

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA

FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+450

RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N M 0 Z	2 0	D	2 6	R I	S L 0 6 0 0	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRA	novembre 2018	F.Coppini A.Maran	novembre 2018	S. Borelli	novembre 2018	F. Sacchi novembre 2018
File: NM0Z20D26RISL0600001A.docx								n. Elab.

SOMMARIO

1	Introduzione	3
2	Riferimenti normativi	4
3	Inquadramento territoriale	6
3.1	PAI - AdB Po	8
3.2	PGRA – Distretto Idrografico Padano	10
3.3	Compatibilità idraulica.....	12
3.4	Invarianza Idraulica.....	13
4	Curve di possibilità pluviometrica	14
5	Standard progettuali	20
5.1	Calcolo delle portate di progetto	20
5.2	Tempo di corrivazione	21
5.3	Coefficiente di deflusso	21
5.4	Dimensionamento idraulico	21
6	Opere di drenaggio idraulico.....	22
6.1	Dimensionamento sistema di smaltimento acque meteoriche	23
6.2	Impianto di sollevamento.....	27

INDICE TABELLE

Tabella 3.1 – Scenari di inondazione PGRA	11
Tabella 4.1 – Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge extraorarie t>1h	17
Tabella 4.2 – Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge sub-orarie t<1h	18


	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NMOZ	20	D26	RISL0600001	A	2 di 29

Tabella 6.1 – Perdite di carico concentrate per singola componente 28

Tabella 6.2 – Perdite di carico totali (concentrate e distribuite) per l’impianto di sollevamento 29

INDICE FIGURE

Figura 1.1 – Stralcio planimetria di progetto..... 3

Figura 3.1 - Localizzazione dell’area di intervento 6

Figura 3.2 – Principali sottobacini idrografici del fiume Po 7

Figura 3.3 – Suddivisione territoriale in distretti..... 7

Figura 3.4 - Schema per la definizione delle fasce fluviali 9

Figura 4.1 - Celle individuate per le CPP interessate dalla ferrovia oggetto dell’intero intervento 16

Figura 4.2 - Curve di Possibilità Pluviometrica per piogge extraorarie $t > 1h$ – ARPA..... 17

Figura 4.3 - Curve di possibilità pluviometrica per piogge sub-orarie $t < 1h$ 19

Figura 6.1 – Vasca volano..... 23

Figura 6.2 – Dimensionamento vasca volano..... 26

1 INTRODUZIONE

Obiettivo della presente relazione è lo studio idraulico del sistema di smaltimento delle acque, a supporto della progettazione definitiva del potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Milano - Genova nella tratta tra la stazione di Milano Rogoredo e la stazione di Pavia, in cui è prevista la realizzazione dell'opera principale SL06B – Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+450.

Per la progettazione delle opere idrauliche dell'intervento in oggetto, si è fatto riferimento alla Relazione Idrologica Generale (NM0Z10D26RHID0001001) dell'area di progetto nella quale sono stati determinati i parametri pluviometrici.

Il progetto prevede la costruzione di una nuova vasca volano di raccolta delle acque conferenti nel sottopasso, posta sul lato Est dello scatolare SL06.

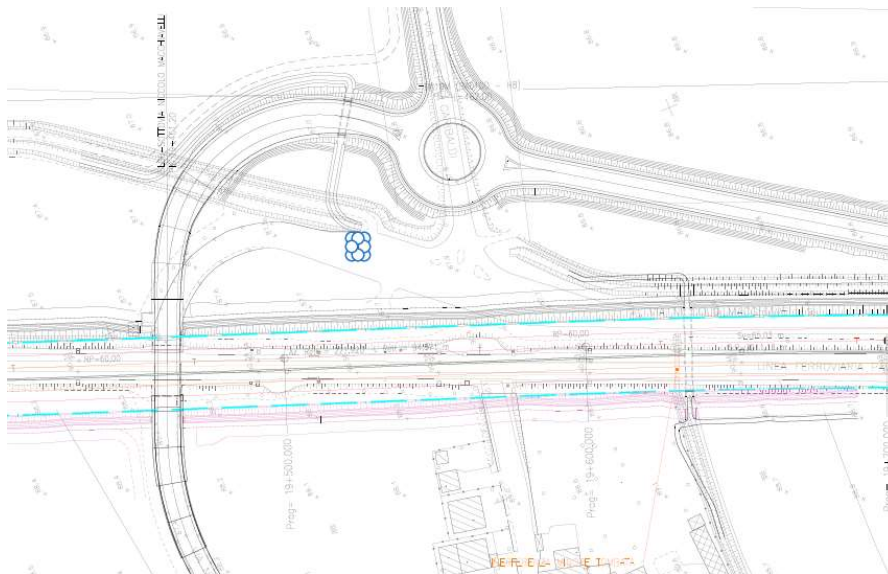



Figura 1.1 – Stralcio planimetria di progetto

In particolare le opere idrauliche previste dal progetto, per l'intercettazione ed il deflusso delle acque interne ed esterne alla sede stradale, sono costituite da:

- opere di raccolta e scarico delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale;
- drenaggio nel sottopasso veicolare;
- stazione di sollevamento delle acque meteoriche;
- opere idrauliche in attraversamento della viabilità.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001	REV. A 4 di 29

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.3 - Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relative "Norme tecniche regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'articolo 3, comma 1 del Regolamento reg. 2006, n.3".
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art.

58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po".

- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7. "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto di potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Milano - Genova nella tratta tra la stazione di Milano Rogoredo e la stazione di Pavia prevede il prolungamento del sottovia via Niccolò Macchiavelli (SL06B), posto alla progressiva km 19+450.

