Portata bacino (Qt)	8,14 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,008 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	200 mm				
diametro interno	0,188 m	=		188 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,0277 mq				
contorno bagnato -C-	0,590 m				
raggio idraulico -R-	0,046				
coefficiente (X)	59,85				
Velocità (V)	0,907 m/s				
Portata (Q)	0,025 mc/s				
Portata (Q)	25,12 l/s	>		8,14 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	32,39 %				

TRATTO da cameretta b1 a b2					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	176,07 mq				
Superficie bacino	0,017 ha				
Lunghezza tubazione	17,59 m				
velocità acqua nel condotto	1,059 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,28 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,12 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,038409 ore				
Portata bacino (Qt)	25,66 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,026 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	250 mm				
diametro interno	0,235 m	=		235 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,0433 mq				
contorno bagnato -C-	0,737 m				
raggio idraulico -R-	0,058				
coefficiente (X)	62,21				
Velocità (V)	1,059 m/s				
Portata (Q)	0,046 mc/s				
Portata (Q)	45,85 l/s	>		25,66 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	55,95 %				

TRATTO da cameretta b2 a caditoie c4					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	291,46 mq				
Superficie bacino	0,029 ha				
Lunghezza tubazione	37,34 m				
velocità acqua nel condotto	1,234 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,50 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,28 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,043603 ore				
Portata bacino (Qt)	39,99 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,040 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	315 mm				
diametro interno	0,296 m	=		296 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,0687 mq				
contorno bagnato -C-	0,929 m				
raggio idraulico -R-	0,073				
coefficiente (X)	64,64				
Velocità (V)	1,234 m/s				
Portata (Q)	0,085 mc/s				
Portata (Q)	84,78 l/s	>		39,99 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	47,17 %				

TRATTO da caditoie c4 a cameretta b3					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	627,34 mq				
Superficie bacino	0,062 ha				
Lunghezza tubazione	60,90 m				
velocità acqua nel condotto	1,234 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	4 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,82 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,50 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,084139 ore				
Portata bacino (Qt)	53,52 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,054 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	315 mm				
diametro interno	0,296 m	=		296 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,0687 mq				
contorno bagnato -C-	0,929 m				
raggio idraulico -R-	0,073				
coefficiente (X)	64,64				
Velocità (V)	1,234 m/s				
Portata (Q)	0,085 mc/s				
Portata (Q)	84,78 l/s	>		53,52 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	63,13 %				

TRATTO da cameretta b3 a caditoie c5					
CALCOLO PORTATA BACINO					
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>					
tempo di ritorno	50 anni				
evento	< 1 ora				
casella	dati ARPA				
a	59,14107				
n	0,28749999				
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>					
IMP	1,00				
Cimp	0,90				
Cperm	0,10				
coefficiente d'afflusso φ	0,900				
<u>Dati bacino e condotta:</u>					
Superficie bacino	1.014,64 mq				
Superficie bacino	0,101 ha				
Lunghezza tubazione	81,46 m				
velocità acqua nel condotto	1,451 m/s				
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	4 minuti				
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,94 minuti				
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,82 minuti				
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>					
Tempo di corrivazione (Tc)	0,090729 ore				
Portata bacino (Qt)	82,62 l/s				
Portata bacino (Qt)	0,083 mc/s				
CALCOLO PORTATA TUBO					
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>					
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice	UD
diametro esterno	400 mm				
diametro interno	0,376 m	=		376 mm	
pendenza	0,50 %				
coefficiente di scabrezza (n)	0,010				
<u>Calcolo portata:</u>					
area (A)	0,1109 mq				
contorno bagnato -C-	1,180 m				
raggio idraulico -R-	0,093				
coefficiente (X)	67,31				
Velocità (V)	1,451 m/s				
Portata (Q)	0,161 mc/s				
Portata (Q)	160,92 l/s	>		82,62 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	51,35 %				

