

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

GA27 - GALLERIA ARTIFICIALE BRESCIA EST  
DA PK 105+814 A PK 106+304

### RELAZIONE DI SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. T. Taranta)</i> Data: <b>29 MAG 2020</b>	      Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R I	G A 2 7 0 6	0 0 1	A

PROGETTAZIONE					
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data
A	Emissione	<i>Mariani</i>	19/07/19	<i>C. Beltrami</i>	19/07/19
B					
C					



CIG. 751447334A

File: INOR12EE2RIGA2706001A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plogging ITALFERR S.p.A. ALBA s.r.l.

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	3
1.1	OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO .....	3
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	5
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO .....	7
3.1.	NORMATIVE .....	7
3.2.	SPECIFICHE TECNICHE .....	7
3.3.	ISTRUTTORIE DI RIFERIMENTO .....	7
4.	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA .....	8
4.1.	CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI PROGETTO PER TR 100 ANNI .....	8
4.2.	CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI PROGETTO PER TR 5 ANNI .....	9
5.	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE .....	11
6.	SISTEMA DI DRENAGGIO IN FASE DI SCAVO .....	13
6.1.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA FASE DI SCAVO E REALIZZATIVA .....	13
6.2.	CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE TRA LA PK 105+814 E LA PK 106+304 DURANTE LA FASE DEGLI SCAVI E DI REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE .....	13
7.	SISTEMA DI DRENAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO .....	20
7.1.	CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE ESTERNE IN FASE DI ESERCIZIO .....	20
8.	POZZI DRENANTI.....	34
8.1	PREMESSA.....	34
8.2	QUADRO NORMATIVO .....	34
8.3	IPOTESI GENERALI.....	34
8.4	POZZI DRENANTI PK 105+814.....	35
8.5	POZZI DRENANTI PK 106+304.....	37
9.	VASCHE DISPERDENTI.....	38
9.1	PREMESSA.....	38
9.2	QUADRO NORMATIVO .....	38
9.3	IPOTESI GENERALI.....	38
9.4	CALCOLI .....	39

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riporta la descrizione dell'opera denominata Galleria artificiale Brescia Est – GA27, posta nel Comune Mazzano (BS), che si sviluppa dalla progressiva Pk 105+814 alla progressiva Pk 106+304.

L'intervento è complessivamente suddiviso in tre diverse tratte:

- da pk 105+814.000 a pk 105+984.000: muro di controripa di lunghezza 170m;
- da pk 105+984.000 a pk 106+100.000: galleria artificiale a singola canna di lunghezza 116m;
- pk 106+100.000: cavalcaferrovia IV40;
- da pk 106+100.000 a pk 106+234.000: galleria artificiale a singola canna di lunghezza 134m;
- da pk 106+234.000 a pk 106+304.000: muro di controripa di lunghezza 70m.

L'opera è corrispondente alla WBS GA27. La progettazione del cavalcaferrovia IV40 viene trattata nella relativa WBS. Nel tratto in oggetto corre l'Interconnessione BS Est, con velocità di progetto  $160 \text{ Km/h} \leq V < 200 \text{ Km/h}$  e interasse binari di 4.00m.

La galleria artificiale è del tipo finestrata ed è collocata in adiacenza alla ferrovia esistente. È a sezione scatolare a singola canna, di larghezza 10.20 e altezza 8.35, con finestatura lato linea storica.

È prevista una nicchia al km 105+989 per remotizzatore, lato B.P., il cui asse è posto a 5m dall'inizio della GA27.

Nei capitoli successivi, vengono fornite le descrizioni delle parti d'opera costituenti la galleria, oltre ad un inquadramento generale delle problematiche idrauliche e delle modalità di scavo previste, rimandando alle singole relazioni specialistiche per i dettagli di calcolo.

### 1.1 Oggetto specifico del documento

Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche relativo alla Galleria artificiale Brescia Est dalla pK 105+814 alla pK 106+304 sia nella fase costruttiva degli scavi che nella fase finale di esercizio della linea ferroviaria.

Il tratto comprende la parte all'esterno relativa all'imbocco ad ovest costituito dalla piattaforma di lunghezza di 170 m dalla pK 105+814 alla pK 105.984, la parte interna alla Galleria artificiale Brescia Est GA27, dalla pK 105+984 alla pK 106+234 e quella all'esterno relativa alla piattaforma dell'imbocco lato est della lunghezza di 70 m, dalla pK 106+234 alla pK 106+304.

L'infrastruttura ferroviaria in progetto, nel tratto interessato dell'opera, presenta un profilo longitudinale caratterizzato da una pendenza unidirezionale nulla. Le reti idrauliche sono state progettate conferendo alle stesse una pendenza longitudinale in modo tale da garantire un funzionamento a gravità sia nella fase di scavo che nella fase di esercizio, con tutti i benefici in termine di gestione che tale sistema comporta.

Durante la fase di scavo il tratto compreso dalla pK 105+814 alla pK 106+050 scarica le acque di drenaggio di piattaforma in direzione Milano all'interno di pozzi drenanti da realizzarsi sul lato sud in prossimità della pK 105+814 mentre il tratto compreso dalla pK 106+050 alla pK 106+304 scarica le acque di drenaggio di piattaforma in direzione Verona all'interno di pozzi drenanti da realizzarsi sul lato sud in prossimità della pK 106+304.

Durante la fase di esercizio la zona ad est (direzione Verona) scarica, intercettando il drenaggio di versante e di piattaforma, nella vasca disperdente da realizzarsi sul lato sud in prossimità della pK 106+304. Per la zona ad ovest (direzione Milano) le acque di drenaggio di versante e di piattaforma sono scaricate nella vasca disperdente posta immediatamente all'esterno della galleria approssimativamente alla pK 105+814. Le acque di versante provenienti dalla zona centrale (dalla pK 105+984 alla pK 106+234) vengono scaricate all'interno del fosso esistente localizzato in prossimità della pK 106+050.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
4 di 41

Nella fase di scavo la rete risulta così articolata:

- rete di drenaggio di fondo scavo costituita da due trincee drenanti con tubo microforato a diametro variabile a seconda dello sviluppo longitudinale delle trincee e riempite con materiale arido. Le trincee sono poste al piede destro e sinistro dello scavo.

Nella fase di esercizio la rete risulta così composta:

- sistema di drenaggio esterno delle acque meteoriche costituito da canali a sezione trapezoidale 0.50-1.50x0.50 m e canali a sezione rettangolare 0.5x0.75m;
- sistema di drenaggio di piattaforma costituito da canali a sezione rettangolare 0.5x0.5m sul lato sud e canali a sezione rettangolare 0.6x0.95 m sul lato nord delle zone esterne di ingresso ed uscita alla galleria artificiale e canale centrale delle dimensioni di 0.41x0.28 m per la raccolta delle acque di sversamento in galleria;

Per calcolo della curva di possibilità pluviometrica si è fatta riferimento ai dati riportati nel portale di ARPA Lombardia. Per la determinazione delle massime portate pluviali si è utilizzato il metodo italiano dell'invaso lineare.

## 2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GA27, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante.

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	12	E	E2	R	O	GA	27	0	0	001	Relazione generale
INOR	12	E	E2	R	B	GA	27	0	0	001	Relazione geotecnica
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	001	Galleria artificiale - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	002	Galleria artificiale - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	R	O	GA	27	0	0	003	Relazione di verifica di resistenza al fuoco Galleria artificiale
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	003	Muri di imbocco - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	004	Muri di imbocco - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	1	001	Opere di sostegno degli scavi - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	1	002	Opere di sostegno degli scavi - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	R	I	GA	27	0	6	001	Relazione di smaltimento acque di piattaforma
INOR	12	E	E2	4	T	GA	27	0	0	001	Tabella materiali
INOR	12	E	E2	P	8	GA	27	0	0	001	Planimetria di individuazione dell'opera
INOR	12	E	E2	F	6	GA	27	0	0	001	Profilo longitudinale generale dell'opera
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	001	Pianta e sezione longitudinale tav.1/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	002	Pianta e sezione longitudinale tav.2/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	003	Pianta e sezione longitudinale tav.3/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	004	Pianta e sezione longitudinale tav.4/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	005	Pianta e sezione longitudinale tav.5/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	006	Pianta e sezione longitudinale tav.6/6
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	0	001	Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche
INOR	12	E	E2	F	6	GA	27	0	0	002	Profilo geotecnico in asse galleria
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	001	Pianta scavi Tav. 1/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	002	Pianta scavi Tav. 2/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	003	Pianta scavi Tav. 3/3
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	005	Sezioni tipo galleria
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	002	Sezioni tipo muri di linea
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	0	002	Planimetria sistemazione definitiva
INOR	12	E	E2	W	A	GA	27	0	0	001	Sistemazione finale - Sezioni trasversali Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	W	A	GA	27	0	0	002	Sistemazione finale - Sezioni trasversali Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	001	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Ovest Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	002	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Ovest Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	003	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Est
INOR	12	E	E2	W	9	GA	27	0	1	001	Opere di sostegno e scavi - Sezioni trasversali Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	W	9	GA	27	0	1	002	Opere di sostegno e scavi - Sezioni trasversali Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	004	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 1/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	005	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 2/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	006	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 3/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	001	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 1/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	002	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 2/3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001Rev.  
AFoglio  
6 di 41

CODICE											DESCRIZIONE
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	003	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 3/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	004	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 1/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	005	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 2/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	006	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 3/3
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	001	Concio 1 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	002	Concio 1 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	003	Conci 2-3-4-5-8-9-10-11 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	004	Conci 2-3-4-5-8-9-10-11 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	001	Concio 6 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	004	Concio 6 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	007	Concio 7 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	008	Concio 7 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	009	Concio 12 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	010	Concio 12 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	001	Palo tipo 1 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	002	Palo tipo 2 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	003	Palo tipo 3 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	004	Paratia di pali e micropali - Sezione tipo e dettagli
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	005	Paratie di pali e micropali - Armatura cordolo sommitale
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	6	001	Pianta drenaggi di piattaforma
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	6	002	Opere di drenaggio di superficie
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	9	001	Dettagli opere di impermeabilizzazione, barriere e recinzioni
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	019	Muri di imbocco lato Ovest - Concio A - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	006	Muri di imbocco lato Ovest - Concio A - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	012	Muri di imbocco lato Ovest - Concio B - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	006	Muri di imbocco lato Ovest - Concio B - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	013	Muri di imbocco lato Ovest - Conci C/D/E/F - Armatura Tav.1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	008	Muri di imbocco lato Ovest - Conci C/D/E/F - Armatura Tav.2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	014	Muri di imbocco lato Ovest - Concio G - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	005	Muri di imbocco lato Ovest - Concio G - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	015	Muri di imbocco lato Est - Concio H - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	007	Muri di imbocco lato Est - Concio H - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	5	001	Muri di imbocco lato Ovest ed Est - Conci G/H - Armatura banchina e magrone
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	016	Muri di imbocco lato Est - Concio I - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	003	Muri di imbocco lato Est - Concio I - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	017	Muri di imbocco lato Est - Concio L - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	018	Muri di imbocco lato Est - Concio L - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	1	001	Schema fasi costruttive
INOR	12	E	E2	P	6	GA	27	0	8	001	Interferenze con i sottoservizi
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	005	Vasca drenante ovest - Muro a L - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	004	Vasca drenante ovest - Muro a L - Pianta scavi e carpenteria muro
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	011	Vasca drenante ovest - Muro a L - Armatura

### 3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

#### 3.1. Normative

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **D.P.R. n. 380/2001** e s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1992-1-2 aprile 2005 (EC2 "Progettazione strutturale contro l'incendio")** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)
- **AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.** Raccomandazioni

#### 3.2. Specifiche Tecniche

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- "Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M. 2008" rev. 01 del 26.01.2017 – ITALFERR U.O. Gallerie

#### 3.3. Istruttorie di riferimento

- IN0500D09ISGAXX00001A\_IN05-RV-0000000565
- IN0500D11ISGA0000201B\_IN05-RV-0000000779
- IN0500D11ISGA2700107B\_IN05-RV-0000000773
- IN0500D11ISID0000004A\_IN05\_RV\_000000626
- IN0500D11ISGA000X101A\_IN05-RV-0000000570

#### 4. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

##### 4.1. Calcolo della curva di possibilità pluviometrica di progetto per Tr 100 anni

I dati idrologici utilizzati per valutazione delle portate di progetto (coefficienti a e n) sono stati dedotti dal portale dell'ARPA.

Le curve di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno Tr di 100 anni e utilizzate per la progettazione della rete di drenaggio in esercizio risultano essere:

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

$$h(t) = 61.128 \cdot t^{0.2691}$$

In seguito si riportano i valori utilizzati per l'ottenimento delle curve di possibilità pluviometrica ed i grafici rappresentanti le curve ottenute.

Durata di precipitazione [ore]	Altezza precipitazione [mm]
0.1	32.896
0.2	39.641
0.3	44.212
0.4	47.770
0.5	50.727
0.6	53.277
0.7	55.534
0.8	57.566
0.9	59.419
1.0	61.128

Parametri a ed n per TR 100

a [mm ora <sup>-n</sup> ]	61.128
n	0.2691

Nel grafico sotto si riporta la funzione interpolante i dati di pioggia.



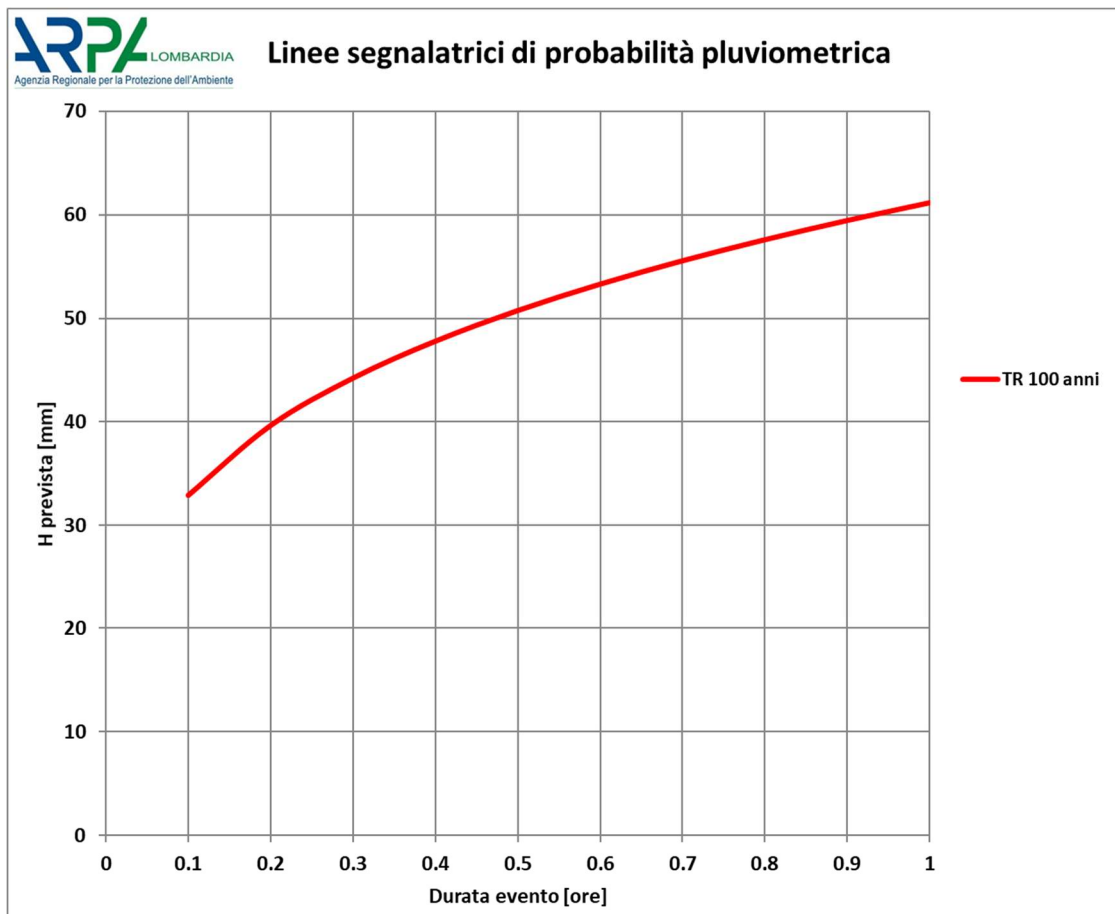


Figura 4.1.1: Curve di possibilità pluviometrica

#### 4.2. Calcolo della curva di possibilità pluviometrica di progetto per Tr 5 anni

Per il calcolo di progetto del sistema di drenaggio della fase di scavo e realizzazione dell'opera il Tr 100 anni risulta inadeguato portando a risultati fortemente sovradimensionati.

