

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA
LINEA CREMONA MANTOVA
TRATTA PIADENA MANTOVA
IDROLOGIA E IDRAULICA GENERALE**

Relazione idraulica impianti di sollevamento (viabilità e stazioni)

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 2 5 0 3 D 2 6 R I I D 0 0 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Coppa <i>G. Coppa</i>	Aprile 2020	S.Santopietro <i>S.Santopietro</i>	Aprile 2020	M.Berlingeri <i>M.Berlingeri</i>	Aprile 2020	

File: NM2503D26RIID0000003A.doc

Sommario

1. PREMESSA	2
2. INTRODUZIONE	3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
5. ANALISI IDROLOGICA	5
3 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	9
4 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	11
4.1 Dimensionamento idraulico	11
5 SOTTOPASSI CICLOPEDONALI.....	13
6 SISTEMI DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE.....	14
6.1 Dati ed assunzioni di base	15
6.2 Aspetti normativi.....	15
6.1 Aspetti morfologici della rete idrica di superficie.....	16
6.2 Caratteristiche idrogeologiche.....	17
6.3 Criteri di dimensionamento	19
7 RAMPA STAZIONE MARCARIA.....	21
8 CASTELLUCCHIO E BOZZOLO	21
9 COMPATIBILITA' IDRAULICA	23
9.1 Sistemazione idraulica di piattaforma	23
9.2 Analisi di compatibilità idraulica	23

1. PREMESSA

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^a fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^a fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000003	REV. A	FOGLIO 3 di 32

Il progetto prevede, nell'ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L'intervento, nel suo complesso, grazie all'incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.


2. INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riportati i criteri progettuali e le verifiche idrauliche riguardanti gli input per il dimensionamento degli impianti di sollevamento presenti lungo la linea, più precisamente nella stazione di Bozzolo, Marcaria e Castellucchio e nei due sottopassi ciclopedonali. Dopo alcuni richiami su gli aspetti idrologici, si illustreranno i riferimenti normativi e le caratteristiche idrogeologiche del territorio, che costituiscono le condizioni al contorno sulla base delle quali sono state operate le scelte progettuali, di seguito illustrate.

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

Rif. [1] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26RHID0000001, intitolato "Relazione Idrologica", datato Aprile 2020;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 32</p>

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- 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.
- 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.

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000003	REV. A	FOGLIO 5 di 32

- 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”.
- Testo coordinato del r.r. 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)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019.

5. ANALISI IDROLOGICA

L’analisi idrologica dei bacini in questione è stata condotta con riferimento ai seguenti documenti prodotti dalle autorità competenti sul territorio lombardo:

- *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d’acqua del reticolo principale*
- *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - dell’Adda nel tratto da Olginate alla confluenza nel Po, del Fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*

I valori delle portate di piena sono stati stimati mediante l’utilizzo delle curve di possibilità pluviometrica fornite dall’ARPA Lombardia e successivamente l’applicazione di modelli idrologici afflussi-deflussi.

Per la stima delle portate di piena defluenti nei corsi d'acqua sono stati utilizzati modelli di trasformazione afflussi-deflussi che a partire dalle curve di possibilità pluviometrica dell'ARPA Lombardia forniscono il corrispondente andamento nel tempo delle portate.

L'applicazione di tali modelli necessita quindi della conoscenza del regime delle precipitazioni di forte intensità nel territorio di interesse, sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l'altezza h , la durata d della pioggia e il tempo di ritorno T tramite l'espressione:

$$h(t) = a t^n$$

Per il calcolo del regime pluviometrico sono state considerati i parametri delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia.

Tr (anni)	a (mm/h)	n
25	45.392	0.266
50	55.212	
100	62.238	
200	69.615	

Tabella 1 - Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge extraorarie $t > 1h$

