

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

R 3 1

D

b

0 0 4

O V

0 1

R 0

===

OPERE SOSTITUTIVE P.L. DI VIA TRIESTE IN COMUNE DI ERBA
OPERE DI COMPETENZA FERROVIENORD
Progetto Definitivo

RELAZIONI TECNICHE E RELAZIONI SPECIALISTICHE
RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA
Lotto 1

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Ott. 2025	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING
NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD
FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

SOMMARIO

1. Premessa	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3. SISTEMA PREVISTO PER LA RACCOLTA ED IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE	4
3.1. Descrizione del sistema	4
4. Precipitazioni di progetto.....	5
5. Dimensionamento del sistema di raccolta delle acque piovane	11
5.1. Tempi di ritorno.....	11
5.2. Calcolo del coefficiente di deflusso	11
5.3. Tempi di corrivazione	12
5.4. Calcolo delle portate di progetto	13
5.5. Calcolo idraulico e verifica diametro della condotta.....	14
5.6. Calcolo idraulico e verifica delle caditoie	15
5.6.1. <i>Deflusso nella caditoia</i>	16
6. MISURE COMPENSATIVE PER LA MITIGAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA.....	16
6.1. Introduzione e informazioni generali sull'area oggetto di intervento e sul progetto di invarianza idraulica e idrologica	16
6.2. Documenti di riferimento.....	17
6.3. Superfici cui applicare le misure di invarianza idraulica ed idrologica.....	17
6.4. Localizzazione, individuazione dell'area territoriale e superficie interessata dall'intervento – definizione dell'area territoriale e delle caratteristiche principali ai fini della classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica ed idrologica e modalità di calcolo (Art. 9 del R.R. 7/1027)	17
7. Invarianza idraulica per le opere di progetto	18
7.1. Classificazione degli interventi e modalità di calcolo per ambito territoriale.....	19
7.2. Possibilità di applicare la semplificazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica o dichiarazione di non necessità (Art. 10 commi 2, 3 e 4)	20
7.3. Tempi di Ritorno.....	20
7.4. Sistema di dispersione.....	20
7.4.1. <i>Infiltrazione da trincea disperdente</i>	21
7.4.2. <i>Infiltrazione da pozzi</i>	21
7.4.3. <i>Determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno</i>	22
7.5. Risultati mediante applicazione della procedura dettagliata.....	24
7.6. Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi	26
8. Dimensionamento delle opere idrauliche di progetto (volumi vasche di stoccaggio R.R. 7/2017).....	26
8.1. Tempo necessario per lo svuotamento della vasca	27
9. Conclusioni	27
10. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI.....	27
10.1. MANUALE D'USO	28
10.1.1. <i>Tubazioni in PVC</i>	28
10.1.2. <i>Tubazioni in PE Corrugato</i>	28

10.1.3. Pozzetti di ispezione.....	28
10.1.4. Pozzi perdenti e trincee disperdenti.....	28
10.2. MANUALE DI MANUTENZIONE	29
10.2.1. Introduzione.....	29
10.2.2. Livello minimo delle prestazioni.....	29
10.2.3. Tubazioni in PVC e PE Corr	29
10.2.4. Pozzetti di ispezione con funzione di dissabiatore	29
10.2.5. Pozzi perdenti e trincee disperdenti.....	29
10.2.6. Anomalie riscontrabili.....	30
10.3. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	30
10.3.1. Condotti fognari acque bianche.....	30
10.3.2. Pozzetti di ispezione.....	31
10.3.3. Pozzi perdenti e trincee disperdenti.....	31
11. ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO	32

1. PREMESSA

Questo documento viene redatto allo scopo di fornire un accurato quadro conoscitivo, sia dal punto di vista idraulico, che dal punto di vista dello smaltimento delle acque ruscellanti.

L'elaborato consiste nella relazione di dimensionamento idraulico per le opere del progetto "OPERE SOSTITUTIVE P.L. DI VIA TRIESTE IN COMUNE DI ERBA. OPERE DI COMPETENZA FERROVIENORD" relativamente alle opere afferenti al **Lotto 1 - Sistemazione della viabilità su Via Milano** situata nel comune di Erba, in provincia di Como.

Le opere, di cui si effettua il dimensionamento idraulico, sono quelle relative allo smaltimento delle acque di piattaforma ed al rispetto dell'invarianza idraulica.

Il presente elaborato consiste anche nella relazione tecnica del Progetto di Invarianza Idraulica ed Idrologica ai sensi dell'Art. 10 del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n.7 della Regione Lombardia relativa alla seguente area:

LOTTO 1 – Sistemazione della viabilità su Via Milano



Figura 1 - Stralcio immagine satellitare relativo al sito oggetto di studio, indicato in giallo l'area di intervento [Google Earth]

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico – idraulico, ambientale e di difesa del suolo.

D.lgs. 3 aprile 2006 n.152 - Norme in materia ambientale (TU ambiente)

D.lgs. 16 gennaio 2008 n.4 - Disposizioni correttive e integrative del D.lgs 03/04/06 n. 152

L.R. Lombardia n. 12 del 11/03/2005 - Legge Regionale per il governo del territorio

R.R. Lombardia n. 4 del 24/03/2006 - Acque di prima pioggia e di lavaggio aree esterne

R.R. Lombardia n. 3 del 24/03/2006 - Scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie
R.R. Lombardia n. 2 del 24/03/2006 - Uso acque superficiali e sotterranee, uso acque potabili
R.R. Lombardia n. 7 del 23/11/2017 - 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);
R.R. Lombardia n. 8 del 19/04/2019 - Invarianza idraulica ed idrologica, modifiche al R.R. n.7/2019

3. SISTEMA PREVISTO PER LA RACCOLTA ED IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

3.1. Descrizione del sistema

Il progetto prevede il sistema di raccolta e smaltimento delle acque di origine meteorica provenienti dalla sede stradale e dai piazzali di via Milano oggetto di sistemazione. Tutte le acque saranno raccolte e convogliate verso le vasche volano e successivamente saranno rilasciate nella rete di drenaggio naturale secondo le modalità previste dalla normativa di invarianza idraulica.

Le acque ruscellanti sulla piattaforma stradale vengono convogliate (per effetto delle pendenze trasversali) lungo il bordo della carreggiata dove defluiscono sul ciglio e vengono intercettate da caditoie a salto sul fondo e convogliate in un pozzetto di raccolta da cui parte una condotta di allontanamento che le trasferisce (per gravità) al recapito costituito da un sistema di dispersione al suolo.

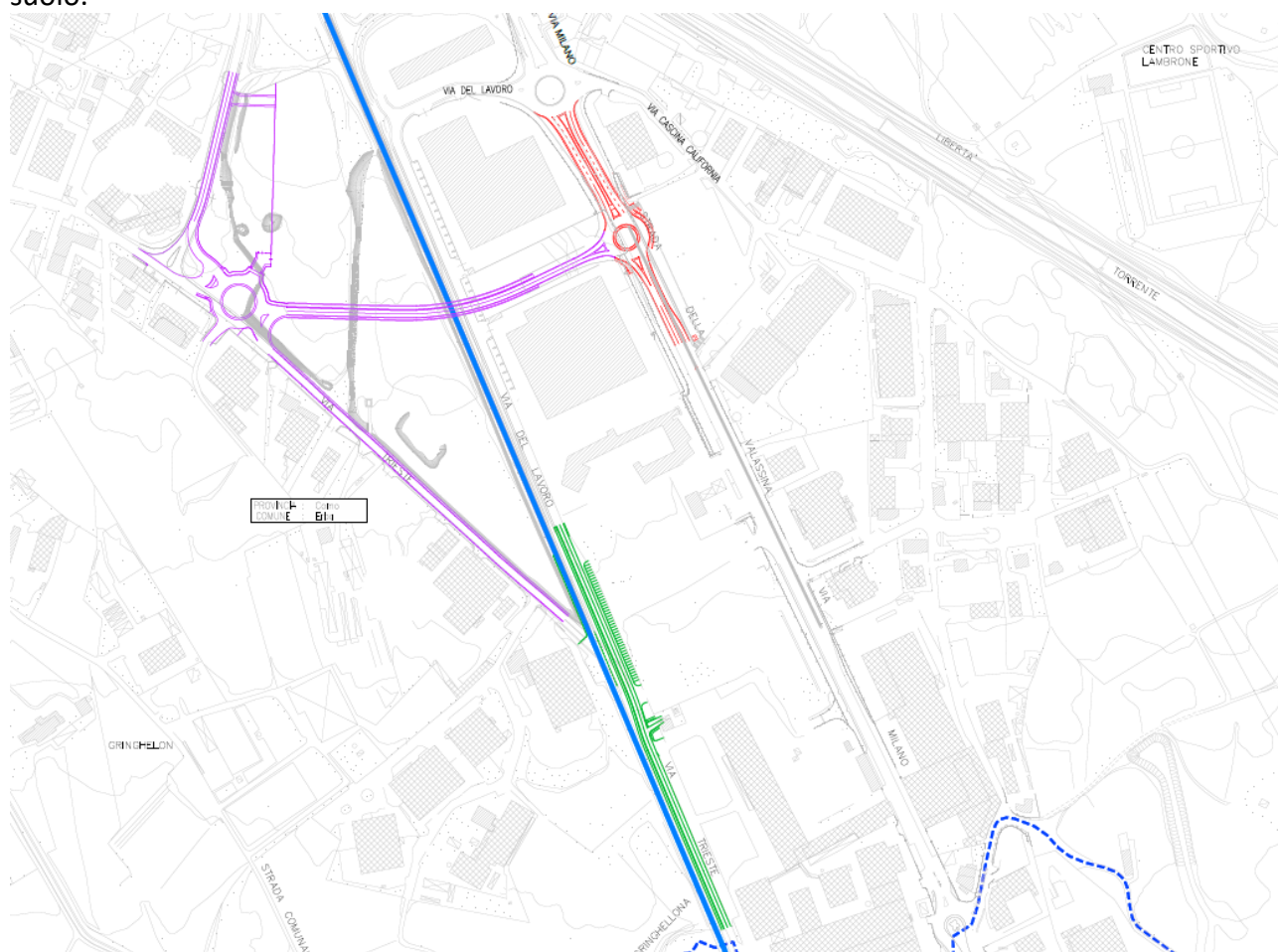


Fig. 1 – Stralcio dell'area di intervento – In rosso le opere di lotto n. 1.

