

Comune di Pogliano Milanese

Pogliano Milanese (MI)

**PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA
AI SENSI DEL RR N. 7/2017 e s.m.i.**

R.01- RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA

il Committente

Comune di Pogliano Milanese

il Progettista

ing. Stefania Zaccardi

10.12.2024

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI (REGOLAMENTO DI INVARIANZA IDRAULICA)	5
2.1	Articolo 3: Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica	5
2.2	Articolo 4: Acque di riferimento per l'applicazione delle misure di invarianza idraulica ed idrologica	7
2.3	Articolo 5: Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali	7
2.4	Articolo 7: individuazione degli ambiti territoriali di applicazione	7
2.5	Articolo 9: Classificazione degli interventi (in funzione del grado di impermeabilizzazione) ..	8
2.6	Articolo 11: Metodologia di calcolo delle misure di invarianza idraulica e idrologica	9
2.7	Articolo 12: Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica	9
3.	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	11
3.1	Analisi pluviometrica	11
4.	PROGETTO DELLE OPERE DI INVARIANZA.....	14
4.1	Area di intervento e inquadramento vincolistico	14
4.2	Dati caratteristici dell'area.....	16
4.3	Scelta della soluzione progettuale.....	17
4.4	Schema del sistema di drenaggio delle acque pluviali	18
5.	CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO E SCARICO .	19
5.1	Dimensionamento rete di smaltimento acque meteoriche	19
5.1.1	<i>Stima del tempo di corrivazione</i>	<i>19</i>
5.1.2	<i>Stima delle portate</i>	<i>20</i>
5.1.3	<i>Dimensionamento condotte.....</i>	<i>21</i>
5.2	Dimensionamento sistemi disperdenti.....	22
5.2.1	<i>Dimensionamento pozzi perdenti.....</i>	<i>24</i>
5.3	Calcolo dei sistemi di disoleazione	27

1. PREMESSA

La seguente relazione mira a definire le caratteristiche del sistema di smaltimento delle acque meteoriche della pista ciclabile in progetto nel comune di Pogliano Milanese (MI) nell'area individuata dall'intersezione stradale di Via Torquato Tasso e Via Grassina, nel rispetto del Regolamento Regionale del 23 novembre 2017 – n.7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio) e S.M.I.

Attualmente l'area è interessata dalla viabilità esistente caratterizzata dalle carreggiate di Via Torquato Tasso e Via Grassina. Lateralmente alle carreggiate sono presenti attualmente aree verdi che saranno destinate a trasformarsi in pista ciclabile.

L'intervento in oggetto si riferisce quindi alla casistica di Interventi di **nuova costruzione** [articolo 3, comma 1, lettera e) del d.p.r. 380/2001], in cui sono richieste misure di invarianza idraulica e idrologica per la superficie interessata dall'intervento.



Figura 1: Inquadramento su ortofoto dell'area di Via Torquato Tasso e Via Grassina, Pogliano M.se (MI)

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

La soluzione adottata riguarda un sistema di smaltimento delle acque meteoriche mediante pozzi perdenti con a monte un disoleatore per le aree con transito/sosta autoveicoli.

All'interno della seguente relazione tecnica sono riportati tutti i calcoli e le analisi progettuali nel rispetto dell'invarianza idraulica ai sensi del RR n.7/2017 e s.m.i.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI (REGOLAMENTO DI INVARIANZA IDRAULICA)

Per quanto riguarda i principi di invarianza idraulica ed idrologica, il Regolamento Regionale R.R. 7/17 e s.m.i. definisce nuovi criteri da rispettare per gli interventi che rientrano nell'ambito di applicazione che lo stesso regolamento definisce. I nuovi provvedimenti da seguire hanno l'obiettivo di perseguire una migliore gestione delle acque meteoriche in modo da ridurre la quantità dei deflussi, con una conseguente attenuazione del rischio idraulico, ed inoltre di diminuire l'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori.

L'intervento oggetto di analisi ha l'obbligo di ottemperare alla normativa in quanto compreso nell'ambito di applicazione; i dimensionamenti di tutti gli elementi necessari alla gestione delle acque meteoriche sono stati quindi realizzati basandosi sulle indicazioni normative descritte in seguito.

2.1 Articolo 3: Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica

L'art. 3 del Regolamento Regionale definisce quali interventi vi sono soggetti, come segue.

1. *Gli interventi tenuti al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica sono quelli di cui all'articolo 58 bis, comma 2, della l.r. 12/2005, come meglio specificato all'allegato A.*

Nell'ambito degli interventi edilizi di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), sono soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi:

- a) *di ristrutturazione edilizia, come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito; ai fini del presente regolamento, non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico che rientrano nei requisiti dimensionali previsti al primo periodo dell'articolo 14, comma 6, del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 (Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE);*
- b) *di nuova costruzione, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;*
- c) *di ristrutturazione urbanistica, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera f), del d.p.r. 380/2001;*

d) relativi a opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all'articolo 6, comma 1, lettera e-ter), del d.p.r. 380/2001, con una delle caratteristiche che seguono:

- 1. di estensione maggiore di 150 mq;*
- 2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del presente comma o di cui al comma 3;*

e) pertinenziali che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20 per cento del volume dell'edificio principale, con una delle caratteristiche che seguono:

- 1. di estensione maggiore di 150 mq;*
- 2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del presente comma.»;*

Dopo il comma 2 è aggiunto il seguente:

«2 bis. Sono inoltre soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi relativi alla realizzazione di:

a) parcheggi, aree di sosta e piazze, con una delle caratteristiche che seguono:

- 1. estensione maggiore di 150 mq;*
- 2. estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del comma 2;*

b) aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, qualora facenti parte di un intervento di cui al comma 2 o alla lettera a) del presente comma».

L'intervento in oggetto ricade all'interno della classe di interventi di **nuova costruzione** come schematizzato in Figura 2.

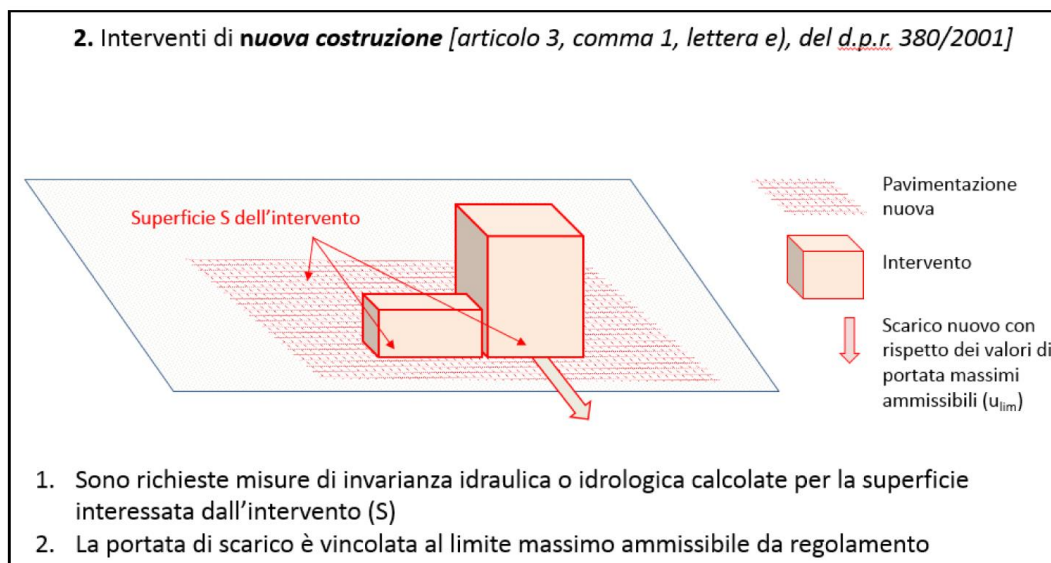


Figura 2: Allegato A del R.R 7/17- schema esemplificativo dell'intervento in oggetto.