Il rischio, ovvero la probabilità, che l'evento venga eguagliato o superato almeno una volta durante la vita tecnica dell'opera stessa è esprimibile nel seguente modo:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^N$$

Allo stesso modo si può definire il rischio che un evento con un dato tempo di ritorno venga eguagliato o superato almeno una volta in un periodo temporale corrispondente alle fasi costruttive.

In linea generale, durante le fasi realizzative delle opere, il tempo di ritorno per l'evento da assumere per le verifiche idrauliche è quello per cui il rischio di superamento nel periodo di costruzione, è inferiore al rischio che l'evento di progetto ha di essere uguagliato o superato almeno una volta durante la vita utile dell'opera.

Assunta una durata delle fasi di scavo di 1 anno ed un tempo di ritorno dell'evento di progetto delle opere provvisionali pari a 5 anni si ottiene un rischio di superamento:  $R_1 = 20\%$

Pertanto, visti i tempi di realizzazione complessivi dell'opera, si è scelto di utilizzare un Tr di 5 anni, compatibile con la durata realizzativa dell'opera.

I dati idrologici utilizzati per la valutazione delle portate di progetto (coefficienti a e n) sono stati dedotti dal portale dell'ARPA.

Le curve di possibilità pluviometrica ottenute risultano essere per i tempi di ritorno  $Tr$  di 20, 50, 100, 200 anni

$$h(t) = 46.951 \cdot t^{0.2691} \text{ valida per } Tr \text{ 20 anni;}$$

$$h(t) = 54.961 \cdot t^{0.2691} \text{ valida per } Tr \text{ 50 anni;}$$

$$h(t) = 61.128 \cdot t^{0.2691} \text{ valida per } Tr \text{ 100 anni;}$$

$$h(t) = 67.417 \cdot t^{0.2691} \text{ valida per } Tr \text{ 200 anni;}$$

Nella tabella sotto sono riportati i valori di  $a$  ed  $n$  in funzione di  $Tr$ . Si osserva che  $n$  si mantiene costante mentre il parametro che varia risulta soltanto  $a$ .

<b>Tr</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
<b>[anni]</b>	<b>[mm ore<sup>-n</sup>]</b>	<b>[-]</b>
5	-	-
10	-	-
20	46.951	0.2691
50	54.961	0.2691
100	61.128	0.2691
200	67.417	0.2691

La curva di possibilità pluviometrica di progetto per il tempo di ritorno  $Tr$  di 5 anni, utilizzata per la progettazione della rete di drenaggio in fase di scavo e realizzativa dell'opera, risulta:

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

$$h(t) = 34.803 \cdot t^{0.2691} \text{ valida per } Tr \text{ 5 anni;}$$

## 5. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE

La rete dei canali e delle condotte al servizio dell'idraulica di scavo, di piattaforma ed esterna è stata eseguita con il Metodo Italiano dell'Invaso Lineare. Il metodo prevede che la portata al colmo venga stimata in funzione del volume immagazzinato nel sistema bacino-rete.

Per tenere conto del raggiungimento asincrono della massima portata nelle varie condotte è stato adottato il calcolo speditivo proposto da Del Giudice et alii.

Il metodo dell'invaso mette in relazione la portata che defluisce dalla sezione di chiusura di un sistema fognario di raccolta delle acque di pioggia con il volume che, contemporaneamente, viene invasato nel bacino a monte della sezione stessa. Si assume che il legame sia di tipo lineare ed esprimibile con la relazione:

$$Q(t) = \frac{W(t)}{K} \quad (1)$$

dove  $Q(t)$  è la portata alla sezione di interesse,  $W(t)$  è il volume invasato a monte e  $k$ , dimensionalmente un tempo, viene denominata costante d'invaso lineare. L'idrogramma di piena può essere ricostruito a partire dalla equazione di continuità:

$$I(t) = dW(t) + Q(t)dt \quad (2)$$

dove  $I(t)$  è l'afflusso netto sul bacino, cioè la parte della precipitazione che contribuisce effettivamente alla generazione dell'idrogramma di piena.

Nel caso di rete inizialmente vuota la soluzione della eq. 2.1.2.2 è:

$$Q(t) = \int_0^{\tau^*} \frac{1}{k} * e^{-\frac{t-\tau}{k}} * I(\tau) d\tau \quad (3a)$$

$$\tau^* = t \text{ per } t < t_p \quad (3b)$$

$$\tau^* = t_p \text{ per } t \geq t_p \quad (3c)$$

Dove

$$u(t) = \frac{1}{k} * e^{-\frac{t}{k}} \quad (4)$$

rappresenta l'idrogramma unitario istantaneo del modello dell'invaso lineare e  $k$  assume il significato di tempo di detenzione medio delle particelle d'acqua nel bacino idrografico. Nel caso di precipitazione costante, la massima portata si verifica alla fine della precipitazione e vale:

$$Q_m = \varphi * i(t) * S * \left(1 - e^{-\frac{t}{k}}\right) \quad (5)$$

Dove  $\varphi * i(t) * S$  è l'afflusso netto costante nel tempo,  $i(t)$  è l'intensità di precipitazione costante,  $\varphi$  il coefficiente di afflusso alla rete e  $S$  la superficie del bacino.

La eq. (5) permette di determinare la durata della precipitazione che rende massima la portata alla sezione di interesse, una volta esplicitata la curva di possibilità pluviometrica a due parametri.

Questa condizione è definita dalla relazione:

$$n = 1 - r * \frac{e^{-r}}{1 - e^{-r}} \quad (6)$$

Dove  $r = \frac{t_p}{K}$ . Esprimendo la massima portata di eq. (5) in funzione della curva di possibilità pluviometrica a due parametri si ottiene infine:

$$Q_m = \varphi * A * S * K^{n-1} * r^{n-1} * (1 - e^{-r}) \quad (7)$$

che fornisce il massimo valore della portata in funzione del tempo di ritorno quando  $r$  venga definito in base alla eq. (6). A sua volta  $r$ , una volta definito  $K$ , fornisce il tempo di precipitazione in corrispondenza del quale si verifica la massima portata al tempo di ritorno stabilito.

Nel Metodo Italiano dell'Invaso Lineare la portata al colmo viene stimata in funzione dei volumi invasati nel bacino invece che in funzione del parametro, utilizzando l'ipotesi di eq. (1), secondo la quale:

$$K = \frac{W(t)}{Q(t)} = \frac{W_M}{Q_M} \quad (8)$$

dove  $W(t)$  è il volume immagazzinato nel bacino all'istante  $t$  e  $Q(t)$  è la portata alla sezione di chiusura del bacino allo stesso istante. Questo rapporto, costante, è infine espresso in funzione del volume e della portata massimi ( $W_M/Q_M$ ). Sostituendo la condizione di eq. (8) nella eq. (7) si ottiene:

$$Q_M = n * (\varphi * a * S)^{\frac{1}{n}} * W_M^{\frac{(n-1)}{n}} * z \quad (9)$$

$$z = \frac{1}{n} * r^{\frac{(n-1)}{n}} * (1 - e^{-r})^{\frac{1}{n}} \quad (10)$$

che, approssimato  $z$  con il valore 0.78, assume la forma tradizionale (Supino, 1933):

$$u = 2168 * \frac{n * (\varphi * a)^{\frac{1}{n}}}{w \left( \left( \frac{1}{n} \right)^{-1} \right)} \quad (11)$$

valida per le condotte circolari e della seguente espressione:

$$u = 2520 * \frac{n * (\varphi * a)^{\frac{1}{n}}}{w \left( \frac{1}{n-1} \right)} \quad (11a)$$

valida per canali rettangolari e trapezoidali, con  $u$  coefficiente udometrico, rapporto tra  $Q_M$  e  $S$ ,  $w$  rapporto tra  $W_M$  e  $S$ . Gli effetti dell'asincronismo vengono affrontati con il calcolo speditivo di Del Giudice et alii, definendo il volume invasato a monte con la relazione:

$$W_M = w_{0I} S_I + W_I + \frac{u}{\varphi} \sum_{j=1}^J W_j \frac{\varphi_j}{u_j} \quad (12)$$

Con  $u$ ,  $\varphi$ ,  $W_M$  coefficiente udometrico, coefficiente d'afflusso volume invasato a monte relativi all'intero bacino,  $u_j$ ,  $\varphi_j$ ,  $W_j$  coefficiente udometrico, coefficiente di afflusso e volume invasato a monte dei tratti che gravano sul tratto in fase di calcolo,  $S_I$  la superficie dell'area parziale che grava sul tratto di calcolo,  $w_{0I}$ , il volume dei piccoli invasi per la stessa superficie,  $W_I$  il volume proprio del collettore  $I$  in calcolo,  $J$  il numero di tratti confluenti in testa al collettore  $I$  in calcolo. I coefficienti utilizzati nel modello sono i seguenti:

$w_0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$  valore dei piccoli invasi per la piattaforma;

$w_0 = 30 \text{ m}^3/\text{ha}$  valore dei piccoli invasi per le scarpate;

$w_0 = 30 \text{ m}^3/\text{ha}$  valore dei piccoli invasi per le aree esterne;

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RI GA 270 6 001	Rev. A	Foglio 13 di 41
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

$\varphi_1 = 0,90$  coefficiente di afflusso per il tratto relativo alla piattaforma;

$\varphi_2 = 0,90$  coefficiente di afflusso per il tratto relativo alle scarpate;

$\varphi_3 = 0,40$  coefficiente di afflusso per il tratto relativo alle zone verdi;

a (mm/ora<sup>n</sup>) e n parametri della legge di possibilità pluviometrica.

Il volume specifico  $W_I$  è funzione implicita della portata defluente nei sistemi di drenaggio. Esso è stato valutato ipotizzando che la corrente defluisca in condizioni di moto uniforme, assumendo come legame tra la portata defluente ed il tirante la relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = A * K_s * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

in cui, con gli usuali simboli dell'Idraulica, si è indicato con A la sezione idrica, R il raggio idraulico, i la pendenza motrice, Ks coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler.

La dipendenza implicita non lineare di  $W_I$  dal coefficiente udometrico rende necessaria l'utilizzo di una procedura iterativa per la soluzione della (11) e (11a).

## 6. SISTEMA DI DRENAGGIO IN FASE DI SCAVO

### 6.1. Descrizione del sistema di drenaggio della fase di scavo e realizzativa

Durante la fase costruttiva si rende necessario la realizzazione di una rete di drenaggio e raccolta delle acque piovane provvisoria che non corrisponde alla rete di drenaggio delle acque piovane finale in fase di esercizio sia come impianto planimetrico, sia la dimensione e la tipologia dei manufatti che i parametri idraulici ed idrologici utilizzati.

La curva di possibilità pluviometrica di progetto corrisponde, infatti, ad un tempo di ritorno  $T_r$  di 5 anni. Il sistema garantisce lo smaltimento delle acque piovane durante la fase realizzativa per mezzo di due trincee drenanti con tubo microforato a diametro variabile a seconda dello sviluppo longitudinale delle trincee e riempite con materiale arido. Le trincee sono poste al piede destro e sinistro dello scavo.

### 6.2. Calcolo delle portate meteoriche tra la pK 105+814 e la pK 106+304 durante la fase degli scavi e di realizzazione della galleria artificiale

Vengono di seguito descritti i criteri idraulici di dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche del tratto compreso tra la pK 105+814 e la pK 106+304.

Considerata la pendenza di fondo scavo, il sistema di drenaggio a servizio dell'opera presenta due differenti recapiti:

- Dalla pK 105+814 alla pK 106+050 il sistema di drenaggio recapita, verso ovest, le acque ai pozzi drenanti da realizzarsi sul lato sud in prossimità della pK 105+814;
- Dalla pK 106+050 alla pK 106+304 il sistema di drenaggio recapita, verso est, le acque ai pozzi drenanti da realizzarsi sul lato sud in prossimità della pK 106+304.

La rete del calcolo idraulico per l'ottenimento delle portate e la verifica dei manufatti si basa su reti costituite da un singolo ramo. Si riportano in seguito le pK e l'andamento dei singoli rami relativamente al drenaggio di fondo scavo.

Per il tratto a nord si hanno due rami separati tra loro:

- dalla pK 105+814 alla pK 106+050 il ramo A scarica in direzione ovest all'interno dei pozzi drenanti;
- dalla pK 106+050 alla pK 106+304 il ramo B scarica in direzione est all'interno dei pozzi drenanti;

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

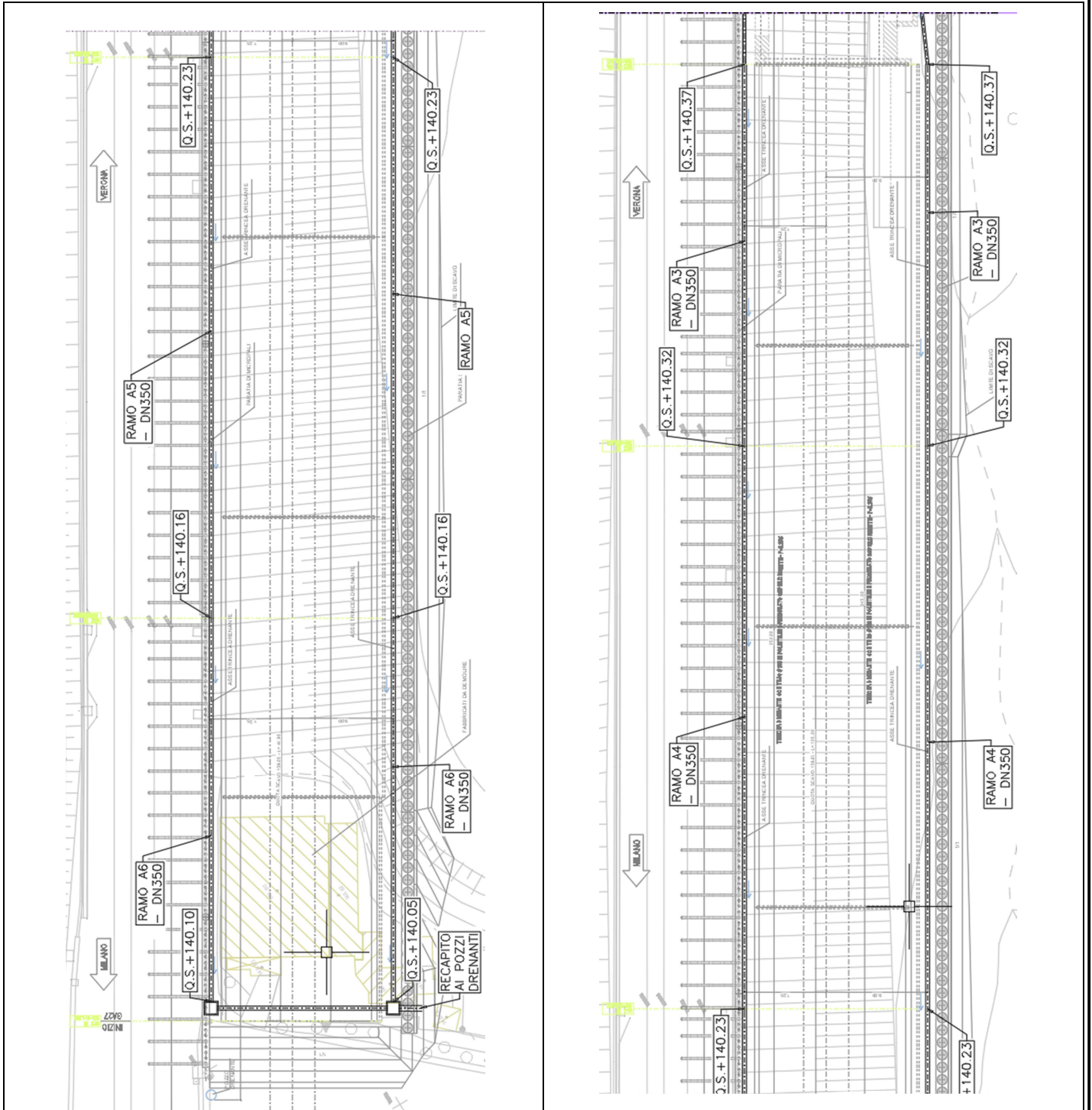
Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
14 di 41

Per il tratto a sud si hanno due rami separati tra loro:

- dalla pK 105+814 alla pK 106+050 il ramo A scarica in direzione ovest all'interno dei pozzi drenanti;
- dalla pK 106+050 alla pK 106+304 il ramo B scarica in direzione est all'interno dei pozzi drenanti;



Doc. N.

