



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381
web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it
pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all' 

Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

ATTRAVERSAMENTO SP66 - CORPORENO

PROGETTO ESECUTIVO

Provincia di Ferrara
Comuni di Cento

**Interventi di ripristino di un manufatto idraulico
di attraversamento della strada provinciale SP66
in località Corporeno, comune di Cento (FE)**

RELAZIONI, ELABORATI ESTIMATIVI, SCHEMA DI CONTRATTO, CAPITOLATO E SICUREZZA

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Data:

Elab.:

1.2

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Marco Volpin)



IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

(Dott. Ing. Elisa Maniezzo)



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Geom. Marco Ardizzoni)



1. INDICE

1.	INDICE	2
2.	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4.	PREMESSA	5
5.	MANUFATTO ESISTENTE	6
6.	INTERVENTO DI PROGETTO	8
6.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....	8
6.2	MATERIALI UTILIZZATI	9
6.3	COPRIFERRO DI PROGETTO	10
6.4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TERRENO IN SITO.....	12
6.5	CARICHI DI PROGETTO.....	15
6.5.1	<i>Carichi statici</i>	15
6.5.2	<i>Carichi mobili verticali</i>	15
6.5.3	<i>Carichi sismici</i>	15
6.6	CASI DI CARICO	16
6.7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	17
6.8	MODELLAZIONE DELLA SEZIONE.....	19
6.9	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO.....	23
6.10	VERIFICHE AGLI SLU E AGLI SLE	31
6.10.1	<i>Verifica a presso flessione</i>	31
6.10.2	<i>Verifica a Taglio</i>	34
7.	FASI COSTRUTTIVE.....	35
8.	PROVE DI CONTROLLO FINALI.....	38
9.	CONCLUSIONI.....	38

ALLEGATI:

ALLEGATO A: Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione;



2. PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

- [1] Lancellotta R., “*Geotecnica*” – Ed. Zanichelli, Bologna (2000).
- [2] Jaeger C., “*Rock Mechanics and Engineering*” – Ed. Cambridge, London (1979).
- [3] Anderson M.G., Richards S., “*Slope stability*” – Ed. JWS, New York (1992).
- [4] Farulla C. A., “*Analisi di stabilità dei pendii*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [5] Bowles J., “*Foundation analysis and design*” – Ed. McGrawHill, London (1998).
- [6] Viggiani C., “*Fondazioni*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [7] Atkinson J., “*Geotecnica*” – Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [8] Nova R., “*Fondamenti di meccanica delle terre*” - Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [9] Pozzati P., Ceccoli C.: “*Teoria e tecnica delle costruzioni*” – Ed. Utet, Torino (1997);
- [10] M. Corrao, G. Coco Geofisica Applicata 2009 Dario Flaccovio Editore
- [11] M. Mele Interazione terreno-struttura in prospettiva sismica 1990 Dario Flaccovio Editore
- [12] T. Crespellani, J. Facciorusso Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche 2010 Dario Flaccovio Editore
- [13] RUE Ferrara 2013 Relazione Geologico Sismica. Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, ing. Daniela Giretti
- [14] Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna
- [15] Gutenberg B., Richter C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34(4), 1985-1988.
- [16] Associazione Geotecnica Italiana AGI (2005). Linee Guida “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, Patron, Bologna



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

D.M. 20 febbraio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Circ.C.S.LL.PP. n.617 del 2 febbraio 2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM del 14 gennaio 2008".

Eurocodice EC7, parti 1,2,3.

Eurocodice EC8, parte 5.

4. PREMESSA

Lungo la strada statale SS255 in località Corporeno di Cento (FE), è presente un manufatto di attraversamento con tubazione multi piastra autoportante ribassata tipo “Armco Finsider”.



Figura 1: Stato attuale

Attualmente il manufatto si trova in forti condizioni di degrado, che hanno reso necessario un intervento di messa in sicurezza con puntelli in acciaio.



Figura 2: Immagine puntellamento

Considerata la temporaneità dell'intervento di messa in sicurezza, la proprietà ha ritenuto opportuno procedere con la definizione di un progetto esecutivo che porti alla sostituzione del manufatto esistente con uno nuovo.

Luce=3540 mm

Freccia=2260 mm

Spessore strutturale=4.2 mm

Da una prima indagine visiva del manufatto, è stato possibile verificare l'**impossibilità di agire con interventi di riparazione locale** in quanto lo stato di conservazione dello stesso è particolarmente problematico. In molti punti, infatti, si sono verificati principi di corrosione delle lastre in acciaio.



Figura 4: Foto dello stato di fatto del tubo da sostituire

6. INTERVENTO DI PROGETTO

6.1 Caratteristiche geometriche

Considerate le condizioni di degrado del manufatto e la necessità di non demolire la strada SS255 passante sopra il manufatto, l'unico intervento di progetto fattibile consiste nel relining del tubo esistente con la realizzazione di uno nuovo al suo interno.

Il nuovo tubo avrà profilo longitudinale e sezione trasversale del tutto simile a quello esistente, ma con dimensioni leggermente inferiori.



Figura 5: Sezione longitudinale manufatto. In rosso nuovo tubo.

Si prevede di realizzare una **tubazione in cemento armato gettato in opera**, utilizzando il tubo esistente come guscio esterno ed un cassero interno sagomato ad hoc in polistirene.

Il nuovo manufatto dovrà avere le seguenti caratteristiche geometriche.

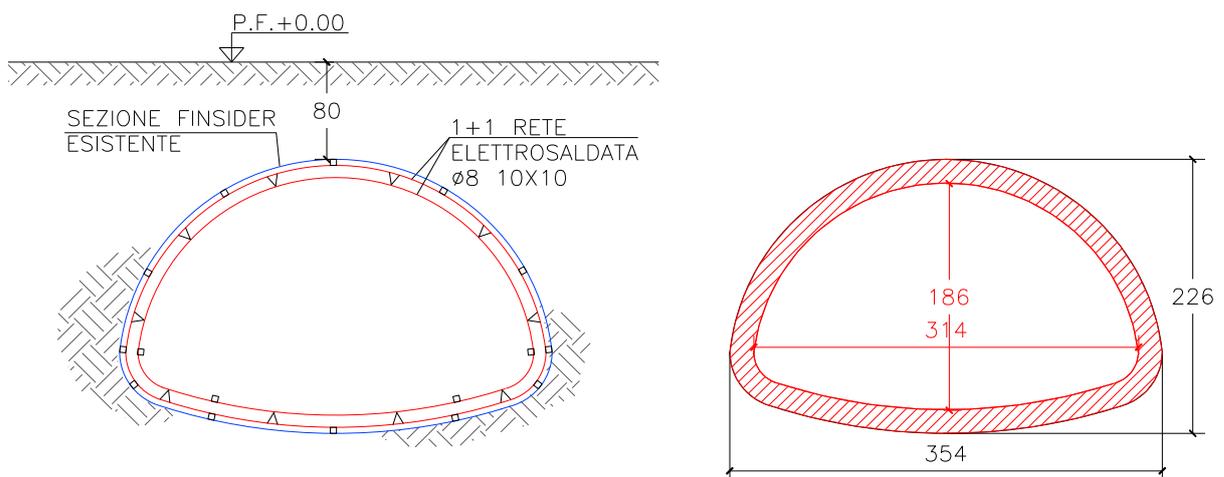


Figura 6: Sezione trasversale manufatto. In rosso la nuova sezione trasversale.

La **tubazione in CALCESTRUZZO** avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

Luce=3140 mm



Freccia=1860 mm

Spessore strutturale=200 mm

Ricoprimento minimo su tubazione esistente: 80 cm (riferito al piano finito stradale)

6.2 Materiali utilizzati

Calcestruzzo SCC autocompattante UNI EN 206-1 UNI EN 206-9 UNI 11040

Di seguito si riassumo le caratteristiche di resistenza:

- Classe di esposizione ambientale: XC2
- Classe di resistenza: CLASSE C35/45
- Rapporto A/C massimo: 0,60
- Classe di spandimento: SF3
- Diametro massimo degli aggregati: 10 mm

Acciaio per cemento armato

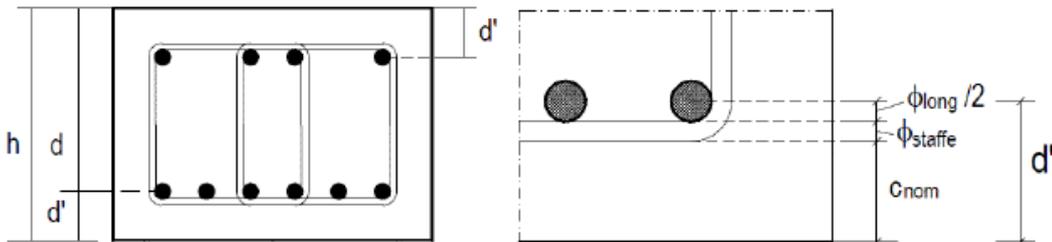
Acciaio del tipo B450C c.s. avente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|--|
| - Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ |
| - Tensione caratteristica a rottura | $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ |
| - Resistenza di calcolo | $f_{yd} = f_{yk}/\gamma = 391,30 \text{ N/mm}^2$ |
| - Deformazione caratteristica al carico massimo | $\varepsilon_{uk}=7.5\%$ |
| - Deformazione di progetto | $\varepsilon_{ud}=6.75\%$ |

6.3 Copriferro di progetto

Il calcolo del copriferro di progetto è stato condotto in ottemperanza a quanto prescritto dall'EC2.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$



Specificatamente:

c_{nom} = copriferro minimo di progetto (ved. formula soprastante);

$c_{min,b}$ = copriferro minimo per garantire l'aderenza – tale valore è stabilito dalla tabella seguente.

prospetto 4.2 Copriferro minimo, $c_{min,b}$, richiesto con riferimento all'aderenza

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ ^{*)}
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente (ϕ_n) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di maggiorare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

Nel caso in oggetto le armature sono di tipo isolate.

$c_{min,dur}$ = copriferro minimo per garantire la durabilità – tale valore è stabilito dalla tabella seguente sulla base della classe di esposizione e della classe strutturale.

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Nel caso di specie la struttura rientra nella classe di esposizione XC2.

La classe strutturale raccomandata per la struttura, avente $V_n = 50$ anni, è S4.



Δc_{dev} = tolleranza di esecuzione varia da 0 a 10 mm → per il caso in oggetto è stata posta pari a 5mm.

Pertanto, nel caso in oggetto, si ha:

VERIFICA DI DURABILITA' EC 2	
Classe di esposizione	XC2
Classe strutturale	S4
Misura aggregato MAX	10
Armature isolate	si
Numero Barre	/
$c_{min,dur}$	25
Φ	8
Δc_{dev}	5
$c_{min,b}$	8
c_{min}	25
c_{nom}	30
c_{prog}	50
VERIFICA	OK

Per il manufatto di progetto si prescrive quindi un copriferro minimo $c = 5$ cm.

6.4 Caratteristiche geotecniche terreno in sito

Le caratteristiche geologico – geotecniche del terreno di fondazione possono essere preliminarmente desunte dalla cartografia geologica della Regione Emilia Romagna nelle vicinanze del manufatto d'interesse.

Cartografia geologica Regione Emilia Romagna

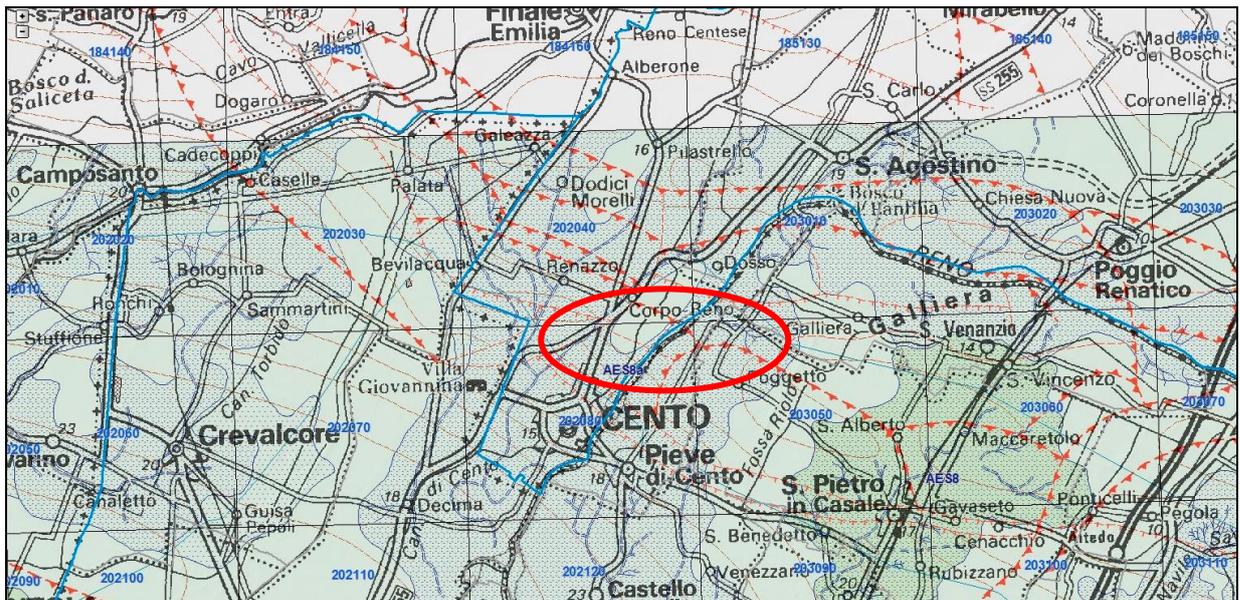


Figura 7: Località Corporeno, dove è ubicato il manufatto.

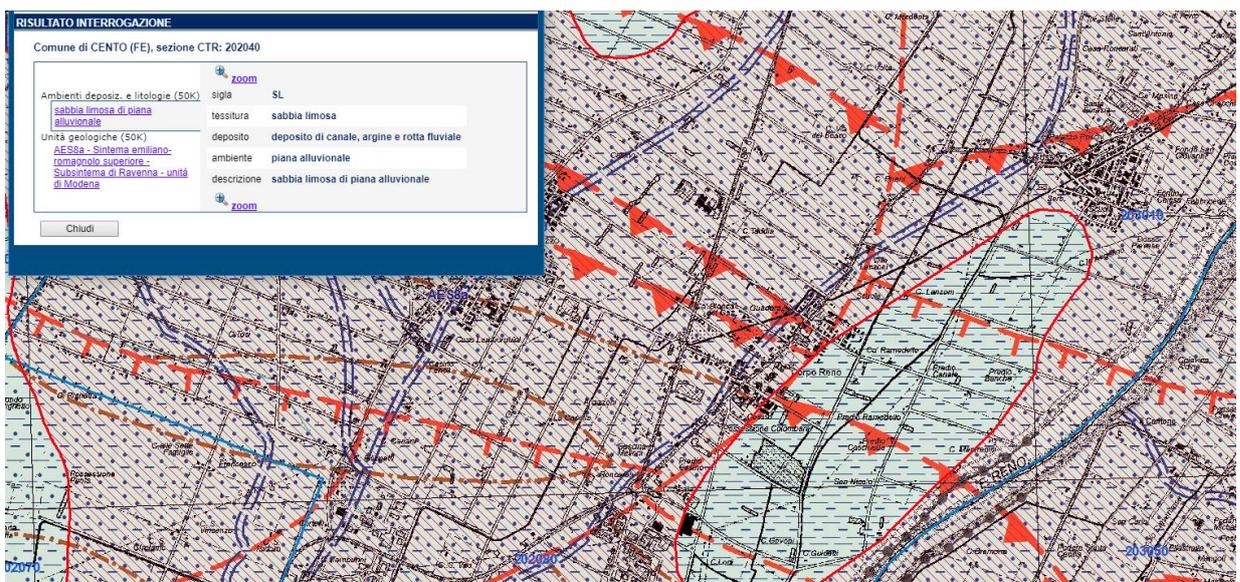


Figura 8: Zoom su luogo oggetto di intervento.

L'area oggetto di intervento è quindi caratterizzata principalmente da sabbia limosa – deposito di canale, argine e rotta fluviale.

RISULTATO INTERROGAZIONE

Comune di CENTO (FE), sezione CTR: 202040

Ambienti deposiz. e litologie (50K) sabbia limosa di piana alluvionale Unità geologiche (50K) AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena	sigla	AES8a
	nome	unità di Modena
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena
	tipo	unità
	descrizione	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
	legenda	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena
	età	Olocene
	sigla	SL
	tessitura	sabbia limosa
	deposito	deposito di canale, argine e rotta fluviale
	ambiente	piana alluvionale
	zoom	

Chiudi

Figura 9: Estratto da cartografia interattiva

Pertanto, la stratigrafia di progetto da considerare è la seguente:

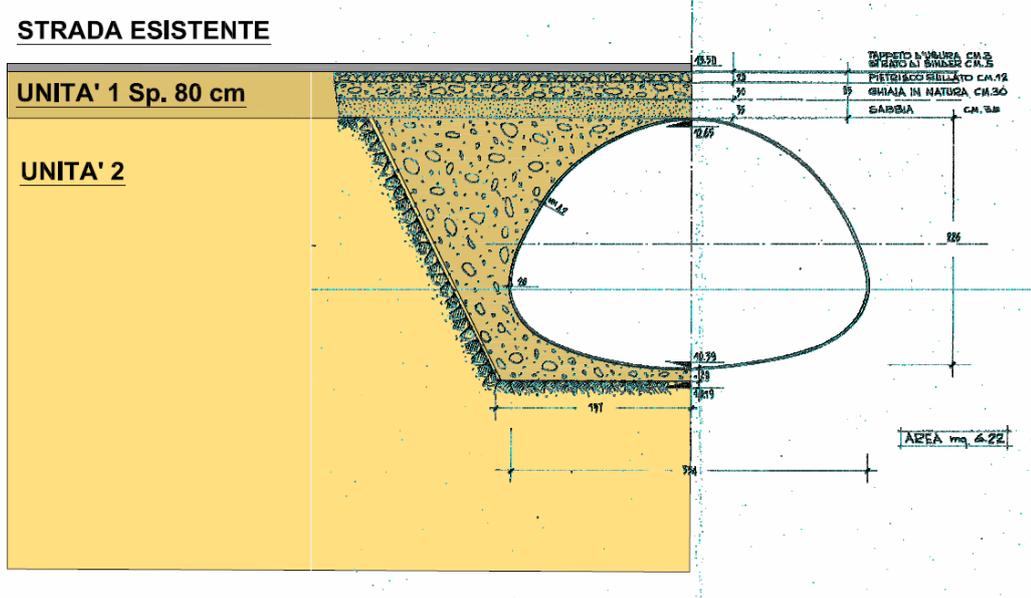


Figura 10: Sezione trasversale con indicazione del profilo stratigrafico del terreno

UNITA' 1: Terreno da rilevato (allettamento e ricoprimento tubo)

$\gamma_{\text{unsat}}=17 \text{ kN/mc}$

$\gamma_{\text{sat}}=20 \text{ kN/mc}$

$\phi=33^\circ$

$c'=1 \text{ kN/Mq}$

$E'=33 \text{ MPa}$



UNITA' 2: limo argilloso/sabbioso - terreno in sito

$\gamma_{\text{unsat}}=16 \text{ kN/mc}$

$\gamma_{\text{sat}}=18 \text{ kN/mc}$

$\phi=25^\circ$

$c'=5 \text{ kN/Mq}$

$E'=20 \text{ Mpa}$

POSIZIONE FALDA:

Si considera la posizione della falda compresa tra -0.5 m da p.c. e -1.5 m da p.c.

6.5 Carichi di progetto

6.5.1 Carichi statici

Tali carichi riguardano le spinte del terreno agenti sulla tubazione. Il loro contributo, ai fini del calcolo, è determinato automaticamente dal programma di calcolo agli elementi finiti.

6.5.2 Carichi mobili verticali

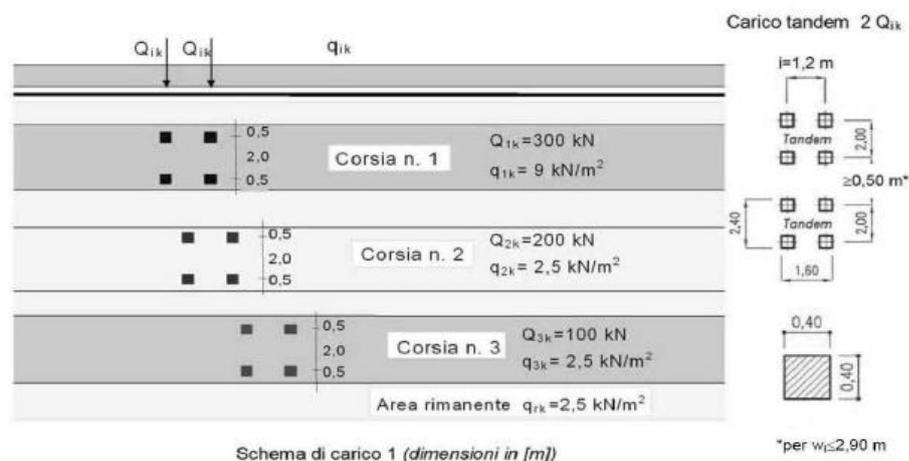
Con riferimento alle norme vigenti come azione variabile da traffico si assume quella relativa i:

PONTI DI I CATEGORIA – schema di carico 1

Tale carico è costituito da:

Carico tandem $Q_{1,k}$ concentrato: ossia il mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300 kN ognuno, con interasse di 1,20 m lungo il senso di marcia e di larghezza 2,40m (comprese le dimensioni delle impronte).

Carico distribuito $q_{1,k}$ da 9kN/m² uniformemente distribuito su tutta la sezione trasversale modellata.



6.5.3 Carichi sismici

In accordo con la Delibera D.G.R. 687/2011 il manufatto, avendo un diametro equivalente di 2.5m, rientra al punto A.2.6. tra gli interventi privi di rilevanza dal punto di vista sismico.

Per tale motivo non vengono assunti nel calcolo le azioni sismiche.

6.6 Casi di carico

Si considerano i seguenti casi di carico:

CASO DI CARICO 1 – si considerano:

1. Spinte dovute a terreno esistente → Gk_1 ;
2. Carico stradale uniformemente distribuito su tutta la sezione → qk_1 ;
3. Carico tandem centrato sulla tubazione → Qk_1 ;

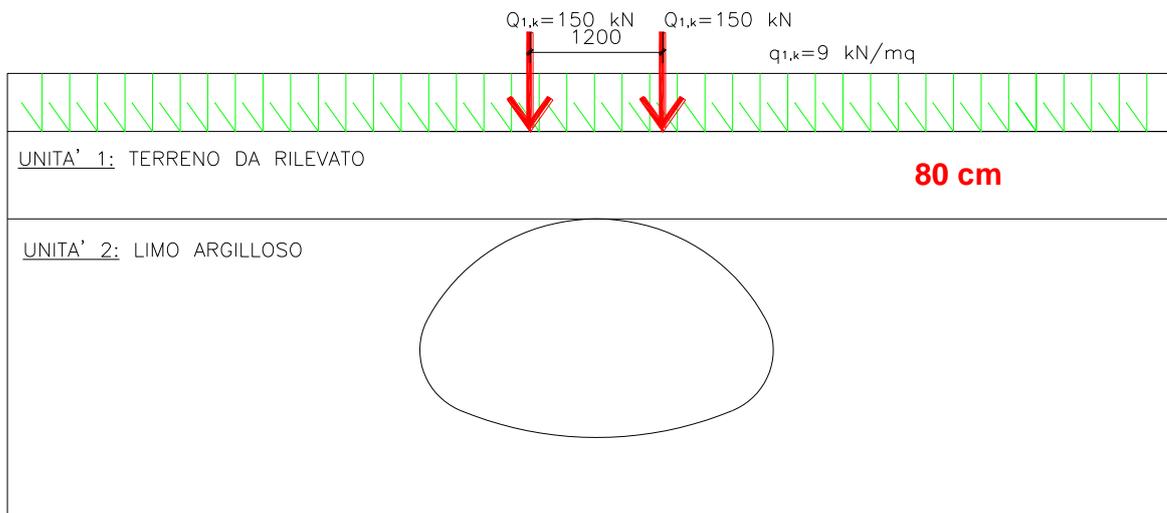


Figura 11: Caso di carico 1

CASO DI CARICO 2 – si considerano:

4. Spinte dovute a terreno esistente → Gk_2 ;
1. Carico stradale uniformemente distribuito su tutta la sezione → qk_2 ;
2. Carico tandem centrato sulla tubazione → Qk_2 ;

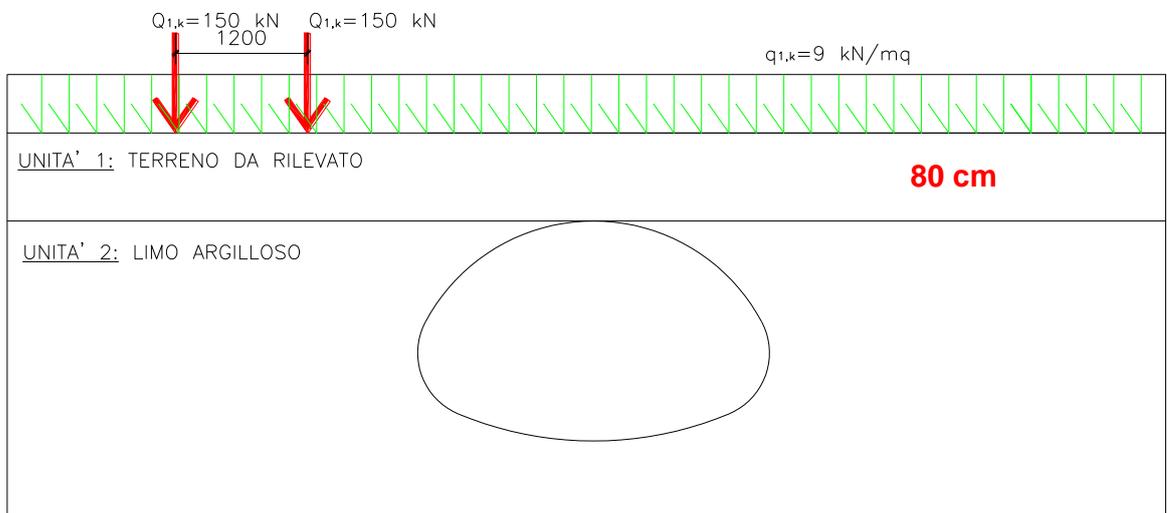


Figura 12: Caso di carico 2



6.7 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico di progetto sono quelle stabilite dalle NTC2018 al capitolo 2.5.3, relativamente i valori da utilizzare, si fa riferimento alla tabella 5.1.IV delle NTC 2018, che mette insieme il gruppo di azioni ed il modello principale:

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Nel nostro caso, quindi si utilizzano i **valori caratteristici**.

Per quanto concerne i coefficienti parziali delle azioni si fa riferimento a quanto di seguito riportato:

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g ₂	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,90	0,90	0,90
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00



Come prescritto dalle NTC 2018, poiché si sta eseguendo una verifica strutturale che coinvolge azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali possono essere eseguite seguendo l'Approccio 1 Combinazione 1, utilizzando per le azioni i coefficienti della colonna A1.

Di seguito si riassumono quindi i coefficienti utilizzati:

PER VERIFICHE AGLI SLU

Combinazione 1-A

→ $\gamma_{GK1}=1.35$

→ $\gamma_{QK1}=1.35$

Combinazione 1-B

→ $\gamma_{GK2}=1.35$

→ $\gamma_{QK2}=1.35$

PER LE VERIFICHE AGLI SLE -RARA

Combinazione 2-A

→ $\gamma_{GK1}=1.00$

→ $\gamma_{QK1}=1.00$

Combinazione 2-B

→ $\gamma_{GK2}=1.00$

→ $\gamma_{QK2}=1.00$

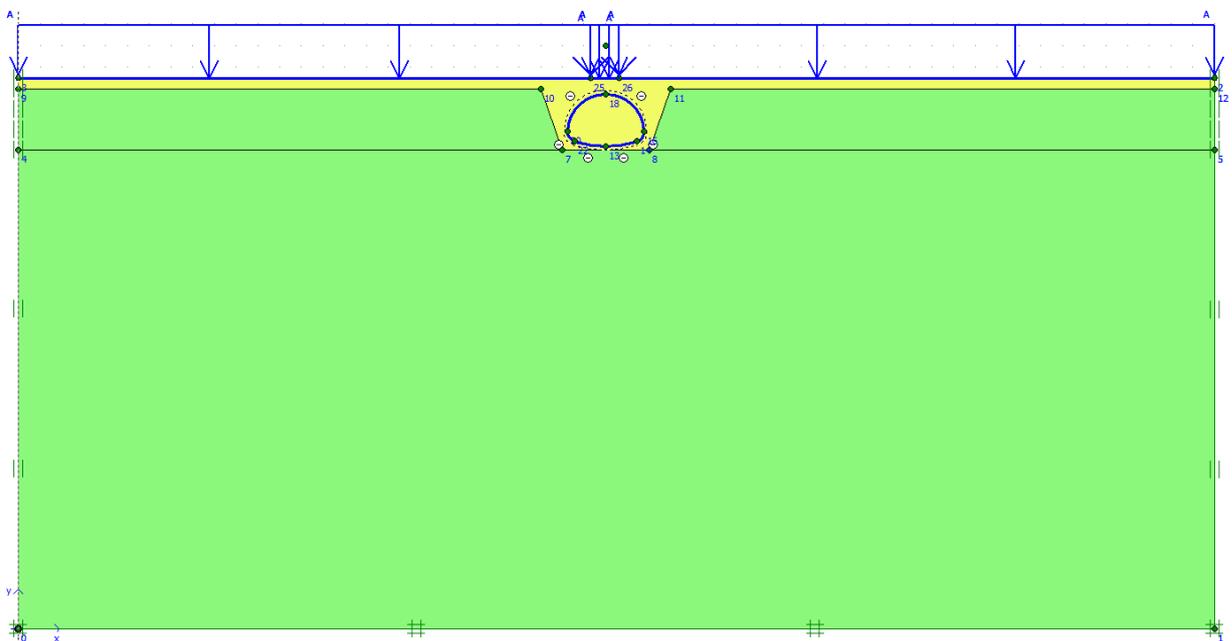


6.8 Modellazione della sezione

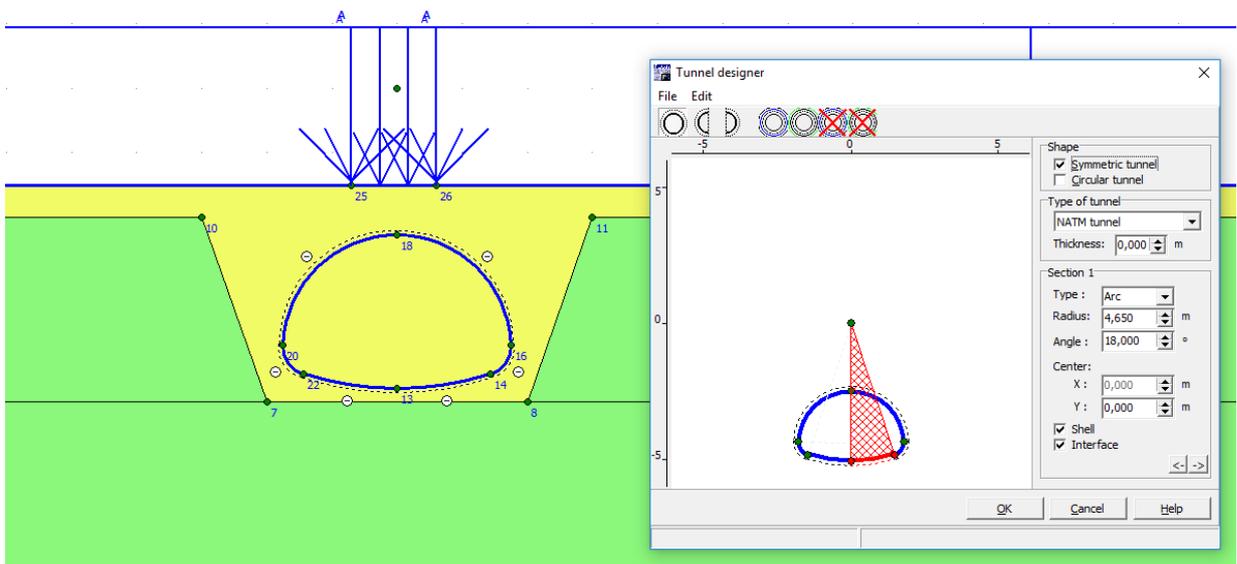
La sezione di progetto è stata modellata con il programma Plaxis, che è un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche.

Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazioni piane o a condizioni di assialsimmetria.

Caratteristiche Geometriche della sezione: Ricoprimento di progetto pari a 80 cm



Sezione tipo Finsider come indicato in Figura 6.

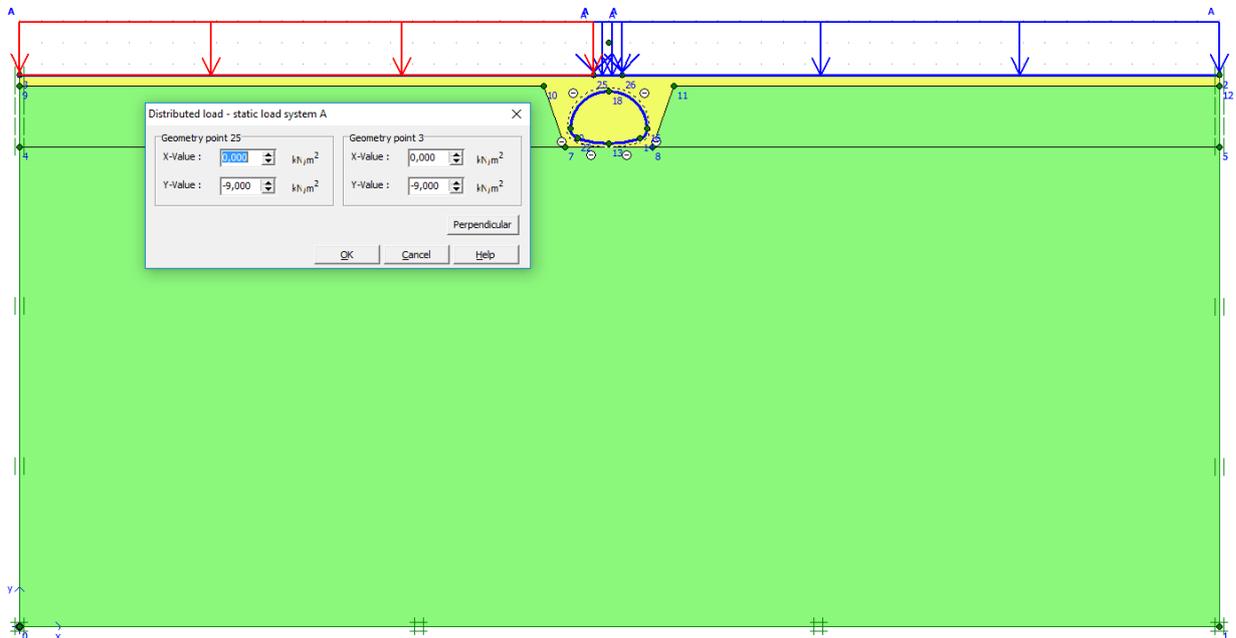




I **carichi** agenti sulla sezione sono modellati come descritto di seguito:

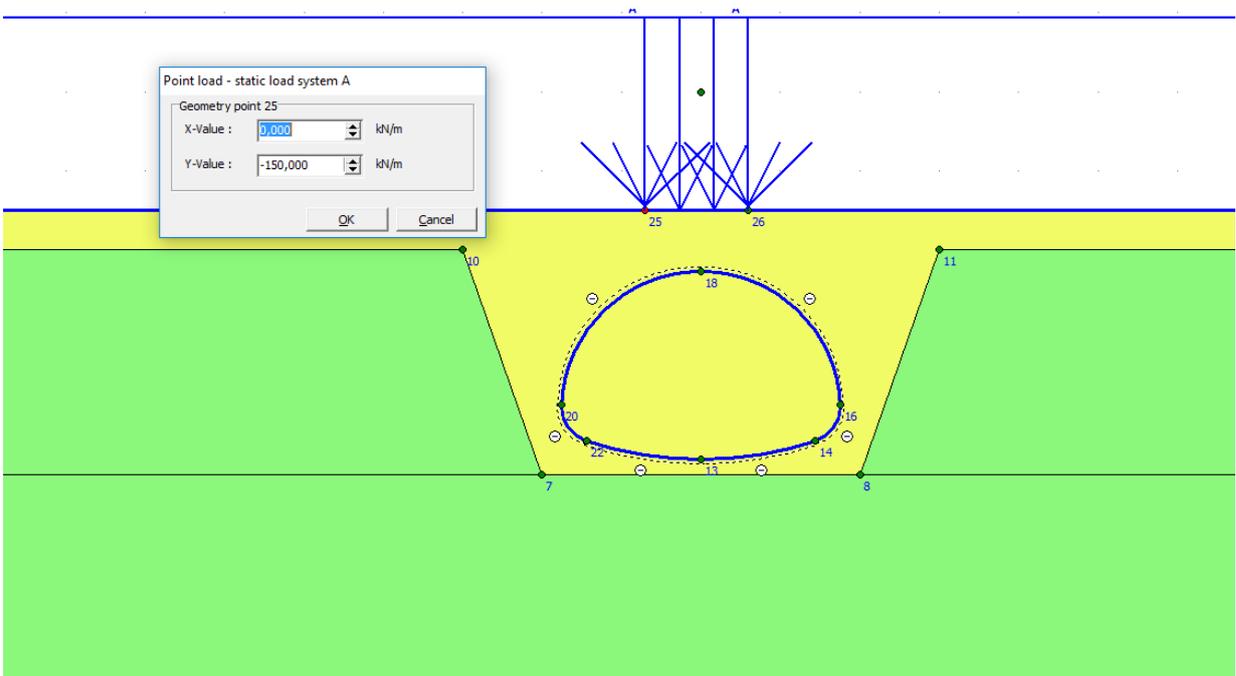
CARICO DISTRIBUITO → 9 kN/mq

Il carico è stato applicato per tutta la lunghezza della sezione simulata.



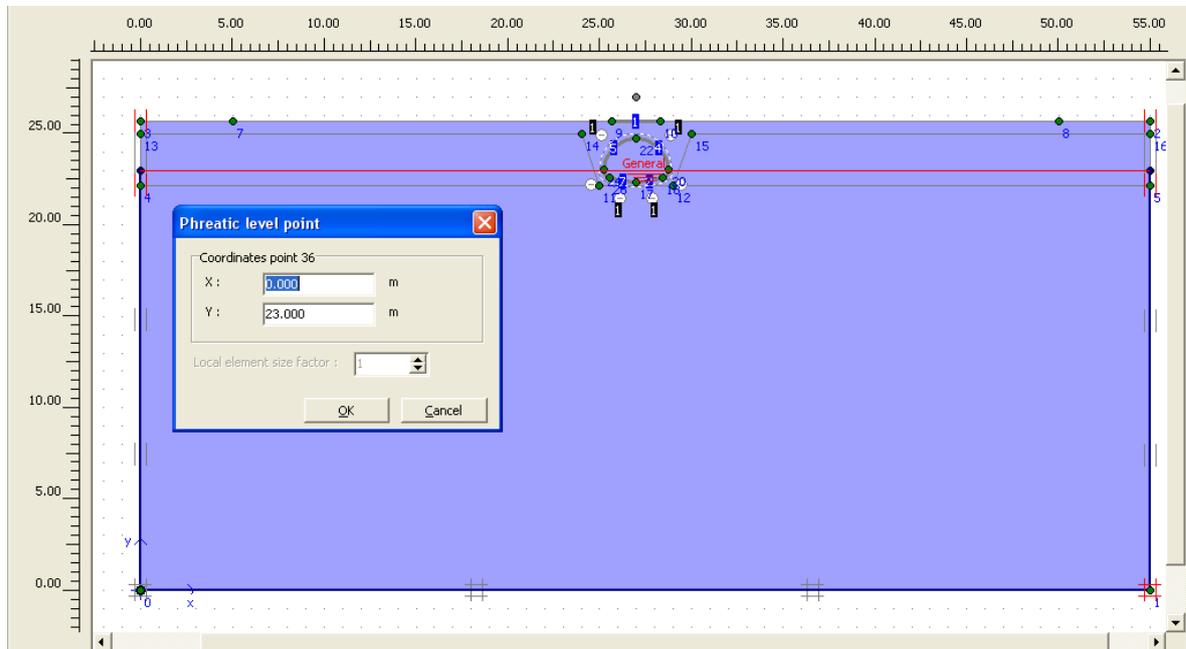
CARICO TANDEM → Sono state applicate due forze $F = 300$ kN ad interasse $i = 1,2$ m, pertanto:

$P = 300/2 = 150$ kN





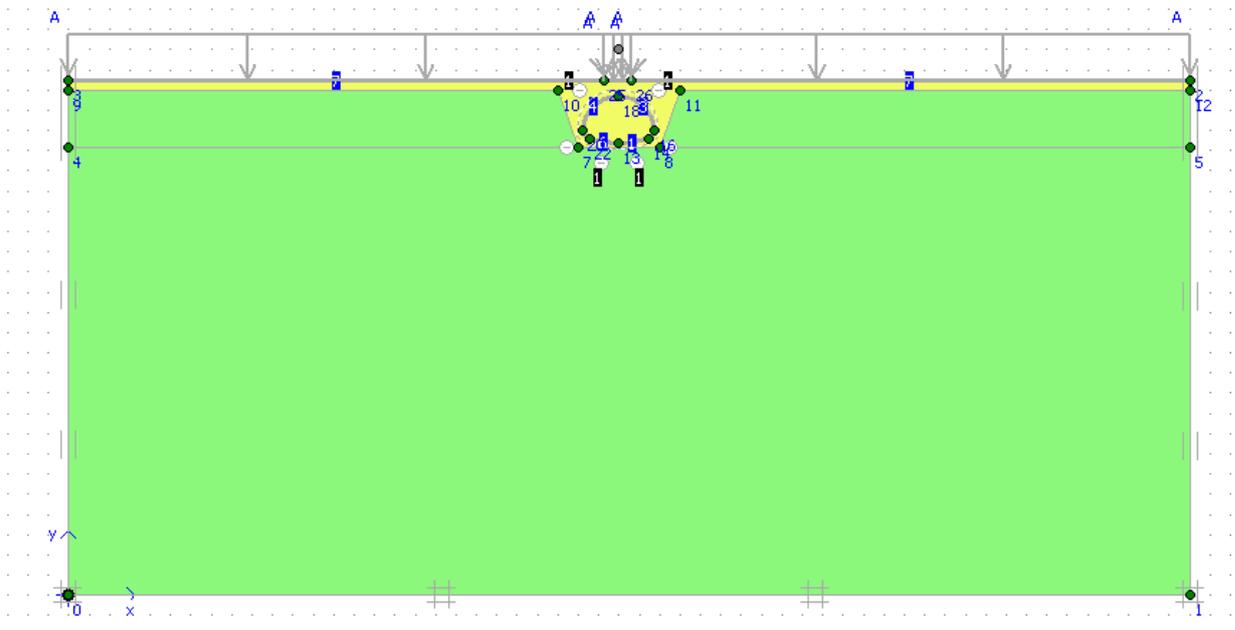
Dal punto di vista geotecnico, sono stati identificati i due strati di terreno di cui al capitolo 6.4 e la **falda** è stata impostata a una profondità di -2 m da p.c.