2.2 Articolo 4: Acque di riferimento per l'applicazione delle misure di invarianza idraulica ed idrologica

L'articolo 4 dispone che tutte le misure di invarianza idraulica e idrologica e i vincoli allo scarico da adottare per le superfici interessate da interventi che prevedono una diminuzione della permeabilità del suolo rispetto a quella preesistente si applicano alle *acque pluviali*.

2.3 Articolo 5: Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali

L'articolo dispone che la gestione delle acque pluviali deve essere effettuata prevedendo, ove possibile, sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. L'ordine di priorità di smaltimento dei volumi meteorici, infatti, si articola come segue:

1. Riuso dei volumi stoccati in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità
2. Mediante infiltrazione nel sottosuolo compatibilmente con le indicazioni contenute nel PGT
3. Scarico in corpo idrico superficiale (rispettando i limiti di portata art.8)
4. Scarico in fognatura (rispettando i limiti di portata art.8)

Nel caso seguente, viene previsto di realizzare di infiltrare le acque eccedenti tramite pozzi perdenti.

2.4 Articolo 7: individuazione degli ambiti territoriali di applicazione

Il Regolamento suddivide il territorio regionale in tre aree a differente livello di criticità idraulica.

In base al livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori, i comuni appartengono alle seguenti tipologie:

- Area A, ad alta criticità idraulica
- Area B, a media criticità idraulica
- Area C, a bassa criticità idraulica

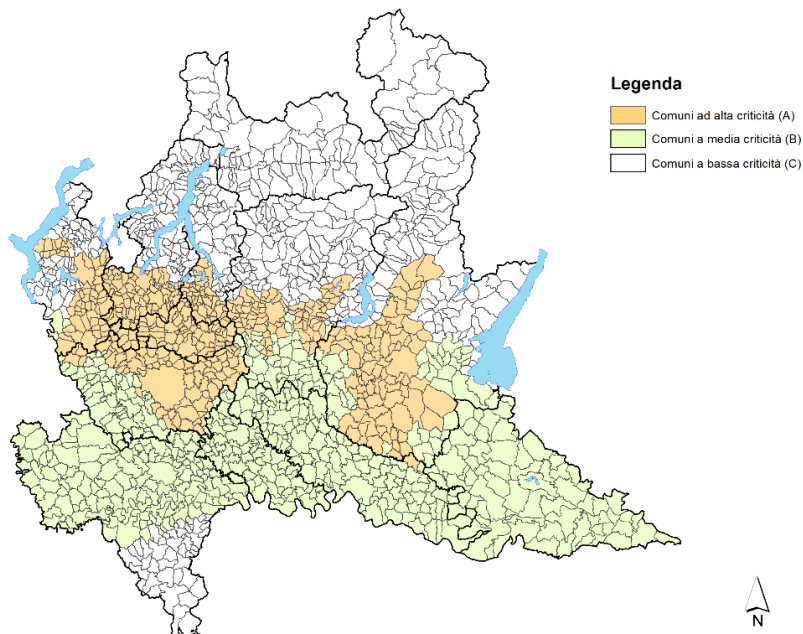


Figura 3: suddivisione dei comuni del territorio regionale in Classi di criticità

L'area considerata nel caso in esame, comune di Pogliano Milanese (MI), ricade all'interno della zona A ad alta criticità idraulica (si veda stralcio dell'Allegato C al R.R. 7/17, di seguito riportato).

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
POGLIANO MILANESE	MI	A	1

Figura 4: Classificazione del Comune.

2.5 Articolo 9: Classificazione degli interventi (in funzione del grado di impermeabilizzazione)

L'articolo classifica gli interventi a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, come da tabella seguente.

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUS- SO 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)	
		da $> 0,1$ a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 5: Classi di intervento in funzione del grado di impermeabilizzazione assoluto

Poiché l'intervento, come da calcoli successivi, ha superficie totale di **560 mq** (\approx **0.056 ha**) e Coefficiente di deflusso medio ponderale pari a **1** esso ricade nella **classe di intervento 2** – Impermeabilizzazione potenziale media.

2.6 Articolo 11: Metodologia di calcolo delle misure di invarianza idraulica e idrologica

L'articolo definisce le metodologie per il calcolo delle misure di invarianza idrologica e idraulica per il rispetto dei limiti allo scarico (rif. art. 8), riferite a casi di impermeabilizzazione media o alta ricadenti in aree a media o alta criticità idraulica, per i quali non si applicano i requisiti minimi tabellari (rif. art. 12) ma procedure di calcolo specifiche e dettagliate in Allegato G.

Sono indicati i tempi di ritorno degli eventi meteorici da utilizzare in fase progettuale:

- T = 50 anni da adottare per dimensionare le opere di invarianza idraulica e idrologica;
- T = 100 anni da adoperare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate.

Per il calcolo della precipitazione di progetto, viene indicato di assumere i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportate da ARPA Lombardia.

2.7 Articolo 12: Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica

L'articolo fornisce indicazioni riguardo il volume da laminare per il rispetto delle normative; in particolare, per i comuni ricadenti in zona A e classe di impermeabilizzazione media, il volume progettuale sarà il

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

10/28

massimo tra quello calcolato con il Metodo delle sole piogge e il valore ricavato imponendo una dimensione della vasca pari a 800 mc per ettaro impermeabile.

3. VALUTAZIONI IDROLOGICHE

In questo capitolo, in coerenza al regolamento (rif. art. 11 ed Allegato G), vengono specificate le modalità di elaborazione delle piogge di progetto, sulla base delle quali sono state dimensionate le opere idrauliche (condotte di scarico e volumi di laminazione).

3.1 Analisi pluviometrica

Scopo dell'analisi pluviometrica è la determinazione dello "ietogramma di progetto", cioè della pioggia tipo di progetto che dovrà sollecitare la rete, in base alle "curve di possibilità pluviometrica" (CPP) adottate.

Tali curve (relative a diversi tempi di ritorno) descrivono la variabile casuale "massima altezza annuale di precipitazione di assegnata durata" e vengono approssimate con espressioni monomie del tipo:

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

Dove h rappresenta l'altezza di una pioggia di durata ϑ , mentre i parametri " a " e " n " dipendono dal tempo di ritorno assegnato.

Tali parametri, come da regolamento, sono stati ricavati dal portale ARPA LOMBARDIA – Servizio Idrografico. In particolare, il servizio fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia, espressa nella forma:

$$h = \alpha_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

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

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, α_1 è il coefficiente pluviometrico orario, w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ε , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

La trattazione fin qui esposta si riferisce a piogge intense con durate superiori all'ora; tuttavia, in presenza di reti fognarie caratterizzate da un tempo di corrivazione inferiore all'ora, come nel caso in esame, l'applicazione di queste CPP comporterebbe una sovrastima dell'intensità di pioggia e quindi una sovrastima dei valori di picco e dei volumi di pioggia convogliati in rete.