La rete di drenaggio sarà predisposta per accogliere anche i contributi provenienti dal cavalcavia ferroviario a carico di altro soggetto. Lo schema è visibile nell'immagine sotto stante dove in azzurro sono rappresentate le opere oggetto del presente appalto, in viola le opere di competenza di altro soggetto e in arancione gli adattamenti al progetto di quest'ultimo per rendere i due appalti compatibili.

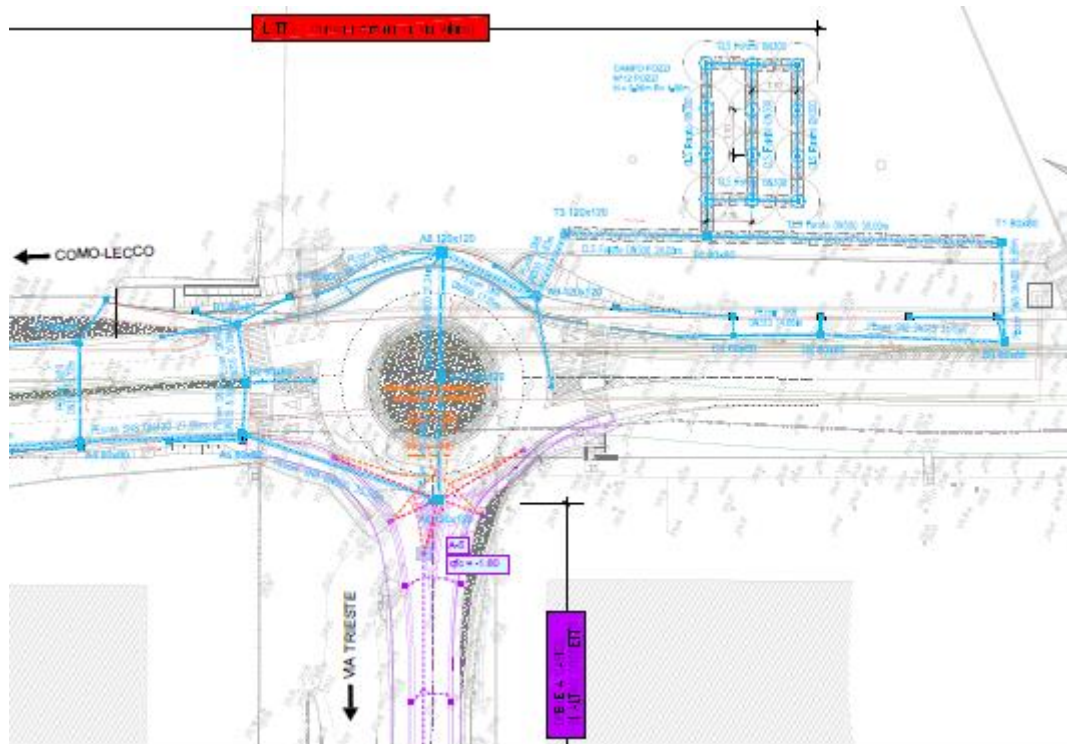


Fig. 2 – Rete di drenaggio e opere di compatibilizzazione con appalto del cavalcaviaferrovia.

4. PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

La valutazione è stata eseguita con i dati forniti dalla Regione Lombardia (idro.arpalombardia.it) e permette di costruire le curve di possibilità pluviometrica attraverso l'utilizzo di un foglio di calcolo dal quale si ottengono le linee segnalatrici di pioggia per i vari tempi di pioggia e per i diversi tempi di ritorno Tr.

La parametrizzazione delle linee segnalatrici sviluppata da Arpa Lombardia utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la General Extreme Value (GEV), considerata analiticamente più appropriata rispetto alla distribuzione di Gumbel (a due parametri) per la descrizione statistica.

Il foglio di calcolo Excel utilizzato, facilmente reperibile dal sito citato in precedenza, è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano e descrive, il modello di previsione delle precipitazioni (modellazione statistica) di forte intensità e breve durata.

Per lo studio in esame si è fatto riferimento alle curve che considerano l'intervallo di tempo 1-24 h poiché si vuole valutare l'altezza di pioggia per il tempo di precipitazione che mette in crisi il bacino, che, secondo le ipotesi del modello razionale, coincide proprio con il tempo di corrivazione. Dove per tempo di corrivazione di un punto del bacino si intende il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia secondo la distribuzione GEV assume la seguente forma:

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

Dove sono indicati con:

a₁= coefficiente pluviometrico orario;

n= coefficiente di scala;

D=durata evento.

Il fattore di crescita viene determinato applicando a scala regionale il modello probabilistico del valore estremo, ossia ipotizzando per la variabile aleatoria w_t la distribuzione a tre parametri:

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

Dove:

T= tempo;

α= parametro di scala;

k= parametro di forma;

ε= parametro di posizione.

Parametri per durate di 1-24 ore

Tutti i valori dei parametri, anch'essi facilmente reperibili nel portale cartografico, sono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

Coeff.	Definizione	Valore
a ₁	Coefficiente pluviometrico orario	32.00998
N	Coefficiente di scala	0.32280001
α	GEV - parametro	0.2938
k	GEV - parametro	-0.0035000001
ε	GEV - parametro	0.8294

Tabella 1 - Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l'area in esame (Idro Arpa Lombardia)

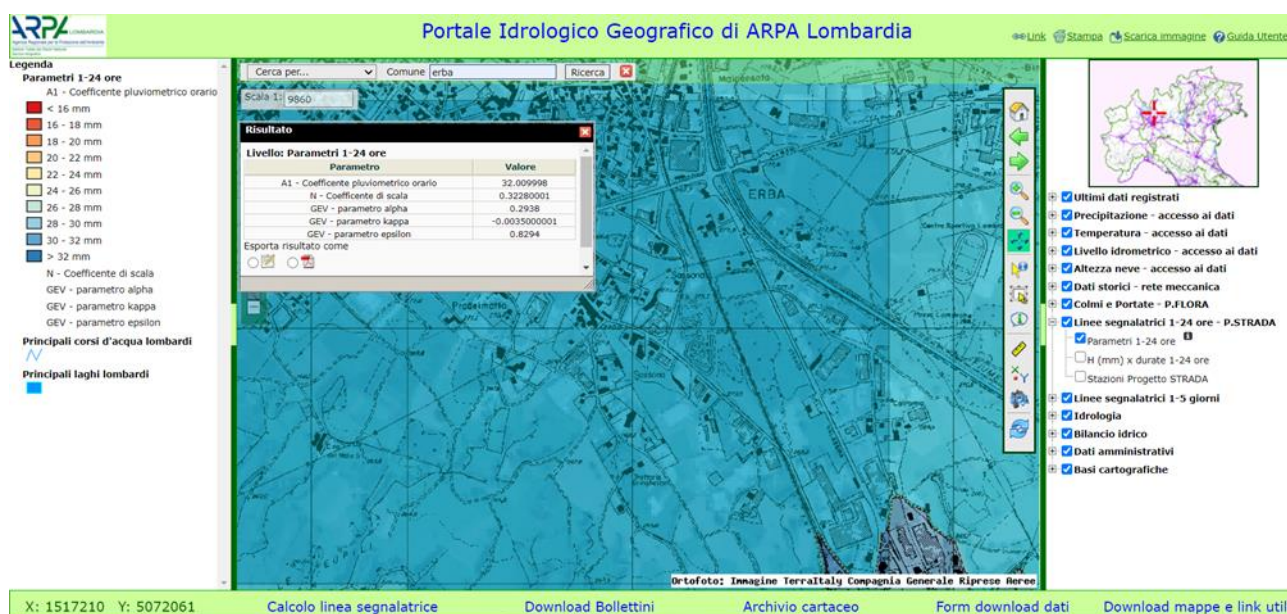
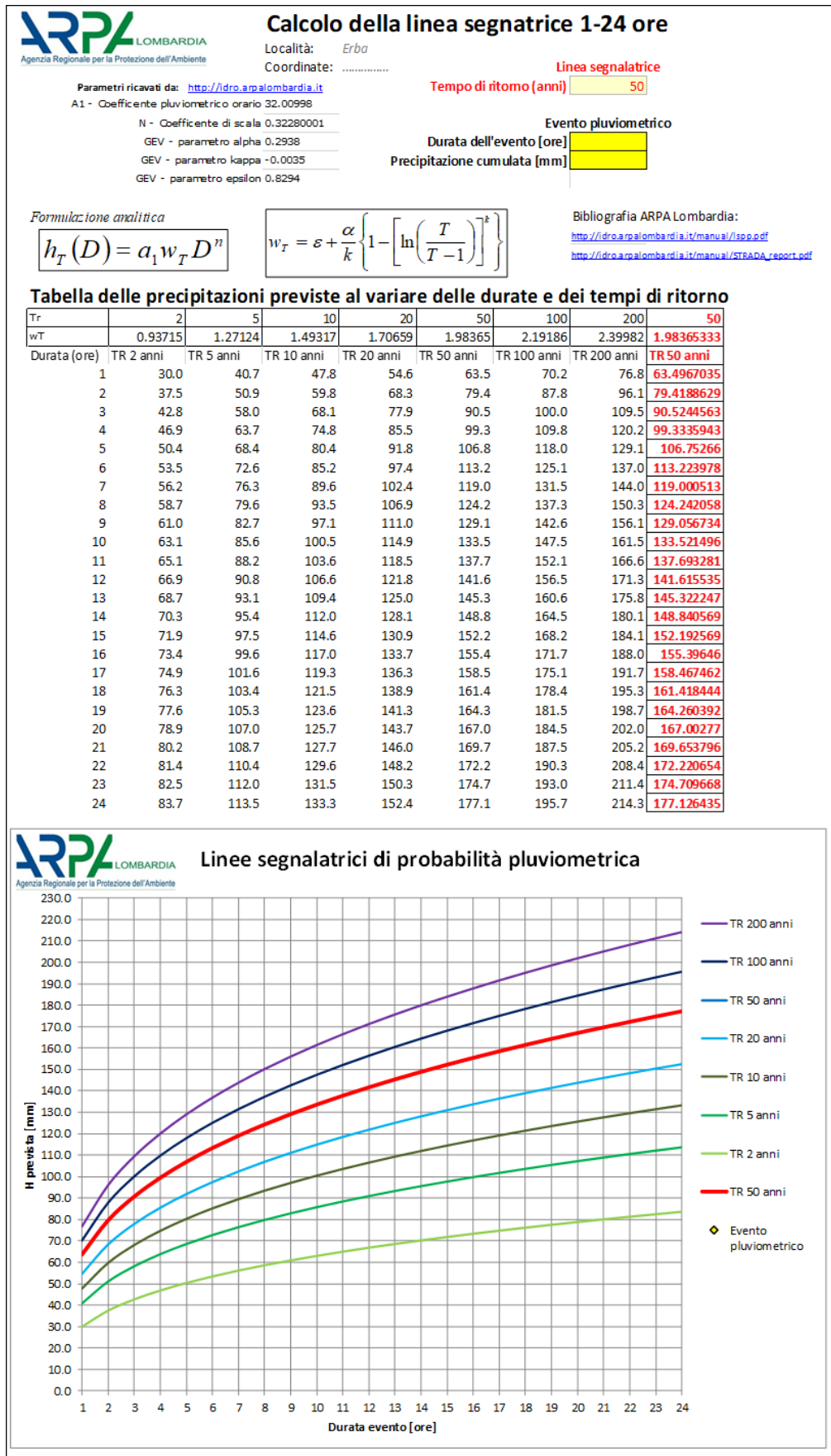