In particolare in questa fase (Fase 2) il quadruplicamento della tratta avviene dalla stazione di Pieve Emanuele dal km 11+310 circa fino alla stazione di Parma al km 28+030 circa.

In Figura 3.1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google Heart).



Figura 3.1 - Localizzazione dell'area di intervento

Le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico "Lambro meridionale" ricadente all'interno del bacino idrografico del fiume Po, pertanto le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino del fiume Po e al PAI in vigore.

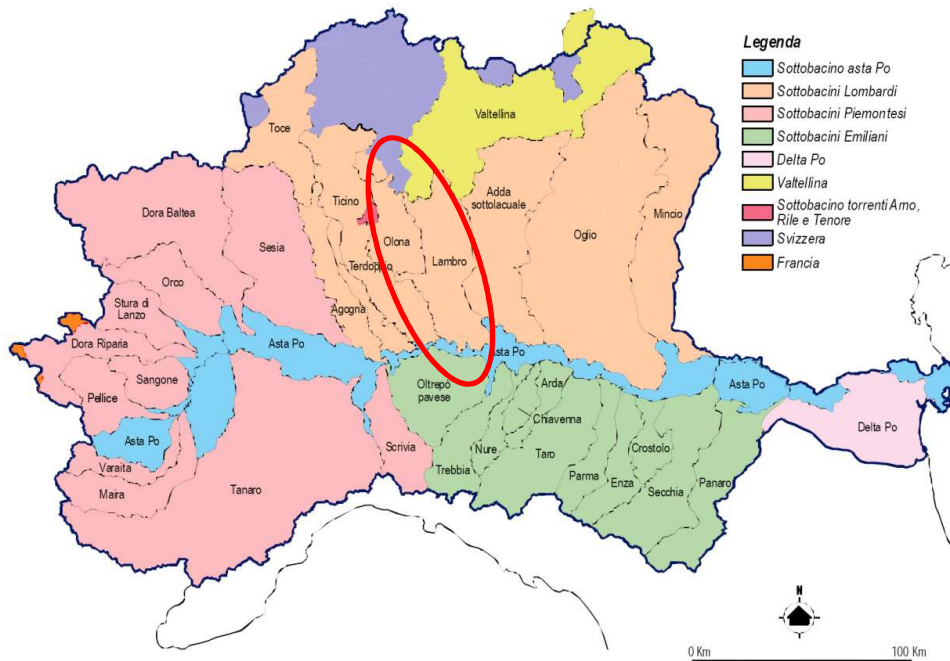


Figura 2.2 – Principali sottobacini idrografici del fiume Po



Figura 3.3 – Suddivisione territoriale in distretti

L'intervento, secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, che prevede la ripartizione del territorio nazionale in 8 distretti idrografici e non più in Bacini Idrografici, ricade nel Distretto idrografico Padano le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi da analizzare sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

3.1 PAI - AdB Po

I vincoli d'uso del territorio e le direttive in materia di progettazione di opere idrauliche, sono contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla stessa Autorità di Bacino e approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante di due strumenti di pianificazione precedentemente approvati, ovvero:

- il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione", realizzato a seguito della piena del novembre 1994;
- il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF), relativo alla rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio della Regione Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la restante parte del bacino, all'asta del Po e agli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati.

Il "*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*" (PSFF) è stato approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 24 luglio 1998. Esso contiene la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali piemontesi, del fiume Po e dei corsi d'acqua emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati a monte della confluenza in Po.

Il PAI estende la delimitazione delle fasce fluviali ai rimanenti corsi d'acqua principali del bacino, per i quali assume la normativa relativa alla regolamentazione degli usi del suolo e degli interventi nei territori fluviali delimitati già approvata nell'ambito del PSFF.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Uno schema esplicativo della definizione delle Fasce fluviali è riportato in Figura 4..

Le fasce fluviali sono state delimitate in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali.

L'individuazione delle fasce rappresenta l'assetto di progetto di ciascuno dei corsi d'acqua, determinando i caratteri idraulici dell'alveo in condizioni di piena e le modalità di uso della regione fluviale dalle stesse perimetrata.

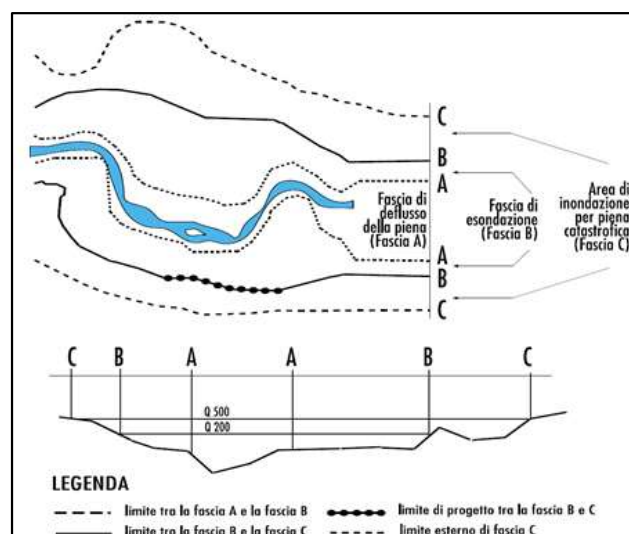



Figura 4.4 - Schema per la definizione delle fasce fluviali

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001	REV. A 10 di 29

In base alla tavola di delimitazione delle fasce fluviali allegata al PAI , l'intervento di progetto è esterno alle aree a rischio esondazione.

3.2 PGRA – Distretto Idrografico Padano

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).


Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento.

Gli scenari di inondazione sono:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Tabella 11 – Scenari di inondazione PGRA

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto Padano, l'intervento in progetto è esterno alle aree di esondazione attualmente in vigore.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001	REV. A 12 di 29

3.3 Compatibilità idraulica


L'intervento in essere è un intervento di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del Bacino idrografico del Fiume Po.