Pertanto, per il presente studio è stata ricostruita anche la curva monomia relativa ad uno scroscio inferiore all'ora utilizzando la formulazione di Bell, la quale considera il fatto che il rapporto tra le altezze h_d di durata d molto breve e l'altezza oraria h_1 sono relativamente poco dipendenti dalla località e dal tempo di ritorno:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

Con $h_{d,T}$ altezza di pioggia relativa al tempo di ritorno T e durata d inferiore all'ora e $h_{60,T}$ analoga altezza di pioggia associata ad una durata di un'ora. I due parametri a ed n per durate inferiori all'ora sono stati quindi ricavati attraverso un'interpolazione di potenza delle altezze di pioggia ricavate attraverso l'equazione precedente.

Per quanto riguarda il parametro n , in conformità con le disposizioni dell'Allegato G al Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017, si pone il valore $n = 0,5$.

Di seguito si riportano i parametri delle curve per durate maggiori e minori di un'ora, relative al tempo di ritorno dell'evento $T = 50$ anni e $T = 100$ anni.

CPP T=50 anni	a	n
>1h	63.074	0.3161
<1h	64.332	0.4287

Tabella 1: parametri CPP tempo di ritorno 50 anni

CPP T=100 anni	a	n
>1h	69.881	0.3161
<1h	71.275	0.429

Tabella 2: parametri CPP tempo di ritorno 100 anni

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

13/28

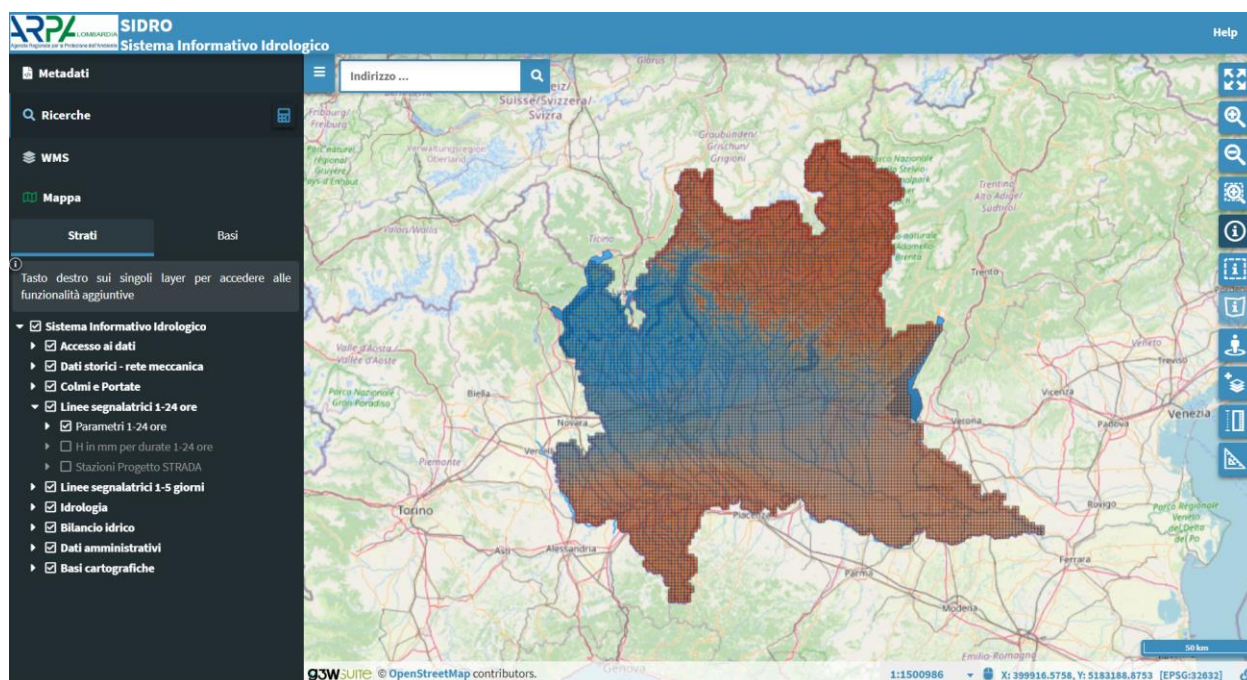


Figura 6: Portale idrologico Arpa Lombardia da cui sono stati ricavati i parametri delle CPP valide per l'area di intervento

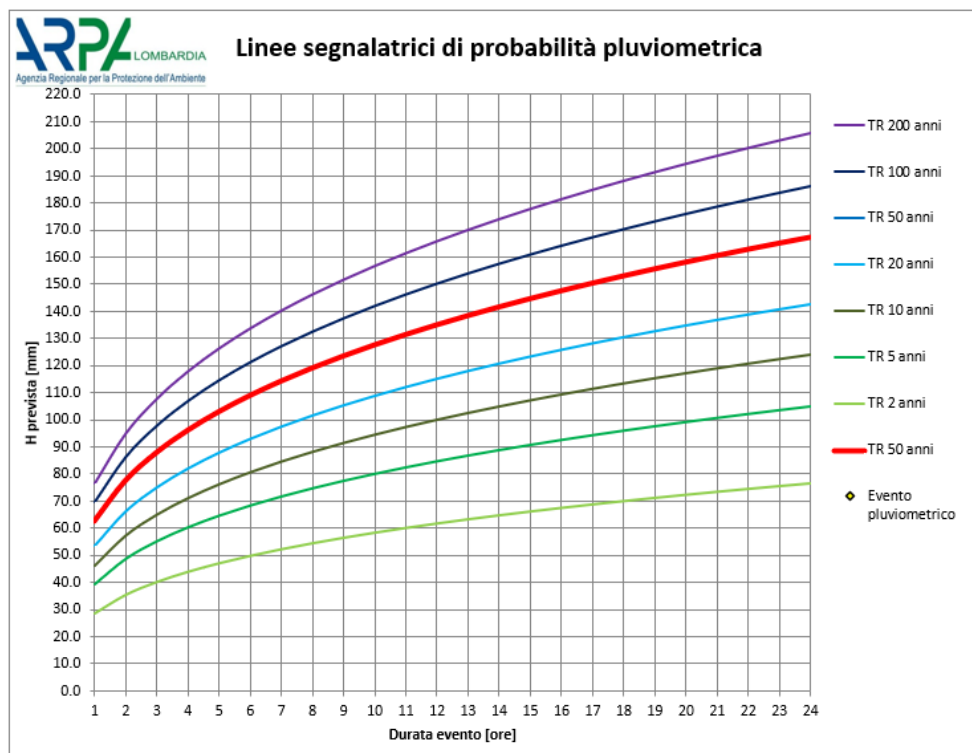


Figura 7: Curve di possibilità pluviometrica valide per l'area di intervento ($t > 1$ ora) – in rosso la cpp $T=50$ anni

4. PROGETTO DELLE OPERE DI INVARIANZA

4.1 Area di intervento e inquadramento vincolistico

L'intervento, come sopra descritto, è localizzato nell'intersezione stradale tra Via T. Tasso e Via Grassina, nel comune di Pogliano M.se (MI).

Attualmente l'area è caratterizzata dalla carreggiata stradale e da aree verdi su cui verrà realizzata la pista ciclabile.