TRATTO da caditoie c5 a cameretta b4				
CALCOLO PORTATA BACINO				
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>				
tempo di ritorno	50 anni			
evento	< 1 ora			
casella	dati ARPA			
a	59,14107			
n	0,28749999			
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>				
IMP	1,00			
Cimp	0,90			
Cperm	0,10			
coefficiente d'afflusso ϕ	0,900			
<u>Dati bacino e condotta:</u>				
Superficie bacino	1.342,91 mq			
Superficie bacino	0,134 ha			
Lunghezza tubazione	99,41 m			
velocità acqua nel condotto	1,451 m/s			
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	4 minuti			
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	1,14 minuti			
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,94 minuti			
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>				
Tempo di corrivazione (Tc)	0,095020 ore			
Portata bacino (Qt)	106,07 l/s			
Portata bacino (Qt)	0,106 mc/s			
CALCOLO PORTATA TUBO				
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>				
TUBO:	SN 8	SDR 34	codice	UD
diametro esterno	400 mm			
diametro interno	0,376 m	=	376 mm	
pendenza	0,50 %			
coefficiente di scabrezza (n)	0,010			
<u>Calcolo portata:</u>				
area (A)	0,1109 mq			
contorno bagnato -C-	1,180 m			
raggio idraulico -R-	0,093			
coefficiente (X)	67,31			
Velocità (V)	1,451 m/s			
Portata (Q)	0,161 mc/s			
Portata (Q)	160,92 l/s	>	106,07 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	65,92 %			

TRATTO da cameretta b5 a b4				
CALCOLO PORTATA BACINO				
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>				
tempo di ritorno	50 anni			
evento	< 1 ora			
casella	dati ARPA			
a	59,14107			
n	0,28749999			
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>				
IMP	1,00			
Cimp	0,90			
Cperm	0,10			
coefficiente d'afflusso ϕ	0,900			
<u>Dati bacino e condotta:</u>				
Superficie bacino	246,59 mq			
Superficie bacino	0,024 ha			
Lunghezza tubazione	20,37 m			
velocità acqua nel condotto	1,234 m/s			
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti			
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,28 minuti			
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,00 minuti			
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>				
Tempo di corrivazione (Tc)	0,036390 ore			
Portata bacino (Qt)	37,64 l/s			
Portata bacino (Qt)	0,038 mc/s			
CALCOLO PORTATA TUBO				
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>				
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice UD
diametro esterno	315 mm			
diametro interno	0,296 m	=	296 mm	
pendenza	0,50 %			
coefficiente di scabrezza (n)	0,010			
<u>Calcolo portata:</u>				
area (A)	0,0687 mq			
contorno bagnato -C-	0,929 m			
raggio idraulico -R-	0,073			
coefficiente (X)	64,64			
Velocità (V)	1,234 m/s			
Portata (Q)	0,085 mc/s			
Portata (Q)	84,78 l/s	>	37,64 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	44,40 %			

TRATTO da cameretta b4 ai pozzi perdenti				
CALCOLO PORTATA BACINO				
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>				
tempo di ritorno	50 anni			
evento	< 1 ora			
casella	dati ARPA			
a	59,14107			
n	0,28749999			
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>				
IMP	1,00			
Cimp	0,90			
Cperm	0,10			
coefficiente d'afflusso ϕ	0,900			
<u>Dati bacino e condotta:</u>				
Superficie bacino	1.889,91 mq			
Superficie bacino	0,188 ha			
Lunghezza tubazione	130,28 m			
velocità acqua nel condotto	1,451 m/s			
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	6 minuti			
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	1,50 minuti			
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	1,14 minuti			
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>				
Tempo di corrivazione (Tc)	0,135627 ore			
Portata bacino (Qt)	115,49 l/s			
Portata bacino (Qt)	0,115 mc/s			
CALCOLO PORTATA TUBO				
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>				
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice UD
diametro esterno	400 mm			
diametro interno	0,376 m	=	376 mm	
pendenza	0,50 %			
coefficiente di scabrezza (n)	0,010			
<u>Calcolo portata:</u>				
area (A)	0,1109 mq			
contorno bagnato -C-	1,180 m			
raggio idraulico -R-	0,093			
coefficiente (X)	67,31			
Velocità (V)	1,451 m/s			
Portata (Q)	0,161 mc/s			
Portata (Q)	160,92 l/s	>	115,49 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	71,77 %			