Figura 2 - Parametri 1 – 24 ore dati portale Idrologico Geografico per il sito in esame (ARPA Lombardia)

Una volta ottenuti i dati sopra elencati, essi vengono inseriti nel foglio di calcolo delle LSPP 1 - 24 ore (fornito da Arpa) e si ottengono le seguenti informazioni:

- parametri pluviometrici per il comune di Erba (CO);
- precipitazioni previste al variare della durata e dei tempi di ritorno;
- linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP 1 - 24 ore);
- altezze di pioggia al variare della durata dell'evento intenso.

Nella pagina seguente si riporta l'elaborazione eseguita con l'applicativo di Arpa Lombardia:



ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Il grafico illustra le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, mostrando la precipitazione prevista (mm) in funzione della durata dell'evento (ore) per diversi tempi di ritorno (TR). Le linee sono colorate: TR 200 anni (violetto), TR 100 anni (blau scuro), TR 50 anni (blau), TR 20 anni (ciano), TR 10 anni (verde scuro), TR 5 anni (verde), TR 2 anni (verde chiaro), TR 50 anni (rosso). Un punto rosso indica l'evento pluviometrico.

Figura 3 - Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica [elaborazione eseguita mediante l'applicativo di Idro Arpa Lombardia per il sito in esame]

Parametri per durate di 1-5 giorni

Coeff.	Definizione	Valore
a ₁	Coefficiente pluviometrico orario	23.556141
N	Coefficiente di scala	0.40544599
W2	Tempo di ritorno 2 anni	0.94035387
W5	Tempo di ritorno 5 anni	1.209657
W10	Tempo di ritorno 10 anni	1.3964829
W20	Tempo di ritorno 20 anni	1.583667
W50	Tempo di ritorno 50 anni	1.8446569
W100	Tempo di ritorno 100 anni	2.0481269
W200	Tempo di ritorno 200 anni	2.250906

Tabella 2- Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l'area in esame (Idro Arpa Lombardia)

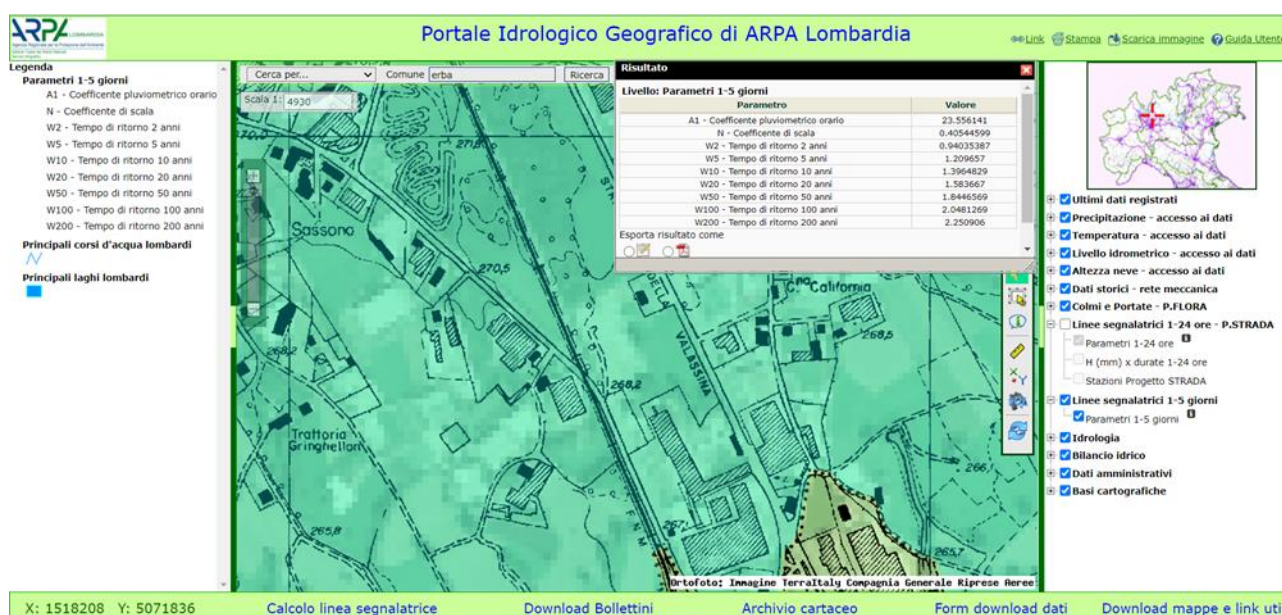


Figura 4 - Parametri 1 – 5 giorni dati portale Idrologico Geografico per il sito in esame (ARPA Lombardia)

Parametri per durate minori di 1 ora

In bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per eventi di durata maggiore all'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso di precipitazioni intense e durata inferiore all'ora viene spesso utilizzata la formula di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1), il quale ha osservato che i rapporti tra le altezze di pioggia di durata molto breve e l'altezza di pioggia oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che l'altezza di pioggia per dato tempo di durata sotto

l'ora ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora indipendentemente dal tempo di ritorno dell'evento così come segue:

Tabella 4-3 - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora e altezza di pioggia di un'ora – U.S. Water Bureau

t [min]	5	10	15	30
$r_8 = h_8/h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Questi rapporti sono pressoché costanti o variano di molto poco ed i loro valori sono indipendenti dal periodo di ritorno. In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, Bell ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati e riportati alla tabella sopra:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia di un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T ;
- h_T^{60} è l'altezza di pioggia di un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T ;
- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

$$h_T = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot h_T^{60}$$

Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a' e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come:

$$h = a_T' \cdot t^{0.464}$$

con n' che rimane fisso pari a 0.464 indipendentemente dal tempo di ritorno.

E pertanto per piogge di durate inferiori all'ora le equazioni di possibilità pluviometrica diventano:

- $h = 63.50 \cdot t^{0.464}$ per $Tr = 50$ anni;
- $h = 70.16 \cdot t^{0.464}$ per $Tr = 100$ anni.

5. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE PIOVANE

Il progetto prevede il sistema di raccolta e smaltimento delle acque di origine meteorica provenienti dalla via Milano. Tutte le acque saranno raccolte e convogliate verso un sistema di dispersione al suolo da realizzarsi in parcheggio comunale.

Nei paragrafi successivi si riportano i criteri generali di dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma, che sono stati applicati alle viabilità oggetto della presente relazione.

5.1. Tempi di ritorno

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno T_r , definito come l'inverso della frequenza media probabile del verificarsi di un evento maggiore, ossia il periodo di tempo nel quale un certo evento è mediamente eguagliato o superato.

$$T_r = 1 / [1 - P(h \leq H)]$$

Per il dimensionamento delle opere idrauliche si seguiranno le specifiche tecniche ANAS per la progettazione definitiva. Si utilizzeranno i dati relativi ad eventi critici con i seguenti tempi di ritorno:

- drenaggio acque di piattaforma e sistemi di laminazione $\rightarrow T_r = 50$ anni

5.2. Calcolo del coefficiente di deflusso

La precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. Il coefficiente di deflusso esprime dunque la percentuale della pioggia caduta che contribuisce alla formazione delle portate. I tipi di superficie presi in considerazione ed i relativi coefficienti di deflusso sono riportati nella seguente tabella:

Tipo di pavimentazione	coefficiente di deflusso
Pavimentazione stradale	1.00
Scarpate erbose	0.70
Superfici a verde piane	0.30
Fosso di guardia	1.00

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite, e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

Il valore relativamente elevato assunto per le superfici erbose è giustificato dalla notevole pendenza delle scarpate.

Detto ϕ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori ϕ si ottiene con una media ponderata:

$$\phi = \frac{\sum \phi_i \cdot S_i}{\sum S_i}$$

5.3. Tempi di corrivazione

Il tempo di corrivazione relativo ad una determinata sezione della rete idraulica è l'intervallo di tempo necessario affinché nella sezione considerata giungano insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Come noto in letteratura il tempo di corrivazione è dato da:

$$\tau_c = \tau_e + \tau_r$$

Dove: τ_e è il tempo di entrata in rete, ovvero il tempo di scorrimento nei bacini elementari di ingresso al manufatto di captazione;

τ_r è tempo di rete, ovvero il tempo di transito all'interno del collettore di raccolta, sia esso tubazione che fosso di guardia.

Per il calcolo del tempo di corrivazione e dei due elementi che lo compongono si è optato per l'utilizzo dell'espressione suggerita dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland, adatta per i contesti fortemente impermeabilizzati.

Calcolo del tempo di accesso alla rete

L'espressione proposta fornisce il tempo di accesso in secondi, da valutarsi per i sottobacini drenanti dalle singole caditoie, tramite la seguente espressione:

$$t_c(s) = \left[26,3 \times \frac{(L/K_s)^{0,6}}{3600^{(1-n) \times 0,4} \times a^{0,4} \times i^{0,3}} \right]^{1/(0,6+0,4n)}$$

dove:

L [m] è la distanza tra il punto più lontano e la sezione di chiusura del bacino scolante considerato;

K_s $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ è il coeff. di scabrezza di Gaukler-Strickler;

i % è la pendenza media del bacino scolante considerato.

a ed n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, con a espresso in mm/h^n .

Calcolo del tempo di rete

Il tempo di rete risulta essere stimabile con la seguente formula:

$$\tau_r = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot v_{ri}}$$

con:

L_i lunghezza dell'i-esima tubazione della rete di drenaggio a monte della sezione in esame [m];

v_{ri} velocità di moto uniforme della corrente transitante nella i-esima tubazione con altezza pari al diametro interno della stessa (moto a sezione piena).