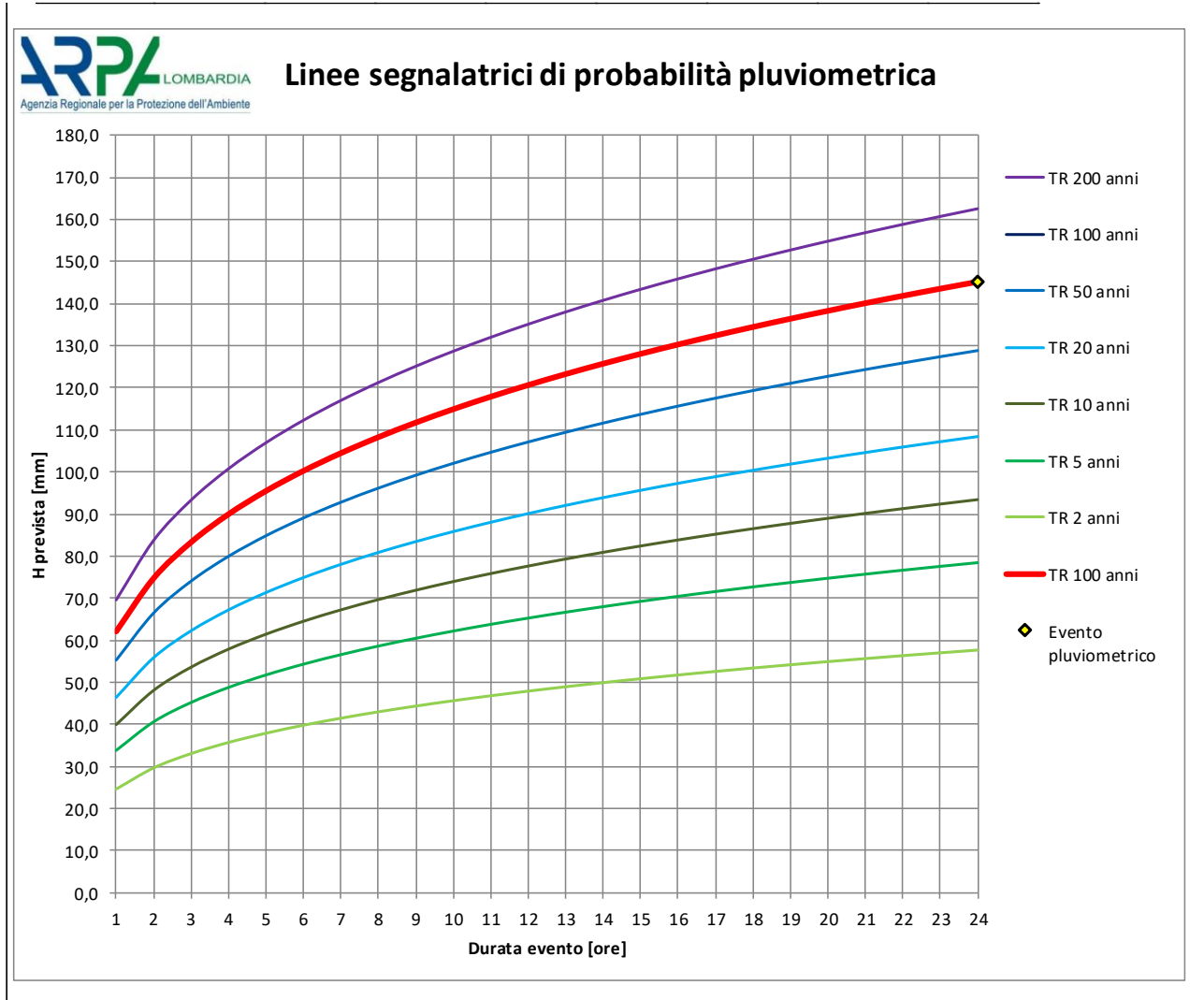


Figura 1 - LSPP ARPA Lombardia

A seguito dell'analisi delle piogge di breve durata secondo il metodo di Bell 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/h)	n
25	51.69	0.518
50	61.50	
100	69.29	
200	77.54	

Tabella 2 - Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge sub-orarie $t < 1h$

Le curve di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno durata inferiore ad un'ora (stimate con il metodo di Bell), riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti.

