

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA

FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

FABBRICATI TECNOLOGICI

FABBRICATO TECNOLOGICO GA NORD km 26+718

RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N M 0 Z	1 0	D	2 6	R I	F A 1 2 0 3	0 0 1	A


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	novembre 2018	F.Coppini A.Maran	novembre 2018	S. Borelli	novembre 2018	F. Sacchi novembre 2018
File: NM0Z10D26RIFA1203001A.docx								n. Elab.

SOMMARIO

1	Introduzione	3
2	Riferimenti normativi	5
3	Inquadramento territoriale	7
3.1	PAI - AdB Po	9
3.2	PGRA – Distretto Idrografico Padano	11
3.3	Compatibilità idraulica.....	13
4	Curve di possibilità pluviometrica.....	15
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	22
6	Opere di drenaggio idraulico.....	23
6.1	Sistema di raccolta	25
6.2	Dimensionamento sistema di smaltimento acque meteoriche	28

INDICE TABELLE

Tabella 3.1 – Scenari di inondazione PGRA	12
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
Tabella 6.I - Dimensionamento collettori.....	28

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO FA1203001	REV. A 2 di 19

INDICE FIGURE

Figura 1.1 – Stralcio planimetria di progetto.....	3
Figura 3.1 - Localizzazione dell'area di intervento	7
Figura 3.2 – Principali sottobacini idrografici del fiume Po	8
Figura 3.3 – Suddivisione territoriale in distretti.....	8
Figura 3.4 - Schema per la definizione delle fasce fluviali.....	10
Figura 3.5 – Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdB Po.....	11
Figura 3.6 – Stralcio planimetrico del PGRA nell'area di intervento.....	13
Figura 4.1 - Celle individuate 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- Schema idraulico.....	23
Figura 6-2 - Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico	25
Figura 6.3 - Dimensionamento pluviali	26
Figura 6.4 – Dettaglio collegamento pluviale-pozzetto	27
Figura 6.5 - Dimensionamento trincea drenante	31

1 INTRODUZIONE

Obiettivo della presente relazione è la descrizione del sistema di drenaggio, e il relativo dimensionamento, 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 di un fabbricato (FA12) GA NORD.

Per la progettazione delle opere idrauliche dell'intervento in oggetto, si è fatto riferimento alla Relazione Idrologica Generale (NM0Z20D26RHID0001001) dell'area di progetto nella quale sono stati determinati i parametri pluviometrici.

Il progetto prevede la costruzione di un nuovo fabbricato, del suo piazzale di pertinenza e del generatore di emergenza come riportato nello stralcio progettuale in Figura 1.1.

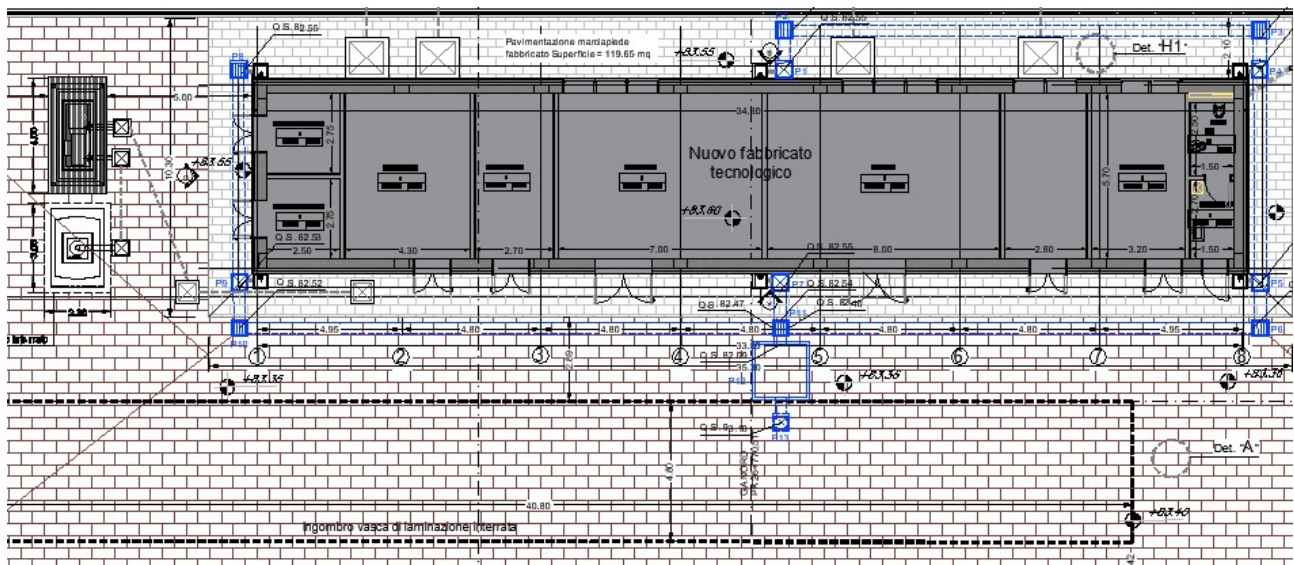


Figura 1.1 – Stralcio planimetria di progetto

Il sistema di drenaggio previsto per il nuovo fabbricato tecnologico sarà costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici impermeabili il cui recapito finale sarà un sistema di infiltrazione negli strati superficiali del suolo adeguatamente dimensionato per fungere anche da opera di laminazione e rispettare dunque il principio di Invarianza, viene previsto comunque un sistema di troppo pieno che scarica nel fosso più vicino.

Per le superfici scoperte (piazzale e parcheggi) sarà prevista una pavimentazione che favorisce l'infiltrazione delle acque nel terreno a mezzo di masselli autobloccanti, per aumentare la dispersione delle acque nel terreno, ripristinare l'attuale sistema a dispersione delle acque e garantire l'invarianza idraulica; vengono inseriti, per cautela, pozzetti grigliati che consentono la raccolta delle acque superficiali di scolo e garantiscono l'allontanamento delle acque in eccesso dalla superficie del piazzale.


Per il trattamento dei liquami provenienti dagli scarichi dell'unico servizio igienico presente nel nuovo fabbricato si prevede la realizzazione di una fossa biologica con vasca Imhoff, per i dettagli si rimanda al progetto impiantistico.