I risultati ottenuti dalla modellazione vengono valutati in relazione alle sollecitazioni ottenute sulla parete del tubo.

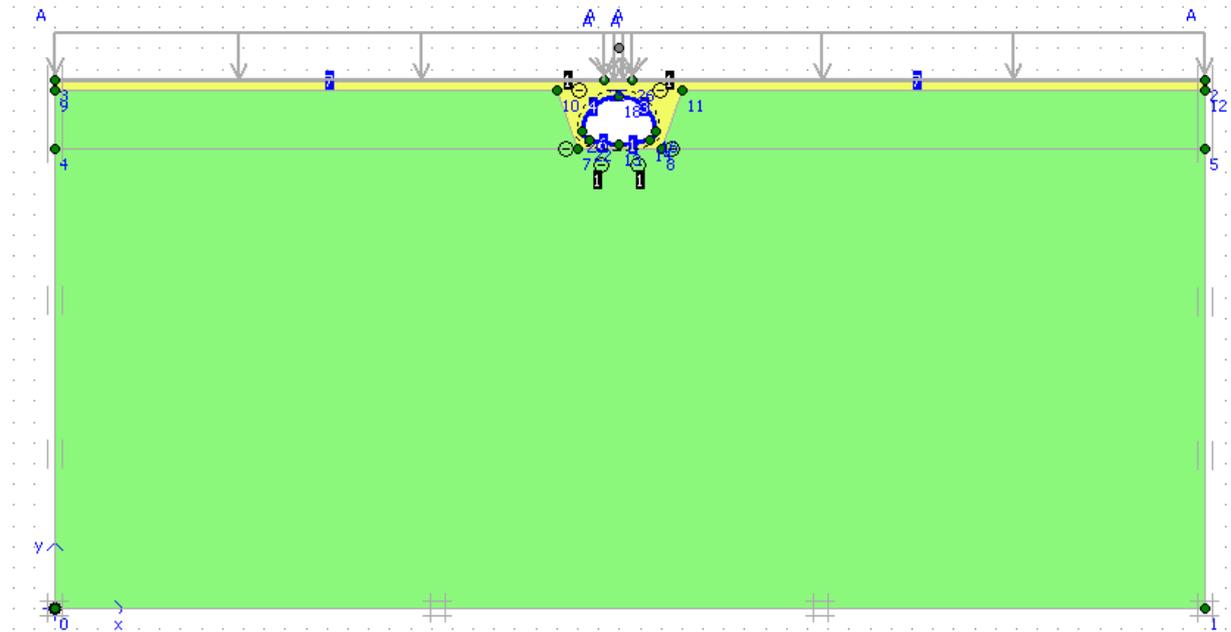
Il programma permette inoltre di studiare il problema di progetto considerandone anche le fasi costruttive:

FASE 0: Condizioni geostatiche

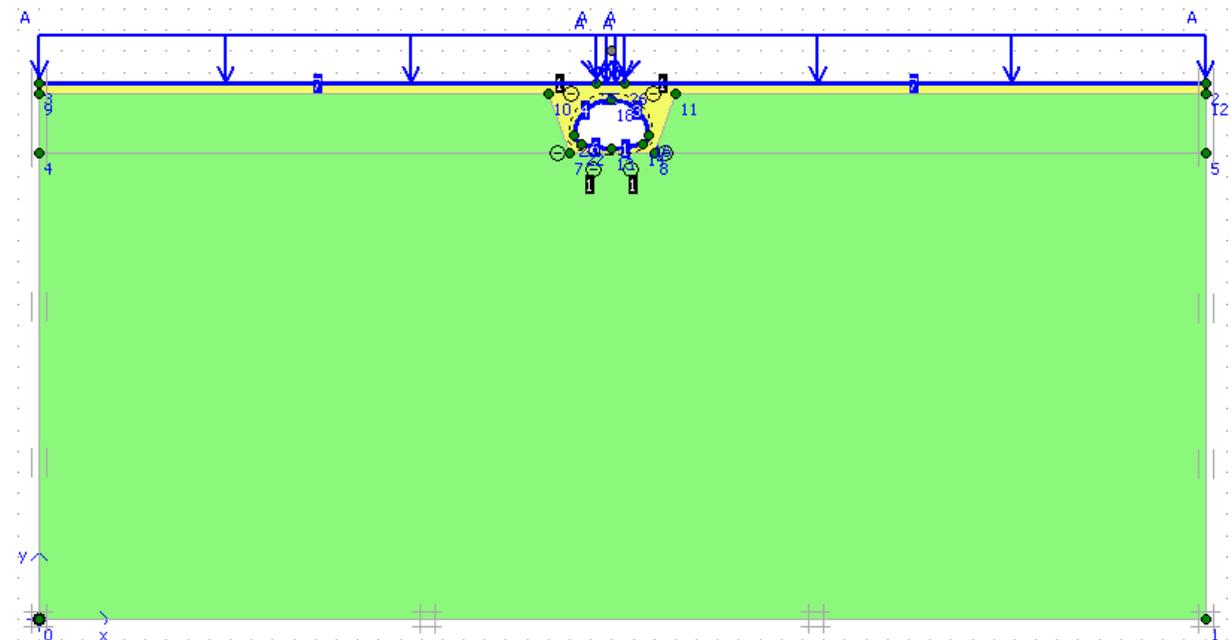




FASE 1: Posizionamento del tubo ribassato



FASE 2: Applicazione dei carichi stradali



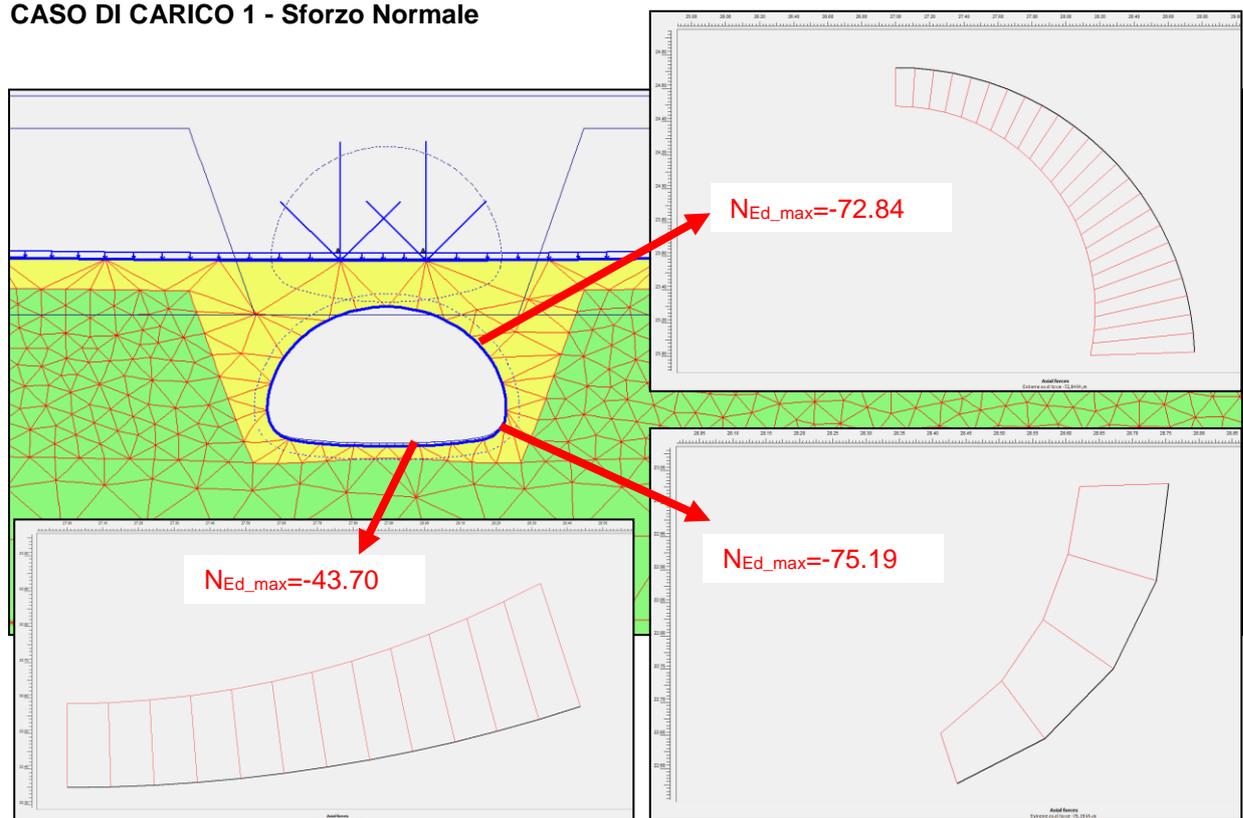
6.9 Sollecitazioni di progetto

Poiché l'intervento di progetto consiste nel relining della condotta esistente, le azioni sollecitanti di progetto sono quelle riferite alla sola **FASE 2**, in quanto la FASE 1 è relativa alla realizzazione del foro, necessaria ai fini della modellazione, ma trascurabile in termini di risultato in quanto il foro nel caso specifico è già esistente.

La sezione trasversale della tubazione è stata suddivisa in 6 elementi tipo "Plate", aventi raggio diverso, il programma restituisce le sollecitazioni singolarmente per ciascun elemento modellato.

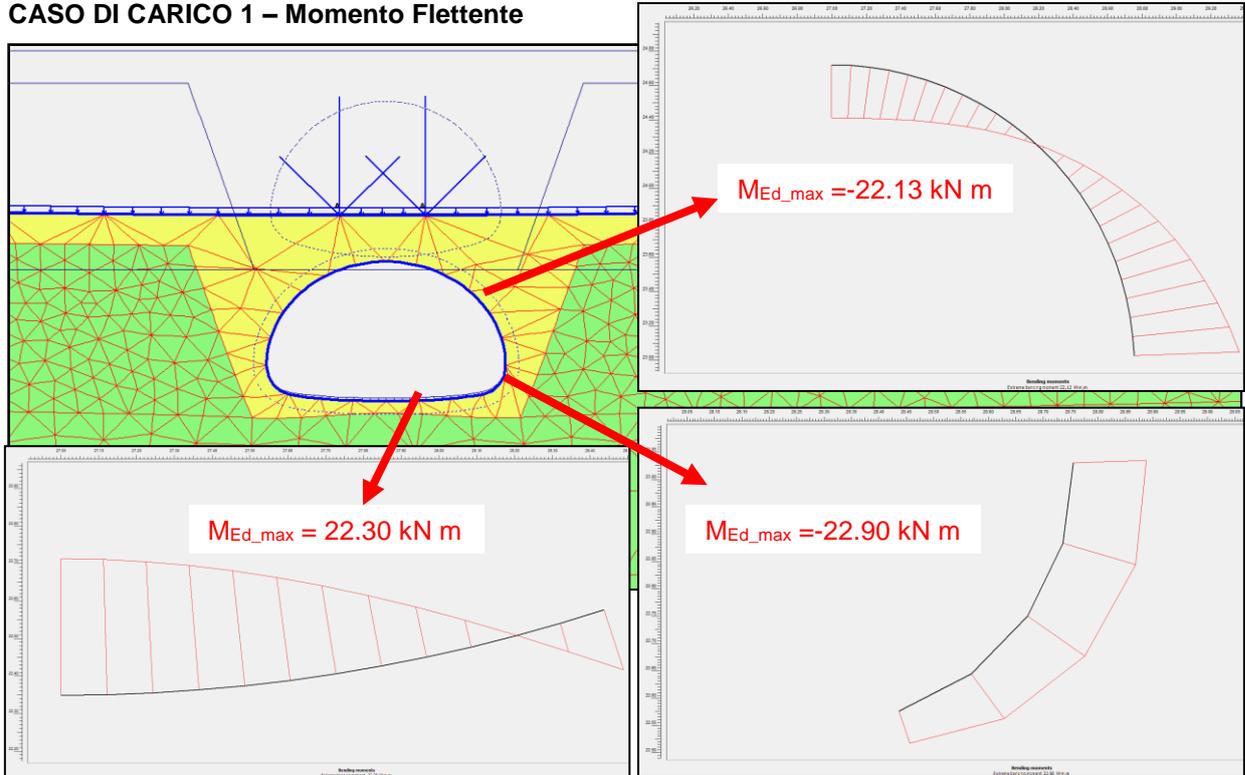
Nelle immagini seguenti si riportano i risultati relativi a ciascun elemento modellato ed il relativo posizionamento.

CASO DI CARICO 1 - Sforzo Normale

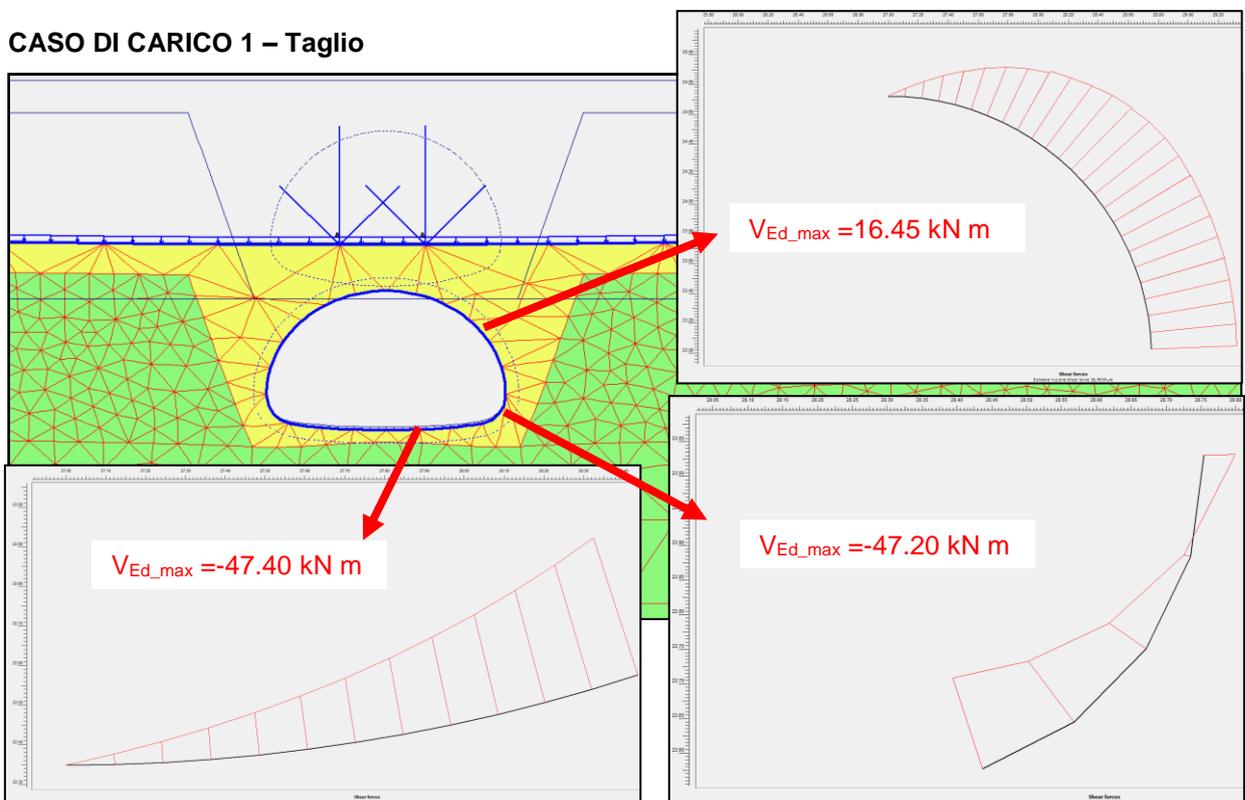




CASO DI CARICO 1 – Momento Flettente



CASO DI CARICO 1 – Taglio





Riassumendo, per il CASO DI CARICO 1 si hanno i seguenti casi:

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE NEGATIVO + MASSIMO SFORZO NORMALE

$M_{Ed_max^-} = -22.90$ kNm (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max^-})

$N_{Ed_max} = -75.19$ kN (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max^-})

$V_{Ed} = 15.5$ kN

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	Calcestruzz	13231	28,437	22,578	-43,502	-47,204	-10,267
		13214	28,568	22,645	-59,115	-37,452	-16,776
		13215	28,672	22,751	-70,166	-22,015	-21,050
		13216	28,736	22,884	-75,194	-3,498	-22,903
		13213	28,755	23,031	-72,736	15,495	-22,127

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE POSITIVO

$M_{Ed_max^+} = 22.30$ kNm

$N_{Ed} = -28.34$ kN

$V_{Ed} = 0$ kN

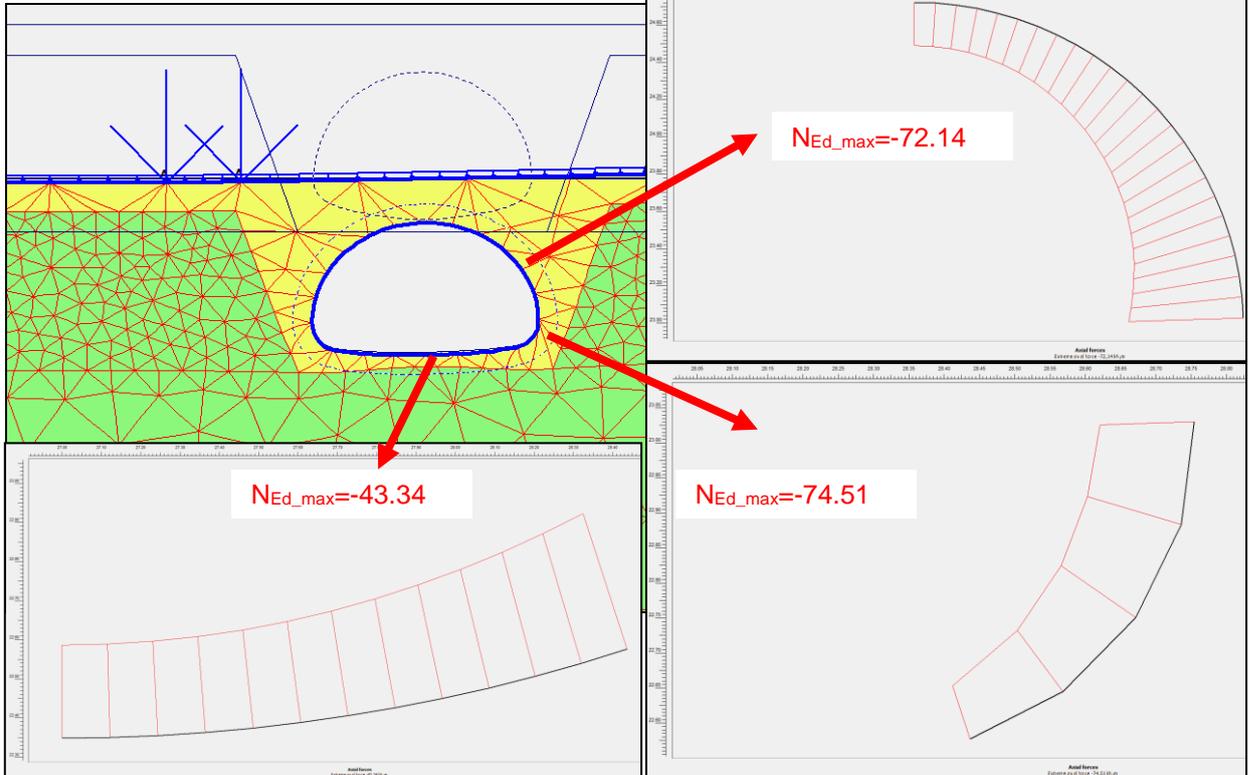
Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	
1	Calcestruzz	13490	27,000	22,350	-28,342	-0,028	22,246	
		13301	27,122	22,352	-28,460	-3,450	22,034	
		13302	27,243	22,356	-28,804	-6,921	21,403	
		13303	27,365	22,364	-29,377	-10,440	20,347	
		13300	27,486	22,375	-30,181	-14,006	18,860	
	Calcestruzz	2	13300	27,486	22,375	-30,171	-14,027	18,860
		13042	27,607	22,390	-31,205	-17,690	16,930	
		13043	27,727	22,407	-32,441	-21,488	14,547	
		13044	27,847	22,428	-33,884	-25,418	11,693	
		13227	27,967	22,452	-35,539	-29,479	8,353	

**MASSIMO TAGLIO** $V_{Ed_max} = -47.4 \text{ Kn}$ $N_{Ed} = -43.70 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -10.27 \text{ kNm}$

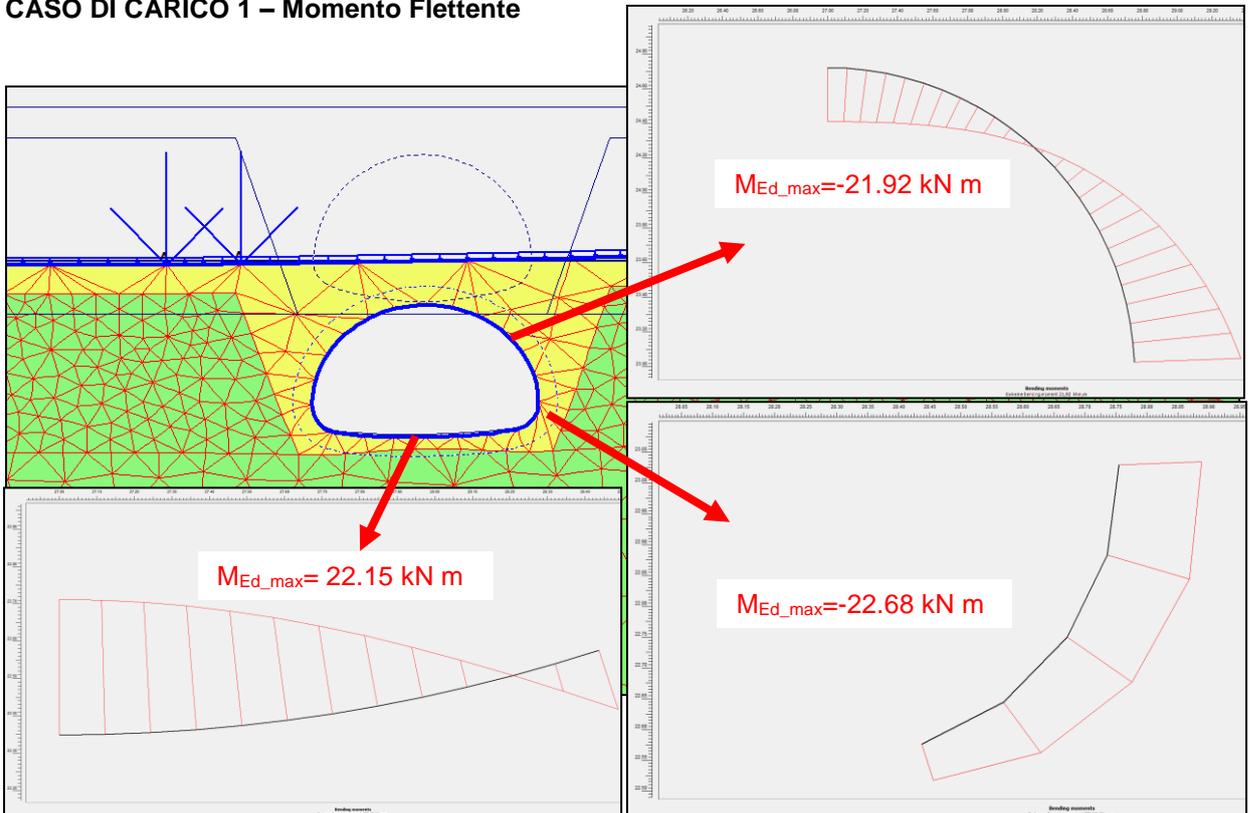
Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzzo	13490	27,000	22,350	-28,342	-0,028	22,246
		13301	27,122	22,352	-28,460	-3,450	22,034
		13302	27,243	22,356	-28,804	-6,921	21,403
		13303	27,365	22,364	-29,377	-10,440	20,347
		13300	27,486	22,375	-30,181	-14,006	18,860
	2 Calcestruzzo	13300	27,486	22,375	-30,171	-14,027	18,860
		13042	27,607	22,390	-31,205	-17,690	16,930
		13043	27,727	22,407	-32,441	-21,488	14,547
		13044	27,847	22,428	-33,884	-25,418	11,693
		13227	27,967	22,452	-35,539	-29,479	8,353
	3 Calcestruzzo	13227	27,967	22,452	-35,515	-29,489	8,353
		13228	28,086	22,478	-37,358	-33,728	4,507
		13229	28,204	22,508	-39,336	-38,137	0,134
		13230	28,321	22,541	-41,450	-42,699	-4,784
		13231	28,437	22,578	-43,701	-47,399	-10,267

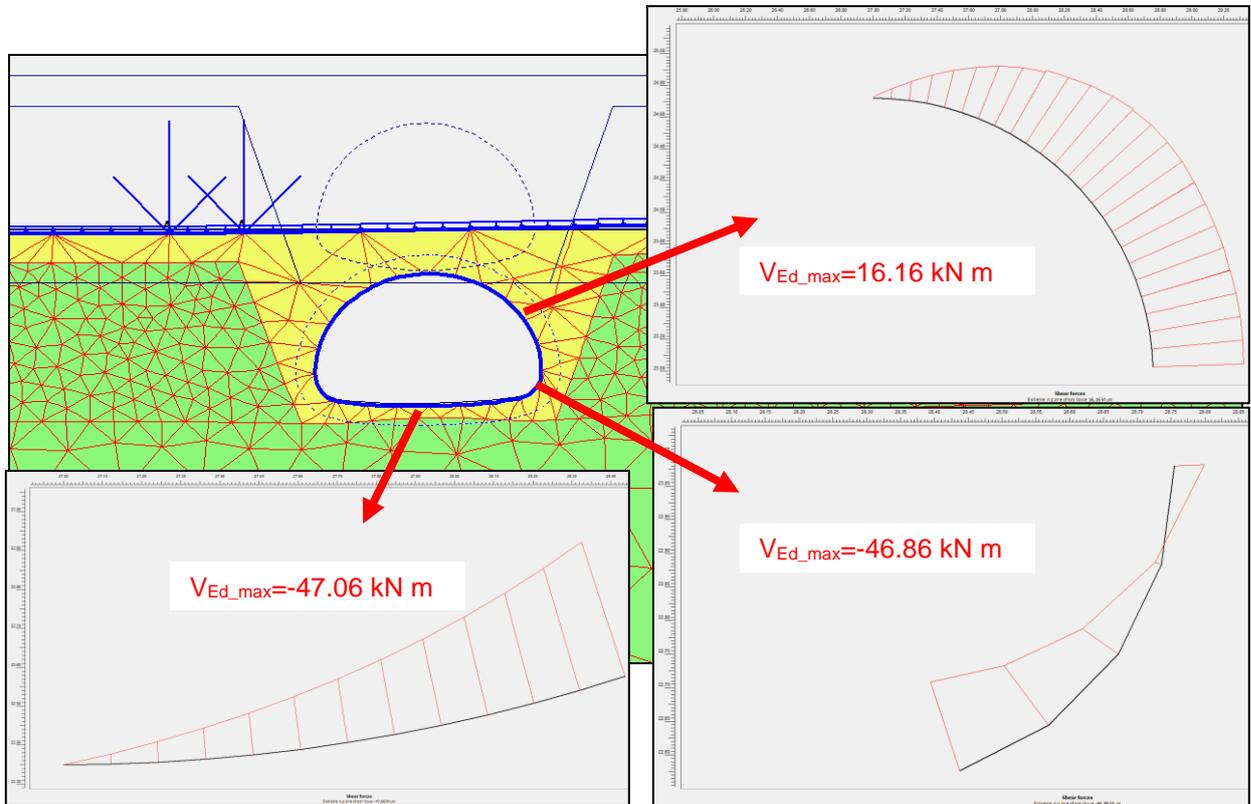


CASO DI CARICO 2 - Sforzo Normale



CASO DI CARICO 1 – Momento Flettente



CASO DI CARICO 1 – Taglio


Riassumendo, per il CASO DI CARICO 2 si hanno i seguenti casi:

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE NEGATIVO + MASSIMO SFORZO NORMALE

$M_{Ed_max} = -22.68 \text{ kNm}$ (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max})

$N_{Ed_max} = -74.51 \text{ kN}$ (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max})

$V_{Ed} = -3.52 \text{ kN}$

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	Calcestruzz	13245	28,437	22,578	-43,143	-46,859	-10,131
		13228	28,568	22,645	-58,612	-37,170	-16,591
		13229	28,672	22,751	-69,549	-21,862	-20,834
		13230	28,736	22,884	-74,510	-3,516	-22,677
		13227	28,755	23,031	-72,051	15,285	-21,917

**MASSIMO MOMENTO FLETTENTE POSITIVO** $M_{Ed_max^+} = 22.15 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -28.39 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 0 \text{ kN}$

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzz	13478	27,000	22,350	-28,396	0,023	22,154
		13315	27,122	22,352	-28,486	-3,388	21,950
		13316	27,243	22,356	-28,802	-6,847	21,327
		13317	27,365	22,364	-29,345	-10,353	20,281
		13314	27,486	22,375	-30,118	-13,904	18,805
	2 Calcestruzz	13314	27,486	22,375	-30,108	-13,924	18,805
		13132	27,607	22,390	-31,110	-17,571	16,889
		13133	27,727	22,407	-32,312	-21,349	14,521
		13134	27,847	22,428	-33,719	-25,258	11,686
		13241	27,967	22,452	-35,338	-29,294	8,367

MASSIMO TAGLIO $V_{Ed_max} = -47.0 \text{ kN}$ $N_{Ed} = -43.34 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -10.13 \text{ kN}$

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzz	13478	27,000	22,350	-28,396	0,023	22,154
		13315	27,122	22,352	-28,486	-3,388	21,950
		13316	27,243	22,356	-28,802	-6,847	21,327
		13317	27,365	22,364	-29,345	-10,353	20,281
		13314	27,486	22,375	-30,118	-13,904	18,805
	2 Calcestruzz	13314	27,486	22,375	-30,108	-13,924	18,805
		13132	27,607	22,390	-31,110	-17,571	16,889
		13133	27,727	22,407	-32,312	-21,349	14,521
		13134	27,847	22,428	-33,719	-25,258	11,686
		13241	27,967	22,452	-35,338	-29,294	8,367



	3 Calcestruzz	13241	27,967	22,452	-35,315	-29,303	8,367
		13242	28,086	22,478	-37,120	-33,515	4,545
		13243	28,204	22,508	-39,059	-37,890	0,200
		13244	28,321	22,541	-41,133	-42,410	-4,686
		13245	28,437	22,578	-43,342	-47,059	-10,131

ATTENZIONE:

I valori di sollecitazione sopra riportati, sono valori CARATTERISTICI e sono il risultato delle azioni $Gk1+Qk1+qk1$.

Poiché i coefficienti $\gamma_{gk1}=\gamma_{qk1}$, è sufficiente moltiplicare i valori per 1.35 per ottenere le sollecitazioni agli SLU e per 1.00 per ottenere le sollecitazioni agli SLE.

SINTESI SOLLECITAZIONI COMBinate

	CASO 1		CASO 2	
	SLU	SLE	SLU	SLE
N_{ed_max}	-101,5	-75,2	-100,6	-74,5
$M_{ed_max}^-$	-30,9	-22,9	-30,6	-22,7
V_{ed_max}	-20,9	-15,5	0,0	-3,5
N_{ed_max}	-38,3	-28,3	-38,3	-28,4
$M_{ed_max}^+$	30,1	22,3	29,9	22,2
V_{ed_max}	0,0	0,0	0,0	0,0
N_{ed_max}	-59,0	-43,7	-58,5	-43,3
$M_{ed_max}^-$	-13,9	-10,3	-13,7	-10,1
V_{ed_max}	-64,0	-47,4	-63,5	-47,1

AZIONI SOLLECITANTI DI PROGETTO:**Verifica Sezione con Mmax positivo + Nmax**

$$M_{Ed} = -22.90 \times 1.35 = -31 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -75.19 \times 1.35 = -101.5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -15.5 \times 1.35 = -21 \text{ kN}$$

Verifica Sezione con Mmax negativo + N

$$M_{Ed} = 22.30 \times 1.35 = 30.1 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -28.34 \times 1.35 = -38.3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

Verifica Sezione con Tmax + N

$$N_{Ed} = -43.70 \times 1.35 = -59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -47.4 \times 1.35 = -64 \text{ kN}$$



6.10 Verifiche agli SLU e agli SLE

6.10.1 Verifica a presso flessione

Per la verifica della sezione ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, si è utilizzato il programma ProVLim, di cui si riporta per intero il relativo report.

2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	19,5
3	100,0	19,5
4	100,0	0,0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	5,0	5,0	0,5	no
2	15,0	5,0	0,5	no
3	25,0	5,0	0,5	no
4	35,0	5,0	0,5	no
5	45,0	5,0	0,5	no
6	55,0	5,0	0,5	no
7	65,0	5,0	0,5	no
8	75,0	5,0	0,5	no
9	85,0	5,0	0,5	no
10	95,0	5,0	0,5	no
11	5,0	14,5	0,5	no
12	15,0	14,5	0,5	no
13	25,0	14,5	0,5	no
14	35,0	14,5	0,5	no
15	45,0	14,5	0,5	no



16	55,0	14,5	0,5	no
17	65,0	14,5	0,5	no
18	75,0	14,5	0,5	no
19	85,0	14,5	0,5	no
20	95,0	14,5	0,5	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:**Calcestruzzo classe: C35/45**R_{ck} (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 450 daN/cm²f_{ck} (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 373 daN/cm²f_{ctm} (resistenza a trazione media) = 33 daN/cm²G (modulo di elasticità tangenziale) = 154527 daN/cm²E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 346140 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

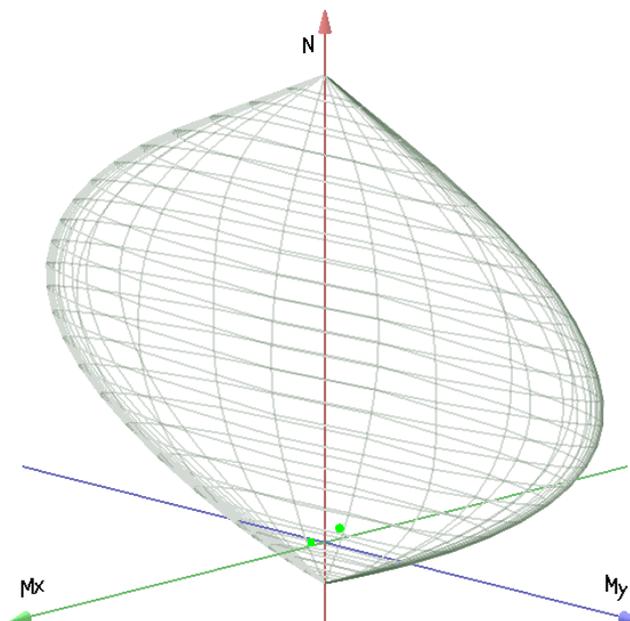
Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450Cf_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²ε_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**Caratteristiche limite della sezione:**



Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-393,4	0,0	0,0	Completamente tesa
4515,0	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	34,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-34,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	180,2	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-180,2	Fibre di destra tese

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	101,5	-31,0	0,0	P	150,0	-45,8	0,0	0,680	OK
				M	4047,3	-30,9	0,0	0,020	
				N	101,5	-42,3	0,0	0,730	
2	38,3	30,1	0,0	P	48,8	38,4	0,0	0,780	OK
				M	4059,9	30,1	0,0	0,010	
				N	38,3	37,6	0,0	0,800	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
2	38,3	30,1	0,0	P	48,8	38,4	0,0	0,780	OK
1	101,5	-31,0	0,0	M	4047,3	-30,9	0,0	0,020	OK
2	38,3	30,1	0,0	N	38,3	37,6	0,0	0,800	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 22380,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK	-22,9	0,0	75,0	-8578,4	0,38	257948,5	0,72
4 OK	22,3	0,0	28,3	-8607,5	0,38	299237,0	0,83



6.10.2 Verifica a Taglio

La sezione di progetto NON richiede armatura aggiuntiva resistente al taglio.

ELEMENTI CHE NON RICHIEDONO ARMATURA AL TAGLIO

b	1000 mm
h	195 mm
d	130 mm
Rck	45 MPa
k	2,000
ro1	0,003867
fck	37,35 MPa
gammac	1,5
sigmacp	0 MPa
bw	1000 mm
d	130 mm
n.ferri Long	10
φ long	8 mm
Asl	50,27 mm ²
vmin	0,6050
V_{Ed}	64,00 kN

VERIFICHE DI SICUREZZA			
	VRd (kN)	Vmin (kN)	V _{Rd} (kN)
	75,979	78,65054	78,65054
VERIFICA SODDISFATTA			

7. FASI COSTRUTTIVE

L'intervento di progetto può essere eseguito:

- per conci di lunghezza massima pari a 3m;
- contemporaneamente su tutta la lunghezza del manufatto;

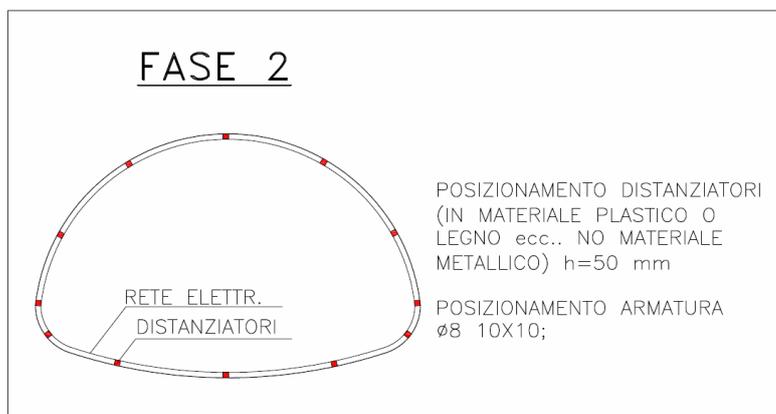
In entrambi i casi le FASI DI LAVORO sono le seguenti:

1. **PULIZIA DEL TUBO ESISTENTE:** all'interno della tubazione tipo Armco Finsider sono presenti molti detriti fangosi derivanti dal passaggio dell'acqua del canale; per prima cosa si dovrà procedere alla pulizia del tubo.



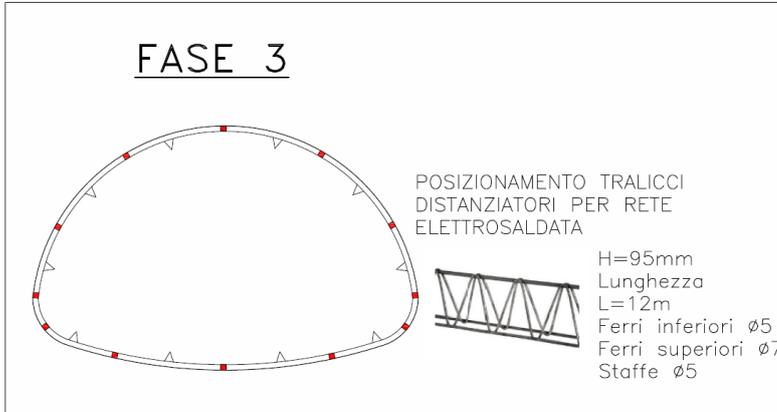
2. **POSIZIONAMENTO DISTANZIATORI:** sul fondo del tubo dovranno essere posizionati dei distanziatori di altezza massima pari a 5 cm (no materiale metallico).

Successivamente si dovrà posizionare il primo strato di RETE ELETTR. SALDATA ϕ 8 10x10.

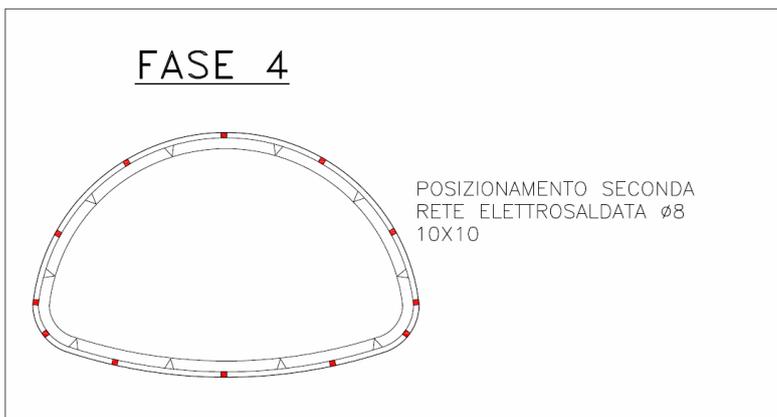


3. **POSIZIONAMENTO TRALICCI METALLICI DISTANZIATORI PER RETE ELETTROSALDATA:**

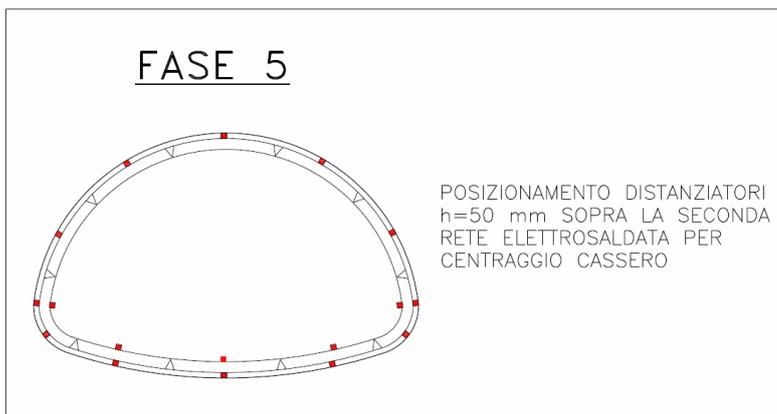
sopra il primo strato di rete elettrosaldata verranno posizionati dei tralicci distanziatori metallici.



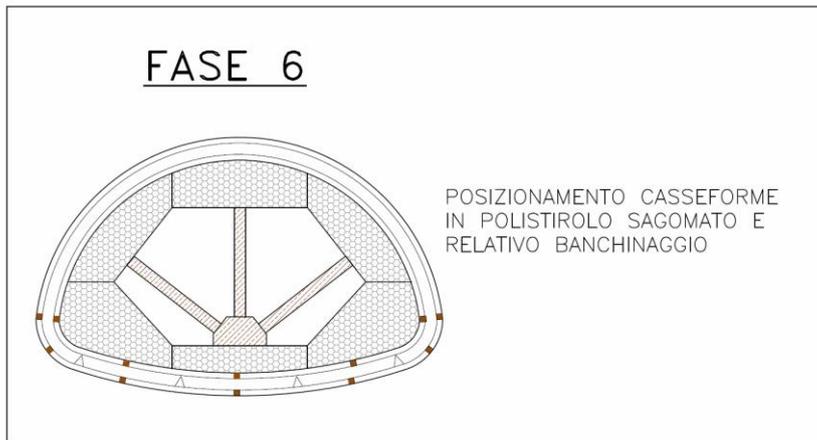
4. **POSIZIONAMENTO SECONDO STRATO DI RETE ELETTROSALDATA:** $\phi 8$ 10x10.



5. **POSIZIONAMENTO DISTANZIATORI** sopra il secondo strato di rete elettrosaldata: altezza massima 5cm;



6. **POSIZIONAMENTO CASSERO** in polistirene rivestito con film plastico di PVC e relativa struttura di sostegno



7. **GETTO DEL CALCESTRUZZO**

Il getto del calcestruzzo si differenzia a seconda che si operi “per conci” o su tutta la lunghezza del manufatto.

