

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



STRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

RIMODELLAMENTO MORFOLOGICO PIEVE DI NOVI LIGURE

Relazione idraulica abbancamento

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R I	D P 0 6 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Foltran <i>[Signature]</i>	29/11/2013	Panizza <i>[Signature]</i>	29/11/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	29/11/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Albio Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Aggiornamento testalino	B.Cipullo <i>[Signature]</i>	28/01/2014	Cociv <i>[Signature]</i>	28/01/2014	A.Palomba <i>[Signature]</i>	28/01/2014	

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-DP-06-0-0-001-A01.DOC
-----------	---

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento Morfologico Pieve di Novi Ligure
	Foglio 2 di 35

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	IL SITO DI INTERVENTO	7
3.1	Inquadramento geografico	7
3.2	Topografia del sito	8
3.3	Caratteristiche materiale di riporto	9
4.	DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI	10
4.1	Descrizione	10
4.2	Analisi idrologica reti di drenaggio	11
4.3	Analisi idraulica reti di drenaggio	13
4.3.1	Analisi idraulica canale in lamiera ondulata Φ 500 mm e Φ 1200 mm	13
4.3.2	Analisi idraulica canaletta in terra	14
4.3.3	Analisi idraulica tubazioni di scarico in C.A. Φ 800 mm	14
4.3.4	Analisi idraulica tubazione di continuità in C.A. Φ 500 mm	15
4.4	Sistema compluvio principale	15
4.4.1	Descrizione generale	15
4.4.2	Dimensionamento canale in lamiera ondulata	18
4.4.3	Dimensionamento canaletta in terra	23
4.4.4	Dimensionamento tubazioni in C.A. Φ 800 mm	26
4.4.5	Dimensionamento tubazione in C.A. Φ 500 mm	29
4.5	Verifiche di stabilità tubazioni c.a.	32
4.5.1	Determinazione dei carichi ovalizzanti agenti sulla tubazione rigida	32
4.5.2	Calcolo del carico dovuto al rinterro	32
4.5.3	Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi verticali mobili	34
4.5.4	Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo	35
4.5.5	Verifica allo stato ultimo di resistenza	35
4.5.6	Tabella di verifica	35

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure
	Foglio 4 di 35

1. PREMESSA

I lavori di riqualificazione ambientale relativi al materiale di risulta proveniente dagli scavi in galleria e dalle opere propedeutiche relative alla costruzione della linea ferroviaria ad AC/AV Milano-Genova – Terzo Valico dei Giovi, prevedono il deposito, indicato di seguito DP06, in loc. Pieve nel Comune di Novi Ligure in provincia di Alessandria.

Tale deposito si sviluppa in una porzione compresa tra il terrazzo geomorfologico esistente e la linea AV/AC. I materiali di risulta verranno stoccati a monte del percorso della rete ferroviaria in progetto. Il deposito si sviluppa fra le quote di m 186 e m 200 s.l.m. con esposizione prevalente est. L'area di studio copre complessivamente una superficie di circa 7.5 Ha.

Il volume del materiale è pari a circa 510.000 e deriva dallo scavo delle gallerie artificiali e dagli scavi in trincea.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei sistemi di drenaggio superficiale del deposito stesso.

Si riporta una rapida descrizione delle principali opere idrauliche presenti, più dettagliatamente descritte nel seguito.

Occorre sottolineare che non risulta necessario, per la particolare conformazione del sito di studio, un sistema di drenaggio profondo.

Il sistema di raccolta delle acque di precipitazione che insistono sul deposito in progetto, denominato *drenaggio superficiale*, è costituito da:

- Impluvi realizzati sul piano apicale dell'abbancamento, con interasse di 40 m, per il convogliamento delle acque superficiali. La profondità massima sarà di 80 cm e saranno raccordate al sistema di smaltimento delle acque superficiali attraverso embrici;
- Embrici posizionati lungo le linee di massima pendenza della scarpata del rimodellamento. Permetteranno il convogliamento delle acque piovane presenti sulla sommità dell'abbancamento nel canale mezzo tubo di lamiera ondulata Φ 1200 mm;
- Canale mezzo tubo di lamiera ondulata di diametro Φ 500 mm nel tratto nord di monte, in testa all'abbancamento sino al pozzetto P2, e Φ 1200 mm nel tratto di valle. La pendenza prevista in progetto è pari a 1.0%. Il canale convoglia le acque ad un pozzetto prefabbricato di raccordo P1 posto in prossimità del canale scolmatore del Rio Gazzo;
- Tubazioni in C.A. Φ 800 mm posate tra il pozzetto di raccordo P1 in progetto e l'esistente canale scolmatore del Rio Gazzo. Le tubazioni permetteranno il recapito finale delle acque nel canale scolmatore al limite sud dell'abbancamento, passando al disotto della strada di manutenzione del canale stesso;



- Pozzetto di raccordo P1 in CLS prefabbricato di base 200x300 ed altezza di 280 cm;
- Canaletta in terra realizzata per raccogliere le acque di corrivazione sulla superficie del terrapieno a sud dell'abbancamento. La canaletta in terra scaricherà nel canale mezzo tubo di lamiera ondulata Φ 1200 mm mediante embrici in calcestruzzo;
- Tubazione in C.A. Φ 500 mm di attraversamento della viabilità di accesso al deposito.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure	Foglio 6 di 35

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente progetto sono state applicate le seguenti normative:

D.M. 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (pubblicato sulla G.U. n° 127 del 01/06/1988);

D.M. 16/01/1996: Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (pubblicato sulla G.U. n° 29 del 05/02/1996);

Circolare 4 Luglio 1996 n. 156 AA.GG./STC.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi " di cui al D.M. 16.01.1996;

O.P.C.M. n°3274 e relativi allegati del 20/03/2003 : Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (pubblicato sul supplemento alla G.U. n° 105 del 08 /05/2003).

