

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

F 3 0

D

f

0 0 5

I M

- -

R 0

--

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO  
RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO - FASE 2  
*Progetto Definitivo*

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI  
RELAZIONE DI CALCOLO  
INVARIANZA IDRAULICA

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	MAGGIO 2024	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

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
Prima Emissione			0

## **OMMARIO**

<b>1</b>	<b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA .....</b>	<b>2</b>
1.1.1	<i>Precipitazioni di Progetto.....</i>	4
1.1.2	<i>Curve di possibilità pluviometrica.....</i>	4
1.1.3	<i>Dimensionamento delle reti di drenaggio .....</i>	6
1.1.4	<i>Dimensionamento delle pompe .....</i>	7
1.1.4.1	Pompe all'interno della vasca di laminazione V01 .....	7
1.1.4.2	Pompe di sollevamento vani ascensori .....	9

## 1 RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

L'intervento è previsto in comune di Locate Varesino, Provincia di Como, il comune secondo il regolamento di Invarianza Idraulica di Regione Lombardia (RR 7/2017) si trova in zona A, alta criticità idraulica.

L'intervento presenta l'impermeabilizzazione distinta di due aree, poste ai due lati della ferrovia. Ognuna delle due aree ha un'area impermeabilizzata di 130 m<sup>2</sup>, per un totale di 260 m<sup>2</sup> quadri impermeabilizzati.

Tabella 1

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	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	
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)
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)
		> 10 ha (> 100.000 mq)		

Ognuna delle due aree ha un area impermeabilizzata di 130 m<sup>2</sup>, per **un totale di 260 m<sup>2</sup> impermeabilizzati**. L'area relativa alla copertura della passerella pedonale, non verrà considerata, in quanto la stessa per sua stessa conformazione scaricherà le acque meteoriche sulla sede ferroviaria sottostante, considerata come area permeabile.

Come da tabella 1, la classe di intervento è classe 0, e di conseguenza è sufficiente uniformare il sistema di smaltimento ai requisiti minimi dell'articolo 12 comma 1.

Si tenga presente che i calcoli sono stati sviluppati come due aree di raccolta distinte per il lato binario 1 ed il lato binario 2, poiché le banchine avranno una rete di raccolta distinta fra loro per i tratti in orizzontale.

La soluzione scelta prevede due vasche di laminazione, una per lato della ferrovia, e recapito finale in fognatura o corpo idrico superficiale (la soluzione è diversa per i due lati della ferrovia).

Non è possibile provvedere a scarico negli strati superficiali del suolo in quanto la presenza di una lente d'argilla, come riscontrata nella relazione geologica e geotecnica redatta dall'Egr. Dott. Geol. Alessandro Freddo, rif. n° F30Db001IG-R0\_Relazione geologica del 02/08/2022, rende di fatto inefficace ogni tentativo di infiltrazione delle acque.

Applicando le indicazioni del regolamento regionale, vista la limitata estensione dell'area impermeabilizzata si deduce che i requisiti minimi da rispettare constano in 400 m<sup>3</sup>/ha di volume di stoccaggio e una portata massima di rilascio di 10l/s/ha.

Per ognuno dei due lati della ferrovia si ottiene quindi una vasca di **5,2m<sup>3</sup>** minimo con una portata di rilascio di **0,26 l/s**.

Tale portata garantisce lo svuotamento del volume di invaso in poco meno di **6 h**, quindi inferiori alle 48h limite.

### REQUISITI MINIMI ART 12 RR 7/2017

Comune	LOCATE VARESINO		
CHECK	LOCATE VARESINO OK!		
Fascia	A		
Provincia	CO		
Coeff P	1		
Area Impermeabile	130 m2	1 p	
Area Semi Permeabile	0 m2	0,7 p	
Area Permeabile	0 m2	0,3 p	
Ponderale medio	1		
Mq equivalenti	130 m2	0,013 ha	
Fascia risultante	C	se <300 mq, art	
Req Minimi Comma 12			
Volume Volano	400 m3/ha		
Volume Volano	5,2 m3		
Portata Scarico	20 (l/s)/ha		
Portata Scarico	0,26 l/s		
Tempo svuotamento	5,56 h	<48 h	

### 1.1.1 Precipitazioni di Progetto

Ai fini della progettazione del sistema di raccolta e drenaggio delle acque pluviali, occorre definire l'evento meteorico critico in base al quale dimensionare le opere.

L'evento meteorico critico è rappresentabile dalle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che esprimono la relazione tra l'altezza di pioggia attesa al tempo di ritorno prescelto e alla durata dell'evento meteorico che a sua volta dipende dalla ubicazione geografica e morfologica dell'area di interesse.