5.4. Calcolo delle portate di progetto

Gli eventi di pioggia più onerosi dal punto di vista della portata prodotta sono risultati essere quelli di durata inferiore all'ora (scrosci).

Il metodo razionale fornisce la seguente formula per il calcolo del coefficiente udometrico:

$$u = \frac{\phi \cdot h}{\tau}$$

dove:

- ϕ è il coefficiente di deflusso;
- h è l'altezza di precipitazione [mm];
- τ è la durata della precipitazione [h].

La precedente relazione può essere riscritta anche come:

$$u[mm/h] = \phi \cdot a \cdot t^{n-1}$$

dove:

- ϕ è il coefficiente di deflusso;
- a, n sono i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica;
- τ [h] è la durata della precipitazione;

e nella quale:

$$j[mm/h] = a \cdot t^{n-1}$$

è l'intensità di precipitazione.

Determinato il coefficiente di deflusso u , la portata Q sarà pari a :

$$Q = u \cdot S$$

in cui S è la superficie scolante.

Per il dimensionamento dei collettori basta impostare nelle relazioni, la condizione:

$$\tau = \tau_c$$

ovvero che la durata della precipitazione sia pari al tempo di corrivazione, condizione che, sulla base del metodo razionale adottato, consente di massimizzare il valore della portata di deflusso per un

evento meteorico di assegnato tempo di ritorno.

5.5. Calcolo idraulico e verifica diametro della condotta

Il dimensionamento della condotta consiste nel determinare le dimensioni da assegnare allo speco in modo tale che la portata di progetto Q_c possa transitare con un tirante idrico h in grado di assicurare un prefissato franco minimo di sicurezza.

Il calcolo per il dimensionamento presuppone una preliminare definizione della forma e della pendenza i da assegnare alla canalizzazione. Il problema del dimensionamento, così posto, è in genere risolto ipotizzando per la portata di progetto le condizioni di moto uniforme.

In Italia, per il calcolo delle fognature, è molto usata la formula di Gauckler-Strickler che combinata con la formula di Chézy, porta all'espressione

$$Q = A \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$$

in cui A è l'area bagnata, K_s è un parametro di scabrezza definito da Strickler, R è il Raggio idraulico ed i è la pendenza della condotta.

Per i due tratti di strada, fissando il valore del grado di riempimento $\frac{h}{D} = 0.8$, la pendenza i ed essendo fissato il diametro pari a D m con $K_s=70$ (condotta in condizioni di tubo usato) si ottiene:

M	V	PARZ.	PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	MAT	v	GR
[ID]	[ID]	[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]		[m/s]	[%]
TRATTO A													
A1	A2	8,64	8,64	601	185	657	0,15%	221	52	400	PE	0,82	65%
A2	A3	9,18	17,82	68		725	0,15%	232	56	400	PE	0,83	68%
A3	A4	45,03	62,85	588		1767	1,11%	286	121	400	PE	2,19	58%
A4	A5	27,56	90,41	278	56	2062	1,99%	298	138	400	PE	2,82	53%
A5	A6	35,00	125,41	316	110	2858	0,70%	311	187	500	PE	2,05	61%
A6	A7	20,80	146,21	2508	107	5398	0,18%	321	348	800	PE	1,43	66%
A7	A8	21,23	167,44			5398	0,18%	336	340	800	PE	1,42	65%
A8	A9	17,83	185,27	253	37	5975	0,18%	348	368	800	PE	1,44	68%
A9	T3	11,83	197,10	323	64	6317	3,39%	357	385	800	PE	4,47	31%
TRATTO B													
B1	B2	10,18	10,18	400	34	410	0,84%	183	36	315	PE	1,46	46%
B2	A5	8,79	18,97	34	9	447	0,84%	189	38	315	PE	1,49	47%
TRATTO C													
C1	A4	16,72	16,72	412	143	455	1,28%	161	42	315	PE	1,78	45%
TRATTO D													
D1	D2	14,86	14,86	544	20	550	1,25%	162	51	315	PE	1,86	50%
D2	D3	31,15	46,01	205	27	763	1,25%	179	67	315	PE	1,98	58%
D3	T1	16,86	62,87	497	70	1281	1,25%	187	110	400	PE	2,24	53%
TRATTO E													
E1	A8	17,47	17,47	300	41	312	1,00%	173	28	315	PE	1,47	38%
TRINCEA T													
T1	T2	50,00	50,00			1281	0,10%	357	78	500	CLS	0,61	64%
T3	T2	24,05	74,05			6317	3,35%	187	543	800	CLS	3,69	35%
T2	POZZI	6,30	80,35			6317	0,10%	439	344	800	CLS	0,86	76%

Da cui si evince che la portata di progetto Q_c transita agevolmente con un grado di riempimento di sempre minore al 70%, fatta eccezione per la trincea disperdente dove si ammette un funzionamento sotto battente.

5.6. Calcolo idraulico e verifica delle caditoie

Per il dimensionamento idraulico di questo elemento si sono utilizzati i risultati e le indicazioni ottenuti dalla John Hopkins University. Essi fanno riferimento alla teoria delle correnti a caduta libera. Quando nella cunetta (o lungo la piattaforma stradale con pendenza trasversale tale da potersi assimilare ad una cunetta) la larghezza in sommità è maggiore della larghezza della caditoia si possono utilizzare le espressioni ottenute su base sperimentale dalle appena citate esperienze, che legano la capacità della caditoia alla profondità della corrente e alla geometria della luce. Nel caso di derivazione totale della portata defluente sulla sede stradale si ha:

$$Q = 0.417 \cdot L' \cdot h^2 \cdot g^{0.5} \cdot \left(h - \frac{W}{tg\theta} \right)^{-0.5}$$

in cui L' è la lunghezza della luce necessaria per intercettare l'intera portata, g è l'accelerazione di gravità e i restanti simboli hanno il significato mostrato in figura 4.

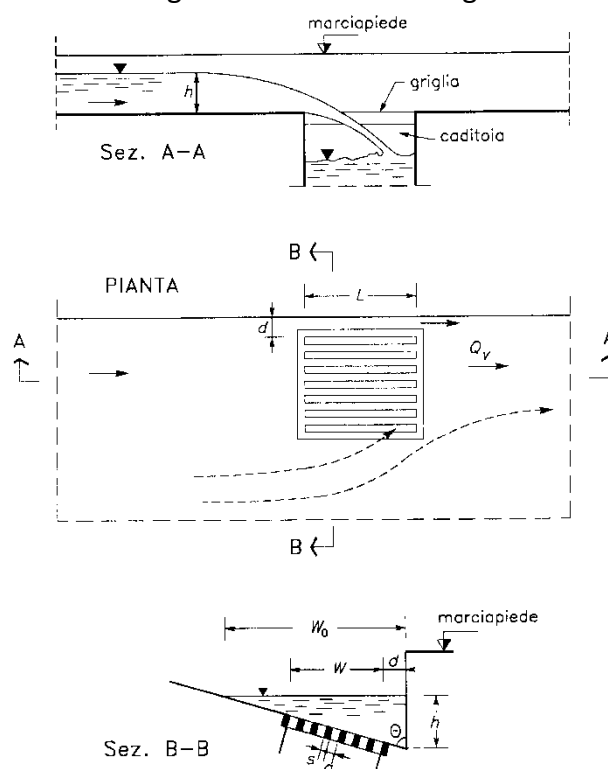


Fig. 4 -Sezione di caditoia a salto sul fondo (da: Manuale di progettazione - Sistemi di fognatura, Hoepli)

Considerando che le caditoie saranno posizionate lungo la banchina, in linea con le cunette, ed utilizzando i dati geometrici delle caditoie che è possibile installare in quella sedi si ottiene:

$$Q_c = 0.44 ; W = 0.4; h = 0.1; \theta = 78^\circ ;$$

$$L' = \frac{Q_c}{0.417 \cdot h^2 \cdot g^{0.5} \cdot \left(h - \frac{W}{tg\theta} \right)^{-0.5}} = 4.76 \text{ m.}$$

che risulta essere un valore eccessivo per una singola caditoia.

Per cui, note le dimensioni standard delle caditoie normalmente reperibili sul mercato, si fissa la dimensione L della caditoia e si determina quale portata può essere convogliata dalla stessa; quindi

si computa il numero di caditoie da prevedere affinché la Qc venga completamente ricondotta nelle previste vie di smaltimento.

5.6.1. Deflusso nella caditoia

Per come accennato nel paragrafo precedente il dimensionamento delle caditoie viene effettuato impostando il valore della larghezza L di una singola caditoia e si determina mediante l'equazione il valore di portata che essa può smaltire, quindi fissando $L=0.4\text{ m}$ (pari alla larghezza commerciale standard di una caditoia) e sostituendo nell'equazione si ottiene $Q = 0.036\text{ m}^3/\text{s}$ per ogni singola caditoia.

Per lo smaltimento dell'intera portata di progetto relativa alla sistemazione del piazzale occorrono un numero n di caditoie pari a:

$$n=0.543/0.036=15.083$$

che si approssimano in eccesso a 16 e si distribuiranno in modo equidistante lungo il tratto dove verrà realizzato il sistema di raccolta delle acque (posizionate su entrambe i lati della carreggiata, data la conformazione a schiena d'asino). Nel progetto si è considerato un passo delle caditoie di 15 m che ha portato a 29 ai quali si aggiungono circa 70 m di canaletta grigliata da prevedere sui cordoli e sulla testa dei muri dove non vi è lo spazio per le caditoie.

6. MISURE COMPENSATIVE PER LA MITIGAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

6.1. Introduzione e informazioni generali sull'area oggetto di intervento e sul progetto di invarianza idraulica e idrologica

Nell'ambito degli interventi edilizi di cui all'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f), del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del presente regolamento gli interventi di:

- a) nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
- b) demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- c) ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e i parcheggi, le misure di invarianza idraulica e idrologica di cui al presente regolamento sono da prevedere sia per interventi di riassetto, adeguamento, allargamento di infrastrutture già presenti sul territorio, sia per nuove sedi stradali o di parcheggio, con riferimento alle componenti che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'impermeabilizzazione. Le corrispondenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono da calcolare in rapporto alla superficie interessata da tali interventi. (Art3 del R.R. 23/11/2017 n. 7)

6.2. Documenti di riferimento

I dati assunti a base delle valutazioni e dei dimensionamenti effettuati, relativi alla tipologia ed estensione delle superfici edificate, sono stati desunti dalle informazioni progettuali contenute nel progetto architettonico e precisamente negli elaborati:

- Planimetria generale R31EC002OV0
- Idraulica di piattaforma - Lotto funzionale n.1
Planimetria idraulica R31EC121OV1R0
Profili idraulica - Tav. 1 di 2 R31EC122OV1R0
Profili idraulica - Tav. 2 di 2 R31EC123OV1R0
Idraulica - Particolari costruttivi e tipologici - Tav. 1 di 3 R31EC009OVRO
Idraulica - Particolari costruttivi e tipologici - Tav. 2 di 3 R31EC010OVRO
Idraulica - Particolari costruttivi e tipologici - Tav. 3 di 3 R31EC011OVRO

redatti al livello di dettaglio di progetto esecutivo.