Quest'ultima normativa è stata applicata per la definizione della categoria sismica dei luoghi.

3. IL SITO DI INTERVENTO

3.1 Inquadramento geografico

L'area in progetto è individuata a monte della linea ferroviaria in progetto e precisamente fra il canale scolmatore del Rio Gazzo a sud e la strada Novi-Cassano Spinola a nord; la superficie complessiva interessata dal progetto di riqualificazione è quantificabile in circa mq 75000.

L'area è caratterizzata da una ampia area subpianeggiante tra la quota m 186 e 189 s.l.m. e una discontinuità morfologica a ovest fino alla quota di m 200 s.lm.

Si riporta, su base CTR della Regione Piemonte e di seguito su immagine aerofotogrammetrica, l'area relativa al deposito del materiale.

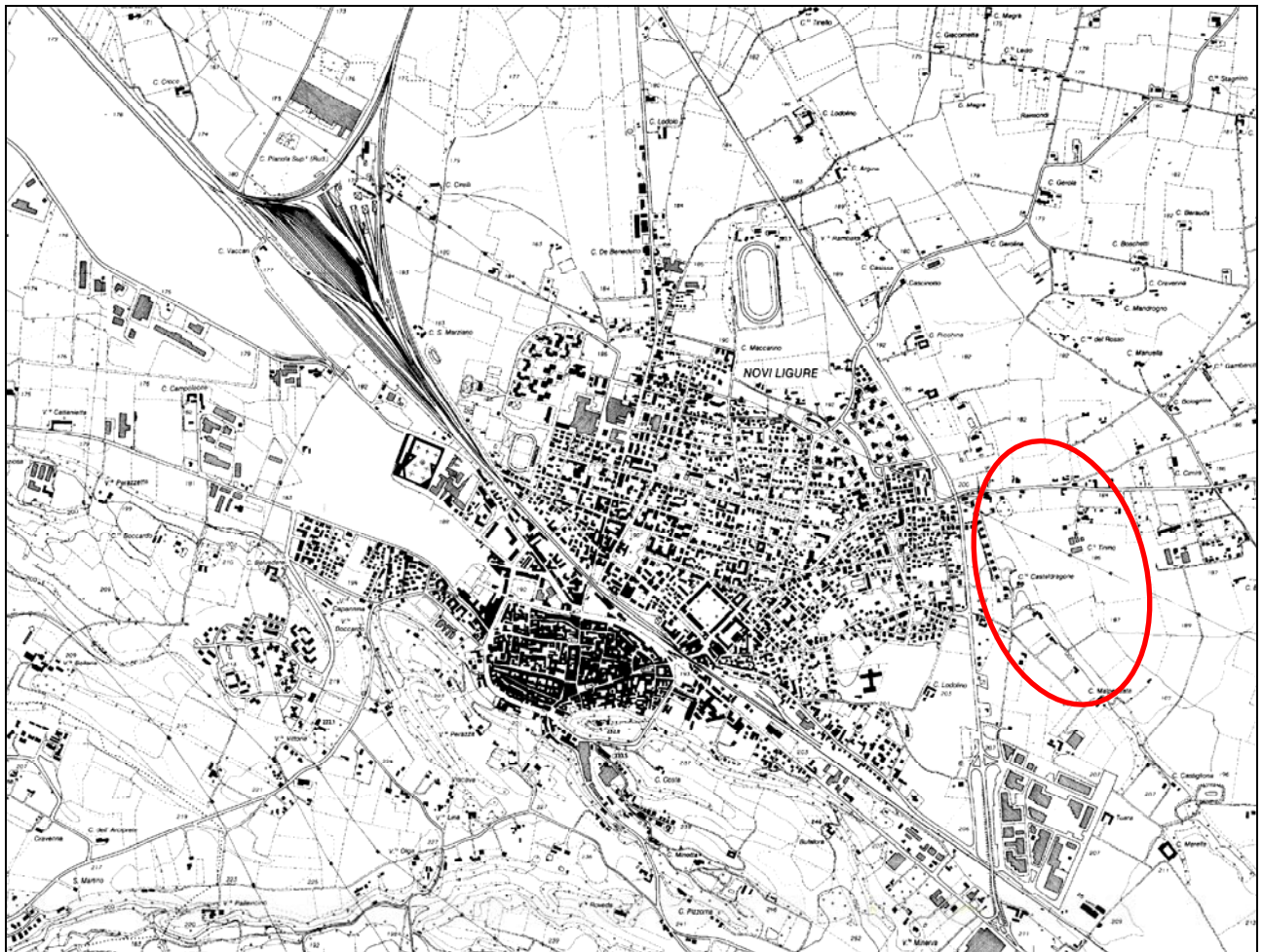


Figura 1 – Localizzazione del sito di intervento su base CTR della Regione Piemonte



Figura 2 – Ripresa aerofotografica dell'area di deposito del materiale

3.2 Topografia del sito

La topografia del sito è nota a mezzo di un accurato rilievo di dettaglio effettuato appositamente per il progetto che ha consentito di rilevare un congruo numero di punti quotati.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure</p>	<p>Foglio 9 di 35</p>

3.3 Caratteristiche materiale di riporto

I materiali che verranno utilizzati per il Rimodellamento Morfologico di Pieve di Novi Ligure sono rappresentati per la maggior parte dai materiali di risulta non riutilizzati delle gallerie; in particolare in questo sito il materiale preponderante è costituito dalla formazione delle Argilliti a Palombini.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure
	Foglio 10 di 35

4. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI

4.1 Descrizione

Il drenaggio superficiale del deposito è affidato ad un sistema di smaltimento finalizzato al collettamento dell'acqua meteorica ruscellante sul deposito stesso.