TRATTO	tubo caditoie			
CALCOLO PORTATA BACINO				
<u>Dati coefficienti curve di possibilità pluviometrica:</u>				
tempo di ritorno	50 anni			
evento	< 1 ora			
casella	dati ARPA			
a	59,14107			
n	0,28749999			
<u>Coefficiente d'afflusso:</u>				
IMP	1,00			
Cimp	0,90			
Cperm	0,10			
coefficiente d'afflusso ϕ	0,900			
<u>Dati bacino e condotta:</u>				
Superficie bacino	97,00 mq			
Superficie bacino	0,009 ha			
Lunghezza tubazione	3,26 m			
velocità acqua nel condotto	0,907 m/s			
tempo di percorrenza per arrivare nel condotto (Te)	2 minuti			
tempo di percorrenza nel condotto (Tr)	0,06 minuti			
tempo di percorrenza nei condotti precedenti (il più alto tra i tratti precedenti) (Tr)	0,00 minuti			
<u>Calcolo tempo di corrivazione e portata bacino:</u>				
Tempo di corrivazione (Tc)	0,033998 ore			
Portata bacino (Qt)	14,82 l/s			
Portata bacino (Qt)	0,015 mc/s			
CALCOLO PORTATA TUBO				
<u>Caratteristiche geometriche e di scabrezza della condotta:</u>				
TUBO:	SN 8	SDR	34	codice UD
diametro esterno	200 mm			
diametro interno	0,188 m	=	188 mm	
pendenza minima	0,50 %			
coefficiente di scabrezza (n)	0,010			
<u>Calcolo portata:</u>				
area (A)	0,0277 mq			
contorno bagnato -C-	0,590 m			
raggio idraulico -R-	0,046			
coefficiente (X)	59,85			
Velocità (V)	0,907 m/s			
Portata (Q)	0,025 mc/s			
Portata (Q)	25,12 l/s	>	14,82 l/s	
Percentuale di riempimento del tubo causato dalla portata	58,98 %			

Riassumendo:

- Tratto da caditoia c1 a cameretta b1:
 diametro tubo 200 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da caditoia c2 a cameretta b1:
 diametro tubo 200 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da caditoia c3 a cameretta b1:
 diametro tubo 200 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da cameretta b1 a b2:
 diametro tubo 250 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da cameretta b2 a caditoia c4:
 diametro tubo 315 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da caditoia c4 a cameretta b3:
 diametro tubo 315 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da cameretta b3 a caditoia c5:
 diametro tubo 400 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da caditoia c5 a cameretta b4:
 diametro tubo 400 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da cameretta b4 a b5:
 diametro tubo 315 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da cameretta b4 ai pozzi perdenti:
 diametro tubo 400 mm pendenza 0,50%;
- Tratto da caditoia a tubo principale / camerette:
 diametro tubo 200 mm pendenza minima 0,50%.

Capitolo 4 – VASCA DI LAMINAZIONE – INVARIANZA IDRAULICA

Il dimensionamento della vasca di laminazione viene realizzato secondo le prescrizioni del Regolamento Regionale n. 7 del 23 Novembre 2017 successivamente modificato e integrato dal Regolamento Regionale n. 8 del 19 Aprile 2019.

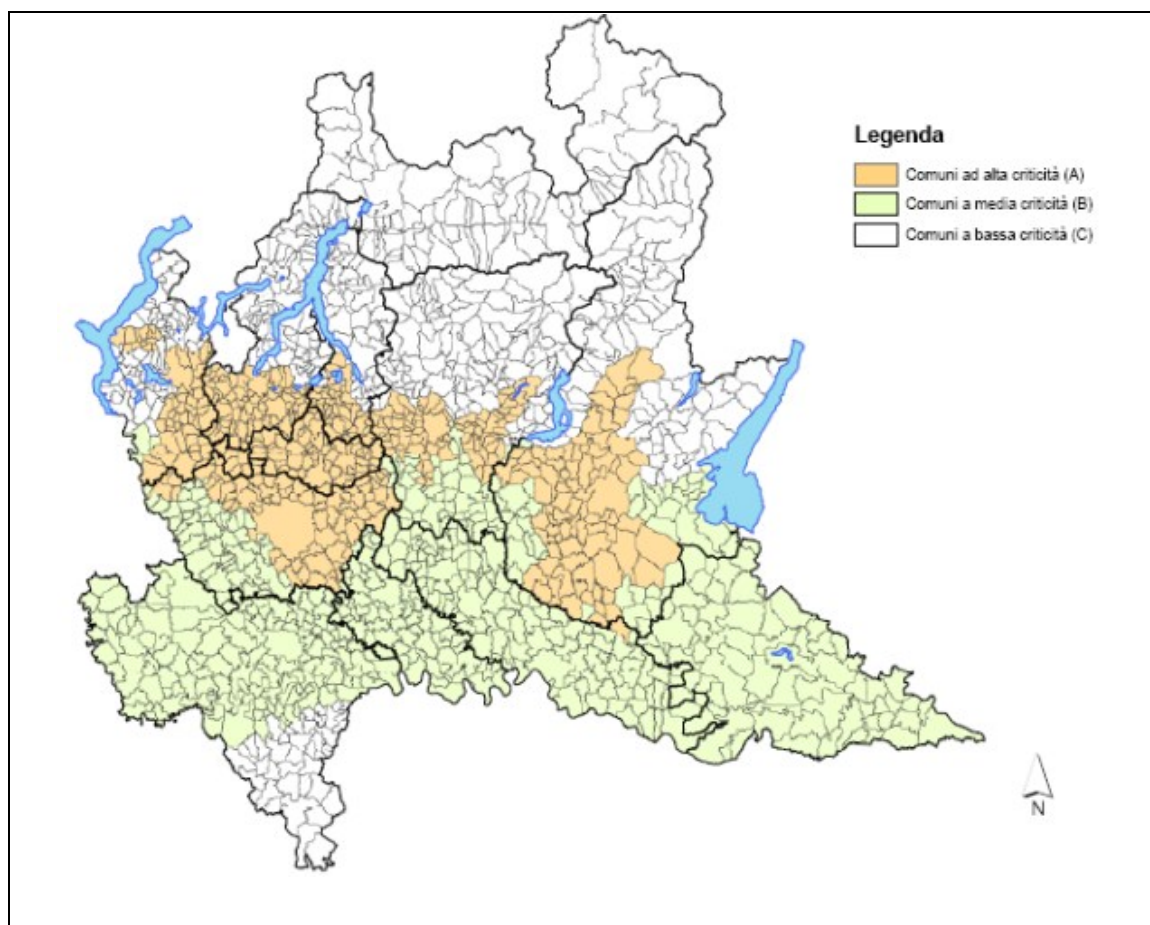
Più precisamente tenendo in considerazione i seguenti fattori.