- a. Se si opera **per conci**, si procederà armando tratti di lunghezza massima pari a 3m e gettando ciascun tratto separatamente.

In questo caso, il getto può essere fatto con classica sonda da inserire all’interno di un foro predisposto nel cassero.

Sarà necessario che sia garantita la continuità dell’armatura, disponendo i ferri per la ripresa del getto e la tenuta idraulica con giunti water stop tipo ACL 440 (profilati estrusi in PVC di larghezza 440mm);

- b. Se si opera contemporaneamente su tutta la lunghezza del manufatto, sarà eseguito il getto tutto in una volta. In questo caso dovranno essere predisposti due fori nella parte superiore del finsider: in un foro sarà inserita la sonda per il getto, mentre l’altro servirà per verificare che si sia giunti a saturazione;

8. **DISARMO E TRATTAMENTO SUPERFICIALE DEL CALCESTRUZZO**

Stendimento di boiacca impermeabilizzante per superfici in calcestruzzo: a spruzzo o a pennello.

NOTE:

I PUNTELLI DI MESSA IN SICUREZZA DOVRANNO ESSERE TOLTI SOLTANTO QUANDO È STATO COMPLETATO L’ARMO DI CIASCUNA PORZIONE DI MANUFATTO.



PER TUTTA LA DURATA DEL CANTIERE LA SS255 DOVRA' ESSERE CHIUSA AL TRAFFICO PESANTE(*) E RIDOTTA LA VELOCITA' DI TRANSITO DEL TRAFFICO LEGGERO A 30 km/h

(*)Traffico Pesante: i veicoli e i complessi di veicoli per trasporto di cose con massa complessiva superiore a 7,5t anche se scarichi.

DURANTE LE OPERAZIONI DI ARMO, DOVRA' ESSERE CHIUSO IL TRAFFICO SULLA SS255.

Sarà facoltà del DL, sentita l'Impresa Esecutrice, prevedere fasi costruttive diverse da quelle indicate nel presente progetto che consentano di eseguire le lavorazioni in sicurezza senza procedere alla chiusura della SS255 (ad es. con procedure di prefabbricazione fuori opera per conci delle gabbie di armatura).

8. PROVE DI CONTROLLO FINALI

Alla fine dei lavori, oltre alle normali verifiche e controlli previsti dalla vigente normativa, si dovranno prevedere controlli non distruttivi per accertare l'integrità e la continuità del guscio in calcestruzzo.

9. CONCLUSIONI

A partire da quanto contenuto all'interno della presente relazione è possibile realizzare il relining del fonsider esistente utilizzando le più idonee tecniche costruttive presenti sul mercato.

Va comunque chiarito che tutte le informazioni qui contenute sono state dedotte dal progetto esecutivo dell'epoca e da informazioni presenti in letteratura.

Prima di eseguire l'intervento, l'impresa appaltatrice dovrà provvedere ad una verifica delle geometrie mediante un rilievo dello stato di fatto dell'intervento, da allegare a corredo della documentazione di progetto.

Relativamente la riduzione della sezione idraulica della tubazione è stata verificata la compatibilità idraulica da parte dello stesso Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara.

Rovigo, 19/12/2018

Ing. Elisa Maniezzo



Alligato 1

CONCORDIO DI BONIFICA DI 2° GRADO
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLA

IV LOTTO

CANALE PRINCIPALE IRRIGUO A SERVIZIO DEL
COMPLESSIVO IN SINISTRA NERO

Attraversamento del canale irriguo con la S. n. 255
a Costa Rossa in Comune di Sesto (Ferrara)

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI STATICI
DEL MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO

Bologna, li 25 MAR. 1963'

IL DIRETTORE TECNICO
(dott. ing. Carlo Molinari)



1 - DESCRIZIONE DEL MANUFATTO E SUE MODALITA' COSTRUTTIVE -

Il canale principale irriguo a servizio del comprensorio in sinistra Reno si sviluppa con andamento nord-sud lungo la sede della ex ferrovia Ferrara-Modena della Società Veneta.

Alla progressiva Km.5,700 il tracciato del canale viene ad interessare, come rilevasi dalla unita cartografia di cui agli allegati 2 e 3, la strada statale 255 ove questa è stata rettificata in corrispondenza al casello n°16 della citata ex sede della ferrovia Veneta.

L'attraversamento del canale con la strada statale verrà eseguito mediante botte a sifone che sottopasserà la strada senza richiedere variazioni alcuna alla sua attuale livellatura.

La botte a sifone verrà realizzata mediante condotta in acciaio ondulato e zincato del tipo a piastre multiple inbullonate.

La condotta, di produzione della Soc. Armaco-Finacier, è del tipo ad arco ribassato avente corda di m.3,54 - freccia di m.2,26 e spessore di m.4,2.

Le singole piastre verranno collegate tra loro fuori opera mediante inbullonatura, e, sempre fuori opera, verrà operata la saldatura dei giunti trasversali e longitudinali per circa $1/3$ superiori dell'altezza della condotta. La parte restante della condotta ($1/3$ inferiore) verrà protetta internamente mediante apposito rivestimento in conglomerato bituminoso.

Il manufatto verrà posto in opera, una volta assienato, su sottofondo in materiale arido granulare a spessore di cm.20 e sempre con lo stesso materiale verrà rifiancato.

Fra sommità della condotta e piano viabile verrà mantenuta una altezza di 35 cm. (*). Il ricoprimento verrà effettuato mediante 15 cm. di sabbia, 30 cm. di ghiaia in natura compressa e 12 cm. di pietrisco rollato con sovrastante strato di binder a spessore di cm.5. Infine verrà realizzato un tappeto di usura a spessore di 3-3 cm.

La larghezza della strada sarà mantenuta ai valori attuali con carreggiata di m.9,00 e banchine di m.0,75.

Il lavoro di scavo, posa e rifianco della condotta verrà eseguito nello spazio di circa 2 giorni. Nel corso del lavoro il traffico verrà opportunamente deviato secondo le modalità e lungo le strade che saranno direttamente concordate con il competente Compartimento e che, di massima, sono state indicate nella cartografia di cui all'allegato 2.

(*) nei calcoli che seguono viene considerato prudenzialmente un riempimento di 70 cm.

2 - CALCOLI STATICI DEL MANUFATTO

La struttura in oggetto è del tipo a piastre multiple in acciaio Ag 34 ondulato e zincato, a sezione policentrica di luce ml.1,54 e freccia ml.2,25.

Lo spessore delle lamiere ondulate foranti gli anelli è stato stabilito in mm.4,2. Per condizioni normali di installazione, si ammette un'inflessione massima del 5% comportante un coefficiente di sicurezza maggiore ed uguale a 4.

La struttura adeguatamente installata, si comporta come un anello compresso sollecitato perifericamente dalla pressione unitaria trasmessa dal terreno per effetto del carico statico e dinamico e delle relative vibrazioni.

La sollecitazione di compressione nell'anello risulta :

$$C = P \frac{L}{2} \quad (1)$$

dove :

C = Sollecitazione di compressione in Kg. per unità di lunghezza della condotta.

P = Pressione unitaria applicata alla condotta della struttura.

L = Luce della struttura .

La condotta installata, sotto un rilevato di ml.0,70 (*) è stata dimensionata prevedendo un carico dinamico di tipo militare e precisamente quello eccezionale costituito da un carico isolato schema III (16 Tonn.per asse), affiancato da una sola colonna indefinita di autocarri del peso di 10 Tonn. (Tonn.4 per una coppia di ruote posteriori e Tonn.2 per una ruota anteriore) e con impronte rettangolare ml.2.635 x 0,21 e circolare di raggio ml.0,22, rispettivamente per il carico schema III e per una coppia di ruote di un asse della colonna di autocarri.

(*) in realtà il rilevato verrà realizzato a spessore di cm.85. Prudenzialmente i calcoli vengono condotti per un ricoprimento di 70 cm.

In conseguenza della distribuzione del carico a 45° sull'entrata della condotta alla quota = 0,70 avremo :

A) Rimorchio (schema III)

Area del piano tangenziale riferita ad un asse :
 $(2,635 + 1,40) \times (0,23 + 1,40) = \text{mq. } 6,38 =$
 cmq. 65.800

per cui

$$\frac{18.000}{65.800} = 0,27 \text{ Kg/cmq. e per due assi affiancati}$$

$$0,27 \times 2 = 0,54 \text{ Kg/cmq.}$$

e per le azioni dinamiche pari al 39%, come dalla formula 1.1).

$$= \frac{(100 - 1)^2}{100 (250 - 1)} \text{ avremo :}$$

$$0,54 \times 1,39 = 0,751 \text{ Kg/cmq.}$$

B) Teoria indefinita di autogari (si considera un asse posteriore di un solo autogaro in quanto alla quota = 0,70 non vi insistono altri carichi)

Area del piano tangenziale riferita ad una coppia di ruote :

$$\frac{(0,22 + 0,22 + 0,70 + 0,70)^2}{2} \times 3,14 = 0,92^2 \times 3,14$$

$$= \text{mq. } 2,66 = \text{cmq. } 26.600$$

per cui

$$\frac{4.000}{26.600} = 0,15 \text{ Kg/cmq. e per due coppie di ruote}$$

0,15 \times 2 = 0,30 Kg/cmq. che per effetto delle azioni dinamiche diventano :

$$0,30 \times 1,39 = \text{Kg/cmq. } 0,417$$

c) Il carico statico dovuto al peso del terreno sovrastante la struttura (considerata una densità di 1,8 gr/cm³) è :

$$0,70 \times 1800 = 1,260 \text{ Kg/mq.} = 0,126 \text{ Kg/cmq.}$$

Il carico totale P risulta quindi :

$$0,751 + 0,417 + 0,126 = 1,294 \text{ Kg/cmq.}$$

Dalla formula (1) ricaviamo la sollecitazione a compressione in Kg. per metro anello -

$$C = 1,294 \times \frac{354}{2} = 1,294 \times 177 = 229,04 \text{ Kg/cm (di giunto)} =$$

= Kg/m. 22.904

La verifica viene eseguita per il giunto bullonato che costituisce la sezione di minore resistenza dell'anello compresso.

Detto giunto bullonato con bulloni ad alta resistenza, in numero di 12 per un metro lineare di condotta è capace di sopportare uno sforzo di taglio maggiore ed uguale a 120.000 Kg/m.

Dal confronto con il valore C sopra ricavato, risulta un coefficiente di sicurezza pari a 5,20 -

La struttura, così dimensionata, sopporta, in condizioni normali di installazione e di esercizio, il carico statico dovuto al rinterro ed i carichi mobili previsti.



STUDIO ITA

INGEGNERIA CIVILE E TECNOLOGIE ANTINCENDIO

Comune di Cento

Provincia di Ferrara

**Manufatti di attraversamento di canali consortili con tubi
multipiastra autoportanti a sezione ribassata**

Proprietario

Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara

VALUTAZIONE STATICA MANUFATTI ESISTENTI

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO

Committente:



Progettista:



ing. Elisa Maniezzo



Elab. n.:

R01

Rev.: 1°EMISS.

Data: 30.11.18

1°emiss.	30.11.18	1° emissione	BMVitelletti	EManiezzo	EManiezzo
<i>Rev.:</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Eseguito</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



1. INDICE

1.	INDICE	2
2.	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4.	PREMESSA	5
5.	INDAGINE IN SITO	9
6.	RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO	13
7.	TARATURA DEL MODELLO	17
7.1	RICOSTRUZIONE DELLA SEZIONE DI PROGETTO DELL'EPOCA.....	17
7.2	RAPPRESENTAZIONE DELLA SEZIONE IN PLAXIS.....	19
8.	VERIFICHE DI RESISTENZA	22
8.1	VERIFICA DI RESISTENZA DELL'EPOCA DI COSTRUZIONE.....	22
8.2	VERIFICA DI RESISTENZA ALLO STATO ATTUALE.....	22
9.	TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI.....	23
9.1	PREMESSA.....	23
9.2	ANALISI DEI CARICHI	23
9.3	GEOMETRIA DELLA SEZIONE	24
9.4	VERIFICA DI SICUREZZA	26
10.	TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI	28
10.1	PREMESSA	28
10.2	GEOMETRIA DELLA SEZIONE	28
10.3	VERIFICA DI RESISTENZA.....	30
11.	TUBO FINSIDER A CENTO	35
11.1	PREMESSA	35
11.2	GEOMETRIA DELLA SEZIONE	35
11.3	VERIFICA DI RESISTENZA.....	36
12.	CONCLUSIONI.....	38

ALLEGATI

ALLEGATO A: Indagini specialistiche laboratorio LifeLab;

ALLEGATO B: Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione;



2. PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

- [1] Lancellotta R., “*Geotecnica*” – Ed. Zanichelli, Bologna (2000).
- [2] Jaeger C., “*Rock Mechanics and Engineering*” – Ed. Cambridge, London (1979).
- [3] Anderson M.G., Richards S., “*Slope stability*” – Ed. JWS, New York (1992).
- [4] Farulla C. A., “*Analisi di stabilità dei pendii*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [5] Bowles J., “*Foundation analysis and design*” – Ed. McGrawHill, London (1998).
- [6] Viggiani C., “*Fondazioni*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [7] Atkinson J., “*Geotecnica*” – Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [8] Nova R., “*Fondamenti di meccanica delle terre*” - Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [9] Pozzati P., Ceccoli C.: “*Teoria e tecnica delle costruzioni*” – Ed. Utet, Torino (1997);
- [10] M. Corrao, G. Coco Geofisica Applicata 2009 Dario Flaccovio Editore
- [11] M. Mele Interazione terreno-struttura in prospettiva sismica 1990 Dario Flaccovio Editore
- [12] T. Crespellani, J. Facciorusso Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche 2010 Dario Flaccovio Editore
- [13] RUE Ferrara 2013 Relazione Geologico Sismica. Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, ing. Daniela Giretti
- [14] Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna
- [15] Gutenberg B., Richter C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34(4), 1985-1988.
- [16] Associazione Geotecnica Italiana AGI (2005). Linee Guida “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, Patron, Bologna



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

D.M. 20 febbraio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Codici e Raccomandazioni:

A.G.I: Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (1977);

A.G.I. Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);

A.G.I. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio (1994);

A.I.C.A.P.: Raccomandazioni su Ancoraggi nei terreni e nelle rocce (1993);

Eurocodice EC7, parti 1,2,3.

Eurocodice EC8, parte 5.

4. PREMESSA

La sottoscritta Ing. Elisa Maniezzo è stata incaricata dal Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara di eseguire la **VERIFICA STATICA** di manufatti di attraversamento con tubi a sezione ribassata multiplastra a giunti bullonati (tipo Armco-Finsider).

Si tratta di 4 attraversamenti idraulici che presentano situazioni di degrado e sono così ubicati:

1. Tubo Finsider a Cento Loc. Corporeno (via Statale SS255)



2. Tubo Finsider a Cento in Loc. Dosso – Via Verdi



3. Tubo Finsider a Cento Loc. Corporeno – SP6 Via Alberelli

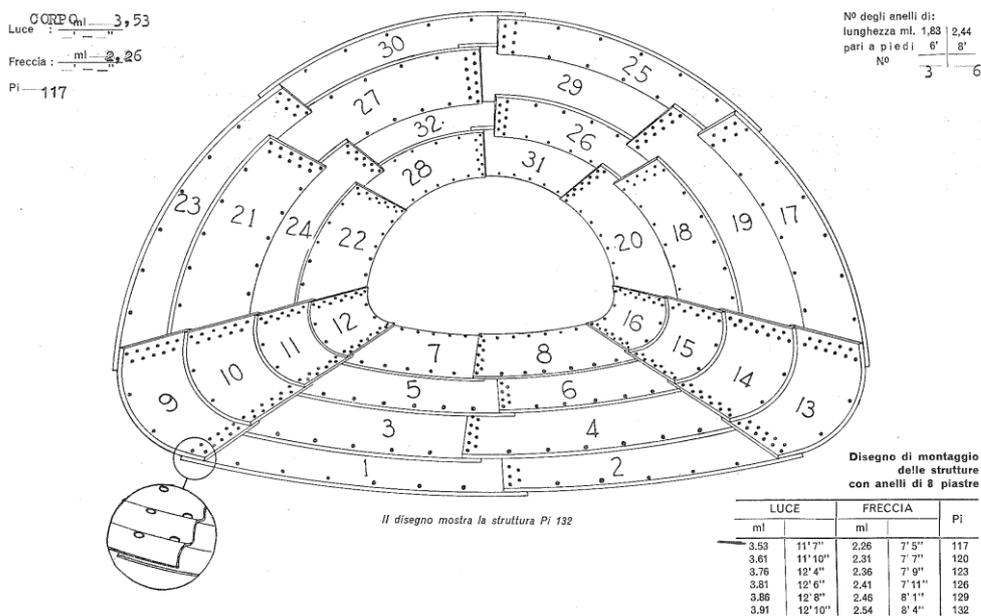




4. Tubo Finsider a Cento



Tutti i manufatti afferiscono allo stesso progetto esecutivo datato 1963, che prevedeva l'utilizzo di piastre multiple a sezione ribassata.



Caratteristiche geometriche:

LUCE: 3.53m

FRECCIA: 2.26m

NUMERO PIASTRE: 8 elementi

SPESSORE PIASTRE: 4.2 mm

La relazione di calcolo, facente parte del progetto esecutivo, verifica l'idoneità della tubazione facendo riferimento alla resistenza del giunto bullonato delle piastre.

La sezione di calcolo considerata è la medesima per tutti i manufatti ed ipotizza un'altezza di ricoprimento del terreno pari a 70 cm.



Alcuni altri aspetti della progettazione, invece, non sono stati specificati, come ad esempio il tipo di materiale che costituisce la tubazione, e le caratteristiche geometriche della lamiera.

Al fine di conoscere le informazioni mancanti, sono state programmate delle indagini specialistiche in sito, che hanno permesso di conoscere:

- Gli spessori residui delle lamiere (ammalorati nel corso degli anni)
- La tipologia di materiale utilizzato
- La geometria dell'opera, della lunghezza e del rivestimento di terreno

Tutte le informazioni relative le indagini condotte saranno esplicitate nel capitolo 5, mentre in Allegato A è possibile leggere l'intero report fornito dal laboratorio.

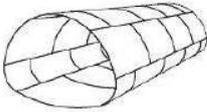
Le indagini hanno interessato gli attraversamenti 2-3-4, le cui condizioni di conservazione consentivano di eseguire le indagini in sicurezza.

Altre informazioni non esplicitate nel progetto esecutivo, sono state reperite dai cataloghi di tubazioni analoghe attualmente in commercio, adottando il criterio di analogia con luce e freccia dell'epoca:

- Determinazione della geometria della lamiera

Si è fatto riferimento ad una sezione, attualmente presente sul mercato, avente dimensioni e spessore del tutto simili a quella di progetto.

→ **onda 150 sezione ribassata tipo 1**



SPESSORE DELLA CONDOTTA mm						CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				PESO TEORICO CON BULLONERIA kg/m							
altezza del rilevato m						n° di piastre	n° spazi	Luce m	Freccia m	sezione m²	spessore mm						
min	1,01	2,51	4,01	5,51	7,01						2,5	3,5	4,0	4,5	5,5	6,0	7,0
+	+	+	+	+	+												
1,00	2,50	4,00	5,50	7,00	8,50												
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	22	1,85	1,40	2,05	200	246	286	308	399	422	467	
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	23	1,93	1,45	2,25	207	255	297	320	414	438	485	
2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	24	2,06	1,50	2,40	213	264	307	332	428	454	504	
2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	25	2,13	1,55	2,60	220	274	318	344	443	469	522	
2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	26	2,21	1,60	2,90	227	283	329	356	457	485	540	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	27	2,34	1,65	3,05	234	293	339	368	472	501	558	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	28	2,41	1,70	3,25	241	302	350	380	486	517	576	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	29	2,49	1,75	3,55	248	312	361	392	501	553	608	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	30	2,62	1,80	3,70	254	321	372	404	515	569	626	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	31	2,69	1,85	4,00	261	330	382	416	530	585	644	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	32	2,85	1,90	4,25	268	340	393	428	545	621	676	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	33	2,90	1,95	4,55	275	349	404	440	559	637	694	
3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	34	2,97	2,00	4,85	282	359	415	452	574	653	712	
3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	35	3,12	2,06	5,10	289	368	425	464	589	663	730	
3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	36	3,25	2,11	5,40	302	385	444	485	613	675	749	
3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	37	3,33	2,16	5,70	315	402	463	506	638	681	767	
4,0	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	38	3,48	2,21	5,95	321	411	474	518	652	697	785	
4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	39	3,53	2,26	6,20	328	421	484	530	667	712	803	
4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	40	3,61	2,31	6,60	335	430	495	541	681	728	821	
4,0	3,5	4,0	4,0	4,0	5,5	41	3,76	2,36	6,90	342	440	505	553	695	744	839	
4,0	3,5	4,0	4,0	4,5	5,5	42	3,81	2,41	7,25	348	449	516	565	710	760	858	
4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,5	43	3,87	2,46	7,50	357	460	528	578	725	796	889	
4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,5	44	3,91	2,51	7,90	362	468	538	590	739	812	907	
4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,5	45	3,95	2,56	8,30	369	478	549	602	754	828	926	
4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,5	46	3,99	2,62	8,65	376	487	560	614	769	843	944	
4,5	4,0	4,0	4,5	5,5	6,0	47	4,29	2,67	9,00	383	497	570	626	784	850	962	

LUCE e FRECCIA come da progetto esecutivo!

Spessore < spessore progetto: non tiene conto della zincatura!

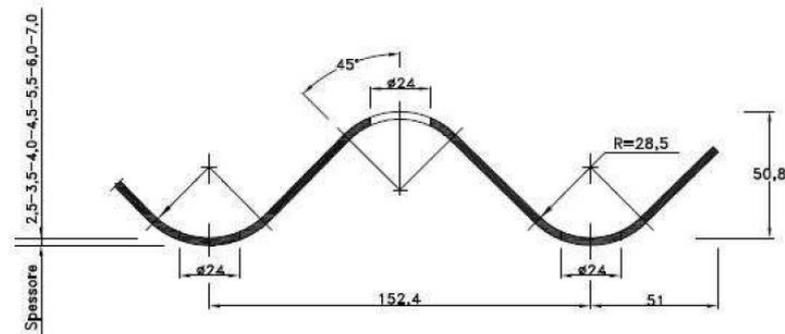


Figura 1: Geometria onda lamiera disponibile sul mercato

I manufatti 2-3-4 verranno verificati con le caratteristiche geometriche sopra descritte e con gli spessori attuali rilevati durante la campagna di indagini.

Per quanto concerne l'attraversamento 1, invece, già nel 2016 presentava le condizioni di degrado maggiori, per questo è stato fatto un puntellamento di messa in sicurezza a carico del Consorzio ed è già stato stabilito che deve essere dismesso, sostituendolo con uno nuovo o facendo un relining con una condotta nuova. → **PER TALE OPERA SARÀ' QUINDI REDATTA UNA SPECIFICA RELAZIONE DI CALCOLO.**

**LA PRESENTE RELAZIONE DI CALCOLO SI CONCENTRERÀ' QUINDI
ESCLUSIVAMENTE SULLA VERIFICA DEI MANUFATTI 2-3-4**

Osservazione sui carichi sismici:

In accordo con la Delibera D.G.R. 687/2011 il manufatto, avendo un diametro equivalente di 2.5m, rientra al punto A.2.6. tra gli interventi privi di rilevanza dal punto di vista sismico.

Per tale motivo non vengono assunte nel calcolo le azioni sismiche.



5. INDAGINE IN SITO

Come anticipato in premessa, le indagini specialistiche in sito avevano come obiettivo:

- a. definizione della qualità di materiale, definendone i parametri meccanici;
- b. determinazione dello stato manutentivo dei manufatti;
- c. determinazione della geometria dei manufatti metallici;

Relativamente al punto a. “determinazione della qualità dei materiali” sono stati prelevati 3 campioni (uno per ogni manufatto oggetto di analisi) che poi sono stati sottoposti a prova di trazione e composizione chimica:

ID	Provino					Snervamento	Rottura	
	Tipo di provino	Direzione	Largh. (a)	Spessore (b)	Sez. eff. (S _o)	f _y	f _t	A
			[mm]	[mm]	[mm ²]	[MPa]	[MPa]	[%]
1	F	L	20,5	4,0	82,0	317,1	418,3	22,0
2	F	L	20,0	4,0	80,0	393,8	518,8	26,0
3	F	L	20,0	4,0	80,0	375,0	510,0	22,0

La composizione chimica ottenuta è la seguente

No.	Descrizione campione	COMPONENTI CHIMICI												
		C	Cr	Mo	V	Ni	Mn	Cu	Si	Al	Ti	Nb	Co	CEV
		[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]
1	1 - Tubo sito a Dosso	0,298	0,014	<0,002	<0,002	0,07	0,927	0,117	0,105	0,027	0,003	<0,002	<0,002	0,4678
2	2 - Tubo sito a Corporeno	0,278	0,008	<0,002	<0,002	0,056	0,557	<0,002	0,057	0,009	<0,002	<0,002	<0,002	0,3762
3	3 - Tubo sito a Cento	0,149	0,015	<0,002	<0,002	0,056	0,506	0,008	0,024	0,011	<0,002	<0,002	<0,002	0,2406

I risultati ottenuti sulla composizione chimica degli acciai permettono di rilevare un tenore di carbonio variabile tra 0.149% e 0.298%. Si trae pertanto la conclusione che si tratti di un acciaio dolce ($0.15\% < C < 0.30\%$) e non di un acciaio armco ($C < 0.01\%$).

La prova di trazione è stata eseguita in ottemperanza alla UNI 6892-1 e sulla base delle resistenze a rottura ottenute, si è proceduto alla classificazione degli acciai secondo la UNI 10025-2:2004 (S235/S355) anche se il corrispondente tenore di carbonio è leggermente fuori dal range previsto per le diverse tipologie di acciaio.



I risultati ottenuti per i 3 provini sono i seguenti:

Analizzando i risultati delle prove di trazione si ottiene:

- **Provino 1** → Classe di resistenza S235 (Fe360);
- **Provino 2** → Classe di resistenza S355 (Fe510);
- **Provino 3** → Classe di resistenza S355 (Fe510).

Le caratteristiche degli acciai riportati nella norma sono i seguenti:

Qualità materiale	S235JR (Fe 360 BFN)
Norma di riferimento	EN 10025-2: 2004
Numero	1.0038

Composizione chimica							
C%	Si%	Mn%	P%	S%	N%	Cu%	
max		max	max	max	max	max	
0,17 ^{c)}	--	1,40	0,035	0,035	0,012 ^{a)}	0,40	Analisi di colata
0,19 ^{c)}	--	1,50	0,045	0,045	0,014 ^{b)}	0,45	Analisi di prodotto
Metodo di disossidazione FN acciaio effervescente non ammesso							
^{c)} per spessori > 40 mm fino a 100 mm max 0.20 in colata / 0.23 sul prodotto							
^{c)} per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato							
^{a)} il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.020\%$							
^{b)} il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.015\%$							

Qualità materiale	S275JR (Fe 430 B)
Norma di riferimento	EN 10025-2: 2004
Numero	1.0044

Composizione chimica							
C%	Si%	Mn%	P%	S%	N%	Cu%	
max		max	max	max	max	max	
0,21 ^{c)}	--	1,50	0,035	0,035	0,012 ^{a)}	0,40	Analisi di colata
0,24 ^{c)}	--	1,60	0,045	0,035	0,014 ^{b)}	0,45	Analisi di prodotto
Metodo di disossidazione FN acciaio effervescente non ammesso							
^{c)} per spessori > 40 mm fino a 100 mm max 0.22 in colata / 0.25 sul prodotto							
^{c)} per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato							
^{a)} il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.020\%$							
^{b)} il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.015\%$							

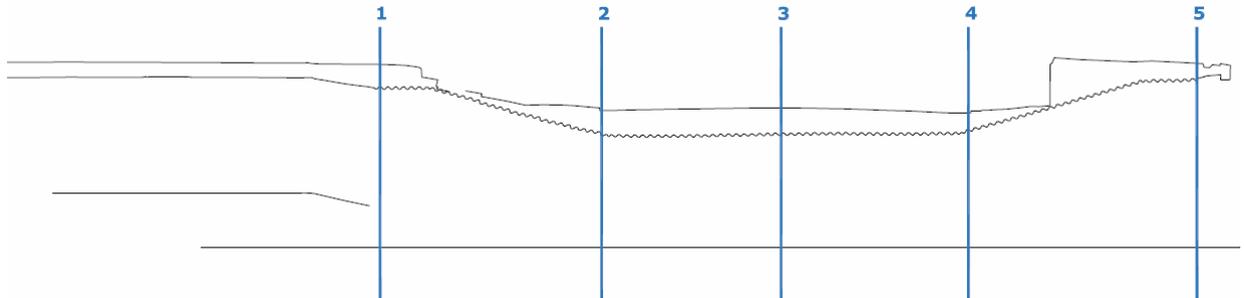
Qualità materiale	S355J2 (Fe 510 D)
Norma di riferimento	EN 10025-2: 2004
Numero	1.0577

Composizione chimica							
C%	Si%	Mn%	P%	S%	N%	Cu%	
max	max	max	max	max		max	
0,20 ^{a)}	0,55	1,60	0,025	0,025	--	0,40	Analisi di colata
0,23 ^{a)}	0,60	1,70	0,035	0,035	--	0,45	Analisi di prodotto
Metodo di disossidazione FF acciaio completamente calmato							
^{a)} max 0.22 per analisi di colata, max 0.24 per analisi di prodotto per spessori > 30 fino a 100 mm							
^{a)} per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato							

Relativamente il punto **b**. “determinazione dello stato manutentivo dei manufatti” si è fatto specifico riferimento allo spessore residuo delle lamiere, misurato con spessimetro ultrasonico.



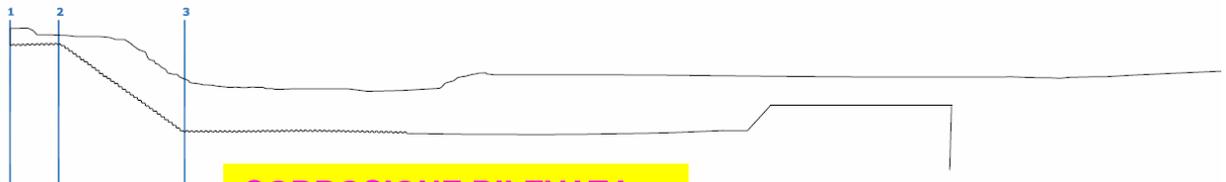
TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI



RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER						
misure in mm						
SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	4,80	4,60	4,60	4,50	4,50	4,50
2	4,30	4,40	4,60	4,50	4,00	—
3	4,10	4,40	4,50	4,40	4,10	—
4	4,40	4,60	4,60	4,20	4,40	—
5	4,60	4,60	4,60	4,50	3,80	3,80

MINIMO SPESSORE RILEVATO

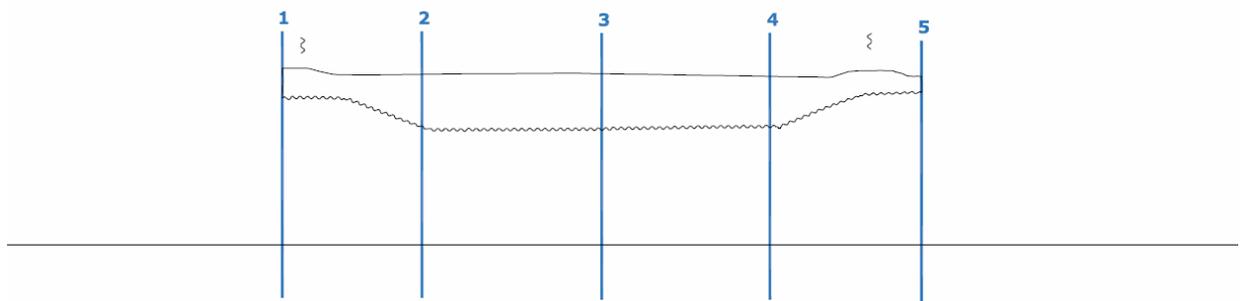
TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI



CORROSIONE RILEVATA

RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER						
misure in mm						
SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	3,3 corroso	4,60	4,60	4,50	4,20	4,20
2	4,50	4,40	4,60	4,10	4,60	—
3	4,60	4,60	4,60	4,20	4,20	—

TUBO FINSIDER A CENTO





RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER						
misure in mm						
SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	4,40	4,60	4,20	4,40	4,40	—
2	4,60	4,60	4,60	4,60	4,20	4,20
3	4,00	4,20	4,50	4,00	4,10	—
4	4,00	4,00	4,40	5,00	3,70	—
5	4,60	4,30	4,90	4,50	4,40	3,80

**MINIMO SPESSORE
RILEVATO**

Gli spessori rilevati sono in molti punti superiori ai 4.2 mm dichiarati nel progetto, probabilmente per effetto delle zone di sovrapposizione tra le piastre.

D'altro canto, in certi punti vengono rilevati spessori <4.2 mm, ma non si scende mai sotto i 3.7 mm fatta esclusione di un punto dove si arriva a 3.3mm e si segnala la presenza di corrosione.

Quella zona andrà riparata localmente mediante la saldatura di piatti metallici della stessa tipologia di acciaio rispetto a quella esistente.

Relativamente il punto c. "Determinazione della geometria dei manufatti metallici" è stato fatto un rilievo con laser scanner che ha permesso di individuare la geometria dell'opera e il ricoprimento di terreno esistente. Tutti i disegni ottenuti dal rilievo sono riportati in Allegato A alla presente relazione.

6. RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO

Sulla base di quanto contenuto nel progetto esecutivo, nelle indagini specialistiche condotte in sito, e nelle indagini di letteratura e di mercato, è stato possibile ricostruire le sezioni trasversali di ogni singolo manufatto.

La sezione trasversale del tubo è la medesima per tutti i manufatti ed è stata ricostruita in Figura 2.

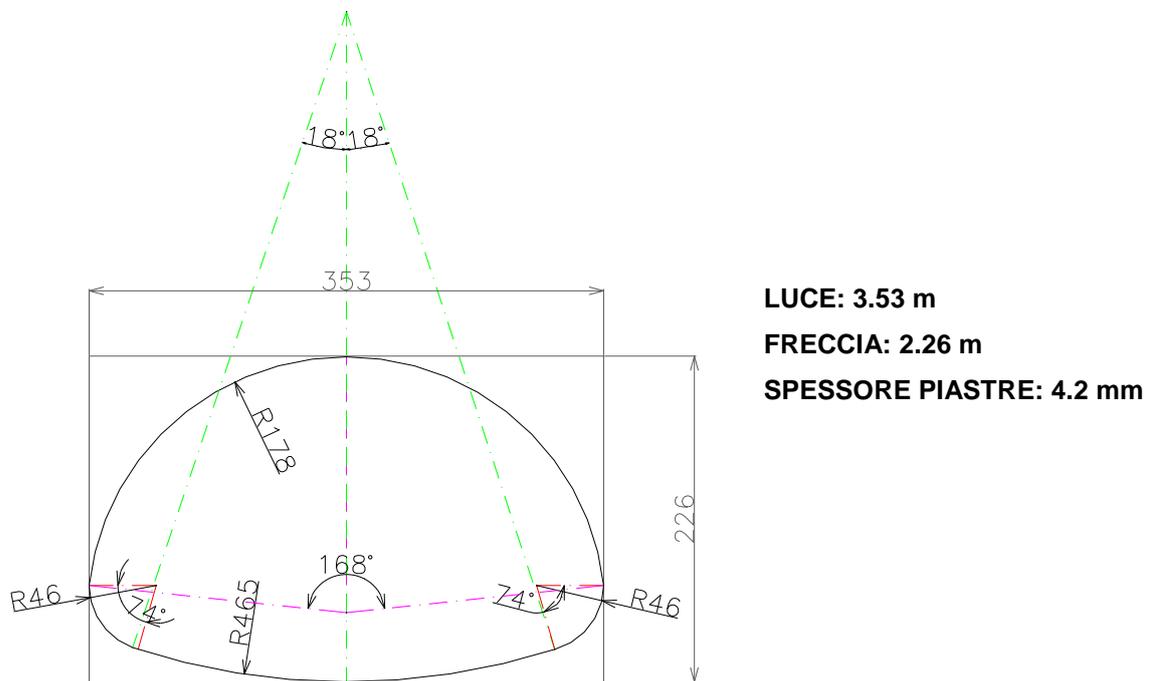
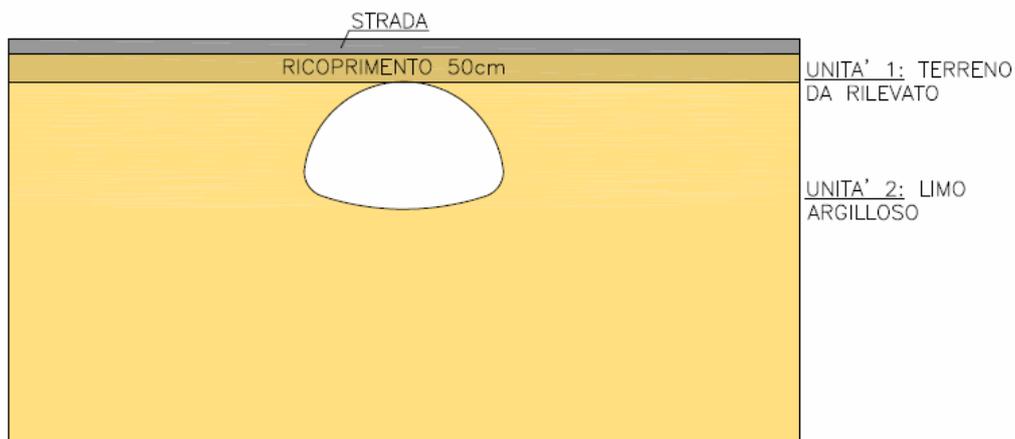


Figura 2: Sezione finsider di progetto - ricostruzione da progetto dell'epoca

Di seguito saranno invece rappresentate le sezioni trasversali di calcolo di ciascuno dei manufatti oggetto di verifica.

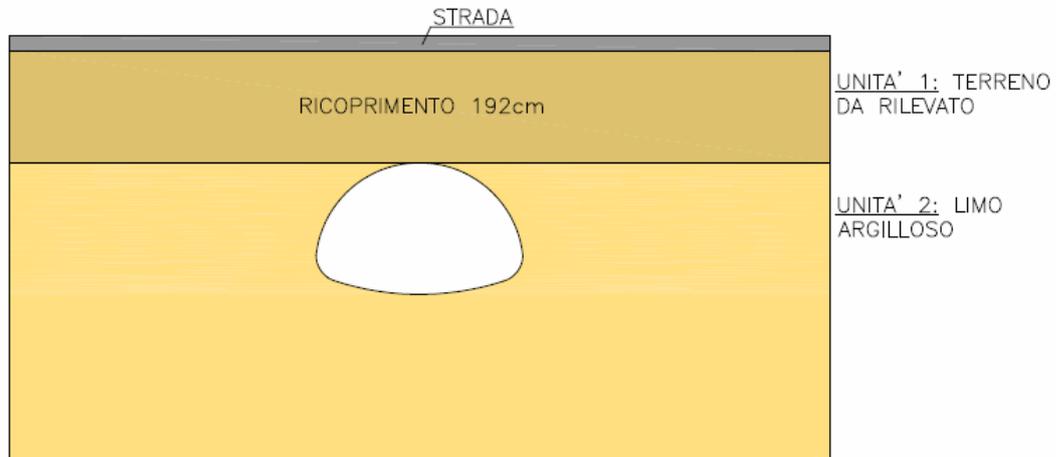
TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI



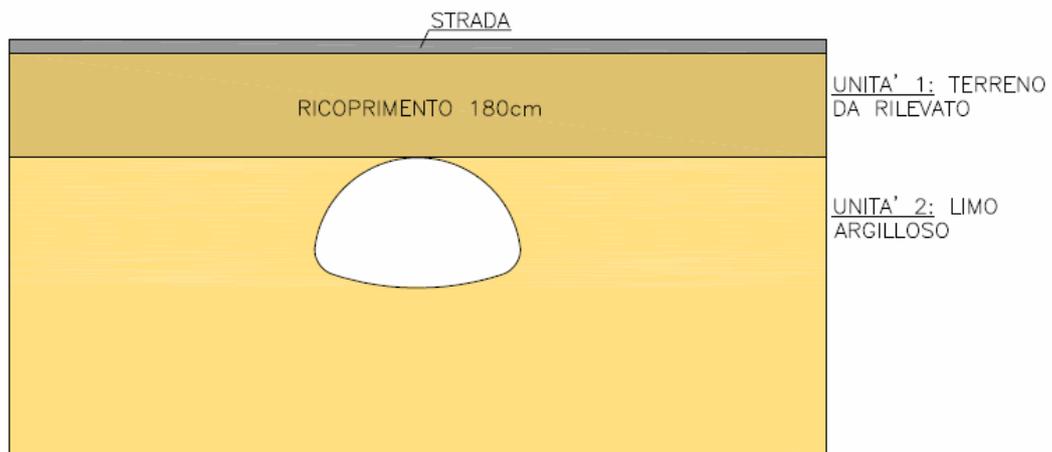


TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI

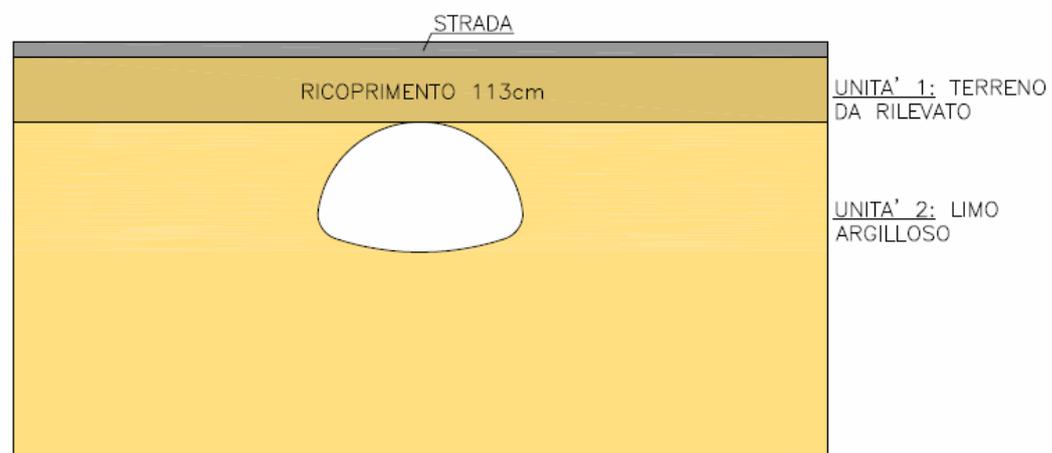
CASO 1



CASO 2



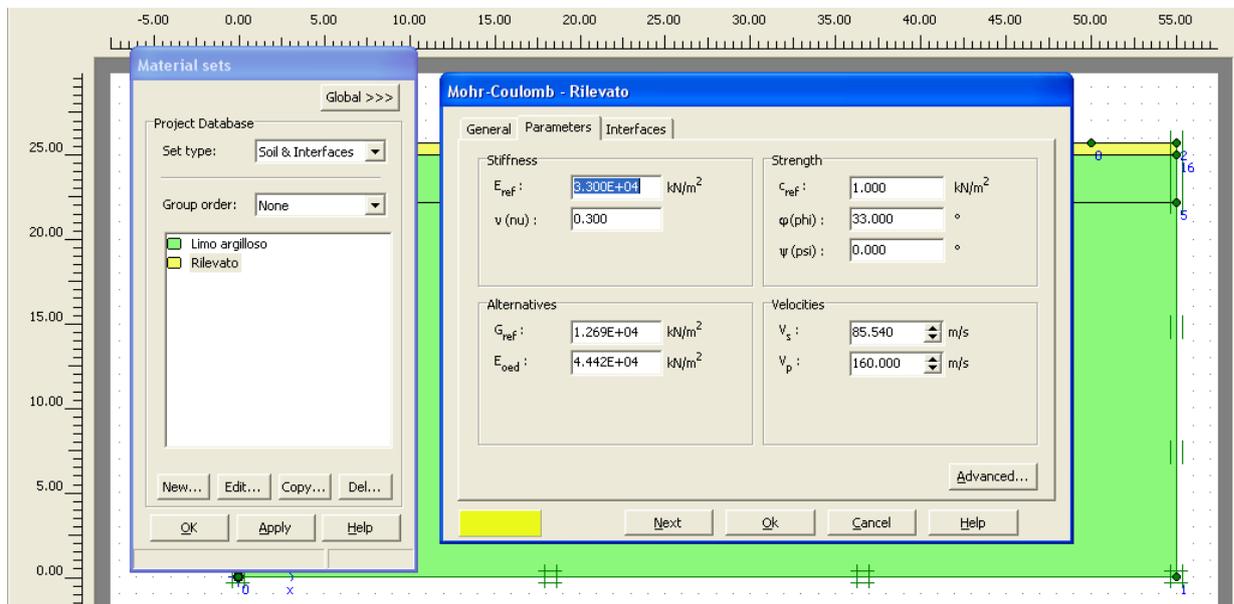
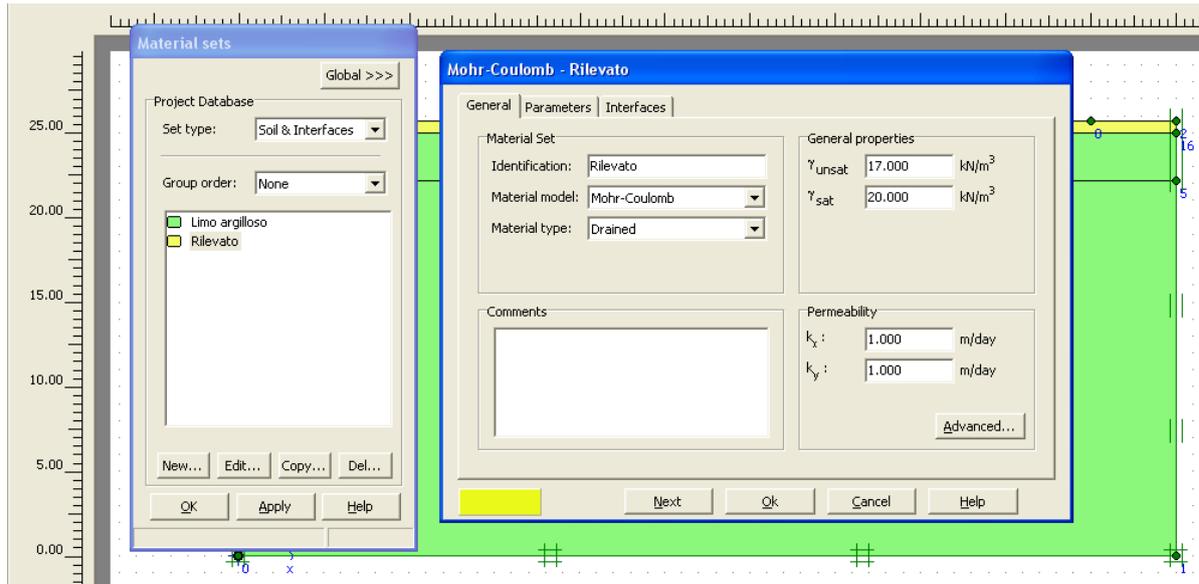
TUBO FINSIDER A CENTO





Per quanto concerne le caratteristiche del terreno esistente, è stato assunto un unico strato costituito da limo argilloso tipico delle zona in esame, mentre per il terreno di ricoprimento e allettamento si è fatto riferimento a quanto contenuto nel progetto esecutivo.