Il sistema di drenaggio superficiale risulta composto dalle seguenti tipologie di manufatti:

- Impluvi realizzati sul piano apicale dell'abbancamento, con interasse di 40 m, per il convogliamento delle acque superficiali. La profondità massima sarà di 80 cm e saranno raccordate al sistema di smaltimento delle acque superficiali attraverso embrici in progetto, descritti nel seguito. Per evitare i fenomeni erosivi si prevede lo stendimento all'interno dello scavo di un geotessuto fissato con chiodature metalliche al terrapieno negli ultimi 10 m, prima dell'innesto con il sistema dei conci, per la protezione del fondo e il consolidamento dell'argine;
- Embrici, di larghezza pari a 27.5 cm ed altezza 13 cm, posizionati lungo le linee di massima pendenza della scarpata del rimodellamento;
- Canale mezzo tubo di lamiera ondulata di diametro Φ 500 mm nel tratto nord di monte in testa all'abbancamento, sino al pozzetto P2, e Φ 1200 mm nel tratto di valle a sud. La pendenza longitudinale prevista in progetto è pari a 1.0%;
- Tubazioni in C.A. Φ 800 mm posate tra il pozzetto di raccordo in progetto P1 ed il canale scolmatore calcestruzzo;
- Pozzetto di raccordo P1 in CLS di base 200x300 ed altezza di 280 cm;
- Canaletta in terra a sezione trapezia di base 50 cm ed altezza 40 cm realizzata per raccogliere le acque di corrivazione sulla superficie del terrapieno a sud dell'abbancamento;
- Tubazione in C.A. Φ 500 mm di attraversamento della viabilità di accesso al deposito.

Nel paragrafo 4.4 è riportata la descrizione di dettaglio del sistema di drenaggio superficiale. Si analizzeranno le condizioni di afflusso dei singoli tratti, le loro caratteristiche, le soluzioni progettuali previste per lo smaltimento, i materiali costituenti, le tecniche realizzative, il dimensionamento delle opere.

Si rimanda a tale paragrafo per ogni approfondimento, oltre che alle tavole progettuali relative al drenaggio superficiale.

4.2 Analisi idrologica reti di drenaggio

Nel dimensionamento delle sezioni delle opere di regimazione delle acque superficiali si fa riferimento alle seguenti considerazioni:

- per la determinazione dell'altezza di precipitazione si fa riferimento a quanto contenuto nel PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico) del Bacino del Fiume Po, Direttiva Piene-Progetto, Allegato III, in cui il territorio di riferimento viene suddiviso in celle pluviometricamente omogenee, di dimensioni 2x2 km, per ciascuna delle quali vengono indicati i parametri della curva di possibilità pluviometrica;
- il dimensionamento e la verifica delle sezioni di deflusso, per le differenti tipologie, viene svolta in riferimento alla portata massima di cui è richiesto il convogliamento.

Analizzando le superfici di pertinenza di ciascuna delle tratte in cui può essere suddivisa la rete di regimazione delle acque superficiali, e svolgendo l'analisi in condizioni di moto uniforme, essendo costanti per ogni tratta le pendenze e le dimensioni della sezione dei manufatti, si perviene all'individuazione delle portate, delle altezze del pelo libero della corrente, della velocità media all'interno della sezione e del franco residuo.

Operando come citato in premessa risulta che il sito di abbancamento in esame ricade interamente nella cella pluviometricamente omogenea denominata CP122, avente riferimento cartografico UTM E = 485007, N = 4956695.

Per la cella di riferimento, considerato i tempi di ritorno pari a 20, 100 e 200 anni, i parametri della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica ($h=at^n$) sono.

	a	n
TR=20 anni	52.49	0.359
TR=100 anni	69.99	0.356
TR=200 anni	77.46	0.355
TR=500 anni	87.34	0.354

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

S = superficie del bacino (km²);

c = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.4;

h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata utilizzando le seguenti formule empiriche:

Ventura:
$$t_c = 0.0053 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Pasini:
$$t_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{SL}$$

Pezzoli:
$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

con:

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale (Km);

S = superficie del bacino (km²);

t_c = tempo di corrivazione (giorni).

Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle tre formule empiriche. Tale valore è pari a 0.39 ore.

Si riporta il calcolo del tempo di corrivazione.

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

PARAMETRI DI INGRESSO	
S = Superficie del bacino	0.0900 km ²
L = Lunghezza asta principale	0.730 km
H _{max} = Altitudine massima del bacino	203.6 m s.l.m.
H _{min} = Altitudine sezione di chiusura	190.0 m s.l.m.
H _{med} = Altitudine media del bacino	194.0 m s.l.m.
i _m = Pendenza media asta	0.011 --

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{i} = \text{Metodo tarato per superfici inferiori a 20 Km}^2$$

i Pezzoli

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = T_{\min} = 0.38 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

 Metodo tarato per superfici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.36 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

 Metodo tarato per superfici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.42 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corriva $T_{c(\text{med})} = 0.39 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata: 0.39 ore

Figura 3 – Calcolo tempo corrivazione

4.3 Analisi idraulica reti di drenaggio

4.3.1 Analisi idraulica canale in lamiera ondulata Φ 500 mm e Φ 1200 mm

Date le condizioni di sezione circolare costante e pendenza del fondo pari a 1.0 %, il deflusso lungo il canale in progetto è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Il coefficiente di scabrezza è assunto pari a $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.3.2 Analisi idraulica canaletta in terra

Date le condizioni di sezione trapezia di larghezza al fondo di 50 cm ed altezza 40 cm e pendenza del fondo costante e pari a 0.20 %, il deflusso lungo l'embrice è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Il coefficiente di scabrezza è assunto pari a $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.3.3 Analisi idraulica tubazioni di scarico in C.A. Φ 800 mm

Date le condizioni di sezione circolare costante e pendenza del fondo pari a 1.0 %, il deflusso lungo le tubazioni di scarico Φ 800 mm in progetto è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure	Foglio 15 di 35

Il coefficiente di scabrezza è assunto pari a $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.3.4 Analisi idraulica tubazione di continuità in C.A. Φ 500 mm

Date le condizioni di sezione circolare costante e pendenza del fondo pari a 1.0 %, il deflusso lungo la tubazione di continuità in corrispondenza della viabilità di accesso Φ 500 mm in progetto è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Il coefficiente di scabrezza è assunto pari a $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.4 Sistema compluvio principale

4.4.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio superficiale è evidenziato in Figura 4.

