

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

E 100

D

b

003

IM

- -

R 1

===

TRATTA SARONNO-COMO OPERE SOSTITUTIVE
PL KM 31+267 NEI COMUNI DI CADORAGO E LOMAZZO
Progetto Definitivo

SOTTOPASSO VEICOLARE SPUMADOR (LOMAZZO)
RELAZIONE TECNICA IMPIANTI MECCANICI
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE/INVARIANZA IDRAULICA

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1	Maggio 2025	REVISIONE A SEGUITO DI VERIFICA		
	0	Gennaio 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

APPing
Ingegneria Civile Applicata
APPing s.r.l.
www.apppingegneria.com
Info@apppingegneria.com

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
AN	GM	AB	Dic. 2023
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

Indice

1. PREMESSA E FINALITA'	2
2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IDRAULICO	3
2.1. Individuazione dei recapiti e delle aree scolanti	5
2.2. Opere in progetto – reti di raccolta e scarichi acque meteoriche	12
2.3. Opere in progetto – risoluzione interferenze fognatura pubblica	12
3. ANALISI IDROLOGICA	14
3.1. Analisi probabilistica delle precipitazioni intense	14
3.2. Tempo di ritorno	16
4. ANALISI IDRAULICA	17
4.1. Portate della rete di acque bianche	17
4.2. Portate della rete di acque nere	20
5. DIMENSIONAMENTO RETI FOGNARIE	21
6. MANUFATTI PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA	23
6.1. Dimensionamento delle strutture di laminazione delle acque meteoriche	23
6.2. Dimensionamento dei pozzi perdenti	32
6.3. Verifica della struttura di laminazione delle acque meteoriche	34
7. CONCLUSIONI	36

ALLEGATO:

- Allegato E al Regolamento Regionale 7/2017: Asseverazione del progettista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento

1. PREMESSA E FINALITA'

La società **NORD_ING** in collaborazione con **APPing s.r.l.** progetterà per conto di **FERROVIE NORD S.p.A.** l'intervento denominato: "Tratta Saronno-Como opere sostitutive PL km 31+267 nei comuni di Cadorago e Lomazzo" riguardante nello specifico la realizzazione di un nuovo collegamento stradale tra la viabilità locale di Via Como/Via alla Fonte, in corrispondenza della ditta "Spumador", e la SP 30 al confine tra i comuni di Cadorago (CO) e Lomazzo (CO) sottopassando via Como/via alla Fonte e la linea Ferrovia Como – Saronno.

Il presente documento costituisce la relazione idrologica ed idraulica rispondente ai requisiti del Regolamento Regionale della Lombardia n.7 del 23 novembre 2017 (RR 7/2017) recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art.58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12, così come modificato ed integrato dal Regolamento Regionale della Lombardia n.8 del 19 aprile 2019 (RR 8/2019), relativamente alle opere idrauliche previste nell'ambito di questo progetto di nuova costruzione edilizia e ristrutturazione edilizia.

Il progetto idraulico riguarda in particolare il dimensionamento della rete meteorica, il dimensionamento delle strutture di laminazione e infiltrazione.

I calcoli idrologici ed idraulici sono stati eseguiti secondo le indicazioni del regolamento regionale, ovvero considerando eventi di pioggia con tempo di ritorno pari a 50 anni (con verifica per tempi di ritorno di 100 anni) ed utilizzando i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica adottati da ARPA Lombardia.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IDRAULICO

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo collegamento stradale tra la viabilità locale di Via Como/Via alla Fonte, in corrispondenza della ditta "Spumador", e la SP 30 al confine tra i comuni di Cadorago (CO) e Lomazzo (CO) sottopassando via Como/via alla Fonte e la linea Ferrovia Como – Saronno. Il nuovo collegamento stradale costituirà un'importante via di comunicazione favorendo l'attraversamento della linea ferroviaria risolvendone le criticità in ambito di sicurezza attualmente presenti con il passaggio a livello a raso esistente posto a circa 300m a nord dall'area oggetto di intervento.

L'intervento progettuale prevede:

- realizzazione ex-novo della viabilità denominata "Asse principale" Categoria stradale F Extraurbana: la viabilità presenta corsia da 3,50m con banchine da 1,00m come previsto dal DM2001;
- realizzazione di due nuove rotatorie denominate "Rotatoria 1" e "Rotatoria 2". Per entrambe le rotatorie sono compresi nella progettazione gli innesti con le viabilità esistenti e con gli accessi privati:
 - La Rotatoria 1 è una rotatoria compatta avente diametro pari a 32,00m avente corona giratoria di larghezza pari a 8,00m, con banchine laterali da 1,00m, ed isola centrale sormontabile, con fascia di larghezza pari a 1,50m, di raggio 7,00m e pendenza trasversale con inclinazione verso l'esterno pari al 2,00%.
 - La Rotatoria 2 è una rotatoria compatta con diametro pari a 28,00m avente corona giratoria di larghezza pari a 7,00m, con banchine laterali da 1,00m, ed isola centrale sormontabile, con fascia di larghezza pari a 1,50m, di raggio 6,50m e pendenza trasversale con inclinazione verso l'esterno pari al 2,00%.
- pista ciclopedonali lungo tutto l'itinerario dell'"Asse principale" denominata nel progetto "Pista ciclopedonali": posta sulla sinistra per l'utenza che percorre le viabilità oggetto di intervento in direzione nord, presenta una larghezza minima pari a 2,50m con pendenza verso l'interno dell'1%.

Ai fini del rispetto della normativa sull'invarianza idraulica, trattandosi di interventi relativi ad infrastrutture stradali e autostradali che non rientrano nei casi dell'art.3 del RR 7/2017, si prevede di applicare a tutta l'area oggetto di intervento le misure per l'invarianza idraulica, ai sensi della lettera b), comma 2 e lettera a), comma 2bis dell'art.3 del RR 7/2017.

L'area di intervento da assoggettare ad invarianza idraulica ha una superficie complessiva di circa 9'150 m², dunque ai sensi dell'art.9 (Tabella 1) è richiesto il calcolo del volume di laminazione necessario secondo il **metodo delle sole piogge**.

Ai sensi del comma 3 dell'art.7 del RR 7/2017, i territori comunali di Cadorago e di Lomazzo ricadono in area A (alta criticità), dunque, il valore di portata meteorica ammissibile allo scarico per queste zone, ai sensi del comma 1 dell'art.8, è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

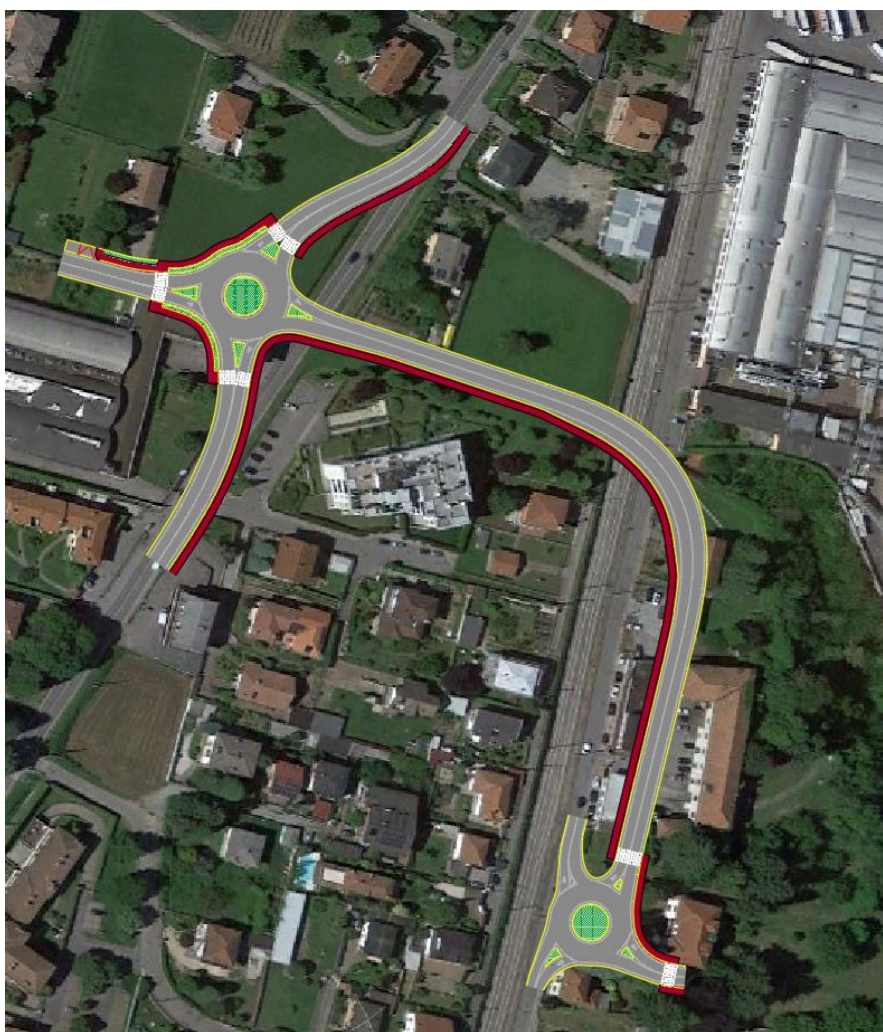


Figura 1: Planimetria di progetto su ortofoto

2.1. Individuazione dei recapiti e delle aree scolanti

In questa fase si prevede di scaricare le acque meteoriche della SP30 nel sottosuolo tramite una vasca di infiltrazione costituita da elementi in polipropilene, mentre le acque meteoriche del sottopasso e della rotonda sud saranno convogliate in una vasca di laminazione e pompate in una batteria di pozzi perdenti al fine di smaltirle nel sottosuolo.