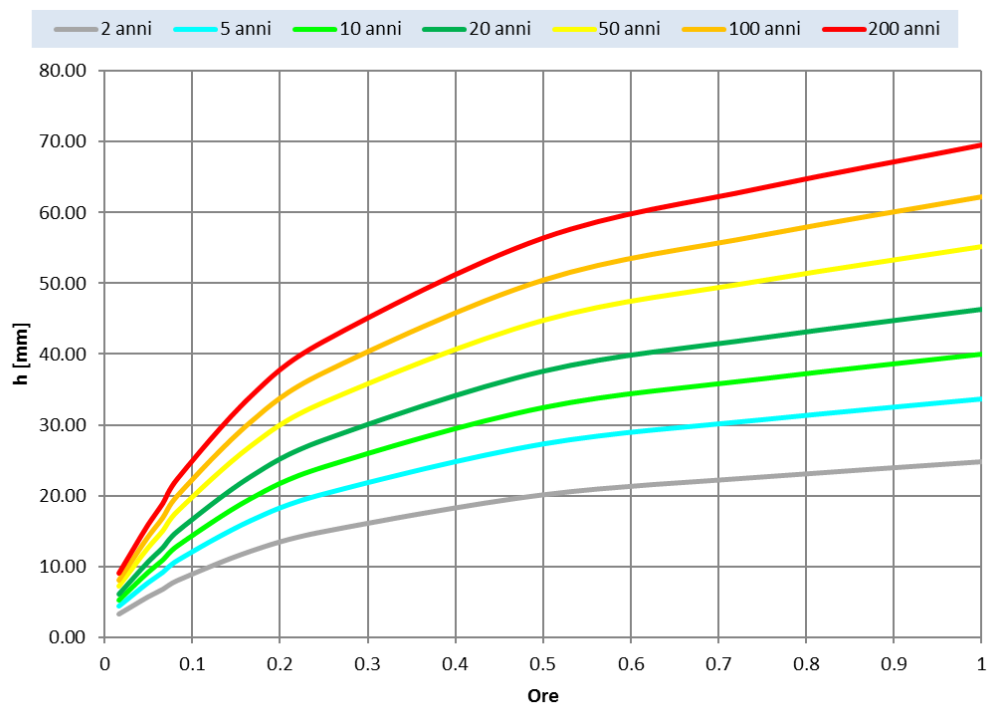


Figura 2 - Curve di possibilità pluviometrica piogge di forte intensità e breve durata

3 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Per la stima delle portate di piena transitanti all'interno dei tombini idraulici si è fatto riferimento a due differenti metodi di trasformazione afflussi-deflussi:

- Metodo Razionale;
- Metodo SCS.

Il metodo razionale si basa sull'ipotesi che durante un evento meteorico, che inizi istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando l'area di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo Q_c è allora proporzionale al prodotto tra intensità di pioggia e area del bacino attraverso il coefficiente di afflusso ϕ . Il calcolo del tempo di corrivazione, definito come il tempo che impiega la particella di acqua idraulicamente più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura. Stimato il tempo di concentrazione è stato individuato il coefficiente di deflusso che consente di tener conto della tipologia di terreno e di conseguenza la perdita del flusso di acqua all'interno del terreno.

Il coefficiente di deflusso ϕ è dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo e il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale:

$$C = \frac{P_e}{P}$$

Per bacini di ridotte dimensioni, sono stati assunti i valori dei coefficienti di afflusso C e le percentuali di ripartizione tra aree boschive, aree ad uso agricolo e aree urbanizzate, sulla base dei valori riportati nella tabella seguente e da cui deriva un valore stimato di $C=0.30$.

Il calcolo della portata è così definito:

$$Q = \varphi \cdot i(t_c) \cdot A_b$$

Il CN (Curve Number) è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale) proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972.

Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione. Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell'afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l'intero evento preso in considerazione resti invariata la relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale.

Lo sviluppo successivo ha richiesto la stima della portata massima adottando come forzante del bacino una pioggia netta desunta dal metodo del Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Il volume specifico di pioggia netta P_e , dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t è legato al volume specifico di pioggia lorda P caduta nel medesimo intervallo temporale. Come per il metodo razionale, anche in questo caso si è stimato un valore del CN medio per i bacini in quanto ricadevano in aree diversamente permeabili. Tale operazione è stata eseguita utilizzando i dati del Corine Land Cover 2012 IV livello e ricavando il corrispettivo Curve Number, tale tabella ci fornisce il CN(II) che a sua volta è stato utilizzato per stimare il CN(III) che nel caso in esame è pari a 85.54.

Il calcolo della portata è così definito:

$$Q = \frac{0.208 \cdot h_n \cdot A}{t_a}$$

Per approfondimenti sullo studio idrologico si rimanda all'elaborato Rif[01].

4 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche.

In funzione della sezione tipologica è stata individuata la tipologia di smaltimento delle acque di piattaforma:

- Sezioni in scavo: è affidato canalette in cls, caditoie munite di griglie in ghisa, impianto di sollevamento e dispersione nel terreno mediante vasche drenanti.