Come detto, sul piano apicale dell'abbancamento verranno realizzati 13 impluvi, a distanza di 40 m uno dall'altro, per il convogliamento delle acque superficiali. Ciascun impluvio è costituito da 8 curve di livello equidistanti e pari a 10 cm in modo che lo scavo complessivo risulti di 80 cm. La restante porzione di deposito verrà sagomata in modo da avere una pendenza costante pari a 0.20 % per consentire lo smaltimento delle acque verso ciascun impluvio.

Ciascun impluvio sarà raccordato al sistema di smaltimento delle acque superficiali attraverso embrici. Per evitare i fenomeni erosivi si prevede lo stendimento all'interno dello scavo di un geotessuto fissato con chiodature metalliche al terrapieno negli ultimi 10 m, prima dell'innesto con il sistema dei conci, per la protezione del fondo e il consolidamento dell'argine.

Gli embrici, costituiti da elementi a sezione rettangolare di larghezza al fondo minore di 27.5 cm e

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure	Foglio 16 di 35

maggiore di 40 cm, altezza 13 cm e pendenza del fondo costante e pari a 37 %, convogliano le acque all'interno del canale in lamiera ondulata a sezione circolare di diametro Φ 500 mm nel primo tratto, sino al pozzetto P2, e Φ 1200 mm nel tratto finale posato a mezza costa. La scelta di posare il canale a mezza costa è dettata dalla necessità di scaricare all'interno del canale scolmatore del Rio Gazzo. Infatti la quota del piano campagna nella zona dello scarico è 190.00 m s.l.m. mentre la quota al piede del deposito a nord è pari a 186 m s.l.m.

In prossimità del canale scolmatore del rio Gazzo è prevista la posa di un pozzetto P1 di raccordo in CLS di base 200 cm x 300 cm ed altezza 280 cm. In uscita dal pozzetto P1 una coppia di tubazioni in C.A. Φ 800 mm convogliano le acque all'interno del canale scolmatore del Rio Gazzo a monte dello scatolare sotto la linea AV/AC. Il canale presenta larghezza di base 4.00 m ed altezza 3.00 m.

La quota di arrivo della coppia delle tubazioni Φ 800 mm è pari al livello duecentennale (188.56 m s.l.m.) all'interno del canale scolmatore come riportato nel documento di PE del tombino idraulico IN14.

A sud del deposito, in testa allo stesso, è prevista la realizzazione di una canaletta in terra a sezione trapezia di base 50 cm ed altezza 40 cm per la raccolta delle acque di corrivazione sulla superficie del terrapieno.

La canaletta scaricherà nel canale in lamiera metallica ondulata mediante embrici in calcestruzzo. Per evitare i fenomeni erosivi si prevede lo stendimento all'interno dello scavo di un geotessuto fissato con chiodature metalliche al terrapieno. Infine per consentire l'attraversamento della viabilità di acceso alla testa dell'abbancamento, posta a nord, da parte del canale mezzo tubo Φ 1200 mm, si prevede la posa di due pozzetti in CLS prefabbricati di estremità (P2 e P3) 200 cm x 200 cm e di un tratto di tubazione in C.A. Φ 500 mm.