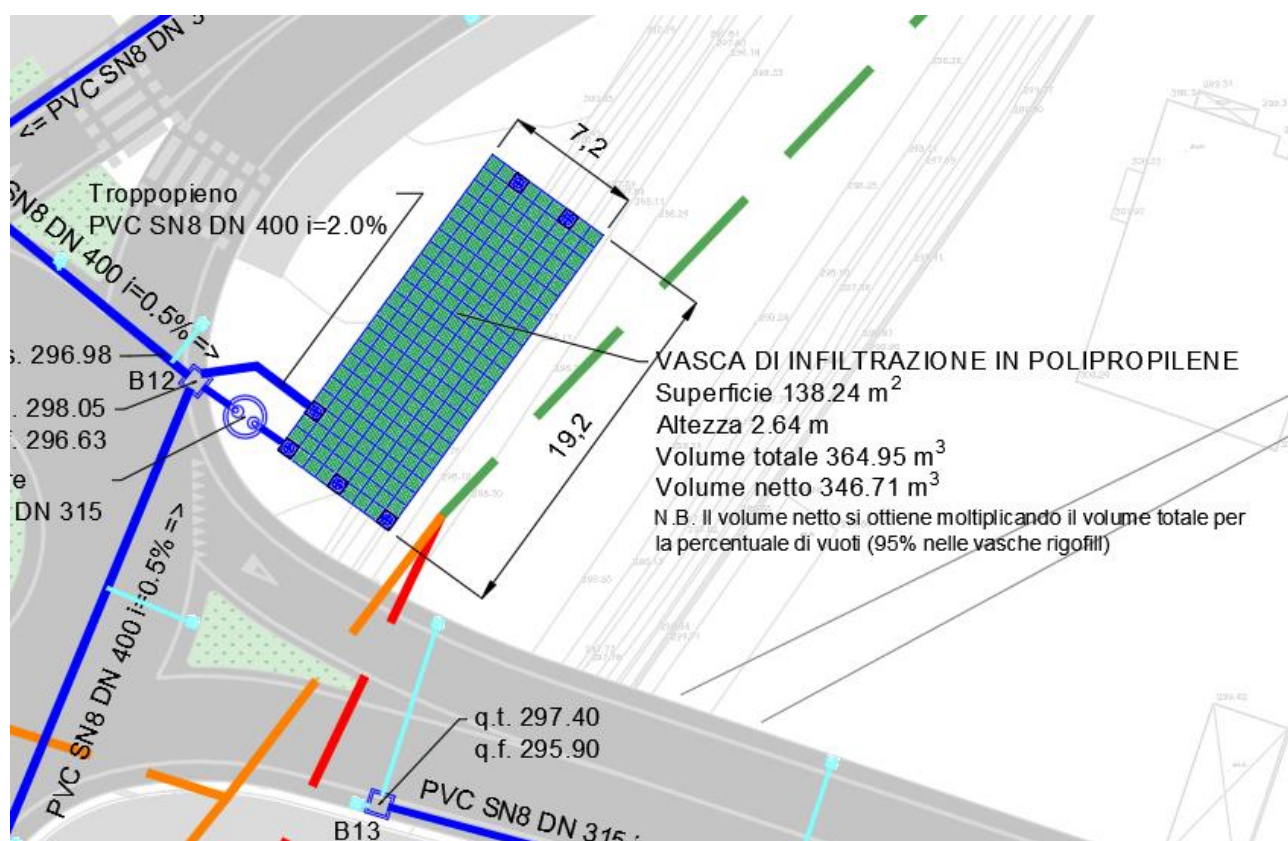


Figura 2: Planimetria vasca di infiltrazione della SP30

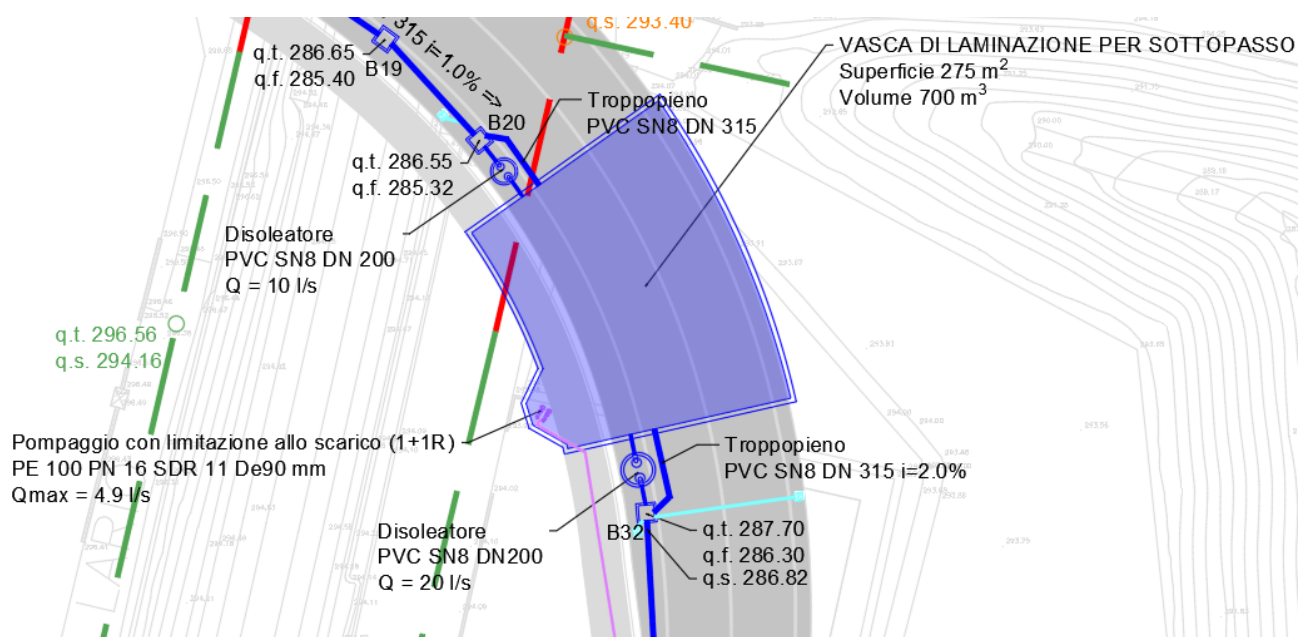


Figura 3: Planimetria vasca di laminazione del sottopasso

Ai sensi di quanto prescritto dall'Art. 5 comma 3 del R.R. 7 del 23/11/2017 sono stati valutati in ordine di priorità tutti possibili recapiti delle acque meteoriche:

- *Riuso dei volumi stoccati:* in questa fase, date le dimensioni contenute di aree a verde, non è stato ritenuto economicamente vantaggioso prevedere un impianto di irrigazione alimentato da una vasca di riuso delle acque meteoriche.
- *Infiltrazione nel suolo:* i PGT dei comuni di Cadorago e di Lomazzo non riportano la presenza di particolari vincoli e la soggiacenza della falda nell'area oggetto di intervento è molto profonda (tra i 230 m s.l.m. e i 220 m s.l.m., maggiore dunque di 50 metri dal piano campagna).

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile effettuate in data 19/04/2023 forniscono tre risultati completamente diversi e sono state eseguite a profondità eccessive (oltre i 9 m) rispetto alla quota di fondo dei manufatti di infiltrazione, pertanto, si assumerà cautelativamente un coefficiente di permeabilità pari a 5×10^{-5} m/s e, per confermare il valore di permeabilità di progetto, si raccomanda di ripetere tali prove in fase esecutiva nel punto esatto e alla quota di posa delle strutture di infiltrazione.

L'infiltrazione nel sottosuolo senza scarico in fognatura o in corso idrico al di fuori dalla fascia di rispetto della ferrovia (25 metri) potrebbe essere pertanto una soluzione attuabile.

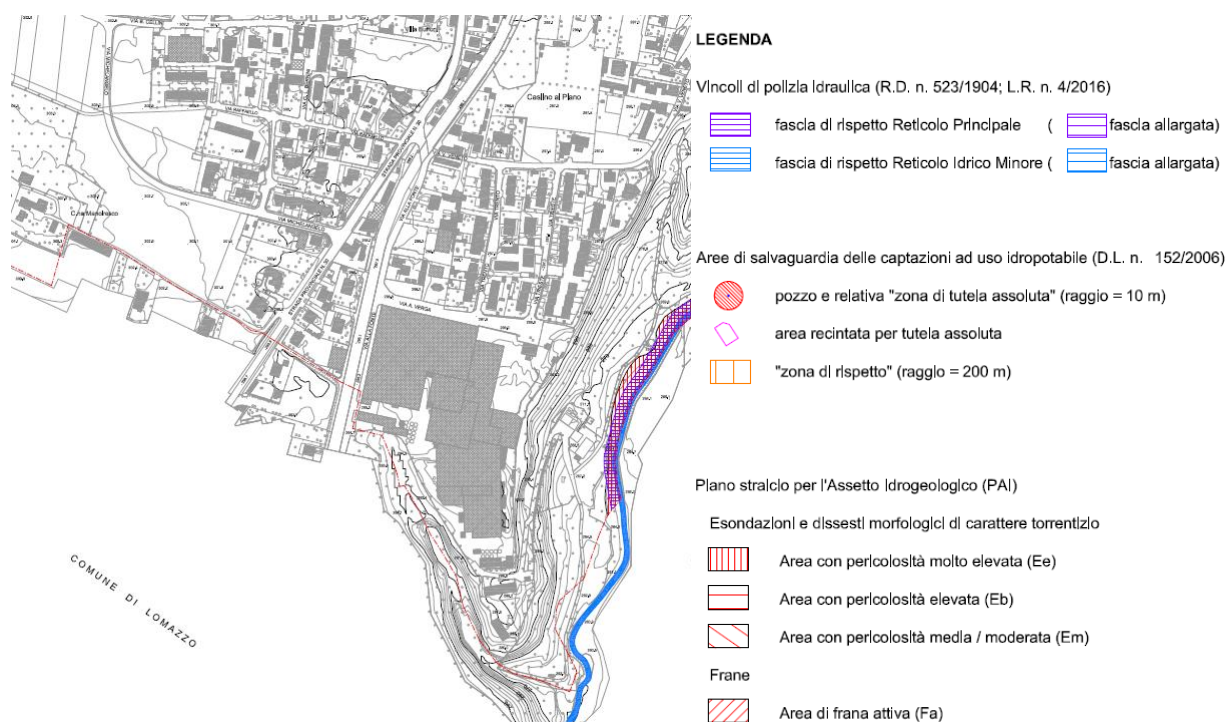


Figura 4: Carta dei vincoli Comune di Cadorago (versione dicembre 2018)

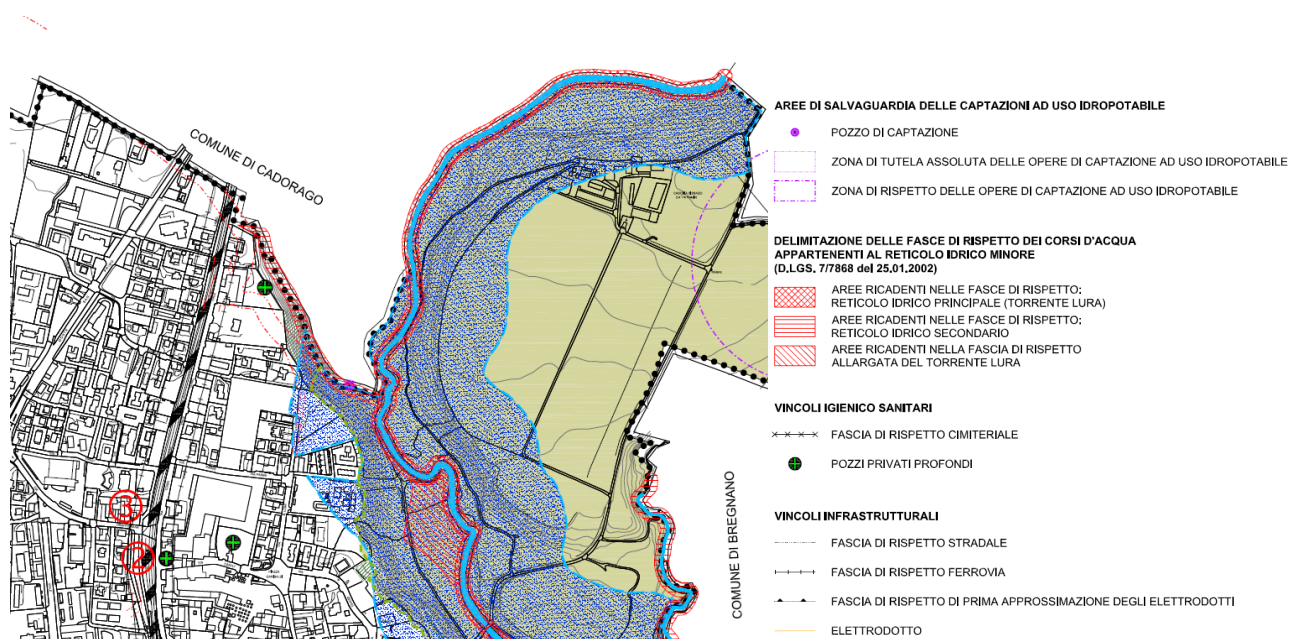


Figura 5: Carta dei vincoli Comune di Lomazzo (versione novembre 2020)

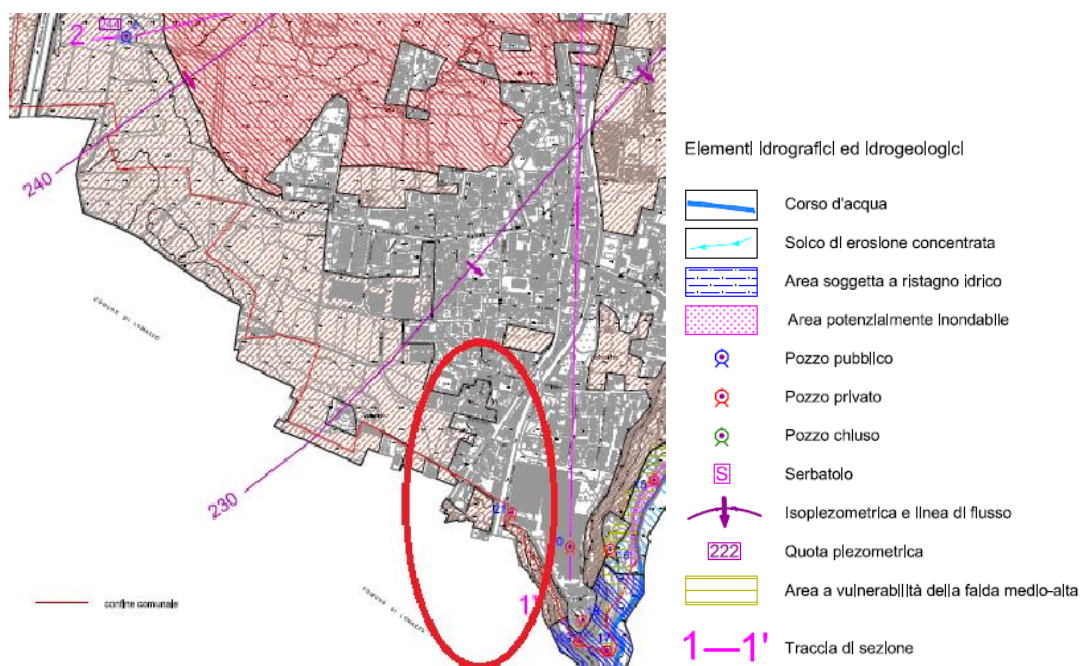


Figura 6: Idrogeologia e Pedologia del Comune di Cadorago (versione dicembre 2018)

- *Scarico in corsi d'acqua superficiali:* nell'area in oggetto è presente un affluente del Torrente Lura, riportato nella tavola del Piano Particolareggiato di Attuazione del Parco del Lura (versione dicembre 2018), pertanto anche lo scarico delle acque meteoriche in corso d'acqua superficiale potrebbe essere percorribile, però, in ordine di priorità, l'infiltrazione nel sottosuolo risulta essere preferibile rispetto allo scarico in corso d'acqua.