Si ricorda che per tempo di ritorno  $T$  si intende il tempo medio, in senso statistico, intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, similmente, il tempo medio in cui il valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

### 1.1.2 Curve di possibilità pluviometrica

La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma:

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

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

Dove:

$a$   $a_1 \cdot w_T$  [mm h<sup>-n</sup>]

$h$  è l'altezza di pioggia per unità di superficie [mm]

$D$  è la durata dell'evento meteorico [h]

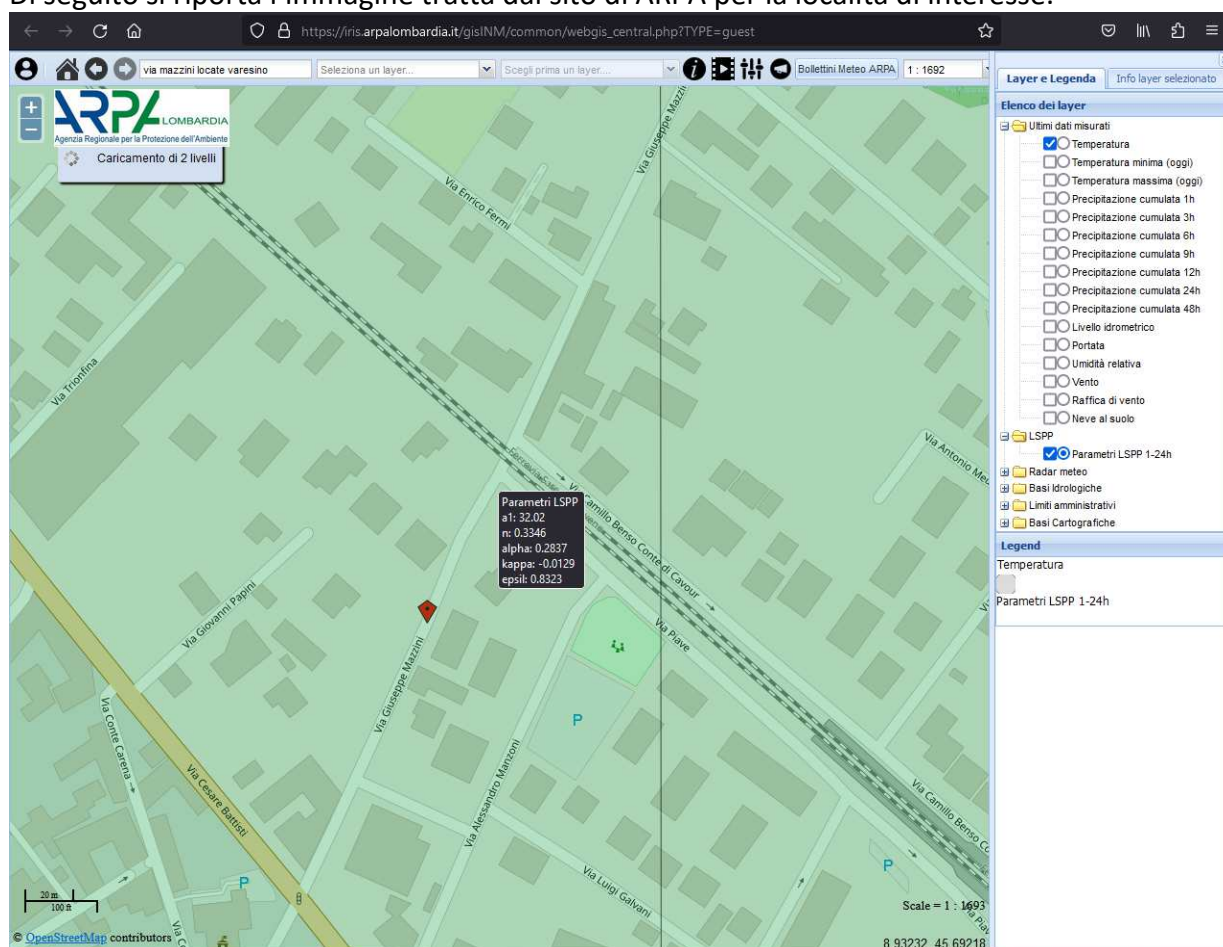
$a_1$  è il coefficiente pluviometrico orario e rappresenta il valore dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento  $D$  [mm h<sup>-1</sup>]

$w_T$  è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $T$

$n$  è l'esponente della curva con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali

$\alpha, \varepsilon, \kappa$  sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV (General Extreme Value) adottate.

Di seguito si riporta l'immagine tratta dal sito di ARPA per la località di interesse.