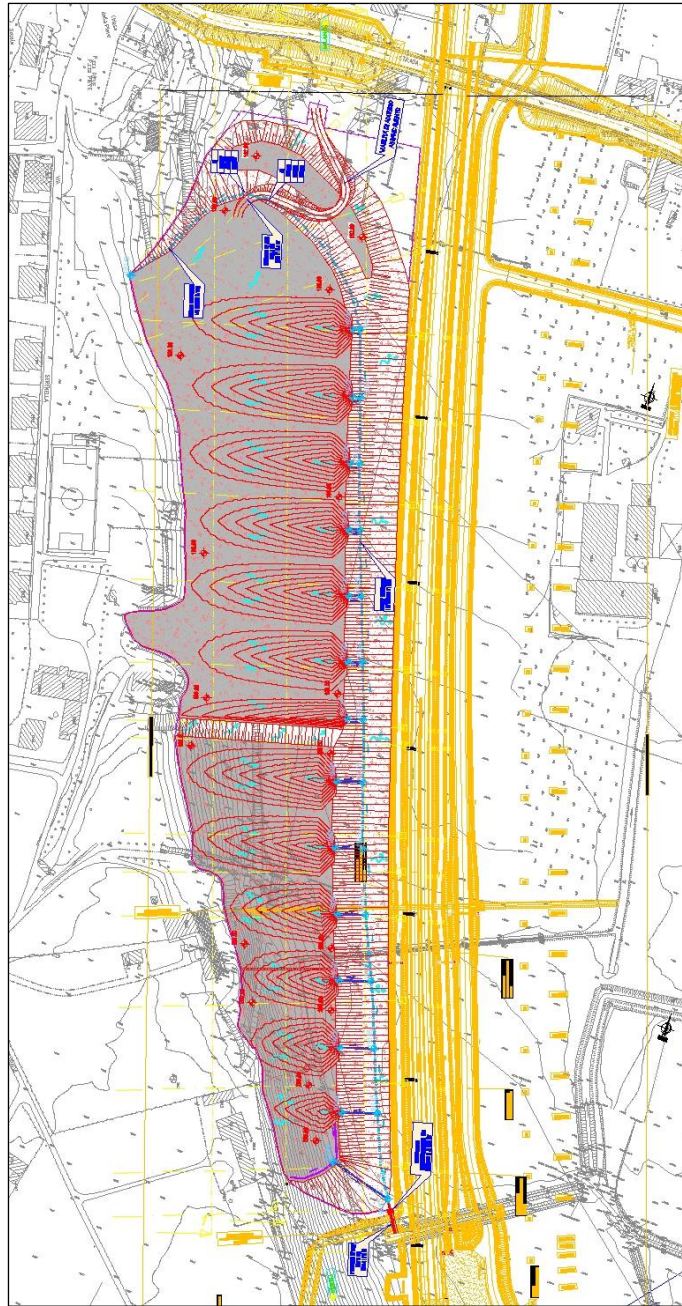


Figura 4 – Compluvio principale – Schema drenaggio

4.4.2 Dimensionamento canale in lamiera ondulata

Il canale in lamiera ondulata Φ 1200 mm è stato dimensionato in moto uniforme secondo quanto descritto in §4.3.1.

Il canale è stato verificato con una portata Tr 200 anni. Si riportano le verifiche anche per le portate Tr 20 anni, Tr 100 anni e la verifica del tratto iniziale con diametro Φ 500 mm.

In particolare la portata Tr 200 anni è pari a 1422 l/s. Il tirante all'interno del canale è pari a 54 cm.

La velocità è pari a 2.86 m/s.

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 1200 mm TR 20	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	9.00
L asta principale (m)	730
v particella liquida ipotizzata (m/s)	2.573
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	52.49
n (-)	0.359
T di concentrazione	
Tc = (s)	1404.000
Tc = (h)	0.390
portata massima Q max (mc/s)	0.96
portata massima Q max (l/s)	959.9
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	107
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.010
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	67
D tubazione (m)	1.200
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	3.379
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	2.99
rapporto di portata Q/Q_0	0.284
grado di riempimento y/D	0.365
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	0.8612
altezza pelo libero y (m)	0.44
velocità corrente v (m/s)	2.573

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 1200 mm TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	9.00
L asta principale (m)	730

v particella liquida ipotizzata (m/s)	2.783
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	69.99
n (-)	0.356
T di concentrazione	
Tc = (s)	1404.000
Tc = (h)	0.390
portata massima Q max (mc/s)	1.28
portata massima Q max (l/s)	1283.5
coefficiente udotometrico U (l/s,hmq)	143
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.010
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	67
D tubazione (m)	1.200
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	3.379
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	2.99
rapporto di portata Q/Q_0	0.380
grado di riempimento y/D	0.427
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	0.9315
altezza pelo libero y (m)	0.51
velocità corrente v (m/s)	2.783

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 1200 mm TR 200	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	9.00
L asta principale (m)	730
v particella liquida ipotizzata (m/s)	2.859
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	77.46
n (-)	0.355
T di concentrazione	
Tc = (s)	1404.000
Tc = (h)	0.390
portata massima Q max (mc/s)	1.42
portata massima Q max (l/s)	1421.8
coefficiente udotometrico U (l/s,hmq)	158
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.010
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	67
D tubazione (m)	1.200
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	3.379
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	2.99
rapporto di portata Q/Q_0	0.421

grado di riempimento y/D	0.453
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v ₀	0.9569
altezza pelo libero y (m)	0.54
velocità corrente v (m/s)	2.859

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 500 mm TR 20	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.464
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	52.49
n (-)	0.359
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	10.242
Ta tempo d'accesso (s)	600.000
Tc = (s)	610.242
Tc = (h)	0.170
portata massima Q max (mc/s)	0.10
portata massima Q max (l/s)	100.1
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	182
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i	0.010
coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s)	67
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q ₀ (mc/s)	0.327
velocità corrente a bocca piena U ₀ (m/s)	1.67
rapporto di portata Q/Q ₀	0.306
grado di riempimento y/D	0.379
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v ₀	0.8787
altezza pelo libero y (m)	0.19
velocità corrente v (m/s)	1.464

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 500 mm TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.584
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	69.99

n (-)	0.356
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	9.468
Ta tempo d'accesso (s)	600.000
Tc = (s)	609.468
Tc = (h)	0.169
portata massima Q max (mc/s)	0.13
portata massima Q max (l/s)	134.2
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	244
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_i	0.010
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	67
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.327
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.67
rapporto di portata Q/Q_0	0.410
grado di riempimento y/D	0.446
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	0.9506
altezza pelo libero y (m)	0.22
velocità corrente v (m/s)	1.584

CANALE IN LAMIERA ONDULATA Φ 500 mm	
TR 200	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.627
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	77.46
n (-)	0.355
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	9.218
Ta tempo d'accesso (s)	600.000
Tc = (s)	609.218
Tc = (h)	0.169
portata massima Q max (mc/s)	0.15
portata massima Q max (l/s)	148.9
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	271
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_i	0.010
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	67
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.327
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.67

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01
Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure

Foglio
22 di 35

rapporto di portata Q/Q_0	0.455
grado di riempimento y/D	0.473
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	0.9764
altezza pelo libero y (m)	0.24
velocità corrente v (m/s)	1.627

4.4.3 Dimensionamento canaletta in terra

Anche la canaletta in terra a sezione trapezia di base 50 cm ed altezza 40 cm, per la raccolta delle acque di corrivazione sulla superficie del terrapieno, è stata dimensionata in moto uniforme secondo quanto descritto in §4.3.2.