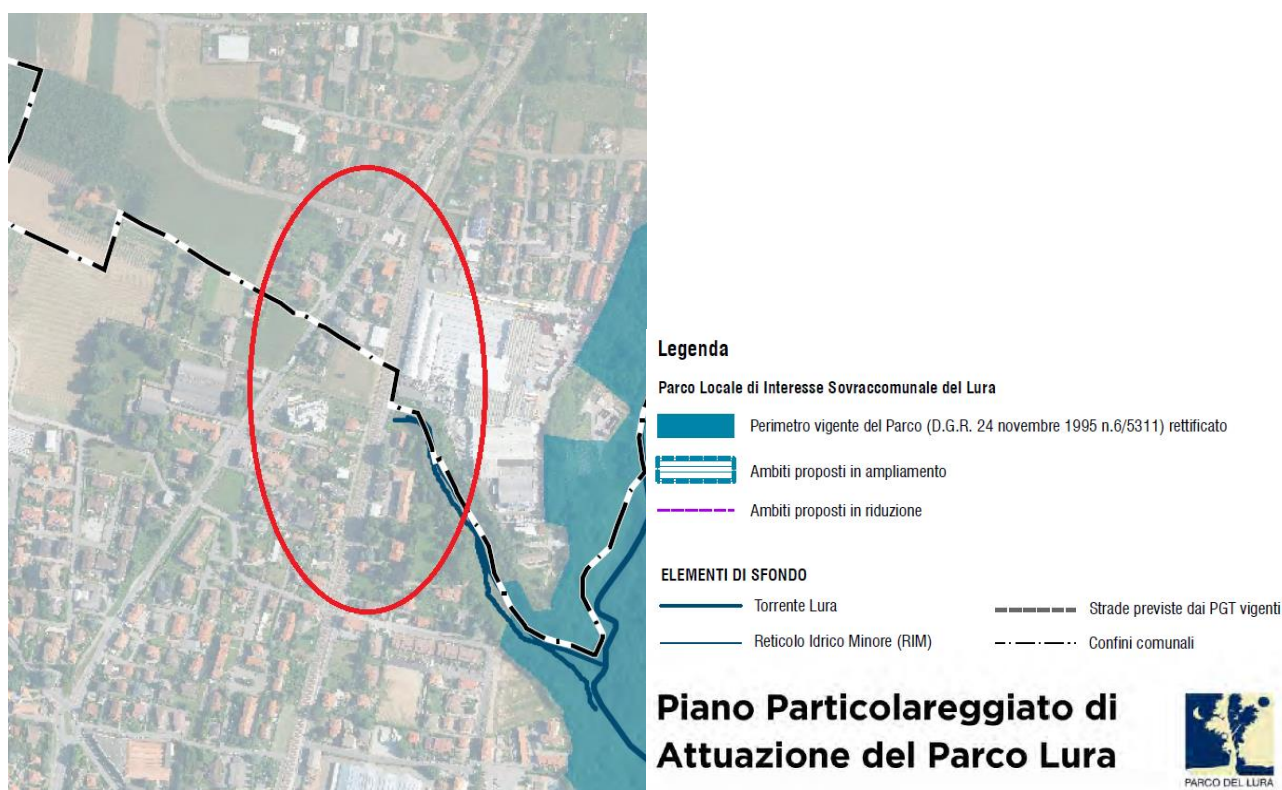


Figura 7: Piano Particolareggiato di Attuazione del Parco del Lura (versione dicembre 2018)

- *Scarico in fognatura:* Essendo presenti collettori in tutta l'area di intervento, la fognatura rappresenta un possibile recapito delle acque meteoriche laminate, però, in ordine di priorità, l'infiltrazione nel sottosuolo risulta essere preferibile rispetto allo scarico in fognatura.

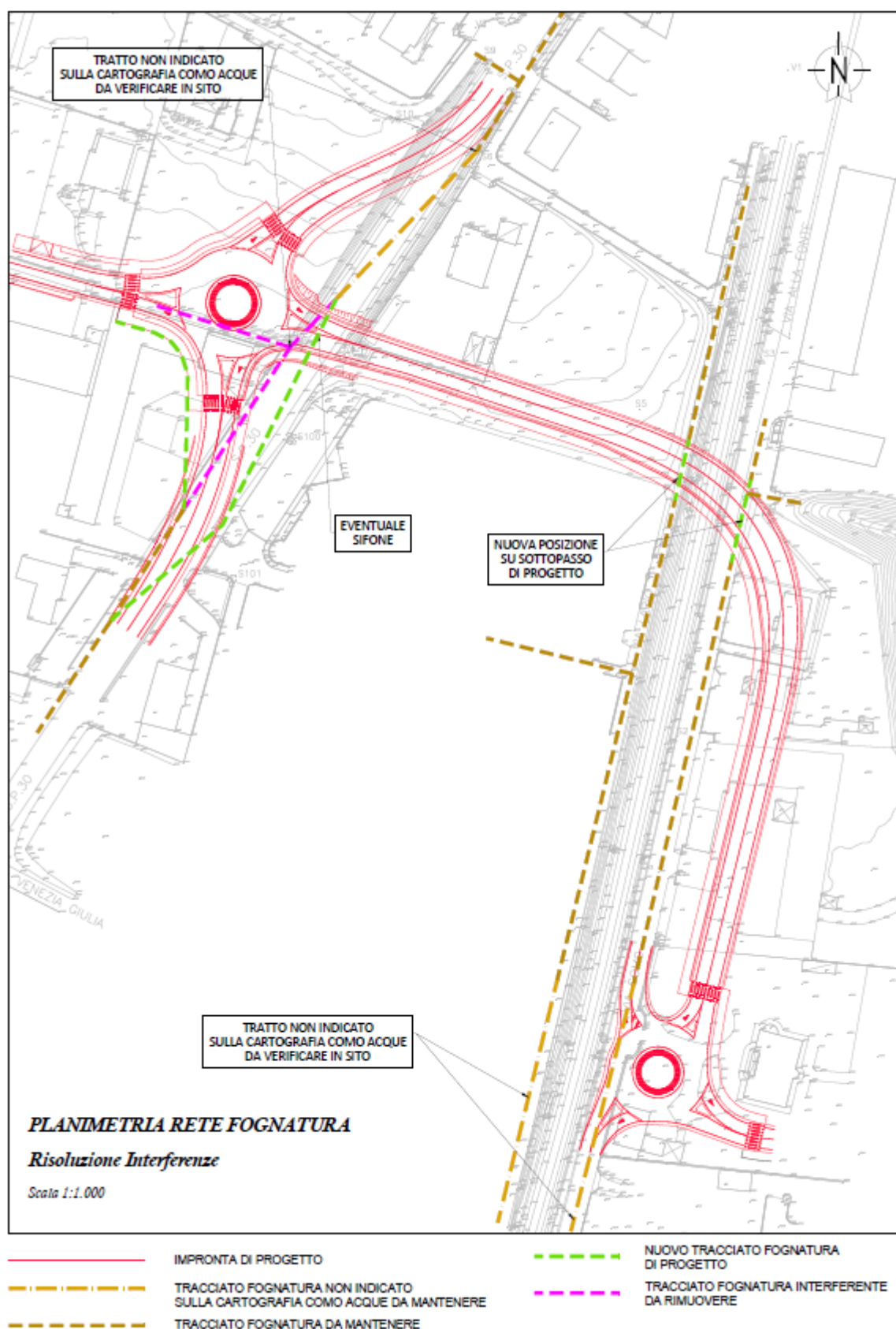


Figura 8: Risoluzione interferenze con fognatura pubblica

Le reti meteoriche a servizio dell'area saranno dunque indipendenti dalle altre reti e, a valle della condotta di mandata di ogni sollevamento, sarà presente un pozzetto di calma con allacciamento dotato di ispezione.

Non essendo presenti attività o superfici soggette al Regolamento Regionale n.4 del 2006 sulle prime piogge, non è presente alcun dispositivo per la separazione ed il trattamento delle prime piogge.

L'immagine seguente mostra la distribuzione delle superfici del lotto in progetto suddividendole tra strade, pista ciclopedonali e aree verdi drenate.

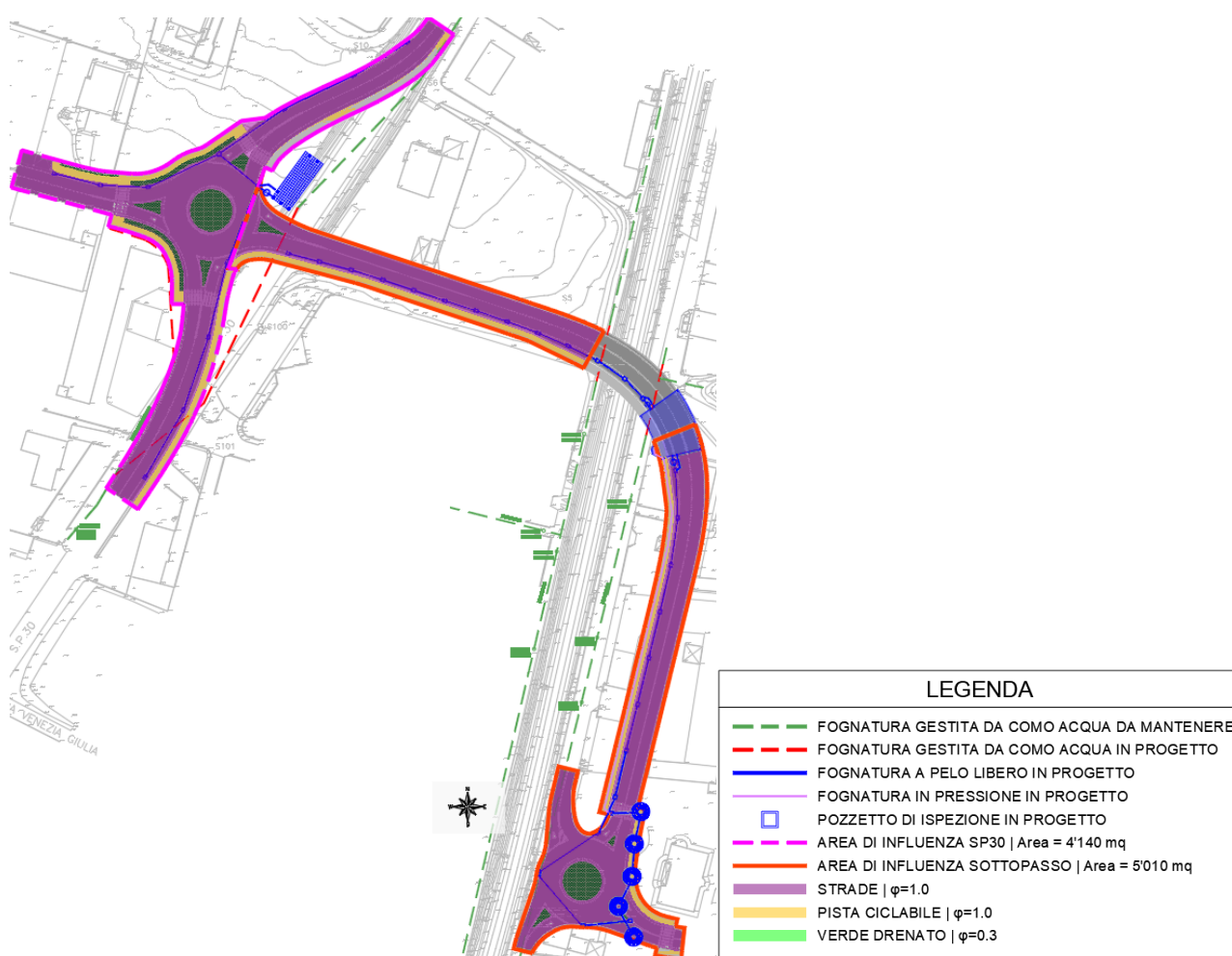


Figura 9: Individuazione delle superfici scolanti e delle aree di influenza delle vasche

Classificazione delle superfici drenate:

Area di influenza SP30 (4'140 m² o 3'890 m² impermeabili equivalenti):

- Strade: 3'055 m²;
- Pista ciclopedonali: 728 m²;
- Verde drenato: 357 m².

Area di influenza sottopasso (5'010 m² o 4'885 m² impermeabili equivalenti):

- Strade: 4'056 m²;
- Pista ciclopedonali: 776 m²;
- Verde drenato: 178 m².

La superficie drenata dell'intero lotto è pari a 9'150 m² e la superficie totale impermeabile equivalente è pari a circa 8'775 m².

2.2. Opere in progetto – reti di raccolta e scarichi acque meteoriche

Il progetto dell'area prevede un sistema di raccolta delle acque meteoriche costituito da caditoie stradali e condotte dimensionate per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 50 e 100 anni (secondo quanto previsto dal RR 7/2017).

Come si vedrà in seguito, per il rispetto del regolamento sull'invarianza idraulica per le superfici di nuova costruzione si prevede una vasca di infiltrazione che convoglia e scarica nel sottosuolo le acque meteoriche della SP30 e una vasca di laminazione a servizio del sottopasso e della rotonda sud che scarica le acque meteoriche laminate in una batteria di pozzi perdenti; a valle della condotta di mandata del sollevamento della vasca del sottopasso sarà presente un pozzetto di calma con allaccio dotato di ispezione.

A monte delle vasche saranno previsti disoleatori con lo scopo di separare l'acqua dagli oli e dagli idrocarburi prima di poter essere immessa nel sottosuolo. Per evitare rigurgiti nella rete di progetto in caso di eventi meteorici particolarmente intensi, ogni disoleatore sarà inoltre dotato di una condotta di troppopieno collegata direttamente alla vasca.