Gli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella:

WBS FA12 - Fabbricato tecnologico GA NORD km 26+718

Relazione smaltimento idraulico	N	M	0	Z	1	0	D	2	6	R	I	F	A	1	2	0	3	0	0	1	A
Particolari e dettagli opere di smaltimento	N	M	0	Z	1	0	D	2	6	P	Z	F	A	1	2	0	3	0	0	1	A
Planimetria e sezioni piazzale e sistemazioni esterne	N	M	0	Z	1	0	D	2	6	P	9	F	A	1	2	0	3	0	0	1	A

Tabella 1 - Stralcio elenco elaborati

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO FA1203001	REV. A 5 di 19

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 la realizzazione di un nuovo fabbricato tecnologico **FA12** alla chilometrica 26+770 circa.

In particolare in questa fase denominata 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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO FA1203001	REV. A 9 di 19

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.

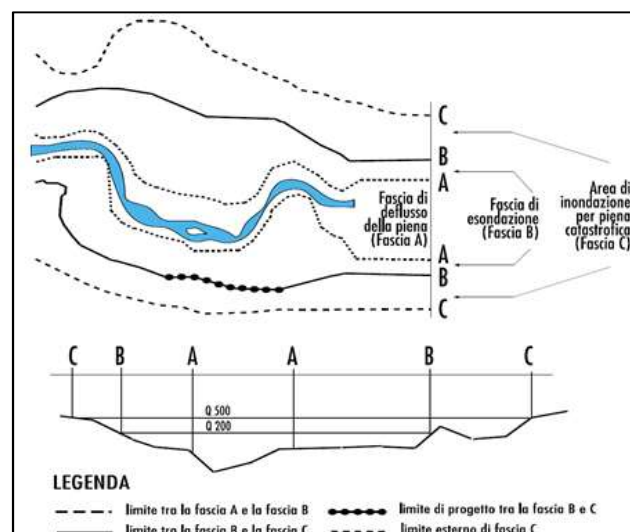


Figura 4.4 - Schema per la definizione delle fasce fluviali

Nella figura seguente si riporta lo stralcio delle aree interessate dalla piena di riferimento e le limitazioni delle diverse fasce fluviali individuate dal PAI nell'area di nostro interesse.

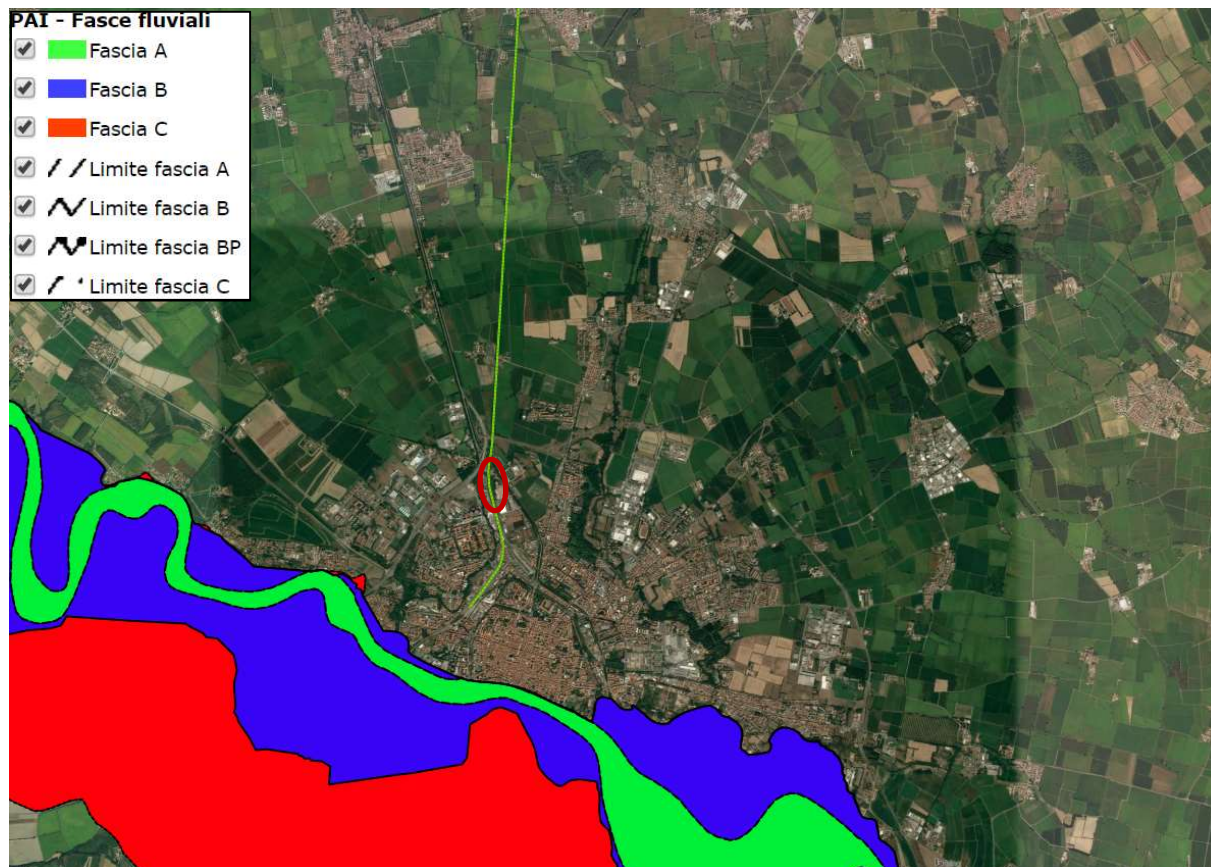



Figura 5.5 – Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdB Po

In base alla tavola di delimitazione delle fasce fluviali allegata al PAI (Figura 3.5), 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.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NMOZ	10	D26	FA1203001	A 12 di 19

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

Le condizioni di pericolosità nelle aree di interesse sono riportate nelle figure a seguire, rappresentante un estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).



Figura 6.6 – Stralcio planimetrico del PGRA nell'area di intervento

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

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 equilibrio 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 DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO FA1203001	REV. A 15 di 19

4 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

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.