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

L'opera in progetto è un'opera di interesse pubblico, puntuale e soprattutto non delocalizzabile.

A valle delle indicazioni da normativa si può affermare che l'intervento in oggetto non costituisce significativo ostacolo al deflusso, non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area, assicura il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti e non produce effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi), risultando un intervento idraulicamente compatibile.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001

13 di 29

3.4 Invarianza Idraulica

Il territorio in esame è inoltre sottoposto alla legislazione prevista dalla Regione Lombardia, che recentemente ha diffuso una serie di linee guida atte a definire una regolamentazione ben preciso sul tema dell'invarianza idraulica (**Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7** "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12"). In tale regolamento si specifica che le misure di compensazione per la salvaguardia dell'invarianza idraulica devono essere applicate anche per:

e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo ineditato;


All'articolo 4.3 inoltre viene precisato quanto segue:

L'infiltrazione rappresenta, se la situazione idrogeologica locale lo consente (v. art. 5.2.2), un'utile e opportuna modalità di smaltimento delle acque pluviali. Peraltro, poiché nella generalità dei casi la capacità di infiltrazione dei suoli è inferiore, talora in modo significativo, rispetto all'intensità delle piogge più intense, il contenimento delle portate allo scarico richiede necessariamente la trattenuta temporanea delle acque pluviali in eccesso rispetto all'infiltrazione in invasi di laminazione.

La vasta possibilità di configurare tali invasi con differenti tipologie consente di individuare soluzioni tecnicamente fattibili e di costo percentualmente contenuto, rispetto al costo complessivo dell'intervento, qualora tali capacità di invaso siano attentamente previste in fase di progetto (vedi art. 9).

Lo smaltimento dei volumi invasati, nel rispetto dei valori limite ammissibili di portata più oltre indicati (art. 6.2), deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

1. mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità (es. innaffiamento giardini, acque grigie, lavaggio pavimentazioni e auto, ecc.);
2. mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio. L'infiltrazione induce così alla riduzione degli effetti dell'impermeabilizzazione anche in termini di rispetto del principio di invarianza idrologica;
3. scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale o reticolo di bonifica, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2) e assoggettati al controllo dell'Autorità idraulica competente;
4. scarico in fognatura, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2).

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001	REV. A 14 di 29

Per l'opera in progetto, non essendo possibile né il riutilizzo, né lo scarico in fognatura, né l'infiltrazione, si farà riferimento al punto 3 dell'elenco sopra riportato.


In particolare, si evidenzia per il punto 3, che lo stesso regolamento fissa i seguenti limiti allo scarico:

per le aree A ad alta criticità idraulica:	$U_{lim} = 10$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
per le aree B a media criticità idraulica:	$U_{lim} = 20$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
per le aree C a bassa criticità idraulica	nessun limite di portata scaricabile, ma rispetto dei requisiti minimi di cui all'art. 8.

L'opera principale SL06 – Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli al km 19+450, ricade nel comune di **Certosa di Pavia** area (B) a media criticità idraulica (Allegato C - Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del Regolamento Regionale n.7.2017)

Le acque conferite nel sottopasso e convogliate nella vasca volano verranno scaricate nel corpo idrico naturale o artificiale con i limiti di portata di **20 l/s per ettaro** di superficie scolante impermeabile dell'intervento

4 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001

Dalla Relazione Idrologica Generale è possibile ricavare i parametri delle curve di probabilità pluviometrica da adottare per la tratta in esame, relativi alla legge monomia nella forma

$$h = a \cdot t^n \quad (h \text{ in mm, } a \text{ in mm/h, } t \text{ in ore}) \quad (\text{Eq. 1})$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Nel progetto in essere esistono differenti analisi validate e autorevoli:

- l’Autorità di bacino del Fiume Po definisce i *Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni* all’interno della “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”;
- ARPA Lombardia ha sviluppato due nuovi servizi relativi alle precipitazioni: la consultazione delle mappe di stima della pioggia integrata con rilievi a terra e radar per il periodo 1997-2011 e l’“Atlante delle piogge intense” nell’ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA.

Nella Relazione Idrologica lo studio delle piogge della area interessata dal tracciato di progetto è stato sviluppato sia secondo quanto suggerito dalle norme di Attuazione dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, sia applicando la parametrizzazione della LSPP derivanti dallo studio delle piogge definito dal metodo indicato nel documento prodotto dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (ARPA) della Lombardia “*Il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia – Modello di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata*” (2005).

In definitiva si è ritenuto cautelativo utilizzare per il dimensionamento e verifica delle opere idrauliche e reti idrauliche inerenti il progetto in esame le CPP desunte dallo studio prodotto dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (ARPA) della Lombardia, dove l’intera Lombardia è stata suddivisa in celle quadrate con lato $L=1.0$ km per ognuna della quale sono stati definiti i parametri delle *curve di probabilità pluviometrica*.

Nella figura seguente si riportano le celle interessate dal tracciato ferroviario oggetto dell’intervento, numerate per indentificare le zone.