6.3. Superfici cui applicare le misure di invarianza idraulica ed idrologica

Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione e non all'intero lotto.

Gli interventi soggetti all'applicazione del presente regolamento devono essere considerati nella loro unitarietà e non possono essere frazionati. Più interventi indipendenti, ma tra loro contigui, possono prevedere la realizzazione di un'unica opera di invarianza idraulica o idrologica; a tal fine, la classe di intervento di cui all'articolo 9 considera come superficie interessata dall'intervento la superficie complessiva data dalla somma delle superfici dei singoli interventi.

6.4. Localizzazione, individuazione dell'area territoriale e superficie interessata dall'intervento – definizione dell'area territoriale e delle caratteristiche principali ai fini della classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica ed idrologica e modalità di calcolo (Art. 9 del R.R. 7/1027)

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

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

L'area di intervento ricade nel Comune di Erba in provincia di Como, secondo l'elenco dei comuni dell'allegato C e della nota riportata nell'allegato B, ovvero, che esclude il bacino idrografico del Lambro a nord del lago di Pusiano, l'intervento ricade all'interno dell'Area Territoriale C (vedi Figura 2).

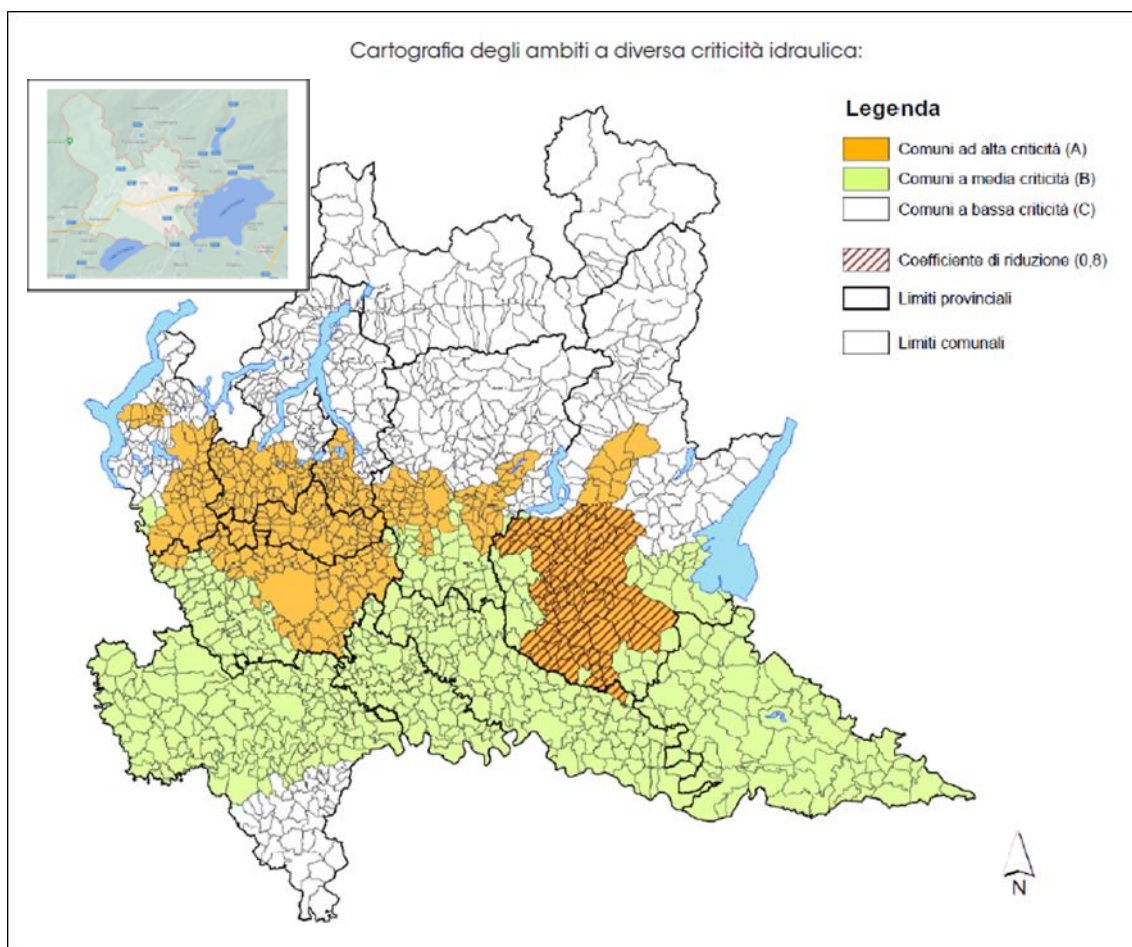


Figura 5 - Localizzazione comune di Erba nella Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica

In sintesi, i dati caratteristici dell'area (che saranno utilizzati per le successive analisi) sono:

Area territoriale C

Area complessiva della superficie impermeabile equivalente: 6473 mq (0.647 ha)

Coordinate indicative del baricentro dell'area

Coordinate WGS84 (deg)

Latitudine 45°48' 01.63" N

Longitudine 9°14'04.78" E

7. INVARIANZA IDRAULICA PER LE OPERE DI PROGETTO

Ai sensi del regolamento, la progettazione esecutiva degli interventi deve comprendere il progetto di invarianza idraulica ed idrologica redatto e firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione delle stime idrogeologiche e nei calcoli idraulici.

Il progetto di invarianza idraulica ed idrologica (esclusi gli interventi per i quali si applicano i requisiti minimi di cui all'art. 12, comma 2 del regolamento) deve essere corredato dai calcoli, da valutazioni e da elaborati grafici.

Nello specifico l'elaborato affronta i seguenti approfondimenti idraulici ed idrologici:

- Individuazione delle ipotesi di lavoro: aree scolanti, criticità idraulica, classe di intervento;
- Definizione dei coefficienti a, n della curva di possibilità pluviometrica, secondo i dati forniti da Idro Arpa Lombardia;

- Calcolo del volume “di invaso” mediante l’applicazione del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica delle opere di progetto;

Il calcolo è stato effettuato secondo la metodologia ed i criteri illustrati nei paragrafi successivi considerando l’effettivo ingombro delle opere previste nel progetto della nuova strada.

7.1. Classificazione degli interventi e modalità di calcolo per ambito territoriale

La trasformazione creerà delle aree impermeabili ed alcune semipermeabili, con una piccola porzione di area verde.

Riassumendo quindi si ricade nel caso di:

- Area Territoriale: C
- Portata di scarico ammissibile (area territoriale C): 20 l/s/ha impermeabile
- Area complessiva della superficie interessata dall’intervento: da > 1ha a ≤ 10 ha
- Coefficiente di deflusso medio ponderale >0.4 (0.88)
- Classe di intervento: impermeabilizzazione potenziale alta

Così come riportato nell’ Art 12, comma 2, ovvero, nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell’ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell’ambito territoriale di bassa criticità, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata descritte nell’allegato G, 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 per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all’articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento. Pertanto si applica come valore di volumi da invasare quello derivante dalla modalità di calcolo più restrittiva tra la:

- Procedura Dettagliata (Art. 11 e allegato G)
- Requisiti minimi (Art. 12, comma2)

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	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 4 - Stralcio immagine tabella 1 del R.R. 7/2017 con individuazione della modalità di calcolo in funzione degli ambiti territoriali e della classe di intervento

CARATTERISTICHE BACINO

IMPERMEABILE	6473 [m ²]
SEMIMPERMEABILE	119 [m ²]
VERDE	259 [m ²]
S =	6634,00 [m ²]
COEFFICIENTE DI AFFLUSSO	
$\phi =$	0,97

Tabella 5 - Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

7.2. Possibilità di applicare la semplificazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica o dichiarazione di non necessità (Art. 10 commi 2, 3 e 4)

Si precisa che:

1. Non esistono le condizioni per la dichiarazione di non necessità (Art 10 comma2, comma 3 e comma 4);
2. Si esclude la possibilità di applicare la semplificazione del Progetto Invarianza idraulica ed idrologica per sui saranno da prevedere a tutti gli effetti:
 - Il calcolo delle precipitazioni di progetto (Art. 10, comma 1, lettera a numero 2);
 - Il calcolo del processo di infiltrazione se possibile (Art. 10, comma 1, lettera a numero 3);
 - Il calcolo del processo di laminazione negli invasi (Art. 10, comma 1, lettera a numero 4);

7.3. Tempi di Ritorno

1. $T_r = 50$ anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
2. $T_r = 100$ anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi;

Come prescritto dal comma 2 dell'Art. 11 del regolamento regionale, si assume un tempo di ritorno di 50 anni per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica, ottenendo i parametri riportati nella tabella che segue per la curva di possibilità pluviometrica di progetto nella forma:

$$h = a \cdot t^n = 63.50 \cdot t^{0.464}$$

PARAMETRO		Valore
T_r	Periodo di ritorno	50 anni
a_1	Coefficiente pluviometrico orario	32.00998
N	Coefficiente di scala	0.5
w_T	Fattore di crescita	1.771

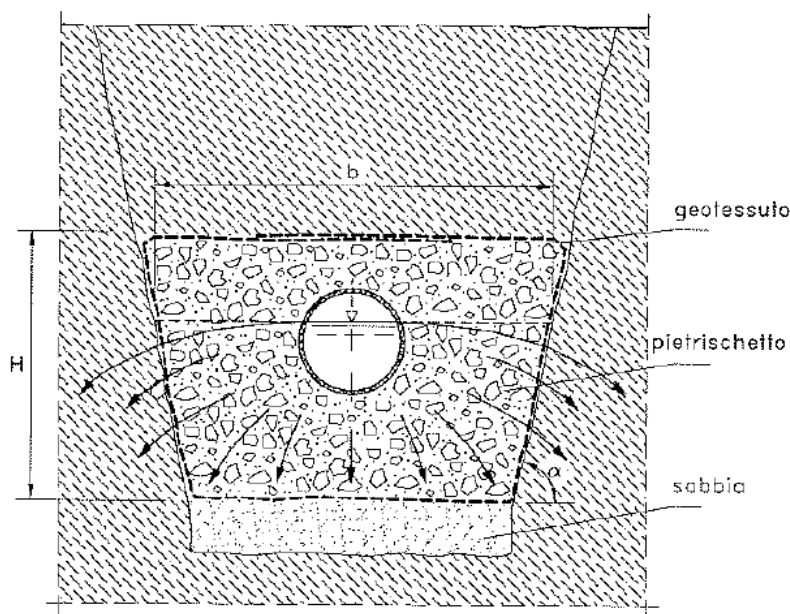
Tabella 6 - Parametri della linea segnalatrice 1 – 24 ore

7.4. Sistema di dispersione

È prevista la realizzazione di trincee disperdenti e di pozzi perdenti per disperdere le acque meteoriche in assenza di un recapito finale.