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 0,4÷0,5 m/s, ove possibile, al fine di evitare fenomeni di sedimentazione sul fondo che necessiti di una manutenzione più frequente dell'ordinaria;
- 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 deve essere non superiore al 67% per elementi chiusi 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.

4.1 Dimensionamento idraulico

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

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

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

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- Q , portata (m^3/s)
- i , pendenza media del fosso (m/m);
- A , sezione idrica (m^2);
- K_s , il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a $80 \text{ mm}^{1/3} \cdot s^{-1}$ per le tubazioni in materiale plastico, pari a $67 \text{ mm}^{1/3} \cdot s^{-1}$ per le canalette in cls;
- R , raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

Il recapito finale del sistema di drenaggio avviene con canalette rettangolari in cls che recapitando all'interno dell'impianto di sollevamento che a sua volta tramite pompe e tubazioni in PEAD convogliano le acque di piattaforma all'interno dei manufatti drenanti.

5 SOTTOPASSI CICLOPEDONALI

Nel progetto in esame sono previsti due sottopassi ciclopeditoni rispettivamente al km 55+686 e al km 86+982. Dallo studio idrologico idraulico è stata stimata una portata avente tempo di ritorno pari a 25 anni:

Pk [xx+xxx]	Q [l/s]
55+686	40.00
86+982	38.50

Tabella 3 - Portate convogliate all'interno del sistema di sollevamento

Tali portate prima verranno convogliate all'interno della vasca di sollevamento per poi essere confluite nella vasca drenante prevista a monte dell'impianto di sollevamento, si rimanda agli elaborati di impiantistica per il dimensionamento delle pompe di sollevamento.