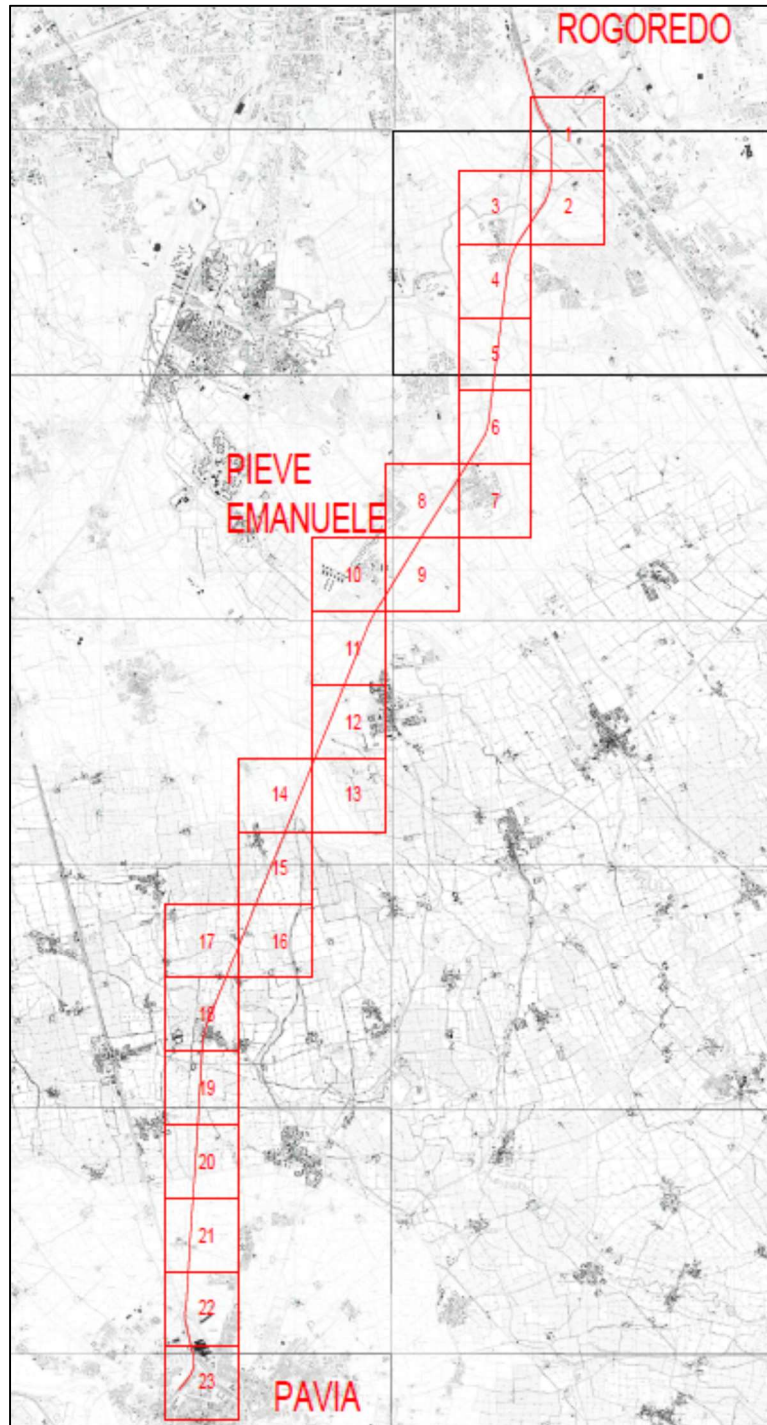


Figura 5 - Celle individuate per le CPP interessate dalla ferrovia oggetto dell'intero intervento

Per l'area oggetto di intervento, con riferimento ai tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200 e 500 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia si ottengono i valori per a ed n e le leggi di probabilità pluviometrica, per precipitazioni di durata superiore all'ora.

Analizzando i parametri risultanti a scopo cautelativo sono stati presi in considerazione i valori più gravosi.

Per la progettazione dell'intervento in oggetto sono stati presi in riferimento i dati forniti dalla relazione idrologica per la macro areaa in oggetto (denominata Fase2)

Di seguito si riportano le curve di possibilità pluviometrica stimate per i vari tempi di ritorno per piogge di durata superiore all'ora.

Tr (anni)	a (mm/h)	n
25	51,835	0.2945
50	59,184	
100	66,844	
200	74,857	
500	86,043	

Tabella 2 – Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge extraorarie t>1h

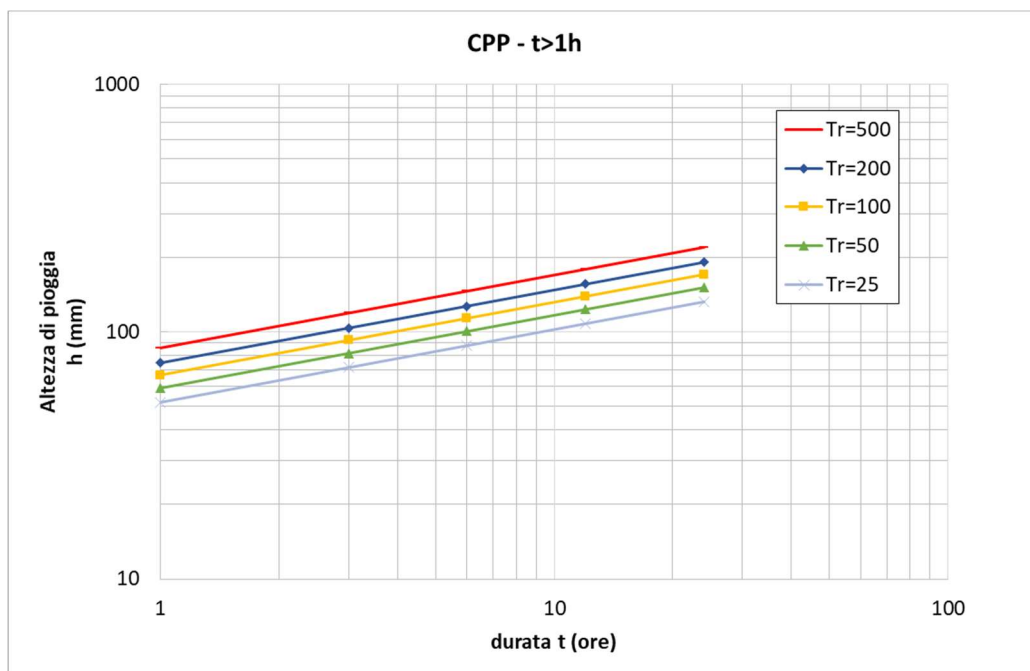


Figura 6 - Curve di Possibilità Pluviometrica per piogge extraorarie t>1h – ARPA

In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora.