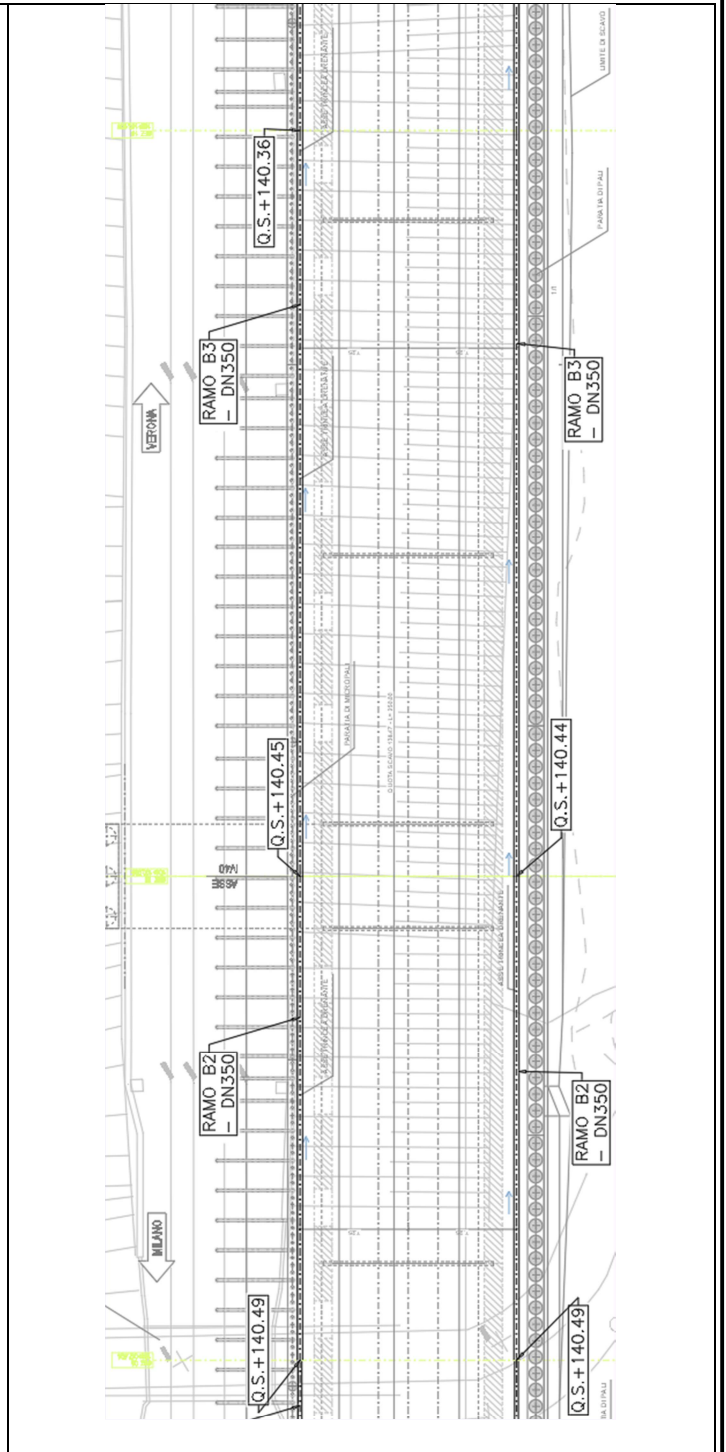
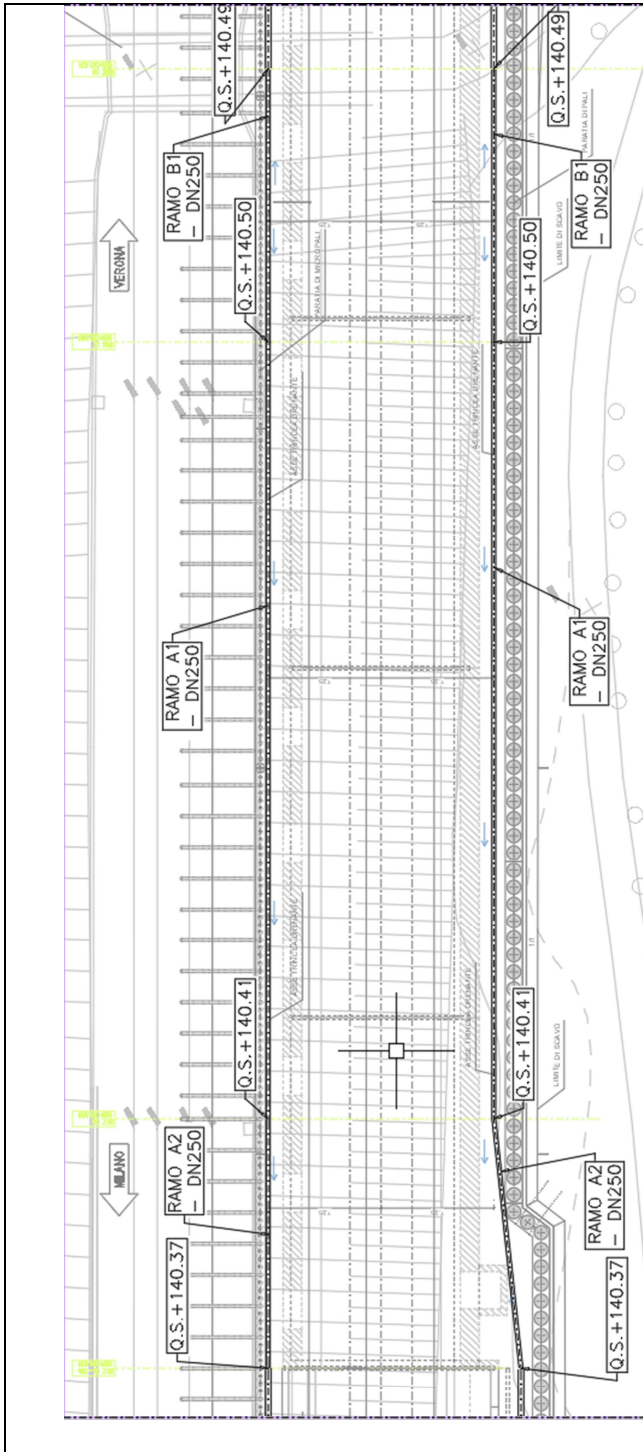
Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
15 di 41



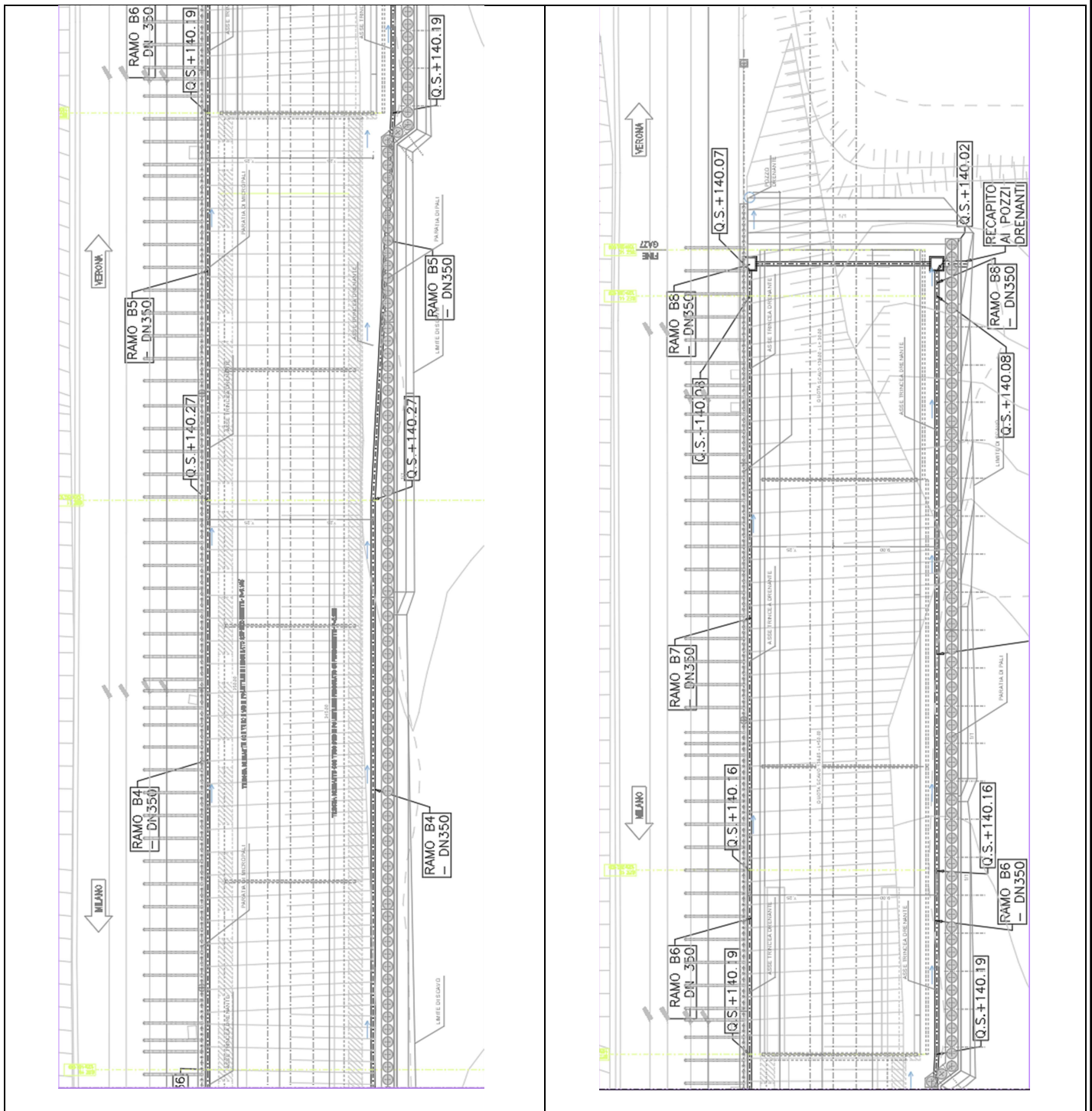


Figura 6.1.1: Planimetria di drenaggio in fase di scavo

Al fine di consentire il recapito delle acque provenienti dal ramo A posto sul lato nord ai pozzi drenanti è necessario inserire una tubazione DN 350 che si collega, mediante pozzetto, al ramo A (nello specifico ramo A6) posto sul lato sud. Su tale pozzetto viene innestata una tubazione DN500 di alimentazione ai pozzi drenanti posti in prossimità della pK 105+814.



Al fine di consentire il recapito delle acque provenienti dal ramo B posto sul lato nord ai pozzi drenanti è necessario inserire una tubazione DN 350 che si collega, mediante pozzetto, al ramo B (nello specifico ramo B8) posto sul lato sud. Su tale pozzetto viene innestata una tubazione DN500 di alimentazione ai pozzi drenanti posti in prossimità della pK 106+304.

Per la rete di drenaggio della zona nord i risultati ottenuti sono riassunti nelle tabelle seguenti:

$h = at_p^n$	
a [mm/ora <sup>n</sup> ]	n [-]
34.803	0.2691

Zona	Tipologia	Coeff. Afflusso	Volume picc. Invasi
		[-]	[m <sup>3</sup> /ha]
Area 1	Piattaforma	0.90	50
Area 2	Scarpate	0.90	30
Area 3	Aree esterne	0.40	30
Area 4	Aree esterne prati e campagne poco pendenti	0.10	30

Tratto	Lunghezza	Totale area sottesa al ramo	Area sottesa 1 al ramo	Area sottesa 2 al ramo	Area sottesa 3 al ramo	Area totale sottesa	Φ medio	Pendenza	Volume invasato condotta locale	Volume piccoli invasi area sottesa	Volume totale invasato locale WM	Volume totale
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )			(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
RAMO A1 pK 106+000 → 106+050 Nord	50	362.50	362.50	0.00	0.00	362.50	0.90	0.00180	2.45	1.81	4.26	0.00
RAMO A2 pK 105+984 → 106+000 Nord	16	116.00	116.00	0.00	0.00	478.50	0.90	0.0025	0.78	0.58	1.36	5.63
RAMO A3 pK 105+950 → 105+984 Nord	34	276.25	276.25	0.00	0.00	754.75	0.90	0.0015	2.28	1.38	3.66	9.29
RAMO A4 pK 105+900 → 105+950 Nord	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1161.00	0.90	0.0018	3.35	2.03	5.38	14.67
RAMO A5 pK 105+850 → 105+900 Nord	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1567.25	0.90	0.0014	3.35	2.03	5.38	20.05
RAMO A6 pK 105+814 → 105+850 Nord	36	292.50	292.50	0.00	0.00	1859.75	0.90	0.0017	2.41	1.46	3.87	23.92
RAMO B1 pK 106+050 → 106+067 Nord	17.5	126.88	126.88	0.00	0.00	126.88	0.90	0.00057	0.86	0.63	1.49	0.00
RAMO B2 pK 106+067 → 106+100 Nord	32.5	235.63	235.63	0.00	0.00	362.50	0.90	0.0012	2.18	1.18	3.36	3.36
RAMO B3 pK 106+100 → 106+150 Nord	50	362.50	362.50	0.00	0.00	725.00	0.90	0.0018	3.35	1.81	5.16	8.52
RAMO B4 pK 106+150 → 106+200 Nord	50	362.50	362.50	0.00	0.00	1087.50	0.90	0.0018	3.35	1.81	5.16	13.68
RAMO B5 pK 106+200 → 106+234 Nord	34	246.50	246.50	0.00	0.00	1334.00	0.90	0.0024	2.28	1.23	3.51	17.19
RAMO B6 pK 106+234 → 106+250 Nord	16	130.00	130.00	0.00	0.00	1464.00	0.90	0.0019	1.07	0.65	1.72	18.91
RAMO B7 pK 106+250 → 106+300 Nord	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1870.25	0.90	0.0016	3.35	2.03	5.38	24.29
RAMO B8 pK 106+300 → 106+304 Nord	4	29.00	29.00	0.00	0.00	1899.25	0.90	0.0025	0.27	0.15	0.41	24.71