Localizzazione dell'intervento.

Ai sensi dell'art. 7 del Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 successivamente modificato e integrato dal Regolamento Regionale n. 8 del 19 Aprile 2019, il territorio lombardo è stato suddiviso in 3 ambiti in cui sono inseriti i Comuni in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

Ad ogni comune è associata una criticità (allegato B Regolamento Regionale n. 8 del 19 Aprile 2019):

- A - alta criticità;
- B - media criticità;
- C - bassa criticità.



Superficie dell'intervento.

In base alla superficie di intervento l'art. 9 del Regolamento Regionale n. 8 del 19 Aprile 2019 identifica distinte classi di intervento come di seguito riportato:

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,03$ a $\leq 0,1$ ha ($da > 300$ mq a ≤ 1.000 mq)
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,03$ a $\leq 0,1$ ha ($da > 300$ a ≤ 1.000 mq)
		$da > 0,1$ a ≤ 1 ha ($da > 1.000$ a ≤ 10.000 mq)
		$da > 1$ a ≤ 10 ha ($da > 10.000$ a ≤ 100.000 mq)
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1$ a ≤ 10 ha ($da > 10.000$ a ≤ 100.000 mq)
		> 10 ha (> 100.000 mq)

Coefficiente di deflusso medio ponderale.

L'art. 11 comma d del Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 e successivamente modificato dal Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019:

- pari a **1,0** per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a **0,7** per 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;
- pari a **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.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale si ricava moltiplicando ogni superficie per il suo relativo coefficiente di deflusso diviso la superficie totale d'intervento.

$$\varphi_m = \frac{S1*1 + S2*0,7 + S3*0,3}{S_{tot}}$$

dove:

φ_m è il coefficiente di deflusso medio ponderale;

S1 è la superficie d'intervento impermeabile;

S2 è la superficie d'intervento semimpermeabile;

S3 è la superficie d'intervento permeabile;

S_{tot} è la superficie totale d'intervento (S1+S2+S3);

Il regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017 fissa in 0,4 il parametro di riferimento con il quale confrontare il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante.

Modalità di calcolo.

In base alla criticità, alla superficie dell'intervento e al coefficiente di deflusso medio ponderale così come sopra individuati e calcolati si determina il metodo di calcolo da utilizzare per il dimensionamento della vasca di laminazione.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSO 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		

Dimensionamento della vasca di laminazione ai sensi dell'art. 12 comma a – Requisiti minimi.

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:

- a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019;
- b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Dimensionamento della vasca di laminazione – Metodo delle sole piogge.

Il dimensionamento della vasca di laminazione secondo il "Metodo delle sole piogge" si basa sulle seguente formula:

$$W_o = W_e - W_u$$

dove:

W_o è il volume della vasca di laminazione;

W_e è il volume dell'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_{e(t)}$ nell'invaso di laminazione avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso;

W_u è il volume dell'onda uscente $Q_{u(t)}$ caratterizzata da una portata costante $Q_{u.lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili.