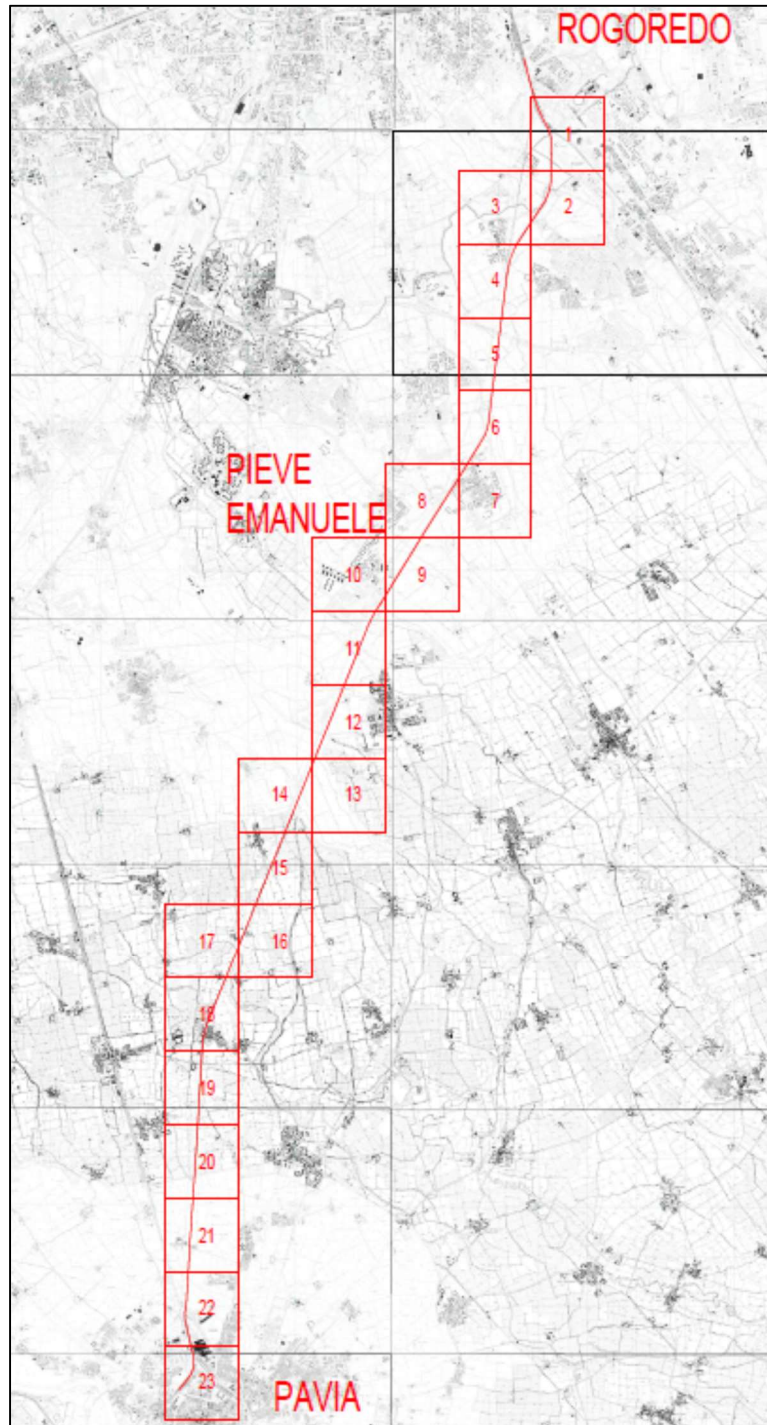


Figura 7 - Celle individuate interessate dalla ferrovia oggetto dell'intero intervento

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 area 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

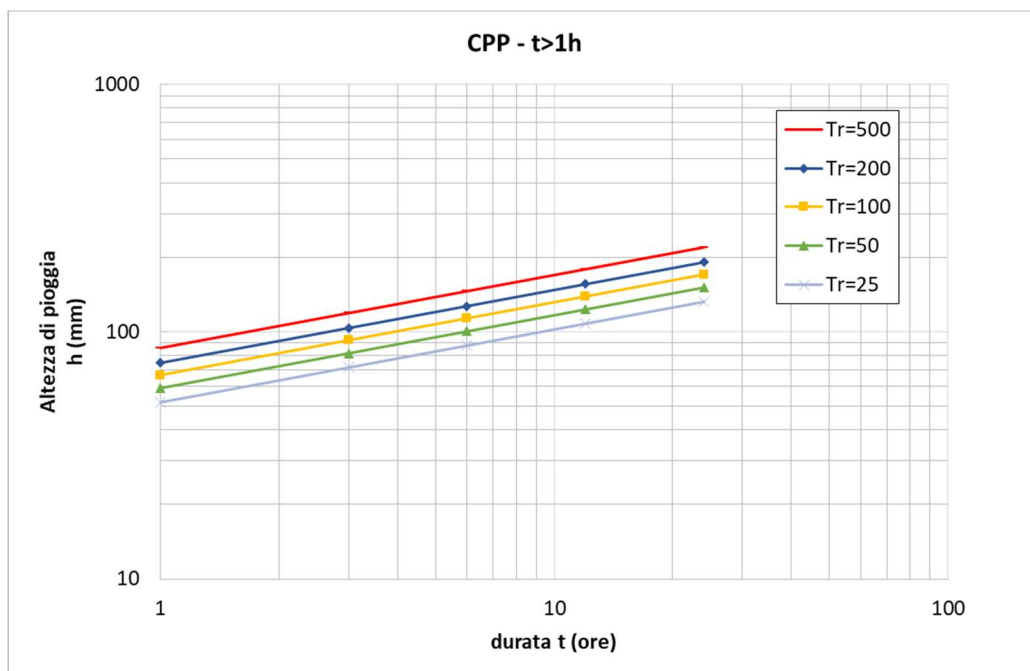



Figura 8 - Curve di Possibilità Pluviometrica per piogge extraorarie t>1h – ARPA

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO				
	POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NMOZ	10	D26	FA1203001	A 18 di 19

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 Tr per piogge sub-orarie $t < 1h$