In particolare la verifica del canale in terra è stata condotta con una portata Tr 200 anni. Sono riportate le verifiche anche per le portate Tr 20 anni e Tr 100 anni.

La portata Tr 200 anni di dimensionamento della canaletta in terra è pari a 34 l/s. Il tirante all'interno del canale è pari a 13 cm. La velocità è pari a 0.46 m/s.

DP06 - CANALETTA SUD 40x50x40 TR 20	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	DP06
Superficie totale bacino (ha)	0.1
L asta principale (m)	55
Larghezza media carreggiata (m)	18.18
Passo scarico embrice	55
Superficie servita da ciascun scarico	0.1000
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.399
coefficiente di deflusso f	0.4
a (mm)	52.49
n (-)	0.359
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	137.982
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
Tc = Tr + ta (s)	437.982
Tc = Tr + ta (h)	0.122
portata massima Q max (mc/s)	0.02
portata massima Q max (l/s)	22.5
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	225
ANALISI IDRAULICA	
Larghezza Fondo canale (m):	0.5
Pendenza sponde (m/m)	1.25
Altezza canale (H):	0.40
Scabrezza fondo :	50
Pendenza del fondo:	0.002
valore tirante	0.098
verifica portata convogliata	0.023
v (m/s)	0.399

DP06 - CANALETTA SUD 40x50x40 TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	

Località	DP06
Superficie totale bacino (ha)	0.1
L asta principale (m)	55
Larghezza media carreggiata (m)	18.18
Passo scarico embrice	55
Superficie servita da ciascun scarico	0.1000
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.440
coefficiente di deflusso f	0.4
a (mm)	69.99
n (-)	0.356
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	124.999
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	424.999
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.118
portata massima Q max (mc/s)	0.03
portata massima Q max (l/s)	30.8
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	308
ANALISI IDRAULICA	
Larghezza Fondo canale (m):	0.5
Pendenza sponde (m/m)	1.25
Altezza canale (H):	0.40
Scabrezza fondo :	50
Pendenza del fondo:	0.002
valore tirante	0.118
verifica portata convogliata	0.031
v (m/s)	0.440

DP06 - CANALETTA SUD 40x50x40 TR 200	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	DP06
Superficie totale bacino (ha)	0.1
L asta principale (m)	55
Larghezza media carreggiata (m)	18.18
Passo scarico embrice	55
Superficie servita da ciascun scarico	0.1000
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.455
coefficiente di deflusso f	0.4
a (mm)	77.46
n (-)	0.355
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	120.829
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	420.829
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.117
portata massima Q max (mc/s)	0.03
portata massima Q max (l/s)	34.4



coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	344
ANALISI IDRAULICA	
Larghezza Fondo canale (m):	0.5
Pendenza sponde (m/m)	1.25
Altezza canale (H):	0.40
Scabrezza fondo :	50
Pendenza del fondo:	0.002
valore tirante	0.126
verifica portata convogliata	0.034
v (m/s)	0.455

4.4.4 Dimensionamento tubazioni in C.A. Φ 800 mm

Il canale in lamiera ondulata Φ 1200 mm alimenta un pozzetto P1 ubicato in prossimità del canale scolmatore. In uscita dal pozzetto una coppia di tubazioni in C.A. di diametro 800 mm convogliano le acque nel canale scolmatore.

Come descritto in precedenza la quota di scarico coincide con il livello idrico TR 200 anni determinato all'interno del canale e pari a 1.16 m.

Anche in questo caso le tubazioni sono state dimensionate in moto uniforme secondo quanto descritto in §4.4.4.

In particolare la verifica delle tubazioni è stata condotta con una portata T_r 200 anni. Sono riportate le verifiche anche per le portate T_r 20 anni e T_r 100 anni.

La portata T_r 200 anni di dimensionamento delle tubazioni Φ 800 mm è pari a 708 l/s. Il grado di riempimento è pari 69 %. Il tirante all'interno della tubazione è pari a 55 cm. La velocità è pari a 1.91 m/s.

TUBAZIONE Φ 800 mm TR 20	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	4.50000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.755
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	52.49
n (-)	0.359
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	8.545
Ta tempo d'accesso (s)	1404.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	1412.545
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.392
portata massima Q max (mc/s)	0.48
portata massima Q max (l/s)	478.1
coefficiente uditometrico U (l/s, hmq)	106
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	50
D tubazione (m)	0.800
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.860
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.71
rapporto di portata Q/Q_0	0.556
grado di riempimento y/D	0.533
Battente eccessivo?	NO

rapporto di velocità v/v ₀	1.0265
altezza pelo libero y (m)	0.43
velocità corrente v (m/s)	1.755

TUBAZIONE Φ 800 mm TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	4.50000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.874
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	69.99
n (-)	0.356
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	8.006
Ta tempo d'accesso (s)	1404.000
Tc = $T_r + t_a$ (s)	1412.006
Tc = $T_r + t_a$ (h)	0.392
portata massima Q max (mc/s)	0.64
portata massima Q max (l/s)	639.4
coefficiente udotometrico U (l/s,hmq)	142
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	50
D tubazione (m)	0.800
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.860
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.71
rapporto di portata Q/Q ₀	0.744
grado di riempimento y/D	0.642
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v ₀	1.0957
altezza pelo libero y (m)	0.51
velocità corrente v (m/s)	1.874

TUBAZIONE Φ 800 mm TR 200	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	4.50000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.910
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	77.46
n (-)	0.355
T di concentrazione	

tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	7.855
Ta tempo d'accesso (s)	1404.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	1411.855
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.392
portata massima Q max (mc/s)	0.71
portata massima Q max (l/s)	708.4
coefficiente udotometrico U (l/s,hmq)	157
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	50
D tubazione (m)	0.800
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.860
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.71
rapporto di portata Q/Q_0	0.824
grado di riempimento y/D	0.692
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	1.1168
altezza pelo libero y (m)	0.55
velocità corrente v (m/s)	1.910

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure
	Foglio 29 di 35

4.4.5 Dimensionamento tubazione in C.A. Φ 500 mm

Per garantire la continuità del canale in lamiera Φ 1200 mm in corrispondenza della viabilità di accesso all'abbancamento si prevede la posa di un tratto di tubazione in C.A. Φ 500 mm.