Generalmente le osservazioni relative alle piogge intense sono rilevate per intervalli di 1, 3, 6, 12, 24 ore mentre sono raramente disponibili i dati relativi alle piogge intense per intervalli inferiori a 1 ora,.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica a tempi inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell.

I valori ottenuti utilizzando l'equazione di Bell si discostano di poco dai valori riscontrati sperimentalmente anche in Italia e si possono considerare affidabili per il calcolo delle precipitazioni per periodi inferiori a 1 ora.

Quindi ai fini della valutazione delle altezze di pioggia nei bacini con tempo di corrivazione inferiore a 1 ora si adotta la relazione:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50) \quad (\text{Eq. 2})$$

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

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

Nota l'altezza di pioggia h_t relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a' e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' .

Nella seguente tabella i parametri a' e n' delle leggi di probabilità pluviometrica per eventi di durata inferiore all'ora misurati in minuti per i vari tempi di ritorno:

Tr (anni)	a' (mm/min)	n'
25	7,816	0.4708
50	8,925	
100	10,080	
200	11,288	
500	12,975	

Tabella 3 – Parametri delle CPP al variare del T_r per piogge sub-orarie $t < 1h$

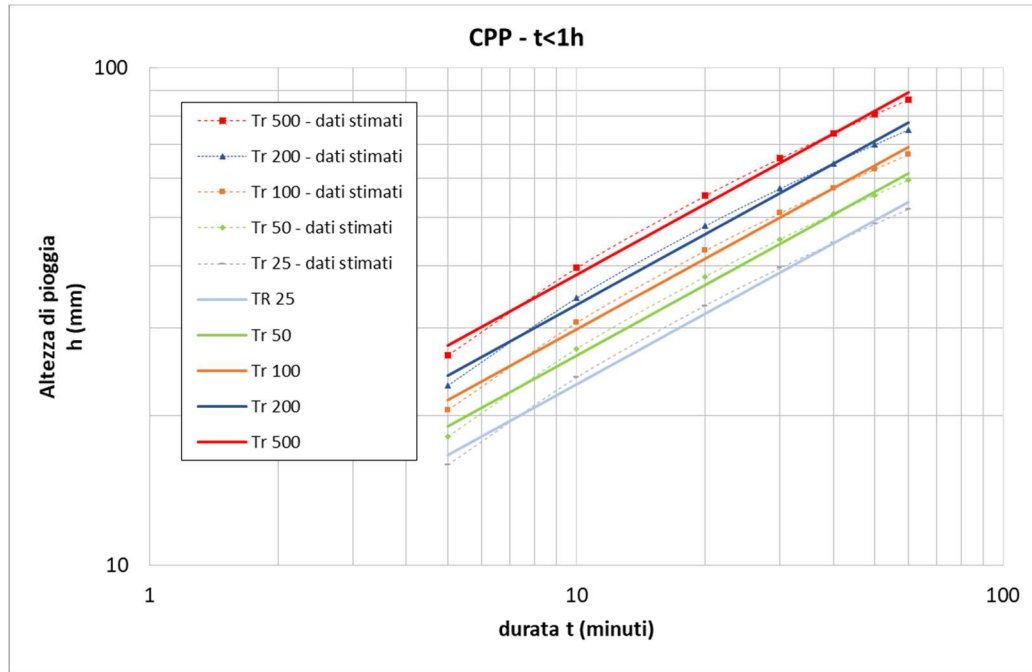


Figura 7 - Curve di possibilità pluviometrica per piogge sub-orarie $t < 1h$

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema. Per la verifica della vasca volano invece, dove la simulazione deve comprendere un intervallo di tempo maggiore di 1h, vengono utilizzati i parametri delle curve di pioggia sia extraorarie $t > 1h$ che sub-orarie $t < 1h$.

Il Manuale di Progettazione ferroviaria di RFI definisce i tempi di ritorno da utilizzare per il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione dell'importanza strategica del manufatto. Nei calcoli che seguono è stato considerato un tempo di ritorno di 25.

Riassumendo quindi nella fase di verifica degli elementi idraulici progettati, si sono adottate le due seguenti altezze di pioggia:

- Tempo di ritorno $T=25$ anni

$$h = 7,816 t^{0.4708} \quad t_p < 1h \quad (t \text{ (min) ; } a' \text{ (mm/min)}) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$h = 51,835 t^{0.2945} \quad 1h < t_p < 24h \quad (t \text{ (h) ; } a' \text{ (mm/h)}) \quad (\text{Eq. 4})$$

5 STANDARD PROGETTUALI

Il progetto in essere necessita quindi di varie opere idrauliche che bisogna dimensionare e verificare adeguatamente.

Il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque è differente per ciascuna opera, la procedura può essere riepilogata con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo di trasformazione afflussi/deflussi);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

5.1 Calcolo delle portate di progetto

Per il calcolo delle portate di progetto corrispondenti ad un'assegnata precipitazione si è utilizzato il cosiddetto *metodo cinematico* (definito nella letteratura internazionale come *metodo razionale*).

Il metodo cinematico stabilisce che il valore massimo Q_{max} della portata, defluente da una determinata sezione di chiusura di un bacino di superficie A , abbia luogo per un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino stesso. Il tempo di corrivazione esprime, infatti, l'intervallo di tempo necessario affinché tutte le parti che costituiscono il bacino contribuiscano insieme al deflusso, attraverso la sezione considerata.