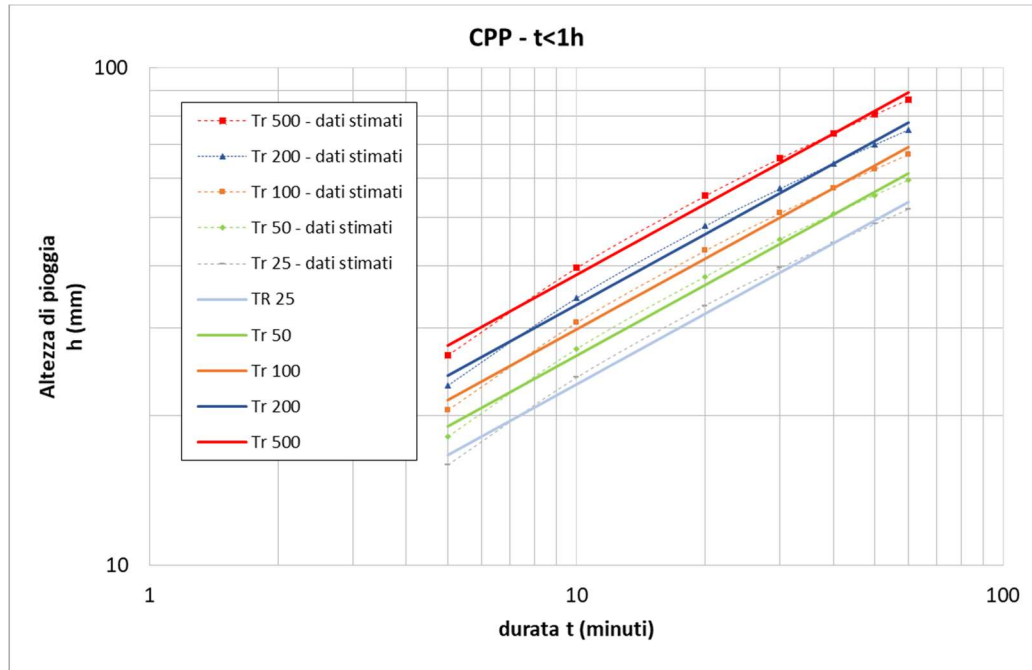


Figura 9 - Curve di possibilità pluviometrica per piogge sub-orarie t<1h

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 delle trincee drenanti invece, dove la simulazione deve comprendere un intervallo di tempo che va da 0 a 72h, 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 anni per il drenaggio di piazzali, fabbricati e pensiline mentre di 50 anni per le trincee drenanti (vasca a dispersione).

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

- Drenaggio di piazzali, fabbricati e pensiline (T=25 anni)

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

- Trincee drenanti (T=50 anni)

$$h = 8,9245 t^{0.4708} \quad t_p < 1h \quad (t \text{ (min)} ; a' \text{ (mm/min)}) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$h = 59,184 t^{0.2945} \quad 1h < t_p < 24h \quad (t \text{ (h)} ; a' \text{ (mm/h)}) \quad (\text{Eq. 5})$$

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":

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

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO				
	POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE				
RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NMOZ	10	D26	FA1203001	A
					21 di 19

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:

$$t_c = t_e + t_r \quad (\text{Eq. 7})$$

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:

$$t_r = \sum_i L_i / v_{ri} \quad (\text{Eq. 8})$$

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 di drenaggio del nuovo fabbricato, 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.

I tipi di superficie presi in considerazione ed i relativi coefficienti di deflusso sono riportati di seguito:

$\phi = 0.90$ per la copertura;

$\phi = 0.90$ per il marciapiede del fabbricato;

$\phi = 0.30$ per il bacino del piazzale drenante.

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 spechi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = K * \sqrt{R * i} \quad \text{Eq. 9}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = A V \quad \text{Eq. 10}$$

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

$$K = K_s R^{1/6} \quad \text{Eq. 11}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2} \quad \text{Eq. 12}$$

dove:

Q, portata (m³/s)

I, pendenza media del fosso (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 cls;

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 sistema di drenaggio previsto per il nuovo fabbricato tecnologico è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici impermeabili il cui recapito finale sarà costituito da una vasca a dispersione e laminazione. Per le superfici scoperte (piazzale e parcheggi) sarà prevista una pavimentazione che favorisce l'infiltrazione delle acque nel terreno a mezzo di masselli autobloccanti con l'aggiunta, per cautela, di pozzetti provvisti di griglie che consentono la raccolta delle acque superficiali di scolo e garantiscono l'allontanamento delle acque in eccesso dalla superficie del piazzale.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo, si rimanda agli elaborati di progetto per i dettagli.

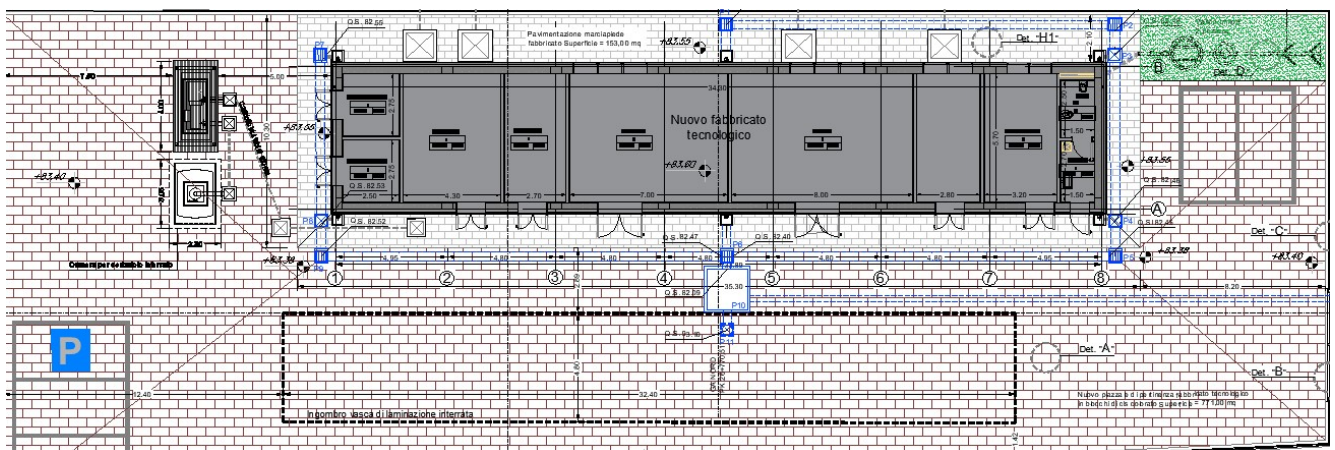


Figura 6.1- Schema idraulico

Il sistema di raccolta delle acque del fabbricato prevede la captazione e l'invio delle acque della copertura, attraverso le grondaie, all'interno dei pluviali presenti su entrambi i lati lunghi del fabbricato.