UNITA' 1: RILEVATO (allettamento e ricoprimento tuto)





UNITA' 2: limo argilloso - terreno in sito

The screenshot shows the 'Material sets' dialog box and the 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' parameter dialog box. The 'Material sets' dialog is on the left, showing a list of material sets: 'Limo argilloso' (green) and 'Rilevato' (yellow). The 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' dialog is on the right, with the 'General' tab selected. It contains the following data:

Property	Value	Unit
Identification	Limo argilloso	
Material model	Mohr-Coulomb	
Material type	Drained	
γ_{unsat}	16.000	kN/m ³
γ_{sat}	18.000	kN/m ³
k_x	1.000E-03	m/day
k_y	1.000E-03	m/day

The screenshot shows the 'Material sets' dialog box and the 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' parameter dialog box. The 'Material sets' dialog is on the left, showing a list of material sets: 'Limo argilloso' (green) and 'Rilevato' (yellow). The 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' dialog is on the right, with the 'Parameters' tab selected. It contains the following data:

Property	Value	Unit
E_{ref}	2.000E+04	kN/m ²
ν (nu)	0.350	
C_{ref}	5.000	kN/m ²
ϕ (phi)	25.000	°
ψ (psi)	0.000	°
G_{ref}	7407.407	kN/m ²
E_{oed}	3.210E+04	kN/m ²
V_s	67.360	m/s
V_p	140.200	m/s

7. TARATURA DEL MODELLO

Si è scelto di analizzare il problema con il programma Plaxis, e si è resa necessaria una fase preliminare di taratura del modello, che consiste nella ricostruzione della sezione di calcolo dell'epoca e nell'ottenimento dei medesimi risultati di progetto (ved. relazione di calcolo Allegato B).

7.1 Ricostruzione della sezione di progetto dell'epoca

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: la sezione di progetto è caratterizzata da una altezza di ricoprimento del terreno pari a 70 cm.

CARICHI STRADALI: i carichi esplicitati nella relazione di calcolo dell'epoca sono i seguenti.

Rimorchio= 18 ton;

Area di applicazione del carico = $(2.635+1.4) \cdot (0.23+1.4) = 6.58 \text{ mq}$ (ved. Figura 3)

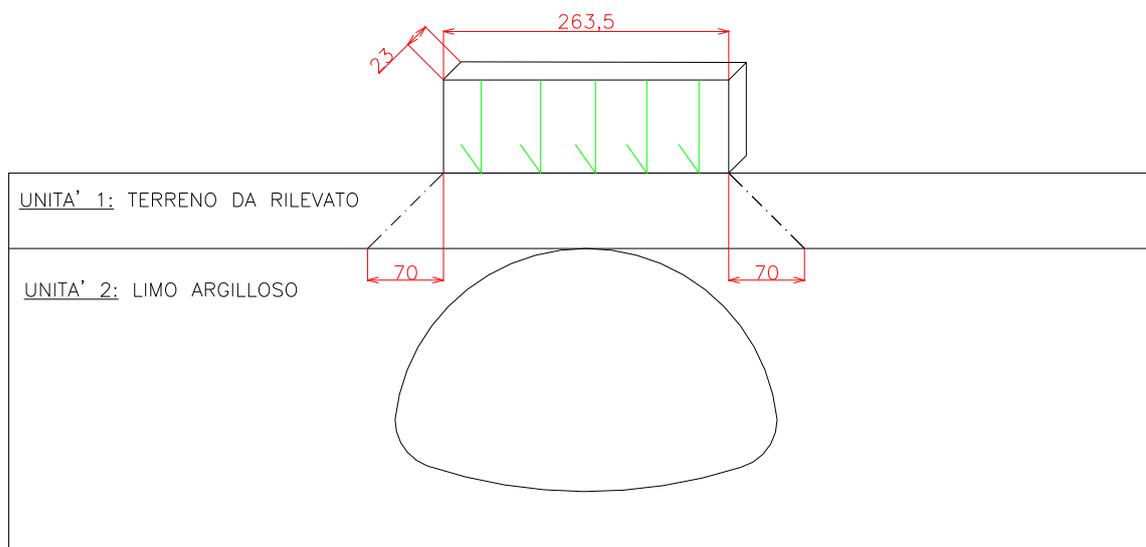


Figura 3: Applicazione carico stradale - rimorchio

Pertanto si ha:

$$18.000/6,58 = 2735,5 \text{ kg/mq} = 27 \text{ kN/mq}$$

$$2 \text{ assi affiancati} = 27 \times 2 = 54 \text{ kN/mq}$$

Poiché inoltre si tratta di azioni dinamiche, all'epoca di moltiplicava per un fattore 1,39 la sollecitazione ottenuta, pertanto:

$$54 \times 1,39 = 75,06 \text{ kN/mq}$$



La relazione dell'epoca fa anche riferimento alla teoria indefinita degli autocarri per cui si ha:

$$\text{Peso autocarro} = 4.170 \text{ kg/mq} = 41,7 \text{ kN/mq}$$

Carico permanentemente portato:

$$\text{Peso terreno portato} = 0,7 \times 18 = 12,6 \text{ kN/mq}$$

Pertanto si ha:

$$75,06 + 41,7 + 12,6 = 129,36 \text{ kN/mq}$$

Il calcolo della sollecitazione di compressione agente sulla struttura per unità di lunghezza è data dalla seguente relazione:

$$C = P \times L/2$$

Dove:

C: è la sollecitazione di compressione per unità di lunghezza;

L: luce della struttura;

P: pressione unitaria applicata;

Nel caso in oggetto si ha:

$$C = 129,36 \times 3,53/2 = 228,32 \text{ KN/M} \rightarrow \text{sollecitazione di compressione per u. di lunghezza}$$

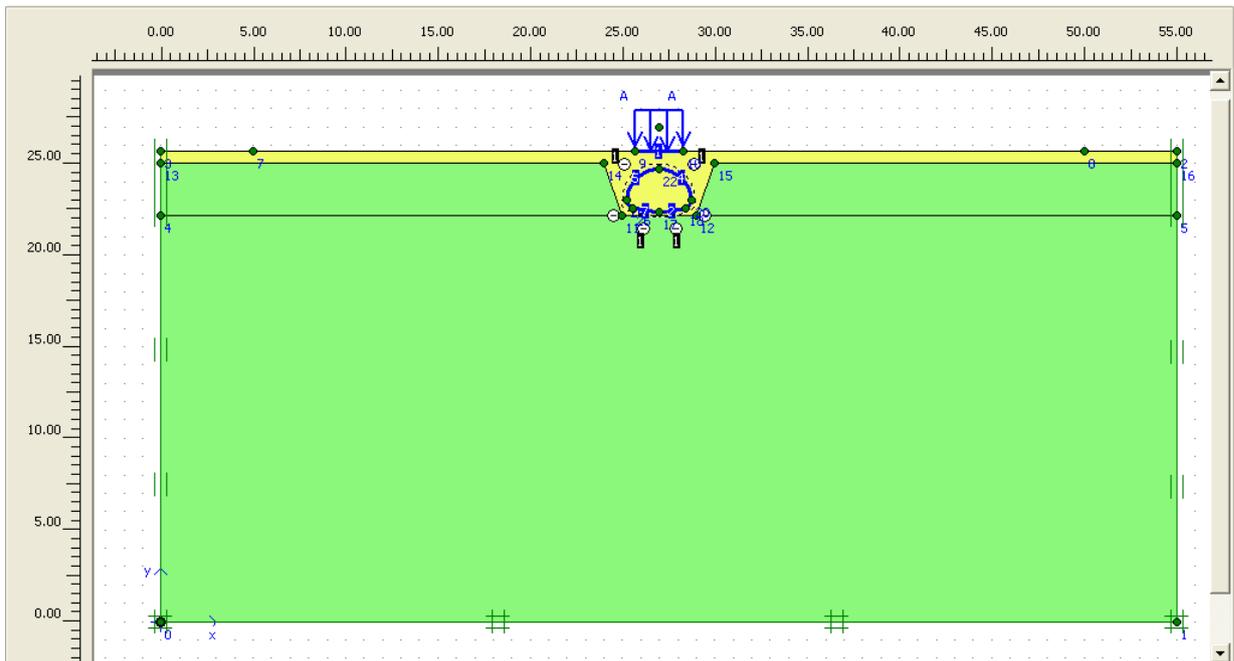


7.2 Rappresentazione della sezione in Plaxis

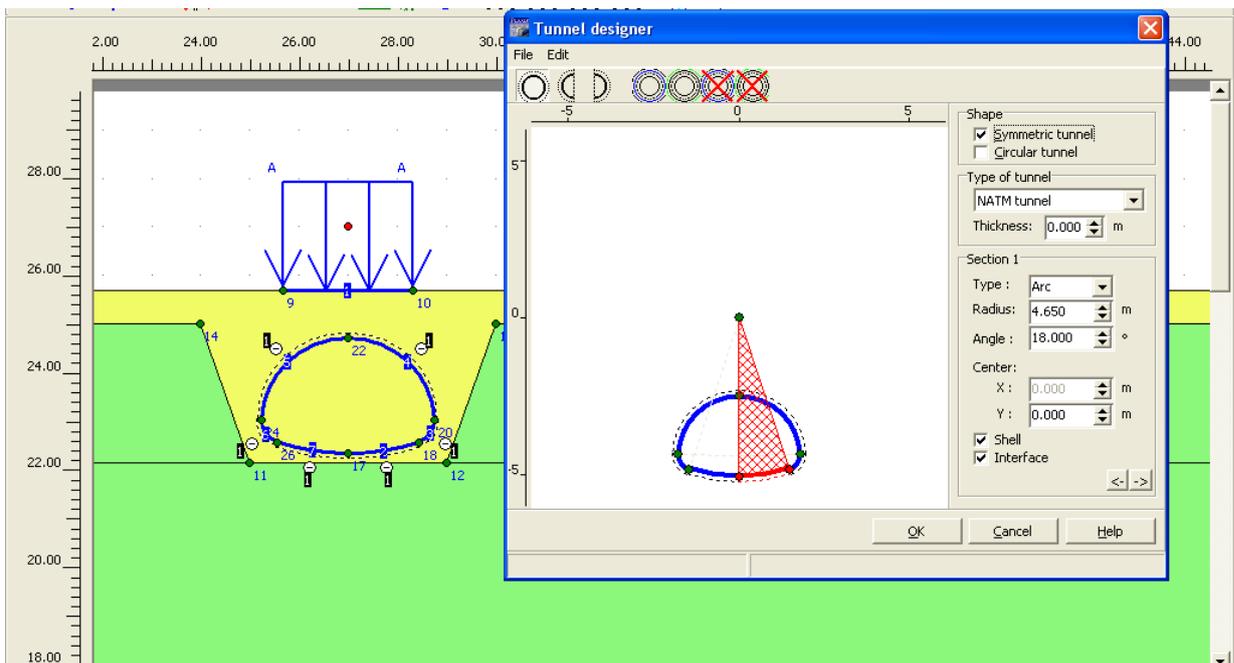
Plaxis è un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche.

Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazioni piane o a condizioni di assialsimmetria.

Caratteristiche Geometriche della sezione: Ricoprimento di progetto pari a 70 cm

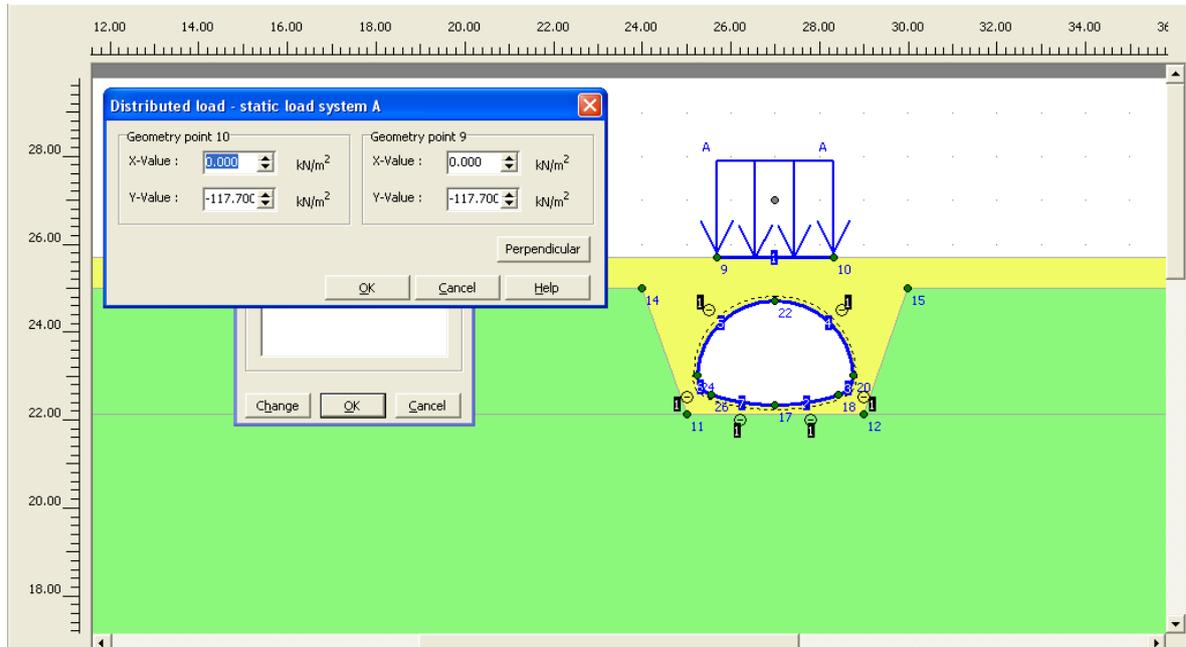


Sezione tipo Finsider come indicato in Figura 2.

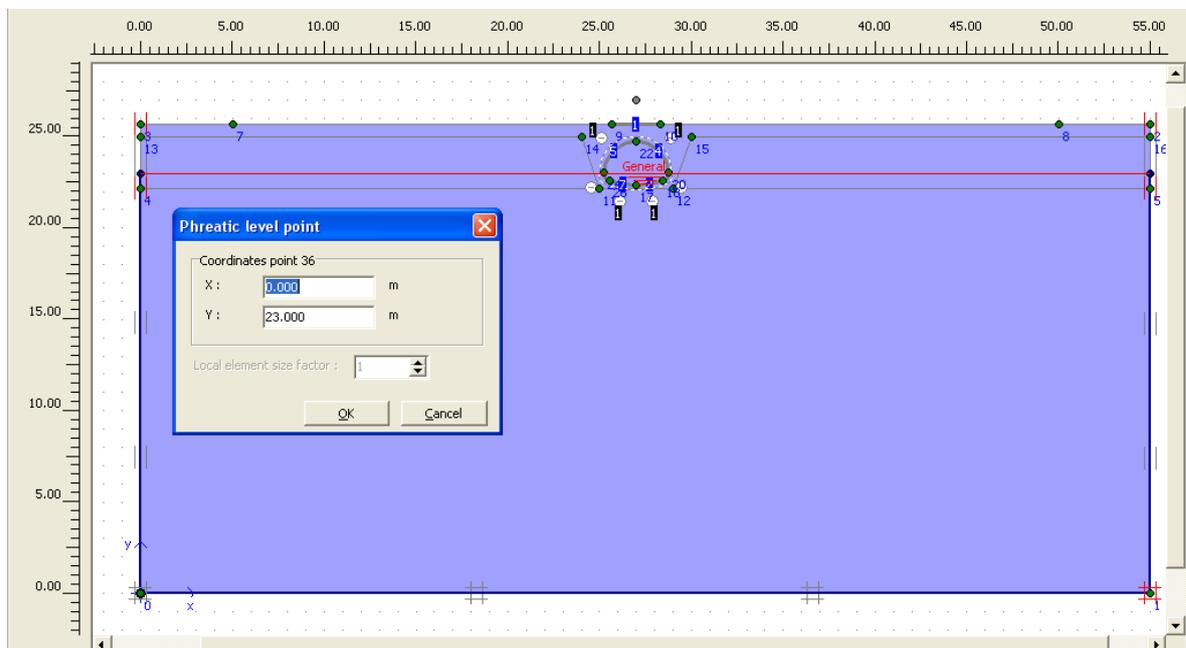


I **carichi** agenti sulla sezione sono modellati come “*Distributed loads*” e sono di seguito specificati:

Carico Rimorchio+ Carico Autocarro

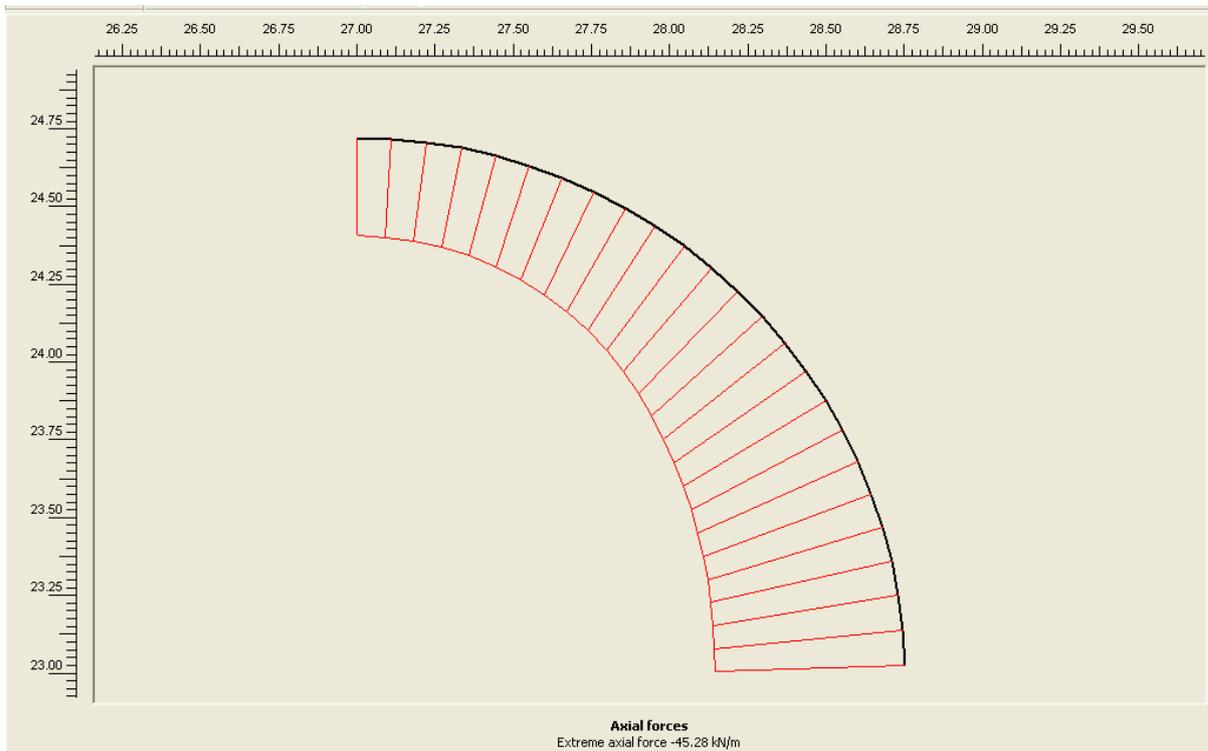


Dal punto di vista geotecnico, sono stati identificati i due strati di terreno di cui al capitolo 6 e la **falda** è stata impostata a una profondità di -2 m da p.c.

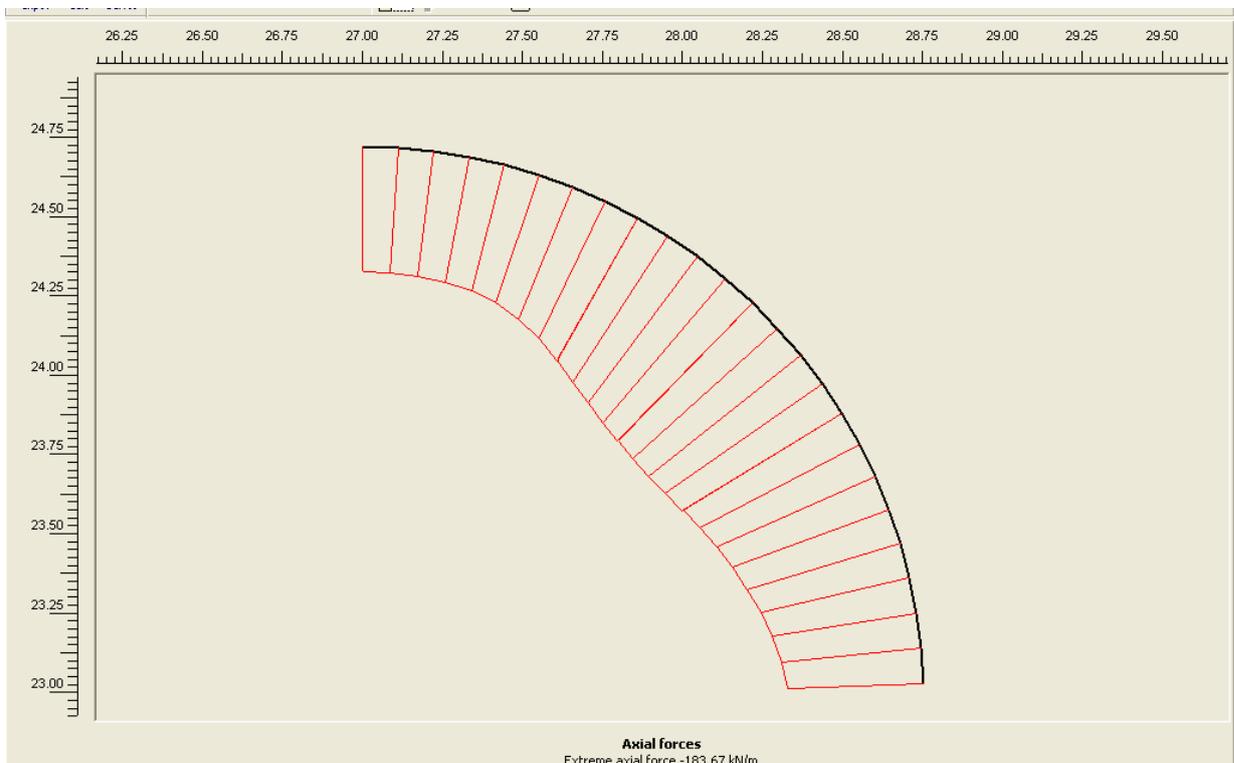


I risultati ottenuti dalla modellazione vengono valutati in relazione allo sforzo assiale registrato sulla parete del Finsider:

Sforzo Assiale dovuto al peso del terreno:



Sforzo Assiale dovuto al carico stradale:



Tali componenti devono essere sommate tra loro, pertanto si ha:

$46+183=229$ kN/m → valore uguale a quanto ottenuto nel progetto dell'epoca.

La taratura è soddisfacente pertanto verranno usati i medesimi criteri per le sezioni di calcolo.



8. VERIFICHE DI RESISTENZA

8.1 Verifica di resistenza dell'epoca di costruzione

All'epoca di costruzione della struttura, è stata fatta una verifica basata sulla resistenza dei bulloni, che nel caso in oggetto è pari a 120.000 kg/m. Tale valore dipende sia dal tipo di bulloni, che dal numero di bulloni per metro lineare, che dallo spessore della piastra.

Per valutare il fattore di sicurezza, si è quindi fatto il rapporto tra resistenza dei bulloni e azione assiale agente sulla lamiera:

Fattore di sicurezza $FS = 1.200/229 = 5,24$ – La sezione risultava **VERIFICATA**

8.2 Verifica di resistenza allo stato attuale

Considerando lo stesso approccio utilizzato all'epoca di costruzione dei manufatti, a parità di tipo e numero di bulloni, la resistenza dei bulloni viene ridotta della stessa percentuale di riduzione dello spessore della lamiera.

Considerando la massima riduzione di spessore, si ha:

Spessore progetto dell'epoca: 4,2 mm

Spessore **minimo** condizione attuale: 3,7 mm

$3,7/4,2 = 0,88$ → la resistenza dei bulloni verrà quindi ridotta di un coefficiente pari a **0,88**

$120.000 \times 0,88 = 105.714$ kg/m → resistenza attuale dei bulloni

Nei prossimi capitoli, verrà fatta la modellazione delle sezioni indicate in premessa, con i carichi caratteristici delle NTC 2018. La verifica di resistenza sarà condotta in tensioni ammissibili confrontando le sollecitazioni ottenute con il valore di resistenza ridotto dei bulloni.



9. TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI

9.1 Premessa

In questo capitolo verrà eseguita la modellazione del manufatto così come indicato nel capitolo 7, fatta esclusione per i carichi di progetto, per i quali si seguiranno le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

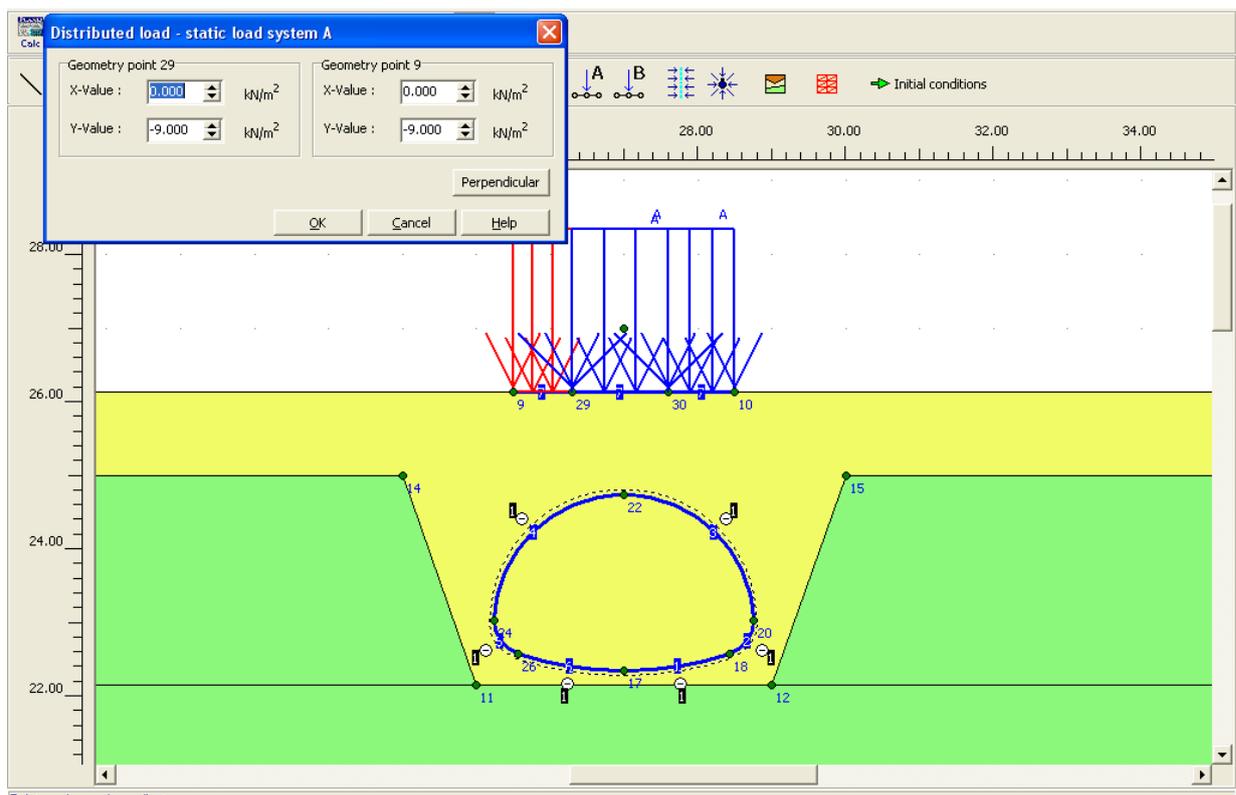
Va comunque specificato che l'analisi condotta si limita ai soli CARICHI STATICI, escludendo quindi l'azione dinamica dovuta al sisma.

9.2 Analisi dei carichi

I carichi di progetto sono quelli mobili indicati al capitolo 5.1.3.3.5 delle NTC 2018 per ponti di I categoria.

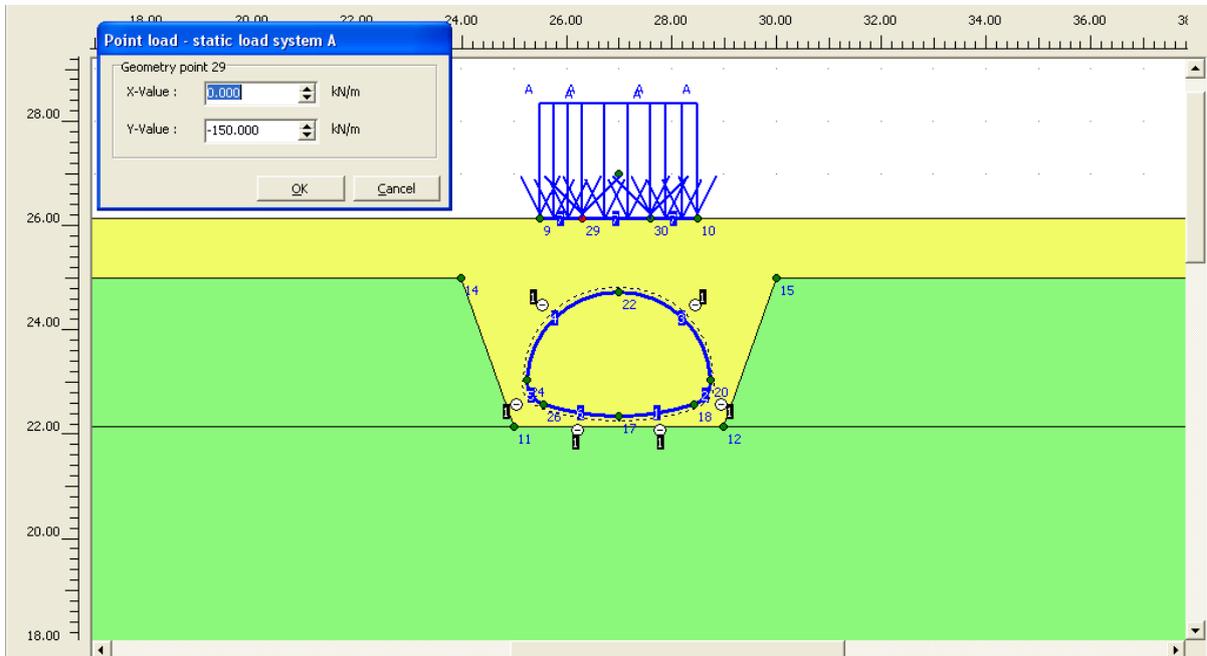
CARICO DISTRIBUITO → 9 kN/mq

Il carico è stato applicato per una lunghezza di $L=3\text{m}$ in modo che venga applicato solo sulla parte superiore del tubo (considerando quindi la condizione più gravosa: se il carico fosse stato applicato per una lunghezza maggiore si sarebbero registrate delle spinte laterali).





CARICO TANDEM → Sono state applicate due forze $F = 300 \text{ kN}$ ad interasse $i = 1,2 \text{ m}$, pertanto:
 $P = 300/2 = 150 \text{ kN}$



9.3 Geometria della sezione

Per i ricoprimenti di terreno vale quanto specificato nel capitolo 6.

$H_{\text{ricoprimento}} = 50 \text{ cm}$

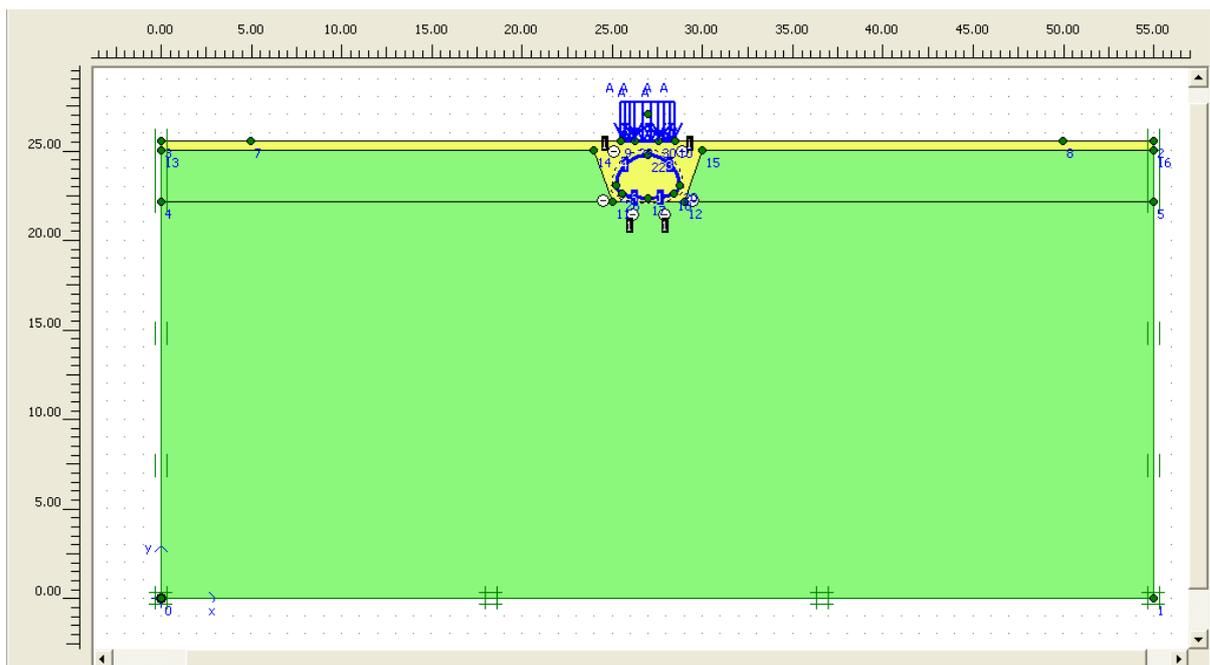


Figura 4: Modello geometrico manufatto località Dosso.



La falda è stata impostata a -2m da p.c.

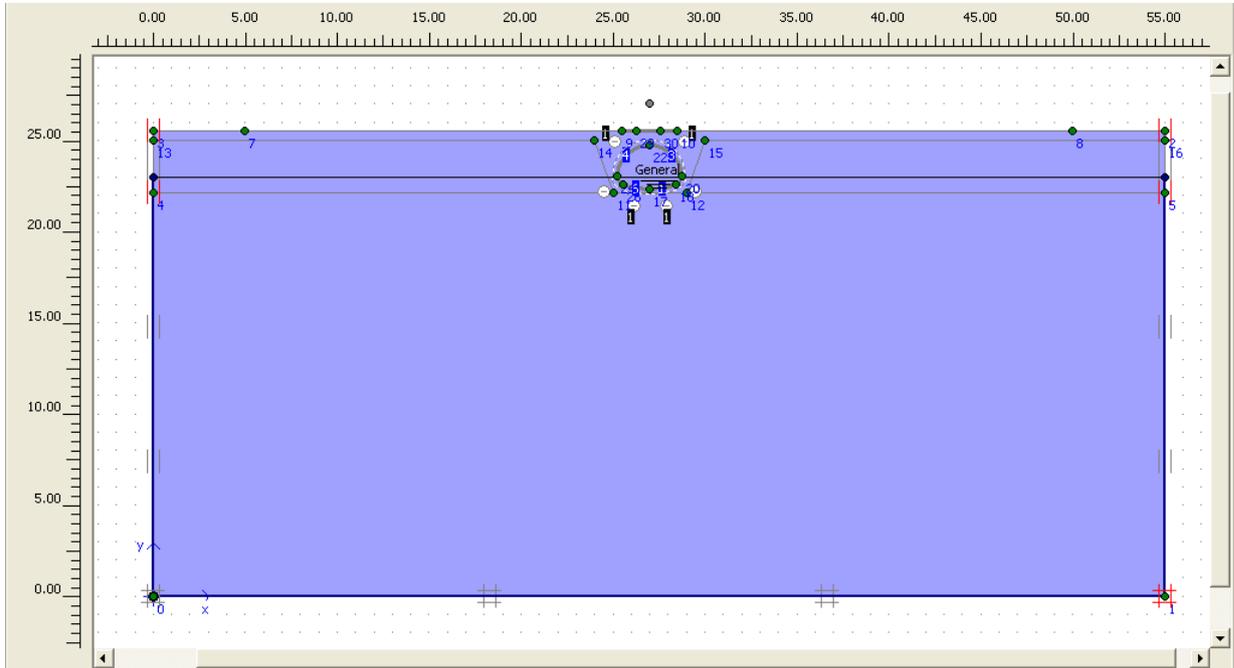


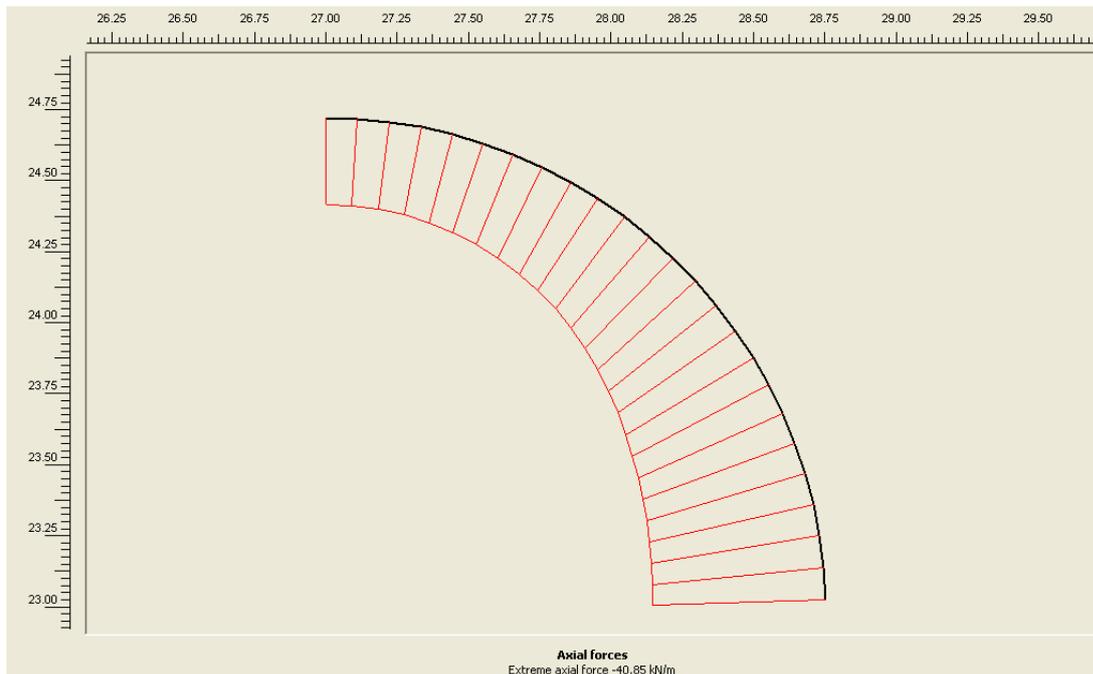
Figura 5: Posizione falda manufatto località Dosso.