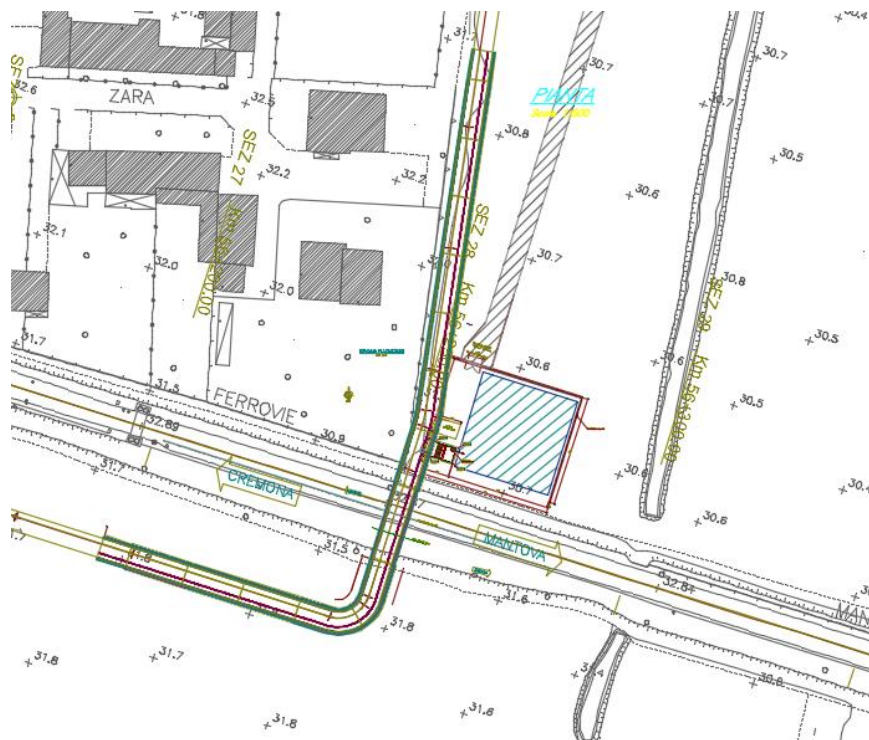


Figura 3 – Sistema di smaltimento sottopasso al km 55+686

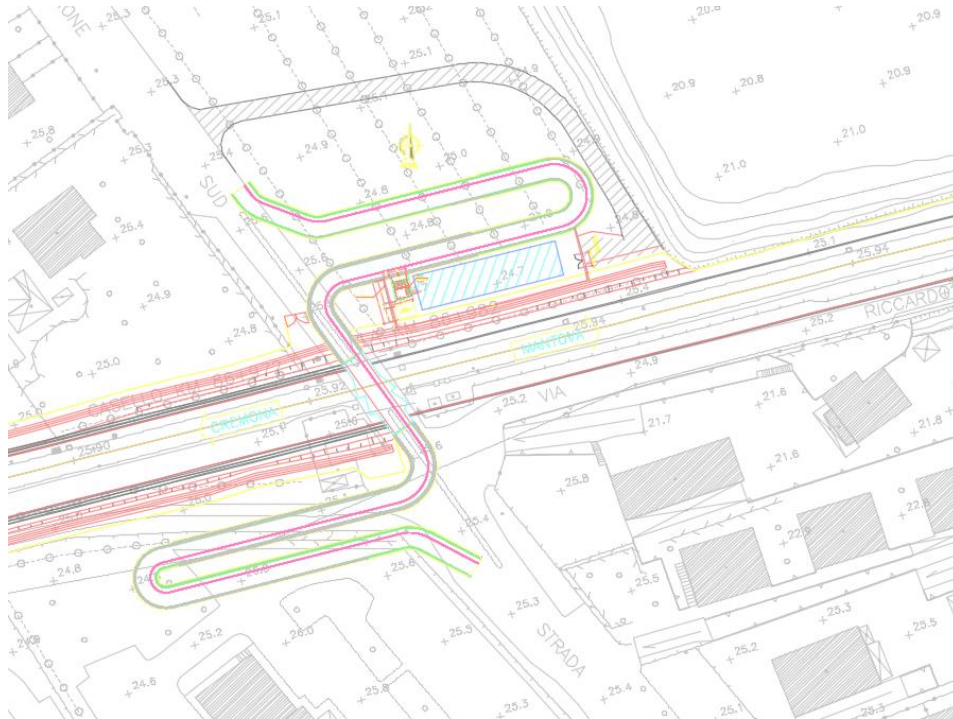



Figura 4 - Sistema di smaltimento sottopasso al km 86+982

6 SISTEMI DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La presente nota tecnica ha lo scopo di illustrare la soluzione proposta per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma relative al raddoppio della linea ferroviaria Codogno – Cremona - Mantova, in fase di sviluppo nell’ambito del Progetto Definitivo della tratta Piadena – Mantova. Nei paragrafi seguenti, verranno riportate le condizioni al contorno che caratterizzano i territori in oggetto, definendo un quadro generale dei vincoli di tipo morfologico, geologico, funzionale, autorizzativo, normativo, manutentivo e autorizzativo. La definizione di tali aspetti sarà la base di partenza per giustificare la soluzione proposta, che verrà quindi descritta nel dettaglio sia negli aspetti geometrici sia nei criteri di dimensionamento. In appendice verranno quindi riportate alcune considerazioni di tipo economico a medio e lungo termine, a supporto della fattibilità della soluzione proposta.

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000003	REV. A	FOGLIO 15 di 32

6.1 *Dati ed assunzioni di base*

Come anticipato, si riportano di seguito alcune considerazioni, che hanno lo scopo di definire il quadro dei vincoli e delle caratteristiche intrinseche del territorio in esame.

6.2 *Aspetti normativi*

Il territorio in esame è 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 riutilizzo 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).*

Non essendo possibile il riutilizzo né lo scarico in fognatura, verrà analizzato nella presente nota, il punto 2 dell'elenco sopra riportato.

6.1 Aspetti morfologici della rete idrica di superficie

Come accennato, il territorio in esame è caratterizzato da una maglia molto fitta ed estesa di canali irrigui e di scolo. Data la funzione agricola, in tali canali vengono immesse, con manovre su organi meccanici, portate di diversa entità in funzione del periodo dell'anno e della necessità produttiva. In generale, la manovra consiste nel chiudere i canali (adacquatrici di testata) per settori determinandone il riempimento fino ad una quota di sfioro laterale nel campo adiacente. Per le risaie ad esempio, l'irrigazione prevede un totale ricoprimento del campo con un battente idrico di qualche centimetro, l'acqua in eccesso viene raccolta dai canali di scolo posti sul lato opposto (scolina). Tale funzionamento presuppone che tali canali (rogge o cavi) abbiamo, in certi periodi dell'anno, un franco idraulico sul piano campagna molto ridotto, talvolta nullo. Tale circostanza fa sì che, la predisposizione di un sistema di recapito delle acque di piattaforma a gravità in suddetti canali, attraverso fossi di guardia rivestiti al piede del rilevato, sia poco fattibile ed efficiente. Stessa problematica si riscontrerebbe per un sistema di recapito a valle di vasche di laminazione, che per far

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000003	REV. A	FOGLIO 17 di 32

fronte a bassi valori di portata in uscita e ad altezze di invaso limitato (per garantire lo scarico a gravità nei canali anche quando pieni d'acqua), necessiterebbe di un ingombro in superficie molto esteso.