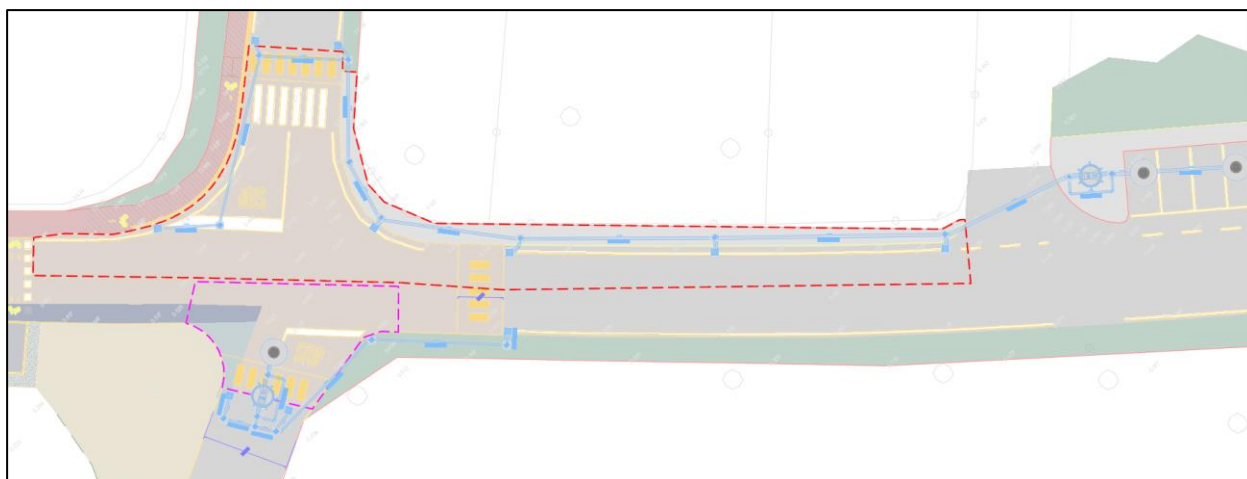


Figura 8: Planimetria delle opere in progetto

Per verificare la presenza di eventuali vincoli urbanistici specifici, è stato consultato il PGT del Comune di Pogliano M.se (tavola dei vincoli).

Come illustrato nella figura seguente, ai fini del seguente progetto, l'area oggetto di intervento è esterna alle aree di salvaguardia dei pozzi di emungimento dell'acquedotto (Figura 9: rif. "Tav. D.d.P. 05 – Sistema dei vincoli").

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

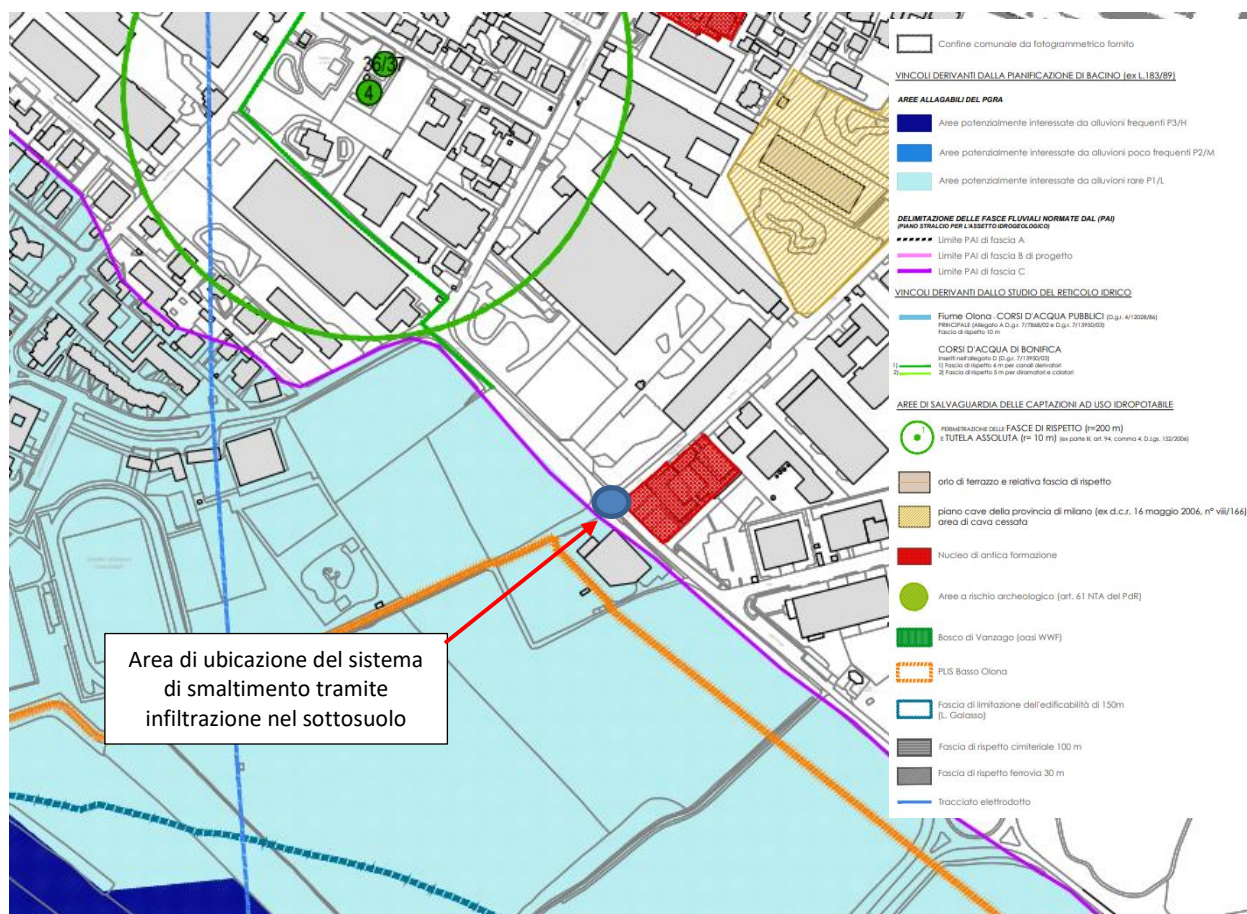


Figura 9: "Tav. D.d.P. 05 – Sistema dei vincoli" allegato al PGT vigente per il comune di Pogliano M.se

Successivamente è stata analizzata la tavola del PGT del comune riguardante il livello di soggiacenza della falda freatica. Come evidenziato nelle figure sottostanti riportate, la falda è compresa tra i 150 e i 151 m.s.l.m., e siccome il piano campagna nell'area oggetto di intervento è a circa 162 m.s.l.m., la falda è a circa – 10 m e non crea quindi alcuna interferenza con le opere di infiltrazione in progetto.