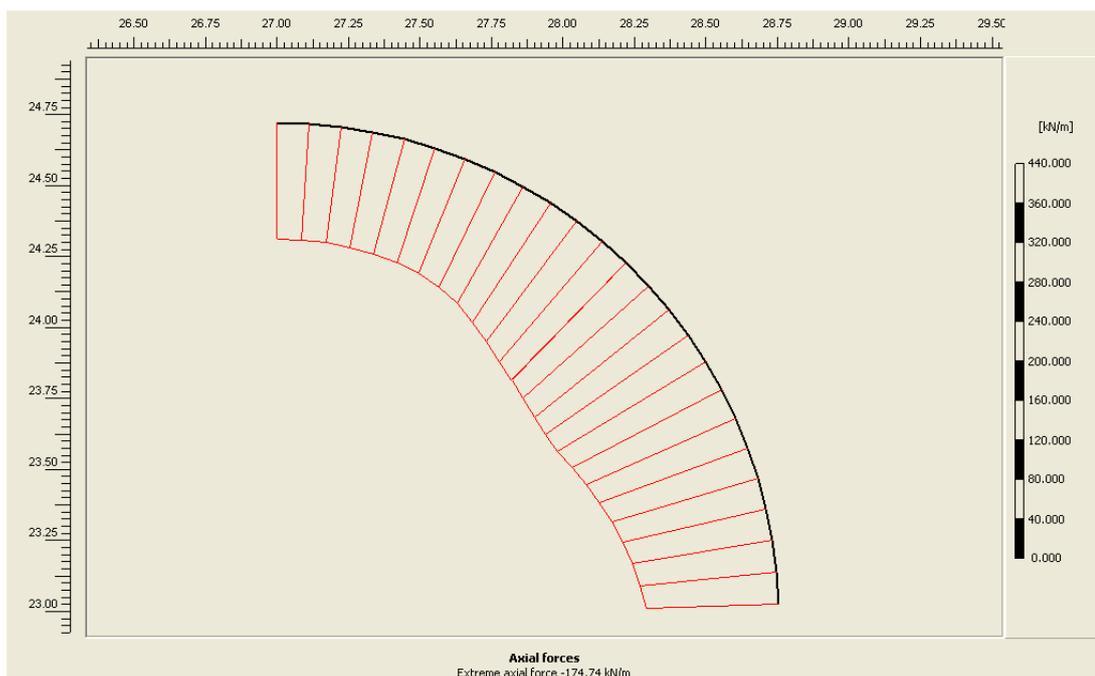
9.4 Verifica di sicurezza

Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale



Sforzo assiale di progetto:



$40,85+174,74=215.59 \text{ kN/m} =21.559 \text{ kg/m}$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

105.714 kg/m

Fattore di sicurezza

$105.714 / 21.559=4,90 \rightarrow$ FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE



10. TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI

10.1 Premessa

Anche per tale manufatto valgono tutte le ipotesi di progetto di cui al capitolo 9.1 e 9.2.

10.2 Geometria della sezione

Per questo manufatto sono stati studiati due casi:

CASO 1: ricoprimento 192 cm

CASO 2: ricoprimento 180 cm

Entrambi sono stati modellati in Plaxis e per entrambi è stato eseguita la verifica di resistenza.

CASO 1

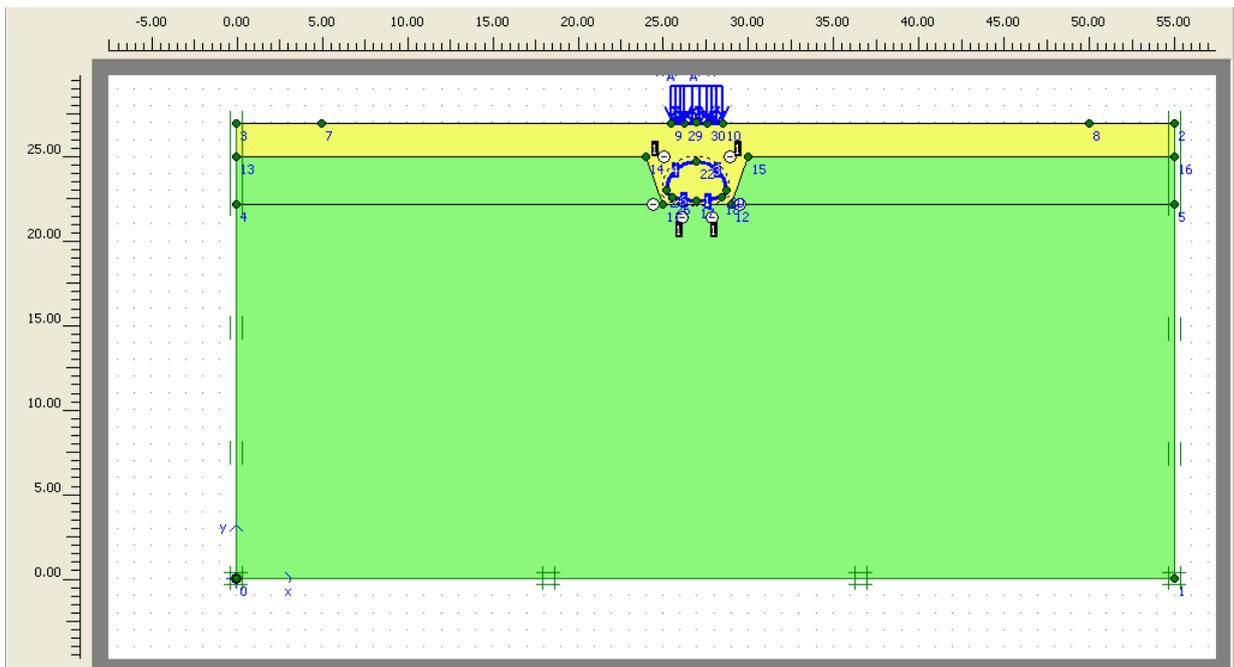


Figura 6: Modello geometrico manufatto località Corporeno – Caso 1



CASO 2

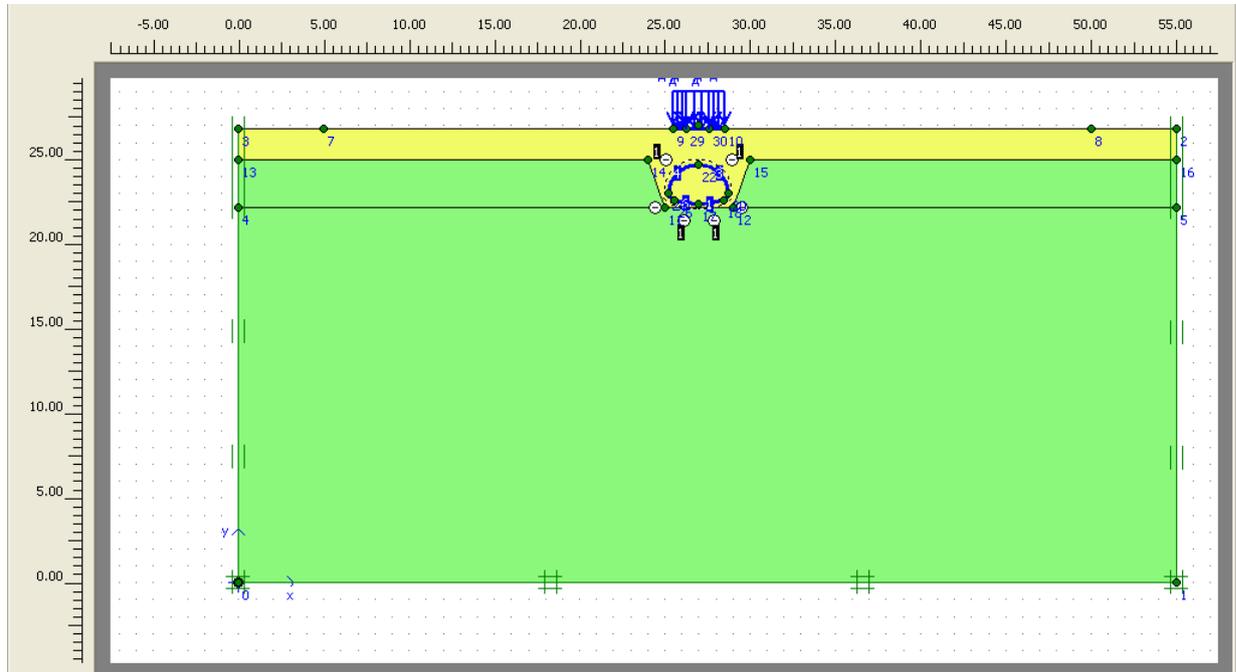


Figura 7: Modello geometrico manufatto località Corporeno – Caso 2

In entrambi i casi la falda è stata impostata a -2m da p.c.

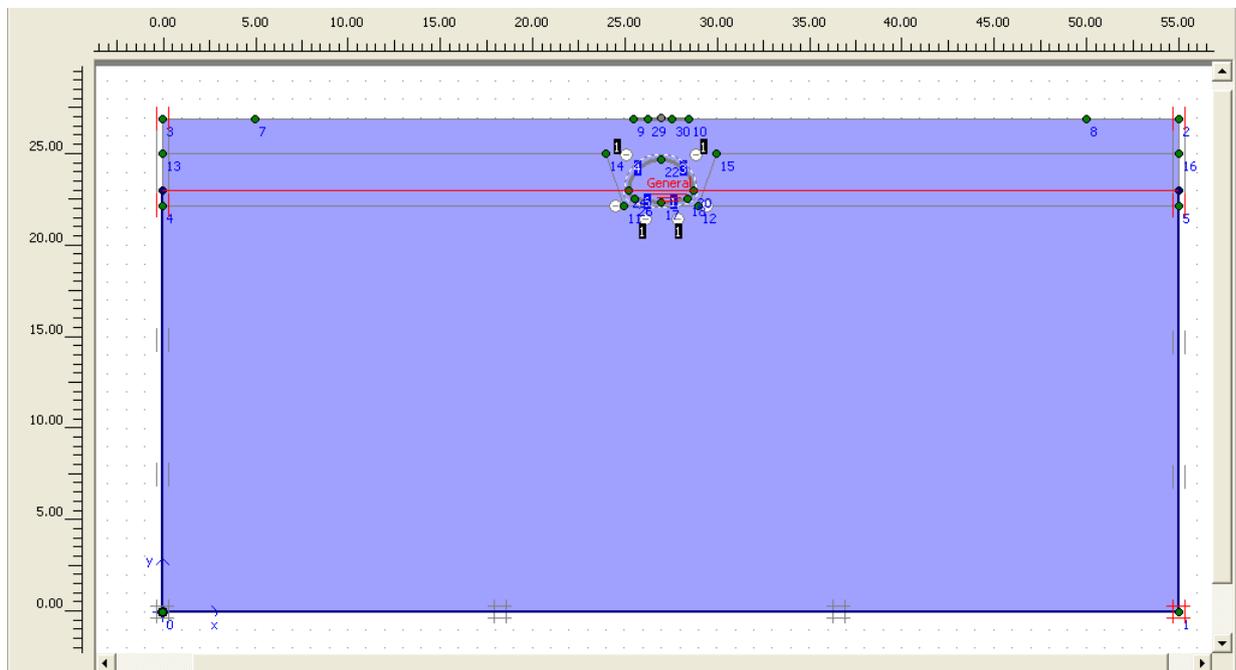


Figura 8: Posizione falda manufatto località Corporeno – Caso 1 Caso 2

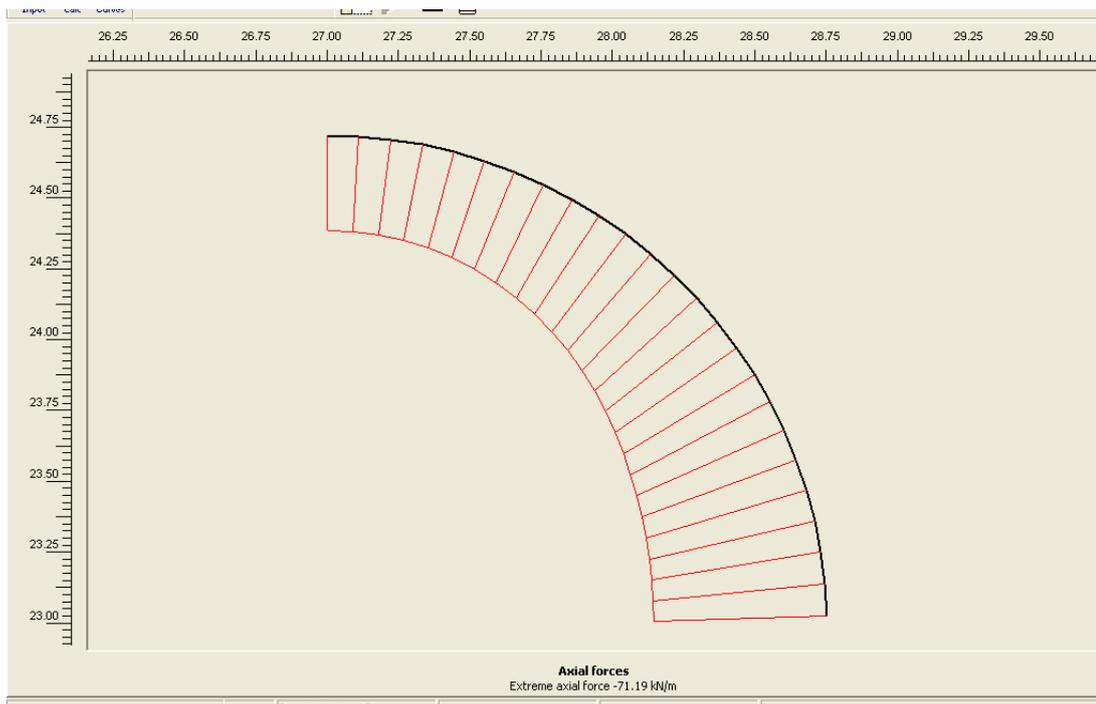


10.3 Verifica di resistenza

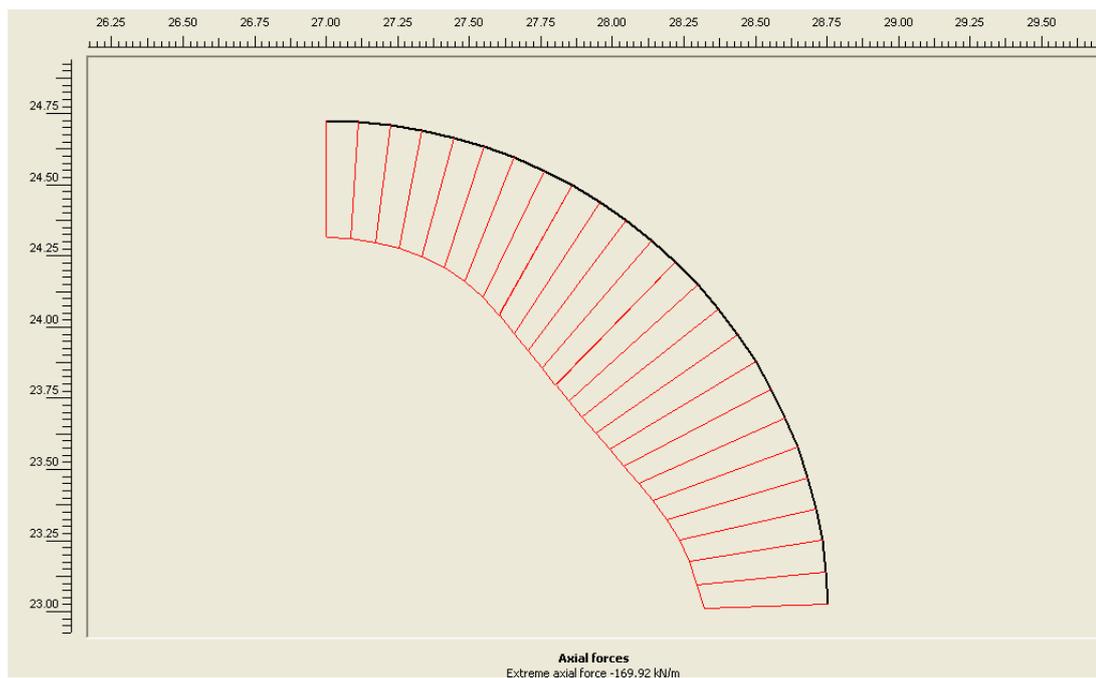
Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

CASO 1

SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale





Sforzo assiale di progetto:

$$71,19+192,92=264,11 \text{ kN/m} = 26.411 \text{ kg/m}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

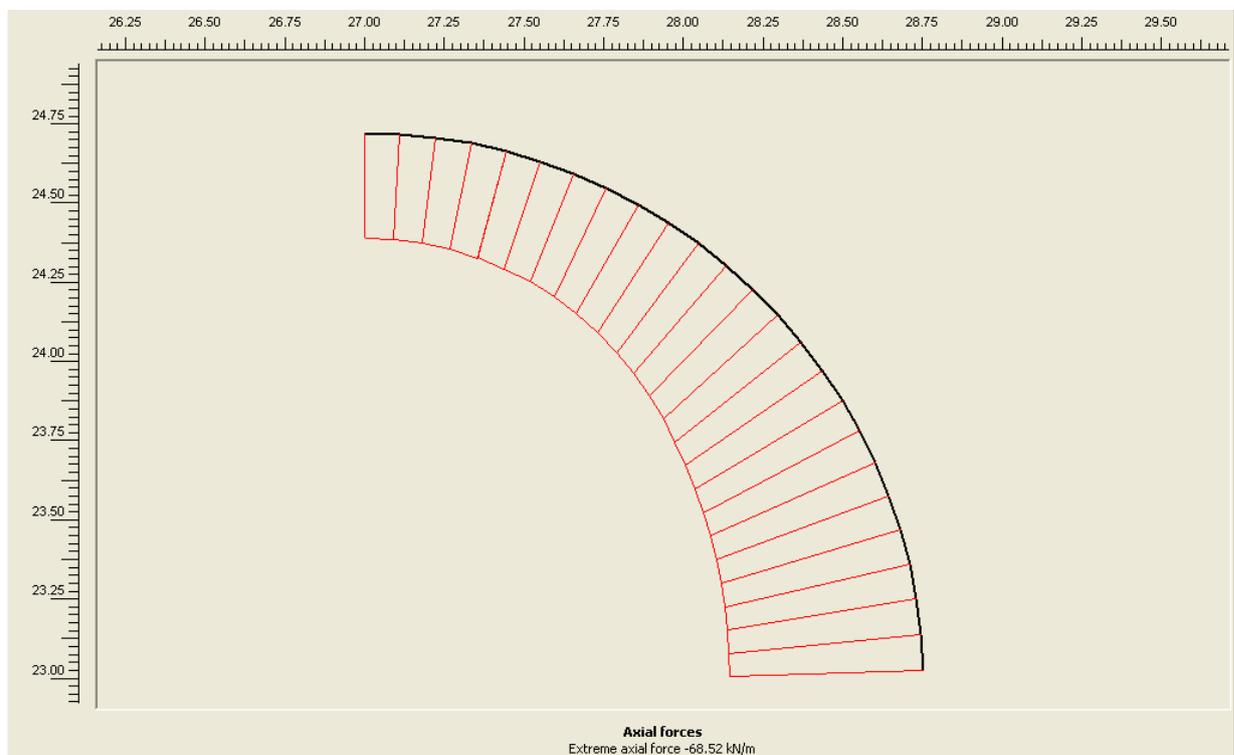
$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

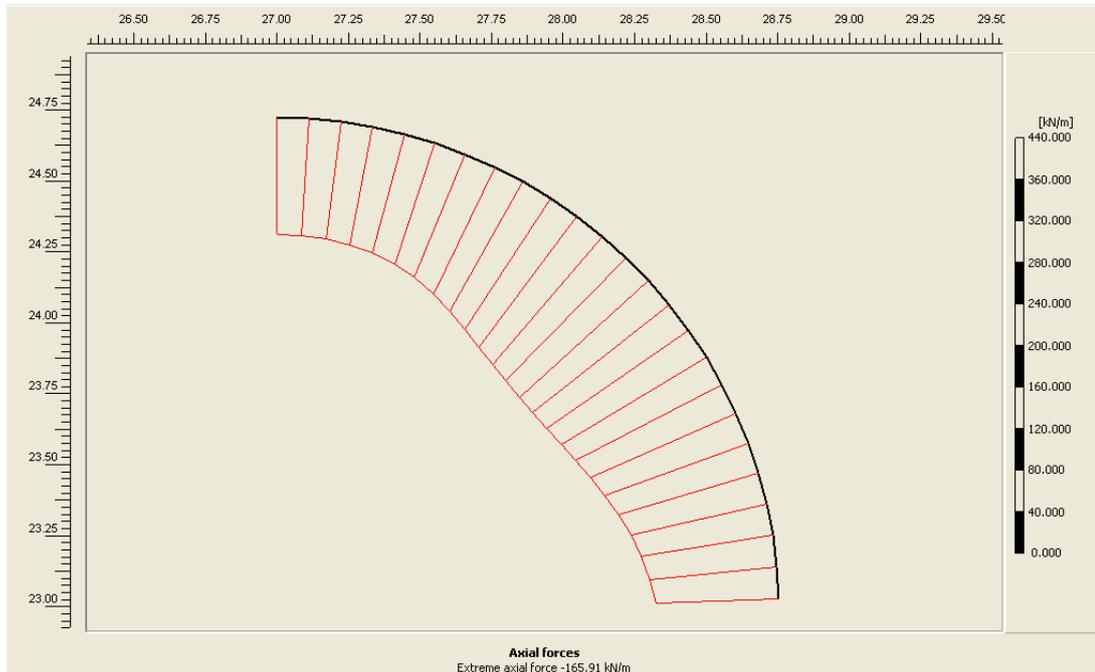
$$105.714/26.411 = 4 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$

CASO 2

SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale



Sforzo assiale di progetto:

$$68,52 + 165,91 = 234,43 \text{ kN} = 23.443 \text{ kg}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

$$105.714 / 23.443 = 4,5 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$

10.4 Intervento di riparazione locale

Nella Sezione 1 punto A del manufatto è stata rilevata la corrosione del tubo: è quindi necessario prevedere un intervento di riparazione locale urgente caratterizzato come di seguito.

Nel punto dove si è verificata la corrosione, è necessario definire il tipo di SABBIAATURA necessario. Si fa quindi riferimento alla ISO 8501.



FASE 1- INTERVENTO DI PULIZIA E SABBIAURA

GRADO DI RUGGINE → Esistono 4 categorie, ma nel nostro caso si considera il **Grado D**



GRADO DI PREPARAZIONE → Si considera Raschiatura e spazzolatura **Grado D St2**

Prima del trattamento, la superficie in acciaio deve essere pulita da sporco, grasso e impurità, gli strati più pesanti di ruggine devono essere rimossi mediante raschiatura e spazzolatura.

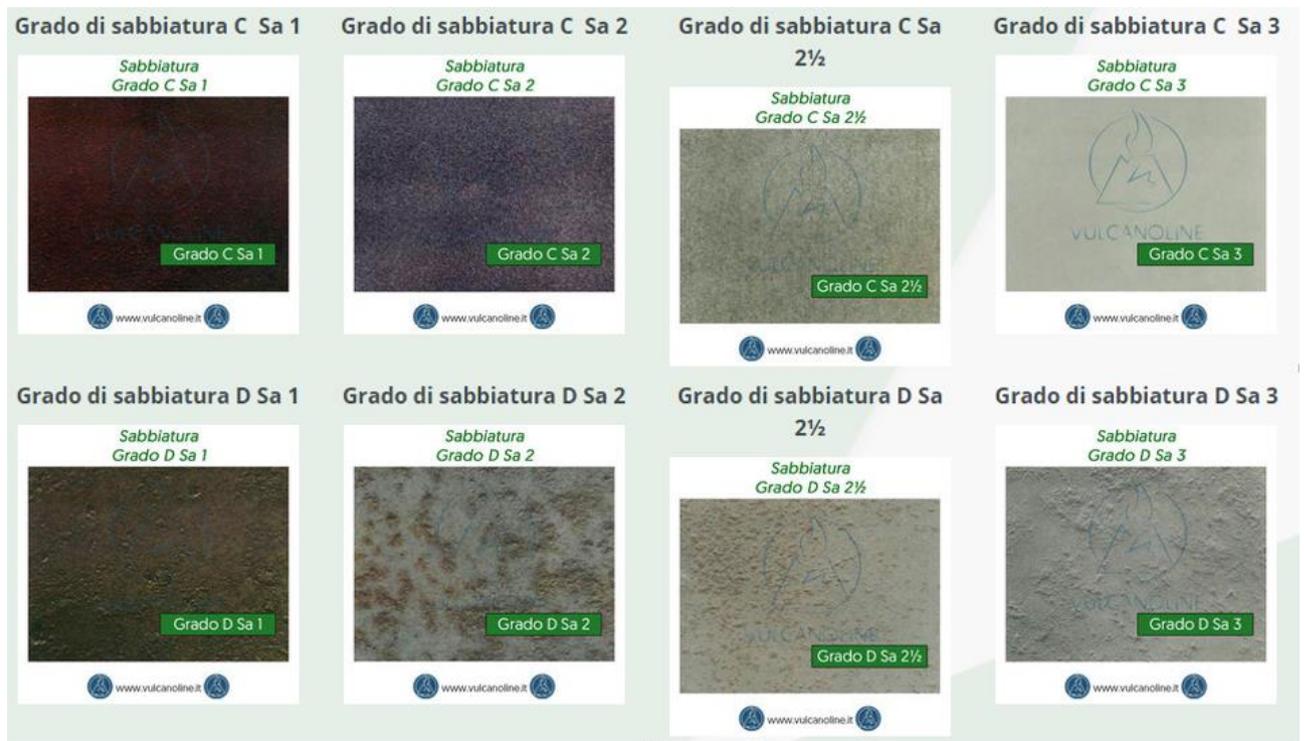
Nel caso del trattamento prescelto, si esegue una spazzolatura completa, anche con l'utilizzo di utensili elettrici come le smerigliatrici.

Il trattamento rimuove le incrostazioni, ruggine e corpi estranei; al termine si conclude la pulizia con aspiratori, aria compressa e spazzole pulite.

Al termine della pulitura, la superficie dovrebbe presentare una lieve lucentezza metallica.

GRADO DI SABBIAURA → **Grado D Sa 2.5**





Si tratta di una pulizia molto accurata, eliminando quasi tutte le materie estranee presenti sulla superficie metallica come ad esempio calamina, ruggine, sporcizia ecc...

FASE 2 – APPLICAZIONE ANTIRUGGINE

Applicazione di anti ruggine nella zona trattata.

FASE 3 - RIPARAZIONE DELL'APERTURA

In base alla dimensione dei fori lasciati dalla ruggine, si predisporranno delle piastrine in acciaio Fe510 Sp. 5mm da saldare al tubo. Dove i fori sono di dimensioni limitate, si possono chiudere direttamente con il materiale di apporto della saldatura.

PROTEZIONE DELLA SUPERFICIE TRATTATA

Al termine delle operazioni di pulizia, è possibile proteggere la parte trattata con zinco spray a freddo.



11. TUBO FINSIDER A CENTO

11.1 Premessa

Anche per tale manufatto valgono tutte le ipotesi di progetto di cui al capitolo 10.19.1 e 9.2.

11.2 Geometria della sezione

Per i ricoprimenti, vale quanto indicato nel capitolo 6.

$H_{\text{ricoprimento}} = 113 \text{ cm}$

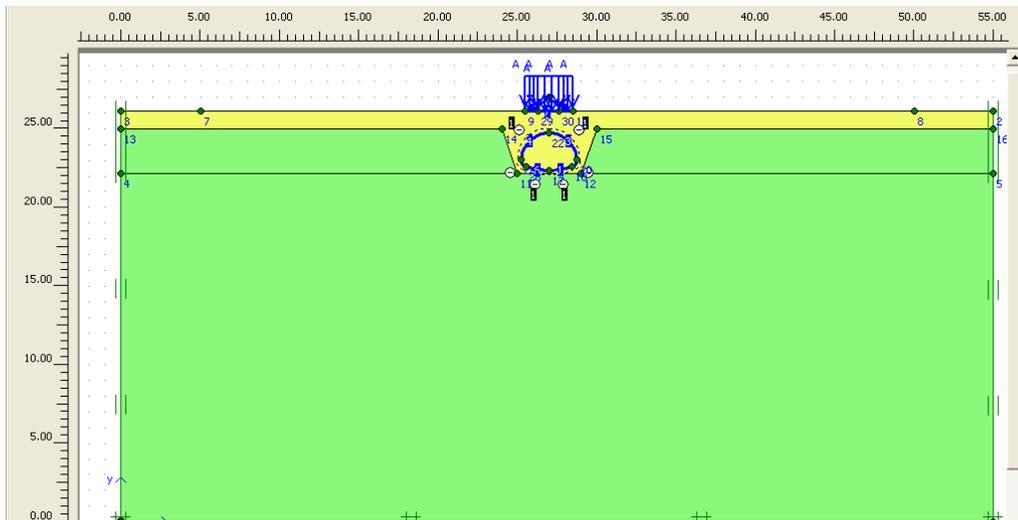


Figura 9: Modello geometrico manufatto località Cento

La falda è stata impostata a -2m da p.c.

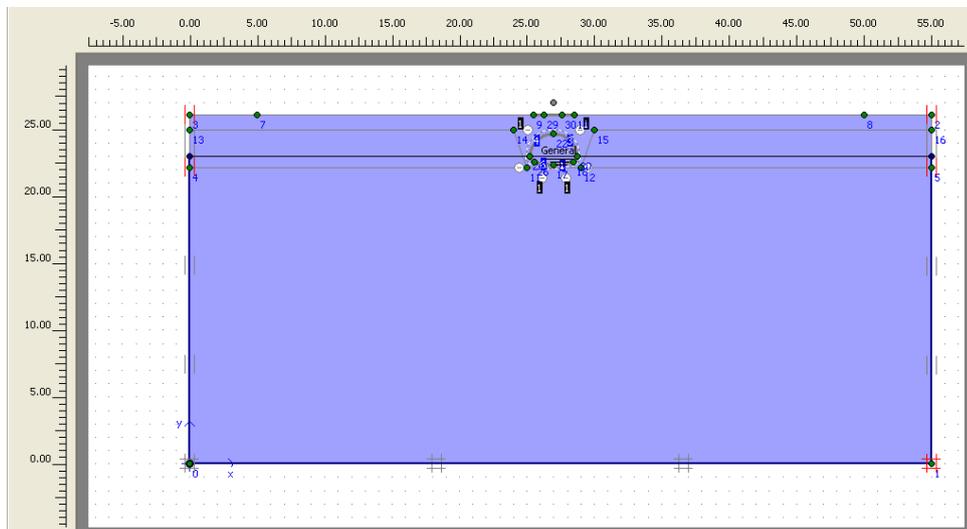


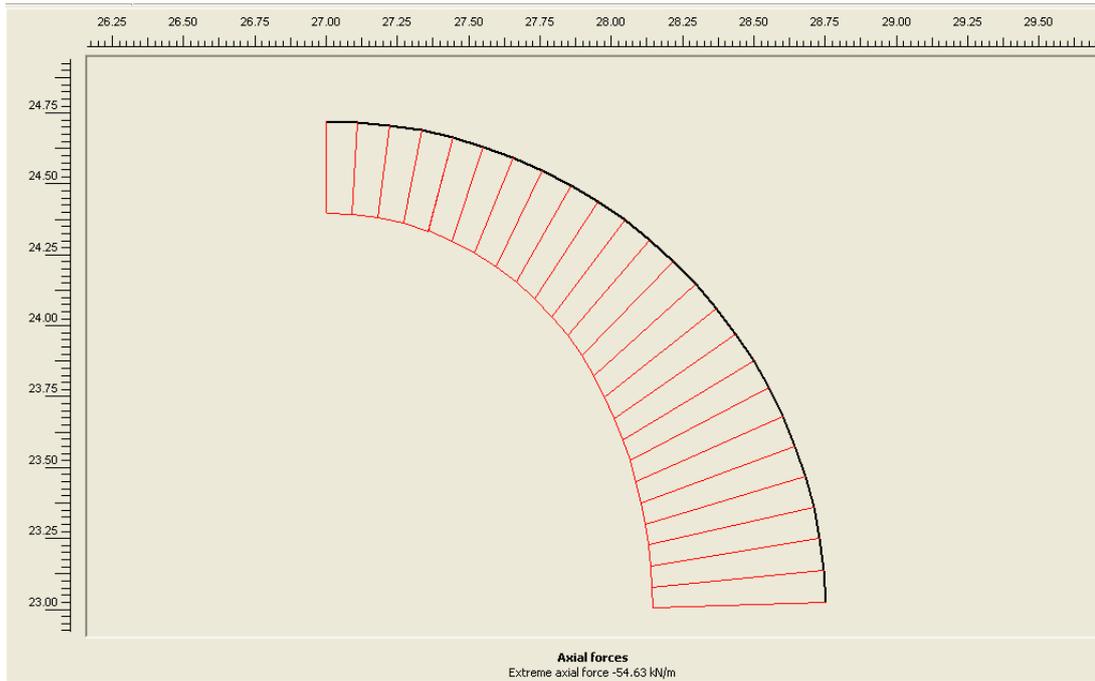
Figura 10: Posizione falda manufatto località Cento



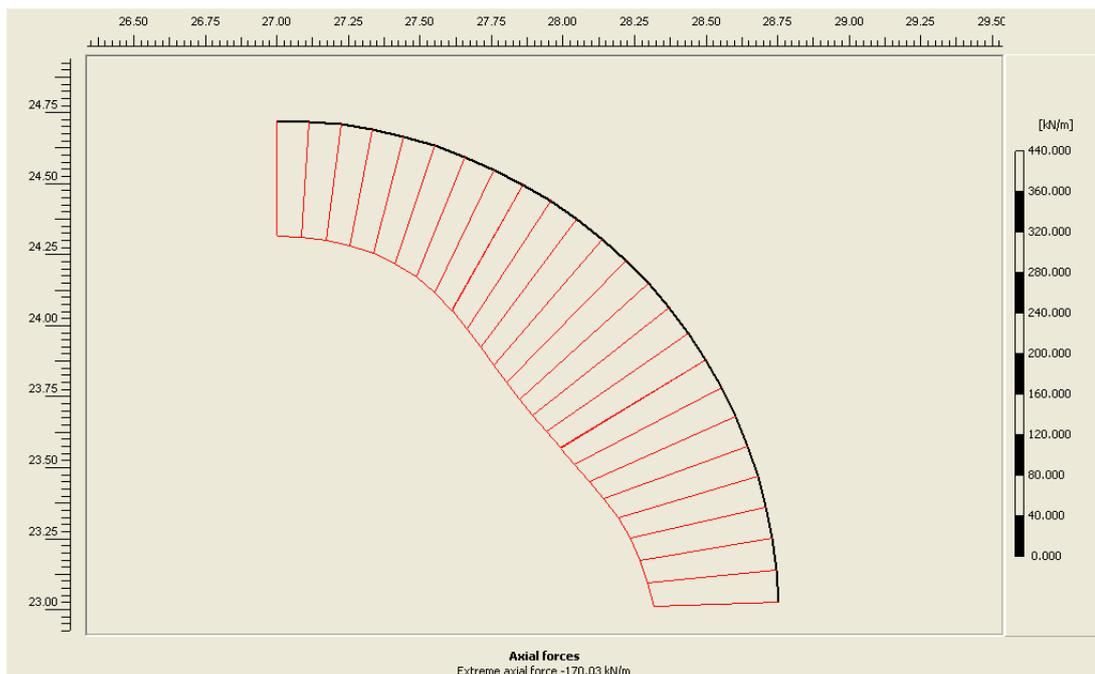
11.3 Verifica di resistenza

Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale





Sforzo assiale di progetto:

$$54,63+170,03=224,66 \text{ kN/m} = 22.466 \text{ kg/m}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

$$105.714/22.466 = 4,7 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$



12. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto nella presente relazione e delle informazioni contenute nel progetto esecutivo dell'epoca, si può concludere che il livello di sicurezza dei tre manufatti è ancora **ACCETTABILE**.

Si ritiene comunque necessario provvedere con la massima urgenza alla riparazione del punto dove si è verificata la corrosione della tubazione: nella Sezione 1 punto A del manufatto sito in località Corporeno, via Alberelli.

In quel caso specifico dovrà essere posta in opera una nuova lamiera con le medesime caratteristiche di quella esistente al fine di evitare fenomeni di corrosione galvanica.

Ciononostante, prendendo atto che è in essere un ammaloramento dei manufatti, e tenendo conto della loro epoca di costruzione, si ritiene essenziale programmare delle indagini periodiche su tutti i manufatti, al fine di monitorare lo stato di conservazione degli stessi.

Si prescrivono quindi i seguenti controlli:

a cadenza **ANNUALE** → controlli visivi in corrispondenza delle sezioni di imbocco e sbocco della tubazione possibilmente negli stessi punti verificati durante la campagna di indagini qui allegata. I controlli potranno essere eseguiti dal personale del Consorzio di Bonifica in occasione dei quali verrà raccolta opportuna documentazione fotografica che permetta di descrivere la eventuale progressione nel tempo dei possibili fenomeni corrosivi;

a cadenza **QUINQUENNALE** → indagine in sito, eseguita da laboratorio specializzato, finalizzata alla misurazione degli spessori delle lamiere, nei medesimi punti indagati nella campagna di indagini qui riportata;

Sulla base di quanto sopra si precisa quindi che:

**LA PRESENTE RELAZIONE TECNICA HA VALENZA 5 ANNI A DECORRERE DALLA
DATA DI EMISSIONE INDICATA IN CALCE.**

Rovigo, 30/11/2018



Ing. Elisa Maniezzo



ALLEGATO A
Indagini specialistiche laboratorio LifeLab

Committente

CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA

Oggetto

INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE METALLICHE (TUBI FINSIDER) NEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO DI CANALI IN LOCALITA' DOSSO, CORPORENO E CENTO



Titolo

RAPPORTO CONCLUSIVO DI INDAGINE

Emesso:

ing. Rachele Ferioli

Approvato:

LABORATORI INGEGNERIA
 FERRARA S.R.L.
 Partita IVA 041904060389

Ing. Sergio Tralli

Commissa	Codice - Documento	Revisione	Motivazione	Data	Nome file
1329 - 18	Doc13 - Rapporto conclusivo	00	Prima emissione	03/05/2018	comm1329-18-doc13-rev00-tubi finsider

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. PIANIFICAZIONE CAMPAGNA DI INDAGINE	7
3. INDAGINI SULLE STRUTTURE METALLICHE.....	9
3.1 Prova di trazione e di composizione chimica	9
3.2 Rilievo degli spessori residui.....	10
4. ELENCO ALLEGATI.....	10

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: vista aerea – Tubo finsider sito in località Dosso	4
Figura 2: Tubo finsider sito in località Dosso.....	5
Figura 3: vista aerea – Tubo finsider sito in località Corporeno.....	5
Figura 4: Tubo finsider sito in località Corporeno	5
Figura 5: vista aerea – Tubo finsider sito in Cento	6
Figura 6: Tubo finsider sito in Cento.....	6
Figura 7: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Cento	7
Figura 8: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno	7
Figura 9: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno	8
Figura 10: risultati della prova di trazione su campioni di acciaio.....	9
Figura 11: risultati della prova di composizione chimica.....	9
Figura 12: rilievo dello spessore di elementi metallici utilizzando uno spessimetro ultrasonico	10

1. Premessa

Su incarico della Committenza, **CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA**, la scrivente società ha eseguito una campagna di indagini specialistiche sulle strutture metalliche di tre manufatti di tombamento di canali in località Dosso, Corporeno e Cento.



Figura 1: vista aerea – Tubo finsider sito in località Dosso



Figura 2: Tubo finsider sito in località Dosso



Figura 3: vista aerea – Tubo finsider sito in località Corporeno



Figura 4: Tubo finsider sito in località Corporeno



Figura 5: vista aerea – Tubo finsider sito in Cento



Figura 6: Tubo finsider sito in Cento

2. Pianificazione campagna di indagine

La campagna di indagine, pianificata in accordo con la Committenza e con i Progettisti incaricati delle verifiche, ha previsto sia attività da eseguire in situ sia attività di laboratorio.

Obiettivo della campagna di indagine è definire la qualità dei materiali, definendo dei parametri meccanici, e il loro stato manutentivo, inoltre definire la geometria dei manufatti metallici.

La presente relazione tecnica descrive prevalentemente le fasi di lavoro svolto e riassume i risultati ottenuti. Per le modalità di esecuzione delle prove si rimanda alle relative normative di riferimento.

In ognuno dei tre manufatti metallici sono state eseguite le seguenti indagini:

- Rilievo laser scanning – *Allegato 5*



Figura 7: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Cento



Figura 8: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno



Figura 9: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno

- Rilievo degli spessori dei Tubi Finsider
- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche meccaniche degli acciai e della loro composizione chimica su campioni prelevati in situ

3. Indagini sulle strutture metalliche

3.1 Prova di trazione e di composizione chimica

Dalle strutture metalliche dei tre Tubi Finsider sono stati prelevati altrettanti campioni così identificati:

- ID1 – Tubo Finsider località Dosso
- ID2 – Tubo Finsider località Corporeno
- ID3 – Tubo Finsider località Cento

Da tali campioni sono state ricavate tre provette che sono poi state sottoposte a prova di trazione per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del materiale.

ID	Provino					Snervamento	Rottura	
	Tipo di provino	Direzione	Largh. (a)	Spessore (b)	Sez. eff. (S _o)	f _y	f _t	A
			[mm]	[mm]	[mm ²]	[MPa]	[MPa]	[%]
1	F	L	20,5	4,0	82,0	317,1	418,3	22,0
2	F	L	20,0	4,0	80,0	393,8	518,8	26,0
3	F	L	20,0	4,0	80,0	375,0	510,0	22,0

Figura 10: risultati della prova di trazione su campioni di acciaio

La prova è stata eseguita secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 6892-1.

Sono state inoltre eseguite tre prove di composizione chimica secondo la norma UNI 10025-2:

No.	Descrizione campione	COMPONENTI CHIMICI												
		C	Cr	Mo	V	Ni	Mn	Cu	Si	Al	Ti	Nb	Co	CEV
		[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]
1	1 - Tubo sito a Dosso	0,298	0,014	<0,002	<0,002	0,07	0,927	0,117	0,105	0,027	0,003	<0,002	<0,002	0,4678
2	2 - Tubo sito a Corporeno	0,278	0,008	<0,002	<0,002	0,056	0,557	<0,002	0,057	0,009	<0,002	<0,002	<0,002	0,3762
3	3 - Tubo sito a Cento	0,149	0,015	<0,002	<0,002	0,056	0,506	0,008	0,024	0,011	<0,002	<0,002	<0,002	0,2406

Figura 11: risultati della prova di composizione chimica

Analizzando i risultati delle prove di trazione si ottiene:

- **Provino 1** → Classe di resistenza S235 (Fe360);
- **Provino 2** → Classe di resistenza S355 (Fe510);
- **Provino 3** → Classe di resistenza S355 (Fe510).

I rapporti di prova sono riportati in *Allegato 4*.

3.2 Rilievo degli spessori residui

Si è proceduto con il rilievo degli spessori residui delle lamiere costituenti i Tubi Finsider.

Per il rilievo dello spessore è stato utilizzato uno spessimetro ultrasonico *DIO-570 LC*, come mostrato nella figura riportata di seguito.



Figura 12: rilievo dello spessore di elementi metallici utilizzando uno spessimetro ultrasonico

I valori degli spessori residui rilevati in cantiere sono riportati integralmente negli elaborati grafici contenuti negli *Allegati 1, 2 e 3*.