6.2 Caratteristiche idrogeologiche

Tali aspetti sono fondamentali per definire la fattibilità di un sistema ad infiltrazione negli strati superficiali del suolo e per poterne effettuare il dimensionamento.

I parametri più importanti a tale scopo sono indubbiamente la permeabilità del terreno “k” (negli strati interessati dal fenomeno di infiltrazione) e la quota della falda. Entrambe le caratteristiche richiamate possono essere misurate mediante indagini specifiche in situ. È evidente, che maggiore sarà il dettaglio della prova maggiore sarà l'affidabilità del dato e quindi del dimensionamento.

Per il progetto della Piadena - Mantova sono state previste una serie di indagini geologiche lungo il tracciato, con lo scopo specifico di realizzare un sistema a dispersione. Per quanto riguarda il coefficiente di permeabilità ad esempio, la metodologia di prova è stata concordata per ottenere il dato richiesto, riproducendo il fenomeno dell'infiltrazione, nel modo più simile possibile a quello che si verificherebbe in condizioni di esercizio. Di seguito viene descritta sinteticamente la metodologia utilizzata per la stima del coefficiente di permeabilità:

la prova consiste nella stima del coefficiente di permeabilità con l'esecuzione di pozzetti di profondità variabile tra 1 e 1,5 m, utilizzando una dima cilindrica, di 40 cm di altezza e 35/40 cm di diametro (a seconda del modello presente sul mercato).

Tale dima viene infissa nel terreno di fondo scavo per circa 10 cm, ed eseguita la prova, in conformità a quanto previsto nelle AGI e con modalità funzione della granulometria del terreno. Di volta in volta vengono inoltre calibrati parametri quali il tempo di saturazione e la durata della prova stessa.

Viene inoltre prelevato, in corrispondenza dell'intervallo di prova, materiale in quantità sufficiente ad eseguire una prova granulometrica completa.

I risultati vengono quindi definiti in condizione di terreno saturo, e non occorrerà quindi applicare ulteriori coefficienti riduttivi.



Figura 5 - Fasi di esecuzione delle prove di permeabilità.

Per garantire un miglior funzionamento dei sistemi a dispersione e per utilizzare il dato di permeabilità in modo più attendibile nei calcoli, essendo i coefficienti molto variabili da punto a punto lungo il tracciato ferroviario, è preferibile prevedere un sistema continuo che si sviluppi in senso longitudinale. In questo modo infatti, si avrebbero tratti con dispersione maggiore e tratti con dispersione minore rispetto al valore medio, il quale descriverebbe in modo più adeguato il comportamento globale del sistema, essendo tutti i tratti comunicanti tra loro.

Vista la presenza della falda molto in superficie, viene stabilito di posizionare il fondo di un eventuale sistema a dispersione, massimo ad una quota di -1,5 m dal piano campagna. Di conseguenza vengono scartate soluzioni con pozzi disperdenti.

Per quanto sopra riportato, si può concludere che sistemi di trincee/fossi disperdenti con altezza massima di 1,5 siano la soluzione più adatta al recapito delle acque di piattaforma nel territorio in oggetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
	RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000003	REV. A

6.3 Criteri di dimensionamento

Per il dimensionamento del sistema è stato considerato il metodo delle sole piogge, così come richiesto dalle linee Guida della Regione Lombardia:

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 4 - Linee guida Regione Lombardia

Sulla base di tale metodo al punto 2, è stato sviluppato un foglio di calcolo in grado di determinare le dimensioni minime dei sistemi a dispersione tenendo in conto le caratteristiche idrologiche, geologiche e geometriche delle opere.

Un esempio simile al sistema proposto è riportato nel par. 22.3.2 Trincea drenante (a pag. 87) e nel par. 22.3.6 Caditoie filtranti (pag. 97) del Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7.

Per la verifica è stato considerato di avere un coefficiente di sicurezza minimo di 1,3. Per quanto riguarda i tempi di svuotamento, è stato verificato che una volta terminato l'evento di pioggia, il sistema nell'ipotesi B, abbia a disposizione dopo 48 un volume tale da poter invasare un secondo evento con tempo di ritorno 50 anni.