7.4.1. Infiltrazione da trincea disperdente

Il calcolo della portata dispersa da una trincea in un mezzo permeabile si effettuerà nell'ipotesi che la falda sia ad una profondità indefinita, tale ipotesi è confermata anche dai livelli di falda misurati nelle prove effettuate nello studio geologico.



La portata filtrata si ricava con la formula del moto filtrante che utilizza uno schema del tipo riportato nell'immagine sovrastante:

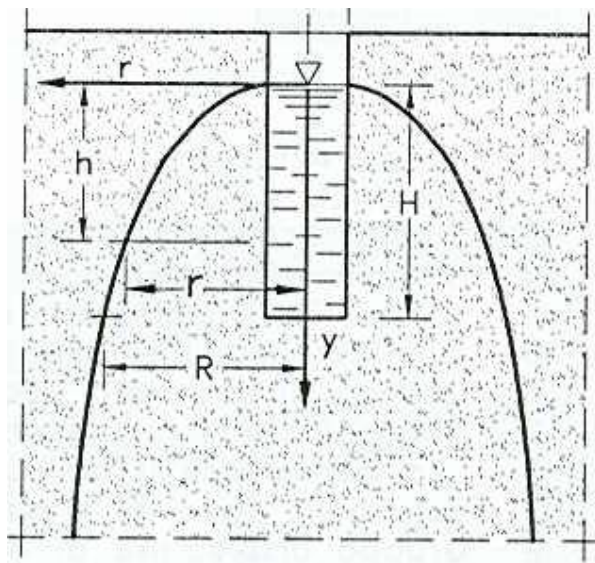
$$Q = \left[\frac{b}{H} + 2 \right] \times H \times K$$

Le trincee disperdenti saranno posate ad una profondità di un metro rispetto al piano di campagna, avranno larghezza e altezza pari a 1 m, composte da uno strato di ghiaia avvolto in un geotessuto con al loro interno una tubazione finestrata. A tale sistema di dispersione si associa un'efficienza pari al 70% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine.

7.4.2. Infiltrazione da pozzi

Il calcolo della portata dispersa da un pozzo in un mezzo permeabile non è del tutto agevole. Tuttavia alcune ragionevoli e ammesse ipotesi consentono la trattazione in modo relativamente semplice.

Nel nostro caso la falda si trova ad una profondità variabile da zona e zona, ma comunque tale da non influenzare il moto di filtrazione dal pozzo.



Per il calcolo della portata dispersa si possono e si sono effettuate le seguenti ipotesi:

- falda a profondità illimitata
- H = variabile altezza d'acqua all'interno del pozzo
- $r_0 = 0.75 \text{ m}$ raggio del pozzo

la formula adottata è la seguente:

$$Ql = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot (H^2)}{\ln(R/r_0)}$$

dove:

- K coefficiente di filtrazione
- H altezza dell'acqua all'interno del pozzo
- r_0 raggio del pozzo

La formula fa riferimento allo schema di moto filtrante riportato nella figura in alto ed a essa si deve aggiungere la portata dispersa dal fondo del pozzo.

$$Qf = \pi \cdot K \cdot r_o^2$$

A tale sistema di dispersione si associa un'efficienza pari al 70% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine.

7.4.3. Determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno

Il coefficiente di permeabilità dell'area è stato determinato con apposita campagna di indagine redatta da Gia Consulting, alla quale si rimanda per

maggior dettaglio. La campagna di indagini, definita dalla Stazione Appaltante utili all'elaborazione del documento e risulta essere la seguente:

- n°3 Sondaggi Geognostici spinti fino alla profondità di 10 m dal p.c.;
- n° 9 Prove Lefranc;

L'area oggetto dei lavori è quella del parcheggio pubblico dove sarà realizzato il sistema di dispersione, ubicata nel comune di Erba (CO), all'interno dell'area di parcheggio comunale che insiste su Via Cascina California, riportata in Fig. 1, e avente una quota pari a 271 m.s.l.m.

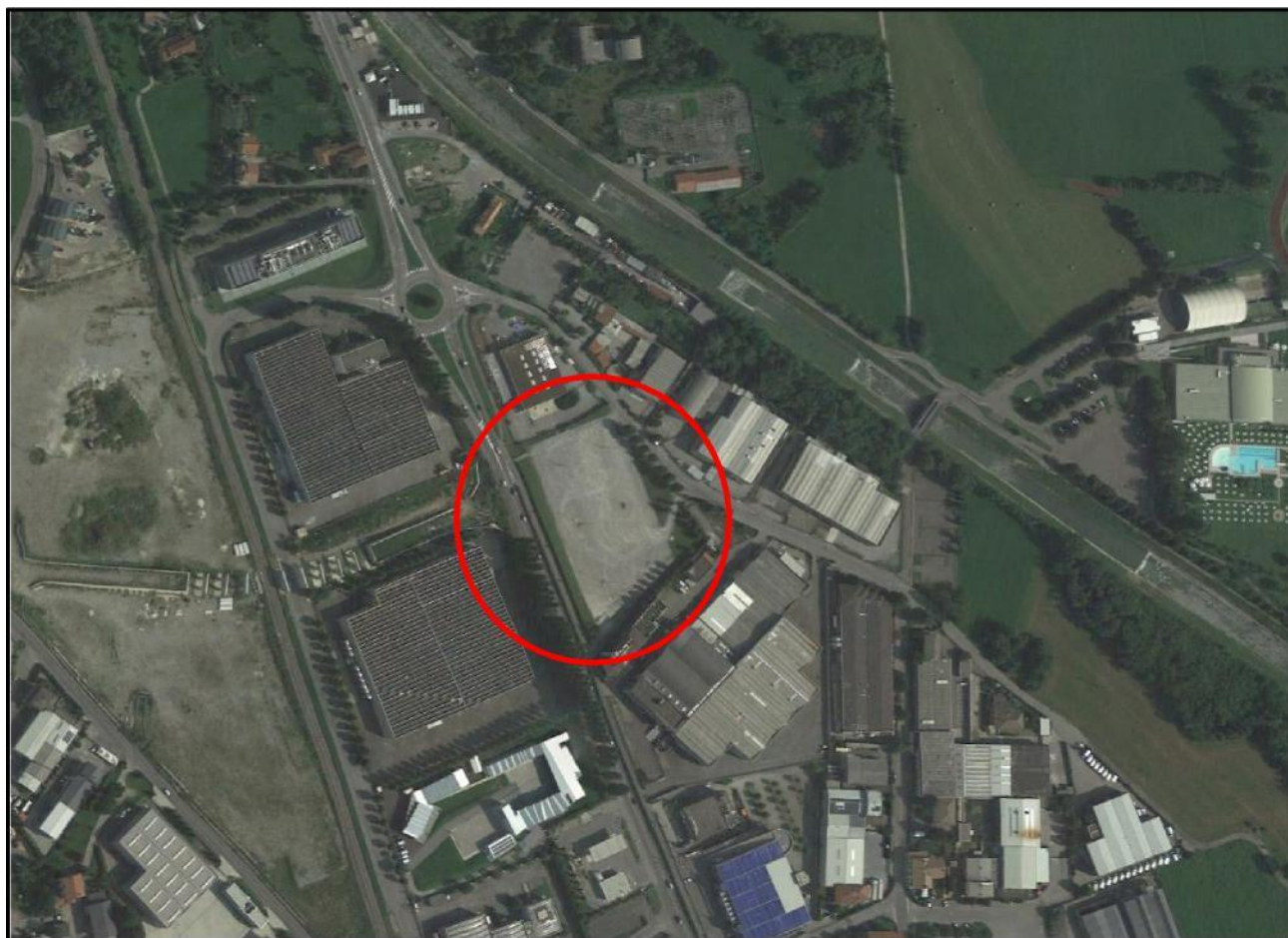


Figura 1. Ubicazione dell'area d'indagine – Comune di Erba (CO); in rosso l'area di studio.

In totale sono state effettuate 9 prove di permeabilità in foro a carico variabile (prova in abbassamento), con l'obiettivo di caratterizzare la permeabilità dei terreni investigati (portati a saturazione a causa della mancanza di falda):

- **Riporto Antropico**: Le prove Lefranc effettuate sono state eseguite nel primo metro di profondità, con rivestimento a 50 centimetri, e ricadente all'interno del materiale di riporto antropico. La colonna d'acqua è stata sostenuta per 15/30 secondi; questo, probabilmente, è causato dalla scarsa compattazione del materiale e dall'elevata presenza di vuoti tra gli inerti. La prova è stata ripetuta due volte, trattasi quindi di terreni con permeabilità buona (Carta di Casagrande & Fauden), variabile tra: **10^{-1} ed 1**;
- **Sabbia Limosa Ghiaiosa**: Le prove Lefranc effettuate su questo livello variano tra 1.50 e 3.00 metri, ottenendo un valore medio di $K = 2.66E-05$ m/s; permeabilità scarsa (Carta di Casagrande & Fauden);
- **Sabbia Ghiaiosa**: Le prove Lefranc effettuate su questo livello variano tra 4.00 e 5.00 metri, ottenendo un valore di K variabile tra $5.54E-05$ m/s e $2.97E-06$; permeabilità scarsa (Carta di Casagrande & Fauden);

Il sistema di dispersione è di tipo superficiale con trincee disperdenti e pozzi con profondità massima pari a 3 m, per questo si è considerato un valore di permeabilità leggermente superiore rispetto alla media dello strato di Sabbia Limosa Ghiaiosa e pari a di $K = 5E-05$ m/s, molto inferiore al $K = 10^{-1}$ m/s dello strato antropico superficiale.