In corrispondenza di ogni pluviale $\phi 100$, è presente un pozzetto 60x60 cm che raccoglie le acque e le invia, attraverso un collettore $\phi 315$ in PVC-U, all'interno della dorsale principale.

La rete di smaltimento è quindi costituita da:

- Discendenti di opportuno diametro che scaricano nei rispettivi pozzetti;
- Pozzetti dimensione 60x60 cm (i pozzetti nel piazzale sono provvisti di caditoie grigliate carrabili)
- Tubazioni circolari in PVC di diametro pari a 315/400 mm.

Data la disposizione del fabbricato all'esterno dell'area di piattaforma dei binari di corsa il dimensionamento dell'intera rete è effettuato considerando un tempo di ritorno di 25 anni. La superficie della copertura e dei piazzali ha dimensioni limitate impone, quindi, l'utilizzo di curve con tempi di pioggia minori di un'ora.

Le aree scoperte dei parcheggi e del piazzale sono realizzate in masselli autobloccanti, per ridurre le superfici impermeabili attuali, aumentare la dispersione delle acque nel terreno, ripristinare l'attuale sistema a dispersione delle acque e garantire l'invarianza idraulica.

Il recapito finale della rete di raccolta delle opere in progetto è un sistema di infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo realizzato con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 95% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la vasca delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 1 m e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacità drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

Questi moduli hanno una doppia funzione, disperdono e contemporaneamente laminano le portate in arrivo.



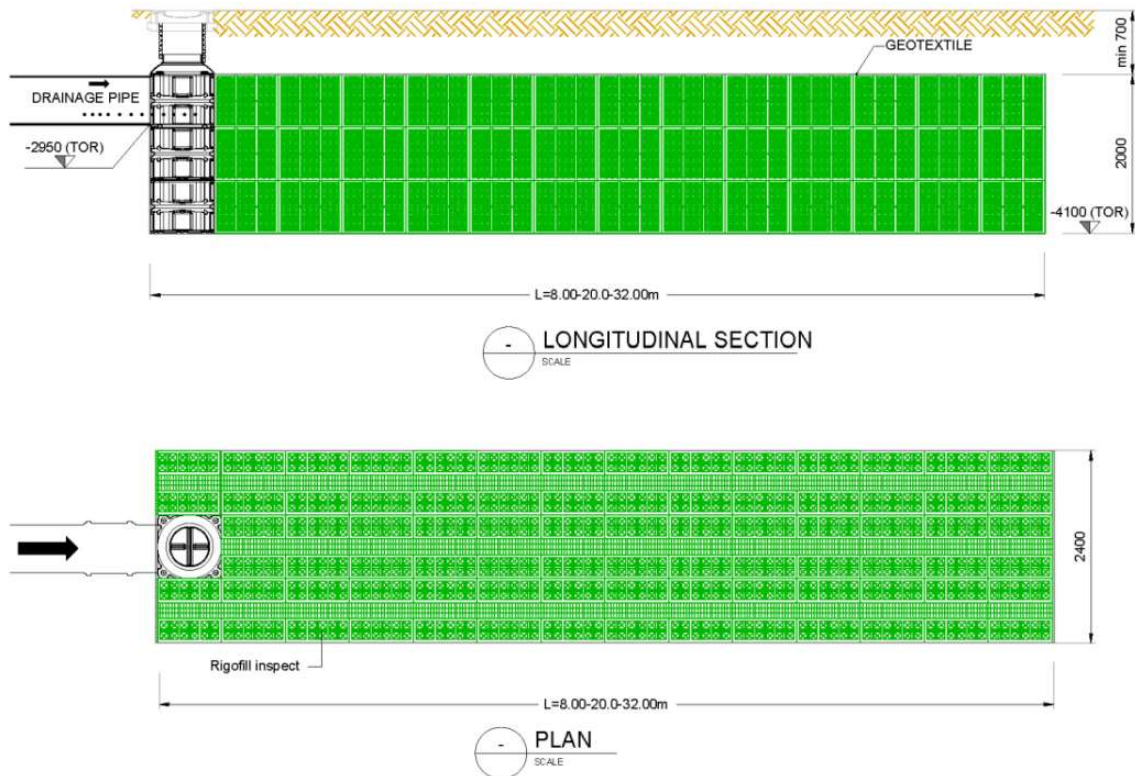


Figura 6-2 - Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico

Prima dell'immissione nel sottosuolo le acque subiranno un trattamento di dissabbiatura e grigliatura in apposito pozzetto di dimensioni 2.0x2.0 m e altezza 1.50 m per depurare le acque meteoriche. A questo pozzetto si innesta il tubo di troppo pieno che scarica in caso di insufficienza dell'impianto nel fosso più vicino.

6.1 Sistema di raccolta

Le acque della copertura e delle superfici impermeabili sono raccolte all'interno dei pozzetti e da questi, attraverso una rete di collettori in PVC-U inviate al recapito finale. Sono previste anche delle griglie sul piazzale, con medesimo recapito finale.

Pluviali

La superficie totale delle coperture in progetto è pari a 268 mq. Le acque provenienti dai tetti vengono raccolte tramite pluviali e quindi convogliate tramite tubazioni ai pozzetti di raccolta. Nel fabbricato il tetto è a doppia falda quindi si dispongono 6 pluviali complessivamente, 3 su ciascun lato lungo dell'edificio.