La verifica del tempo di svuotamento è stata effettuata attraverso il calcolo indicato al paragrafo 7.6 delle linee guida della Regione Lombardia, risolvendo l'equazione:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + q_{inf}}$$

**RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI
SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000003	A	20 di 32

W_{lam} è stato stimato valutando il volume massimo raggiunto nella vasca, corrispondente cioè ad un evento di durata critica. Il valore Q_u è stato considerato nullo, mentre il valore di q_{inf} è stato valutato con il prodotto tra la permeabilità k e la superficie drenante del sistema (lati + fondo) considerando l'altezza raggiunta nella vasca alla fine dell'evento che nel caso di scarico di troppo pieno corrisponde alla quota dal fondo del recapito nel canale.

In queste ipotesi è stato verificato che dopo 48 sia disponibile nel sistema un volume sufficiente ad accogliere un altro evento di progetto e che dopo 72 ore la vasca sia vuota.

Nel caos in esame sono state dimensionate le due vasche drenanti con un tempo di ritorno pari a 50 anni e si è verificato anche il coefficiente di sicurezza con un tempo di ritorno pari a 100 anni in quanto nelle immediate vicinanze della vasca ci sono sia centri abitati che la nuova linea ferroviaria.

Verifiche vasca drenante sottopasso ciclopedonale al km 55+686

T_{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	$n' (t<1)$ [-]
50	55.21	0.266	0.518

(valori massimi su tutta la tratta)

S_{bacino_tot} [m ²]	ψ_{medio} [-]	$S_{afferte}$ [m ²]	$S_{afferte}$ [ha]
1440	0.90	1296.00	0.13

permeabilità	K [m/s]*
	0.000009

*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5

TIPO	V invaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza ¹
Tr. Drenante (filtrazione attraverso fondo)	216.60	0.0036	OK	3.5880

Verifiche tempi svuotamento						(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di durata critica)			
V max invasato [m ³]	$Q_{fil,fosso}$ [m ³ /s]	t_{svuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Ver. secondo evento (Reg. Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
60.37	0.0036	4.66	622.08	0.00	216.60	OK	933.12	0.00	OK

Il coefficiente di sicurezza per un evento centennale è stato calcolato pari a 1.12.

**RELAZIONE IDRAULICA IMPIANTI DI
 SOLLEVAMENTO VIABILITA' E STAZIONI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000003	A	21 di 32

Verifiche vasca drenante sottopasso ciclopedonale al km 86+980

T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]
50	55.21	0.266	0.518

(valori massimi su tutta la tratta)

S _{bacino_tot} [m ²]	ψ _{medio} [-]	S _{afferte} [m ²]	S _{afferte} [ha]
1322	0.90	1189.80	0.12

permeabilità	K [m/s]*
	0.000028

*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5

TIPO	V invaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza ¹
Tr. Drenante (filtrazione attraverso fondo)	166.25	0.0084	OK	4.6897

Verifiche tempi svuotamento			(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)						
V max invasato [m ³]	Q _{filtr,fosso} [m ³ /s]	t _{svuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Ver. secondo evento (Reg. Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
35.45	0.0084	1.17	1451.52	0.00	166.25	OK	2177.28	0.00	OK

Il coefficiente di sicurezza per un evento centennale è stato calcolato pari a 1.27.

7 RAMPA STAZIONE MARCARIA

Nel caso della rampa la portata stimata è pari a 15 l/s che verrà convogliata direttamente all'interno dell'impianto di sollevamento presente.

8 CASTELLUCCHIO E BOZZOLO

Nel caso in esame, essendo le acque meteoriche convogliate dalle pensiline al sistema di smaltimento della piattaforma, l'apporto di portata che verrà convogliata al recapito finale è solamente quella dovuta al dilavamento, di conseguenza si è individuato un valore di portata di 10 l/s come input idraulico.

Nel caso di Bozzolo, come per Marcaria, la portata calcolata verrà convogliata direttamente all'interno dell'impianto di sollevamento, la portata stimata per la stazione di Castellucchio verrà sversata all'interno della rete fognaria esistente.