2.3. Opere in progetto – risoluzione interferenze fognatura pubblica

L'opera in oggetto interferisce con la rete fognaria pubblica gestita da Como Acqua S.r.l., pertanto, come si può vedere dalla *Figura 8: Risoluzione interferenze con fognatura pubblica*, è prevista la

modifica dello stato di fatto della fognatura pubblica. Per ulteriori dettagli in merito alla risoluzione delle interferenze, si rimanda alle tavole specifiche.

3. ANALISI IDROLOGICA

3.1. Analisi probabilistica delle precipitazioni intense

Per il calcolo probabilistico delle portate di deflusso conseguenti agli eventi meteorici vengono utilizzate le cosiddette Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) o Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP).

L'analisi delle precipitazioni intense permette la definizione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, strumento che come ben noto caratterizza la frequenza delle portate calcolate con metodologia indiretta.

Detta h l'altezza di precipitazione in funzione della durata delle piogge stesse, la tecnica idrologica abituale fornisce, per le curve di possibilità pluviometrica, una relazione monomia del tipo:

$$h = a t^n$$

dedotta classificando in ordine decrescente le massime precipitazioni verificatesi in passato ed involupando superiormente i dati di pari ordine.

In sostanza ci si affida ad un'indagine probabilistica che consenta di trovare una relazione del tipo $h = a t^n$ collegata ad un'assegnata probabilità di superamento; in termini pratici si vuole trovare l'altezza di pioggia h , relativa ad una certa durata t , che abbia probabilità piuttosto bassa di essere uguagliata o superata durante il periodo di un anno.

Riferendosi alla classica relazione monomia del tipo " $h = a t^n$ " delle LSPP, il grafico e la tabella seguenti indicano i parametri per tempi di ritorno $T = 50$ anni e $T = 100$ anni (dati forniti da ARPA Lombardia) per il sito in esame.

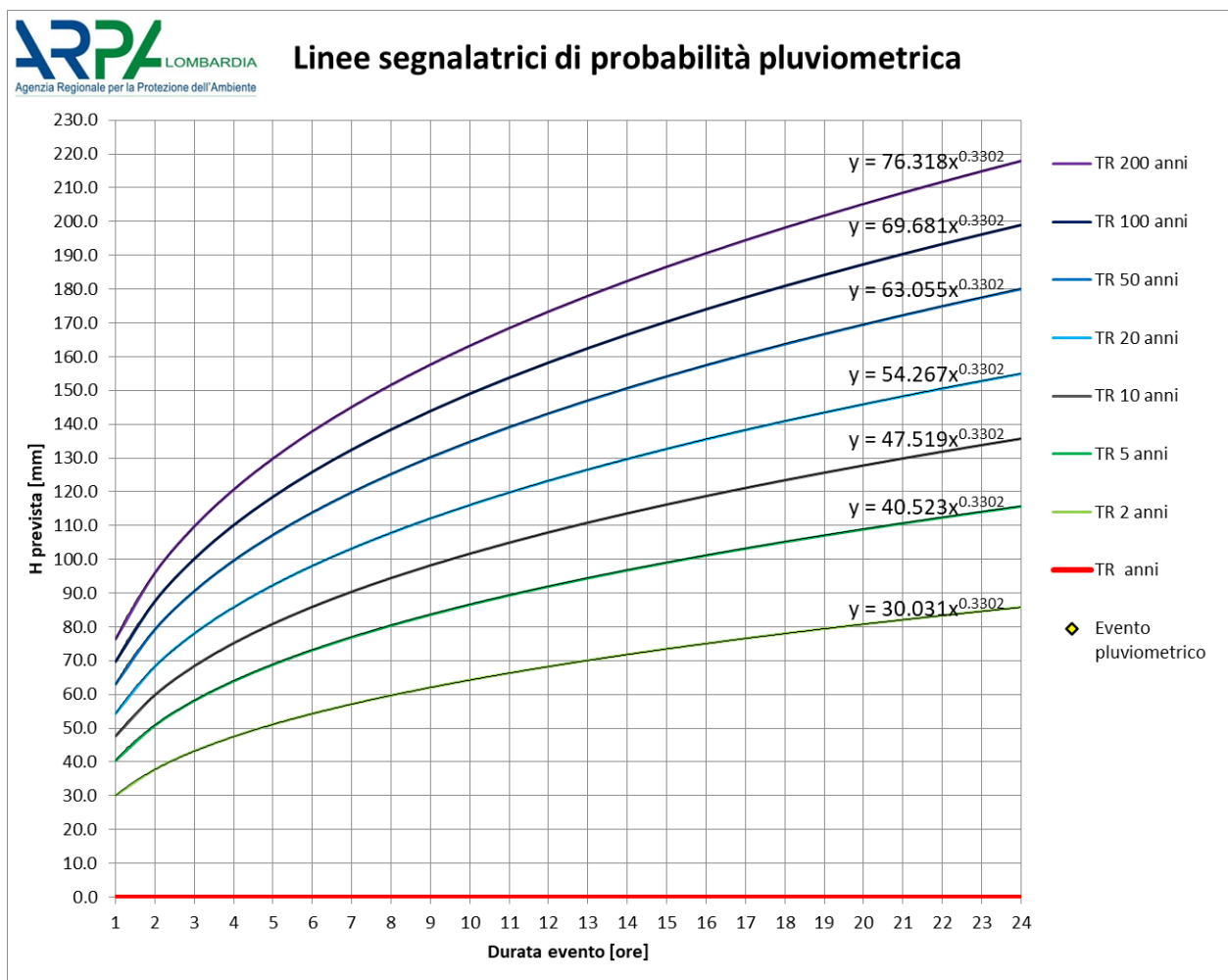


Figura 10: Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno

Tabella 1: Parametri caratteristici delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

	Durata < 24 ore	
	a	n
T = 50 anni	63.055	0.3302
T = 100 anni	69.681	0.3302

Come indicato nell'allegato G del RR 7/2017, poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare tutti i parametri indicati

da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

3.2. Tempo di ritorno

La scelta della portata di progetto delle opere deve basarsi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza; del rischio, cioè, che occasionalmente si possano manifestare eventi estremi più intensi di quelli compatibili con le caratteristiche idrauliche della rete, e quindi con portate maggiori di quelle previste, accompagnate da esondazioni, ristagni d'acqua, danni a cose e persone di entità talora elevata.

Discende da ciò che nei calcoli di verifica o dimensionamento occorre preliminarmente stabilire quale rischio di insufficienza si voglia accettare. In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno T di progetto, definito come il numero di anni che mediamente intercorre tra due eventi produttori portate superiori a quella di progetto.

Il Regolamento Regionale 7/2017 prescrive che tutti gli elementi idraulici siano dimensionati adottando un tempo di ritorno pari a 50 anni, conducendo un'ulteriore verifica della struttura di laminazione per tempo di ritorno pari a 100 anni.

4. ANALISI IDRAULICA

4.1. Portate della rete di acque bianche

Per il dimensionamento della nuova rete di drenaggio delle acque meteoriche è necessario utilizzare, in mancanza di dati di portata, un modello di trasformazione afflussi–deflussi; il metodo utilizzato in questo caso è definito cinematico o della corrivazione, scelto per ragioni cautelative dal momento che, rispetto al metodo dell’invaso lineare, fornisce portate maggiori a parità di altri parametri quali il coefficiente di afflusso.

La portata di deflusso è stata determinata, come già detto in precedenza, mediante l’utilizzo del metodo cinematico o della corrivazione fondato sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto di caduta;
- la portata defluente risulta dalla somma delle portate elementari provenienti da diversi punti del bacino che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura.

Per un dato bacino e una data curva di possibilità climatica, la portata massima di deflusso in una sezione generica della rete si ottiene per una pioggia di durata pari al tempo massimo di corrivazione del bacino e risulta dalla seguente espressione:

$$Q(t,T) = \frac{\Psi \cdot \phi \cdot I(t,T) \cdot A}{360}$$

dove:

- $Q(t,T)$ = portata massima per tempo di ritorno T assegnato [m^3/s];
- ϕ = coefficiente di afflusso che si ritiene indipendente dalla durata t e dal tempo di ritorno T ;
- Ψ = coefficiente di ritardo (rapporto tra il volume d’acqua che defluisce attraverso una determinata sezione di chiusura in certo intervallo di tempo e il volume di pioggia caduto nello stesso tempo sul bacino corrispondente) posto pari a 0,9;
- I = intensità di pioggia [mm/h];
- A = area del bacino drenato [ha].

Il coefficiente di afflusso ϕ è stato assunto per le superfici impermeabili (strade e pista ciclopedonali) pari a 1,0 e per le superfici permeabili (aree verdi drenate) pari a 0,3.

Il tempo di corrivazione della sezione terminale di un generico tratto della rete viene valutato attraverso la seguente relazione:

$$t_c = t'_c + L/V$$

dove:

- t'_c = il massimo dei tempi di corrivazione dei tratti confluenti a monte nel tratto in esame [s];
- L = lunghezza del tratto in esame [m];
- V = velocità della corrente nel tratto in esame [m/s];
- L/V = tempo di percorrenza del tratto [s].

Per quanto riguarda i tratti iniziali, in cui non confluiscono altri rami della rete di smaltimento, il tempo di corrivazione t_c viene determinato mediante la seguente espressione:

$$t_c = t_e + L/V$$

nella quale t_e è il tempo di entrata o di ingresso, vale a dire il tempo massimo che impiegano le gocce d'acqua a raggiungere il canale di drenaggio a partire dal punto di caduta.

Per quanto riguarda le superfici impermeabili e le coperture che scolano nella rete si assume il valore $t_e = 5$ minuti per tenere in considerazione l'effetto d'invaso che si ha all'inizio della precipitazione.

Il tempo di percorrenza è stato valutato come rapporto tra la lunghezza del canale e la velocità media della corrente in condizioni di moto uniforme.

Non conoscendo a priori le dimensioni del canale occorre, di norma, procedere per successive iterazioni.

La procedura di calcolo è la seguente:

- per ogni sezione di progetto si determina l'area sottesa ed il coefficiente di afflusso medio ϕ calcolato come media pesata delle singole subaree in cui è stata suddivisa l'area sottesa;

- si determina, per ogni singolo tratto della rete, il tempo di corrivazione t_c , ipotizzando un valore della velocità di scorrimento all'interno del canale e/o collettore;
- noto il tempo di corrivazione si calcola l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione ed, in base alla formula della corrivazione si valuta la portata di piena;
- a partire dalla portata si dimensiona lo speco e si calcola la velocità corrispondente; se il valore ottenuto è diverso da quello precedentemente ipotizzato si ripartirà dal secondo punto della procedura, ricalcolando il tempo di corrivazione, l'intensità media e la portata al colmo. Il procedimento iterativo si concluderà in caso di coincidenza delle velocità determinate negli ultimi due passi di calcolo e si potrà passare alla sezione successiva di valle.

In definitiva, la portata di progetto per ogni singolo tratto della rete di drenaggio viene determinata mediante la relazione della corrivazione, procedendo da monte verso valle e calcolando per successive iterazioni il tempo di percorrenza L/V .

Il dimensionamento conseguente delle sezioni idrauliche delle canalette e dei collettori, eseguito a partire dalle ipotesi fatte, ha dimostrato come i valori delle velocità della corrente calcolati siano molto simili a quelli di partenza.

Non si è quindi ritenuto necessario operare ulteriori iterazioni di calcolo, in quanto non andrebbero a determinare variazioni significative ai valori di portata e alle sezioni idrauliche valutate tramite le ipotesi iniziali.

Tabella 2: Calcolo delle portate meteoriche defluenti nella rete di drenaggio in progetto per evento meteorico con tempo di ritorno di 50 anni

		Elementi propri							Elementi progressivi			Risultati di calcolo corrivazione						
		aree tematiche																
Collettore	Bacino	Lunghezza [m]	Imp. [Ha]	Semi [Ha]	Perm. [Ha]	Tr [s]	A totale [ha]	A ridotta [ha]	A totale [ha]	A ridotta [ha]	Coeff. Afflusso	Tp [s]	Tc [s]	h [mm]	l [mm/h]	Q [m3/s]	u [l/s*ha]	
B1-B7	1	55	0.106	0.000	0.019	300	0.1249	0.1118	0.125	0.112	0.895	55	355	19.80	200.80	0.056	449	
B4-B7	2	71	0.098	0.000	0.001	300	0.0993	0.0985	0.099	0.099	0.992	71	371	20.24	196.42	0.048	487	
B7-B12	1+2+3	87	0.230	0.000	0.025	300	0.2547	0.2374	0.255	0.237	0.932	87	387	20.67	192.32	0.114	448	
B8-B11	4	75	0.119	0.000	0.003	300	0.1222	0.1202	0.122	0.120	0.984	75	375	20.35	195.37	0.059	481	
B11-B12	4+5	101	0.148	0.000	0.011	300	0.1593	0.1516	0.159	0.152	0.952	101	401	21.04	188.93	0.072	449	
B12-vasca SP30	1+2+3+4+5	101	0.378	0.000	0.036	300	0.4140	0.3890	0.414	0.389	0.940	101	401	21.04	188.93	0.184	444	
B13-B20	6	118	0.166	0.000	0.002	300	0.1681	0.1668	0.168	0.167	0.993	118	418	21.49	185.05	0.077	459	
B21-B24	7	66	0.124	0.000	0.014	300	0.1372	0.1277	0.137	0.128	0.931	66	366	20.11	197.76	0.063	460	
B24-B26	7+8	93	0.165	0.000	0.016	300	0.1806	0.1694	0.181	0.169	0.938	93	393	20.83	190.84	0.081	448	
B26-B32	7+8+9	183	0.317	0.000	0.016	300	0.3330	0.3218	0.333	0.322	0.966	183	483	23.10	172.15	0.138	416	
B32-vasca sottopasso	7+8+9	184	0.317	0.000	0.016	300	0.3330	0.3218	0.333	0.322	0.966	183	483	23.10	172.146	0.138	416	

4.2. Portate della rete di acque nere

Non sono previsti scarichi di acque nere generati dagli interventi di progetto.