Anche in questo caso la tubazione è stata dimensionata in moto uniforme secondo quanto descritto in §4.4.4.

In particolare la verifica della tubazione in C.A. Φ 500 mm è stata condotta con una portata Tr 200 anni. Sono riportate le verifiche anche per le portate Tr 20 anni e Tr 100 anni.

La portata Tr 200 anni di dimensionamento della tubazione Φ 500 mm è pari a 147 l/s. Il grado di riempimento è pari 56 %. Il tirante all'interno della tubazione è pari a 28 cm. La velocità è pari a 1.31 m/s.

TUBAZIONE IN C.A. DI CONTINUITA' SOTTO VIABILITA' ACCESSO Φ 500 mm TR 20	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.182
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	52.49
n (-)	0.359
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	12.688
Ta tempo d'accesso (s)	610.242
$Tc = Tr + ta$ (s)	622.931
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.173
portata massima Q max (mc/s)	0.10
portata massima Q max (l/s)	98.8
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	180
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	50
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.245
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.25
rapporto di portata Q/Q_0	0.402
grado di riempimento y/D	0.441
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	0.9458
altezza pelo libero y (m)	0.22
velocità corrente v (m/s)	1.182

TUBAZIONE IN C.A. DI CONTINUITA' SOTTO VIABILITA' ACCESSO Φ 500 mm TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.274
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	69.99
n (-)	0.356
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	11.772
Ta tempo d'accesso (s)	609.468
$Tc = Tr + ta$ (s)	621.240
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.173
portata massima Q max (mc/s)	0.13
portata massima Q max (l/s)	132.6
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	241
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	50
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.245
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.25
rapporto di portata Q/Q_0	0.540
grado di riempimento y/D	0.524
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v_0	1.0193
altezza pelo libero y (m)	0.26
velocità corrente v (m/s)	1.274

TUBAZIONE IN C.A. DI CONTINUITA' SOTTO VIABILITA' ACCESSO Φ 500 mm TR 100	
ANALISI IDROLOGICA	
Opera	DP06
Superficie bacino impermeabile (ha)	0.55000
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.306
coefficiente di deflusso f	0.40
a (mm)	77.46
n (-)	0.355
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	11.484
Ta tempo d'accesso (s)	609.218

$T_c = T_r + t_a$ (s)	620.702
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.172
portata massima Q max (mc/s)	0.15
portata massima Q max (l/s)	147.1
coefficiente uditometrico U (l/s,hmq)	267
ANALISI IDRAULICA	
pendenza tubazione i_t	0.0100
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	50
D tubazione (m)	0.500
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.245
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.25
rapporto di portata Q/Q ₀	0.599
grado di riempimento y/D	0.558
Battente eccessivo?	NO
rapporto di velocità v/v ₀	1.0450
altezza pelo libero y (m)	0.28
velocità corrente v (m/s)	1.306

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure	Foglio 32 di 35

4.5 Verifiche di stabilità tubazioni c.a.

Il presente paragrafo è finalizzato alla verifica statica delle tubazioni in c.a. presenti al piede del deposito in corrispondenza dello scarico nel canale scolmatore del Rio Gazzo e sotto la viabilità di accesso.

Le verifiche saranno effettuate utilizzando il ricoprimento massimo e quello minimo al di sopra della tubazione nel tratto in oggetto.

La verifica statica di una canalizzazione interrata consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con il materiale costituente la tubazione e con le esigenze di progetto. Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dell'elasticità in sito.

Nel caso di tubazioni in c.a., ci si colloca nel campo delle tubazioni rigide.

In questo caso la resistenza massima sotto carico è limitata ad uno stato limite ultimo di rottura senza deformazione significativa della sezione.

4.5.1 Determinazione dei carichi ovalizzanti agenti sulla tubazione rigida

Una tubazione rigida interrata risulta sottoposta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento e da eventuali sovraccarichi accidentali; tali carichi tendono ad ovalizzare la tubazione.

Per effetto dell'ovalizzazione il tubo esercita sul terreno circostante una spinta; la reazione del terreno contrasta l'ovalizzazione della tubazione contribuendo a migliorarne la stabilità.

Questo effetto stabilizzante, viene quantificato in un coefficiente di posa che dipende dal modo in cui la tubazione è posata e dal tipo di rinfianco.

Lo stato tensionale interno dipende dal complesso sistema di forze agenti sulla tubazione; per tale motivo si ricorre a metodologie approssimate, sostituendo alle reali forze ovalizzanti una forza risultante che, applicata alla generatrice superiore, determini lo stesso effetto delle forze verticali effettivamente agenti.

4.5.2 Calcolo del carico dovuto al rinterro

Il calcolo del carico dovuto al rinterro fa riferimento alle ipotesi e i risultati ottenuti da Spangler [Spangler, 1948].

Tale carico viene calcolato in maniera differente a seconda che la posa sia in trincea stretta o in trincea larga.