Una volta stimati i valori al contorno (t_c e φ) è possibile procedere alla determinazione della portata al colmo, in m^3/s , attraverso la formula "razionale":

$$Q = \frac{A \cdot \varphi \cdot i(t_c; T_R)}{3,6} \quad (\text{Eq. 5})$$

con i seguenti significati per i simboli utilizzati:

- Q = portata al colmo [m^3/s];
- A = superficie del bacino [Km^2];
- $i(t_c; T_R)$ = intensità di pioggia nel tempo di corrivazione t_c per dato tempo di ritorno T_R [mm/h];
- φ = coefficiente di deflusso.

Il metodo razionale considera, quindi, il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;

- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_R di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione t_c .

5.2 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è dato dalla somma dei due termini:

$$t_c = t_e + t_r \quad (\text{Eq. 6})$$

Dove t_e è il tempo di entrata in rete, ovvero il tempo di scorrimento nei bacini elementari di ingresso alla caditoia, pari a 5 min, e t_r è il tempo di rete, ovvero il tempo di transito all'interno del collettore di raccolta:

$$t_r = \sum_i L_i / v_{ri} \quad (\text{Eq. 7})$$

Nella quale

L_i lunghezza dell' i -esima tubazione della rete di drenaggio a monte della sezione

v_{ri} velocità di moto uniforme della corrente transitante nella i -esima condotta

Per il dimensionamento delle opere idrauliche di progetto, l'intensità critica adottata è quella relativa ad un tempo di corrivazione $t_c = t_e = 5$ min, date le limitate estensioni delle superfici scolanti.

5.3 Coefficiente di deflusso


La frazione di precipitazione che viene raccolta dal sistema di drenaggio è individuata da un coefficiente di deflusso ϕ , che esprime il rapporto tra volume d'acqua afferente ad una sezione di verifica, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nell'intervallo medesimo.

A favore di sicurezza il coefficiente di deflusso considerato per tutte le superfici scolanti è $\phi = 1.00$.

5.4 Dimensionamento idraulico

Definiti i parametri pluviometrici e il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi in progetto, viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = K * \sqrt{R * j} \quad \text{Eq. 8}$$

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D26	DOCUMENTO RISL0600001

e l'equazione di continuità

$$Q = A V \quad \text{Eq. 9}$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6} \quad \text{Eq. 10}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} j^{1/2} \quad \text{Eq. 11}$$

dove:

Q, portata (m³/s)

j, pendenza media (m/m);

A, sezione idrica (m²);

K_s, il coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler, pari a 80 mm^{1/3} · s⁻¹ per le tubazioni in materiale plastico, pari a 55 mm^{1/3} · s⁻¹ per le canalette in c/s;

R, raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a 0,5÷0,6 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma ferroviaria, deve essere non superiore al 70% per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm.

6 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma stradale, indipendentemente dal tratto in questione, le acque meteoriche ruscellano sulla piattaforma fino alla cunetta tramite la quale sono convogliate verso la caditoia più bassa.

Le acque provenienti dal lato ovest dello scatolare del sottopasso esistente vengono convogliate attraverso l'opera di prolungamento sul lato est, su entrambi i lati della strada; in corrispondenza del punto di minimo della viabilità a lato banchina sono posti due pozzetti che permette lo scarico delle acque nella vasca di accumulo dell'impianto di sollevamento posto a est dalla linea ferroviaria.

La vasca in c.a. sarà posta sotto la carreggiata stradale e prolungata in un'area esterna alla carreggiata stessa dove viene collocato il pozzetto d'ispezione e manutenzione dell'impianto.

L'impianto di sollevamento scarica le acque a quota piano campagna in un pozzetto di disconnessione dal quale vengono immerse nel fosso esistente vicino.

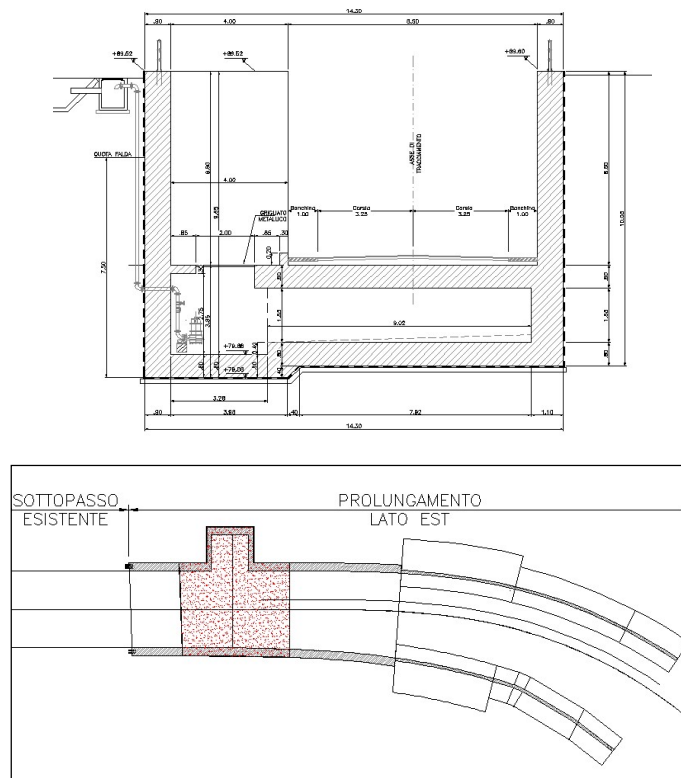


Figura 6.1 – Vasca volano

6.1 Dimensionamento sistema di smaltimento acque meteoriche

Le acque meteoriche di dilavamento della superficie stradale nel tratto del sottopasso vengono convogliate in una vasca di raccolta e da qui restituite all'idrografia superficiale attraverso un impianto di sollevamento.