5. DIMENSIONAMENTO RETI FOGNARIE

Per il dimensionamento e la verifica delle sezioni dei vari tratti delle condotte in progetto è stato seguito un metodo iterativo mediante il quale, ipotizzando diametro e pendenza delle condotte in progetto, è stato calcolato il grado di riempimento con il quale defluiscono le portate al colmo calcolate nella tabella precedente.

In particolare, il dimensionamento dei collettori in progetto è stato eseguito assumendo i criteri di seguito riportati:

- grado di riempimento massimo in condizioni di massima portata: $h/D \leq 0,80$
- velocità minime di deflusso superiori a 0,5 m/s, al fine di evitare la sedimentazione di materiale solido all'interno dei collettori;
- velocità massime di deflusso inferiori a 2,0 m/s (nei tratti lungo le rampe del sottopasso si ammettono velocità fino a 4 m/s a fronte della presenza di pozzetti di salto);
- pendenze di progetto non inferiori allo 0,5%.

Sulla base di tali ipotesi, per il calcolo delle portate defluenti in condotta si è utilizzata la formula di Chèzy, di seguito riportata:

$$Q = CA\sqrt{Ri}$$

dove:

Q è la portata transitante nel condotto in condizioni di moto uniforme (m³/s);

A è la sezione liquida della corrente (m²);

R è il raggio idraulico (m), pari al rapporto tra A ed il perimetro bagnato della condotta;

i è la pendenza minima del tratto.

Il coefficiente di resistenza C può venire espresso secondo la seguente relazione di Strickler:

$$C = k_s \sqrt[6]{R}$$

da cui si ottiene la relazione monomia:

$$Q = k_s R^{2/3} A \sqrt{i}$$

Il coefficiente di scabrezza k_s di Strickler è stato assunto pari a $80 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$, valore consono per tubazioni in PVC.

Il riepilogo dei risultati della verifica idraulica effettuata sono riportati di seguito.

Tabella 3: Risultati di dimensionamento della rete acque meteoriche

Collettore	Sez. idraulica	Diametro interno	Pendenza	Portata massima	Tirante idrico	Velocità	Grado di riempimento
	[-]	[mm]	[%]	[l/s]	[cm]	[m/s]	[%]
B1-B7	circolare	296.6	0.5	56	20.3	1.11	69
B4-B7	circolare	296.6	0.5	48	18.3	1.08	62
B7-B12	circolare	376.6	0.5	114	27.3	1.32	72
B8-B11	circolare	296.6	0.5	59	21.0	1.12	71
B11-B12	circolare	376.6	0.5	72	19.9	1.20	53
B12-vasca SP30	circolare	376.6	2.0	184	23.3	2.54	62
B13-B20	circolare	296.6	1.0	77	19.9	1.57	67
B21-B24	circolare	296.6	0.5	63	22.3	1.13	75
B24-B26	circolare	296.6	1.0	81	20.4	1.59	69
B26-B32	circolare	296.6	4.0	138	18.2	3.12	61
B32-vasca sottopasso	circolare	296.6	2.0	138	23.5	2.36	79

Velocità superiori a 2 m/s , ma comunque inferiori a 4 m/s , sono ritenute accettabili grazie alla presenza di pozzetti di salto.

6. MANUFATTI PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

6.1. Dimensionamento delle strutture di laminazione delle acque meteoriche

Ai sensi dell'art.8 del RR 7/2017 lo scarico in ricettore deve essere limitato ad una portata massima pari a 10 l/s/ha_{IMP}.

Considerando dunque i coefficienti di deflusso indicati dal comma d) dell'art.11 per il calcolo delle perdite idrologiche, si possono calcolare le superfici scolanti impermeabili:

AREE SCOLANTI E COEFFICIENTE D'AFFLUSSO	STRADE E PISTA CICLOPEDONALI $\phi = 1.0$	VERDE DRENATO $\phi = 0.3$	TOTALE SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE
SP30	3'783 m ²	357 m ²	3'890 m ²
SOTTOPASSO	4'832 m ²	178 m ²	4'885 m ²

Il dimensionamento della vasca di laminazione del sottopasso è stato effettuato considerando una portata massima scaricabile pari a 10 l/s/ha_{IMP}, pertanto, l'impianto di sollevamento della vasca in oggetto scaricherà nei pozzi perdenti una portata pari a 4.9 l/s.

Così come indicato dall'art.11 comma 2 del RR 7/2017, il dimensionamento delle strutture per l'invarianza idraulica deve essere il maggiore tra quello risultante dai calcoli (applicando in questo caso il metodo delle sole piogge) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'art.12 comma 2.

Il requisito minimo, per le aree A ad alta criticità come quella milanese, è di realizzare strutture di laminazione con volumetria pari ad almeno 800 m³/ha_{IMP}. Il volume minimo delle strutture di laminazione deve essere pari a:

- 311 m³ per la vasca di laminazione della SP30;
- 391 m³ per la vasca di laminazione del sottopasso;

Secondo il metodo delle sole piogge, il dimensionamento del bacino è legato alla necessità di creare un adeguato volume di volanizzazione delle portate meteoriche. La capacità di invaso W_m del

bacino deve essere tale, in funzione della portata massima accettabile in uscita Q_{max} , da contenere l'evento meteorico di assegnato tempo di ritorno considerato critico.

Il metodo di dimensionamento utilizzato nel caso specifico fornisce una valutazione del volume d'invaso sulla base della sola curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si ammette in uscita dalla tubazione di scarico. In pratica con questo metodo viene completamente trascurata, ad eccezione delle sole perdite idrologiche, la trasformazione afflussi-deflussi che si realizza nel bacino considerato. Con questa ipotesi il volume entrante nelle strutture di laminazione per effetto di una pioggia di durata θ risulta:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot h(\theta) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n$$

dove φ è il coefficiente d'afflusso costante del bacino drenato dal sistema di laminazione.

Nello stesso tempo θ il volume uscito dalla vasca sarà:

$$W_u = Q_u \cdot \theta$$

Il volume invasato nel sistema sarà dunque:

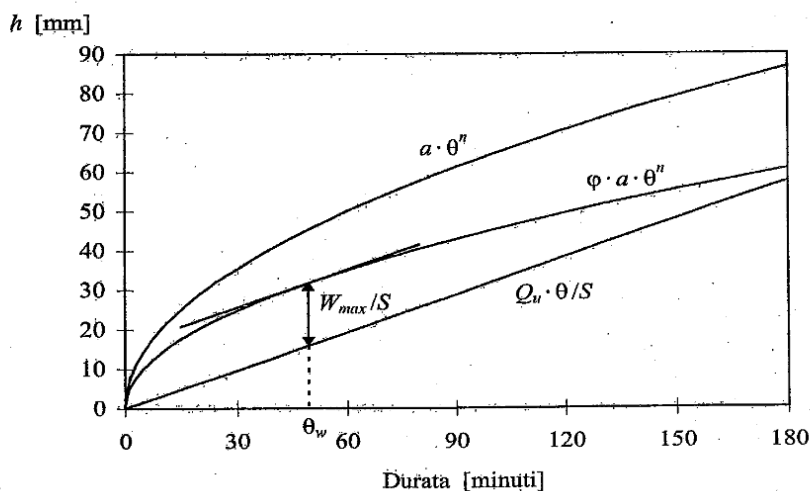
$$W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

Il volume da assegnare al bacino è il valore massimo W_m di questo volume che si ottiene per una precipitazione di durata θ_w critica per il sistema stesso.

La determinazione di θ_w e W_m può essere condotta molto efficacemente sul grafico della curva di possibilità pluviometrica netta, depurata cioè dalle perdite idrologiche, riportandovi anche, con dimensioni omogenee ($h_u = W_u/S$), la retta dei volumi progressivamente allontanati dalla vasca con portata costante Q_u .

La durata critica θ_w è localizzata ove è massima la distanza verticale tra le due curve. Esprimendo matematicamente tali condizioni di massimo si trova:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$



e quindi:

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il fatto che in questo metodo venga trascurato il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino scolante comporta che le portate di piena in ingresso vengano sopravvalutate così come, di conseguenza, anche i volumi di laminazione; questo aspetto consente di garantire un adeguato margine cautelativo.

Le ipotesi progettuali utilizzate per la valutazione del volume utile necessario nella rete in progetto sono le seguenti:

- eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno T pari a 50 anni (100 anni per la verifica del dimensionamento);
- portata in uscita Q_u dal sistema pari a 4.9 l/s per la vasca di laminazione del sottopasso e pari alla portata di infiltrazione del terreno per la vasca di infiltrazione della SP30.

N.B. La portata infiltrata nel terreno è stata calcolata con la formula:

$$Q_{inf} = k \cdot A$$

Dove:

- k è il coefficiente di permeabilità (assunto cautelativamente pari a 5×10^{-5} m/s;
- A è l'area del manufatto di infiltrazione della SP30.

Di seguito si riportano in grafico e tabella i calcoli che hanno fornito il dimensionamento delle strutture di laminazione nelle reti considerate, per piogge di durata variabile e tempo di ritorno pari a 50 anni.

- VASCA DELLA SP30

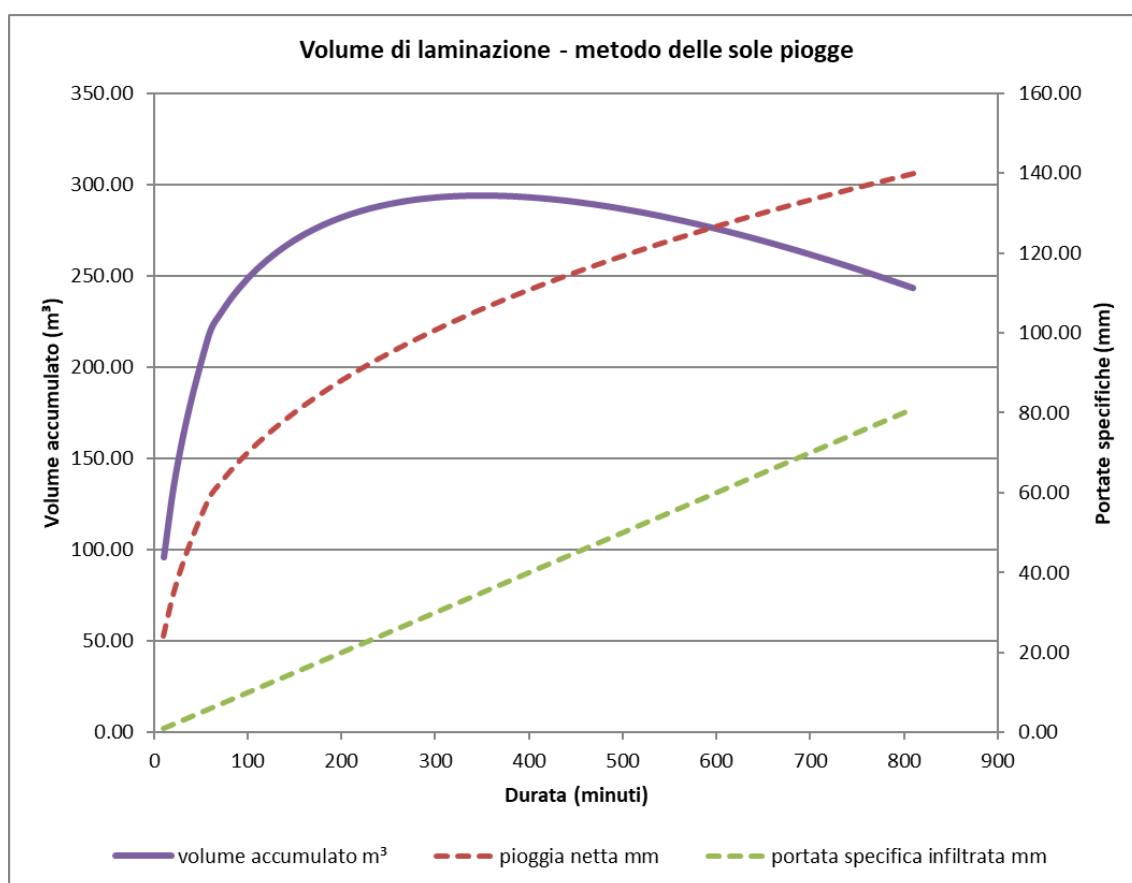


Figura 11: Volume in ingresso, in uscita e volume accumulato nella vasca della SP30 (TR 50 anni)