7.5. Risultati mediante applicazione della procedura dettagliata

L'art.11 comma 2 del Regolamento Regionale 7/2017 indica la metodologia di calcolo dell'invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti di scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta. Inoltre, fornisce indicazioni in merito alla redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, per il quale devono essere assunti i seguenti valori di tempo di ritorno:

- $Tr=50$ anni: da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- $Tr=100$ anni: da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate o per il dimensionamento e la verifica di eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati.

Secondo quanto riportato nell'Allegato G del R.R., la procedura di calcolo dettagliata prevede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi – deflussi di laminazione in progetto mediante la costruzione dello ietogramma di progetto tipo Chicago. Si tratta di un ietogramma di progetto ad intensità variabile la cui principale caratteristica consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.

Rispetto ad uno ietogramma costante, quello di Chicago rappresenta il picco di intensità, le precipitazioni antecedenti e seguenti il picco ed i volumi totali. Il picco può essere posizionato arbitrariamente all'inizio dell'evento, alla fine o in punto intermedio.

Lo ietogramma Chicago è rappresentato dalle seguenti equazioni, funzioni del tempo e della posizione del picco:

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

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

In base ai parametri sopra citati della curva di possibilità pluviometrica, assumendo uno ietogramma tipo Chicago con posizione del picco 0.5 e durata $d=1$ ora, si ottengono i grafici riportati nelle pagine seguenti con riferimento a $Tr=50$ anni.

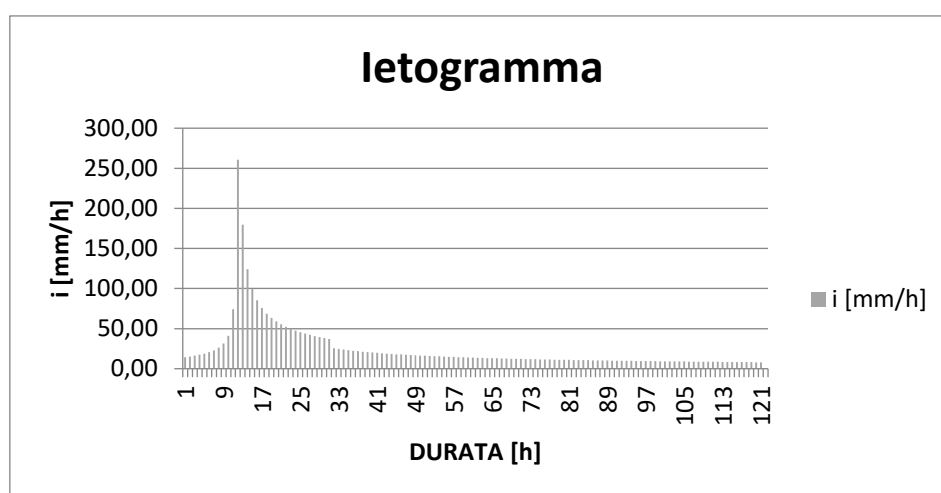
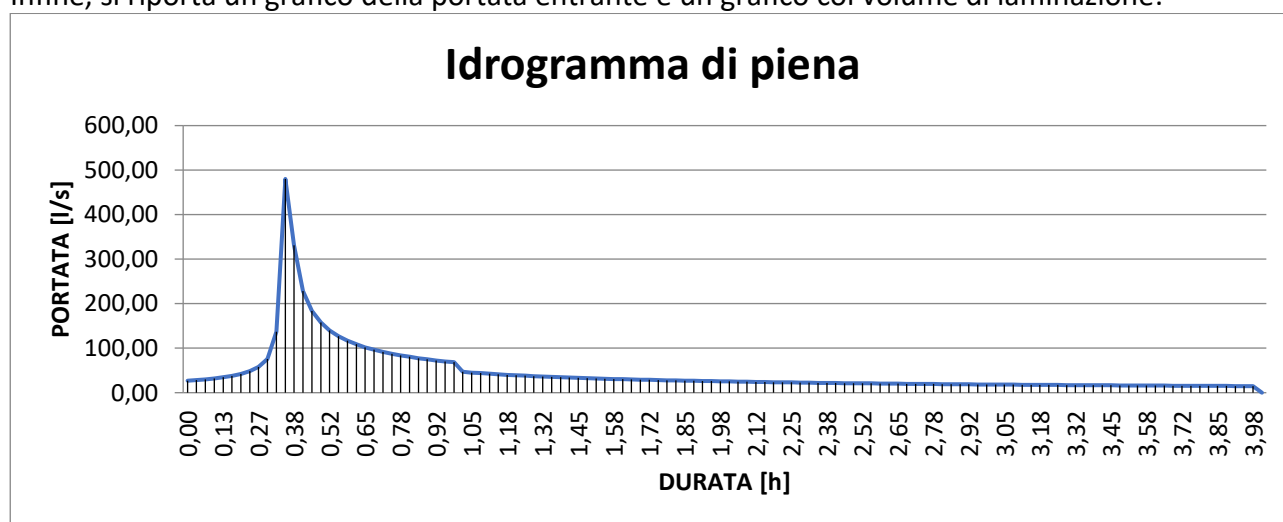


Figura 6 - Ietogramma Chicago di progetto: $Tr=50$ anni, Durata $D<1$ ora e posizione del picco a 0.35: Superficie intervento

Infine, si riporta un grafico della portata entrante e un grafico col volume di laminazione.



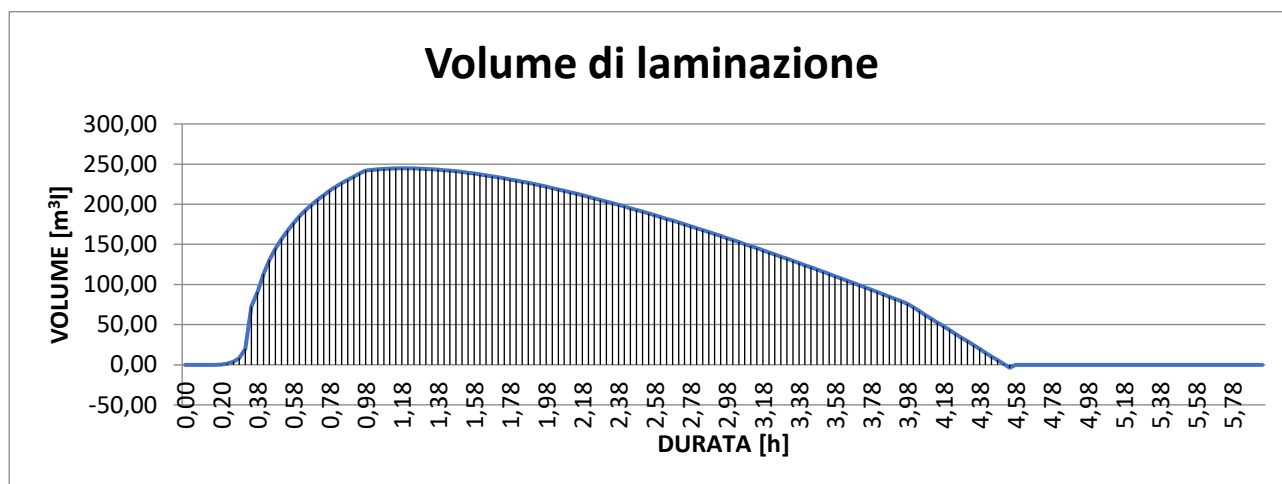


Figura 7 - Portata entrante e volume di laminazione

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

Q_{max} ingresso (m^3/s)	$V_{laminato}$ (m^3)
0.480	244.73

Questo determina un volume specifico di $368,90 m^3$, inferiore al requisito minimo.

7.6. Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi

Si stimano i volumi di invaso mediante l'applicazione dei requisiti minimi forniti nell'Art. 12, comma 2 del regolamento. Per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'Art. 7 (area in cui ricade l'opera), il volume minimo di invaso da considerare è pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Area impermeabile (ha_{imp})	V_{invaso} infiltrazione (m^3)
0.6634	$400 \times 0.6634 = 265,36$

Tabella 7 - Tabella riassuntiva dei volumi di invaso infiltrazione stimati mediante applicazione metodo requisiti minimi

8. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO (VOLUMI VASCHE DI STOCCAGGIO R.R. 7/2017)

Per la stima dei volumi d'acqua da invasare si è fatto riferimento alle due metodologie di calcolo proposte dal regolamento, nello specifico:

- Procedura dettagliata;
- Requisiti minimi.

Secondo le indicazioni del regolamento, per il dimensionamento delle opere va considerato il valore maggiore ottenuto dai vari metodi di calcolo (Art. 11, comma 2), pertanto, nel caso in esame verranno considerati i valori stimati mediante l'applicazione dei requisiti minimi. Per semplicità di lettura si propone una tabella riepilogativa con i valori dei volumi ottenuti mediante applicazione dei due metodi:

Metodo Applicato	V_{invaso} infiltrazione (m^3)
Requisiti minimi (art. 12 comma 2 R.R. 7/2017)	265.36
Procedura dettagliata con $T_r = 50$ anni (art. 12 R.R. 7/2017)	244.73

Tabella 8 - Tabella riassuntiva dei volumi di invaso infiltrazione stimati in funzione della metodologia di calcolo secondo R.R. 7/2017

Da un punto di vista operativo, tali volumi verranno interamente laminati all'interno del sistema di drenaggio e di infiltrazione delle acque meteoriche, così composto:

- Rete di drenaggio	59,45 m ³
- Pozzi perdenti n. 12 r = 1 m h = 3 m	113,04 m ³
- Trincee disperdenti 175 m b = 1,5 m h = 1,0 m	122,61 m ³
TOTALE	295,10 m³

8.1. Tempo necessario per lo svuotamento della vasca

Il R.R. 7/2017 all'art. 11, comma 2, lettera f) prevede che "il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile".

Ciò premesso, considerando i volumi di invaso calcolati nei capitoli precedenti ed il deflusso massimo ammissibile (previa autorizzazione) $q_u = 39,13$ l/s (calcolato da pozzi e trincee), si stima il tempo necessario per lo svuotamento della vasca mediante l'applicazione della seguente espressione:

$$t_{\text{svuotamento vasca}} = V_{\text{invaso laminazione}} / q_{\text{limite}}$$

$V_{\text{invaso infiltrazione (l)}}$	$Q_{\text{limite (l/s)}}$
265360	39.13

Tabella 9 - Portata limite ammissibile nei recettori

Questo porta ad un tempo di svuotamento pari a 1,88 h.