La vasca di accumulo assolve alla funzione di garantire la compatibilità idraulica delle portate sollevate e restituite ai canali recettori.

Per quanto detto al paragrafo 3.4, nei corpi idrici recettori può essere restituita una portata corrispondente ad un coefficiente udometrico di 20 l/s per ettaro di superficie drenata.

Per la determinazione del volume massimo da invasare, nel rispetto delle condizioni sopra descritte, si è utilizzato il cosiddetto *metodo delle sole piogge*.

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca volano V , necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S , al variare del tempo di pioggia t_P (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT} \quad \text{Eq. 12}$$

V_{IN} è il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

$$V_{IN} = Q_i t \quad \text{Eq. 13}$$

con

$$Q_i = i \phi S \quad \text{Eq. 14}$$

e

$$i = a t^{n-1} \quad \text{Eq. 15}$$

quindi

$$V_{IN} = \phi S a t^n \quad \text{Eq. 16}$$

Dove ϕ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Tale ipotesi è valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso.

Per la pioggia di progetto si farà riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 25 anni e durata rispettivamente inferiore o superiore all'ora, con le curve di possibilità pluviometrica calcolate nella relazione idrologica generale e riportate nel presente progetto.

V_{OUT} è il volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{out} = Q_u t \quad \text{Eq. 17}$$

La portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) è commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui al paragrafo 3.4 e quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = Q_{IMP} = S u_{lim} \quad \text{Eq. 18}$$

quindi

$$V_{out} = S u_{lim} t \quad \text{Eq. 19}$$

Dove S è la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata t la differenza $\Delta V = V_{IN} - V_{OUT}$, si ricava la durata critica t_{cr} per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione V_{MAX}

$$V_{MAX} = V_{IN} - V_{OUT} = S \phi a t_{cr}^n - Q_{IMP} t_{cr} \quad \text{Eq. 20}$$

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \text{Eq. 21}$$

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \text{Eq. 22}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso V_{IMP} dovrà essere:

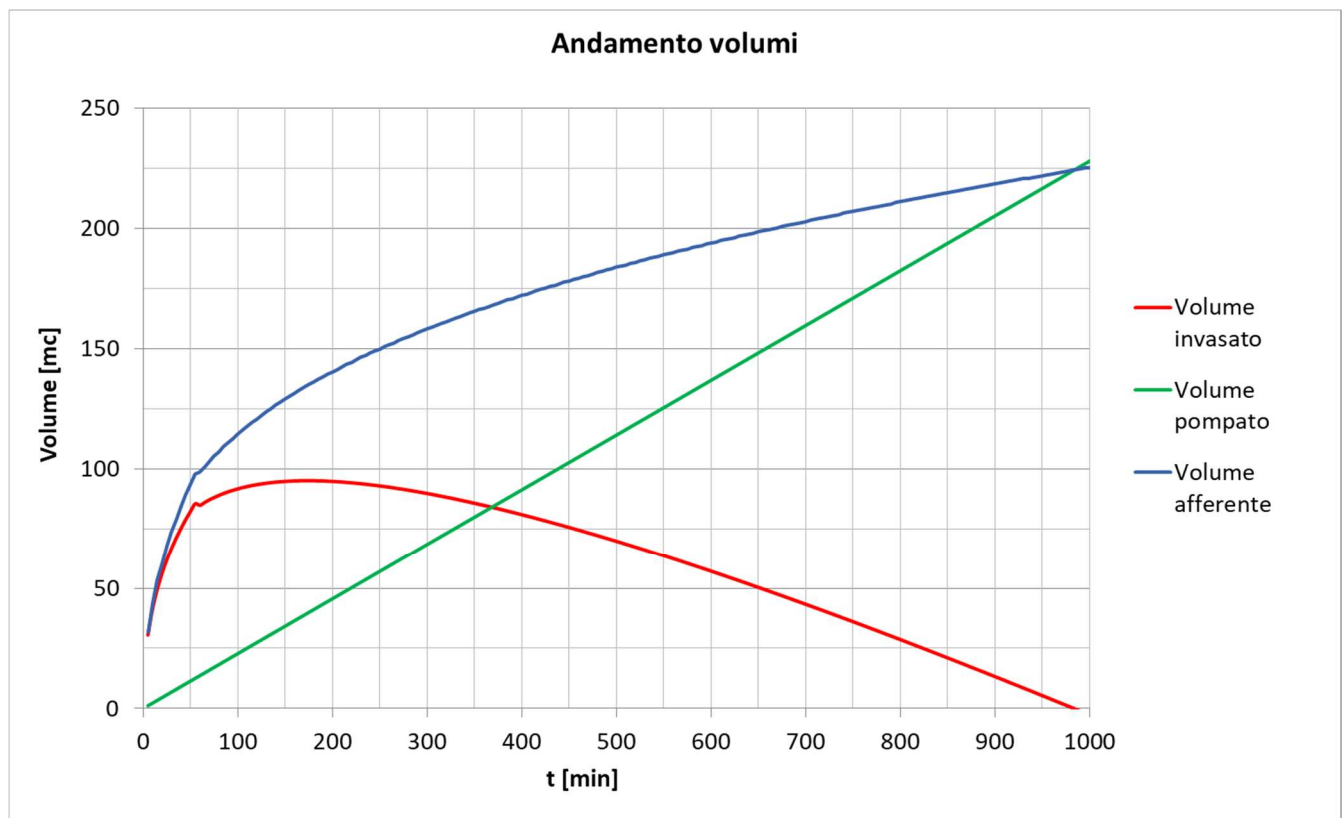
$$V_{IMP} > V_{MAX} * c \quad (c = \text{coefficiente di sicurezza} = 1.3) \quad \text{Eq. 23}$$

ovvero il rapporto fra volume disponibile e massimo volume invasato deve essere superiore a 1.3.