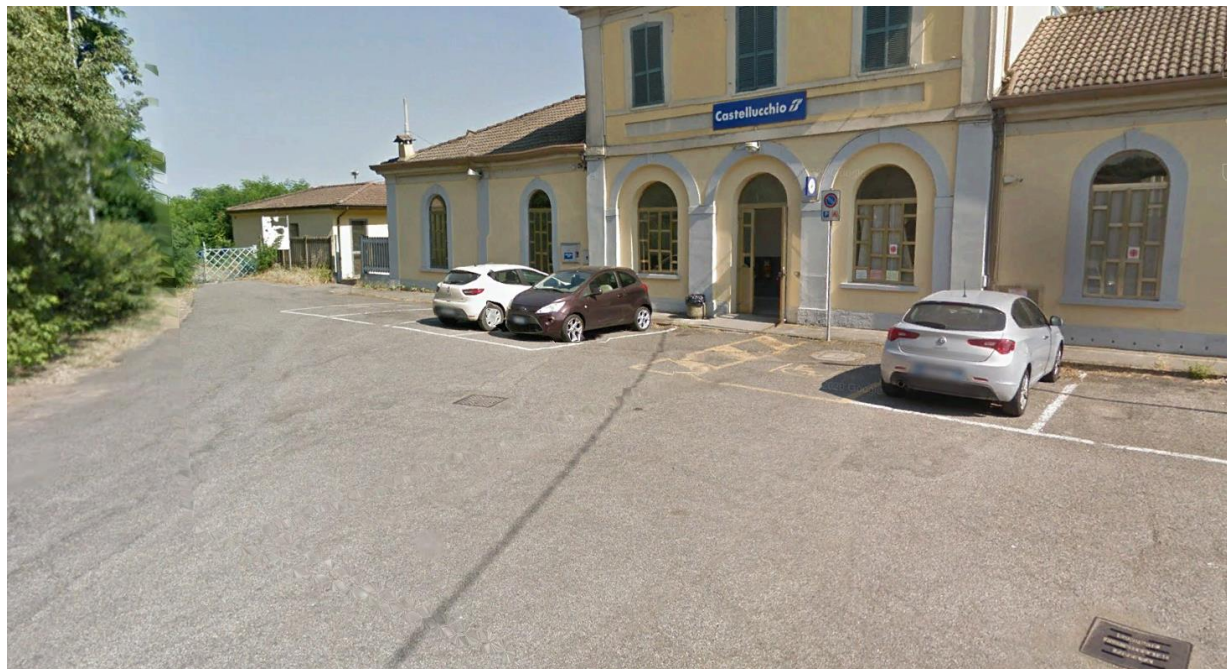


Figura 6 - Tombini di recapito stazione di Castellucchio

ID	Q[l/s]	Quota di falda [m]	Δh [m]
Sottopasso km 55+686	40	4.02	4.40
Sottopasso km 86+980	38.5	4.12	3.36
Rampa Marcaria	15	4.10	---
Castellucchio	10	5.33	---
Bozzolo	10	4.18	---

9 COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le opere in progetto fanno parte del progetto di Raddoppio della linea ferroviaria Codogno-Cremona-Mantova nel tratto Piadena – Mantova dal km 55+780 al km 89+731.83 – Lotto 3.

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura di progetto con il territorio.

9.1 Sistemazione idraulica di piattaforma

Gli interventi di sistemazione per lo smaltimento delle acque meteoriche lungo la piattaforma dei sottopassi ciclopedonali prevedono la raccolta delle acque stesse mediante la realizzazione di un sistema di canalette, impianti di sollevamento e opere di smaltimento a dispersione nel terreno quali trincee drenanti.

Le sistemazioni idrauliche sono state progettate in generale con lo scopo di:

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell'infrastruttura;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;

Particolari accorgimenti sono stati adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza e, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.

9.2 Analisi di compatibilità idraulica

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle riportate nelle norme Regionali, in quanto:

- il potenziamento della infrastruttura in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- l'impermeabilizzazione dell'area dove verrà realizzata la nuova infrastruttura non comporterà l'estensione delle aree soggette ad allagamento in quanto tale infrastruttura le acque di piattaforma

verranno opportunamente smaltite come descritto nella presente relazione senza alterare il naturale deflusso delle acque.

Avendo individuato come ricettore finale il terreno mediante la realizzazione di opere di drenaggio delle acque di piattaforma direttamente nel terreno stesso in funzione dei livelli piezometrici di falda rispetto al piano campagna, l'opera non determina problemi di incompatibilità idraulica con le aree di interesse, in quanto non va a creare contributi idrici all'interno dei canali esistenti e non altera i volumi di piovana dell'area.