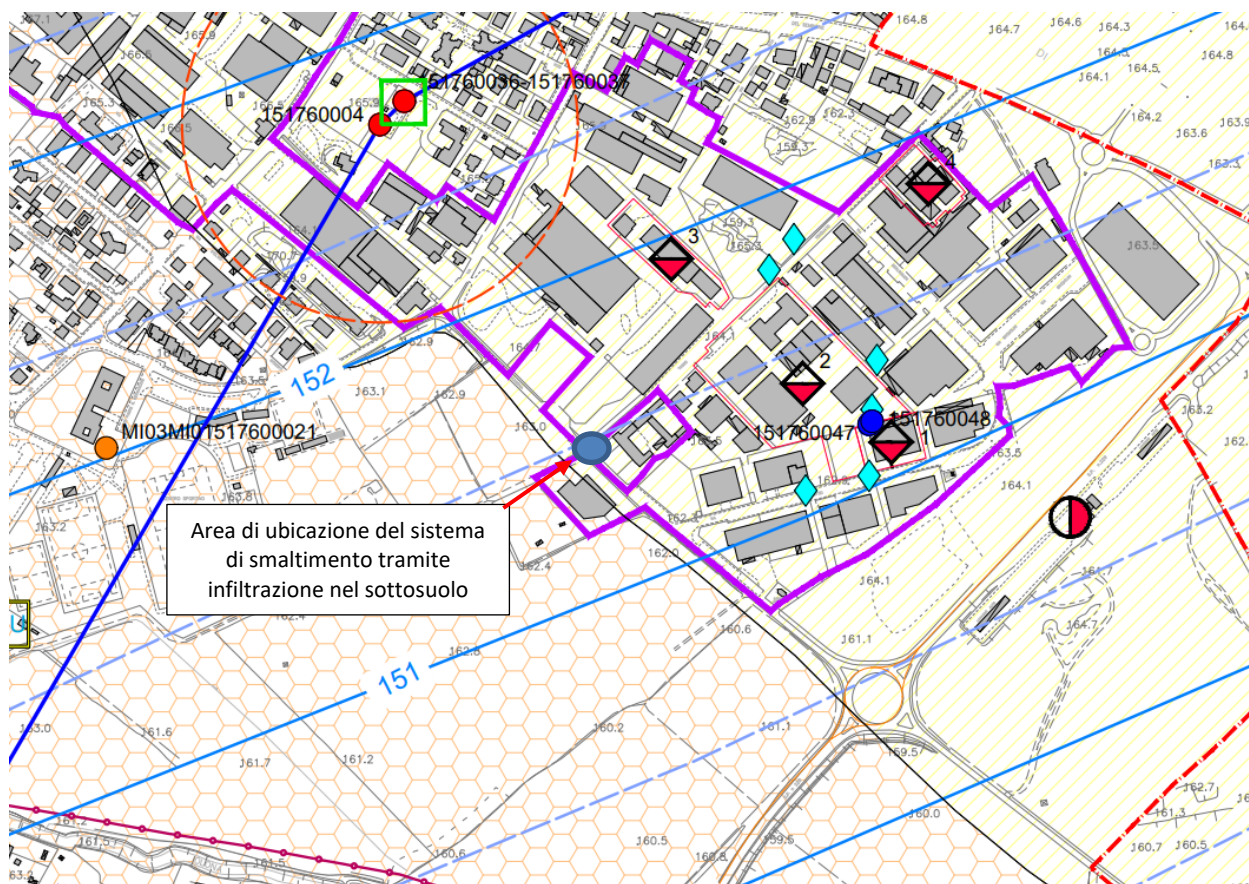


Figura 10: Estratto della tavola "Tav. CG.02 – Idrogeologia, vulnerabilità della falda e traccia delle sezioni idrogeologiche" allegato al PGT vigente per il comune di Pogliano M.se

Vista l'assenza di tali vincoli nell'area di intervento e dalle caratteristiche del terreno dedotte dalle analisi geologiche condotte, è possibile smaltire le acque meteoriche tramite infiltrazione nel suolo.

4.2 Dati caratteristici dell'area

Il dimensionamento delle opere idrauliche è stato condotto determinando il grado di impermeabilizzazione del suolo allo stato di progetto, considerando i bacini di riferimento per ciascuna opera idraulica. Per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale, sono stati usati i seguenti coefficienti per le aree impermeabili, semi-permeabili e permeabili, come definito nel Regolamento Regionale 7/17 e s.m.i. all'articolo 11 comma 2:

φ_{IMP}	[-]	1
$\varphi_{SEMI-PERM}$	[-]	0.70
φ_{PERM}	[-]	0.30

Tabella 3. Coefficienti di deflusso per le diverse superfici

L'area oggetto di intervento è suddivisa in due porzioni, ognuna delle quali afferisce alla propria rete di smaltimento delle acque meteoriche. Le seguenti tabelle, riferite alle due reti di smaltimento P1 e P2, mostrano le superfici drenanti e i rispettivi coefficienti di deflusso:

RETE METEORICA P1			
Impermeabile [m ²]	450	1.0	Area scolante impermeabile [m ²]
Semi-impermeabile [m ²]	-	0.70	
Verde [m ²]	-	0.00	
Area tot [m²]	450	1	450

RETE METEORICA P2			
Impermeabile [m ²]	110	1.0	Area scolante impermeabile [m ²]
Semi-impermeabile [m ²]	-	0.70	
Verde [m ²]	-	0.00	
Area tot [m²]	110	1	110

Tabella 4. Calcolo delle aree e dei rispettivi coefficienti di deflusso per le due reti P1 e P2

Nel complesso l'area di intervento soggetta ad invarianza idraulica interessa una superficie totale $A_{TOT} = 560 \text{ mq}$ e un rispettivo coefficiente di deflusso medio ponderato $\varphi_{MEDIO} = 1$.

4.3 Scelta della soluzione progettuale

La scelta del sistema di smaltimento è stata effettuata secondo l'ordine di priorità indicato dal regolamento (art. 5).

Per quanto riguarda la possibilità di infiltrazione nel suolo, questa risulta possibile all'interno dell'area di intervento data l'assenza di aree di salvaguardia dei pozzi di captazione per acquedotto e avendo verificato il livello della falda che risulta essere ad almeno – 10 m dal piano campagna.

Come indicato dalle prove geologiche effettuate, il terreno a una permeabilità pari a:

- $k = 5.35 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (permeabilità laterale)
- $k = 8.03 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (permeabilità alla base dei pozzi perdenti)
- **$k = 6.69 \times 10^{-5} \text{ m/s}$** (permeabilità media)

Come permeabilità del sottosuolo verrà preso in considerazione il valore medio. Tale valore di permeabilità permetterà di smaltire secondo regolamento le acque per dispersione nel sottosuolo.

4.4 Schema del sistema di drenaggio delle acque pluviali

Come illustrato nella Tavola T.01, il sistema di drenaggio delle acque pluviali è così composto:

- realizzazione di una rete meteorica P1, con diametro variabile tra 160 e 250 mm in PVC SN8, che raccoglie le acque provenienti dall'area di 450 mq in progetto; le acque confluiscono prima verso un disoleatore e poi verso due pozzi perdenti di diametro pari a 2.00 m e altezza utile 3.50 m. I due pozzi perdenti sono collegati tramite una tubazione DE250 PVC SN8.
- realizzazione di un'altra rete meteorica P2, con diametro costante e pari a 160 mm in PVC SN8, che raccoglie invece le acque provenienti dall'area in progetto di 110 mq. Le acque confluiscono prima verso un disoleatore e successivamente verso un pozzo perdente di diametro pari a 1.50 m e altezza utile 3.00 m.

5. CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO E SCARICO

5.1 Dimensionamento rete di smaltimento acque meteoriche

Per il dimensionamento della rete di drenaggio occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di preassegnata frequenza probabile, assunto come sollecitazione di progetto.

Le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare un evento corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 50 anni (e verificato a $T=100$ anni) e proporzionare la rete di drenaggio in modo che tutti gli elementi della rete raggiungano un grado di riempimento accettabile fissato, convenzionalmente, al 70-75% per tutte le condotte.

5.1.1 Stima del tempo di corrivazione

La determinazione della precipitazione di progetto deriva dalla definizione di due parametri: il tempo di ritorno dell'evento considerato (T_r) e la durata dello stesso (t_p).

Quest'ultimo determina l'intensità della pioggia e conseguentemente la portata da smaltire generata dall'evento meteorico, maggiore è il tempo di pioggia, infatti, maggiore è il volume d'acqua defluito ma minore è l'intensità della precipitazione.

In linea generale, il tempo di precipitazione critico per il sistema di smaltimento delle acque coincide col tempo di corrivazione del sistema stesso.