VOLUME LAMINAZIONE

Dimensionamento sulla base delle sole piogge

T di ritorno	50		
a(1-24ore)	63.055	a(<24ore)	63.055
n(1-24ore)	0.330	n(<24ore)	0.500
Δt [min]	10		
coeff. Affl.	0.94		
$l/s/ha_{imp}$	0		
Q_u [m ³ /s]	0.0069		
S [ha]	0.4140		
T. svuotam. [h]	11.81		

Vmin art12 c2	311.2 m ³
Vmin art12 c2 rid	217.8 m ³
Vmax < 24 ore	294.0 m ³

TEMPO	PIOGGIA LORDA	PIOGGIA NETTA	ACQUA SCARICATA	ACQUA INFILTRATA	VOLUME SPECIFICO	VOLUME STRUTTURA	ALTEZZA ACQUA
t [min]	h [mm]	h* [mm]	Q*t/S [mm]	Q*t/S [mm]	Wmax/S [mm]	W [m ³]	W [m]
10	25.74	24.19	0.00	1.00	23.19	95.99	0.69
20	36.40	34.21	0.00	2.00	32.20	133.32	0.96
30	44.59	41.90	0.00	3.01	38.89	161.00	1.16
40	51.48	48.38	0.00	4.01	44.37	183.69	1.33
50	57.56	54.09	0.00	5.01	49.08	203.18	1.47
60	63.06	59.25	0.00	6.01	53.24	220.41	1.59
70	66.35	62.34	0.00	7.01	55.33	229.07	1.66
80	69.34	65.15	0.00	8.01	57.14	236.56	1.71
90	72.09	67.74	0.00	9.02	58.72	243.11	1.76
100	74.64	70.13	0.00	10.02	60.12	248.89	1.80
110	77.03	72.38	0.00	11.02	61.36	254.02	1.84
120	79.27	74.49	0.00	12.02	62.47	258.61	1.87
130	81.40	76.48	0.00	13.02	63.46	262.72	1.90
140	83.41	78.38	0.00	14.02	64.35	266.42	1.93
150	85.33	80.18	0.00	15.03	65.16	269.75	1.95
160	87.17	81.91	0.00	16.03	65.88	272.75	1.97
170	88.93	83.57	0.00	17.03	66.54	275.46	1.99
180	90.63	85.16	0.00	18.03	67.13	277.90	2.01
190	92.26	86.69	0.00	19.03	67.66	280.11	2.03
200	93.84	88.17	0.00	20.03	68.14	282.09	2.04
210	95.36	89.60	0.00	21.04	68.57	283.87	2.05
220	96.84	90.99	0.00	22.04	68.95	285.47	2.07
230	98.27	92.34	0.00	23.04	69.30	286.89	2.08
240	99.66	93.64	0.00	24.04	69.60	288.15	2.08
250	101.01	94.91	0.00	25.04	69.87	289.27	2.09
260	102.33	96.15	0.00	26.05	70.11	290.24	2.10
270	103.61	97.36	0.00	27.05	70.31	291.09	2.11
280	104.86	98.53	0.00	28.05	70.49	291.81	2.11
290	106.09	99.68	0.00	29.05	70.63	292.42	2.12
300	107.28	100.80	0.00	30.05	70.75	292.91	2.12
310	108.45	101.90	0.00	31.05	70.85	293.31	2.12
320	109.59	102.98	0.00	32.06	70.92	293.61	2.12
330	110.71	104.03	0.00	33.06	70.97	293.82	2.13
340	111.81	105.06	0.00	34.06	71.00	293.93	2.13
350	112.88	106.07	0.00	35.06	71.01	293.97	2.13

360	113.94	107.06	0.00	36.06	71.00	293.93	2.13
370	114.97	108.03	0.00	37.06	70.97	293.81	2.13
380	115.99	108.99	0.00	38.07	70.92	293.62	2.12
390	116.99	109.93	0.00	39.07	70.86	293.36	2.12
400	117.97	110.85	0.00	40.07	70.78	293.03	2.12
410	118.94	111.76	0.00	41.07	70.69	292.64	2.12
420	119.89	112.65	0.00	42.07	70.58	292.19	2.11
430	120.82	113.53	0.00	43.07	70.45	291.68	2.11
440	121.74	114.39	0.00	44.08	70.32	291.11	2.11
450	122.65	115.25	0.00	45.08	70.17	290.49	2.10
460	123.54	116.09	0.00	46.08	70.01	289.82	2.10
470	124.42	116.91	0.00	47.08	69.83	289.10	2.09
480	125.29	117.73	0.00	48.08	69.64	288.33	2.09
490	126.15	118.53	0.00	49.09	69.45	287.51	2.08
500	126.99	119.33	0.00	50.09	69.24	286.65	2.07
510	127.82	120.11	0.00	51.09	69.02	285.74	2.07
520	128.65	120.88	0.00	52.09	68.79	284.79	2.06
530	129.46	121.64	0.00	53.09	68.55	283.80	2.05
540	130.26	122.40	0.00	54.09	68.30	282.77	2.05
550	131.05	123.14	0.00	55.10	68.05	281.71	2.04
560	131.83	123.88	0.00	56.10	67.78	280.60	2.03
570	132.61	124.60	0.00	57.10	67.50	279.46	2.02
580	133.37	125.32	0.00	58.10	67.22	278.28	2.01
590	134.12	126.03	0.00	59.10	66.93	277.07	2.00
600	134.87	126.73	0.00	60.10	66.63	275.83	2.00
610	135.61	127.42	0.00	61.11	66.32	274.56	1.99
620	136.34	128.11	0.00	62.11	66.00	273.25	1.98
630	137.06	128.79	0.00	63.11	65.68	271.91	1.97
640	137.78	129.46	0.00	64.11	65.35	270.54	1.96
650	138.48	130.12	0.00	65.11	65.01	269.15	1.95
660	139.18	130.78	0.00	66.11	64.67	267.72	1.94
670	139.88	131.43	0.00	67.12	64.32	266.27	1.93
680	140.56	132.08	0.00	68.12	63.96	264.79	1.92
690	141.24	132.72	0.00	69.12	63.60	263.29	1.90
700	141.91	133.35	0.00	70.12	63.23	261.76	1.89
710	142.58	133.97	0.00	71.12	62.85	260.20	1.88
720	143.24	134.59	0.00	72.13	62.47	258.62	1.87
730	143.89	135.21	0.00	73.13	62.08	257.02	1.86
740	144.54	135.82	0.00	74.13	61.69	255.39	1.85
750	145.18	136.42	0.00	75.13	61.29	253.74	1.84
760	145.82	137.02	0.00	76.13	60.89	252.07	1.82
770	146.45	137.61	0.00	77.13	60.48	250.38	1.81
780	147.08	138.20	0.00	78.14	60.06	248.66	1.80
790	147.70	138.78	0.00	79.14	59.64	246.93	1.79
800	148.31	139.36	0.00	80.14	59.22	245.17	1.77
810	148.92	139.93	0.00	81.14	58.79	243.39	1.76
820	149.53	140.50	0.00	82.14	58.36	241.60	1.75
830	150.13	141.06	0.00	83.14	57.92	239.78	1.73
840	150.72	141.62	0.00	84.15	57.48	237.95	1.72

Come evidenziano il grafico e la tabella precedenti, il volume di accumulo necessario è pari a 294.0 m³ e si verifica per una precipitazione di durata pari a 350 min (tempo di svuotamento 11.81 ore); il requisito minimo del regolamento richiede 311.2 m³ (maggiore del volume calcolato con il metodo delle sole piogge).

Il volume di accumulo disponibile è realizzato tramite:

- una vasca di infiltrazione con elementi in polipropilene di 138.24 m² per 2.64 metri di altezza; il volume utile, considerando una percentuale di vuoti degli elementi in polipropilene pari al 95%, risulta pari a 346.71 m³.

La struttura è dunque adeguata alla laminazione degli eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica.

- VASCA DEL SOTTOPASSO

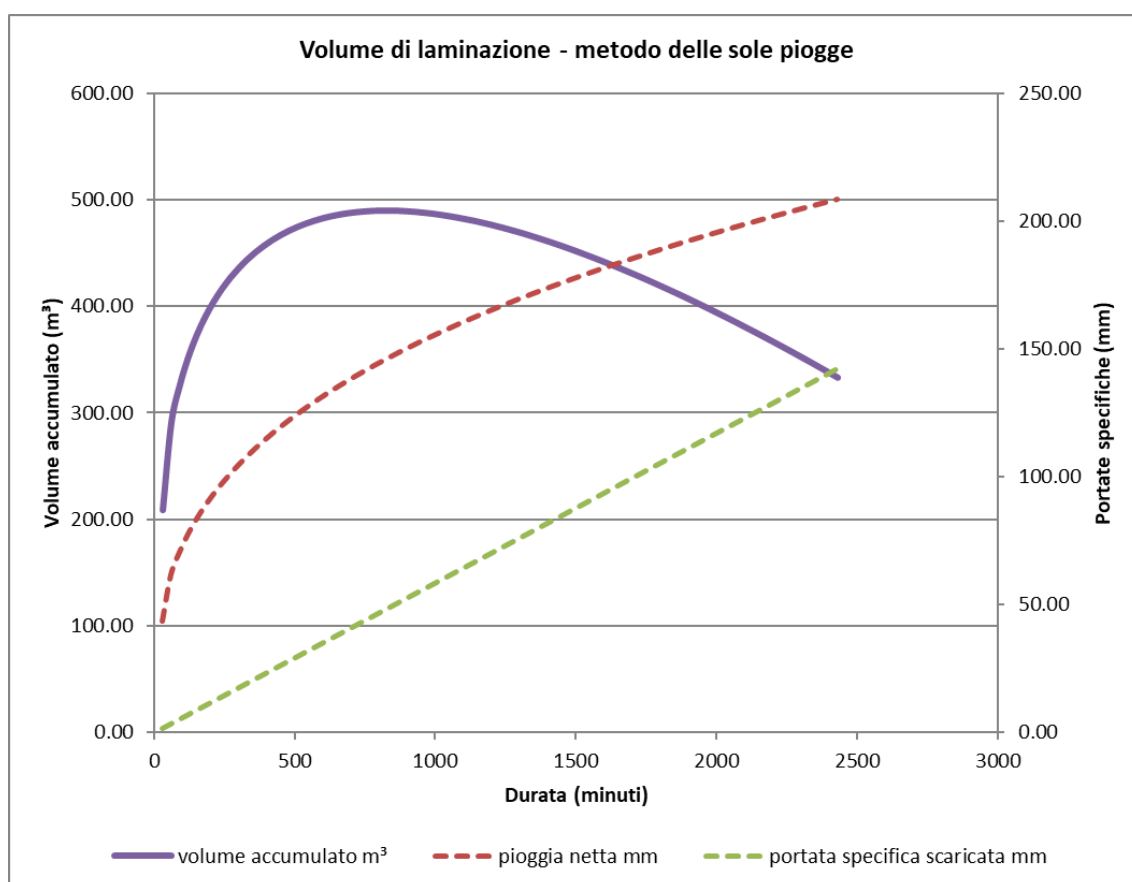


Figura 12: Volume in ingresso, in uscita e volume accumulato nella vasca del sottopasso (TR 50 anni)

VOLUME LAMINAZIONE

Dimensionamento sulla base delle sole piogge

T di ritorno	50		
a(1-24ore)	63.055	a(<24ore)	63.055
n(1-24ore)	0.330	n(<24ore)	0.500
Δt [min]	60		
coeff. Affl.	0.98		
$l/s/ha_{imp}$	10		
Q_u [m ³ /s]	0.0049		
S [ha]	0.5010		
T. svuotam. [h]	27.87		

Vmin art12 c2 390.8 m³
Vmin art12 c2 rid. - m³
Vmax < 24 ore 490.1 m³

TEMPO	PIOGGIA LORDA	PIOGGIA NETTA	ACQUA SCARICATA	ACQUA INFILTRATA	VOLUME SPECIFICO	VOLUME STRUTTURA
t [min]	h [mm]	h* [mm]	Q*t/S [mm]	Q*t/S [mm]	Wmax/S [mm]	W [m ³]
60	63.06	61.49	3.51	0.00	57.98	290.46
120	79.27	77.30	7.02	0.00	70.28	352.10
180	90.63	88.37	10.53	0.00	77.84	389.99
240	99.66	97.18	14.04	0.00	83.14	416.53
300	107.28	104.61	17.55	0.00	87.06	436.17
360	113.94	111.10	21.06	0.00	90.04	451.10
420	119.89	116.91	24.57	0.00	92.33	462.58
480	125.29	122.17	28.08	0.00	94.09	471.40
540	130.26	127.02	31.59	0.00	95.43	478.08
600	134.87	131.52	35.10	0.00	96.41	483.03
660	139.18	135.72	38.62	0.00	97.11	486.50
720	143.24	139.68	42.13	0.00	97.55	488.74
780	147.08	143.42	45.64	0.00	97.78	489.89
840	150.72	146.97	49.15	0.00	97.83	490.10
900	154.19	150.36	52.66	0.00	97.70	489.48
960	157.51	153.60	56.17	0.00	97.43	488.12
1020	160.70	156.70	59.68	0.00	97.02	486.09
1080	163.76	159.69	63.19	0.00	96.50	483.46
1140	166.71	162.56	66.70	0.00	95.87	480.29
1200	169.56	165.34	70.21	0.00	95.13	476.61
1260	172.31	168.03	73.72	0.00	94.31	472.48
1320	174.98	170.63	77.23	0.00	93.40	467.92
1380	177.57	173.15	80.74	0.00	92.41	462.97
1440	180.08	175.60	84.25	0.00	91.35	457.66
1500	182.52	177.98	87.76	0.00	90.22	452.02
1560	184.90	180.30	91.27	0.00	89.03	446.05
1620	187.22	182.57	94.78	0.00	87.78	439.79
1680	189.48	184.77	98.29	0.00	86.48	433.25
1740	191.69	186.92	101.80	0.00	85.12	426.45
1800	193.85	189.03	105.31	0.00	83.71	419.41
1860	195.96	191.09	108.82	0.00	82.26	412.13
1920	198.03	193.10	112.33	0.00	80.77	404.63
1980	200.05	195.07	115.85	0.00	79.23	396.93