I parametri della LSP sono riportati nella seguente Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – T = 50 anni

Parametro	Valore
$a_1$ [mm h <sup>-1</sup> ]	32,02
$n$ ( $D \geq 1$ h)	0,3346
$n$ ( $D < 1$ h)	0,50
$a$	0,2837
$k$	-0,0129
$e$	0,8323
$w_T$	1.97
$a$ [mm h <sup>-n</sup> ]	63,08

### 1.1.3 Dimensionamento delle reti di drenaggio

Le tubazioni che raccolgono le acque saranno realizzate in PVC rigido conformi norma UNI EN 1401-1 tipo SN8 SN per condotte di scarico interrate di acque civili e industriali, giunto a bicchiere con anello in gomma, contrassegnati ogni metro con marchio del produttore, diametro, data di produzione e simbolo IIP.

A titolo cautelativo si è deciso di mantenere costante il diametro della tubazione a partire dal punto di raccolta più lontano fino all'innesto in una delle due vasche V01 o V02, indipendentemente dal variare dell'area afferente a quel tratto di tubazione.

Nello specifico abbiamo considerato le seguenti aree:

A1 = copertura rampa scale e area di accesso lato binario 1

A2 = copertura rampa scale e area di accesso lato binario 2

La superficie scolante complessiva che convoglia le acque nella vasca V01 è pari a 140m<sup>3</sup>, mentre per nella vasca V02 è pari a 163m<sup>3</sup>; ipotizzando un fermo delle pompe non superiore a 20 minuti, la porta totale afferente alla vasca viene calcolata con la seguente formula

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

S superficie scolante del bacino afferente all'invaso

$\varphi$  coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino (d'ora in poi indicato con  $\varphi$ )

D durata di pioggia

$a = a_1 \cdot W_T$  parametro della LSPP

n parametro della LSPP

la durata della pioggia è stata considerata pari a 20 minuti, pari al fermo pompe ipotizzato, pertanto, il parametro n è stato fissato pari a 0.5 poiché la durata dell'evento è inferiore all'ora.

Sostituendo nella formula sopra riportata i valori di superficie calcolati, si ottiene quanto riportato nella seguente Tabella:

Tabella 7.1

Identificazione area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Porta Q <sub>max</sub> [lt/s]
A1	140	19,69
A2	163	19,69

Il dimensionamento è stato eseguito con la formula di "Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler"

$$v = K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove

K = coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler"

R = raggio idraulico

I = Pendenza

Una volta calcolata la velocità in base all'area liquida che è funzione del coefficiente di riempimento si ottiene la portata massima della tubazione.

Il dimensionamento è stato pertanto eseguito considerando un coefficiente di riempimento compreso tra il 50% e 60%, in modo da avere la sicurezza che la tubazione non vada mai in pressione. La pendenza adottata per i due rami è pari al 0,5%.

Di seguito sono riportate le caratteristiche dimensionali delle tubazioni utilizzate per il dimensionamento

#### Tubi PVC SN8 - SDR 34

Ø esterno mm	Spessore mm	Ø interno mm	Ø est. bicchiere mm	Peso kg/m
110	3,2	103,6	128,4	1,78
125	3,7	117,6	146,4	2,32
160	4,7	150,6	186,2	3,76
200	5,9	188,2	230,8	5,87
250	7,3	235,4	290,2	9,14
315	9,2	296,6	364,4	14,49
400	11,7	376,6	455,4	23,36
500	14,6	470,8	573,6	36,44
630	18,4	593,2	-	58,07

nella Tabella 7.2 sono riportati i principali risultati di calcolo relativi al dimensionamento delle tubazioni.

Tabella 7.2

	Q da smaltire lt/s	Ø est	Ø int m	K	W %	I m/m	Q max smaltibile lt/s	Verificato s/n
Area affluente A1	3,53	DN150	0,141	120	50	0,005	19,69	S
Area affluente A2	4,01	DN150	0,141	120	50	0,005	19,69	S

Dai calcoli riportati nella tabella soprastante si evince che tutte le tubazione dei collettori principali sono sufficienti a far defluire la portata critica.

La rete che convoglierà le acque al pozzo perdente di pertinenza, essendo una rete non in pressione sarà realizzata in PVC ed avrà diametro DN150 (Ø esterno 150 mm e Ø interno 141 mm).

### 1.1.4 Dimensionamento delle pompe

#### 1.1.4.1 Pompe all'interno della vasca di laminazione V01

L'intervento in oggetto prevede un impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche delle coperture delle rampe scale e delle aree di accesso al piano terra per ciascun lato della struttura, con vasca di laminazione e gruppo di sollevamento dedicato a ciascuna porzione.



I gruppi di sollevamento sono stati dimensionati in modo da asportare la portata piena di acqua in ingresso. Le due pompe del gruppo funzioneranno in alternanza e saranno gestite da un quadro elettrico mediante dei galleggianti.