Quindi, un ulteriore parametro da definire nel calcolo delle portate meteoriche è il valore del tempo di corrivazione, inteso come tempo necessario ad una particella d'acqua per raggiungere la sezione di verifica del bacino in esame partendo dall'istante in cui la pioggia tocca il suolo. L'importanza di tale parametro discende dal fatto che la portata massima di calcolo, in una determinata sezione di un collettore, si ottiene teoricamente in corrispondenza di eventi pluviometrici aventi durata pari al tempo di corrivazione. Essendo le formule empiriche normalmente utilizzate per il calcolo di T_c (Turazza, Ventura, Pasini) più opportune per i bacini di bonifica con estensioni dell'ordine di qualche km^2 si ritiene opportuno determinare T_c come rapporto tra la lunghezza del ramo principale e la velocità nel collettore in caso di massimo riempimento aumentato del ritardo relativo per l'afflusso al collettore principale.

Con riferimento all'area in esame valutando sia il tempo di accesso alla rete che il tempo di percorrenza dell'acqua fino al recapito finale, ai fini di una stima maggiormente cautelativa della portata massima, è stato assunto un valore del tempo di corrivazione pari a 10 minuti.

5.1.2 Stima delle portate

A questo punto, determinate le piogge che andranno a sollecitare la rete di drenaggio, è possibile dimensionare le tubazioni in progetto in funzione delle massime portate transitabili.

Il calcolo di tali deflussi è stato eseguito utilizzando il metodo della corrivazione, procedura che si basa sulla considerazione che le gocce di pioggia cadute in punti diversi del bacino nel medesimo istante impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura e che ogni bacino ha un tempo caratteristico (t_c) chiamato “tempo di concentrazione”, che rappresenta il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura dello stesso.

La portata massima al colmo si ottiene per piogge di durata pari al tempo di concentrazione ed è data da:

$$Q_M = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{360}$$

essendo:

- Q_M la portata al colmo in m^3/s ;
- φ il coefficiente di afflusso medio del bacino;
- i l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di concentrazione t_c in mm/h ;
- S la superficie del bacino in ettari (ha).

Il coefficiente udometrico del bacino ($m^3/s \cdot ha$) è quindi pari a:

$$u_m = \frac{Q_M}{S}$$

il tempo di concentrazione t_c è posto pari a:

$$t_c = t_a + t_f$$

essendo:

- t_a il tempo di accesso alla rete, relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo;
- t_f il tempo di rete, corrispondente al tempo necessario per percorrere il percorso idraulico più lungo all'interno del bacino.

Il tempo di accesso t_a può essere posto per le aree scolanti di piccola e media estensione pari a $t_a = 5$ minuti, mentre il tempo di rete t_f può essere calcolato con la seguente relazione:

$$t_f = \sum \left(\frac{L_i}{1.5 \cdot V_{ui}} \right)$$

con:

- t_f il tempo di rete;
- L_i il percorso idraulicamente più lungo della rete fognaria;
- V_{ui} la velocità di moto uniforme che assume la portata di piena nella sezione.

5.1.3 Dimensionamento condotte

Per il dimensionamento delle condotte della rete di drenaggio si è proceduto innanzitutto ad individuare le singole superfici scolanti recapitanti alle varie tratte della rete di drenaggio pluviale, ed i relativi coefficienti di afflusso (rif. Tabella Capitolo 4.2).

Successivamente viene condotta una procedura iterativa per il calcolo dei diametri delle tubazioni: il diametro viene quindi prima ipotizzato e poi verificato rispetto al massimo riempimento delle tubazioni definito.

Dopo aver calcolato come illustrato precedentemente il tempo di ingresso in rete, vengono determinate quindi le portate transitanti nei tubi, misurate in m³/s, le velocità e i relativi livelli idrici, utilizzando la formula di Chezy del moto uniforme con la scabrezza valutata secondo Strickler:

$$Q(h) = k_s \cdot A(h) \cdot R(h)^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

dove:

- $Q(h)$ portata convogliata in condizioni di moto uniforme;
- k_s coefficiente di scabrezza di Strickler;
- $A(h)$ area bagnata del collettore;
- $R(h)$ raggio idraulico del collettore;
- i pendenza del collettore.

Utilizzando quindi la velocità calcolata con la formula di Chezy nella condizione di massimo riempimento è stato possibile ricavare a ritroso prima t_r , il tempo di percorrenza in rete, e successivamente il tempo di corrivazione, durata critica del bacino considerato.

Infine, utilizzando la formula razionale, viene quindi calcolata la portata critica del sistema (con durata critica pari al tempo di corrivazione del bacino) e successivamente verificato che il massimo riempimento delle tubazioni non sia superiore al 70%.

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

I risultati ottenuti dal calcolo delle tubazioni sono riportati nella seguente tabella.

RETE METEORICA P1						METODO DELLA CORRIVAZIONE					
Nodo Monte	Nodo Valle	Di [m]	DE [mm]	L [m]	i [%]	Area [mq]	u [l/s ha]	Qc [l/s]	v [m/s]	g.r. [%] T50	g.r. [%] T100
A1	B1	0.1506	160	13.00	0.5%	64.30	601.56	3.87	0.63	38%	40%
B1	C1	0.1506	160	6.50	0.5%	128.60	595.81	7.66	0.75	56%	60%
C1	D1	0.1882	200	7.50	0.5%	192.90	590.24	11.39	0.83	50%	53%
D1	E1	0.1882	200	4.50	0.5%	192.90	586.98	11.32	0.83	49%	53%
E1	F1	0.1882	200	10.50	0.5%	257.20	579.56	14.91	0.88	58%	63%
F1	G1	0.1882	200	14.50	0.5%	321.50	569.77	18.32	0.92	67%	73%
G1	H1	0.2354	250	17.00	0.5%	385.80	560.37	21.62	0.97	51%	54%
H1	I1	0.2354	250	10.00	0.5%	450.10	555.06	24.98	1	56%	59%

RETE METEORICA P2						METODO DELLA CORRIVAZIONE					
Nodo Monte	Nodo Valle	Di [m]	DE [mm]	L [m]	i [%]	Area [mq]	u [l/s ha]	Qc [l/s]	v [m/s]	g.r. [%] T50	g.r. [%] T100
A2	E2	0.1506	160	2.00	0.5%	37.00	611.70	2.26	0.54	29%	30%
B2	C2	0.1506	160	10.00	0.5%	37.00	604.28	2.24	0.54	28%	30%
C2	D2	0.1506	160	10.00	0.5%	37.00	595.37	2.20	0.54	28%	30%
D2	E2	0.1506	160	1.00	0.5%	74.00	594.50	4.40	0.65	41%	43%
E2	F2	0.1506	160	0.20	0.5%	111.00	594.33	6.60	0.72	51%	54%

Tabella 5: dimensionamento delle tubazioni

5.2 Dimensionamento sistemi disperdenti

Il drenaggio di ognuna delle due aree è caratterizzato da:

- Disoleatore
- Pozzi perdenti

Il dimensionamento del sistema di drenaggio è stato eseguito secondo il metodo delle sole piogge e confrontato poi ai volumi minimi da requisito normativo (art.12); viene quindi massimizzato il volume di invaso delle opere disperdenti, le quali sono state dimensionate per un tempo di ritorno pari a $T_R = 50$ anni.

Il volume di invaso è determinato dall'equazione di continuità:

$$V = (Q_{IN} - Q_{OUT}) \cdot \vartheta$$

Essendo:

- V: Volume di invaso
- Q_{IN} : portata in ingresso stimata dalle CPP per eventi con $TR=50$ anni con ietogramma rettangolare
- Q_{OUT} : portata di infiltrazione in uscita dal sistema disperdente
- ϑ : durata critica che massimizza il volume di invaso

La portata in ingresso Q_{IN} viene determinata a partire dall'evento di precipitazione sulla base della curva di possibilità pluviometrica, in riferimento alla superficie drenante dell'intervento.

$$Q_{IN} = i(\vartheta, T) \cdot \Sigma(A_i \cdot \varphi_i)$$

Essendo $i(\vartheta, T)$ l'intensità di precipitazione determinata sulla base dei parametri resi noti dal portale ARPA Lombardia come determinato dal capitolo precedente.