4. Elenco allegati

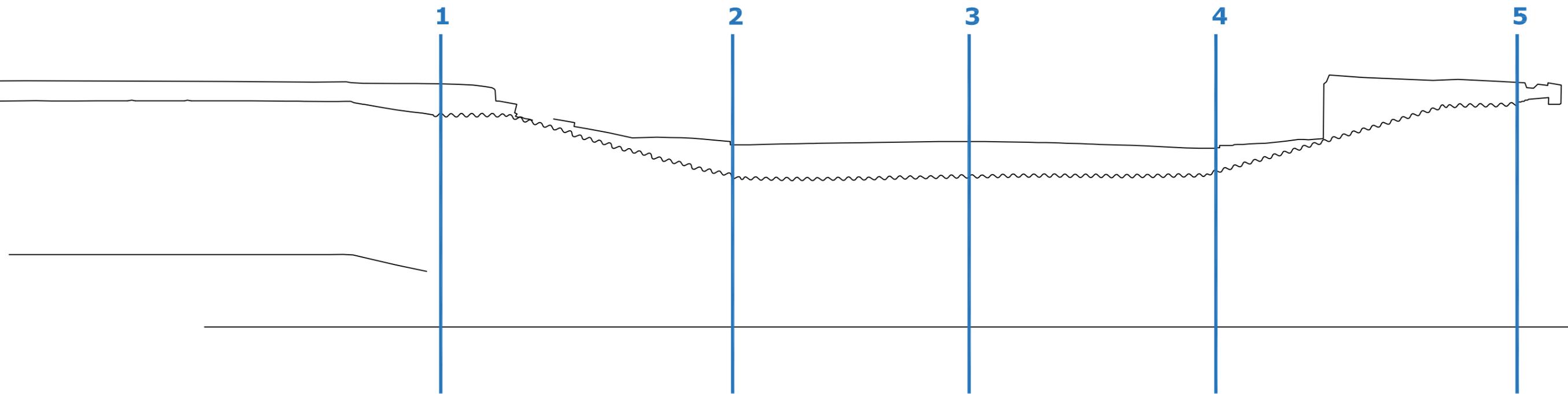
Allegato 1	Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Dosso
Allegato 2	Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Corporeno
Allegato 3	Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Cento
Allegato 4	Rapporti di prova
Allegato 5	Rilievi laser scanning

ALLEGATO 1

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Dosso

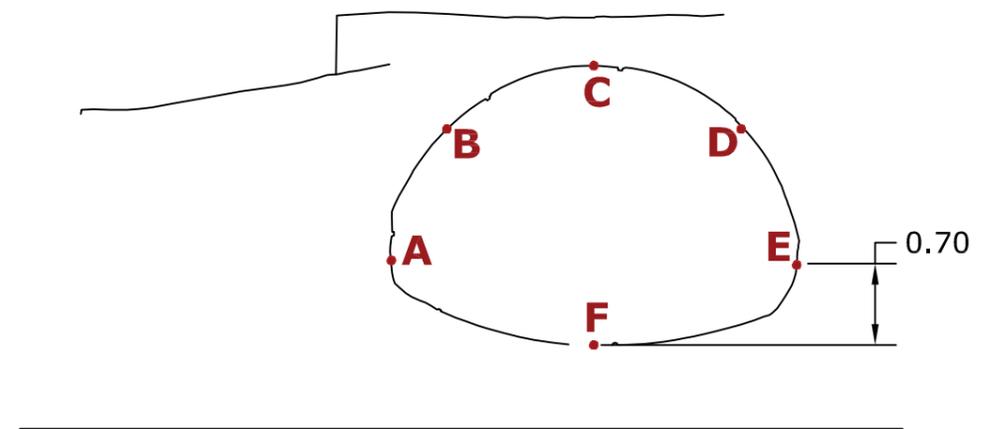
SEZIONE LONGITUDINALE

Individuazione delle sezioni verticali indagate



SEZIONE TRASVERSALE TIPO

Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni



RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER

misure in mm

SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	4.80	4.60	4.60	4.50	4.50	4.50
2	4.30	4.40	4.60	4.50	4.00	--
3	4.10	4.40	4.50	4.40	4.10	--
4	4.40	4.60	4.60	4.20	4.40	--
5	4.60	4.60	4.60	4.50	3.80	3.80

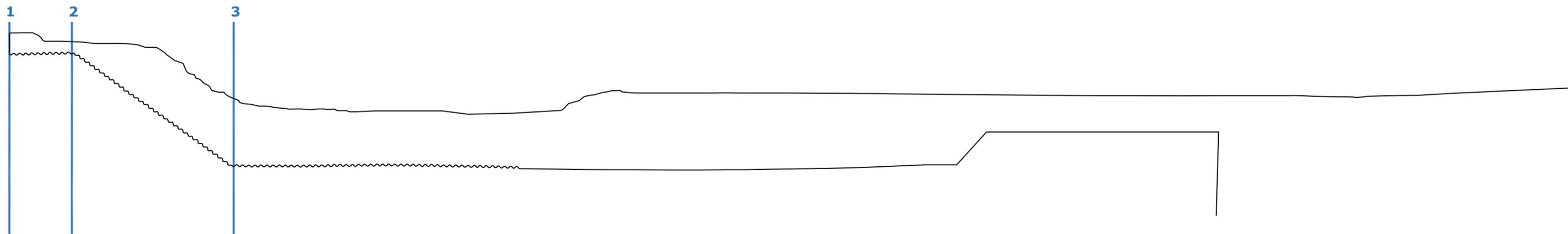


ALLEGATO 2

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Corporeno

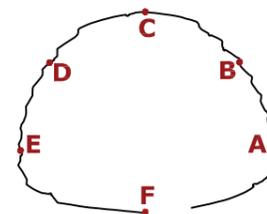
SEZIONE LONGITUDINALE

Individuazione delle sezioni verticali indagate



SEZIONE TRASVERSALE TIPO

Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni



RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER

misure in mm

SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	3.3 corroso	4.60	4.60	4.50	4.20	4.20
2	4.50	4.40	4.60	4.10	4.60	--
3	4.60	4.60	4.60	4.20	4.20	--

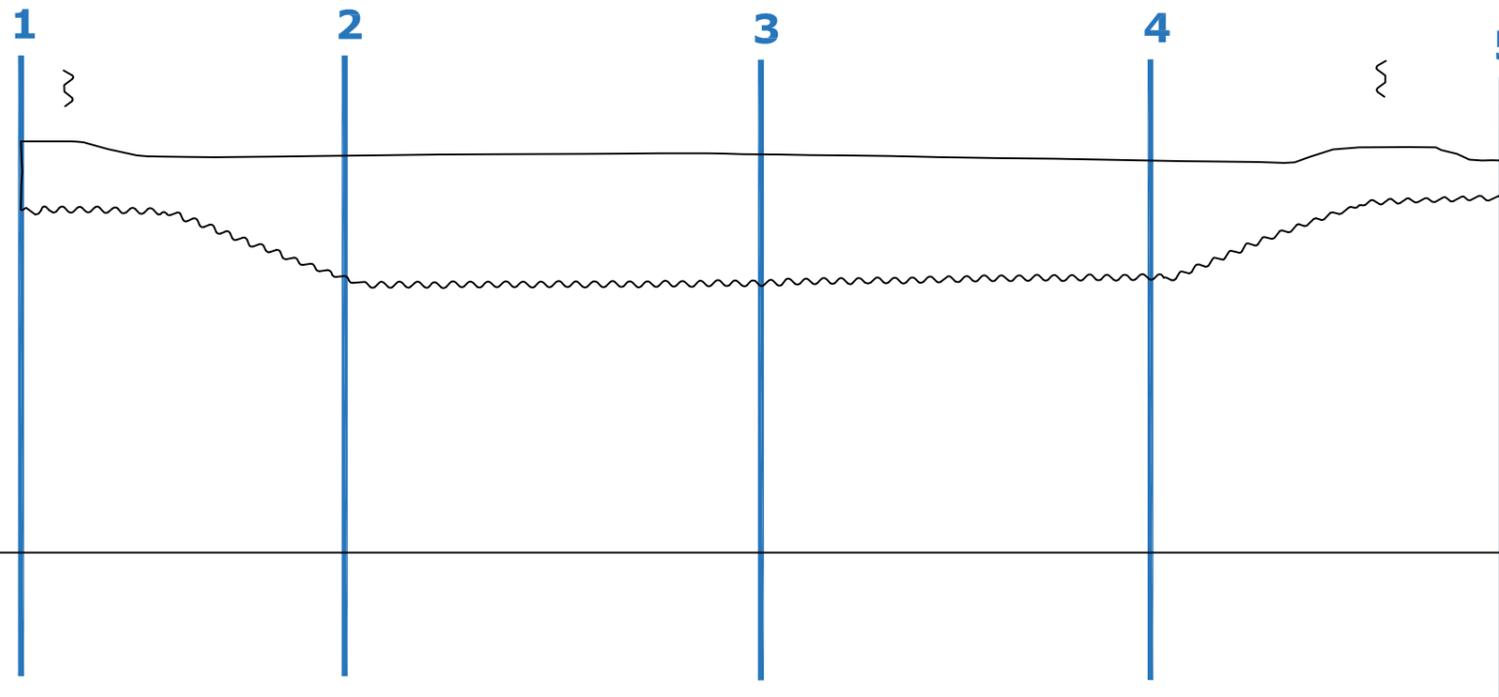


ALLEGATO 3

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Cento

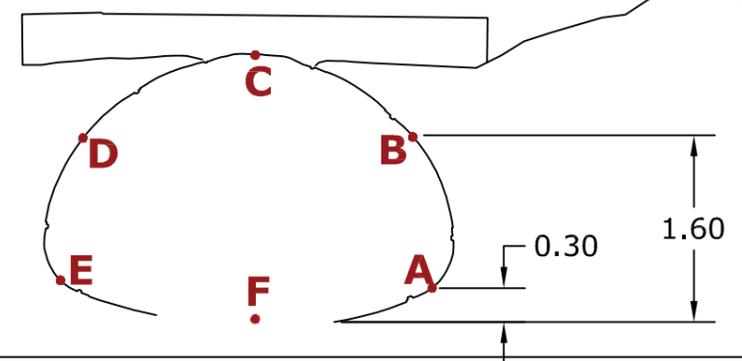
SEZIONE LONGITUDINALE

Individuazione delle sezioni verticali indagate



SEZIONE TRASVERSALE TIPO

Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni



RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER

misure in mm

SEZIONE	A	B	C	D	E	F
1	4.40	4.60	4.20	4.40	4.40	--
2	4.60	4.60	4.60	4.60	4.20	4.20
3	4.00	4.20	4.50	4.00	4.10	--
4	4.00	4.00	4.40	5.00	3.70	--
5	4.60	4.30	4.90	4.50	4.40	3.80



ALLEGATO 4

Rapporti di prova

Prova di Composizione chimica degli acciai - UNI 10025-2

RAPPORTO DI PROVA n° 0318/2018 Rev.00 del 08/05/2018

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
 Indirizzo: Via Borgo dei Leoni 28 - 44121 Ferrara
 Cantiere: Comune di Cento
 Opera: Tubi Finsider
 Proprietà: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
 Impresa: --
 Attrezzature: --
 Prelievo: 06/04/2018
 Commessa: 1329/18
 Richiedente: Ing. Simona Pusinanti

Data prove: 04/05/2018

No.	Descrizione campione	COMPONENTI CHIMICI												
		C	Cr	Mo	V	Ni	Mn	Cu	Si	Al	Ti	Nb	Co	CEV
		[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]	[% max]
1	1 - Tubo sito a Dosso	0,298	0,014	<0,002	<0,002	0,07	0,927	0,117	0,105	0,027	0,003	<0,002	<0,002	0,4678
2	2 - Tubo sito a Corporeno	0,278	0,008	<0,002	<0,002	0,056	0,557	<0,002	0,057	0,009	<0,002	<0,002	<0,002	0,3762
3	3 - Tubo sito a Cento	0,149	0,015	<0,002	<0,002	0,056	0,506	0,008	0,024	0,011	<0,002	<0,002	<0,002	0,2406
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

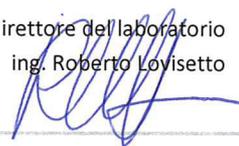
CAMPIONAMENTO: a cura dei tecnici di Life Srl

N.B.: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri




Il direttore del laboratorio
 ing. Roberto Lovisetto




Prova di Trazione a Temperatura Ambiente UNI EN 6892-1

RAPPORTO DI PROVA n° 0313/2018 Rev.00 del 03/05/2018

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Indirizzo: Via Borgo dei Leoni 28 - 44121 Ferrara
Cantiere: Comune di Cento
Opera: Tubi Finsider
Proprietà: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Impresa: --
Attrezzature: Macchina universale (cod.088-150) - Estensimetro TRF600 (cod.096) - Estensimetro MFX200 (cod.223) - Bilancia(cod.027) - Calibro centesimale analogico(cod.246)
Prelievo: 06/04/2018
Commessa: 1329/18
Richiedente: Ing. Simona Pusinanti

Data prove: 18/04/2018 **Verbale di prelievo:** TRL41 del 06/04/18

SIGLA: 1 - 2 - 3	ETICHETTA IDENTIFICATIVA:							
CAMPIONE 1: Tubo finsider a Dosso								
CAMPIONE 2: Tubo finsider a Corporeno								
CAMPIONE 3: Tubo finsider a Cento								
Classe: --								
ID	Provino			Snervamento	Rottura			
	Tipo di provino	Direzione	Sez. eff. (S ₀)		f _y	f _t	A	
			[mm ²]	[MPa]	[MPa]	[%]		
1	F	L	20,5	4,0	82,0	317,1	418,3	22,0
2	F	L	20,0	4,0	80,0	393,8	518,8	26,0
3	F	L	20,0	4,0	80,0	375,0	510,0	22,0

Data prove: -- **Verbale di prelievo:** -- del --

SIGLA: --	ETICHETTA IDENTIFICATIVA:						
CAMPIONE: --							
Produttore: --							
Att. di qualificazione: --							
Classe: --							
ID	Provino			Snervamento	Rottura		
	Tipo di provino	Posizione	Sez. eff. (S ₀)		f _y	f _t	A
			[mm ²]	[MPa]	[MPa]	[%]	
4	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--

CAMPIONAMENTO: a cura dei tecnici di Life Srl

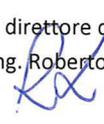
PARAMETRI: F: provino piatto - C: provino Cilindrico - T: Trasversale - L: Longitudinale - a: larghezza provetta - b: Spessore provetta - S₀: Sezione effettiva provetta - f_y: tensione di snervamento - f_t: tensione di rottura - A: allungamento dopo rottura

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Massimiliano Fabbri




Il direttore del laboratorio
 ing. Roberto Lovisetto




ALLEGATO 5

Rilievi laser scanning

Committente.

LiFE S.r.l.

Oggetto.

Rilievo laser scanning dei tubi Finsider in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara



Titolo.

Relazione tecnica

Emesso:

Ing. Furini Alessio

Approvato:

Ing. Ercolin Luca

730-18	01	00	Prima emissione	mag. '18	rel-730-18-rev00
Commessa	Codice documento	Revisione	Motivazione	Data	Nome file

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. ESECUZIONE DELLE MISURE.....	1
2.1. Tecnologia laser scanning	1
2.2. Procedura operativa	1
3. RESTITUZIONE DEL RILIEVO	2
3.1. Registrazione delle scansioni Laser scanner	2
3.2. Pulizia della nube di punti	4
4. RESTITUZIONE GRAFICA	4
5. ALLEGATI.....	5

1. Premessa

I giorni 04 e 06 aprile 2018 su incarico del Laboratorio LiFE S.r.l. è stato svolto il rilievo laser scanning di tubi Finsider siti in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara all'intersezione con via G. Verdi (Dosso), Via Modena (Cento) e Via Alberelli (Corporeno).

2. Esecuzione delle misure

2.1. Tecnologia laser scanning

Il laser scanner 3D è uno strumento di recente introduzione, in grado di rilevare oggetti a scale e risoluzioni differenti, in tempi assai ridotti. Le sue caratteristiche principali sono quindi la velocità di acquisizione e la versatilità delle applicazioni, adattandosi al rilevamento sia di piccoli manufatti sia di grandi opere o di porzioni di territorio. I laser scanner utilizzati nel rilevamento dell'ambiente costruito sfruttano la tecnologia del tempo di volo e sono pertanto dotati di un distanziometro laser ad impulsi ad alta precisione e di uno specchio servo motorizzato: la sorgente emette un impulso laser che, in seguito alla riflessione sulla superficie di un oggetto, ritorna al ricevitore dello strumento, dove un cronometro di elevata precisione misura il tempo intercorso tra emissione e ricezione dell'impulso, determinando così la distanza tra strumento e punto rilevato. Quindi ad ogni misurazione lo strumento rileva e memorizza le coordinate del punto collimato in un sistema di riferimento cartesiano ortogonale, per poi procedere all'acquisizione di un nuovo punto secondo una griglia proiettiva la cui spaziatura è definibile in relazione al grado di dettaglio ricercato. Il risultato del rilievo è un database di coordinate tridimensionali di punti appartenenti alle superfici degli oggetti rilevati, visualizzabile in un ambiente digitale virtuale come un insieme di punti, denominato di nuvola di punti, inseriti in uno spazio tridimensionale metrico.

Per il rilevamento in oggetto è stata utilizzata una Scan Station Leica P30 (vedi Allegato 1), la cui caratteristica principale è la presenza di un compensatore biassiale che garantisce la verticalità dell'asse generale dello strumento e che quindi rende lo strumento particolarmente adatto alla verifica della verticalità degli elementi costruttivi. La precisione sul posizionamento di ogni punto appartenente alla nuvola si attesta tra i 2 mm e i 4 mm, in base alla distanza di esso dallo strumento e alla complessità del rilievo.

2.2. Procedura operativa

Il rilevamento è stato eseguito con strumentazione ScanStation Leica P30 montata su treppiede topografico, sfruttando il principale vantaggio della tecnica laser scanning che consiste nella possibilità di acquisire un elevatissimo numero di punti appartenenti alla superficie dell'oggetto da rilevare in un intervallo di tempo e con precisioni confrontabili a quelle fondamentali ad acquisire, utilizzando una delle migliori stazioni totali, il numero di punti strettamente necessario a descrivere la geometria del manufatto. Per ciascun tubo sono state eseguite scansioni da più punti di stazione, acquisendo informazioni sia sulla geometria del tubo che sull'ambiente circostante (in particolare per ricavare lo spessore tra tubo e piano stradale).



Figura 1 - Esecuzione del rilievo laser scanning

3. Restituzione del rilievo

3.1. Registrazione delle scansioni Laser scanner

Terminato il rilievo e lo scaricamento dei dati dallo strumento, il loro trattamento prevede la creazione con software proprietario Cyclone v 9.2.1 di un progetto in cui vengono importate e decodificate tutte le scansioni effettuate. La fase successiva consiste nella registrazione delle scansioni, vale a dire nell'unione in un unico sistema di riferimento cartesiano ortogonale di tutti i dati acquisiti, avvenuta tramite l'algoritmo ICP di riconoscimento delle forme uguali nelle diverse scansioni: il software analizza le nubi per ogni coppia di punti di stazione (le due nubi devono avere almeno un 60-80% di sovrapposizione), cercando tutte le forme omologhe e minimizzando i residui rototraslandone una sull'altra.

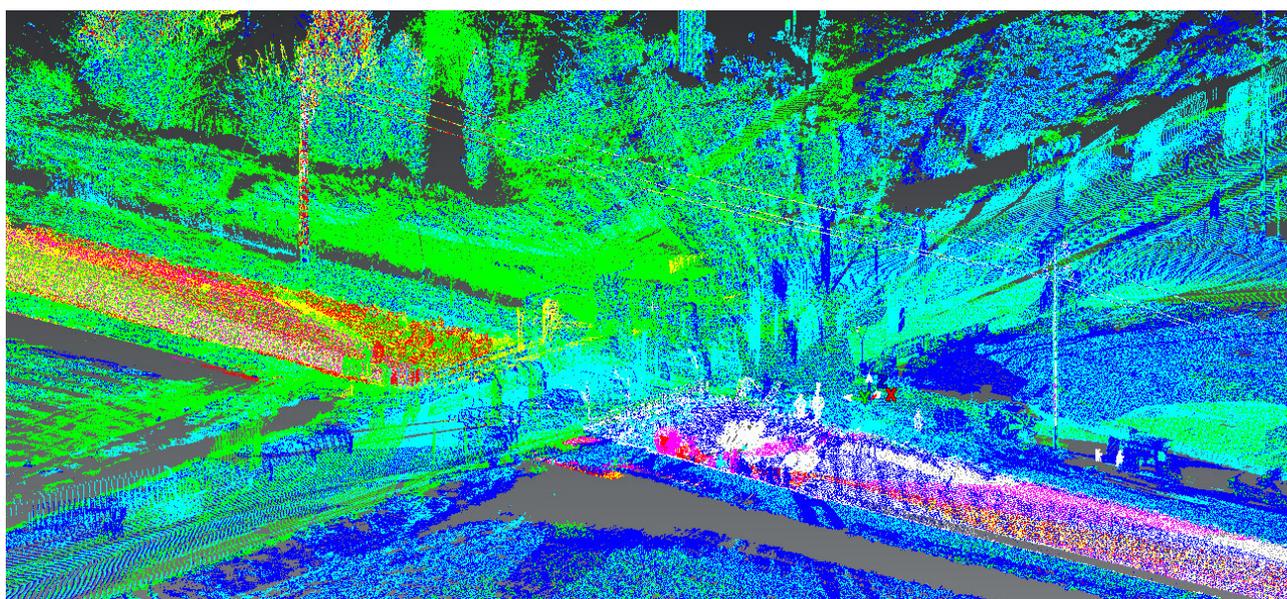


Figura 2 – Vista complessiva con singolo colore per ciascuna scansione del canale a Cento

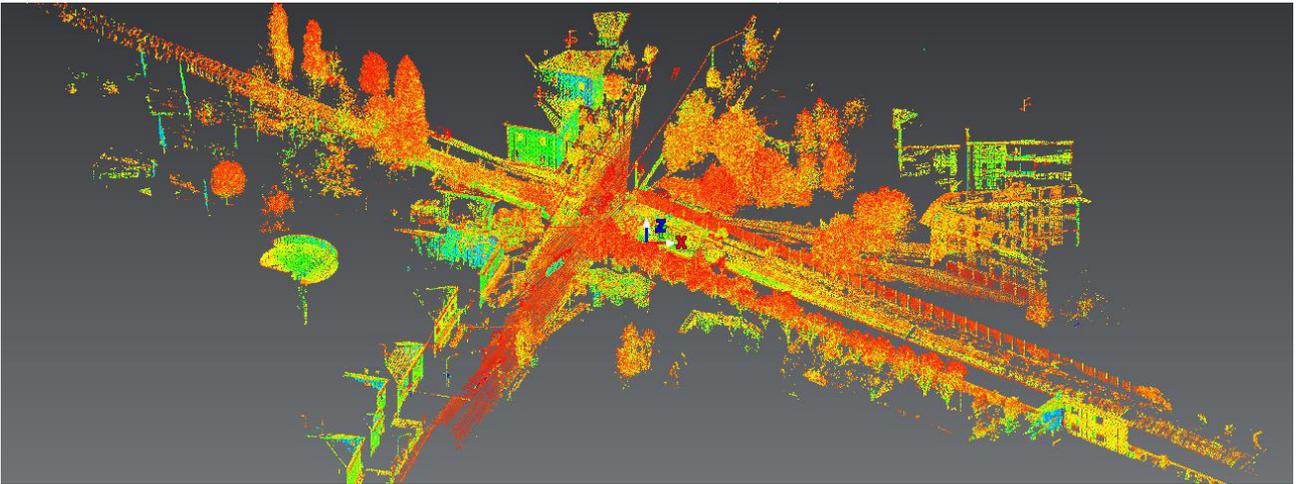


Figura 3 – Vista complessiva con dato di riflettanza del canale a Dosso



Figura 4 – Vista complessiva in scala di grigi del canale a Corporeno

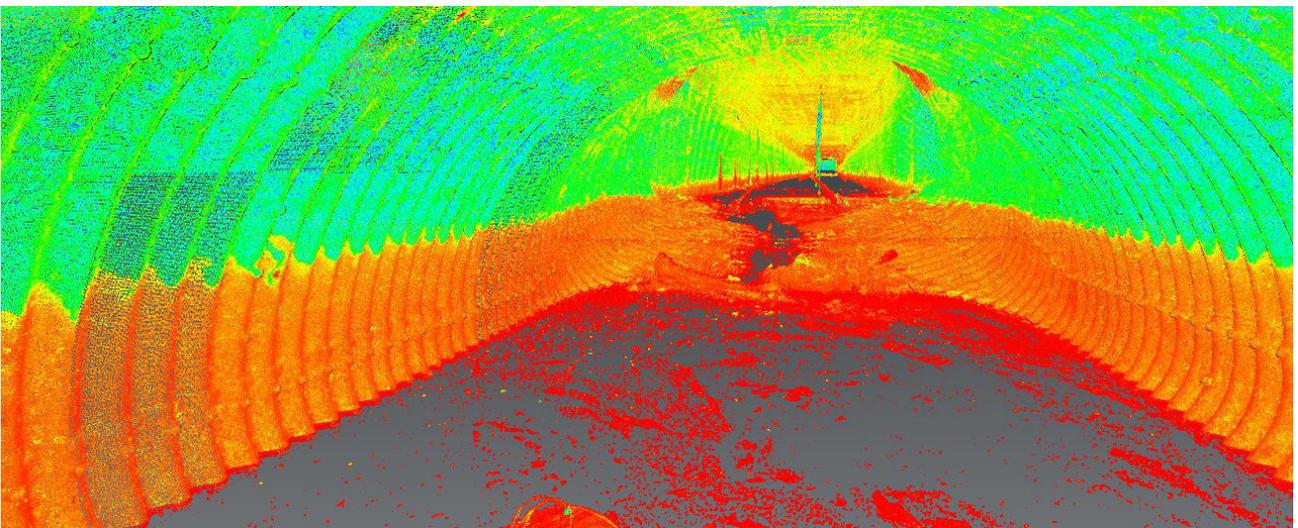


Figura 5 – Vista da un punto di scansione all'interno del tubo a Dosso

3.2. Pulizia della nube di punti

Prima di procedere alla vettorializzazione degli elementi richiesti la nube complessiva è stata alleggerita eliminando passanti ed ostacoli (auto, edifici circostanti, ...).

4. Restituzione grafica

In ambiente CAD è stata vettorializzata la nube di punti realizzando piante e sezioni delle aree rilevate.

Nelle planimetrie il tubo è stato sovrapposto all'ambiente circostante, realizzando Tavole in scala 1:200 (Cento, Dosso) e 1:500 (Corporeno).

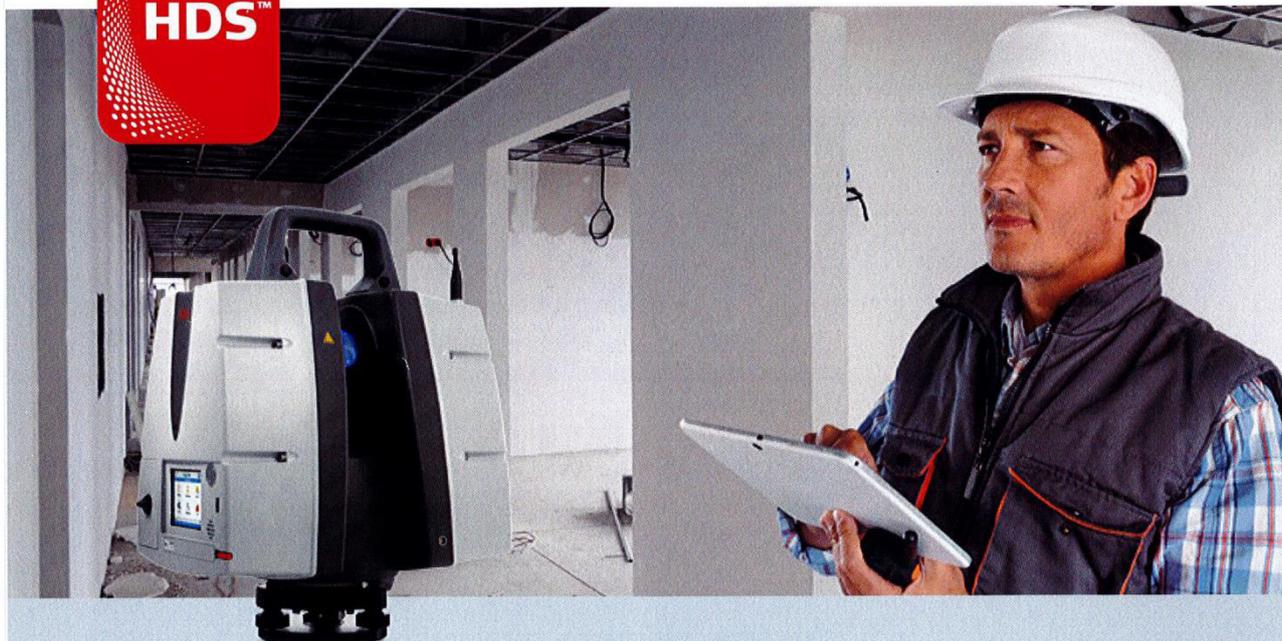
Per la vettorializzazione delle sezioni si è dapprima identificato l'asse di ciascun tratto di canale o tubo, rispetto al quale sono state estratte le sezioni trasversali a passo variabile, in modo da descrivere la geometria del tubo/canale nel modo più completo possibile. La presenza di detriti ed acqua sul fondo non ha permesso la restituzione della sezione completa del tubo, del quale si è sempre disegnata la porzione di profilo di dimensioni minori. In aggiunta, per il canale di Corporeno, i punti accessibili per il rilievo hanno permesso di acquisire informazioni incomplete anche per il tratto centrale a sezione rettangolare, utili a posizionarlo nella planimetria ma non per realizzarne sezioni complete in modo continuativo. Lungo gli assi relativi ai soli tubi sono state restituite anche le sezioni longitudinali.

L'intera restituzione è disponibile in 3D in ambiente CAD, ed è stata da ultimo impaginata in 2D per allestire le Tavole.

5. Allegati

Leica ScanStation P30/P40

Perché i dettagli sono importanti



La scelta giusta

Sia che ti occorra una rappresentazione dettagliata di una facciata, una planimetria in 2D o dati 3D per l'integrazione nella modellazione BIM (Building Information Modeling), sono determinanti la pianificazione in tempo reale e la possibilità di fornire consegne in modo rapido e preciso. I nuovi laser scanner ScanStation di Leica Geosystems sono la scelta giusta, perché i dettagli sono importanti.

Performance elevate nelle condizioni più difficili

I sistemi Leica ScanStation offrono dati 3D della massima qualità e funzionalità di imaging HDR con una velocità di scansione estremamente rapida, pari a 1 milione di punti al secondo, e distanze che raggiungono i 270 m. L'elevata portata e l'ottima precisione angolare, abbinate ad un rumore ridotto, e la compensazione biassiale per la topografia, costituiscono le basi per nuvole di punti a colori ricche di dettagli e mappate realisticamente.

Riduzione dei tempi di inattività

Gli innovativi laser scanner estremamente resistenti operano anche nelle condizioni ambientali più difficili, come temperature estreme che vanno da -20 °C a +50 °C, e rispettano la classificazione IP54 per resistenza a polvere e acqua.

Soluzioni di scansione complete

Leica Geosystems offre il nuovo portfolio ScanStation Leica come parte integrante di una soluzione di scansione completa, che comprende hardware, software, manutenzione, formazione e supporto. I dati del laser scanner possono essere elaborati con la piattaforma software per le nuvole di punti 3D leader del settore, composta dal software Leica Cyclone, dai plug-in CloudWorx per i sistemi CAD e dal software gratuito Leica TruView.



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Leica ScanStation P30/P40

Specifiche del prodotto

Prestazioni del sistema	
Accuratezza sulla singola misura *	
Precisione portata	1,2 mm + 10 ppm sulla portata massima
Precisione angolare	8" orizzontale; 8" verticale
Precisione della posizione 3D	3 mm a 50 m; 6 mm a 100 m
Acquisizione target **	2 mm deviazione standard a 50 m
Compensatore biaassiale	Sensore a liquido con compensazione integrata in tempo reale, on/off selezionabile, risoluzione 1", range dinamico $\pm 5'$, accuratezza 1,5"

Laser Scanning	
Tipo Ricevitore	Tempo di volo con tecnologia di digitalizzazione della forma d'onda (WFD, Waveform Digitising) ad altissima velocità
Lunghezza d'onda	1,550 nm (invisibile)/658 nm (visibile)
Classe del laser	1 (conforme a IEC 60825:2014)
Divergenza del fascio	< 0,23 mrad (FWHM, intero angolo)
Diametro del fascio finestra anteriore	$\approx 3,5$ mm (FWHM)
Portata e riflettività	Range minimo 0,4 m Range massimo con riflettività 120 m 180 m 270 m P30 18% - - P40 8% 18% 34%
Velocità di scansione	Fino a 1.000.000 punti/s
Rumore *	0,4 mm rms a 10 m 0,5 mm rms a 50 m
Campo visivo	
Orizzontale	360°
Verticale	270°
Memoria totale dati	Disco allo stato solido (SSD) interno da 256 GB o dispositivo USB esterno
Comunicazioni/Trasferimento dati	Gigabit Ethernet, Wireless LAN integrata o dispositivo USB 2.0
Display Onboard	Controllo touchscreen con stilo, display grafico a colori VGA (640x480 pixel)
Piombo laser	Classe laser 1 (IEC 60825:2014) Precisione di centramento: Da 1,5 mm a 1,5 m Diametro punto laser: Da 2,5 mm a 1,5 m ON/OFF selezionabile

Sistema di imaging	
Fotocamera interna	
Risoluzione	4 megapixel per ogni immagine a colori 17° x 17°; 700 megapixel per l'immagine panoramica
Dimensioni in pixel	2,2 μ m
Video	Video streaming con zoom; autoregolazione alla luce ambientale
Bilanciamento del bianco	Soleggiato, nuvoloso, luce calda, luce fredda, personalizzato
HDR	Mappatura dei toni/Gamma completa
Fotocamera esterna	Supporto per Canon EOS 60D e 70D

Elettrico	
Alimentazione	24 V CC, 100 - 240 V CA
Tipo di batteria	2x interne: ioni di litio; esterne: ioni di litio (collegare dalla porta esterna, utilizzo in contemporanea, hot-swap)
Durata	Interna > 5,5 ore (2 batterie) Esterna > 7,5 ore (a temp. ambiente)

Condizioni ambientali	
Temperatura di esercizio	Da -20 °C a +50 °C
Temperatura di stoccaggio	Da -40 °C a +70 °C
Umidità	95%, senza condensa
Polvere/Umidità	Protezione dall'ingresso di sostanze solide/liquide IP54 (IEC 60529)

Caratteristiche fisiche	
Scanner	
Dimensioni (DxWxH)	238 mm x 358 mm x 395 mm
Peso	12,25 kg/27,0 libbre, nominali (senza batterie)
Batteria (interna)	
Dimensioni (DxWxH)	40 mm x 72 mm x 77 mm
Peso	0,4 kg
Montaggio	In posizione verticale o capovolta

Opzioni di controllo	
Touchscreen a colori per controllo della scansione integrato.	
Comando a distanza: controller Leica CS10/CS15 o qualunque altro dispositivo per comando a distanza, inclusi iPad, iPhone e altri smartphone; simulatore esterno.	

Funzionalità	
Impostazione Stazione (Topografia)	Orientamento Veloce, Imposta azimut, battuta indietro nota, intersezione inversa su due punti (4 e 6 parametri)
Controllo e rettifica	Procedura on-board per verificare i parametri angolari, il compensatore e l'offset
Acquisizione del target integrata	Selezione target dal video o dalla scansione
Interfaccia utente integrata	Alternabile tra standard e avanzata
Comando di scansione con un unico pulsante	Scanner progettato per funzionare con un solo pulsante
Definizione area di scansione	Selezione area di scansione dal video o dalla scansione; scansione dei lavori in batch

Informazioni per le ordinazioni	
Rivolgersi al rappresentante locale Leica Geosystems o a un rivenditore autorizzato Leica Geosystems.	

Tutte le specifiche sono soggette a modifiche senza preavviso.
Salvo altre indicazioni le specifiche relative alla precisione vanno considerate a un sigma.
* Al 78% albedo
** Algoritmo di adattamento planare su target Bianco Nero 4,5" HDS

Scanner: laser classe 1 conforme a IEC 60825:2014
Piombo laser: laser classe 1 conforme a IEC 60825:2014

iPhone e iPad sono marchi registrati di Apple Inc.

Illustrazioni, descrizioni e specifiche tecniche non sono vincolanti. Tutti i diritti riservati.
Stampato in Svizzera - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Svizzera, 2015.
832257/it - 03.15 - INT



Leica ScanStation P16

Leica Cyclone REGISTER

Leica Cyclone MODEL

Effettua qui la scansione per visualizzare la brochure online!



Leica Geosystems AG
Heerbrugg, Svizzera
scanstation.leica-geosystems.com

ACTIVE customer care

L'assistenza clienti attiva di fiducia

L'assistenza clienti attiva di fiducia è una vera e propria partnership tra Leica Geosystems e i suoi clienti. I pacchetti di assistenza clienti CCP (Customer Care Package) garantiscono la manutenzione ottimale delle apparecchiature e la disponibilità del software più aggiornato per ottenere i risultati migliori sul lavoro. myWorld@Leica Geosystems è il portale per i clienti che offre informazioni 24 ore su 24, 7 giorni su 7.