Per il calcolo dei canali di gronda e dei pluviali si fa riferimento alla norma UNI EN 12056 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Impianti per acque reflue progettazione e calcolo".
Facendo riferimento a questa normativa si ottiene:

Capacità della bocca di efflusso:

$$Q_o = K_o D^2 h^{0.5} / 15000 \text{ (l/s)} \quad (\text{Eq. 13})$$

Ove:

Q_o = capacità (l/s)

D = diametro efficace bocca di efflusso (mm)

K_o = coefficiente di scarico (1 per scarico libero, 0.5 in presenza di filtri)

h = carico alla bocca di efflusso (mm)

$h = W * F_h$ (mm)

W = altezza dell'acqua,

F_h = coefficiente di carico alla bocca (pari a 0.47 se $S/T = 1$)

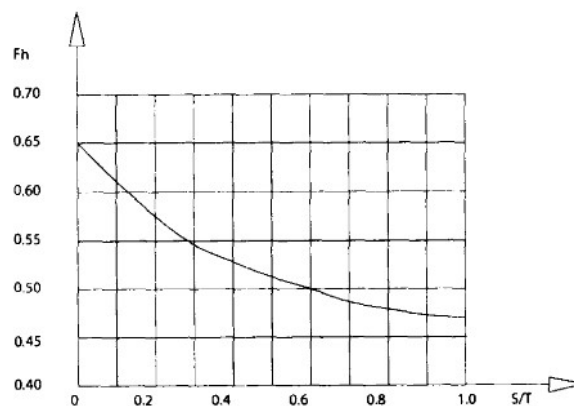


Figura 6.3 - Dimensionamento pluviali

Il coefficiente di carico alla bocca F_h si calcola mediante il grafico riportato sopra e dipende dal rapporto S/T del canale di gronda.

La verifica viene condotta sulla bocca di efflusso dove viene convogliata la portata massima (Q_{tmax}), con una superficie scolante di 61 mq. Il diametro scelto per i pluviali è il DN 100.

Nella tabella vengono riportati i risultati della verifica.

Copertura	S [m ²]	ic [mm/h]	Q _T [l/s]	DN [mm]	K ₀	Fh	W [mm]	h [mm]	Q ₀ [l/s]	Verifica
Pluviale con Q _{Tmax}	58	200,11	3,23	100	1	0,47	90	42,3	4,34	OK

Tabella 6.1 - Dimensionamento bocca di efflusso

Di seguito i dettagli del collegamento pluviale-pozzetto:

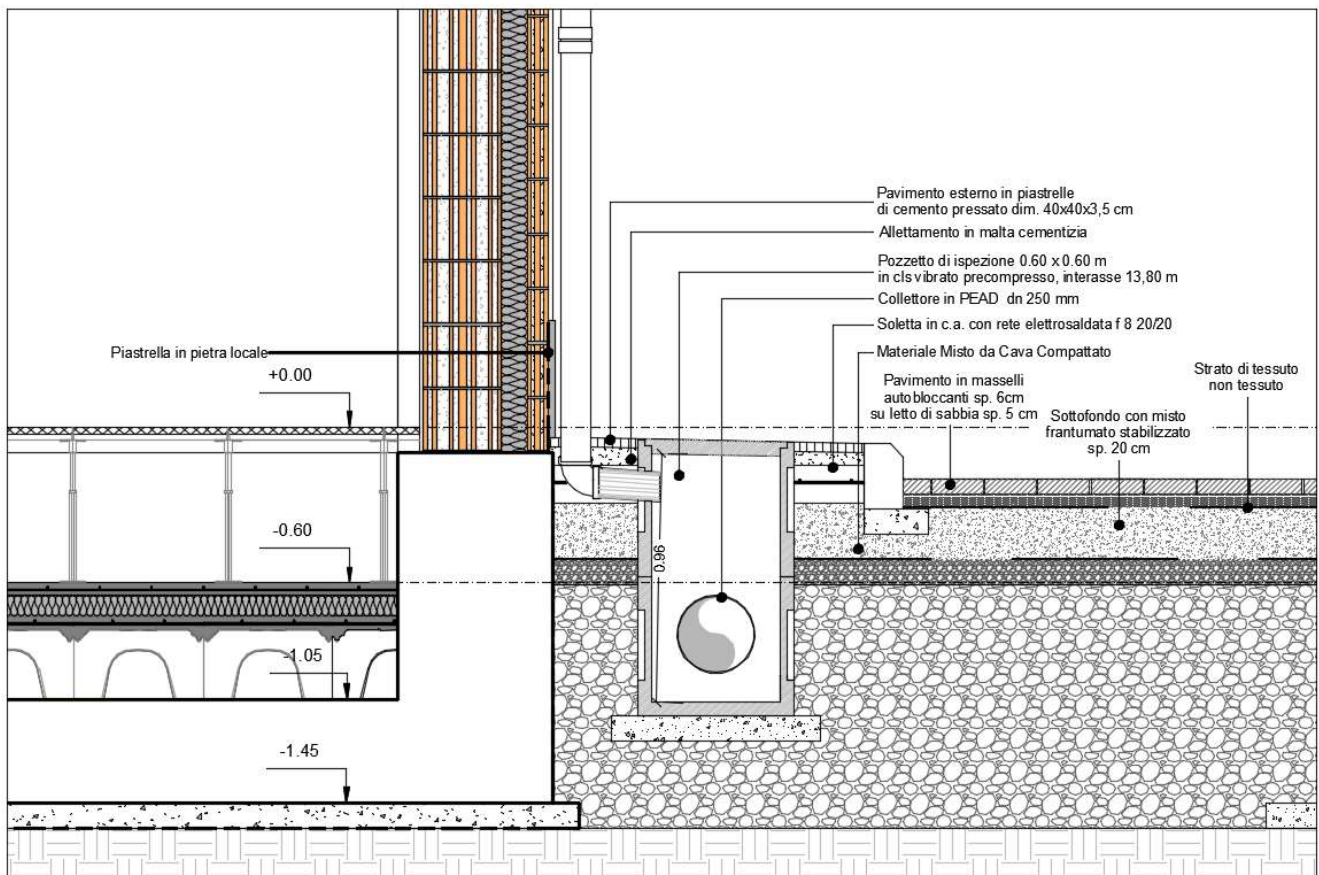


Figura 6.4 – Dettaglio collegamento pluviale-pozzetto

Tubazioni

Il drenaggio del piazzale è affidato a un sistema di pozzetti con caditoie grigliate di dimensioni 60x60 cm disposti nei lati lunghi del fabbricato. Questi drenano le acque di pioggia derivanti dalle coperture (raccolte mediate pluviali) e dal piazzale stesso (raccolte mediante caditoie carrabili) e le inviano, a mezzo di collettori in PVC-U collegati tra di loro, al recapito finale.