Per determinare la portata infiltrata si fa riferimento all'equazione di Darcy la quale vede coinvolta la conducibilità idraulica del suolo e il gradiente idraulico:

$$v_i = k_i \cdot I_{hy}$$

La conducibilità idraulica del terreno non saturo può essere approssimata a metà della conducibilità dello stesso terreno in condizioni sature, dunque $k_i = k_s/2$.

Il gradiente idraulico può essere assunto pari a $I_{hy} = 1$ per condizioni di falda profonda, così come avviene per le opere in progetto.

Nota la velocità di infiltrazione, si ottiene la portata infiltrata moltiplicando la superficie disperdente dell'opera per la velocità di infiltrazione:

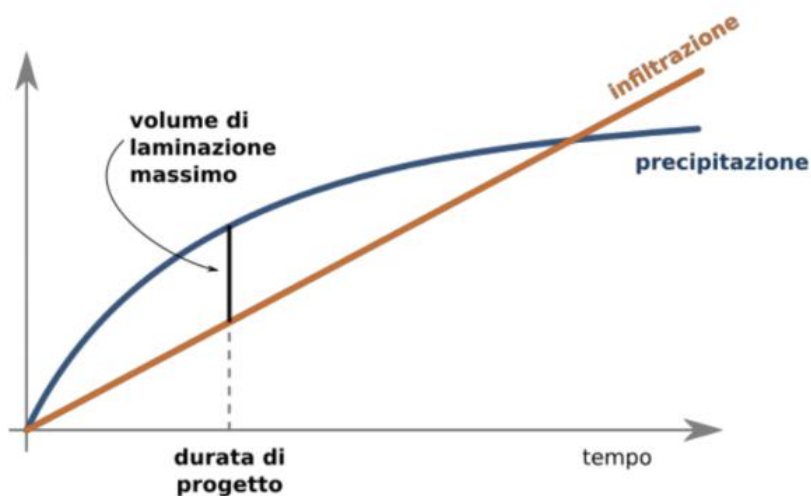
$$Q_{OUT} = \frac{k_s}{2} \cdot A_{disp}$$

La superficie disperdente varia a seconda della tipologia dell'opera in progetto come meglio specificato di seguito.

Note le portate in ingresso e in uscita dal sistema disperdente, è possibile ricavare il volume di laminazione dell'opera a partire dall'equazione di continuità:

$$V = (Q_{IN} - Q_{OUT}) \cdot \vartheta$$

Il volume di progetto viene definito come il volume che massimizza il volume di invaso, ottenuto in corrispondenza della durata critica dell'evento meteorico analizzato, come schematizzato dalla seguente figura.



Per quanto riguarda la capacità di smaltimento del terreno, il parametro k_s di riferimento utilizzato per l'area di intervento è stato definito tramite apposite indagini geologiche, per la quale si è assunto un valore medio pari a $k_s = 6.69 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Vengono di seguito mostrati i risultati ottenuti dal dimensionamento delle opere disperdenti adottate per l'intervento in progetto.

5.2.1 Dimensionamento pozzi perdenti

Per il calcolo dei pozzi perdenti si è fatto riferimento allo "Standard DWA-A 138E Planning, Construction and Operation of Facilities for the Percolation of Precipitation Water". In particolare, l'altezza utile totale può essere ricavata mediante la relazione:

$$z = \frac{\left(A_{imp} \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot \frac{k_f}{2} \right)}{\frac{d_i^2 \cdot \pi}{4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_s} + \frac{d_e \cdot \pi \cdot k_f}{4}}$$

Dove:

- A_{imp} : area equivalente impermeabile
- r_D : coefficiente udometrico
- d_e : diametro esterno del pozzo
- d_i : diametro interno del pozzo
- D : durata dell'evento di pioggia

- f_s : fattore di sovraccarico
- K_f : conducibilità

Il dimensionamento consiste nel calcolare l'altezza utile dell'opera fissando preliminarmente il diametro interno e il numero di pozzi. Il dimensionamento è verificato quando il volume utile risulta pari al massimo volume di invaso ottenibile per eventi meteorici di durata pari a quella critica.

Infine, si verifica che il tempo di svuotamento dell'opera sia inferiore a 48h:

$$t_{svuotamento} = \frac{V_{utile}}{Q_{OUT}} \leq 48 h$$

Ciascun pozzo perdente sarà costituito da anelli in calcestruzzo ($h = 50$ cm), forati ai lati e sovrapposti uno all'altro fino ad ottenere l'altezza desiderata; il fondo del pozzo sarà costituito da ghiaia/pietrischetto, che permette di creare uno spazio molto drenante di separazione tra il terreno e il pozzo stesso. Così come il fondo, anche i lati del pozzo perdente sono riempiti da ghiaia e pietrischetto.

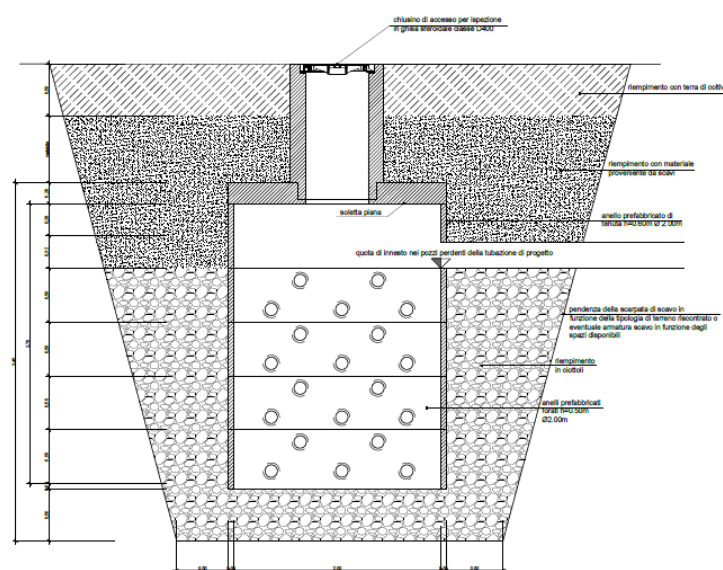


Figura 11 - Sezione tipologica di pozzo perdente

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti vengono presi in considerazione i seguenti fenomeni:

- Precipitazione meteorica e deflusso nella rete
- Invaso nella rete
- Invaso nei pozzi perdenti
- Infiltrazione nel terreno dai pozzi perdenti

- commessa : Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi della RR n. 7/2017 e s.m.i.
- argomento : **R.01 – Relazione idrologico idraulica**

26/28

Infine, è stato verificato, come prevede il R.R 7/17 (Art. 11 comma 6), che i pozzi perdenti si svuotino al massimo in 48 ore, in modo da far fronte ad eventuali nuovi eventi meteorici successivi.