- when it has to be right

Leica
Geosystems

Inquadramento

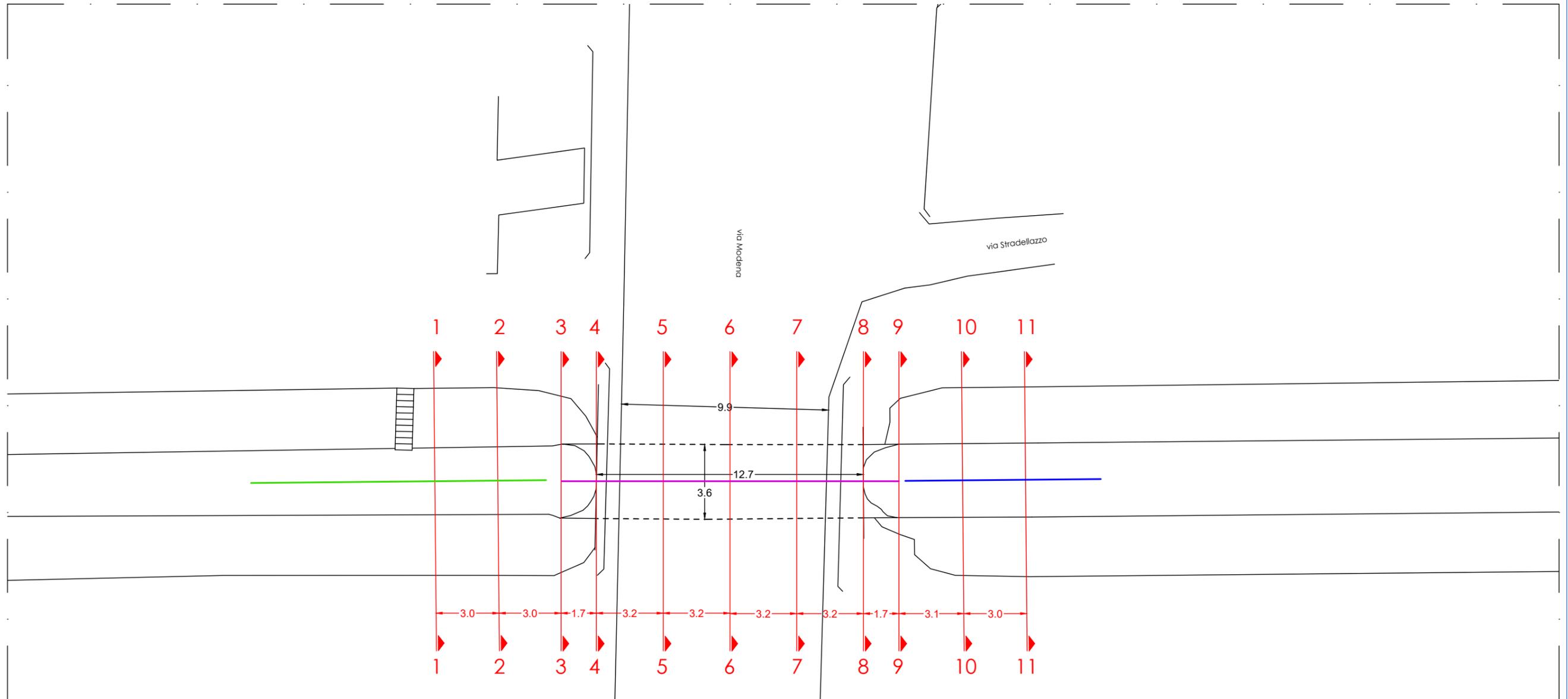


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto all'aperto a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-9
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 10-11



Planimetria



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

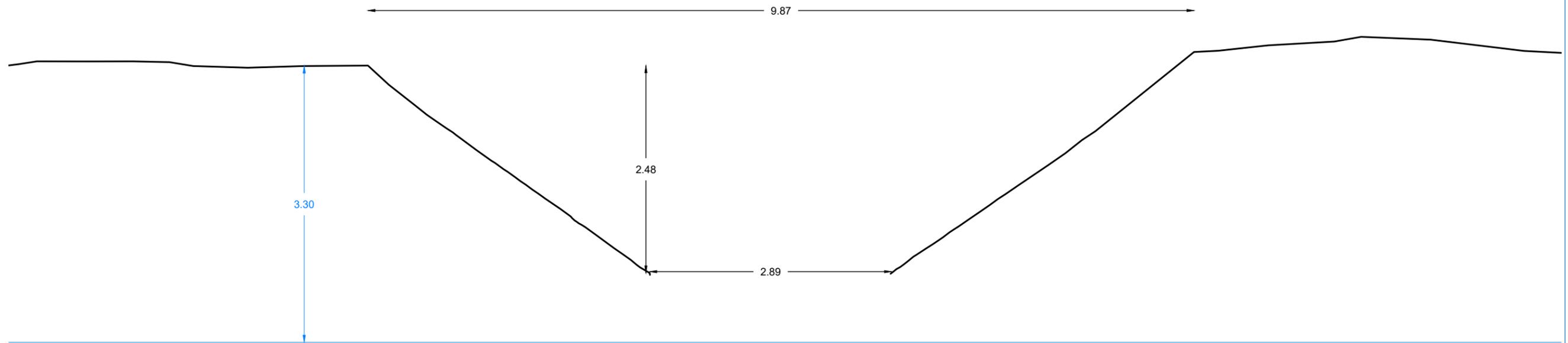
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



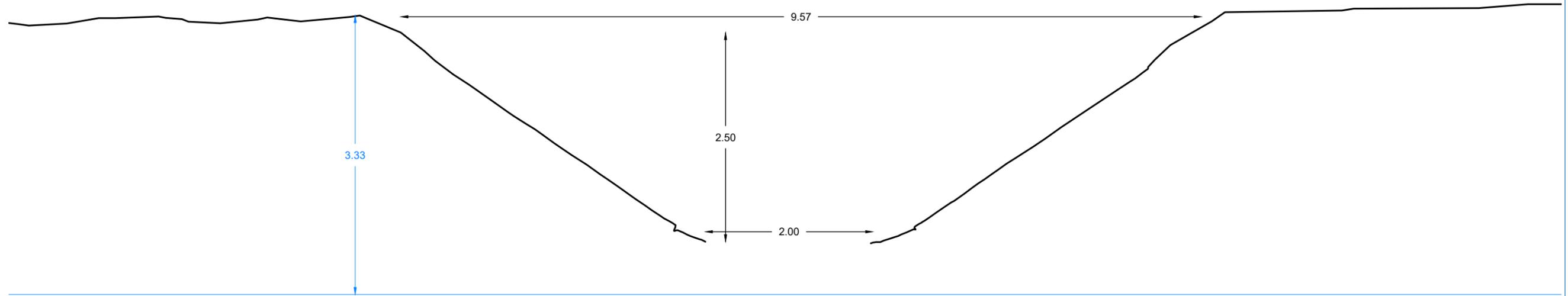
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 1



Sezione 2



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

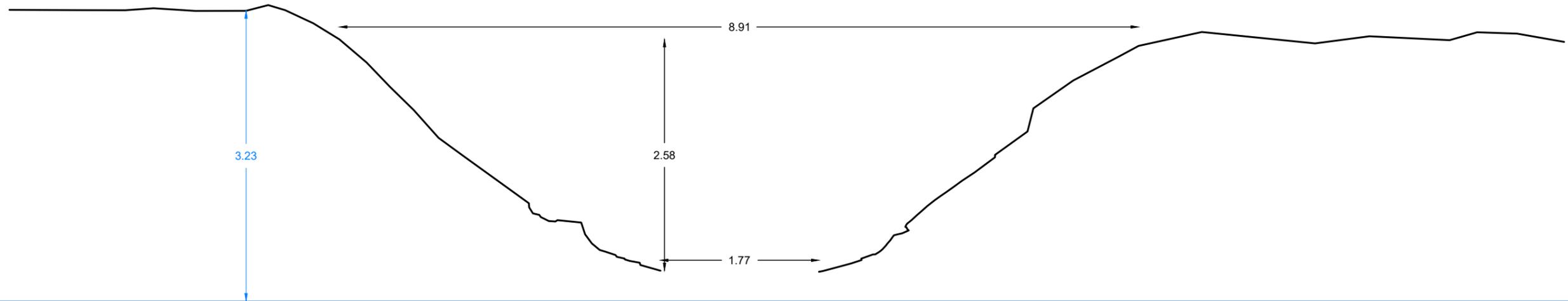
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



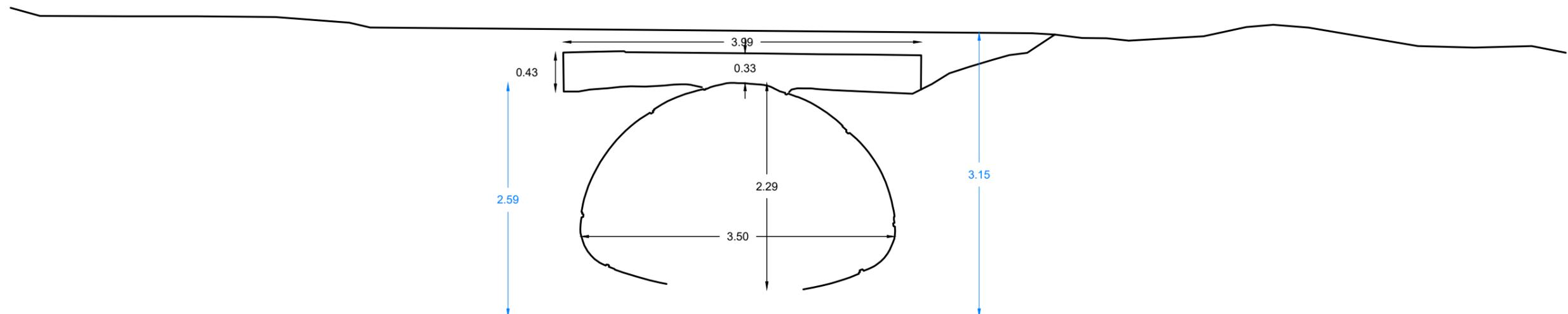
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 3



Sezione 4



Inquadramento



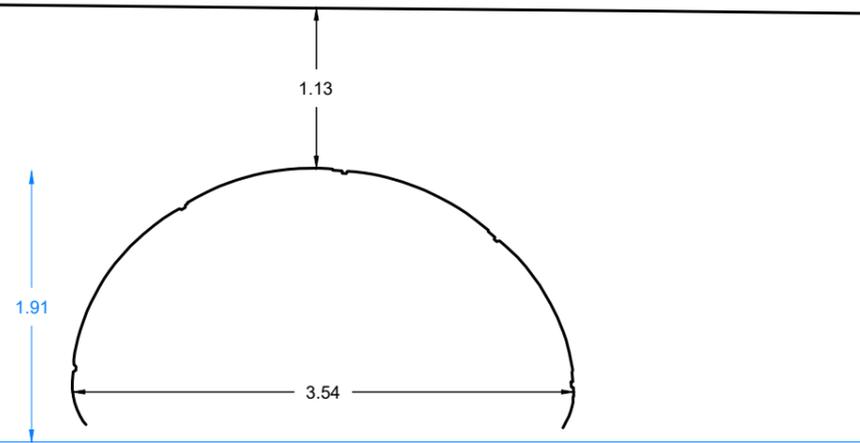
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9

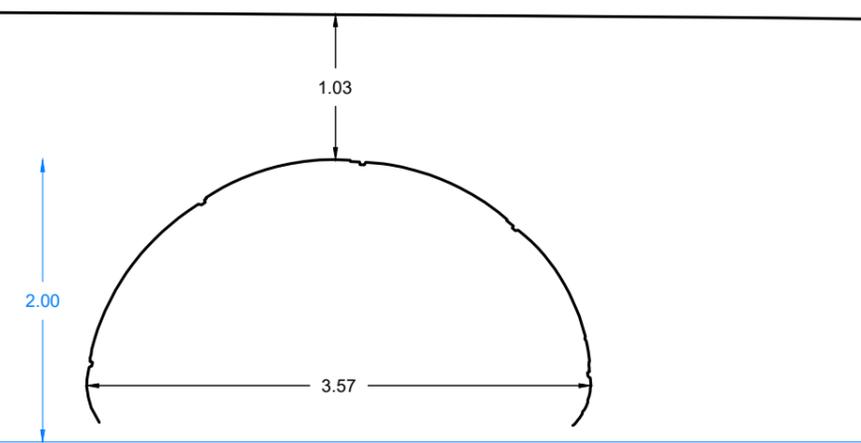
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

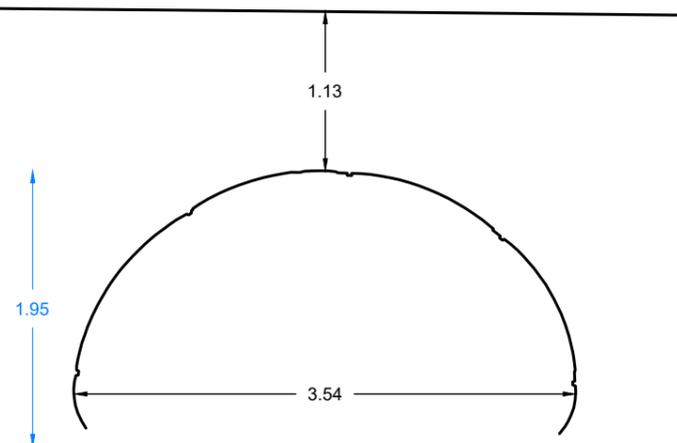
Sezione 5



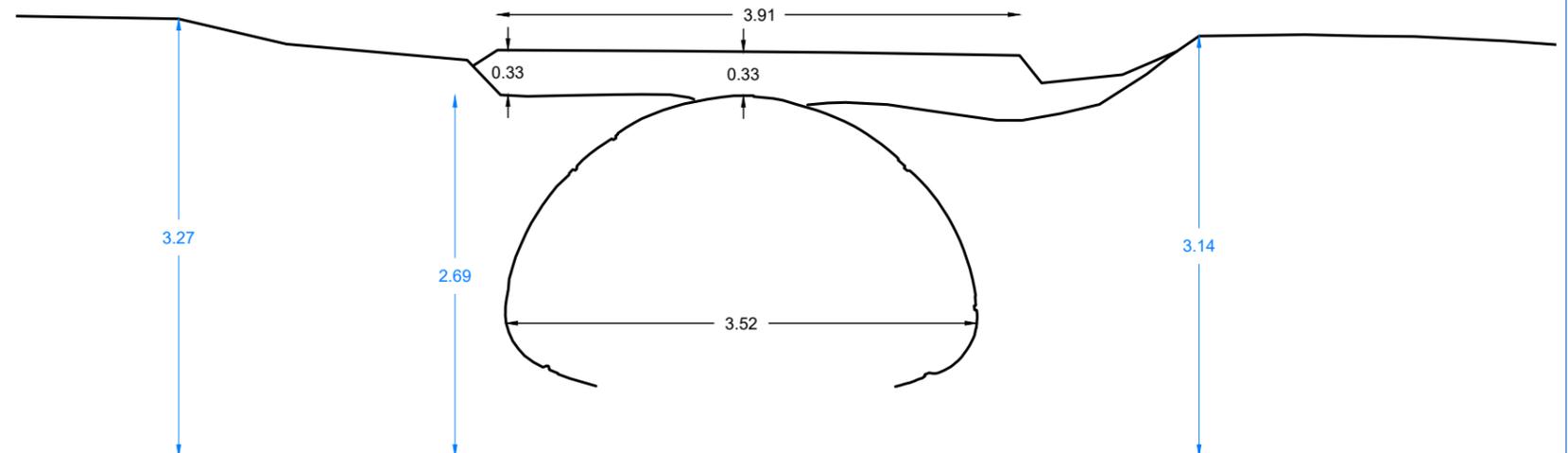
Sezione 7



Sezione 6



Sezione 8



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

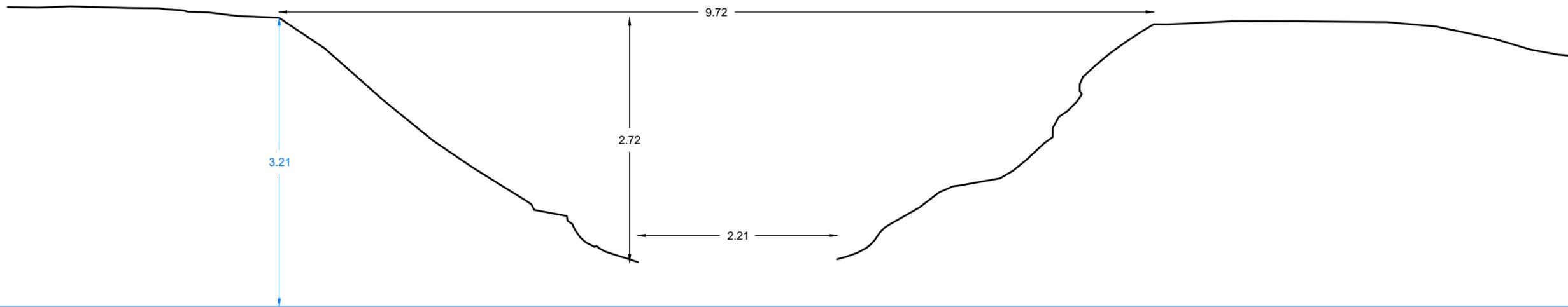
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



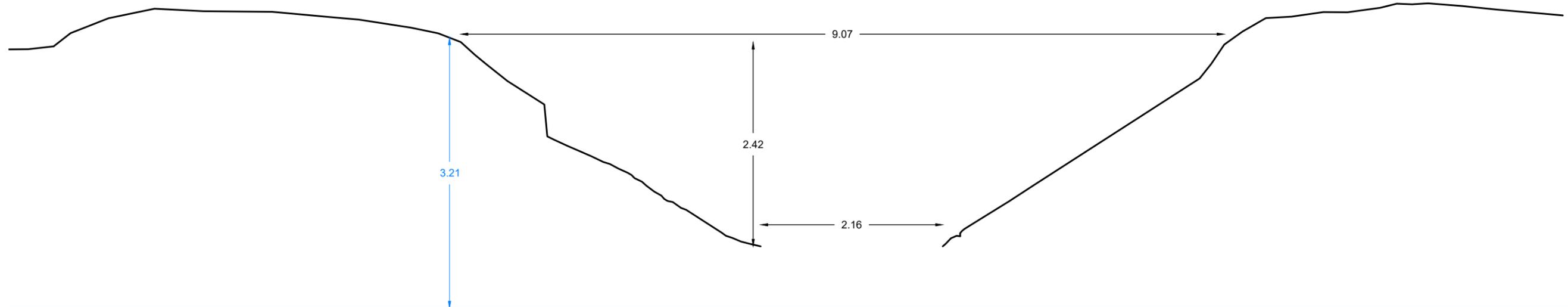
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 9



Sezione 10



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

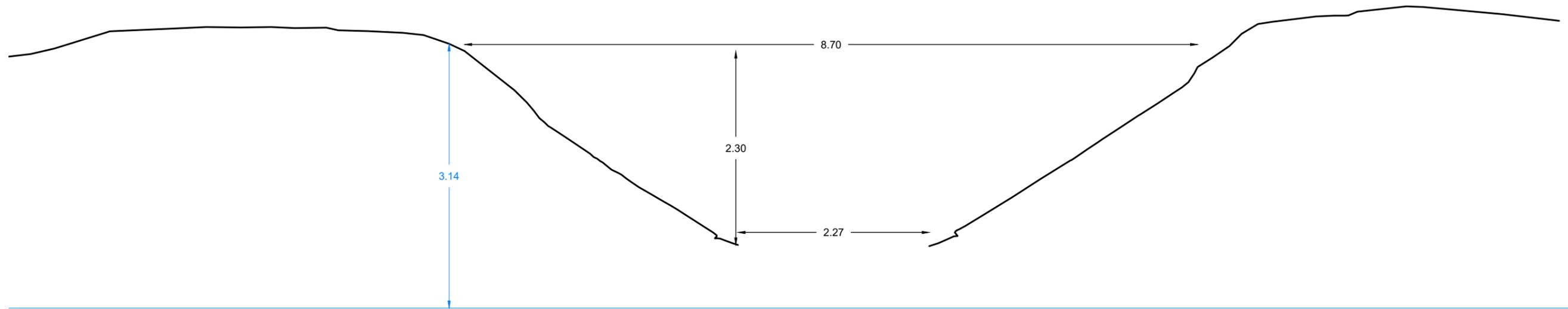
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



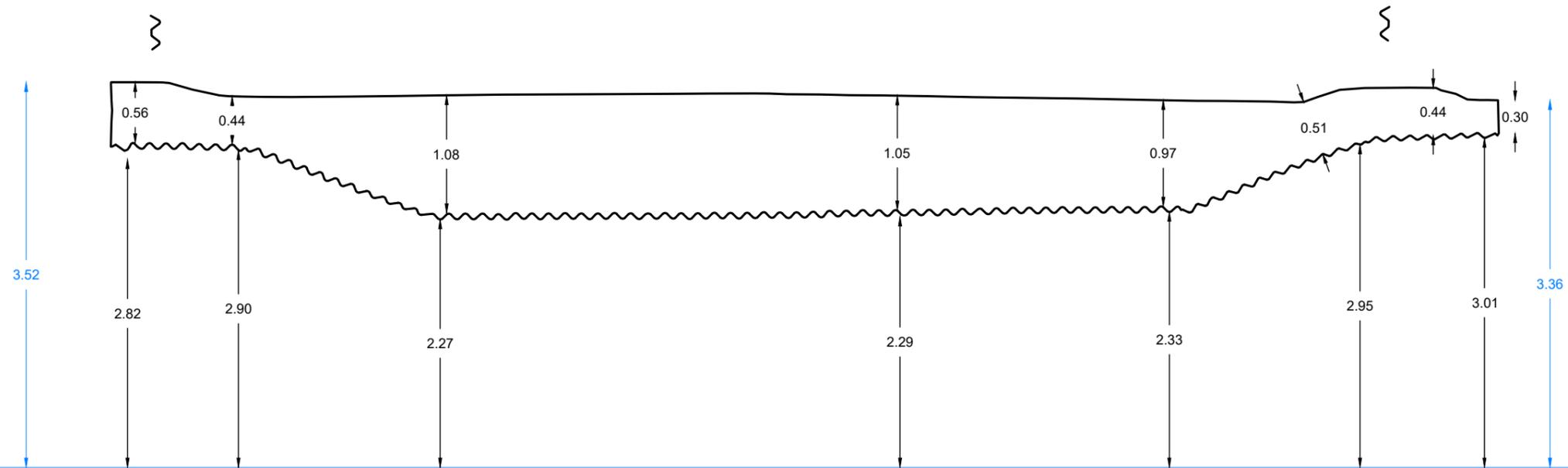
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 11



Sezione A



Inquadramento

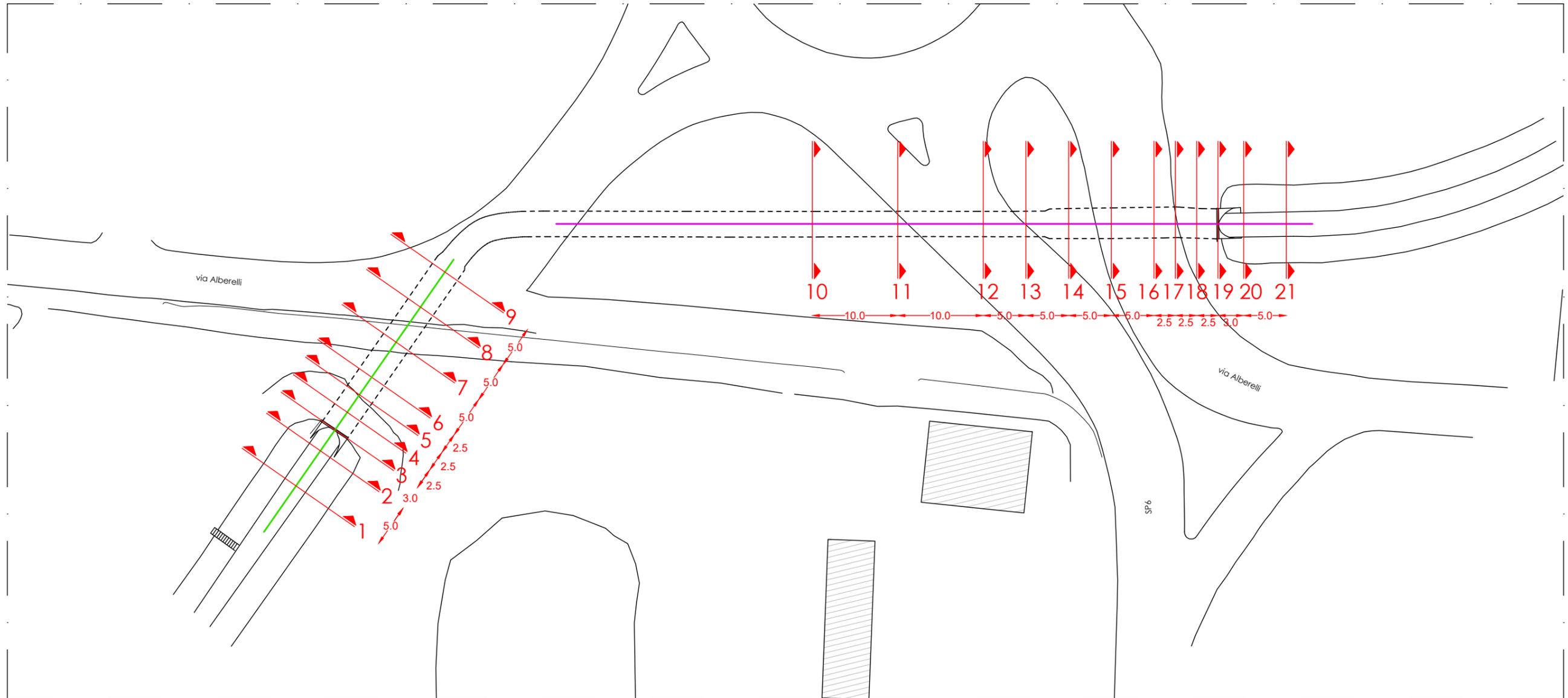


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi
(ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



Planimetria



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

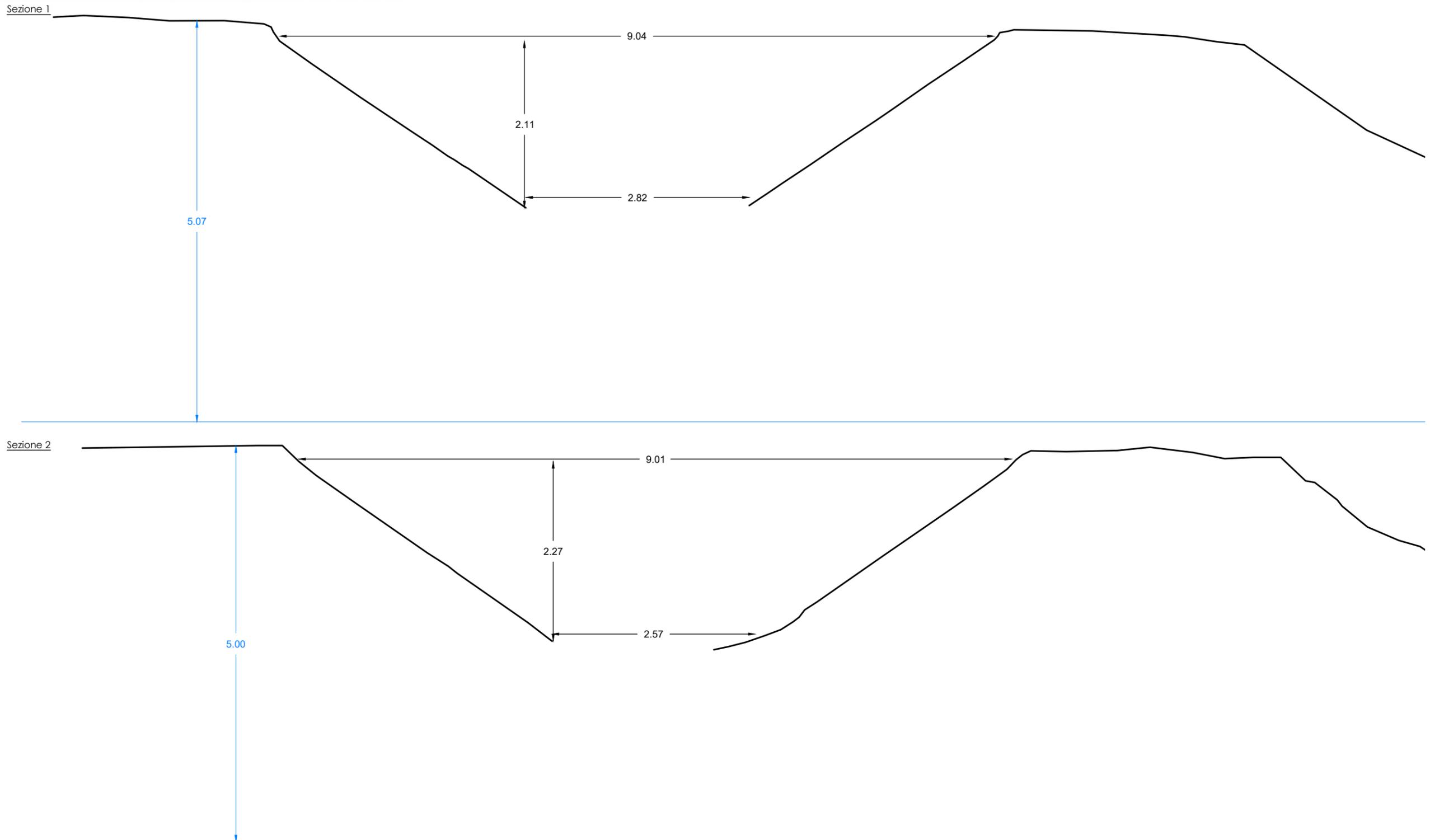


NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni



EMESSO : Ing. Alessio Furini
 APPROVATO : Ing. Luca Ercolin

COMMESSA 729/18
 DOC.
 DATA: 04-18
 REV. 00
 SCALA 1:50
 QUOTE IN METRI

OGGETTO
 Rilievo Laser Scanner dei tubi Finsider in canali della rete del
 Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
 TITOLO
 TAV 13 - Corporeno - Sezioni trasversali 1-2

COMMITTENTE
 LIFE srl



Inquadramento



Sezione 3

NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

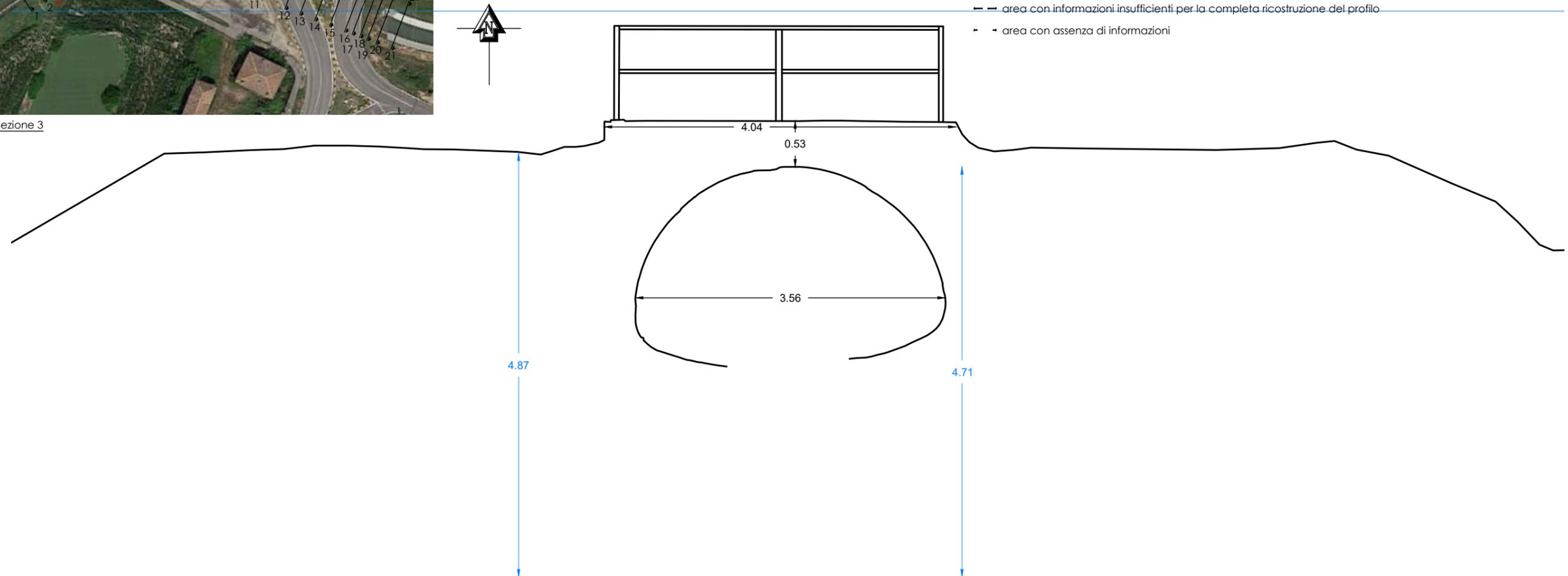
- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

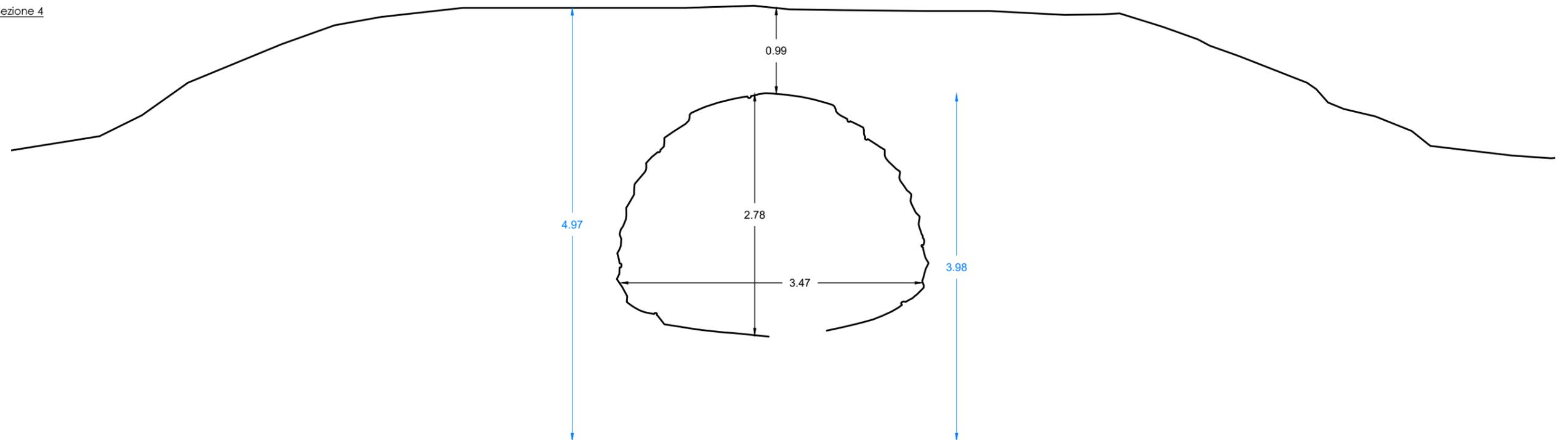
NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

NB:

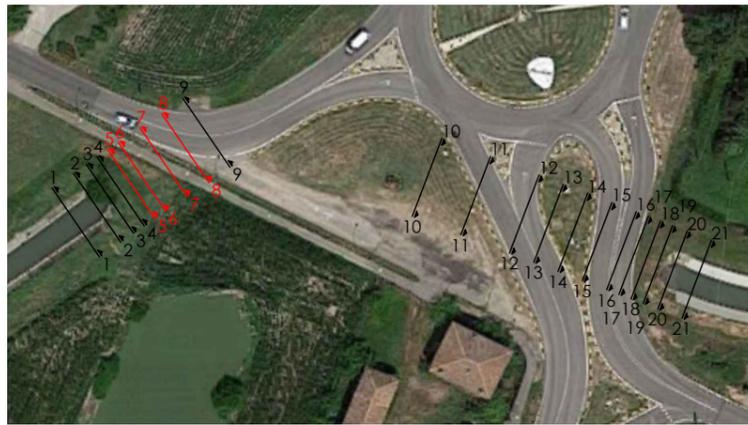
- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni



Sezione 4



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



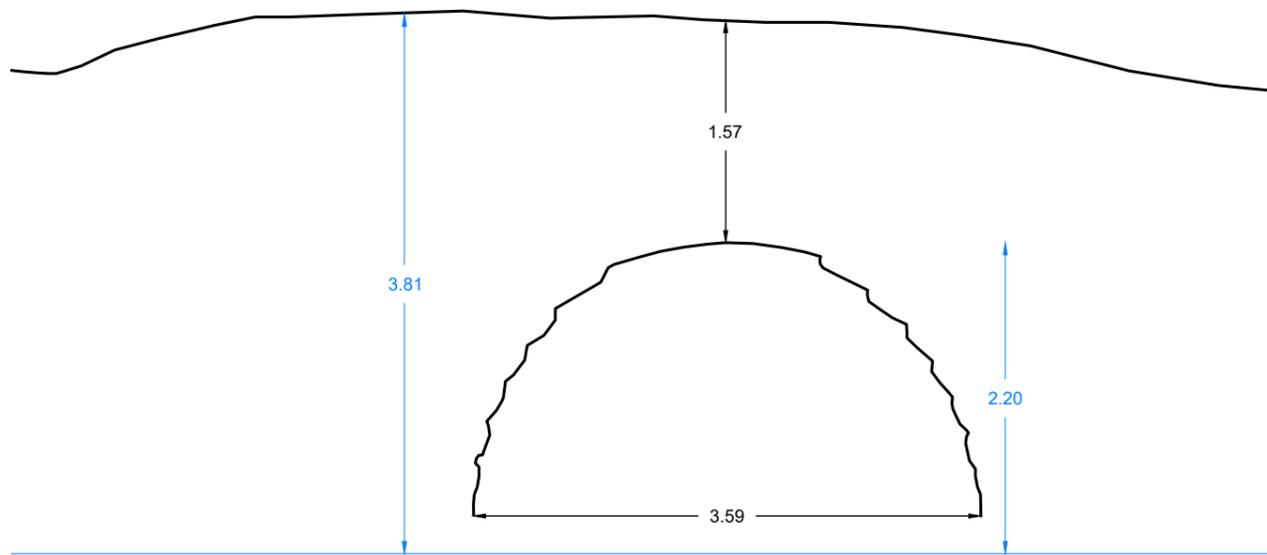
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

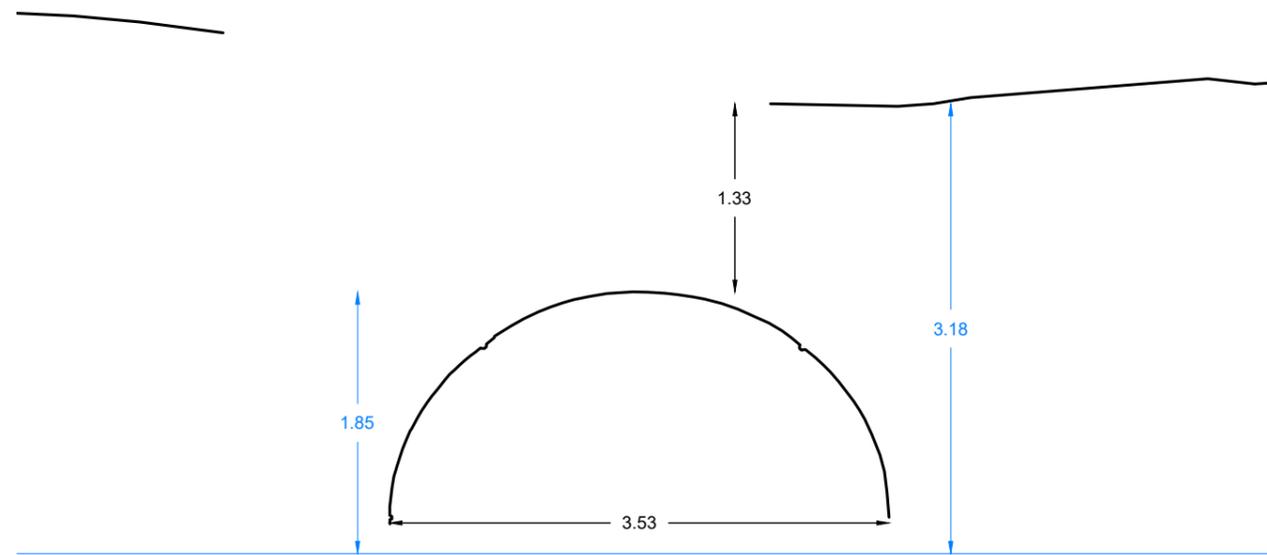
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

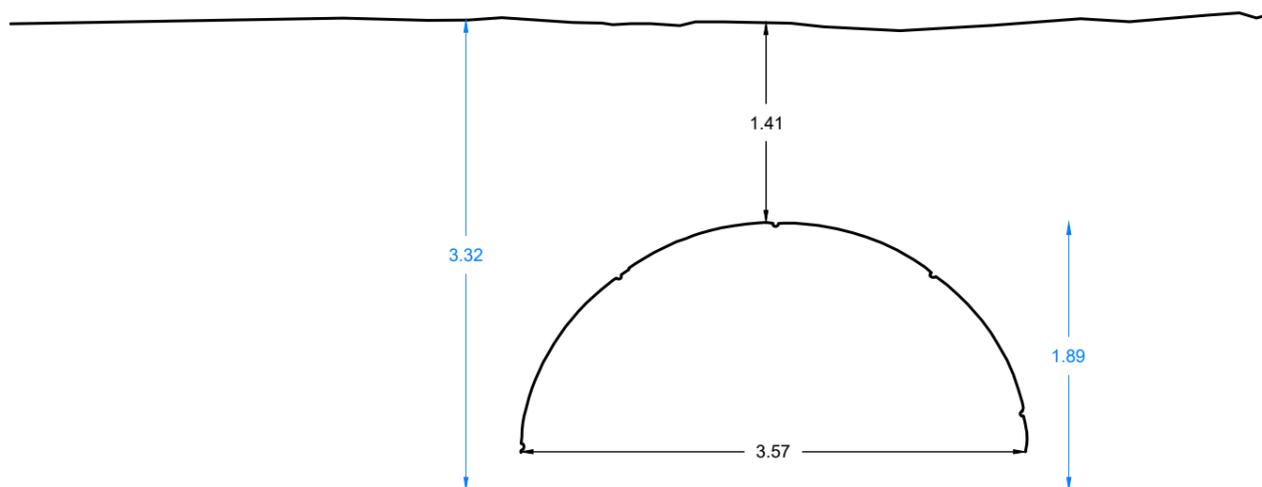
Sezione 5



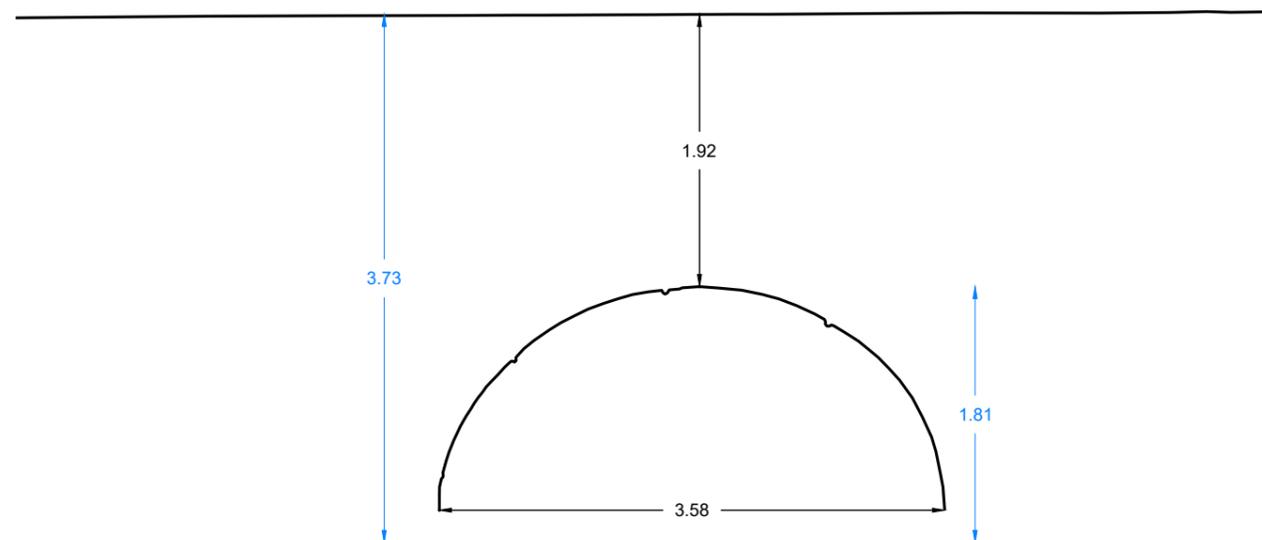
Sezione 7



Sezione 6



Sezione 8



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

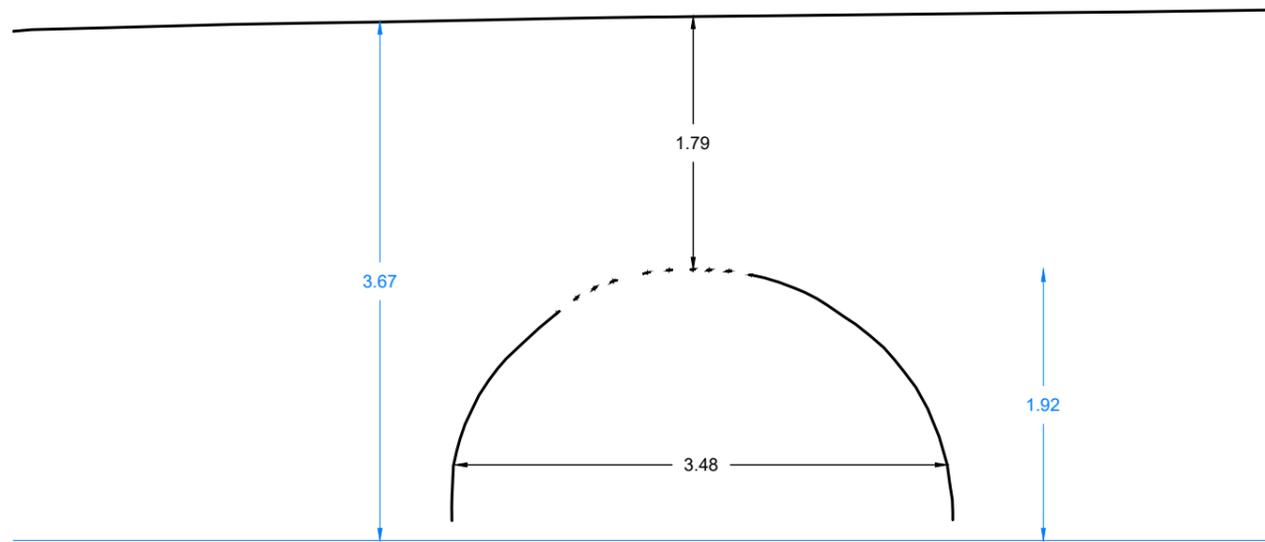
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

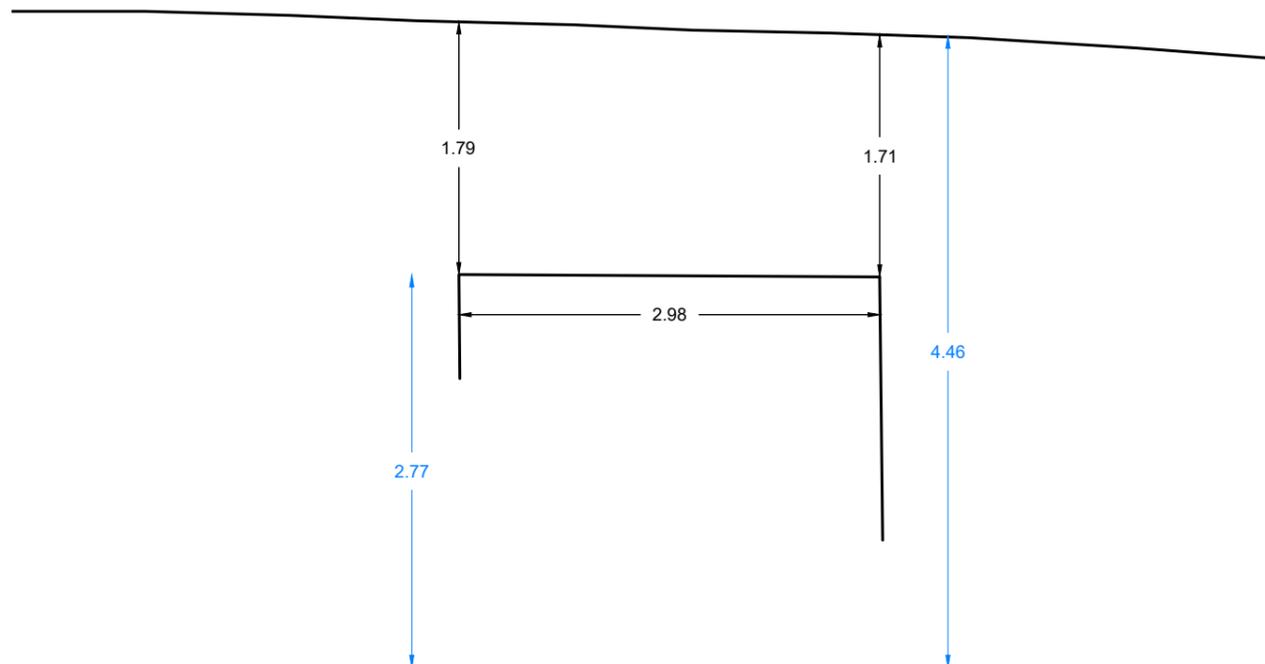
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