Si dice che un tubo avente diametro esterno D è posato in trincea stretta quando la larghezza B della trincea a livello della generatrice superiore del tubo e l'altezza H del rinterro al di sopra di questa soddisfano una delle seguenti condizioni:

$$B \leq 2D \quad H \geq 1.5 B \quad (1^{\text{a}} \text{ condizione})$$

$$2D < B < 3D \quad H \geq 3.5 B \quad (2^{\text{a}} \text{ condizione})$$

Si dice che il tubo è posato in trincea larga, quando le relazioni fra B , D , H differiscono da quelle sopra indicate.

Il valore del carico verticale sul tubo, dovuto al rinterro in condizioni di posa in trincea stretta, è dato dalla formula:

$$P_{st} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2 \quad [\text{N/m}]$$

con C_t = coefficiente di carico del terreno nella posa a trincea stretta;

γ_t = peso specifico del rinterro [valutato cautelativamente pari a 18 kN/m³];

B = larghezza effettiva trincea alla generatrice superiore del tubo [m].

$$C_t = \frac{1 - e^{-2k(H/B)\text{tg}(\rho')}}{2k \cdot \text{tg}(\rho')}$$

$$k = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)$$

Nel caso in esame, l'angolo di attrito interno del reinterro (ρ) è considerato pari a 33°; ρ' , angolo di attrito interno fra reinterro e terreno naturale è assimilato a ρ .

Il valore del carico verticale sul tubo, dovuto al rinterro in condizioni di posa in trincea larga, è dato dalla formula:

$$P_{st} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2 \quad [\text{N/m}]$$

con C_e = coefficiente di carico del terreno nella posa a trincea larga;

γ_t = peso specifico del rinterro [valutato cautelativamente pari a 18 kN/m³];

D = diametro esterno del tubo [m].

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 02 E CV RI DP06 00 001_A01 Rimodellamento morfologico Pieve di Novi Ligure

Foglio
34 di 35

Il coefficiente C_e è funzione del rapporto H/D , essendo H l'altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo [m], ed è calcolato con le seguenti relazioni:

$$C_e = 0.1 + 0.85(H/D) + 0.3(H/D) \quad \text{per } H/D \leq 2.66$$

$$C_e = 0.1 + 1.68(H/D) \quad \text{per } H/D \geq 2.66$$

Il carico così calcolato risulta sempre maggiore di quello ottenibile utilizzando le "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi ferroviari di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto"

4.5.3 Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi verticali mobili

La valutazione del carico a livello della generatrice superiore del tubo, dovuto al transito di un mezzo circolante ad un'altezza H sopra la generatrice superiore del tubo, viene calcolato, per le tubazioni rigide, con la teoria di Boussinesq, valida nell'ipotesi di terreno elastico, omogeneo e isotropo. Si considera un sovraccarico di tipo concentrato.

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo viene determinato con l'espressione:

$$P_{vc} = p_v \cdot D \cdot \varphi \quad [\text{N/m}]$$

p_v = pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo [N/m^2]

D = diametro esterno del tubazione in m

φ = fattore dinamico = $1 + 0.3/H$ per strade e autostrade

Per il calcolo di p_v , si considerano i carichi dovuti al transito di un convoglio pesante HT60, avente massa 6 t, tre assi, sovraccarico singola ruota ruota 100 kN; per carico applicato con condotta in posizione assiale, si utilizza l'espressione:

$$p_v = \frac{3P}{2\pi H^2} \left[2 \left(1 + \frac{a^2}{H^2} \right)^{-(5/2)} + 4 \left(1 + \frac{a^2 + b^2}{H^2} \right)^{-(5/2)} \right]$$

Indicati con $2a$ l'interasse trasversale tra le ruote e b quello longitudinale.

Si osservi che, nel calcolo dei sovraccarichi verticali, non vi è differenza fra trincea larga e stretta

4.5.4 Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo

Il calcolo verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo riempito per tre quarti, si calcola con la relazione:

$$P_a = 5788 \cdot d^2 \quad [\text{N/m}]$$

con d = diametro interno del tubo [m].

4.5.5 Verifica allo stato ultimo di resistenza

Relativamente alle tubazioni rigide caratterizzate da un carico a rottura per schiacciamento definito, la stabilità è verificata se risulta:

$$Q_t \leq K \cdot Q / \mu$$

dove Q_t = carico esterno totale di schiacciamento agente sulla canalizzazione interrata,

K = coefficiente di posa (assunto pari a 1.5 per le tubazioni in c.a. e 2.0 per quelle in gres),

μ = coeff. di sicurezza allo schiacciamento (assunto cautelativamente pari a 1.5).

4.5.6 Tabella di verifica

Si riporta, a seguito, la tabella di verifica delle tubazioni.

Il carico concentrato utilizzato è pari a 1000 t.

Il peso specifico del terreno sovrastante è 2 t/m³.

Tratto	Profondità di posa (m)	Diametro interno tubo Di (mm)	Spessore tubo (mm)	Larghezza trincea B (m)	Ricoprimento H (m)	Tipo trincea
Φ 800 mm RICOPRIMENTO MINIMO	1.50	800	95	2.7	0.51	larga
Φ 800 mm RICOPRIMENTO MASSIMO	2.20	800	95	2.7	1.21	larga
Φ 500 mm	1.20	500	75	3.7	0.35	larga

H/D	C _t	C _e	P _{ST} (N/m)	φ	P _v (N/m)	Pa (N/m)	Pw (N/m)
0.52	0.182	0.625	12260	1.59	167949	3704	0
1.22	0.412	1.632	31988	1.25	53449	3704	0
0.54	0.093	0.653	5521	1.86	191172	1447	0



Verifica allo stato limite ultimo di resistenza	
Coeff. Di posa K	Fs [> 1.5]
2.00	8.70
2.00	17.95
2.00	5.05

Tabella 1 – Verifica statica tubazioni C.A.