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001Rev.  
AFoglio  
18 di 41

Tratto	Invaso Spec.	U	Perimetro	Raggio idraulico	Sezione idraulica	Qtot	Tipo Canaletta	Tirante	Velocità	H	Grado riemp. [y/H]
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(lt/s/ha)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)		(m)	(m/s)	(m)	(%)
RAMO A1 pK 106+000 → 106+050 Nord	0.01176	261.46	0.37	0.059	0.022	0.00948	DN250	0.114	0.43	0.25	45.63%
RAMO A2 pK 105+984 → 106+000 Nord	0.01176	261.46	0.39	0.061	0.024	0.01251	DN250	0.122	0.53	0.25	48.70%
RAMO A3 pK 105+950 → 105+984 Nord	0.01230	231.21	0.49	0.076	0.037	0.01745	DN350	0.143	0.47	0.35	40.90%
RAMO A4 pK 105+900 → 105+950 Nord	0.01263	215.17	0.53	0.085	0.045	0.02498	DN350	0.166	0.55	0.35	47.55%
RAMO A5 pK 105+850 → 105+900 Nord	0.01279	207.99	0.62	0.097	0.061	0.03260	DN350	0.211	0.54	0.35	60.40%
RAMO A6 pK 105+814 → 105+850 Nord	0.01286	204.87	0.64	0.099	0.064	0.03810	DN350	0.220	0.60	0.35	62.82%
RAMO B1 pK 106+050 → 106+067 Nord	0.01176	261.46	0.32	0.049	0.015	0.00332	DN250	0.088	0.22	0.35	35.18%
RAMO B2 pK 106+067 → 106+100 Nord	0.00926	500.70	0.51	0.081	0.041	0.01815	DN350	0.156	0.44	0.35	44.49%
RAMO B3 pK 106+100 → 106+150 Nord	0.01175	262.03	0.48	0.076	0.037	0.01900	DN350	0.143	0.52	0.35	40.76%
RAMO B4 pK 106+150 → 106+200 Nord	0.01258	217.65	0.52	0.083	0.043	0.02367	DN350	0.161	0.55	0.35	46.10%
RAMO B5 pK 106+200 → 106+234 Nord	0.01289	203.85	0.52	0.083	0.043	0.02719	DN350	0.161	0.63	0.35	45.97%
RAMO B6 pK 106+234 → 106+250 Nord	0.01292	202.49	0.56	0.089	0.050	0.02964	DN350	0.181	0.59	0.35	51.75%
RAMO B7 pK 106+250 → 106+300 Nord	0.01299	199.49	0.64	0.100	0.064	0.03731	DN350	0.221	0.58	0.35	63.22%
RAMO B8 pK 106+300 → 106+304 Nord	0.01301	198.70	0.59	0.093	0.054	0.03774	DN350	0.193	0.69	0.35	55.13%

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001Rev.  
AFoglio  
19 di 41

Per la rete di drenaggio della zona sud i risultati ottenuti sono riassunti nelle tabelle seguenti:

$h = at_p^n$	
a [mm/ora <sup>n</sup> ]	n [-]
34.803	0.2691

Zona	Tipologia	Coeff. Afflusso	Volume picc. Invasi
		[-]	[m <sup>3</sup> /ha]
Area 1	Piattaforma	0.90	50
Area 2	Scarpate	0.90	30
Area 3	Aree esterne	0.40	30
Area 4	Aree esterne prati e campagne poco pendenti	0.10	30

Tratto	Lunghezza	Totale area sottesa al ramo	Area sottesa 1 al ramo	Area sottesa 2 al ramo	Area sottesa 3 al ramo	Area totale sottesa	$\Phi_{\text{medio}}$	Pendenza	Volume invasato condotta locale	Volume piccoli invasi area sottesa	Volume totale
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )		(m/m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
RAMO A1 pK 106+000 → 106+050 Sud	50	406.25	406.25	0.00	0.00	406.25	0.90	0.00180	2.45	2.03	0
RAMO A2 pK 105+984 → 106+000 Sud	16	116.00	116.00	0.00	0.00	522.25	0.90	0.0025	0.78	0.58	5.85
RAMO A3 pK 105+950 → 105+984 Sud	34	276.25	276.25	0.00	0.00	798.50	0.90	0.0015	2.28	1.38	9.50
RAMO A4 pK 105+900 → 105+950 Sud	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1204.75	0.90	0.0018	3.35	2.03	14.89
RAMO A5 pK 105+850 → 105+900 Sud	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1611.00	0.90	0.0014	3.35	2.03	20.27
RAMO A6 pK 105+814 → 105+850 Sud	36	292.50	292.50	0.00	0.00	1903.50	0.90	0.0017	2.41	1.46	24.14
RAMO B1 pK 106+050 → 106+067 Sud	17.5	126.88	126.88	0.00	0.00	126.88	0.90	0.00057	0.86	0.63	0.00
RAMO B2 pK 106+067 → 106+100 Sud	32.5	235.63	235.63	0.00	0.00	362.50	0.90	0.0015	2.18	1.18	3.36
RAMO B3 pK 106+100 → 106+150 Sud	50	362.50	362.50	0.00	0.00	725.00	0.90	0.0014	3.35	1.81	8.52
RAMO B4 pK 106+150 → 106+200 Sud	50	362.50	362.50	0.00	0.00	1087.50	0.90	0.0018	3.35	1.81	13.68
RAMO B5 pK 106+200 → 106+234 Sud	34	246.50	246.50	0.00	0.00	1334.00	0.90	0.0024	2.28	1.23	17.19
RAMO B6 pK 106+234 → 106+250 Sud	16	130.00	130.00	0.00	0.00	1464.00	0.90	0.0019	1.07	0.65	18.91
RAMO B7 pK 106+250 → 106+300 Sud	50	406.25	406.25	0.00	0.00	1870.25	0.90	0.0016	3.35	2.03	24.29
RAMO B8 pK 106+300 → 106+304 Sud	4	32.50	32.50	0.00	0.00	1902.75	0.90	0.0025	0.27	0.16	24.72

Tratto	Invaso Spec.	U	Perimetro	Raggio idraulico	Sezione idraulica	Qtot	Tipo Canaletta	Tirante	Velocità	H	Grado riemp. [y/H]
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(lt/s/ha)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)		(m)	(m/s)	(m)	(%)
RAMO A1 pK 136+549 → 136+501 Sud	0.0110	311.01	0.41	0.066	0.027	0.01263	DN250	0.135	0.47	0.25	54.03%
RAMO A2 pK 136+501 → 136+500 Sud	0.0112	298.96	0.42	0.067	0.028	0.01561	DN250	0.139	0.56	0.25	55.63%
RAMO A3 pK 105+950 → 105+984 Sud	0.0119	252.93	0.51	0.081	0.041	0.02020	DN350	0.155	0.49	0.35	44.37%
RAMO A4 pK 105+900 → 105+950 Sud	0.0124	228.54	0.55	0.088	0.049	0.02753	DN350	0.176	0.57	0.35	50.32%
RAMO A5 pK 105+850 → 105+900 Sud	0.0126	217.63	0.64	0.100	0.064	0.03506	DN350	0.222	0.54	0.35	63.41%
RAMO A6 pK 105+814 → 105+850 Sud	0.0127	212.89	0.66	0.101	0.067	0.04052	DN350	0.229	0.61	0.35	65.55%
RAMO B1 pK 106+050 → 106+067 Sud	0.0118	261.46	0.32	0.049	0.015	0.00332	DN250	0.088	0.22	0.35	35.18%
RAMO B2 pK 106+067→ 106+100 Sud	0.0093	500.70	0.49	0.077	0.038	0.01815	DN350	0.146	0.48	0.35	41.80%
RAMO B3 pK 106+100 → 106+150 Sud	0.0117	262.03	0.51	0.080	0.040	0.01900	DN350	0.153	0.47	0.35	43.71%
RAMO B4 pK 106+150 → 106+200 Sud	0.0126	217.65	0.52	0.083	0.043	0.02367	DN350	0.161	0.55	0.35	46.10%
RAMO B5 pK 106+200 → 106+234 Sud	0.0129	203.85	0.52	0.083	0.043	0.02719	DN350	0.161	0.63	0.35	45.97%
RAMO B6 pK 106+234 → 106+250 Sud	0.0129	202.49	0.56	0.089	0.050	0.02964	DN350	0.181	0.59	0.35	51.74%
RAMO B7 pK 106+250 → 106+300 Sud	0.0130	199.49	0.64	0.100	0.064	0.03731	DN350	0.221	0.58	0.35	63.22%
RAMO B8 pK 106+300 → 106+304 Sud	0.0130	199.31	0.59	0.093	0.055	0.03792	DN350	0.194	0.69	0.35	55.30%

Dai risultati sopra riportati si osserva che tutti i manufatti sono verificati garantendo il grado di riempimento sempre minore di 0.7.

## 7. SISTEMA DI DRENAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO

### 7.1. Calcolo delle portate meteoriche esterne in fase di esercizio

Il sistema di drenaggio ad opera conclusa si articola nel seguente modo:

- sistema drenante di piattaforma;
- sistema drenante delle aree esterne.

Vengono di seguito descritti i criteri idraulici di dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche del tratto compreso tra la Pk 105+814 e la Pk 106+304.

L'infrastruttura ferroviaria in progetto, nel tratto interessato dell'opera, presenta un profilo longitudinale caratterizzato da una pendenza unidirezionale nulla.

Per tale motivo, si rende necessario conferire alle canalette idrauliche una pendenza longitudinale.

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RI GA 270 6 001	Rev. A	Foglio 21 di 41
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

Il drenaggio di piattaforma è così caratterizzato:

- 1) Nel tratto di muri da pk 105+814 a pk 105+984, dove la pendenza trasversale della piattaforma è a schiena d'asino, alle canalette laterali viene assegnata una pendenza longitudinale pari allo 0,05% con verso di scorrimento in direzione Brescia, per cui non vengono convogliate le acque meteoriche all'interno della GA27.
- 2) Nel tratto da pk 105+984 a pk 106+234, corrispondente alla galleria, viene assegnata una pendenza longitudinale pari allo 0,05% alla canaletta centrale rettangolare con verso di scorrimento verso Verona; l'alimentazione della canaletta è consentita da una batteria di griglie metalliche, aventi dimensioni 0,50mx0,50m, posizionate con un interasse di 15m. In corrispondenza ad ogni griglia, inoltre, confluiscono nella canaletta centrale, mediante tubazioni  $\phi 80\text{mm}$ , anche le acque provenienti dalle pilette di raccolta ubicate sul marciapiede.
- 3) Nel tratto di muri da pk 106+234 a pk 106+304, dove la pendenza trasversale della piattaforma torna a schiena d'asino, le acque provenienti dalla canaletta centrale della galleria proseguono in direzione Verona nelle due canalette rettangolari laterali, con pendenza longitudinale pari allo 0,1%.

Ai fini del calcolo delle portate, il sistema di drenaggio di piattaforma posto sul lato nord è stato così classificato:

- dalla pK 105+814 alla pK 105+984 il ramo A scarica, in direzione ovest, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 105+814;
- dalla pK 106+234 alla pK 106+304 il ramo B scarica, in direzione est, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 106+304;

Il drenaggio di piattaforma sul lato sud si compone di:

- dalla pK 105+814 alla pK 105+984 il ramo A scarica, in direzione ovest, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 105+814;
- dalla pK 106+234 alla pK 106+304 il ramo B scarica, in direzione est, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 106+304;

Il sistema drenante delle aree esterne interessa solamente il lato sud della GA27 ed è così composto:

- dalla pK 105+814 alla pK 105+929 il ramo A scarica, in direzione ovest, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 105+814;
- dalla pK 105+929 alla pK 106+050 il ramo B scarica, in direzione est, all'interno del fosso esistente in prossimità della pK 106+050;
- dalla pK 106+050 alla pK 106+095 il ramo C scarica, in direzione ovest, all'interno del fosso esistente in prossimità della pK 106+050;
- dalla pK 106+105 alla pK 106+304 il ramo D scarica, in direzione est, all'interno della vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 106+304;

Nelle immagini seguenti si vedono le tipologie di canalette impiegate e la rete di drenaggio delle aree esterne durante la fase di esercizio della galleria artificiale (GA27).

Doc. N.

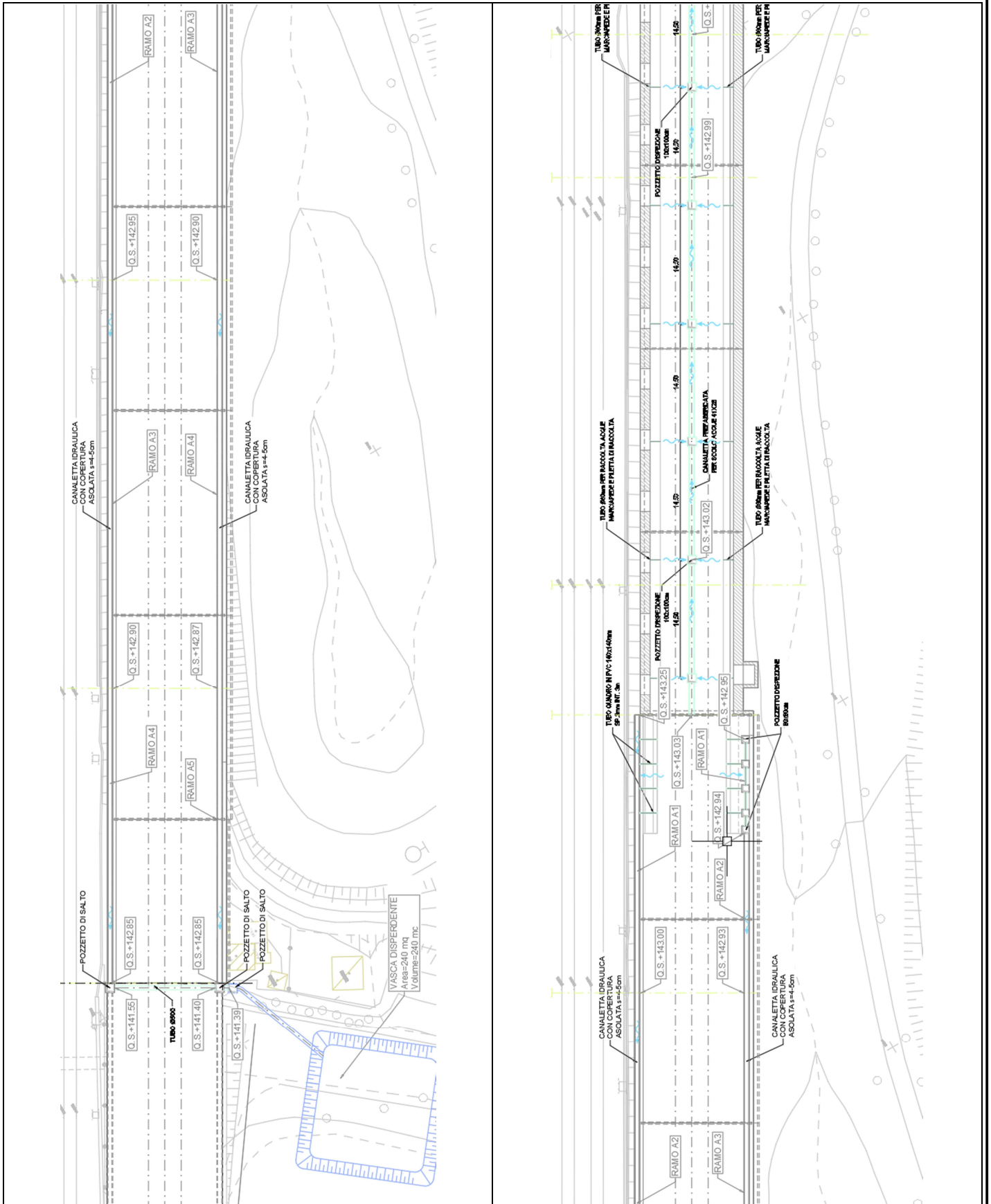
Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
22 di 41