La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante (onda entrante) è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n$$

dove:

S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso;

φ_m è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante

impermeabile dell'intervento);

D è la durata di pioggia;

$a = a_1 \cdot w_t$ è il parametro della curva di possibilità pluviometrica (desunto da ARPA Lombardia);

n è il parametro della curva di possibilità pluviometrica (desunto da ARPA Lombardia).

Mentre la portata costante uscente è pari a:

$$Q_{u, \text{lim}} = S \cdot \varphi_m \cdot u_{\text{lim}}$$

e il volume complessivamente uscente nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot \varphi_m \cdot u_{\text{lim}} \cdot D$$

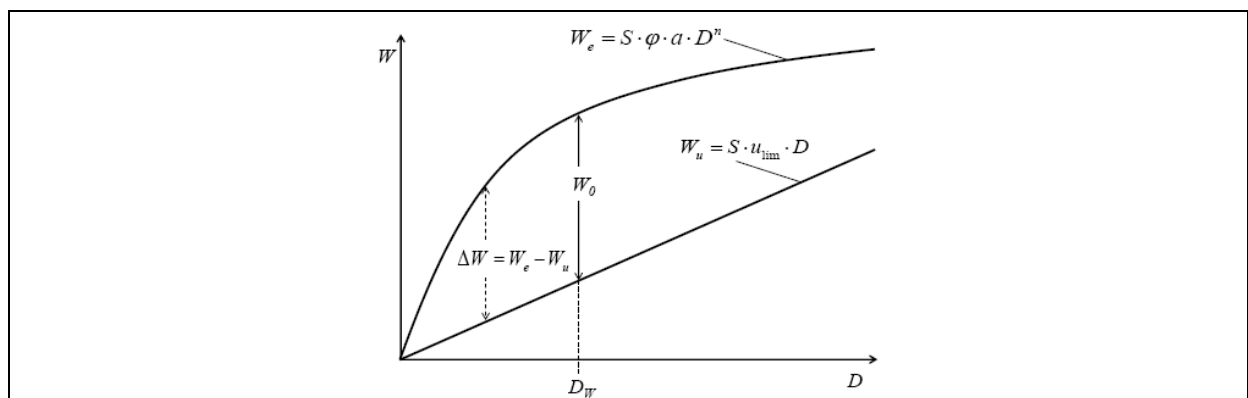
in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento definisce come segue:

- per le **aree A** di cui al comma 3 dell'articolo 7: **10 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- per le **aree B** di cui al comma 3 dell'articolo 7: **20 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- per le **aree C** di cui al comma 3 dell'articolo 7: **20 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento,
- o in alternativa, se più restrittivo, fornito dell'ente gestore della rete fognatura comunale.

Si ha quindi che:

$$W_o = W_e - W_u = S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{\text{lim}} \cdot D$$

dove D è pari alla durata dell'evento critico D_w come da figura seguente.



Si ricava quindi la durata critica dell'evento D_w per l'invaso di laminazione:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u.\lim}}{S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_o = S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u.\lim} \cdot D_w$$

Che considerando le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

W_o mc

S ha

a mm/oraⁿ

φ_m ore

D_w ore

$Q_{u.\lim}$ l/s

le equazione sopra indicate diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u.\lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_o = 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u.\lim} \cdot D_w$$

Capitolo 4.1 – CALCOLO VASCA DI LAMINAZIONE

Dimensionamento vasca di laminazione delle acque bianche che provengono dalla copertura.

La superficie interessata dall'intervento è compresa tra 1.000,00 mq e 10.000 mq e ricade nella classificazione degli interventi come classe 2 "impermeabilizzazione potenziale media".

Localizzazione, superficie e coefficiente di deflusso medio ponderale dell'intervento.

<u>Superfici di progetto:</u>				<u>Coefficiente di deflusso ϕ</u> (art. 11 comma 2 d)			
sup. impermeabile (sup. coperta, sup. asfaltate)	1.923,10 mq	=	0,1923 ha	1			
sup. semi impermeabile (sup. pavimentazioni in autoboccalanti)	0,00 mq	=	0,0000 ha	0,7			
sup. permeabile (sup. giardino)	0,00 mq	=	0,0000 ha	0,3			
<u>totale</u>	1.923,10 mq	=	0,1923 ha				
<u>Individuazione criticità idraulica:</u> (art. 7 comma 3 e allegato C)							
Comune	Provincia	Criticità idraulica		Coefficiente P			
CALCINATE	BG	A		1			
DIMENSIONAMENTO VASCA DI LAMINAZIONE							
<u>Superficie scolante (Ss):</u>	1.923,10 mq	=	0,1923 ha				
<u>Superficie scolante impermeabile (Ssi):</u>	1.923,10 mq	=	0,1923 ha				
<u>Coefficiente di deflusso medio (ϕ_m):</u>	1,000	>	0,40				

Dimensionamento vasca ai sensi dell'art 12 comma a – Requisiti minimi.