Per la verifica è stata utilizzata l'equazione sopra descritta in modo da poter calcolare la portata in uscita, e quindi il tempo di svuotamento dei pozzi, nelle tabelle sottostanti sono riassunti i risultati derivanti dal calcolo relativi ai pozzi:

BATTERIA POZZI P1		
q _w	0.98	[h]
Volume di progetto totale	35.11	[mc]
GEOMETRIA POZZO		
Di (diametro interno)	2.00	[m]
De (diametro esterno)	3.50	[m]
Nr. Pozzi	2	[-]
Z (altezza singolo pozzo)	3.45	[m]
GHIAIA		
Porosità	30%	[-]
z fondo (trascurabile a favore di sicurezza)	0.00	[m]
ricoprimento laterale medio	0.75	[m]
Diametro medio (pozzo+ghiaia)	3.50	[m]
Altezza lorda (pozzo+ghiaia)	3.45	[m]
Volume ghiaia per pozzo	22.37	[mc]
Volume utile ghiaia per pozzo	6.71	[mc]
VOLUMI PROGETTATI		
<u>pozzi</u>		
Volume interno pozzo	10.85	[mc]
Volume totale pozzi	21.69	[mc]
<u>ghiaia</u>		
Volume utile ghiaia singolo pozzo	6.71	[mc]
Volume utile totale ghiaia	13.42	[mc]
<u>pozzo+ghiaia</u>		
Volume utile complessivo pozzo	17.56	[mc]
Volume utile complessivo batteria	35.11	[mc]
INFILTRAZIONE E SVUOTAMENTO		
Superficie disperdente totale	57.20	[mq]
T svuotamento	5.10	[h]
k _s	6.69E-05	[m/s]
Q _{drenante, max}	0.00191	[mc/s]
SOVRACCARICO		
f _s	1	[-]
VERIFICHE		
Tempo di svuotamento <48h	VERIFICATO	
Volume utile > Volume di progetto	VERIFICATO	

BATTERIA POZZI P2		
q _w	0.98	[h]
Volume di progetto totale	8.84	[mc]
GEOMETRIA POZZO		
Di (diametro interno)	1.50	[m]
De (diametro esterno)	3.00	[m]
Nr. Pozzi	1	[-]
Z (altezza singolo pozzo)	2.63	[m]
GHIAIA		
Porosità	30%	[-]
z fondo (trascurabile a favore di sicurezza)	0.00	[m]
ricoprimento laterale medio	0.75	[m]
Diametro medio (pozzo+ghiaia)	3.00	[m]
Altezza lorda (pozzo+ghiaia)	2.63	[m]
Volume ghiaia per pozzo	13.96	[mc]
Volume utile ghiaia per pozzo	4.19	[mc]
VOLUMI PROGETTATI		
<u>pozzi</u>		
Volume interno pozzo	4.65	[mc]
Volume totale pozzi	4.65	[mc]
<u>ghiaia</u>		
Volume utile ghiaia singolo pozzo	4.19	[mc]
Volume utile totale ghiaia	4.19	[mc]
<u>pozzo+ghiaia</u>		
Volume utile complessivo pozzo	8.84	[mc]
Volume utile complessivo batteria	8.84	[mc]
INFILTRAZIONE E SVUOTAMENTO		
Superficie disperdente totale	19.47	[mq]
T svuotamento	3.77	[h]
k _s	6.69E-05	[m/s]
Q _{drenante, max}	0.00065	[mc/s]
SOVRACCARICO		
f _s	1	[-]
VERIFICHE		
Tempo di svuotamento <48h	VERIFICATO	
Volume utile > Volume di progetto	VERIFICATO	

Come si può evincere dalle tabelle il tempo di svuotamento dei pozzi è minore del tempo necessario fissato da normativa.

I pozzi perdenti risultano ancora sufficienti in numero per un evento meteorico con tempo di ritorno di 100 anni.

Confronto con i requisiti minimi da normativa (art. 12 R.R. 7/17)

L'area oggetto di intervento è classificata come area A di cui al comma 3 dell'art. 7, per cui il requisito minimi della capienza dell'invaso (art 12 comma 2) è pari a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

In conclusione, si ottiene un volume minimo da rispettare secondo i requisiti minimi:

$$V_{req\ min} = S \cdot \varphi \cdot V_{spec}$$

Tali volumi, secondo l'art. 11 comma 2 lettera e), possono essere ridotti del 30% essendo state condotte delle prove geologiche di permeabilità in sito.

Per l'area si ha quindi che:

Area	V req. min (art.12) [m ³]	Vmin ridotto (art. 11) [m ³]	Volume metodo sole piogge [m ³]	Volume finale [m ³]
P1	36	25	35.1	35.1
P2	8.8	6.2	8.9	8.9

Dalle procedure di calcolo descritte sopra, si evince come per l'area in oggetto, per soddisfare il volume calcolato con il metodo delle sole piogge sono necessari:

- due pozzi perdenti di diametro di 2 m e altezza utile di 3.5 m per l'area P1. Le dimensioni soddisfano anche le verifiche del sistema disperdente per tempo di ritorno di 100 anni;
- un pozzo perdente di diametro 1.50 m e altezza utile 3 m per l'area P2. Le dimensioni soddisfano anche le verifiche del sistema disperdente per tempo di ritorno di 100 anni.

Rete	N° POZZI	DIAMETRO	ALTEZZA UTILE
P1	2	2,00 m	3,50 m
P2	1	1,50 m	3,00 m

5.3 Calcolo dei sistemi di disoleazione

I pozzi perdenti in progetto devono essere protetti dall'eventuale deposito sul fondo di materiale fino e/o oleoso, che nel tempo può creare uno strato che occlude gli interstizi limitando di molto la dispersione.

Il disoleatore protegge la funzionalità dell'opera, catturando parte dell'evento meteorico (in particolare le prime piogge cariche di olii). La portata eccedente è convogliata poi direttamente al bacino drenante superficiale tramite un sistema di by pass.

I disoleatori previsti saranno in grado di separare i residui oleosi, idrocarburi oltre alle sostanze in sospensione. Il dimensionamento dei disoleatori è stato quindi eseguito calcolando in primo luogo le portate di prima pioggia in ingresso ai manufatti. Sapendo che tali acque sono identificate nei primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento, uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio, per il calcolo delle relative portate si assume che tale valore venga raggiunto dopo un periodo di tempo pari a 15 minuti di pioggia. Alla luce di quanto esposto, la formulazione utilizzata per il calcolo delle portate di prima pioggia è esposta in seguito:

$$Q_p = A \cdot h_{prima\ pioggia} \cdot t_{prima\ pioggia}$$

A questo punto, si è calcolato il volume minimo del disoleatore, ipotizzando che siano necessari circa 3/4 minuti per il deposito di eventuali fanghi e materiale solido trasportato (come indicato dalle linee guida fornite da Arpa Emilia-Romagna LG28/DT, nel nostro caso si sono considerati 4 minuti):

$$V = Q_p \cdot t_{sedimentazione}$$

Nella tabella seguente sono quindi riassunti i risultati ottenuti:

PRIMA PIOGGIA P1			PRIMA PIOGGIA P2		
Altezza di prima pioggia	[mm]	5	Altezza di prima pioggia	[mm]	5
Superficie impermeabile	[mq]	450.00	Superficie impermeabile	[mq]	110.00
Durata di prima pioggia	[min]	15	Durata di prima pioggia	[min]	15
Volume di prima pioggia	[mc]	2.25	Volume di prima pioggia	[mc]	0.55
DIMENSIONAMENTO DISOLEATORE			DIMENSIONAMENTO DISOLEATORE		
Portata prima pioggia	[l / s]	2.50	Portata prima pioggia	[l / s]	0.61
Tempo deposito	[s]	180	Tempo deposito	[s]	180
Volume minimo disoleatore	[mc]	0.45	Volume minimo disoleatore	[mc]	0.11

Tabella 6. Dimensionamento disoleatori per le due aree in progetto