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
23 di 41

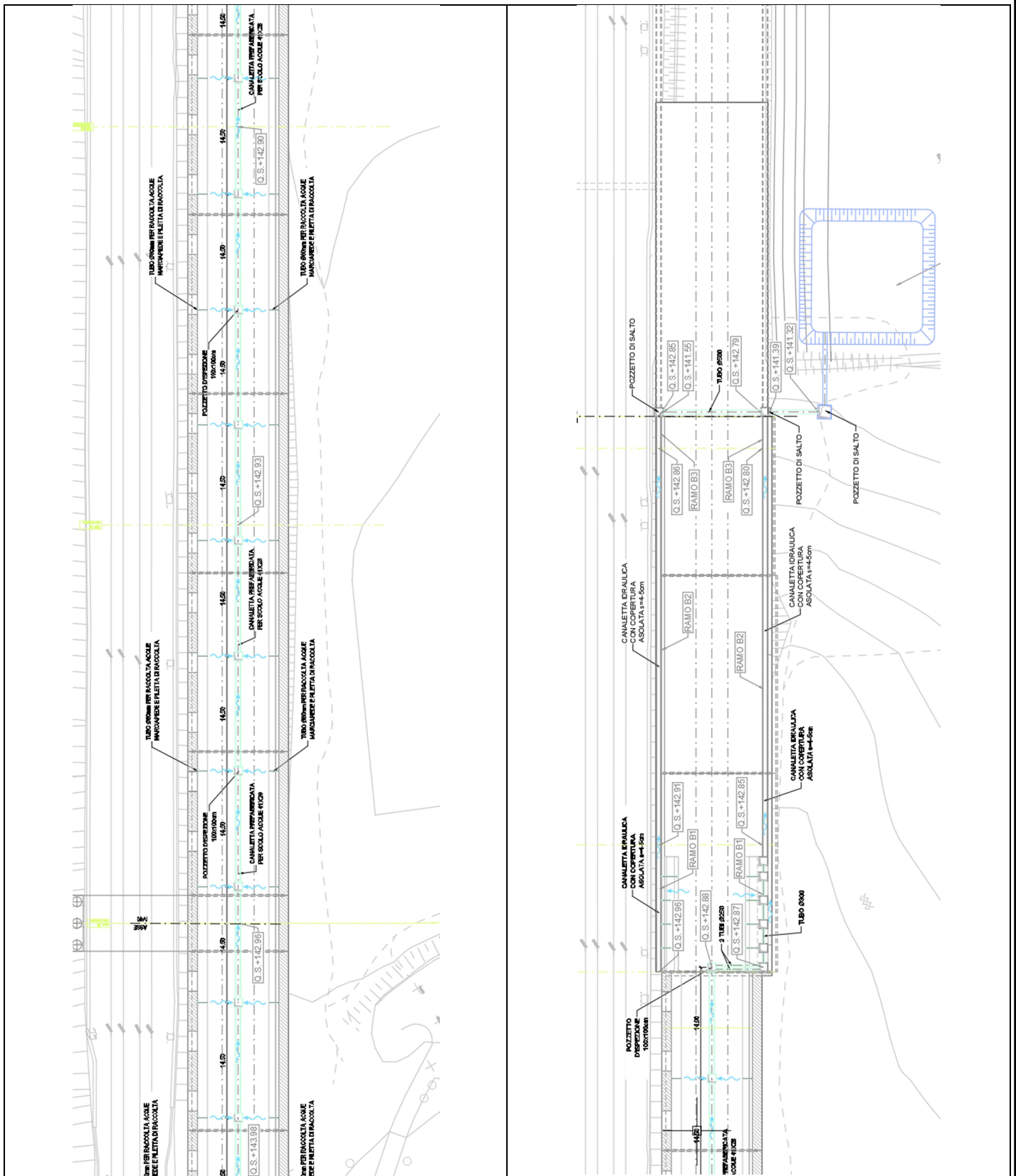


Figura 7.1.1: Planimetria di drenaggio di piattaforma

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

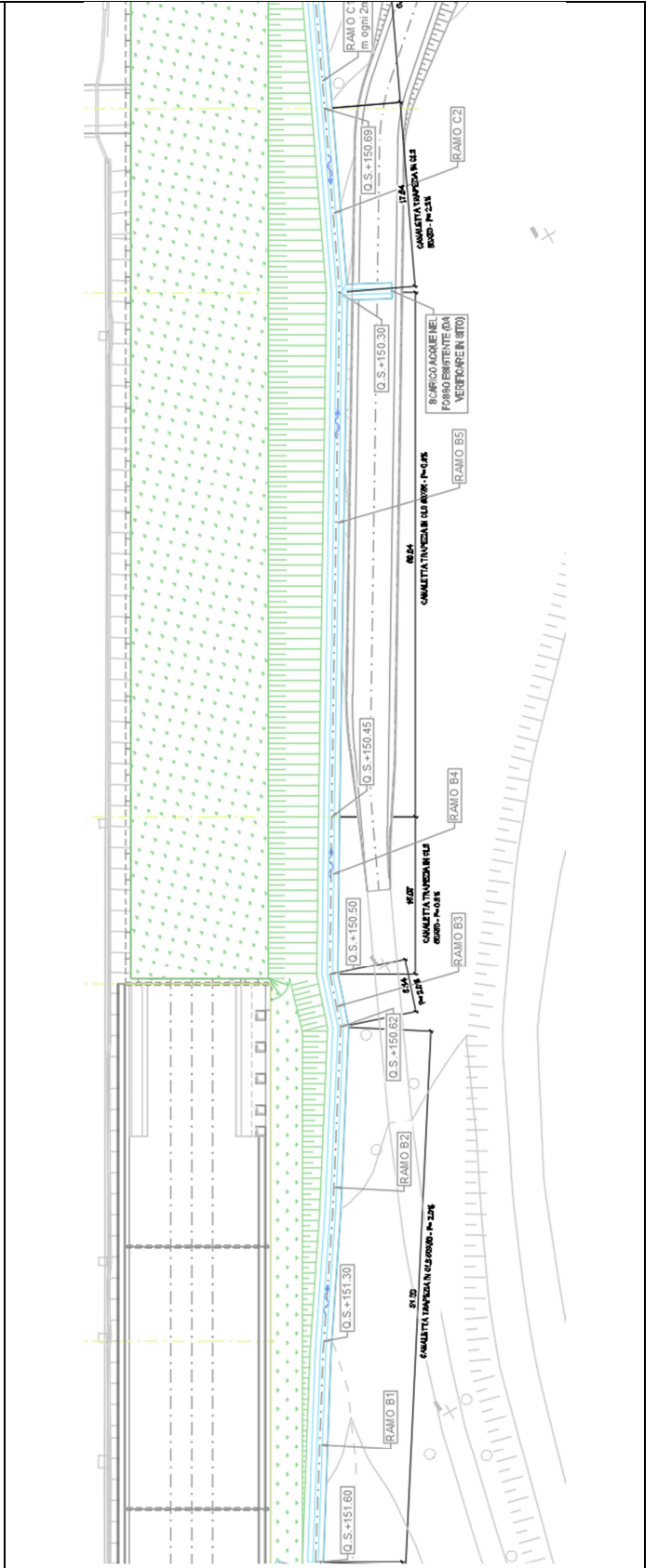
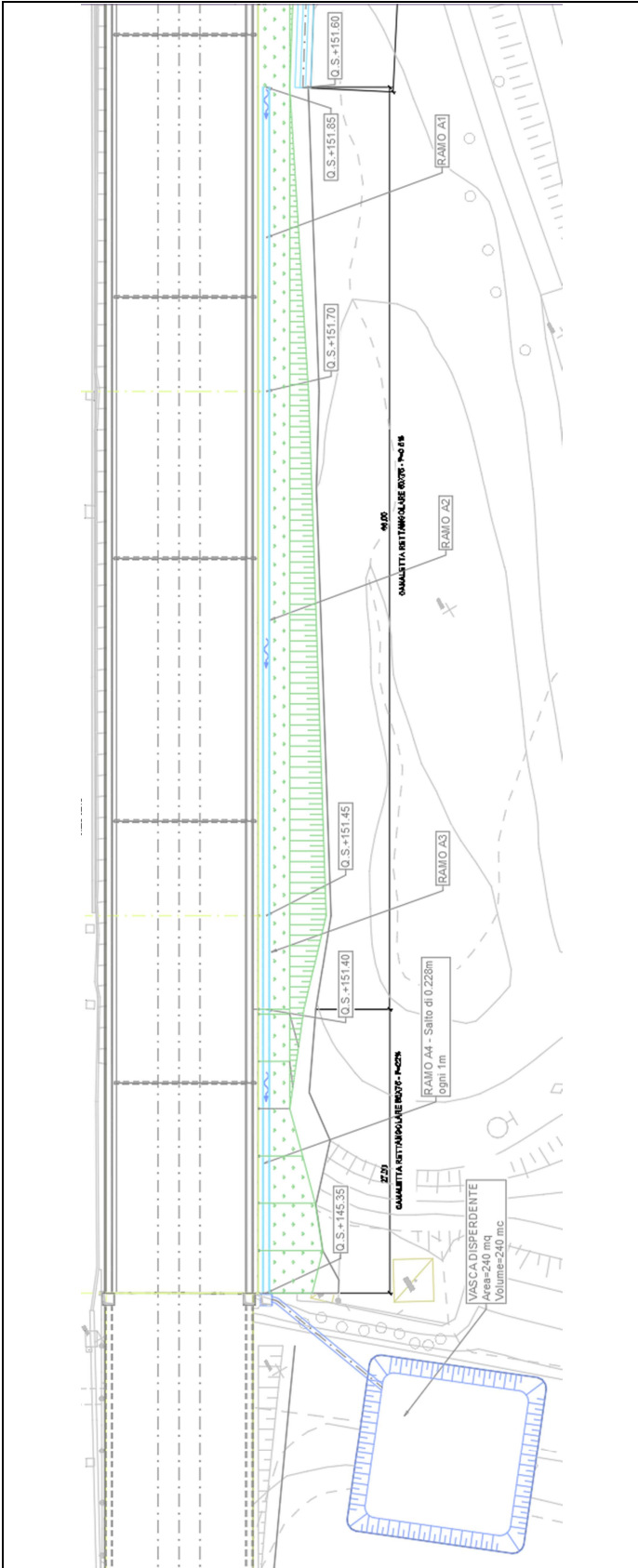
Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
24 di 41





Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001

Rev.  
A

Foglio  
25 di 41

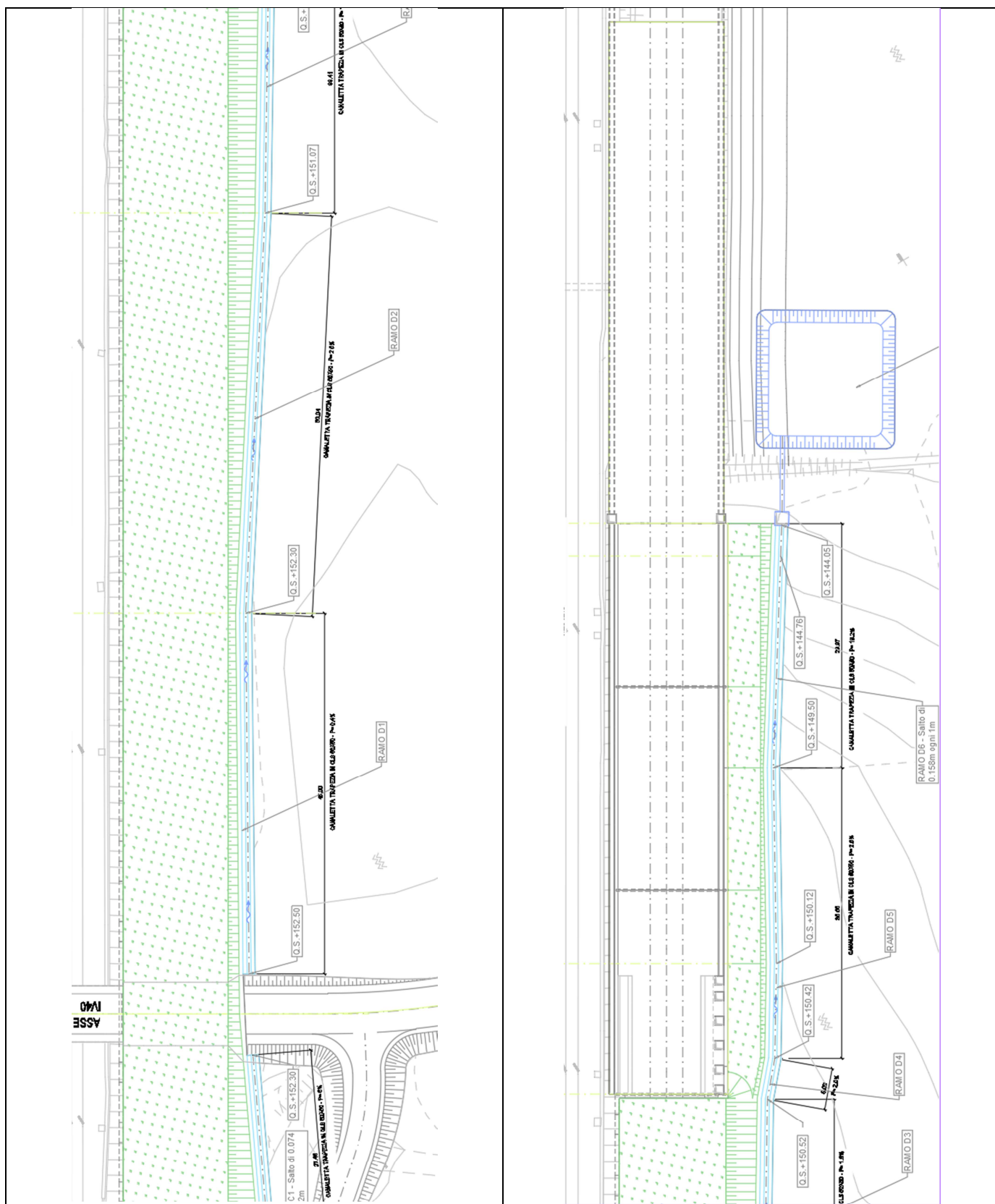


Figura 7.1.2: Planimetria di drenaggio esterno

Poiché il recapito delle acque di drenaggio di piattaforma e del drenaggio esterno sia all'imbocco (direzione Milano) sia allo sbocco (direzione Verona) della GA27 è rappresentato da due vasche disperdenti, è necessario collegare i rami costituenti il drenaggio di piattaforma e il drenaggio esterno nel seguente modo:

- Imbocco direzione Milano (Figura 7.1.3):
  - il ramo A4 posto sul lato nord del sistema di drenaggio di piattaforma recapita le acque all'interno di un pozzetto di salto posto alla pK 105+814 dal quale si stacca una tubazione DN 500. All'interno del pozzetto sono recapitate anche le acque provenienti dai 41m m del sistema di drenaggio di piattaforma posto sul lato nord di RI89. La portata proveniente da RI89, il cui calcolo è riportato nella relazione idraulica ad esso relativa, è pari a 35.8 l/s;
  - la tubazione DN500, avente origine dal pozzetto lato NORD, sottopassa la piattaforma ferroviaria in corrispondenza della pK 105+814 e recapita le acque all'interno di un pozzetto di salto posto sul lato SUD al quale pervengono anche le acque provenienti dal ramo A5 posto sul lato sud del sistema di drenaggio di piattaforma. All'interno del pozzetto sono recapitate anche le acque provenienti dai 41m del sistema di drenaggio di piattaforma posto sul lato sud di RI89. La portata proveniente da RI89, il cui calcolo è riportato nella relazione idraulica ad esso relativa, è pari a 20.1 l/s;
  - dal pozzetto di recapito dei rami A4, A5 e dei 41 m del sistema di drenaggio di RI89 ha origine una tubazione DN500 che scarica le acque all'interno di un pozzetto di salto che è alimentato anche dalle acque provenienti dal ramo A4 del drenaggio esterno;
  - lo scarico del pozzetto di salto è rappresentato da una canaletta che alimenta la vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 105+814.
- Sbocco direzione Verona (Figura 7.1.4):
  - il ramo B3 posto sul lato nord del sistema di drenaggio di piattaforma recapita le acque all'interno di un pozzetto di salto dal quale ha origine una tubazione DN 500. All'interno del pozzetto sono recapitate anche le acque provenienti dai primi 27 m del sistema di drenaggio di piattaforma posto sul lato nord di RI88. La portata proveniente da RI88, il cui calcolo è riportato nella relazione idraulica ad esso relativa, è pari a 32 l/s;
  - la tubazione DN500, avente origine dal pozzetto lato NORD, sottopassa la piattaforma ferroviaria in corrispondenza della pK 106+304 e recapita le acque all'interno di un pozzetto di salto alimentato anche dalle acque provenienti dal ramo B3 posto sul lato sud del sistema di drenaggio di piattaforma. All'interno del pozzetto sono recapitate anche le acque provenienti dai primi 27 m del sistema di drenaggio di piattaforma posto sul lato sud di RI88. La portata proveniente da RI88, il cui calcolo è riportato nella relazione idraulica ad esso relativa, è pari a 8 l/s;
  - dal pozzetto di recapito dei rami B3 lato nord, B3 lato sud e dei primi 27 m del sistema di drenaggio di RI88 ha origine una tubazione DN500 che scarica le acque all'interno di un pozzetto di salto che è alimentato anche dalle acque provenienti dal ramo D6 del drenaggio esterno;
  - lo scarico del pozzetto di salto è rappresentato da una canaletta che alimenta la vasca disperdente da realizzarsi in prossimità della pK 106+304.

La vasca disperdente posta allo sbocco in direzione Verona dovrà dunque contribuire anche allo smaltimento delle acque provenienti dai primi 27 m del sistema di drenaggio delle acque di RI88. La vasca disperdente posta allo sbocco in direzione Milano dovrà contribuire anche allo smaltimento delle acque provenienti dai 41 m del sistema di drenaggio delle acque di RI89.

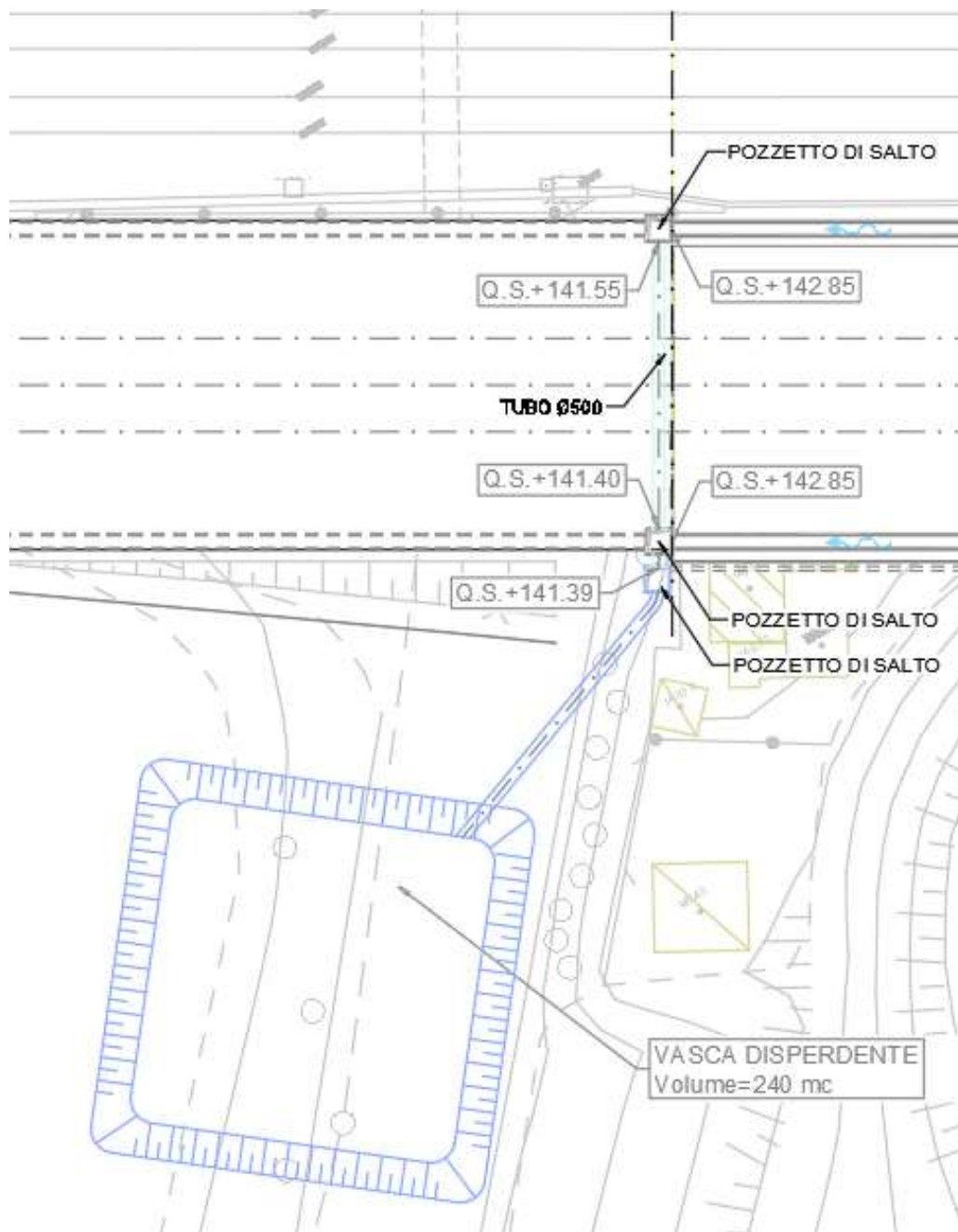


Figura 7.1.3: Sistema di recapito delle acque alla vasca disperdente posta all'imbocco direzione Milano

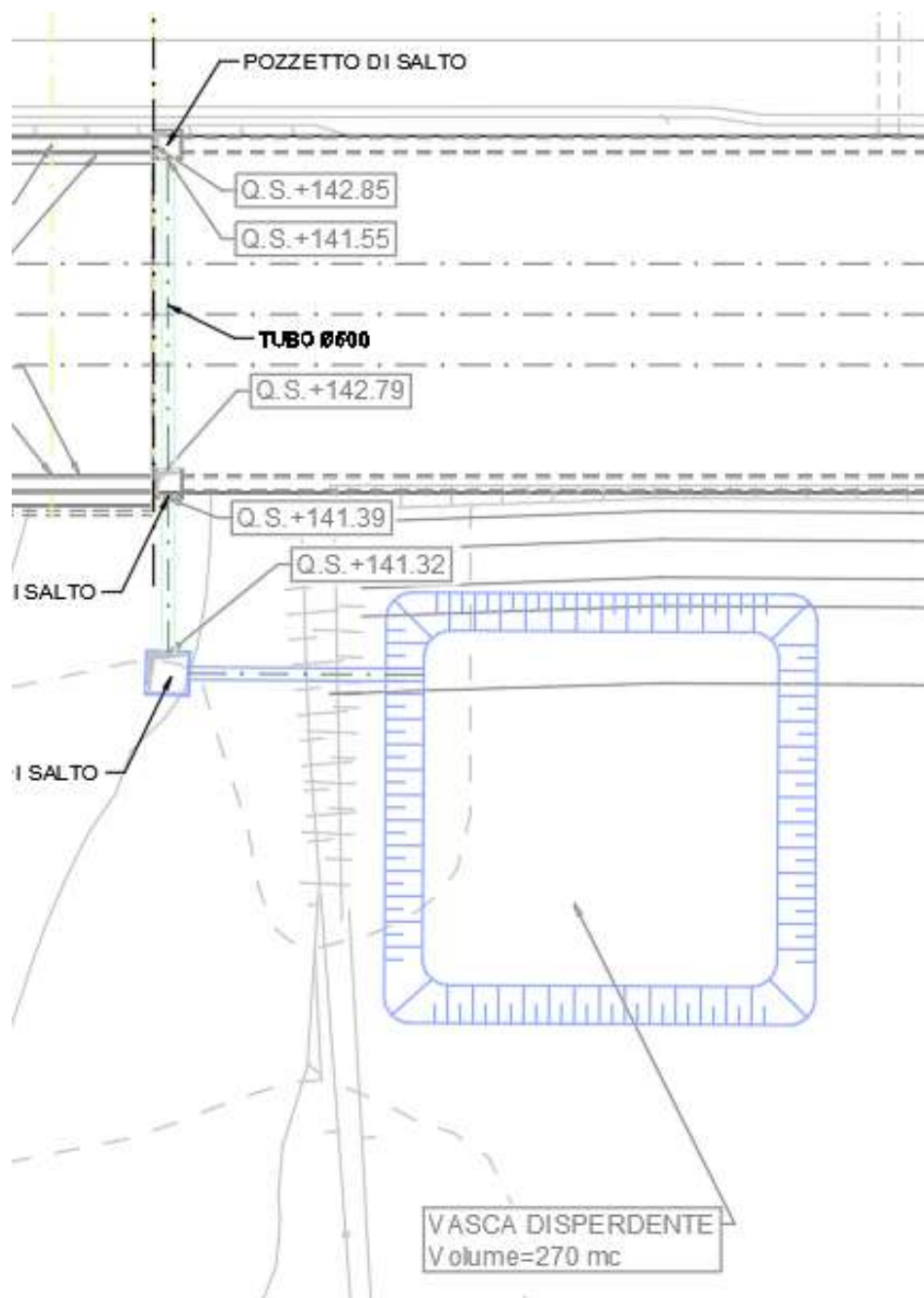


Figura 7.1.4: Sistema di recapito delle acque alla vasca disperdente posta allo sbocco direzione Verona

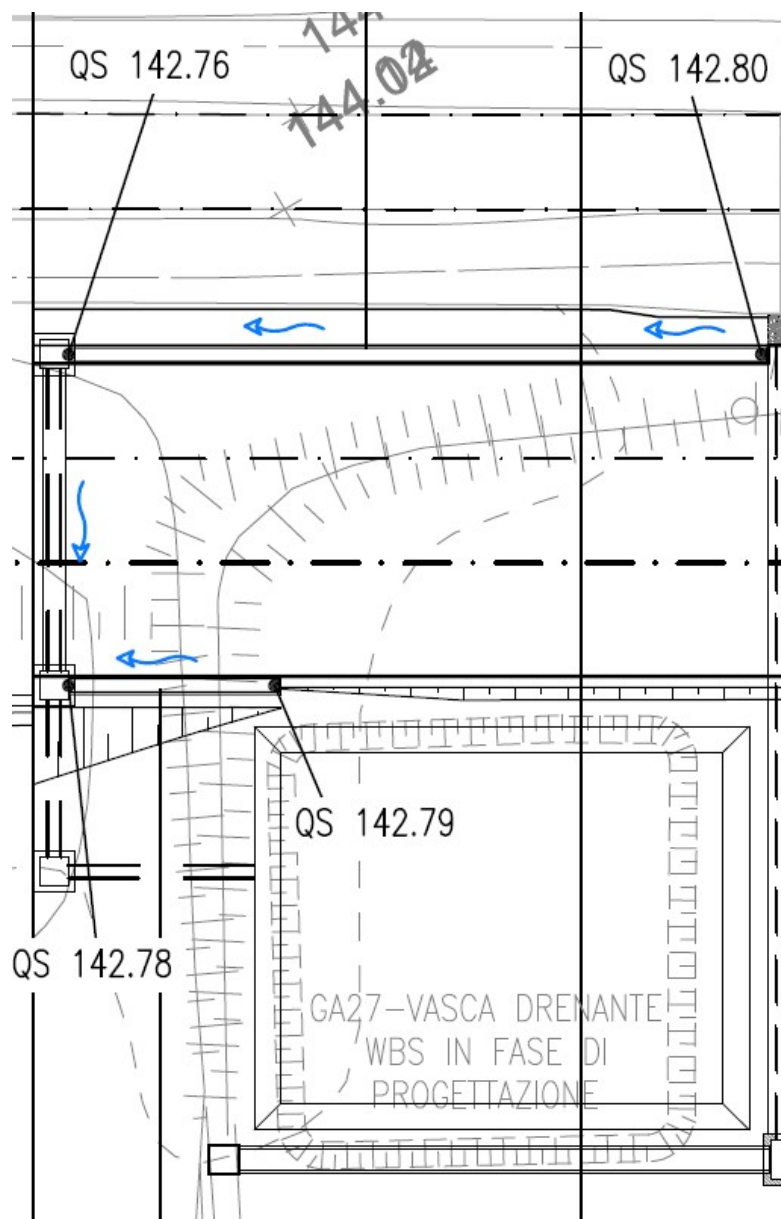


Figura 7.1.5: Sistema di recapito delle acque provenienti dai primi 27m di RI88 alla vasca disperdente posta allo sbocco direzione Verona

Vengono di seguito descritti i criteri idraulici di dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque. I valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica sono gli stessi per tutte le aree sia per il calcolo delle portate delle aree esterne che quelle di piattaforma.