<i>in base alla criticità idraulica</i>	A	800	mc per ettaro di Ssi per il "coefficiente P"						
	B	500	mc per ettaro di Ssi						
	C	400	mc per ettaro di Ssi						
<u>Volume vasca laminazione:</u>									
	0,1923	ha	x	800,00	mc/ha x	1,0	=	153.85	mc

Dimensionamento vasca – Metodo delle sole piogge.

Dati di progetto:									
tempo di ritorno (T):	50	anni							
superficie totale lotto (S):	1.923,10	mq	=	0,1923	ha				
superficie scolante impermeabile (Ssi):	1.923,10	mq	=	0,1923	ha				
coefficiente di deflusso medio (ϕm):	1,000								
Dati ARPA regione Lombardia:									
coefficiente pluviometrico orario (A1):	29,520000								
coefficiente di scala (n):	0,28749999								
coefficiente tempo di ritorno (wt):	2,0034239								
parametro curva di possibilità pluviometrica in base al tempo di ritorno (a):	59,14107								
Valore massimo della portata meteorica scaricabile nel ricettore (art. 8 e/o dati Uniaque s.p.a.)									
portata scaricabile (U.lim):	10,00	l/s per ettaro di Ssi							
<u>Calcolo onda uscente di laminazione (Qu.lim):</u>									
Qu.lim: (S* ϕm *U.lim)	1,923	l/s							
<u>Calcolo durata critica (Dw):</u>									
Dw: (Qu.lim/(2,78*S* ϕm *a*n))^(1/(n-1))	8,85	ore							
<u>Calcolo volume vasca di laminazione (Wo):</u>									
Wo: (10*S* ϕm *a*Dw^n) - (3,6*Qu.lim*Dw)	151,61	mc							

La relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Norberto Invernici indica che il terreno in oggetto ha valori di permeabilità dell'ordine di $5,8 \times 10^{-4}$ m/sec che permette l'utilizzo di pozzi perdenti per la dispersione delle acque nel sottosuolo.

Di seguito stralcio relazione geologica:

L'esito delle prove di infiltrazione eseguite nelle trincee esplorative è sostanzialmente uniforme e ha fornito i seguenti valori di permeabilità media del terreno di sottofondo:

Il valore della permeabilità cautelativa del terreno è stato assunto pari a $K = 5,8 \times 10^{-4}$ m/s;

I terreni di sottofondo sono pertanto caratterizzati da Classe di Permeabilità Discreta

k (cm/s)	10^2	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona		Discreta		Bassa		BB	Impermeabile		
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini		Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte	

Si procede al calcolo dei pozzi perdenti utilizzando come valore medio di permeabilità del terreno: $K = 5,8 \times 10^{-4}$ m/s (0,058 cm/s).

Capitolo 5 – POZZI PERDENTI

Il dimensionamento dei pozzi perdenti si basa sulle seguenti formule:

Calcolo apporti meteorici:

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

dove:

h in mm è l'altezza di pioggia.

Calcolo portata (in metri cubi) delle acque meteoriche dovute alle superfici:

$$afflusso = \frac{h}{1000} \cdot S \cdot \varphi_m$$

Calcolo capacità drenante dei pozzi perdenti (in metri cubi):

$$drenaggio = Dw \cdot n.pozz. \cdot \frac{3600 \cdot k}{100} \cdot c \cdot L$$

dove:

D_w in ore è la durata evento critico di pioggia;
 $n.pozz.$ è il numero di pozzi in progetto;
 k in cm/sec è il coefficiente di permeabilità del terreno;
 c è il coefficiente di tasca dei pozzi perdenti;
 L in m è la profondità dei pozzi perdenti.

Calcolo capacità di deflusso dei pozzi perdenti:

$$deflusso = drenaggio + volume pozzi perdenti$$

$$Verifica\ coefficiente\ di\ sicurezza = \frac{drenaggio}{afflusso} > 1$$

Capitolo 5.1 – CALCOLO POZZI PERDENTI

Dimensionamento pozzi perdenti che raccolgono le acque bianche provenienti dalla copertura.

Localizzazione, superficie e coefficiente di deflusso medio ponderale dell'intervento.