La prevalenza della singola pompa è stata calcolata nel seguente modo:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{dis} + H_{acc}$$

dove:

$H_{tot}$  = prevalenza totale pompa

$H_{geo}$  = dislivello geodetico fra la bocca di aspirazione pompa e l'ingresso nei pozzi perdenti

$H_{dis}$  = perdite continue lungo la tubazione

$H_{acc}$  = perdite accidentali

Per il calcolo delle perdite di carico continue è stata adottata la formula di Hazen-Williams:

$$P = 6,05 \times \frac{Q^{1,85} \times 10^9}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

dove:

P è la perdita di carico unitaria, in millimetri di colonna d'acqua al metro di tubazione;

Q è la portata, in litri al minuto;

C è la costante dipendente dalla natura del tubo che deve essere assunta uguale a:

100 per tubi di ghisa,

120 per tubi di acciaio,

140 per tubi di acciaio inossidabile, in rame e ghisa rivestita,

150 per tubi di plastica, fibra di vetro e materiali analoghi;

D è il diametro interno della tubazione, in millimetri.

Le perdite di carico localizzate dovute alle valvole d'intercettazione e di non ritorno, ai raccordi, curve, pezzi speciali, attraverso i quali la direzione di flusso subisce un cambiamento di 45° o maggiore, sono state trasformate in "lunghezza di tubazione equivalente" come specificato nel prospetto sotto riportato ed aggiungere alla lunghezza reale della tubazione di uguale diametro e natura.

Tipo di accessorio	DN											
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
	Lunghezza tubazione equivalente (mt)											
Curva a 45°	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9
Curva a 90°	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	3,0	3,6	4,2	5,4	6,6	8,1
Curva a 90° a largo raggio	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	2,7	3,9	4,8	5,4
Pezzo a T o raccordo a croce	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,5	6	7,5	9,0	10,5	15,0	18,0
Saracinesca	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Valvola di non ritorno	1,5	2,1	2,7	3,3	4,2	4,8	6,6	8,3	10,4	13,5	16,5	19,5

Nota: Il prospetto è valido per coefficiente di Hazen Williams C=120 (accessori in acciaio);

per altri tipi di materiale vale quanto segue:

- per accessori in ghisa (C=100) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 0,713
- per accessori in acciaio inossidabile, in rame e in ghisa rivestita (C=140) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 1,32;
- per accessori in plastica o analoghi (C=150) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 1,51.

Il dimensionamento delle pompe al servizio delle vasche di laminazione è stato eseguito con i seguenti dati:

1) Vasca di laminazione V01

- $Q = 0,26$  lt/s portata che transita nella tubazione principale che collega V01 ai pozzi perdenti
- DV01 = DN65 ( $\varnothing$  interno 51,4 mm)
- $H_{geo} = 1,9$ m
- $Le = 3,1$  m (lunghezza equivalente pari alla somma delle perdite continue e concentrate)
- $P = 4,3$  mm/m perdita di carico continua
- $H_{dis+con} = 13,5$ mm somma delle perdite concentrate e distribuite ( $P \times Le$ )
- $H_{tot} = 2$  m prevalenza totale pompa

Quindi le due pompe all'interno della vasca V01 dovranno avere le seguenti caratteristiche:

$$Q = 0,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 2,00 \text{ m}$$

2) Vasca di laminazione V02

- $Q = 0,26$  lt/s portata che transita nella tubazione principale che collega V01 ai pozzi perdenti
- DV02 = DN65 ( $\varnothing$  interno 51,4 mm)
- $H_{geo} = 1,9$ m
- $Le = 30$ m (lunghezza equivalente pari alla somma delle perdite continue e concentrate)
- $P = 4,3$  mm/m perdita di carico continua
- $H_{dis+con} = 129$  mm somma delle perdite concentrate e distribuite ( $P \times Le$ )
- $H_{tot} = 2,15$ m prevalenza totale pompa

Quindi le due pompe all'interno della vasca V01 dovranno avere le seguenti caratteristiche:

$$Q = 0,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 2,15 \text{ m}$$

#### **1.1.4.2 Pompe di sollevamento vani ascensori**

L'intervento in oggetto prevede un impianto di sollevamento delle acque meteoriche incidenti sui nuovi vani ascensori per il trasferimento alla rete di raccolta delle acque meteoriche dei due lati della struttura.

VANI ASCENSORI ANNESSI AL SOTTOPASSO DI STAZIONE					
TIPO		Superficie scolante [mq]	Coefficiente di deflusso	Indice pluviometrico [l/(s*mq)]	Portata [lt/sec]
COPERTURA ASCENSORE BINARIO 1	VANO LATO	7,83	0,5	0,01	0,035
COPERTURA ASCENSORE BINARIO 2	VANO LATO	7,83	0,5	0,01	0,035
CARATTERISTICHE POMPE DI SOLLEVAMENTO					
PORTATA [mc/h]			1,1		
PREVALENZA [m.c.a.]			4		
POTENZA ELETTRICA MAX [kW]			0,6		