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento della vasca è verificata perché inferiore alle 48 ore.

Verificando il sistema di laminazione con tempo di ritorno $T_r = 100$ anni, tempo col quale si effettua la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate si ottiene un volume di laminazione di 273,54 m³, comunque inferiore a quello di progetto.

9. CONCLUSIONI

L'insieme delle opere idrauliche previste nella relazione tecnica e descritte nei paragrafi precedenti, costituisce il complesso di manufatti da realizzare sia per la corretta raccolta e smaltimento delle acque meteoriche che per il rispetto delle norme in tema di invarianza idraulica.

Il calcolo idraulico effettuato per tali manufatti ha confermato il corretto dimensionamento degli elementi costituenti il sistema.

10. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI

Il presente Piano di Manutenzione, redatto in conformità alle richieste del R.R. 07/2017, costituisce documento complementare al progetto delle opere di invarianza idraulica per la costruzione sopra indicata e prevede, pianifica e programma l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico. In aderenza a quanto previsto dalla normativa il presente documento è articolato nelle seguenti tre parti:

- MANUALE D'USO
- MANUALE DI MANUTENZIONE

– PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

La rappresentazione grafica delle parti costituenti l'opera è rintracciabile all'interno delle tavole grafiche del progetto e degli eventuali aggiornamenti resi necessari dal verificarsi di situazioni impreviste ed imprevedibili emerse durante l'esecuzione dei lavori.

10.1. MANUALE D'USO

Il presente capitolo definisce l'insieme delle informazioni atte a permettere la gestione dell'intervento da realizzare nonché a conoscere le modalità di fruizione delle opere progettate, consentendo di eseguire le operazioni atte alla conservazione che non richiedono conoscenze specifiche dando la possibilità di riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento.

Le procedure e le indicazioni fornite nel presente documento sono redatte per portare a conoscenza il committente di quegli aspetti particolari e specifici, caratteristici dell'intervento progettato. Le opere previste in progetto, oggetto di manutenzione, possono essere così suddivise:

- a) Condotti - tubazione acque bianche - tubazioni in PE corrugato e PVC, in CLS e griglie di raccolta;
- b) Pozzetti di ispezione
- c) Pozzi perdenti e trincee dispersione

10.1.1. Tubazioni in PVC

Descrizione: Tubazione in PVC DE VAR conforme alla norma UNI-EN 1401-1 tipo SN 8-16 KN/m², giunto a bicchiere con anello di guarnizione a labbro in materiale elastomerico conforme alla norma UNI EN 681-1. Verranno impiegati per convogliare le acque di scarico dei pluviali ai pozzi perdenti.

Modalità di Uso corretto: Il funzionamento prevede che il flusso fognario transiti nelle tubazioni con velocità comprese tra 0,5 m/s (velocità minima per evitare depositi) e 3,5 m/s (velocità massima per evitare fenomeni di erosione) e con un grado di riempimento massimo non superiore all' 70%.

10.1.2. Tubazioni in PE Corrugato

Descrizione: Tubazione in PE Corrugato DE VAR conforme alla norma UNI-EN 13476-3 tipo SN 8-16 KN/m², giunzione a bicchiere o manicotto esterno con relative guarnizioni di tenuta in EPDM conformi alla norma EN 681-1. Verranno impiegati per convogliare le acque di scarico dei pluviali ai pozzi perdenti.

Modalità di Uso corretto: Il funzionamento prevede che il flusso fognario transiti nelle tubazioni con velocità comprese tra 0,5 m/s (velocità minima per evitare depositi) e 3,5 m/s (velocità massima per evitare fenomeni di erosione) e con un grado di riempimento massimo non superiore all' 70%.

10.1.3. Pozzetti di ispezione

Descrizione: I pozzetti di ispezione con funzione di dissabbiatore da utilizzare nel progetto saranno costituiti da elementi del tipo prefabbricati in calcestruzzo vibrato e armato.

Modalità di Uso corretto: Il funzionamento corretto del manufatto prevede una manutenzione programmata e l'ispezione visiva del manufatto, per verificarne il corretto funzionamento dello stesso. Non si prevede l'accesso all'interno del medesimo.

10.1.4. Pozzi perdenti e trincee disperdenti

Descrizione: Si tratta di un sistema composto da anelli o tubazioni in calcestruzzo forate che consentono di realizzare velocemente ed agevolmente, con un ridotto impatto ambientale, sistemi sotterranei di laminazione e accumulo o di infiltrazione naturale delle acque meteoriche in eccesso. Lo svuotamento avviene per dispersione nel terreno: tramite rivestimento con un telo geotessuto che favorisce la dispersione dell'acqua nel terreno evitando, nel contempo, che le frazioni fini del terreno circostante penetrino nelle celle riducendo la loro capacità funzionale.

Modalità di uso corretto: Il funzionamento del manufatto prevede che il flusso delle acque di pioggia venga convogliato all'interno dello stesso ed ivi essere disperso nel suolo.

E' indispensabile per la corretta funzionalità che non avvenga accumulo di detriti all'interno del pozzo/trincea e che i fori di dispersione si mantengano liberi.

10.2. MANUALE DI MANUTENZIONE

10.2.1. Introduzione

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

10.2.2. Livello minimo delle prestazioni

Di seguito si espongono le attività tipicamente necessarie per il mantenimento delle condizioni ottimali di esercizio delle opere in progetto. Le attività di cui sopra si possono dividere in:

- attività di verifica e controllo
- attività di manutenzione programmata
- attività di manutenzione straordinaria dovuta ad eventi non prevedibili

10.2.3. Tubazioni in PVC e PE Corr

Attività di verifica e controllo:

- Verifica del corretto deflusso dell'acqua
- Verifica dell'integrità delle condizioni strutturali
- Verifica della tenuta idraulica

Attività di manutenzione programmata:

- Pulizia scorrimento
- Videoispezione

Attività di manutenzione straordinaria dovuta ad eventi non prevedibili:

- Sostituzione piccoli tratti di tubazione

10.2.4. Pozzetti di ispezione con funzione di dissabiatore

Attività di verifica e controllo :

- Verifica del corretto deflusso dei liquami
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali

Attività di manutenzione programmata :

- Pulizia camera di sedimentazione
- Piccola manutenzione edile

Attività di manutenzione straordinaria dovuta ad eventi non prevedibili:

- Rifacimento/sostituzione elementi strutturali

10.2.5. Pozzi perdenti e trincee disperdenti

Attività di verifica e controllo:

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Verifica della pulizia interna del pozzo

Attività di manutenzione programmata:

- Pulizia scorrimento
- Piccola manutenzione edile

Attività di manutenzione straordinaria dovuta ad eventi non prevedibili:

- Rifacimento/sostituzione elementi strutturali

10.2.6. Anomalie riscontrabili

Nel seguito si riportano le anomalie riscontrabili per gli elementi facenti parte del progetto:

Condotti fognari acque bianche

- Impedimenti al libero deflusso delle acque
- Funzionamento in pressione in occasione di eventi meteorici intensi
- Cedimenti e relativa fuoriuscita di acqua

Pozzetti di ispezione

- Impedimenti al libero deflusso delle acque
- Ammaloramento del rivestimento interno
- Cedimenti strutturali

Pozzi perdenti e trincee disperdenti

- Cedimenti strutturali

10.3. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e interventi che devono essere eseguiti a cadenze prefissate per garantire una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

Il presente capitolo, indica le attività di verifica e controllo oltre che per operazioni di manutenzione, analizza le attività individuandone:

- Cadenza
- Soggetto esecutore
- Attrezzature utilizzate

10.3.1. Condotti fognari acque bianche

Verifiche e controlli:

- Verifica del corretto deflusso delle tubazioni, da eseguire ogni 6 mesi, da addetto edile, utilizzando attrezzi manuali.
- Verifica dell'integrità delle condizioni strutturali, da eseguire ogni 5 anni, da impresa specializzata, utilizzando furgone attrezzato per videoispezione.

- Verifica della tenuta idraulica, da eseguire ogni 5 anni, da impresa specializzata utilizzando furgone attrezzato per videoispezione

Manutenzione:

Sostituzione di piccoli tratti di tubazione, da eseguire a cura di addetto edile, macchine edili, attrezzi manuali

10.3.2. Pozzetti di ispezione

Verifiche e controlli:

- Verifica del corretto deflusso delle acque da eseguire ogni 6 mesi, a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva.
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali da eseguire ogni 5 anni, a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva.
- Verifica del corretto funzionamento dell'impianto da eseguire ogni 6 mesi a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva.

Manutenzione:

Pulizia camera di sedimentazione, ogni 6 mesi da eseguire a cura di addetto edile con macchine edili, attrezzi manuali.

Sostituzione degli elementi ammalorati, da eseguire a cura di addetto edile con macchine edili, attrezzi manuali, al presentarsi del problema.

10.3.3. Pozzi perdenti e trincee disperdenti

Verifiche e controlli:

- Verifica del corretto deflusso delle acque in ingresso al pozzo da eseguire ogni 6 mesi, a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva.
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali da eseguire ogni 5 anni, a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva od ispezione con videocamera
- Verifica del corretto svuotamento da eseguire ogni 6 mesi a cura di addetto edile, con attrezzi manuali, con verifica visiva.

Manutenzione:

Sostituzione degli elementi ammalorati, da eseguire a cura di addetto edile con macchine edili, attrezzi manuali, al presentarsi del problema.

11.ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO

**Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà
(art. 47 DPR 28 dicembre 2000 n. 445)**

Il sottoscritto Andrea Brunelli, nato a Bovolone (VR), il 26/01/1978, residente a Verona (VR), Via D. Buzzati n. 4, iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Verona al n. A 3176, incaricata a redigere il progetto di invarianza idraulica e idrologica per le *Opere complementari per la chiusura del P.: di via Trieste in comune di Erba – Lotto n. 1*, 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

- Che il Comune di Erba (CO), in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area: C a bassa criticità idraulica;
- 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 39.13, che equivale ad una portata infiltrata pari a 58.59 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 "3" Impermeabilizzazione potenziale alta
- di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica con i contenuti di cui: all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)

- 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

- 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 la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

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.

Verona, 30/01/2023

Il dichiarante
Ing. Andrea Brunelli



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.