$h = at_p^n$	
a [mm/ora <sup>n</sup> ]	n [-]
61.128	0.2691

Zona	Tipologia	Coeff. Afflusso	Volume picc. Invasi
		[-]	[m3/ha]
Area 1	Piattaforma	0.90	50
Area 2	Scarpate	0.90	30
Area 3	Aree esterne	0.40	30
Area 4	Aree esterne prati e campagne poco pendenti	0.10	30

## Drenaggio di piattaforma:

Tratto	Lunghezza	Totale area sottesa al ramo	Area sottesa 1 al ramo	Area sottesa 2 al ramo	Area sottesa 3 al ramo	Area totale sottesa	$\Phi$ medio	Pendenza	Volume invasato condotta locale	Volume piccoli invasi area sottesa	Volume totale invasato locale WM	Volume totale
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )		(m/m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
RAMO A1 pK 105+984 → 105+950 Nord	34	438.60	438.60	0.00	0.00	438.60	0.90	0.00147	5.95	2.193	8.14	0.00
RAMO A2 pK 105+950 → 105+900 Nord	50	660.00	660.00	0.00	0.00	1098.60	0.90	0.0016	9.63	3.3	12.93	21.07
RAMO A3 pK 105+900 → 105+850 Nord	50	660.00	660.00	0.00	0.00	1758.60	0.90	0.0014	10.96	3.3	14.26	35.32
RAMO A4 pK 105+850 → 105+814 Nord	36	475.20	475.20	0.00	0.00	2233.80	0.90	0.001388	8.82	2.376	11.20	46.52
RAMO B1 pK 106+234 → 106+250 Nord	16	204.80	204.80	0.00	0.00	204.80	0.90	0.001875	2.80	1.024	3.82	0.00
RAMO B2 pK 106+250 → 106+300 Nord	50	660.00	660.00	0.00	0.00	864.80	0.90	0.0016	9.28	3.3	12.58	12.58
RAMO B3 pK 106+300 → 106+304 Nord	4	52.80	52.80	0.00	0.00	917.60	0.90	0.0025	0.85	0.264	1.12	13.69

Tratto	Invaso Spec.	U	Perimetro	Raggio idraulico	Sezione idraulica	Qtot	Tipo Canaletta	Tirante	Velocità	H	Grado riemp. [y/H]
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(lt/s/ha)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)		(m)	(m/s)	(m)	(%)
RAMO A1 pK 105+984 → 105+950 Nord	0.02593	287.30	0.68	0.0342	0.0232	0.01260	60x95 rett	0.0386	0.54	0.55	7.02%
RAMO A2 pK 105+950 → 105+900 Nord	0.02200	448.79	0.97	0.1141	0.1105	0.04930	60x95 rett	0.1841	0.45	0.35	52.60%
RAMO A3 pK 105+900 → 105+850 Nord	0.02159	472.35	1.14	0.1417	0.1611	0.08307	60x95 rett	0.2685	0.52	0.40	67.12%
RAMO A4 pK 105+850 → 105+814 Nord	0.02145	481.10	1.18	0.1471	0.1731	0.10747	60x95 rett	0.2884	0.62	0.45	64.10%
RAMO B1 pK 106+234 → 106+250 Nord	0.03313	147.74	0.64	0.0197	0.0126	0.00303	60x95 rett	0.0211	0.24	0.74	2.85%
RAMO B2 pK 106+250 → 106+300 Nord	0.02380	362.54	0.87	0.0928	0.0806	0.03135	60x95 rett	0.1344	0.39	0.44	30.54%
RAMO B3 pK 106+300 → 106+304 Nord	0.02359	371.38	0.81	0.0774	0.0626	0.03408	60x95 rett	0.1043	0.54	0.42	24.82%

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001Rev.  
AFoglio  
31 di 41

Tratto	Lunghezza	Totale area sottesa al ramo	Area sottesa 1 al ramo	Area sottesa 2 al ramo	Area sottesa 3 al ramo	Area totale sottesa	Φ medio	Pendenza	Volume invasato condotta locale	Volume piccoli invasi area sottesa	Volume totale invasato locale WM	Volume totale
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )		(m/m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
RAMO A1 pK 105+982→ 105+970 Sud	12	80.40	80.40	0.00	0.00	80.40	0.90	0.00050	0.59	0.40	0.99	0.00
RAMO A2 pK 105+970→ 105+950 Sud	19.5	130.65	130.65	0.00	0.00	211.05	0.90	0.0005	2.80	0.65325	3.45	4.44
RAMO A3 pK 105+950 → 105+900 Sud	50	335.00	335.00	0.00	0.00	546.05	0.90	0.0005	7.35	1.675	9.03	13.47
RAMO A4 pK 105+900 → 105+850 Sud	50	335.00	335.00	0.00	0.00	881.05	0.90	0.0005	7.88	1.675	9.55	23.02
RAMO A5 pK 105+850 → 105+814 Sud	36	241.20	241.20	0.00	0.00	1122.25	0.90	0.0005	6.00	1.206	7.20	30.22
RAMO B1 pK 106+234→ 106+250 Sud	16	107.20	107.20	0.00	0.00	107.20	0.90	0.00100	0.78	0.54	1.32	0.00
RAMO B2 pK 106+250 → 106+300 Sud	50	335.00	335.00	0.00	0.00	442.20	0.90	0.001	7.53	1.675	9.20	10.52
RAMO B3 pK 106+300 → 106+304 Sud	4	26.80	26.80	0.00	0.00	469.00	0.90	0.001	0.67	0.134	0.81	11.33

Tratto	Invaso Spec.	U	Perimetro	Raggio idraulico	Sezione idraulica	Qtot	Tipo Canaletta	Tirante	Velocità	H	Grado riemp. [y/H]
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(lt/s/ha)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)		(m)	(m/s)	(m)	(%)
RAMO A1 pK 105+982→ 105+970 Sud	0.01231	1868.34	0.01	0.000	0.000	0.00000	DN250	0.0001	0.50	0.25	0.05%
RAMO A2 pK 105+970→ 105+950 Sud	0.02104	506.51	0.69	0.0688	0.0475	0.01069	50x50 rett	0.0949	0.23	0.50	18.98%
RAMO A3 pK 105+950 → 105+900 Sud	0.02466	329.24	0.77	0.0879	0.0678	0.01798	50x50 rett	0.1356	0.27	0.50	27.11%
RAMO A4 pK 105+900 → 105+850 Sud	0.02612	281.55	0.84	0.1013	0.0851	0.02481	50x50 rett	0.1702	0.29	0.50	34.04%
RAMO A5 pK 105+850 → 105+814 Sud	0.02693	259.30	0.88	0.1083	0.0955	0.02910	50x50 rett	0.1910	0.30	0.50	38.19%
RAMO B1 pK 106+234→ 106+250 Sud	0.01231	1868.34	0.01	0.000	0.000	0.00000	DN250	0.0001	0.00	0.25	0.05%
RAMO B2 pK 106+250 → 106+300 Sud	0.02379	363.03	0.70	0.0708	0.0494	0.01605	50x50 rett	0.0988	0.32	0.50	19.77%
RAMO B3 pK 106+300 → 106+304 Sud	0.02415	348.56	0.70	0.0715	0.0500	0.01635	50x50 rett	0.1001	0.33	0.50	20.01%

Dai risultati sopra riportati si osserva che tutti i manufatti sono verificati garantendo il grado di riempimento sempre minore di 0.7.

## Drenaggio esterno:

Tratto	Lunghezza	Totale area sottesa al ramo	Area sottesa 1 al ramo	Area sottesa 2 al ramo	Area sottesa 3 al ramo	Area totale sottesa	Φ medio	Pendenza	Volume invasato condotta locale	Volume piccoli invasi area sottesa	Volume totale invasato locale WM	Volume totale
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )		(m/m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
RAMO A1 pK 105+929 → 105+900 Sud	29	162.98	0.00	61.48	101.50	162.98	0.59	0.00520	2.54	0.48894	3.03	0.00
RAMO A2 pK 105+900 → 105+850 Sud	50	281.00	0.00	106.00	175.00	443.98	0.59	0.005	7.00	0.843	7.84	10.87
RAMO A3 pK 105+850 → 105+841 Sud	9	63.81	0.00	37.17	26.64	507.79	0.69	0.0056	2.05	0.19143	2.24	13.11
RAMO A4 pK 105+841 → 105+814 Sud	27	191.43	0.00	111.51	79.92	699.22	0.69	0.005	6.62	0.57429	7.19	20.30
RAMO B1 pK 105+929 → 105+950 Sud	21	86.10	0.00	23.10	63.00	86.10	0.53	0.014	7.35	0.2583	7.61	0.00
RAMO B2 pK 105+950 → 105+980 Sud	30	123.00	0.00	33.00	90.00	209.10	0.53	0.02267	10.50	0.369	10.87	18.48
RAMO B3 pK 105+980 → 105+985 Sud	5	95.00	70.00	25.00	0.00	304.10	0.90	0.03	1.75	0.425	2.18	20.65
RAMO B4 pK 105+985 → 106+000 Sud	15	285.00	210.00	75.00	0.00	589.10	0.90	0.0033	5.25	1.275	6.53	27.18
RAMO B5 pK 106+000 → 106+050 Sud	50	925.00	675.00	250.00	0.00	1514.10	0.90	0.003	17.50	4.125	21.63	48.80
RAMO C1 pK 106+095 → 106+067 Sud	28	504.00	378.00	126.00	0.00	504.00	0.90	0.0229	9.80	2.268	12.07	0.00
RAMO C2 pK 106+067 → 106+050 Sud	17	306.00	229.50	76.50	0.00	810.00	0.90	0.0229	5.95	1.377	7.33	19.40
RAMO D1 pK 106+105 → 106+150 Sud	45	675.00	607.50	67.50	0.00	675.00	0.90	0.0044	15.75	3.24	18.99	0.00
RAMO D2 pK 106+150 → 106+200 Sud	50	750.00	675.00	75.00	0.00	1425.00	0.90	0.0246	17.50	3.6	21.10	40.09
RAMO D3 pK 106+200 → 106+234 Sud	34	588.20	459.00	129.20	0.00	2013.20	0.90	0.016	11.90	2.6826	14.58	54.67
RAMO D4 pK 106+234 → 106+238 Sud	5	93.00	70.00	23.00	0.00	2106.20	0.90	0.02	1.75	0.419	2.17	56.84
RAMO D5 pK 106+238 → 106+274 Sud	36	669.60	504.00	165.60	0.00	2775.80	0.90	0.026	12.60	3.02	15.62	72.46
RAMO D6 pK 106+274 → 106+304 Sud	30	195.00	150.00	45.00	0.00	2970.80	0.90	0.026	10.50	0.885	11.39	83.84



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RI GA 270 6 001Rev.  
AFoglio  
33 di 41

Tratto	Invaso Spec.	U	Perimetro	Raggio idraulico	Sezione idraulica	Qtot	Tipo Canaletta	Tirante	Velocità	H	Grado riemp. [y/H]
	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(lt/s/ha)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)		(m)	(m/s)	(m)	(%)
RAMO A1 pK 105+929 → 105+900 Sud	0.01857	146.86	0.53	0.0162	0.0086	0.00239	50x75 rett	0.0173	0.28	0.25	6.92%
RAMO A2 pK 105+900 → 105+850 Sud	0.02448	69.32	0.54	0.0189	0.0102	0.00308	50x75 rett	0.0204	0.30	0.40	5.11%
RAMO A3 pK 105+850 → 105+841 Sud	0.02581	109.08	0.56	0.0255	0.0142	0.00554	50x75 rett	0.0284	0.39	0.65	4.38%
RAMO A4 pK 105+841 → 105+814 Sud	0.02903	79.31	0.56	0.0264	0.0147	0.00555	50x75 rett	0.0295	0.38	0.70	4.21%
RAMO B1 pK 105+929 → 105+950 Sud	0.08837	1.48	0.50	0.001	0.000	0.000013	50x50 tra	0.0005	0.05	0.50	0.11%
RAMO B2 pK 105+950 → 105+980 Sud	0.08837	1.48	0.50	0.001	0.000	0.000032	50x50 tra	0.0008	0.08	0.50	0.16%
RAMO B3 pK 105+980 → 105+985 Sud	0.06791	21.02	0.51	0.004	0.002	0.00064	50x50 tra	0.0045	0.28	0.50	0.90%
RAMO B4 pK 105+985 → 106+000 Sud	0.04613	60.08	0.57	0.023	0.013	0.00354	50x50 tra	0.0245	0.28	0.50	4.90%
RAMO B5 pK 106+000 → 106+050 Sud	0.03223	159.12	0.72	0.064	0.046	0.02409	50x50 tra	0.0795	0.52	0.50	15.89%
RAMO C1 pK 106+095 → 106+067 Sud	0.02394	356.71	0.60	0.032	0.020	0.01798	50x50 tra	0.0364	0.92	0.50	7.27%
RAMO C2 pK 106+067 → 106+050 Sud	0.02394	356.71	0.64	0.042	0.026	0.02889	50x50 tra	0.0483	1.09	0.50	9.67%
RAMO D1 pK 106+105 → 106+150 Sud	0.02813	230.22	0.65	0.046	0.030	0.01554	50x50 tra	0.0546	0.51	0.50	10.92%
RAMO D2 pK 106+150 → 106+200 Sud	0.02813	230.22	0.64	0.044	0.028	0.03281	50x50 tra	0.0510	1.17	0.50	10.21%
RAMO D3 pK 106+200 → 106+234 Sud	0.02716	253.40	0.71	0.061	0.043	0.05101	50x50 tra	0.0755	1.17	0.50	15.10%
RAMO D4 pK 106+234 → 106+238 Sud	0.02699	257.74	0.71	0.059	0.042	0.05429	50x50 tra	0.0733	1.29	0.50	14.66%
RAMO D5 pK 106+238 → 106+274 Sud	0.02610	282.15	0.74	0.067	0.049	0.07832	50x50 tra	0.0843	1.59	0.50	16.85%
RAMO D6 pK 106+274 → 106+304 Sud	0.02822	228.25	0.72	0.062	0.045	0.06781	50x50 tra	0.0774	1.52	0.50	15.47%

Dai risultati sopra riportati si osserva che tutti i manufatti sono verificati garantendo il grado di riempimento sempre minore di 0.7.

## 8. POZZI DRENANTI

### 8.1 Premessa

Il recapito delle acque di drenaggio derivanti dalle aree durante la fase di scavo deve avvenire per mezzo di due vasche disperdenti da realizzarsi in prossimità della pK 105+814 e della pK 106+304.

### 8.2 Quadro normativo

- D.Lgs. N. 152/2006 - T.U. Ambiente
- RFI S.p.A. - Manuale di Progettazione
- Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017 – PTUA 2016
- R.R. 7/2017 Regione Lombardia – “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)

### 8.3 Ipotesi generali

Il dimensionamento dei pozzi drenanti viene eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (idrogramma di piena di progetto) con la capacità di infiltrazione del terreno e con l’eventuale volume immagazzinato dal sistema. Tale confronto viene espresso mediante l’equazione di continuità che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante.

L’equazione differenziale di continuità è la seguente:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t)/dt$$

Dove:

- $Q_e(t)$  è la portata in ingresso ai sistemi filtranti all’istante di tempo  $t$ ;
- $Q_u(t)$  è la portata in uscita dai sistemi filtranti all’istante di tempo  $t$ ;
- $W(t)$  è il volume invasato nei pozzi drenanti all’istante di tempo  $t$ .

La legge di efflusso che regola l’uscita dai pozzi è la seguente:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

Il volume di acqua che entra nei pozzi drenanti per effetto della pioggia di durata  $\theta$  è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n$$

dove  $\varphi$  è il coefficiente di afflusso costante del bacino drenato a monte dei pozzi.

Il volume in uscita dai pozzi drenanti è pari a:

$$W_u = Q_u \cdot \theta$$

La capacità di infiltrazione può essere stimata attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_f = k \cdot J \cdot A$$

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RI GA 270 6 001	Rev. A	Foglio 35 di 41
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

Dove:

- $Q_f$  è la portata infiltrata [ $m^3/s$ ];
- $k$  è il coefficiente di permeabilità [ $m/s$ ];
- $J$  è la cadente piezometrica [ $m/m$ ];
- $A_f$  è la superficie netta di infiltrazione.

Nel caso dei sistemi filtranti  $Q_f = Q_u$ .

Per i pozzi drenanti la portata  $Q_f$  può essere calcolata anche con la formula di Sieker (1984) dove la formula di Darcy esprime la seguente espressione:

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

Dove  $K$  è la permeabilità mentre il termine tra parentesi rappresenta la cadente piezometrica, in cui compare l'altezza  $z$  dello strato drenante del pozzo e il dislivello  $L$  tra il fondo del pozzo ed il sottostante livello di falda. L'effettiva area drenante del pozzo  $A_f$  è assunta pari ad un anello di larghezza  $z/2$  attorno alla base del pozzo. A favore di sicurezza non è considerata la base drenante del pozzo per tenere conto della sua possibile occlusione.