I collettori in PVC-U usati hanno diametro $\phi 315$, con pendenze minima di progetto fissate pari allo 0.3%; I collettori presenti all'interno del piazzale, data la quota di imposta, non necessitano di un rinfranco in cls.

Nel progetto in essere la quota di calpestio del nuovo fabbricato è pari a 83.60 m s.l.m.

NODO iniz.	NODO fin.	Lung. [m]	Q iniz. [m]	Q fin. [m]	Type	D int. [m]	K _s [mm ^{1/3} s ⁻¹]	Superficie Corrente [m ²]				Coef. di deflusso C medio	Pendenza [m/m]	Temp de concentrazione t _c [min]	Intensità critiche Tr25 I _c [mm/h]	Q _{ev} [l/s]	V _{ev} [m/s]	Q [m ³ /s]	% riemp.
								C = 0.9	C = 0.9	C = 0.3	Totale								
P1	P2	1,00	82,55	82,54	315 pvc	0,303	80	58,0	0,0	0,0	58,00	0,90	0,0100	5,00	200,11	2,90	0,61	0,0027	11,07%
P2	P3	16,00	82,54	82,49	315 pvc	0,303	80	0,0	26,8	0,0	26,80	0,90	0,0030	5,00	200,11	4,25	0,45	0,0039	17,74%
P3	P4	1,00	82,49	82,48	315 pvc	0,303	80	0,0	22,8	0,0	22,80	0,90	0,0100	5,00	200,11	5,39	0,74	0,0051	15,08%
P4	P5	6,70	82,48	82,46	315 pvc	0,303	80	38,0	0,0	0,0	38,00	0,90	0,0030	5,00	200,11	7,29	0,55	0,0078	25,03%
P5	P6	1,00	82,46	82,45	315 pvc	0,303	80	38,0	0,0	230,0	268,00	0,39	0,0100	5,00	200,11	13,03	1,00	0,0138	24,67%
P6	P11	16,00	82,45	82,40	315 pvc	0,303	80	0,0	15,4	0,0	15,40	0,90	0,0030	5,00	200,11	13,80	0,64	0,0131	32,69%
P8	P9	6,70	82,55	82,53	315 pvc	0,303	80	38,0	22,8	0,0	60,80	0,90	0,0030	5,00	200,11	3,04	0,41	0,0029	15,27%
P9	P10	1,00	82,53	82,52	315 pvc	0,303	80	38,0	0,0	0,0	38,00	0,90	0,0100	5,00	200,11	4,95	0,73	0,0047	14,58%
P10	P11	18,00	82,52	82,47	315 pvc	0,303	80	0,0	15,4	392,0	407,40	0,32	0,0030	5,00	200,11	12,26	0,62	0,0118	30,95%
P7	P11	1,00	82,55	82,54	315 pvc	0,303	80	58,0	0,0	0,0	58,00	0,90	0,0100	5,00	200,11	2,90	0,61	0,0027	11,07%
P11	P12	0,60	82,40	82,39	315 pvc	0,303	80	0,0	15,8	149,0	164,80	0,36	0,0150	5,00	200,11	32,24	1,46	0,0321	34,36%
P12	P13	0,60	81,99	81,98	315 pvc	0,303	80	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0200	5,00	200,11	32,24	1,62	0,0322	31,88%

Tabella 6.I - Dimensionamento collettori

La verifica del diametro D delle tubazioni è stata effettuata con la formula di Chezy con $K = 80m^{1/3} s^{-1}$ ed ipotizzando un riempimento massimo delle tubazioni pari al 50% (per tubazioni con diametro minore di 500 mm) al fine di garantire un sensibile margine di sicurezza. La pendenza è minima per far sì che il collettore funga anche da volume di laminazione. Il dimensionamento rispetta i limiti sulle velocità indicate da normativa.

Per i dettagli relativi al posizionamento dei pozzetti e all'intero sistema di raccolta e smaltimento si rimanda all'elaborato "Planimetria e sezioni piazzale e sistemazioni esterne".

6.2 Dimensionamento sistema di smaltimento acque meteoriche

Qualora sia impossibile oppure tecnicamente ed economicamente sconveniente recapitare le acque piovane di dilavamento ad un altro tipo di recettore che non sia il terreno, è necessario adottare un sistema che consenta una dispersione efficace sul suolo, compatibilmente con i parametri qualitativi imposti dalle norme vigenti.

Il valore della conducibilità idraulica nell'area interessata dal Progetto è stata stimata in funzione delle prove di permeabilità di tipo Lefranc effettuate nei fori di sondaggio geognostico completati a piezometro (vedi Relazione Geologica). I risultati delle prove di permeabilità forniscono un valore della conducibilità idraulica pari a 1.4×10^{-6} m/s.

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca di laminazione 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:

$$V = V_{IN} - V_{OUT} \quad \text{Eq. 14}$$

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

$$V_{IN} = Q_i t \quad \text{Eq. 15}$$

con

$$Q_i = i \phi S \quad \text{Eq. 16}$$

e

$$i = a t^{n-1} \quad \text{Eq. 17}$$

quindi

$$V_{IN} = \phi S a t^n \quad \text{Eq. 18}$$

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 50 anni e durata rispettivamente inferiore o superiore all'ora, dovendo la simulazione comprendere un intervallo di tempo che va da 0 a 72h, 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

$$V_{out} = Q_u t \quad \text{Eq. 19}$$

Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_{out}), è stato effettuato utilizzando lo schema di moto filtrante secondo la formulazione:

$$Q_u = Q_{IMP} = K j S \quad \text{Eq. 20}$$

quindi

$$V_{out} = K j S t \quad \text{Eq. 21}$$

Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

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}

$$V_{MAX} = V_{IN} - V_{OUT} = S \phi a t_{cr}^n - Q_{IMP} t_{cr} \quad \text{Eq. 22}$$

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \text{Eq. 23}$$

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \text{Eq. 24}$$

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

$$V_{IMP} > V_{MAX} * c \quad (c = \text{coefficiente di sicurezza} = 1.3) \quad \text{Eq. 25}$$

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

In particolare è da riferire che l'approccio adottato in accordo alle relazioni analizzate conduce a valutazioni del volume di laminazione V in favore di sicurezza, non tenendo conto degli effetti di laminazione nella rete di drenaggio.