2040	202.03	197.00	119.36	0.00	77.65	389.02
2100	203.97	198.90	122.87	0.00	76.03	380.92
2160	205.88	200.76	126.38	0.00	74.38	372.65
2220	207.75	202.58	129.89	0.00	72.70	364.20
2280	209.59	204.37	133.40	0.00	70.98	355.59
2340	211.39	206.13	136.91	0.00	69.23	346.83
2400	213.17	207.87	140.42	0.00	67.45	337.91
2460	214.91	209.57	143.93	0.00	65.64	328.85
2520	216.63	211.24	147.44	0.00	63.80	319.65
2580	218.32	212.89	150.95	0.00	61.94	310.31
2640	219.98	214.51	154.46	0.00	60.05	300.85
2700	221.62	216.11	157.97	0.00	58.14	291.27
2760	223.23	217.68	161.48	0.00	56.20	281.57
2820	224.83	219.23	164.99	0.00	54.24	271.75
2880	226.39	220.76	168.50	0.00	52.26	261.83
2940	227.94	222.27	172.01	0.00	50.26	251.80
3000	229.47	223.76	175.52	0.00	48.24	241.66
3060	230.97	225.23	179.03	0.00	46.19	231.43
3120	232.46	226.68	182.54	0.00	44.13	221.10
3180	233.92	228.11	186.05	0.00	42.05	210.68
3240	235.37	229.52	189.57	0.00	39.95	200.17
3300	236.80	230.91	193.08	0.00	37.84	189.57
3360	238.22	232.29	196.59	0.00	35.71	178.88
3420	239.61	233.65	200.10	0.00	33.56	168.12
3480	240.99	235.00	203.61	0.00	31.39	157.27
3540	242.36	236.33	207.12	0.00	29.21	146.35
3600	243.71	237.64	210.63	0.00	27.02	135.35
3660	245.04	238.94	214.14	0.00	24.81	124.28
3720	246.36	240.23	217.65	0.00	22.58	113.14
3780	247.66	241.50	221.16	0.00	20.34	101.93
3840	248.95	242.76	224.67	0.00	18.09	90.65
3900	250.23	244.01	228.18	0.00	15.83	79.30
3960	251.50	245.24	231.69	0.00	13.55	67.89
4020	252.75	246.46	235.20	0.00	11.26	56.42
4080	253.99	247.67	238.71	0.00	8.96	44.89
4140	255.22	248.87	242.22	0.00	6.65	33.30
4200	256.43	250.05	245.73	0.00	4.32	21.65
4260	257.64	251.23	249.24	0.00	1.98	9.94
4320	258.83	252.39	252.75	0.00	-0.36	-1.82

Come evidenziano il grafico e la tabella precedenti, il volume di laminazione necessario è pari a 490.1 m^3 e si verifica per una precipitazione di durata pari a 14 ore (tempo di svuotamento 27.87 ore); il requisito minimo del regolamento richiede 390.8 m^3 .

Il volume di accumulo è realizzato tramite:

- una vasca di laminazione di 275 m² per circa 2.5 metri di altezza utile; il volume disponibile risulta pertanto pari a circa 700 m³ a fronte di un volume necessario pari a 490.1 m³ (per una precipitazione di durata pari a 14 ore).

La struttura è dunque adeguata alla laminazione degli eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica.

6.2. Dimensionamento dei pozzi perdenti

La vasca di laminazione del sottopasso scaricherà, tramite impianto di sollevamento, una portata pari a 4.9 l/s in 5 pozzi perdenti posizionati a 5 metri l'uno dall'altro, ad una distanza maggiore di 25 metri dalla rete ferroviaria e di 3 metri dal fabbricato esistente sito a sud-est dell'area oggetto di intervento.

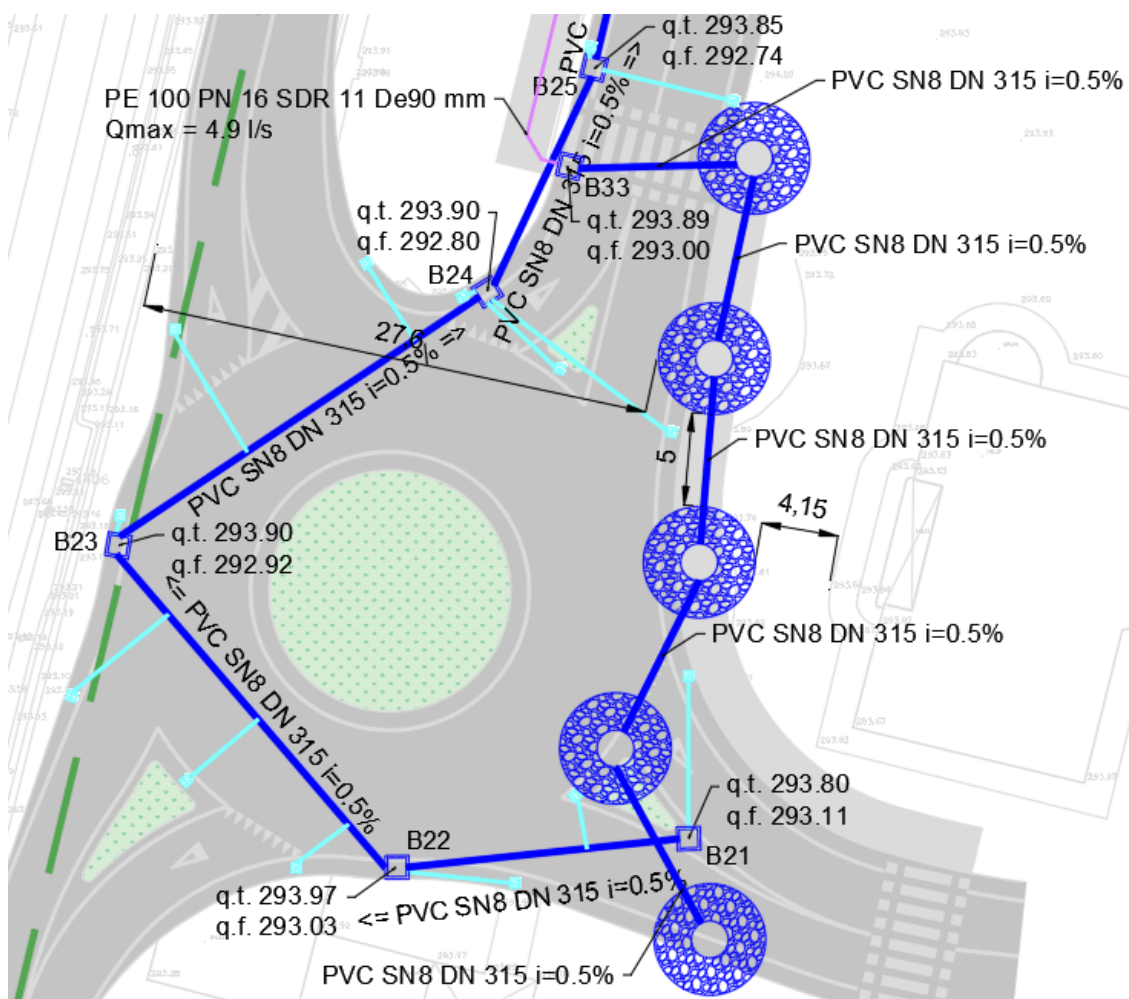


Figura 13: Planimetria dei pozzi perdenti

I pozzi perdenti sono stati dimensionati con la formula di Sieker:

$$Q_f = K \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) A_f$$

dove:

L (m) = profondità della falda misurata dal fondo del pozzo; pari a circa 60 m

z (m) = altezza dello strato drenante nel pozzo; pari a 4 m

k(m/s) = permeabilità del terreno saturo; pari a 5×10^{-5} m/s

A (m²) = superficie disperdente = $p \cdot (0,5 \cdot d + 0,5 \cdot z)^2 - p \cdot d^2 / 4$; pari a 25.12 m²

d(m) = diametro del pozzo; pari a 2 m

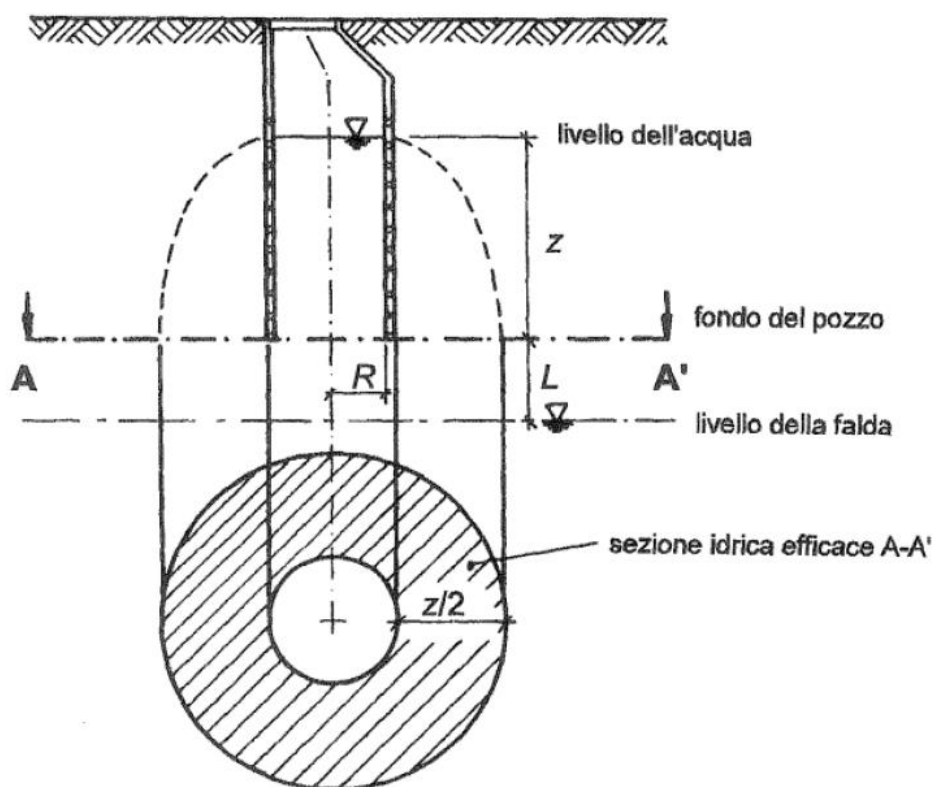


Figura 14: Sezione e planimetria tipo di un pozzo perdente

La portata smaltibile da un singolo pozzo perdente è pari a 1.30 l/s, pertanto in condizioni di sicurezza, anziché 4 pozzi perdenti, è stata prevista la posa di 5 pozzi perdenti collegati tra di loro con tubazioni in PVC DN 315mm. I 5 pozzi perdenti sono in grado di smaltire una portata totale pari

a circa 6.5 l/s, superiore dunque alla portata massima dell'impianto di sollevamento della vasca del sottopasso.