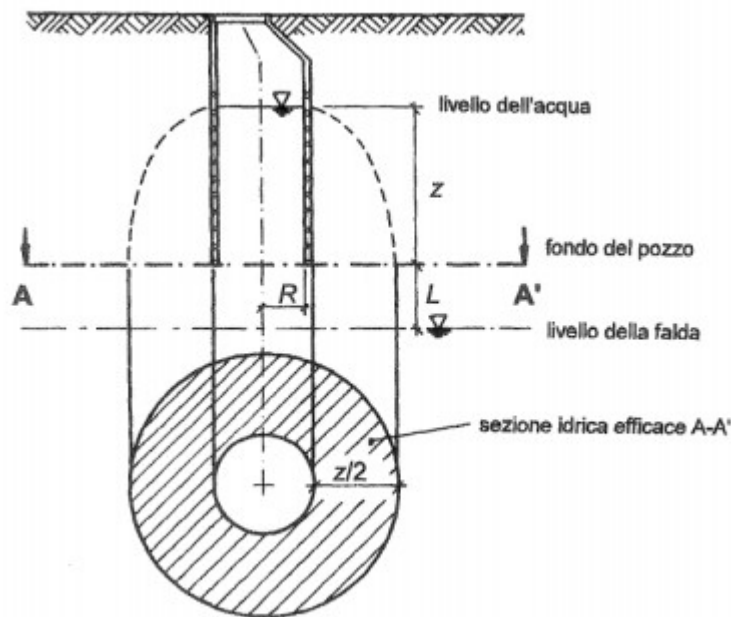


Figura 8.3.1: Schema pozzo drenante

#### 8.4 Pozzi drenanti pK 105+814

Si suppone la realizzazione di pozzi drenanti aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro del pozzo = 200 cm;
- Altezza complessiva del pozzo = 600 cm;
- Altezza  $z$  della porzione drenante = 550 cm;
- Dreno attorno al pozzo = 75 cm.

Di seguito si riportano i valori dei parametri utilizzati per il dimensionamento dei pozzi drenati:

Superficie drenata [ha]	0.376
$\phi$	0.9
K [m/s]	0.00001

PARAMETRI LSPP	
a [mm/h <sup>n</sup> ]	34.803
n	0.2691

La cadente piezometrica è stata assunta pari ad 1 poiché il tirante sulla superficie filtrante è trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda è al di sotto del fosso disperdente.

J [m/m]	1
A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	41.04
Q <sub>f</sub> [l/s]	0.410

Si prevede l'utilizzo di 4 pozzi drenanti. Pertanto la Q<sub>u</sub> sarà pari a 1.641 l/s.

Il volume invasato ad un dato tempo è dunque pari a:

$$W = W_e - W_u = 10 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot \theta^n - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta$$

Attraverso il calcolo analitico, dove  $\theta$  viene espresso in ore, è possibile determinare l'istante (T<sub>0</sub>) che massimizza la formula per il calcolo del volume invasato.

$$T_0 = \left( \frac{3.6 \cdot Q}{10 \cdot n \cdot S \cdot \phi \cdot a} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 9.96 \text{ h}$$

Inserendo il valore di T<sub>0</sub> all'interno della formula per il calcolo del volume invasato si ottiene la dimensione necessaria del volume utile del sistema dei pozzi drenanti. Il volume utile totale è costituito dal volume proprio del sistema di pozzi con la capacità di immagazzinamento del terreno drenante.

Il sistema di pozzi dovrà avere un volume drenante di almeno 159.93 m<sup>3</sup>.

Pertanto ciascun pozzo drenante andrà riempito con uno spessore di 75 cm di ghiaione e il volume disperdente sarà pari a:

$$V = h_{\text{pozzo}} \cdot (d_{\text{pozzo}} + 2 \cdot \text{spessore}_{\text{dreno}})^2 \cdot \pi/4 = 52.92 \text{ m}^3$$

In questo modo:

$$52.92 \text{ m}^3 \cdot 4 = 211.68 \text{ m}^3 > 159.93 \text{ m}^3$$

### 8.5 Pozzi drenanti pK 106+304

Si suppone la realizzazione di pozzi drenanti aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro del pozzo = 200 cm;
- Altezza complessiva del pozzo = 600 cm;
- Altezza z della porzione drenante = 550 cm;
- Dreno attorno al pozzo = 75 cm.

Di seguito si riportano i valori dei parametri utilizzati per il dimensionamento dei pozzi drenanti:

Superficie drenata [ha]	0.380
$\phi$	0.9
K [m/s]	0.00001

PARAMETRI LSPP	
a [mm/h <sup>n</sup> ]	34.803
n	0.2691

La cadente piezometrica è stata assunta pari ad 1 poiché il tirante sulla superficie filtrante è trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda è al di sotto del fosso disperdente.

J [m/m]	1
A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	41.04
Q <sub>f</sub> [l/s]	0.410

Si prevede l'utilizzo di 4 pozzi drenanti. Pertanto la Q<sub>u</sub> sarà pari a 1.641 l/s.

Il volume invasato ad un dato tempo è dunque pari a:

$$W = W_e - W_u = 10 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot \theta^n - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta$$

Attraverso il calcolo analitico, dove  $\theta$  viene espresso in ore, è possibile determinare l'istante ( $T_0$ ) che massimizza la formula per il calcolo del volume invasato.

$$T_0 = \left( \frac{3.6 \cdot Q_u}{10 \cdot n \cdot S \cdot \phi \cdot a} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 10.10 \text{ h}$$

Inserendo il valore di  $T_0$  all'interno della formula per il calcolo del volume invasato si ottiene la dimensione necessaria del volume utile del sistema dei pozzi drenanti. Il volume utile totale è costituito dal volume proprio del sistema di pozzi con la capacità di immagazzinamento del terreno drenante.

Il sistema di pozzi dovrà avere un volume drenante di almeno 162.18 m<sup>3</sup>.

Pertanto ciascun pozzo drenante andrà riempito con uno spessore di 75 cm di ghiaione e il volume disperdente sarà pari a:

$$V = h_{\text{pozzo}} \cdot (d_{\text{pozzo}} + 2 \cdot \text{spessore}_{\text{dreno}})^2 \cdot \pi/4 = 52.92 \text{ m}^3$$

In questo modo:

$$52.92 \text{ m}^3 \cdot 4 = 211.68 \text{ m}^3 > 162.18 \text{ m}^3$$

## 9. VASCHE DISPERDENTI

### 9.1 Premessa

Il recapito delle acque di drenaggio derivanti dalle aree esterne e dalla piattaforma deve avvenire per mezzo di due vasche disperdenti da realizzarsi in prossimità della pK 105+814 e della pK 106+304 (Figure 7.1.3 e 7.1.4).

### 9.2 Quadro normativo

- D.Lgs. N. 152/2006 - T.U. Ambiente
- RFI S.p.A. - Manuale di Progettazione
- Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017 – PTUA 2016
- R.R. 7/2017 Regione Lombardia – “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)

### 9.3 Ipotesi generali

Secondo quanto previsto nel quadro normativo della Regione Lombardia il limite allo scarico risulta essere pari a 20 l/s/ha.

Il calcolo del volume delle vasche viene eseguito con il metodo delle sole piogge e si basa sulle ipotesi semplificate di seguito descritte. L’onda entrante derivante dalla precipitazione piovosa è caratterizzata da una forma rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$  pari al prodotto dell’intensità di pioggia media dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica e la durata  $D$  stessa. In sostanza, per bacini di dimensione limitata, si ritiene trascurabile l’effetto della trasformazione afflussi deflussi operata dal bacino e dalla rete fognaria che converge all’invaso di laminazione. Ne deriva che l’onda entrante nell’invaso di laminazione coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell’intervento:

$$Q_e = S * \Phi * a D^{n-1}$$

La portata entrante è fornita dalle tabelle di dimensionamento idraulico delle opere precedentemente proposte.

Il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S * \Phi * a D^n$$

ove  $S$  è la superficie del bacino e  $\Phi$  il coefficiente di afflusso medio ponderale.

L’onda uscente si basa sull’ipotesi della laminazione ottimale e, quindi, risulta anch’essa di forma rettangolare con portata massima pari al limite imposto sul ricettore finale.

La portata uscente viene calcolata con la seguente espressione:

$$Q_u = q_{lim} \cdot S$$

dove:

$q_{lim}$  = portata massima in uscita;

$S$  = superficie.

Il volume di pioggia complessivamente uscente è pari a:

$$W_u = S * q_{lim} * D$$

ove  $q_{lim}$  è la portata limite specifica ammissibile allo scarico che risulta nel nostro caso pari a 20 l/s per ettaro impermeabile.

Sulla base di queste ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia analizzata, dalla differenza tra i volumi dell’onda entrante e dell’onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

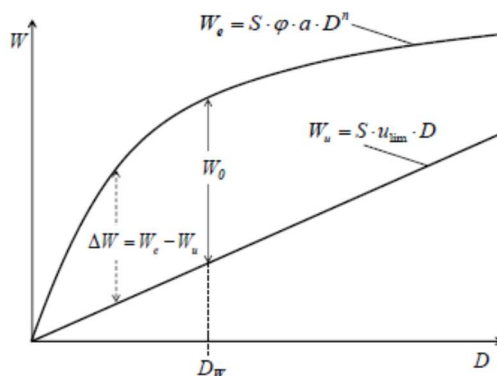


Figura 9.3.1: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'vento critico e del corrispondente volume critico  $W_0$  di laminazione

Di seguito si riportano i parametri e i grafici utilizzati per il dimensionamento delle vasche.

#### 9.4 Calcoli

Vasca disperdente pK 105+814

Superfici				
	Area sottesa al ramo 1	Area sottesa al ramo 2	Area sottesa al ramo 3	Totale
$\Phi$	0.9	0.9	0.4	0.9
Superficie [m <sup>2</sup> ]	4120	370	383	4873

Parametri LSPP	
a [mm/h <sup>n</sup> ]	61.128
n [-]	0.2691

Qe [m <sup>3</sup> /s]	0.248
Qu lim [l/s/ha]	20
Qu [l/s]	9

Il volume di laminazione massimo è pari a 266 m<sup>3</sup> che corrisponde ad una durata critica di circa 3 ore. A favore di sicurezza è stato adottato un volume pari a 270 m<sup>3</sup>. Considerati i valori di permeabilità del territorio interessato dall'intervento ( $K=1 \cdot 10^{-5}$  m/s), il fondo della vasca garantisce un drenaggio pari a 2.7 l/s con un tempo di svuotamento della stessa pari a 27.8 h (1.2 giorni).

Per quanto riguarda il troppopieno della vasca è costituito da tubazioni che scaricano nei campi posti nelle vicinanze.

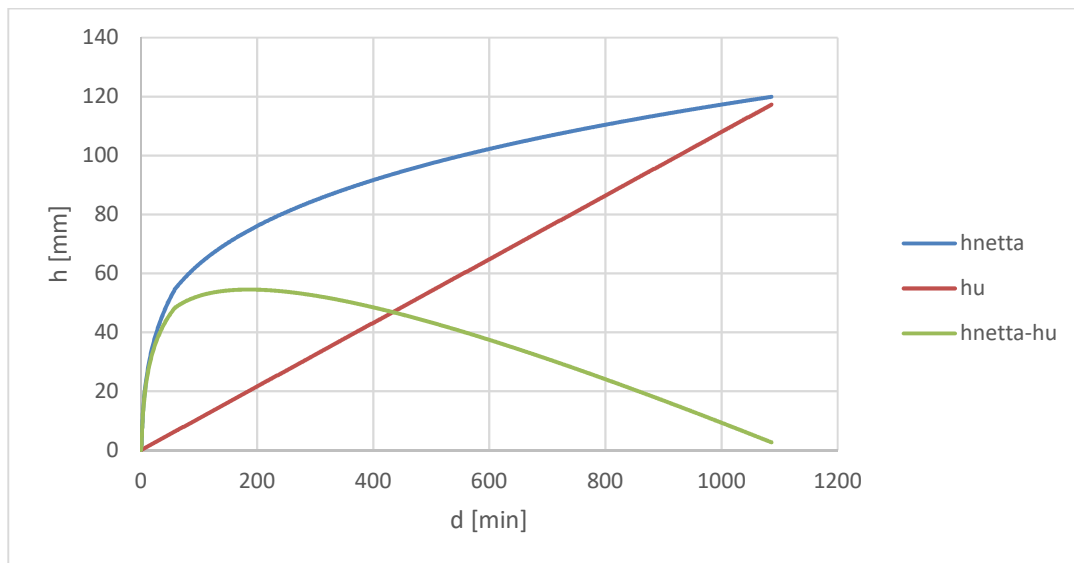


Figura 9.3.2: Andamenti di  $h_{netta}$ ,  $h_u$  e  $h_{netta}-h_u$  in funzione della durata

#### Vasca disperdente pK 106+304

Superfici				
	Area sottesa al ramo 1	Area sottesa al ramo 2	Area sottesa al ramo 3	Totale
$\Phi$	0.9	0.9	0.4	0.9
Superficie [m <sup>2</sup> ]	4300	660	-	4960

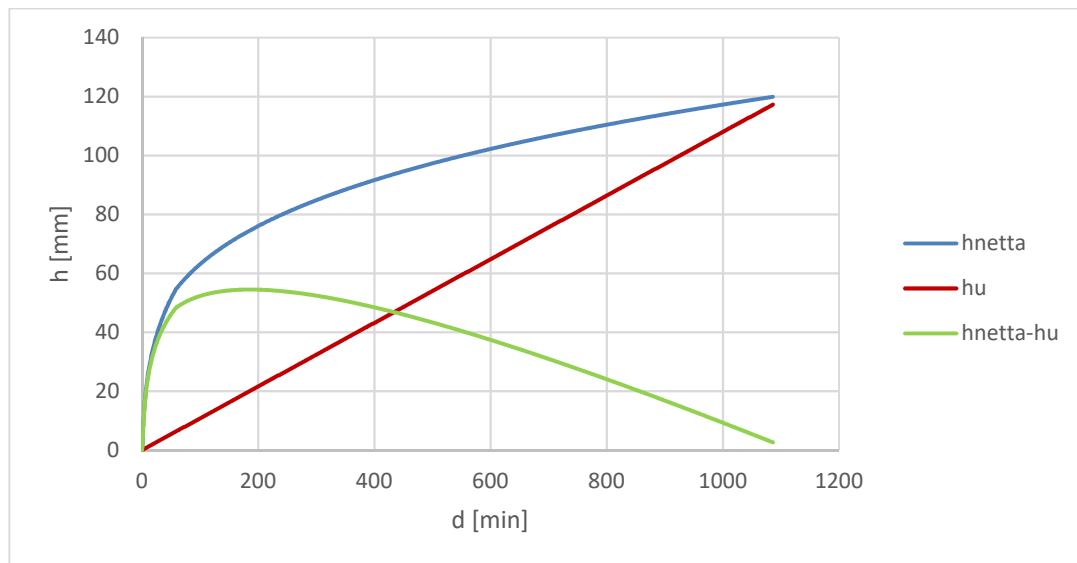
Parametri LSPP	
a [mm/h <sup>n</sup> ]	61.128
n [-]	0.2691

Qe [m <sup>3</sup> /s]	0.160
Qu lim [l/s/ha]	20
Qu [l/s]	9

Il volume di laminazione massimo è pari a 270 m<sup>3</sup> che corrisponde ad una durata critica di poco superiore a 3 ore. Pertanto il volume della vasca risulta essere pari a 270 m<sup>3</sup>. Considerati i valori di permeabilità del territorio interessato dall'intervento ( $K = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s), il fondo della vasca garantisce un drenaggio pari a 2.7 l/s con un tempo di svuotamento della stessa pari a 27.8 h (1.2 giorni).

Per quanto riguarda il troppopieno della vasca è costituito da tubazioni che scaricano nei campi posti nelle vicinanze.



Figura 9.3.3: Andamenti di  $h_{netta}$ ,  $h_u$  e  $h_{netta}-h_u$  in funzione della durata