Nel progetto in essere le superfici afferenti al sistema di drenaggio del sottopasso sono:

S_{bacino} [m ²]	$\Psi_{\text{imp_medio}}$ [-]	$S_{\text{affernte (imp.)}}$ [m ²]	$S_{\text{affernte (imp.)}}$ [ha]
1900	1	1900	0,19

Nella figura seguente è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nella vasca volano al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 25 anni; in particolare vengono rappresentati il Volume afferente, il Volume pompato, il Volume invasato (ΔV).



Il massimo volume di laminazione richiesto risulta essere pari a 95.04 m^3 (V_{max}) quindi il volume della vasca di laminazione sarà maggiore di 124 m^3 ($V_{\text{invaso}}/V_{\text{max}} = > 1.3.$)

t [min]	t [h]	h [mm]	$V_{\text{IN}}=V_{\text{afferente}}$ [m^3]	$V_{\text{OUT}}=V_{\text{pompato}}$ [m^3]	$\Delta V=V_{\text{invasato}}$ [m^3]
175	2,92	71,02	134,94	39,90	95,04

6.2 Impianto di sollevamento

Lo svuotamento delle vasche avverrà mediante un sistema di 2 pompe (1 attiva e 1 di riserva) ad installazione semifissa in immersione, ciascuna dimensionata per la portata massima da sollevare coincidente con il massimo scaricabile nel ricettore consentito da normativa.

Il diametro della condotta di mandata dovrà essere tale da mantenere la velocità di transito della portata compresa tra 1 e 2 m/s (in presenza di liquidi con trasporto solido) e quindi sarà DN63.

La curva caratteristica dell'impianto su cui tarare la pompa ha la seguente espressione:

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H_G + \Delta H_C + \Delta H_D \quad \text{Eq. 24}$$

dove

ΔH_G dislivello geodetico tra aspirazione e restituzione

ΔH_C perdite di carico concentrate

ΔH_D perdite di carico distribuite

Le perdite di carico concentrate sono determinate con la formula:

$$\Delta H_c = K v^2 / (2 \cdot g) \quad \text{Eq. 25}$$

dove v è la velocità del fluido nelle tubazioni di mandata e K un coefficiente di proporzionalità o fattore di resistenza che dipende dalle caratteristiche geometriche del componente che dà origine alla perdita di carico.

Nel caso in esame si hanno perdite dovute a 4 curve a 90°, una T, una valvola di ritegno, una saracinesca e uno sbocco in aria. Nella seguente tabella si riportano i valori delle perdite concentrate in funzione del coefficiente K .

Componente	Quantità	K	Velocità (m/s)	ΔH_c (m)
Curva 90°	4	0.25	1,58	0,127
Saracinesca	1	0.15	1,58	0,019
Valvola	1	1.10	1,58	0,139

T	1	1.10	1,58	0,139
Sbocco	1	1.00	1,58	0,127
Totale	-	-	-	0,552

Tabella 4 – Perdite di carico concentrate per singola componente

Le perdite di carico distribuite sono determinate con la formula:

$$\Delta H_d = J \cdot L = (Q_p^2 / K^2 \cdot R \cdot A^2) \cdot L \quad \text{Eq. 26}$$

in cui

L = lunghezza della tubazione

$$J = Q_p^2 / K^2 \cdot R \cdot A^2 = \text{cadente piezometrica} \quad \text{Eq. 27}$$

con

K = indice di scabrezza = $C \cdot R^{1/6}$;

C = coefficiente di scabrezza di Strickler = 90 m^{1/3}/s (tubi in PEAD in opera);

R = raggio idraulico = D/4

A = area tubazione = $\pi \cdot D^2/4$;

Q_p = portata complessiva del sistema di pompaggio.

Nel caso in esame si avrà:

$$\Delta H_d = J \cdot L = (Q_{pTOT}^2 / K^2 \cdot R \cdot A^2) \cdot L = 1,016 \text{ m (per singola tubazione)}$$

In tabella 6.2 sono riportati i calcoli delle perdite di carico distribuite e concentrate per la sezione di mandata Ø63 mm.

Q _p	DN _i	R	A	C	K	J	L	v
----------------	-----------------	---	---	---	---	---	---	---

l/s	m	m	m ²	m ^{1/3} /s	m ^{1/2} /s	m/m	m	m/s
3,8	0,0554	0,01385	0,00241	90	44,10	0,09234	11,00	1,58

DN _i Diametro interno	DH _d Perdite carico distribuite	DH _c Perdite carico concentrate	H Perdite carico totali	DH _g Dislivello geodetico	Prevalenza manometrica
m	m	m	m	m	m
0,0554	1,016	0,552	1,502	8,8	10,302

Tabella 5 – Perdite di carico totali (concentrate e distribuite) per l'impianto di sollevamento

La potenza di ogni pompa si può ricavare dalla relazione:

$$P_p = (\gamma \cdot Q_p \cdot H) / \eta \cdot 1000 \quad \text{Eq. 28}$$

dove

γ = peso specifico del liquido sollevato = ρ (kg/mc) x g (9,8 m/s²);

Q_p = portata massima di dimensionamento;

H = prevalenza massima;

η = rendimento delle pompe pari a 0.70.

Essendo la portata pari a 3,8 l/s, per un rendimento del 70% e una prevalenza totale dell'ordine dei 10 m, la potenza richiesta dalla singola pompa è inferiore a 1kW.