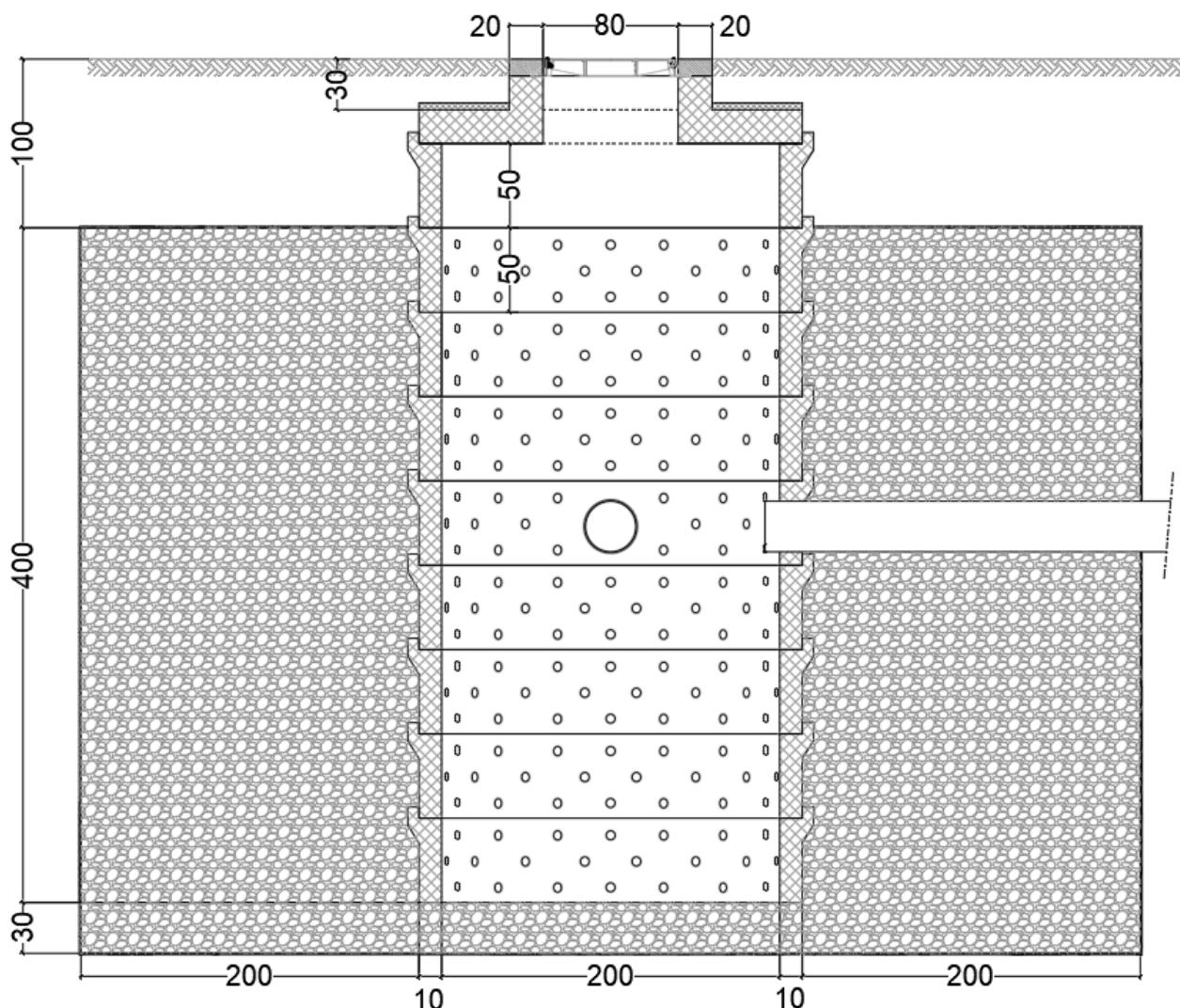


Figura 15: Sezione pozzo perdente

6.3. Verifica della struttura di laminazione delle acque meteoriche

Ai sensi del comma 2 art.11 del RR 7/2017, i sistemi devono inoltre essere verificati per eventi con tempo di ritorno pari a 100 anni in modo tale da valutare che non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

A tal fine è possibile ripetere i calcoli precedenti utilizzando le curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 100 anni e confrontare il volume di accumulo necessario in questo scenario con quello previsto in progetto.

Anche in questo caso le strutture sono adeguate alla laminazione dell'evento meteorico con tempo di ritorno pari a 100 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica (311.2 m³ per la vasca della SP30 e 390.8 m³ per la vasca del sottopasso) e superiori anche rispetto al volume calcolato con il metodo delle sole piogge (341.3 m³ per la vasca della SP30 e 569.0 m³ per la vasca del sottopasso).

Il tempo di svuotamento per entrambe le vasche in questo scenario è inferiore rispetto alle 48 ore richieste da normativa.

7. CONCLUSIONI

La società **NORD_ING** in collaborazione con **APPing s.r.l.** progetterà per conto di **FERROVIE NORD S.p.A.** opere sostitutive della tratta Saronno-Como site tra i comuni di Lomazzo e Cadorago. Il presente documento costituisce la relazione idrologica ed idraulica rispondente ai requisiti del Regolamento Regionale della Lombardia n.7 del 23 novembre 2017 (RR 7/2017) recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art.58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12, così come modificato ed integrato dal Regolamento Regionale della Lombardia n.8 del 19 aprile 2019 (RR 8/2019), relativamente alle opere idrauliche previste nell'ambito di questo progetto di nuova costruzione edilizia e ristrutturazione edilizia.

Il progetto idraulico riguarda in particolare il dimensionamento della rete meteorica, il dimensionamento delle strutture di laminazione e infiltrazione.

I calcoli idrologici ed idraulici sono stati eseguiti secondo le indicazioni del regolamento regionale, ovvero considerando eventi di pioggia con tempo di ritorno pari a 50 anni (con verifica per tempi di ritorno di 100 anni) ed utilizzando i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica adottati da ARPA Lombardia.

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo collegamento stradale tra la viabilità locale di Via Como/Via alla Fonte, in corrispondenza della ditta "Spumador", e la SP 30 al confine tra i comuni di Cadorago (CO) e Lomazzo (CO) sottopassando via Como/via alla Fonte e la linea Ferrovia Como – Saronno. Il nuovo collegamento stradale costituirà un'importante via di comunicazione favorendo l'attraversamento della linea ferroviaria risolvendone le criticità in ambito di sicurezza attualmente presenti con il passaggio a livello a raso esistente posto a circa 300m a nord dall'area oggetto di intervento.

Ai fini del rispetto della normativa sull'invarianza idraulica, trattandosi di interventi relativi ad infrastrutture stradali e autostradali che non rientrano nei casi dell'art.3 del RR 7/2017, si prevede di applicare a tutta l'area oggetto di intervento le misure per l'invarianza idraulica, ai sensi della lettera b), comma 2 e lettera a), comma 2bis dell'art.3 del RR 7/2017.

L'area di intervento da assoggettare ad invarianza idraulica ha una superficie complessiva di circa 9'150 m², dunque ai sensi dell'art.9 (Tabella 1) è richiesto il calcolo del volume di laminazione necessario secondo il **metodo delle sole piogge**.

Ai sensi del comma 3 dell'art.7 del RR 7/2017, i territori comunali di Cadorago e di Lomazzo ricadono in area A (alta criticità), dunque, il valore di portata meteorica ammissibile allo scarico per queste zone, ai sensi del comma 1 dell'art.8, è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

In questa fase si prevede di scaricare le acque meteoriche della SP30 nel sottosuolo tramite una vasca di infiltrazione costituita da elementi in polipropilene, mentre le acque meteoriche del sottopasso e della rotonda sud saranno convogliate in una vasca di laminazione e pompate in una batteria di pozzi perdenti al fine di smaltirle nel sottosuolo.

Ai sensi di quanto prescritto dall'Art. 5 comma 3 del R.R. 7 del 23/11/2017 sono stati valutati in ordine di priorità tutti possibili recapiti delle acque meteoriche, in particolare:

- per quanto riguarda l'infiltrazione nel sottosuolo, i PGT dei comuni di Cadorago e di Lomazzo non riportano la presenza di particolari vincoli e la soggiacenza della falda nell'area oggetto di intervento è molto profonda (tra i 230 m s.l.m. e i 220 m s.l.m., maggiore dunque di 50 metri dal piano campagna).

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile effettuate in data 19/04/2023 forniscono tre risultati completamente diversi e sono state eseguite a profondità eccessive (oltre i 9 m) rispetto alla quota di fondo dei manufatti di infiltrazione, pertanto, si assumerà cautelativamente un coefficiente di permeabilità pari a 5×10^{-5} m/s e, per confermare il valore di permeabilità di progetto, si raccomanda di ripetere tali prove in fase esecutiva nel punto esatto e alla quota di posa delle strutture di infiltrazione.

L'infiltrazione nel sottosuolo senza scarico in fognatura o in corso idrico al di fuori dalla fascia di rispetto della ferrovia (25 metri) potrebbe essere pertanto una soluzione attuabile.

- per quanto riguarda lo scarico in corso d'acqua, nell'area in oggetto è presente un affluente del Torrente Lura, riportato nella tavola del Piano Particolareggiato di Attuazione del Parco del Lura (versione dicembre 2018), pertanto anche lo scarico delle acque meteoriche in corso

d'acqua superficiale potrebbe essere percorribile, però, in ordine di priorità, l'infiltrazione nel sottosuolo risulta essere preferibile rispetto allo scarico in corso d'acqua.

- per quanto riguarda lo scarico in fognatura, essendo presenti collettori in tutta l'area di intervento, la fognatura rappresenta un possibile recapito delle acque meteoriche laminate, però, in ordine di priorità, l'infiltrazione nel sottosuolo risulta essere preferibile rispetto allo scarico in fognatura.

Date le dimensioni contenute di aree a verde, non è stato ritenuto economicamente vantaggioso inoltre prevedere un impianto di irrigazione alimentato da una vasca di riuso delle acque meteoriche.

Il progetto dell'area prevede un sistema di raccolta delle acque meteoriche costituito da caditoie stradali e condotte dimensionate per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 50 e 100 anni (secondo quanto previsto dal RR 7/2017).

Per il rispetto del regolamento sull'invarianza idraulica per le superfici di nuova costruzione si prevede una vasca di infiltrazione che convoglia e scarica nel sottosuolo le acque meteoriche della SP30 e una vasca di laminazione a servizio del sottopasso e della rotonda sud che scarica le acque meteoriche laminate in una batteria di pozzi perdenti; a valle della condotta di mandata del sollevamento della vasca del sottopasso sarà presente un pozzetto di calma con allaccio dotato di ispezione.

A monte delle vasche saranno previsti disoleatori con lo scopo di separare l'acqua dagli oli e dagli idrocarburi prima di poter essere immessa nel sottosuolo. Per evitare rigurgiti nella rete di progetto in caso di eventi meteorici particolarmente intensi, ogni disoleatore sarà inoltre dotato di una condotta di troppopieno collegata direttamente alla vasca.

L'opera in progetto interferisce con la rete fognaria pubblica gestita da Como Acqua S.r.l., pertanto, come si può vedere dalla *Figura 8: Risoluzione interferenze con fognatura pubblica*, è prevista la modifica dello stato di fatto della fognatura pubblica.

Così come indicato dall'art.11 comma 2 del RR 7/2017, il dimensionamento delle strutture per l'invarianza idraulica deve essere il maggiore tra quello risultante dai calcoli (applicando in questo caso il metodo delle sole piogge) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'art.12 comma 2.

Il requisito minimo, per le aree A ad alta criticità come quella milanese, è di realizzare strutture di laminazione con volumetria pari ad almeno $800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{IMP}}$.

Il volume di accumulo necessario per la vasca di infiltrazione della SP30 è pari a 294.0 m^3 e si verifica per una precipitazione di durata pari a 350 min (tempo di svuotamento 11.81 ore); il requisito minimo del regolamento richiede 311.2 m^3 (maggiore del volume calcolato con il metodo delle sole piogge).

Il volume di accumulo disponibile è realizzato tramite:

- una vasca di infiltrazione con elementi in polipropilene di 138.24 m^2 per 2.64 metri di altezza; il volume utile, considerando una percentuale di vuoti degli elementi in polipropilene pari al 95%, risulta pari a 346.71 m^3 .

La struttura è dunque adeguata alla laminazione degli eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica.

Il volume di laminazione necessario per la vasca del sottopasso è pari a 490.1 m^3 e si verifica per una precipitazione di durata pari a 14 ore (tempo di svuotamento 27.87 ore); il requisito minimo del regolamento richiede 390.8 m^3 .

Il volume di accumulo è realizzato tramite:

- una vasca di laminazione di 275 m^2 per circa 2.5 metri di altezza utile; il volume disponibile risulta pertanto pari a circa 700 m^3 a fronte di un volume necessario pari a 490.1 m^3 (per una precipitazione di durata pari a 14 ore).

La struttura del sottopasso è dunque adeguata alla laminazione degli eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica.

La vasca di laminazione del sottopasso scaricherà, tramite impianto di sollevamento, una portata pari a 4.9 l/s in 5 pozzi perdenti posizionati a 5 metri l'uno dall'altro, ad una distanza maggiore di 25 metri dalla rete ferroviaria e di 3 metri dal fabbricato esistente sito a sud-est dell'area oggetto di intervento.

La portata smaltibile da un singolo pozzo perdente è pari a 1.30 l/s, pertanto in condizioni di sicurezza, anziché 4 pozzi perdenti, è stata prevista la posa di 5 pozzi perdenti collegati tra di loro con tubazioni in PVC DN 315mm. I 5 pozzi perdenti sono in grado di smaltire una portata totale pari a circa 6.5 l/s, superiore dunque alla portata massima dell'impianto di sollevamento della vasca del sottopasso.

Anche in questo caso le strutture sono adeguate alla laminazione dell'evento meteorico con tempo di ritorno pari a 100 anni, ovvero di dimensioni superiori al requisito minimo prescritto dalla normativa sull'invarianza idraulica (311.2 m³ per la vasca della SP30 e 390.8 m³ per la vasca del sottopasso) e superiori anche rispetto al volume calcolato con il metodo delle sole piogge (341.3 m³ per la vasca della SP30 e 569.0 m³ per la vasca del sottopasso).

Il tempo di svuotamento per entrambe le vasche è inferiore rispetto alle 48 ore richieste da normativa.