Nel progetto in essere le superfici oggetto di intervento sono:

S_{verde} [m ²]	$S_{bacino perm}$ [m ²]	$S_{bacino imp}$ [m ²]	Ψ_{verde} [-]	Ψ_{perm} [-]	Ψ_{imp} [-]	Ψ_{medio} [-]	$S_{affernte (imp.)}$ [m ²]
26	771	387	0	0,3	0,9	0,490	579,60

Il calcolo del volume disponibile è quindi dato dalle caratteristiche geometriche della vasca (larghezza × lunghezza × altezza della vasca):

Geometria Gabbia drenante				
b [m]	H [m]	Lung [m]	V _{trincea} [m ³]	V _{trincea netto*95%} [m ³]
4,80	0,60	32,40	93,31	88,65

Nella figura seguente è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nella vasca a dispersione al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 50 anni; in particolare vengono rappresentati il Volume in ingresso, Volume disperso, il ΔV e il Volume di invaso disponibile.

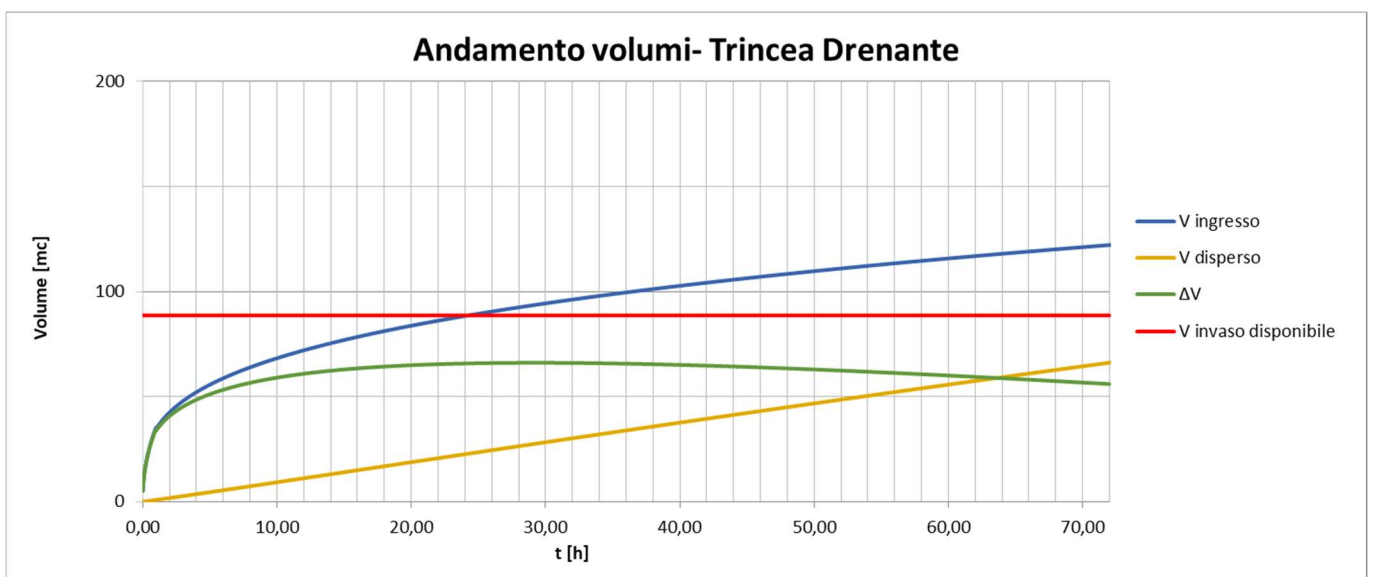


Figura 6.5 - Dimensionamento trincea drenante

Il massimo volume di laminazione richiesto risulta essere pari a 66.08 m³ (V_{max}) mentre il volume della vasca di laminazione è pari a 88.65 m³, al tempo t_{cr}=29,25h si ha quindi una percentuale di riempimento del 63%.

t [min]	t [h]	h [mm]	Q _{afferrante} [m ³ /s]	V _{IN} [m ³]	V _{OUT} [m ³]	ΔV [m ³]	% riemp.
1755	29,25	161,61	0,001	93,67	27,587	66,08	75%

Si rileva che $\Delta V = V_{max}$ e si verifica la condizione $V_{invaso} / V_{max} = 1.58 > 1.3$.

Il dimensionamento e la verifica della vasca sono state condotte, secondo quanto prescritto dal regolamento della regione Lombardia e in particolare viene rispettato il tempo massimo di svuotamento di 72 ore, e

viene calcolato il volume di laminazione tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume minimo calcolato secondo quanto indicato prima (Eq 25). Il volume complessivo da realizzare viene quindi incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

V max invasato [m3]	ts _{suot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
66,08	70	45,27	20,81	67,83	OK	67,91	0,00	OK

Quindi si devono verificare entrambe le due seguenti condizioni:

- 1) Dopo 48h dalla fine dell'evento critico (evento per cui si raggiunge il max volume della vasca) deve essere presente un volume V_{disp.} tale da accogliere un secondo evento critico.
- 2) Dopo 72h dalla fine dell'evento critico la vasca deve essere vuota

La trincea drenante così dimensionata garantisce il doppio funzionamento a dispersione e laminazione, consentendo il rispetto del principio di invarianza idraulica.

Per quanto riguarda la profondità del livello di massima escursione della falda viene rispettata la distanza minima di 1m da fondo trincea.

Viene rispettata anche la distanza minima da strutture sotterranee non isolate e/o da fondazioni (minima distanza ai fini della dispersione pari a 1,5*H in cui H = profondità fondazione – dal solo punto di vista della capacità della trincea disperdente).

Nella successiva fase progettuale dovranno essere fatte delle prove aggiuntive e di dettaglio per verificare la permeabilità nell'area di interesse e confermare il dimensionamento.