<u>Superfici di progetto:</u>			<u>Coefficiente di deflusso φ</u> (art. 11 comma 2 d)				
sup. impermeabile (sup. coperta, sup. asfaltate)	1.923,10	mq	1				
sup. semi impermeabile (sup. pavimentazioni in autobocconi)	0,00	mq	0,7				
sup. permeabile (sup. giardino)	0,00	mq	0,3				
S_{tot}: superficie totale di progetto	1.923,10	mq					
φ_m: coefficiente di deflusso medio	1,000	>	0,40				
<u>Individuazione criticità idraulica:</u> (art. 7 comma 3 e allegato C)							
Comune	Provincia	Criticità idraulica		Coefficiente P			
TRESCORE B.RIO	BG	A		1			

Dimensionamento pozzi perdenti.

Dati ARPA regione Lombardia:							
Tr: tempo di ritorno	50	anni					
A1: coefficiente pluviometrico orario	29,52						
wt: coefficiente tempo di ritorno	2,00342391						
a: parametro curva di possibilità pluviometrica in base al tempo di	59,14107						
n: coefficiente di scala	0,28749999						
Portata scaricabile ammissibile (art. 8 comma 1)							
portata scaricabile (U.lim):	10,00	l/s per ettaro di Ssi					
<u>Calcolo onda uscente di laminazione (Qu.lim):</u>							
Qu.lim: ($S * \varphi_m * U.lim$)	1,923	l/s					
<u>Calcolo durata critica (Dw):</u>							
Dw: ($Qu.lim / (2,78 * S * \varphi_m * a * n) ^ {1/(n-1)}$)	8,85	ore					

Calcolo apporti meteorici per unità di superficie							
h : altezza di pioggia ($h = a \cdot T^n$)							
T : tempo in ore							
	evento critico						
T (ore)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	8,85	48,00
h (mm)	30,51	39,70	48,46	59,14	72,18	110,68	179,99
Portata delle acque meteoriche dovuta alle superfici impermeabili							
S_{tot} : superficie totale di progetto 1.923,10 mq							
φ_m : coefficiente di deflusso medio 1,000							
	evento critico						
T (ore)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	8,85	48,00
afflusso (m ³) = $h/1000 \cdot s \cdot \phi_m$	58,67	76,35	93,18	113,73	138,82	212,86	346,14
Capacità di drenaggio dei pozzi							
<u>Formule:</u>							
$Q = T \cdot n \cdot (3600 \cdot k/100) \cdot c \cdot L$ (formula di Wilkinson, 1968)							
$c = p3L / \ln(3L/D + (1+(3L/D)^2)^{0,5})$							
<u>Dati di progetto:</u>							
K : coefficiente di permeabilità del terreno				0,0580	cm/sec		
D : diametro pozzo				2,34	m		
L : profondità pozzo				3	m		
c : coefficiente di tasca				13,74			
n.poz. : numero pozzi				4			
	evento critico						
T (ore)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	8,85	48,00
drenaggio (m ³)	34,43	86,07	172,14	344,28	688,56	3045,64	16525,42
Verifica del coefficiente di sicurezza							
Vol.poz. : volume pozzi 51,58 m ³							
Deflusso (m³) = (drenaggio + volume pozzi)							
	evento critico						
T (ore)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	8,85	48,00
afflusso (m ³)	58,67	76,35	93,18	113,73	138,82	212,86	346,14
deflusso (m ³)	86,01	137,65	223,72	395,86	740,14	3097,22	16577,00
Coefficiente di sicurezza	1,47	1,80	2,40	3,48	5,33	14,55	47,89

Riassumendo:

- numero 4 pozzi perdenti di diametro interno 2,34 m e profondità 3,00 m.

Capitolo 6 - TEMPO DI SVUOTAMENTO DEI POZZI PERDENTI

L'art. 11 comma f) paragrafo 2 del regolamento regionale n. 7 del 26 novembre 2017 stabilisce che il pozzo perdente deve svuotarsi completamente in meno di 48 ore.

Determinato il volume e l'altezza di acqua residua nei pozzi perdenti con le seguenti formule:

Volume restante (vol.rest.) = afflusso – drenaggio – scarico in fognatura

Altezza acqua (h) = volume restante / area pozzi perdenti

Si calcola il tempo di svuotamento dei pozzi perdenti:

$$t = \frac{vol.rest}{\frac{3600 \cdot k}{100} \cdot n.pozz. \cdot c \cdot h} < 48ore$$

dove:

n.pozz.		è il numero di pozzi in progetto;
k	in cm/sec	è il coefficiente di permeabilità del terreno;
c		è il coefficiente di tasca dei pozzi perdenti;
L	in m	è la profondità dei pozzi perdenti.

Capitolo 6.1 – CALCOLO TEMPO DI SVUOTAMENTO

DEI POZZI PERDENTI

Dal calcolo dei pozzi perdenti esposto nei capitoli precedenti si osserva che a termine dell'evento critico i pozzi perdenti sono già vuoti in quanto la capacità drenate del pozzo è maggiore dell'afflusso di acqua ($3.097,22 \text{ mc} > 212,86 \text{ mc}$).

Trescore B.rio, 08 Luglio 2020

Dott. Ing. Dario Valentini

PIANO ATTUATIVO ArR1 - COMUNE DI CALCINATE (BG)

PIANO DI MANUTENZIONE

ai sensi del regolamento regionale 23 novembre 2017 n. 7

e regolamento regionale 19 aprile 2019 n. 8

Il Piano di manutenzione costituisce lo strumento operativo fondamentale per consentire al titolare di programmare l'esercizio e gestione delle strutture di drenaggio e la loro durabilità ed efficacia nel tempo.

Il sistema di drenaggio delle acque pluviali in progetto è stato dimensionato nella relazione di calcolo allega ed è composto dai seguenti elementi:

- tubazioni convogliamento delle acque ai pozzi perdenti in PVC SN8 SDR 34 codice UD rigido di diametro variabile da \varnothing 200 a \varnothing 400 mm con pendenza pari a 0,50 %;
- pozzi perdenti \varnothing 2,34 metri, profondità 3,00 metri;
- pozzetti d'ispezione in calcestruzzo prefabbricato 100 x 100 cm e 120 x 120 cm;
- caditoie in calcestruzzo prefabbricato 45 x 45 cm;

La manutenzione ordinaria è da svolgersi periodicamente due volte all'anno prima dei periodi di pioggia primaverili e autunnali.

Gli interventi di manutenzione ordinaria a seguito anche di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti possono essere:

- pulizia rifiuti eseguito da operai generici;
- rimozione detriti eseguito da operai generici;
- taglio selettivo di eventuali specie infestanti eseguito da ditta specializzata;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento eseguito da operai generici;
- disinfestazione e/o ratizzazione eseguito da ditta specializzata.

La manutenzione straordinaria è da svolgersi successivamente al riscontro di malfunzionamenti e/o al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato gli impianti.

Gli interventi da eseguire sono i seguenti:

- pulizia e smaltimento rifiuti eseguito da operai generici;
- rimozione e smaltimento detriti;
- risoluzione dei problemi di intasamento eseguito da operai generici;
- rimozione e sostituzione di parti danneggiate eseguito da ditta specializzata.

ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO⁽¹⁾

(1) L'allegato è stato sostituito dall'art. 1, comma 1, lett. z), del r.r. 19 aprile 2019, n. 8.

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ'**(Articolo 47 d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto **DOTT. ING. DARIO VALENTINI**

nato a **CALCINATE** il **02/07/1964**

studio a **TRESCORE B.RIO (BG)**

in via **LOCATELLI** n. **19/G**

iscritto all'Ordine degli **INGEGNERI** della Provincia di **BERGAMO**

Regione **LOMBARDIA** n. **2158**

incaricato dal signor **VAVASSORI COSTANTE** in qualità di legale rappresentante della società **EDILMASI SRL** con sede in **Calcinate Via A. Manzoni n. 6B**

di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di **PIANO ATTUATIVO ArR1**

sito in Provincia di **BERGAMO** Comune di **CALCINATE**

in via **LARGA** n. **2**

Foglio n. **9** Mappale n. **1575**

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

X che il comune di **CALCINATE**, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

X A: ad alta criticità idraulica

☐ B: a media criticità idraulica

☐ C: a bassa criticità idraulica

oppure

X che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

☐ che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, 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 (art. 12, comma 1, lettera a)

X che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo) **PIANO ATTUATIVO**, pari a:

X 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☐ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore

X che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s **95,59**, che equivale ad una portata infiltrata pari a **18,38** l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

► che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:

☐ Classe «0»

☐ Classe «1» Impermeabilizzazione potenziale bassa

X Classe «2» Impermeabilizzazione potenziale media

☐ Classe «3» Impermeabilizzazione potenziale alta

► che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:

☐ all'articolo 12, comma 1 del regolamento

☐ all'articolo 12, comma 2 del regolamento

X di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:

X all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)

☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)

X di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

ASSEVERA

X che il Progetto di invarianza idraulica e idrologica previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;

- ☐ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento;
- ☐ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

TRESCORE B.RIO, 08 Luglio 2020
(luogo e data)

Il Dichiarante

.....

Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.

_____ • _____