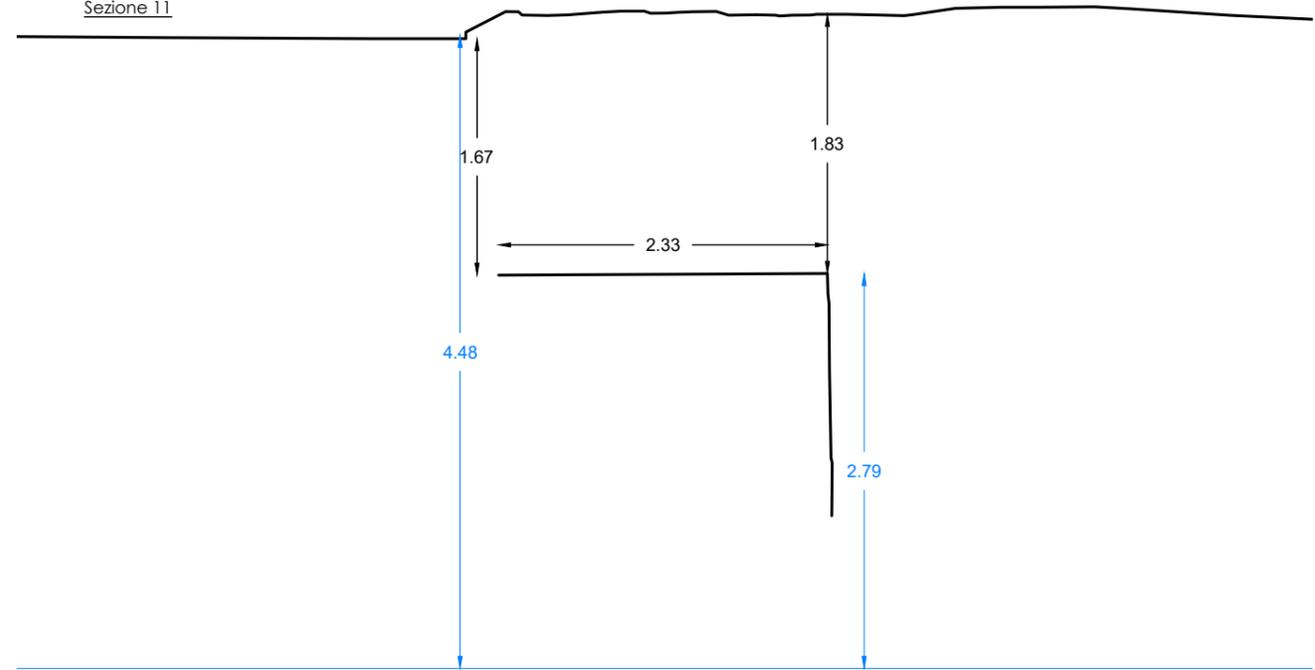
Sezione 9



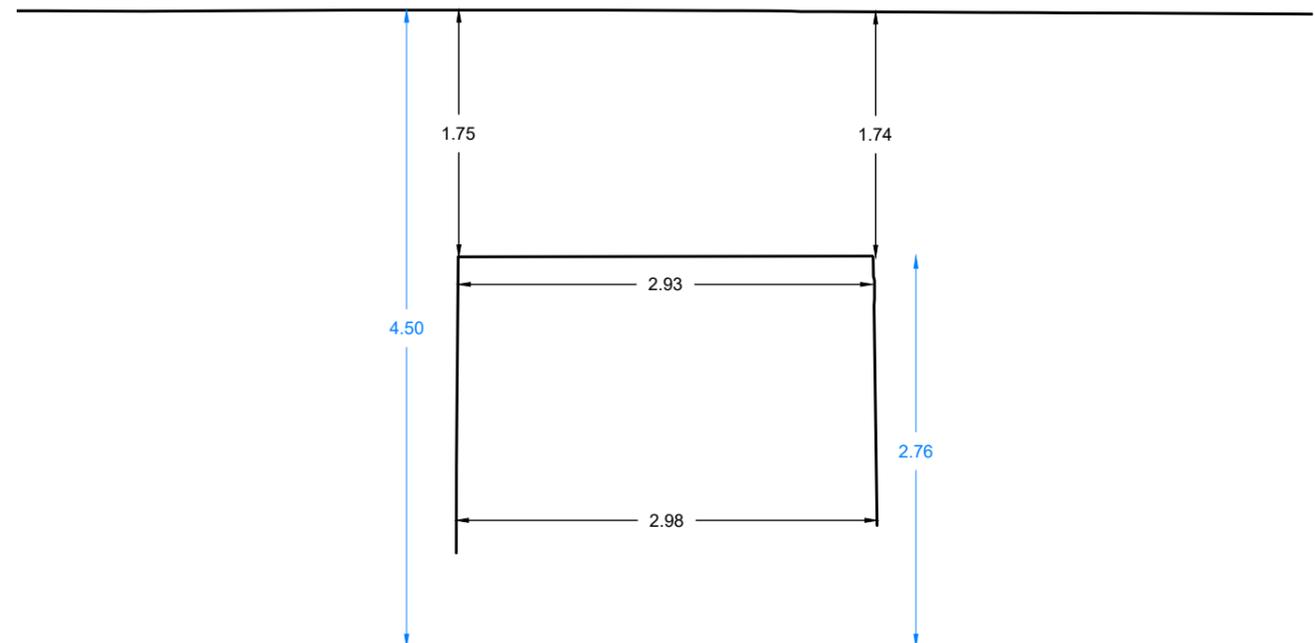
Sezione 10



Sezione 11



Sezione 12



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



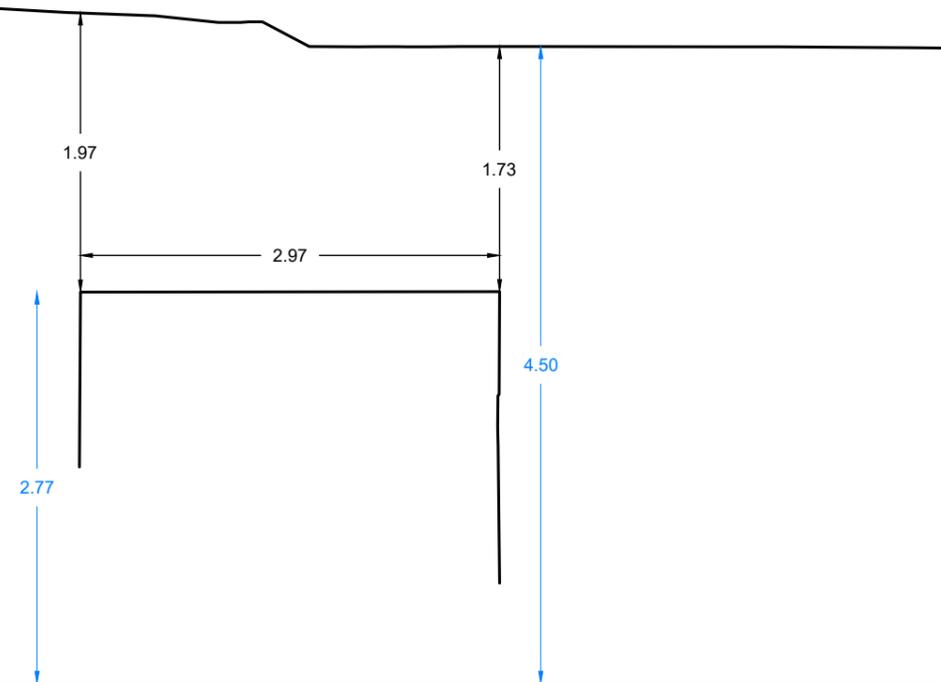
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

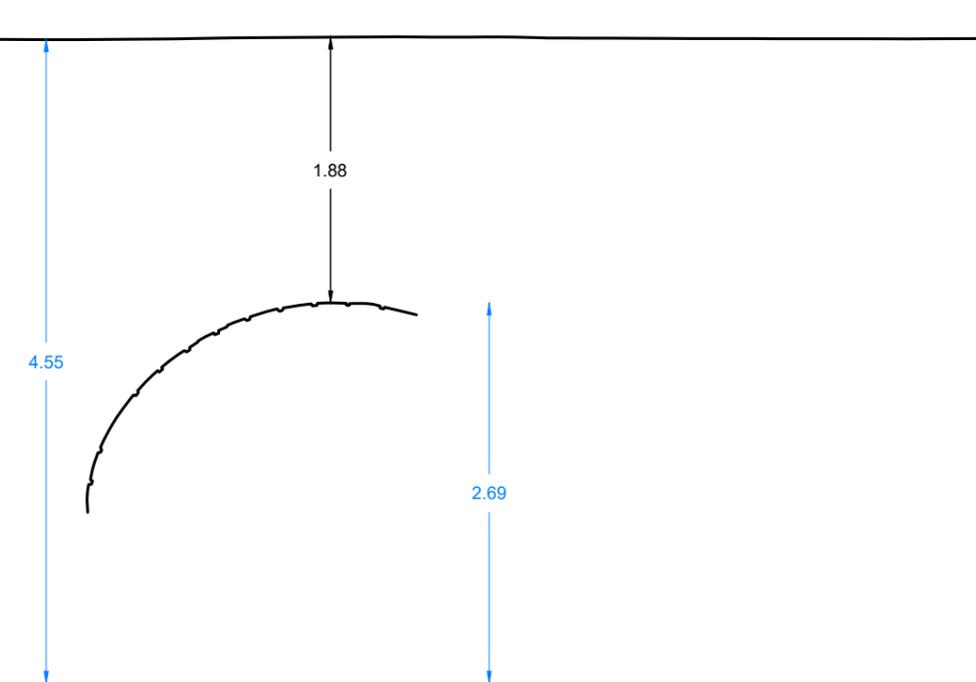
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

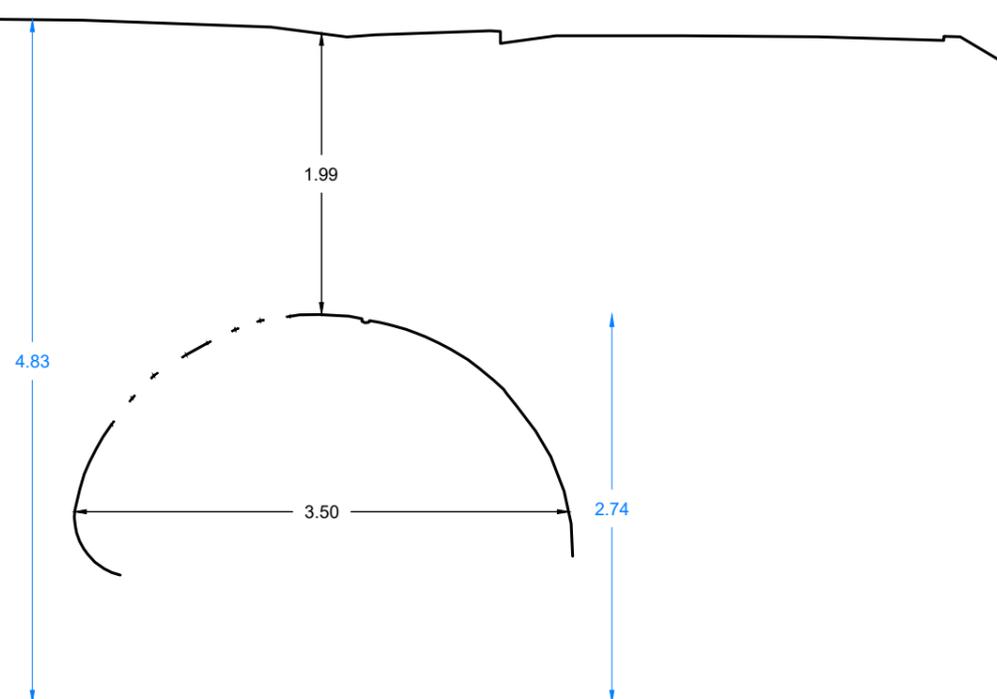
Sezione 13



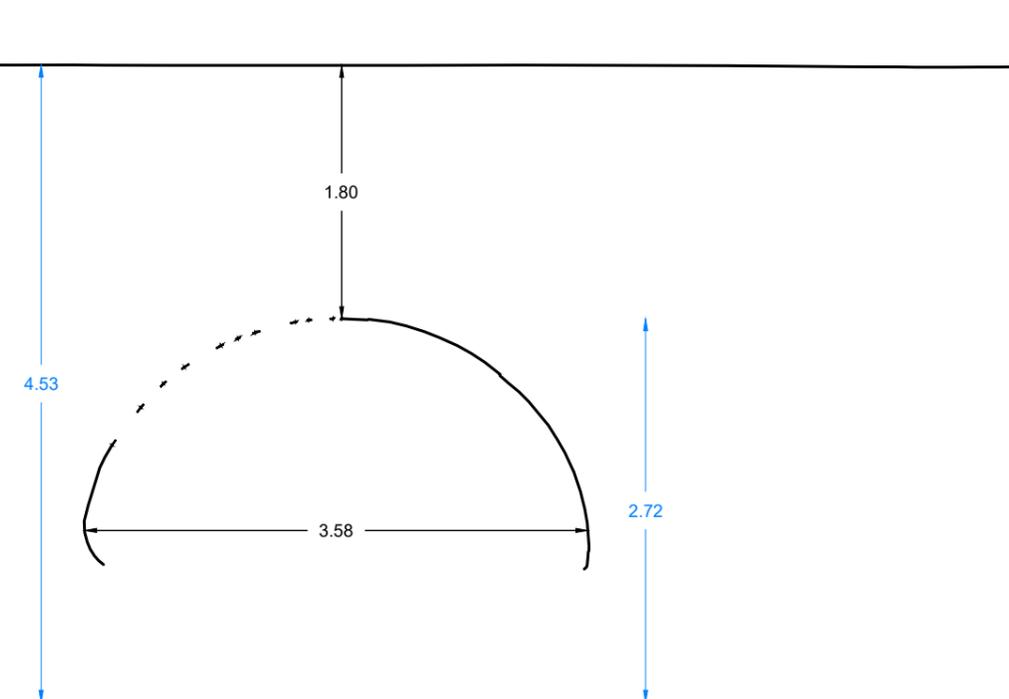
Sezione 15



Sezione 14



Sezione 16



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



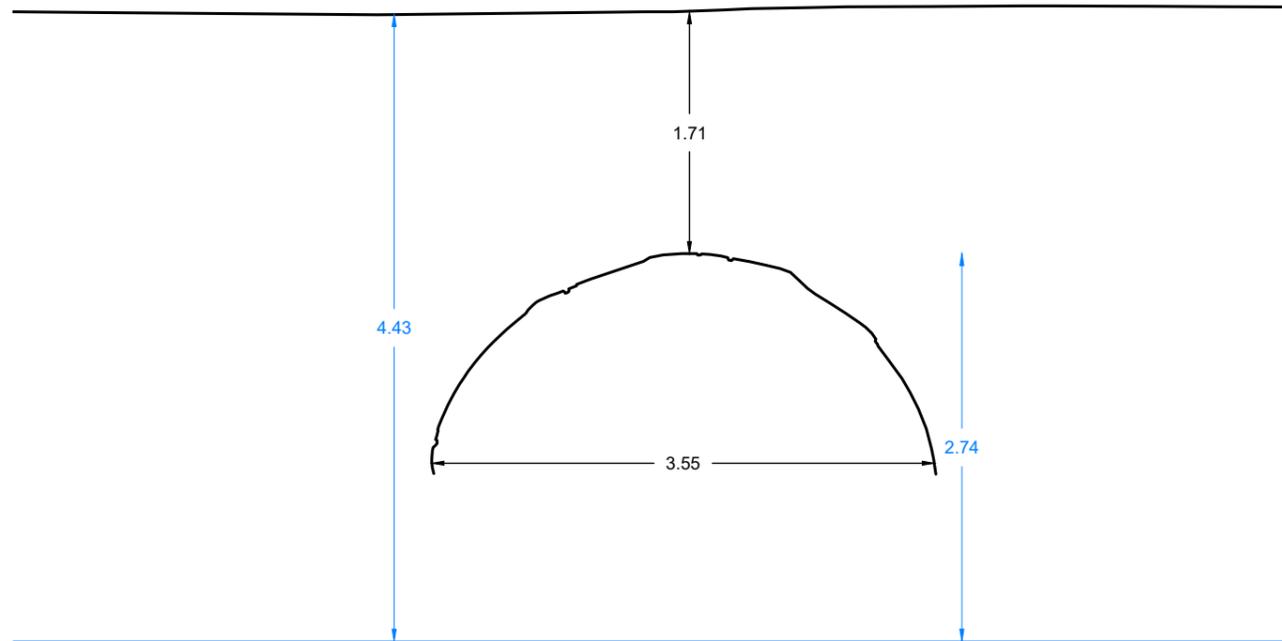
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

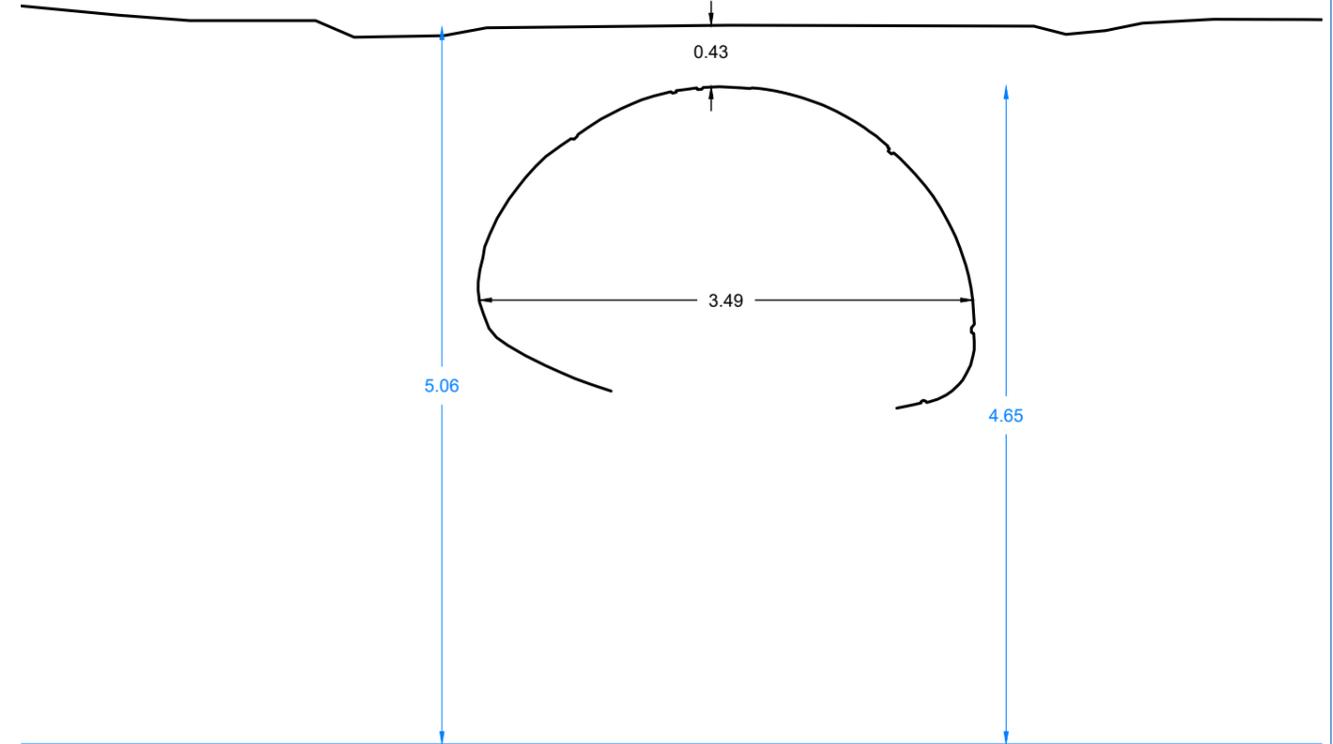
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

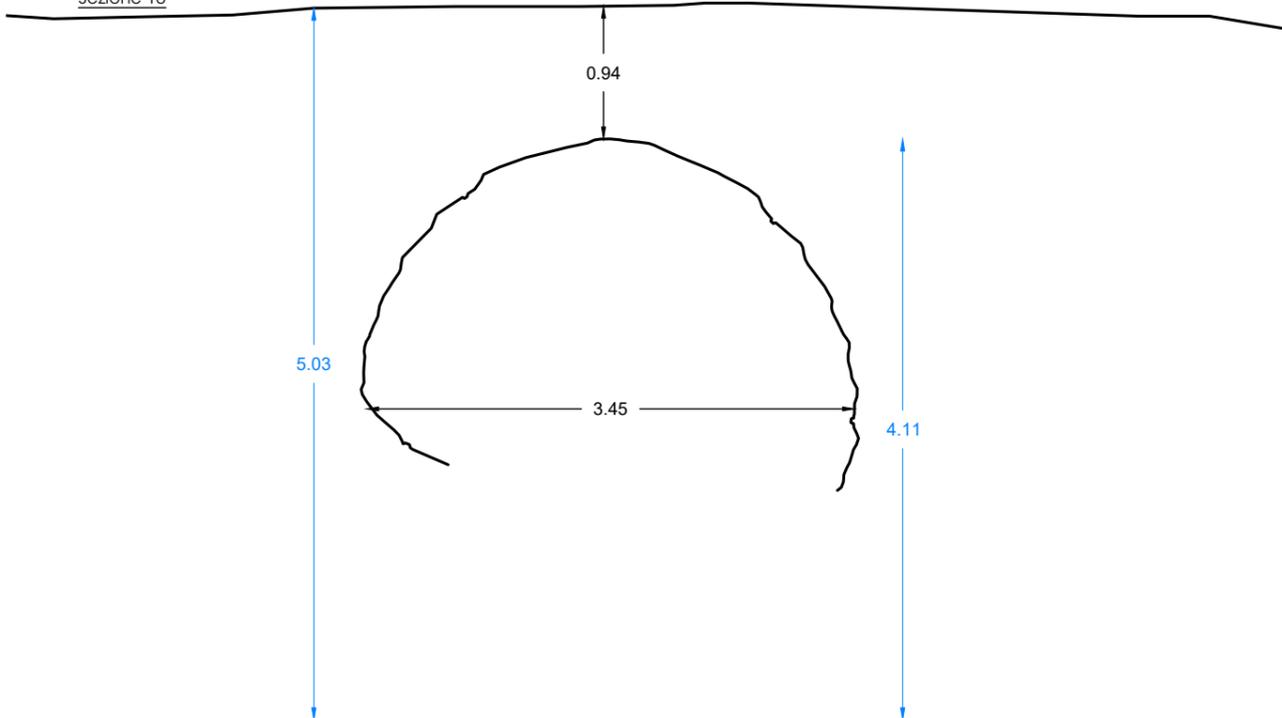
Sezione 17



Sezione 19



Sezione 18



EMESSO :	Ing. Alessio Furini
APPROVATO :	Ing. Luca Ercolin

COMMESSA 729/18
DOC.
DATA: 04-18
REV. 00
SCALA 1:50
QUOTE IN METRI

OGGETTO	Rilievo Laser Scanner dei tubi Finsider in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
TITOLO	TAV 18 - Coropreno - Sezioni trasversali 17-19

COMMITTENTE	LIFE srl
-------------	----------



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

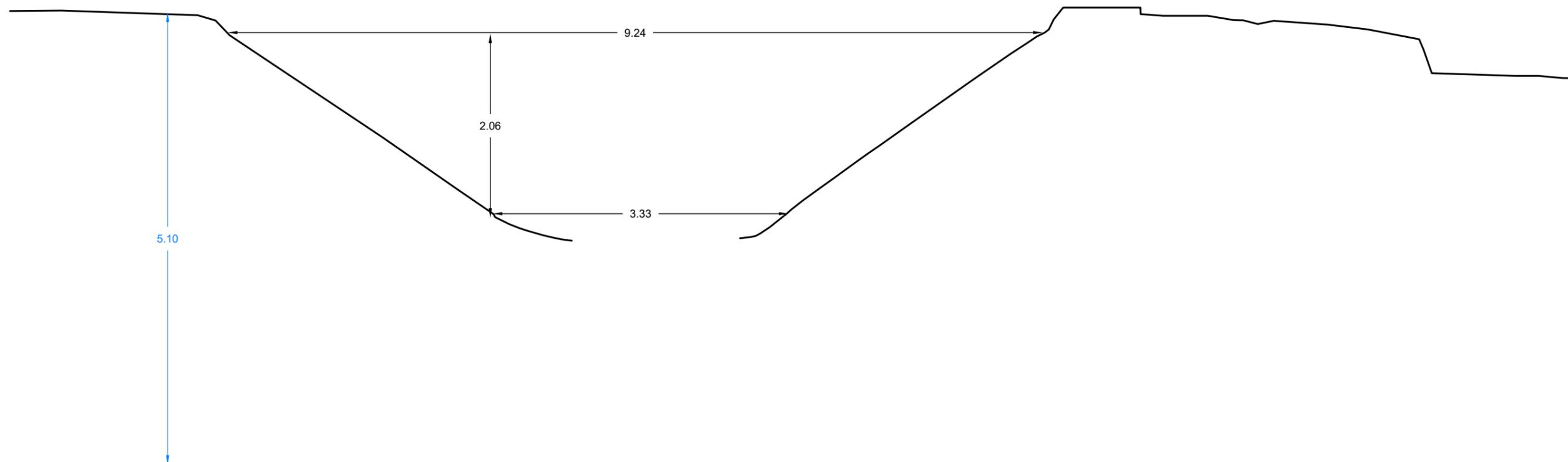
- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

- NB:
- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
 - area con assenza di informazioni

Sezione 20



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

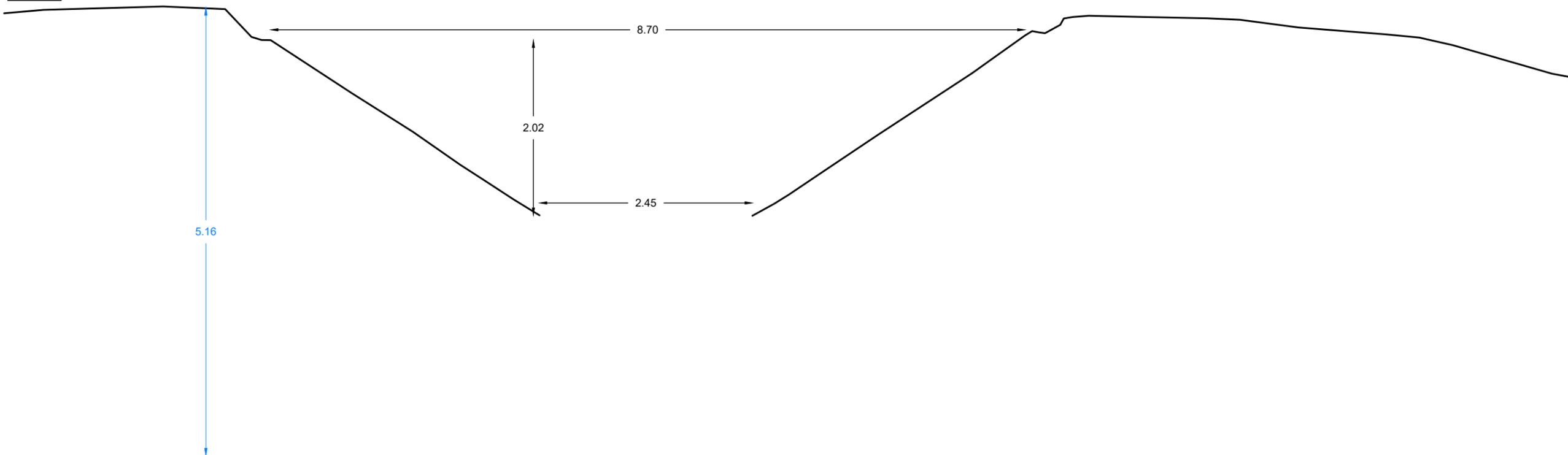
- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

- NB:
- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
 - area con assenza di informazioni

Sezione 21



EMESSO :	Ing. Alessio Furini
APPROVATO :	Ing. Luca Ercolin

COMMESSA 729/18
DOC.
DATA: 04-18
REV. 00
SCALA 1:50
QUOTE IN METRI

OGGETTO	Rilievo Laser Scanner dei tubi Finsider in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
TITOLO	TAV 20 - Corporeno - Sezione trasversale 21

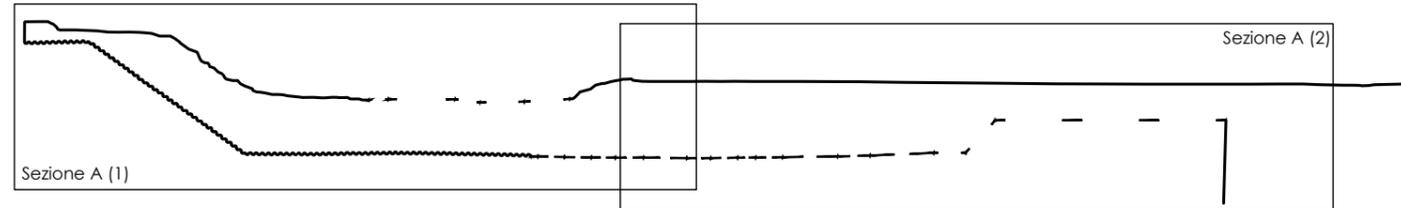
COMMITTENTE	LIFE srl
-------------	----------



Inquadramento



Inquadramento sezione



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

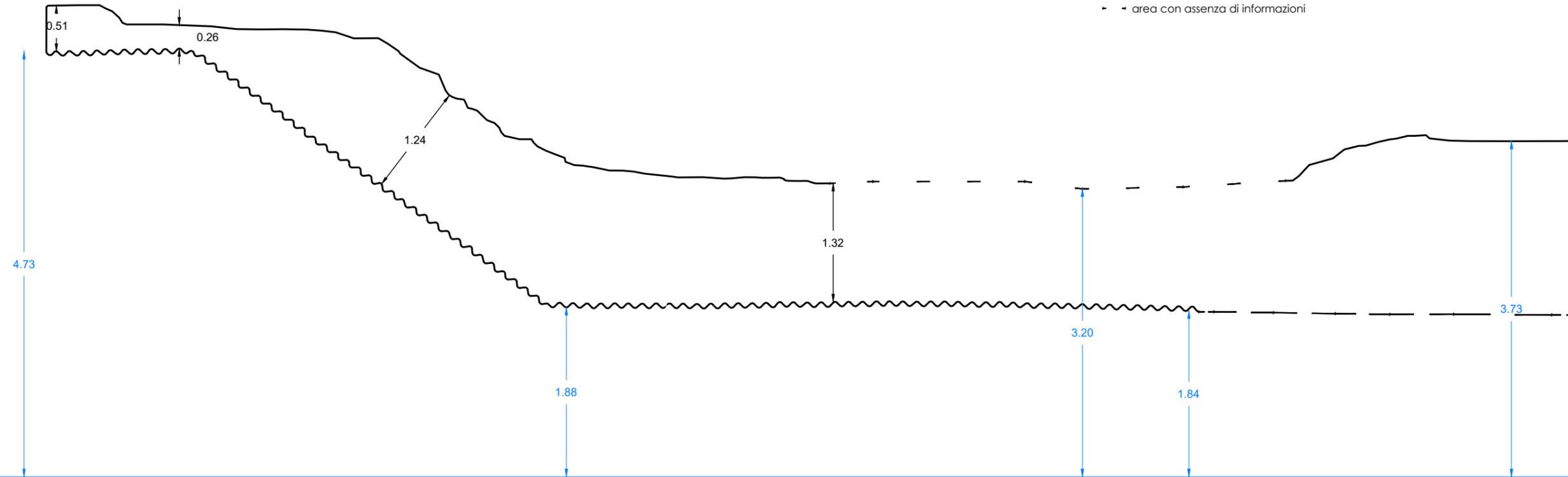
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

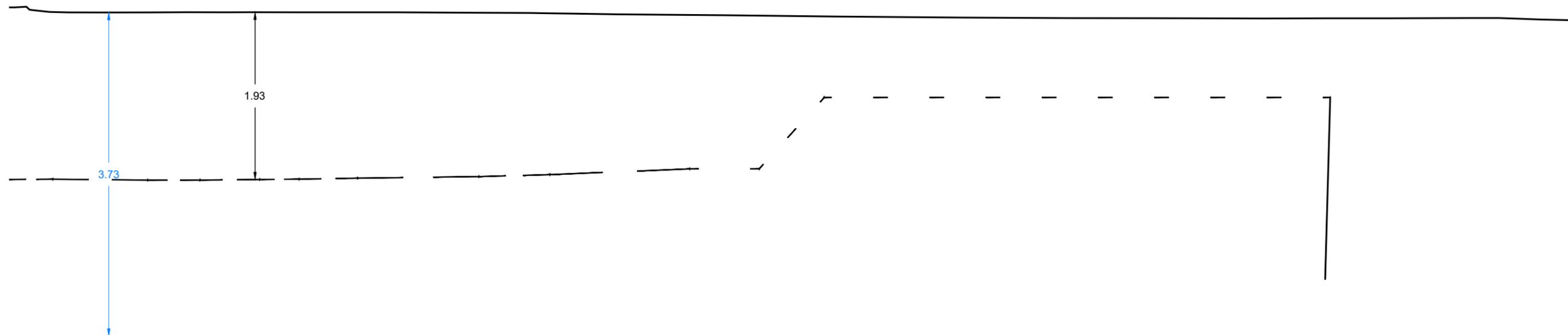
NB:

- - - - - area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- - - - - area con assenza di informazioni

Sezione A (1)



Sezione A (2)



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

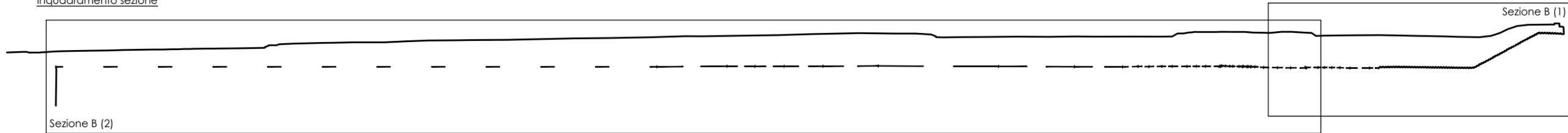
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

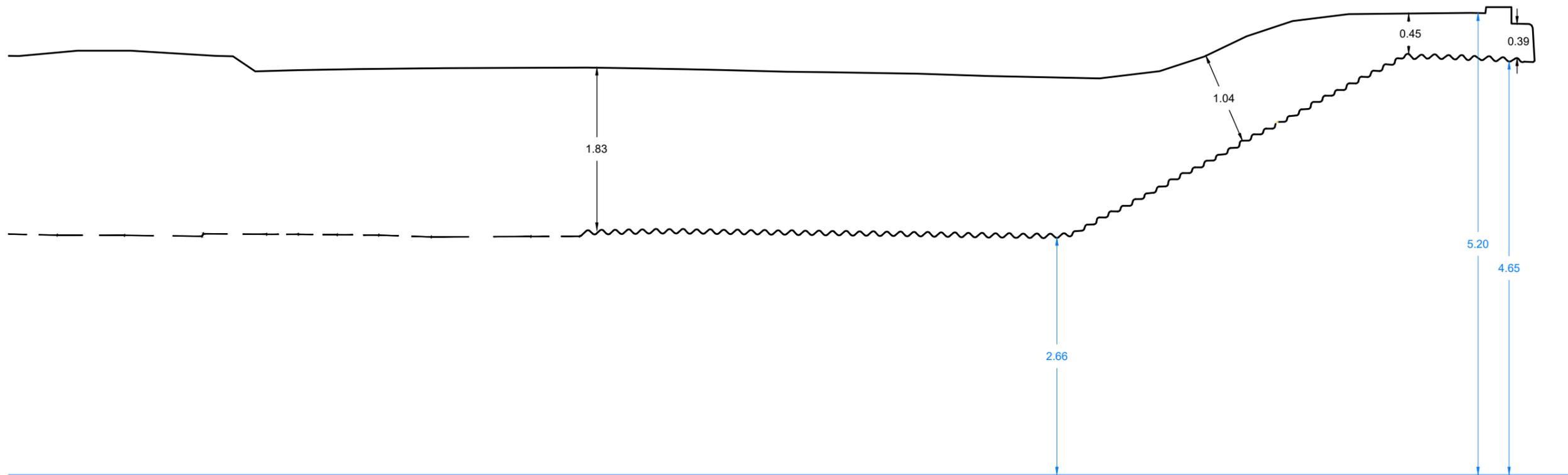
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

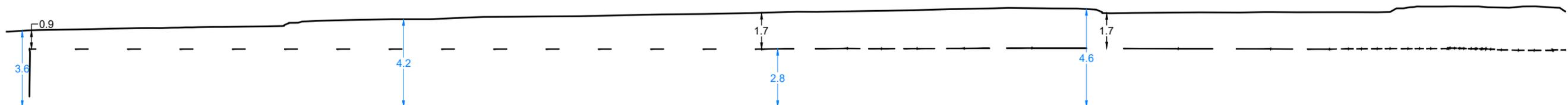
Inquadramento sezione



Sezione B (1) - scala 1:50



Sezione B (2) - scala 1:200



Inquadramento

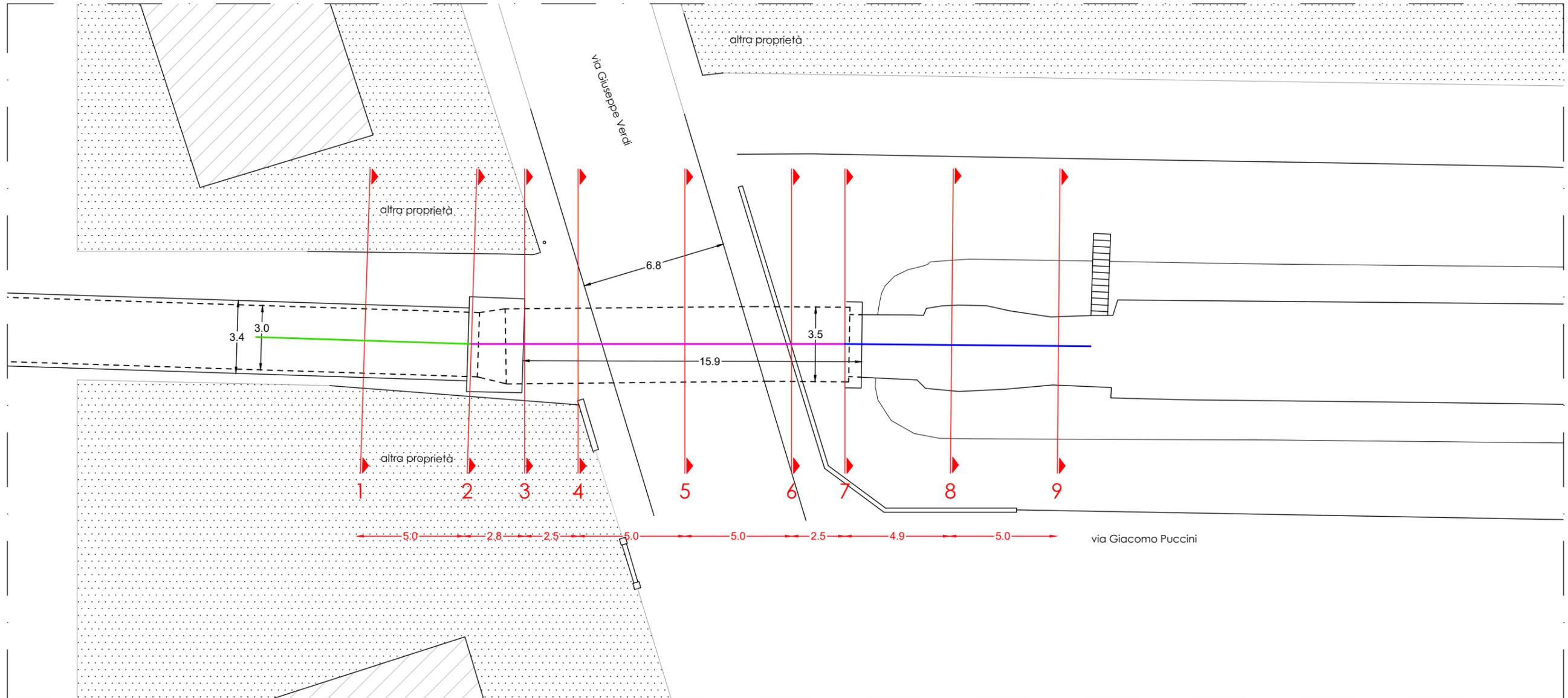


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



Planimetria



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

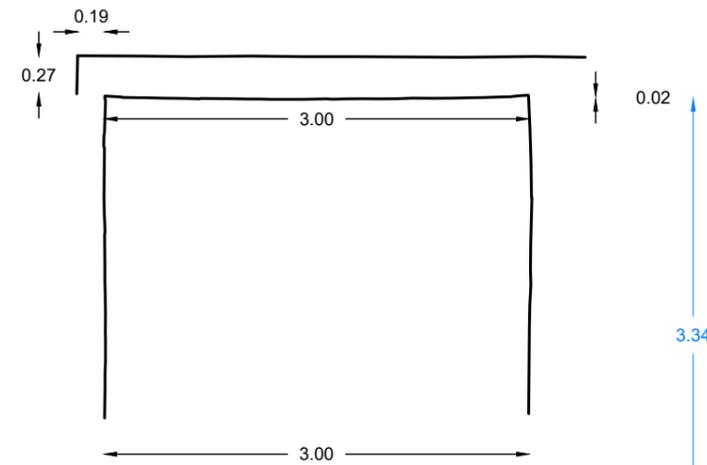
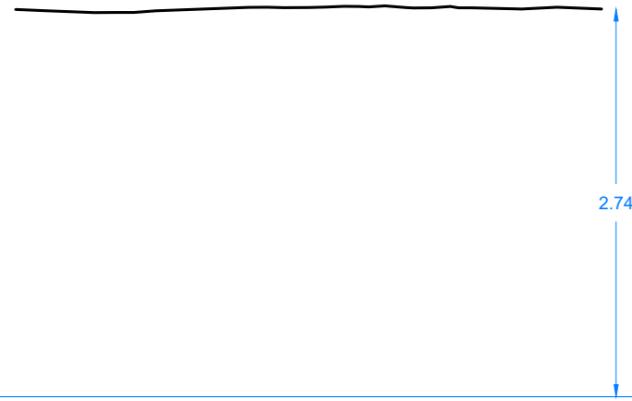
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



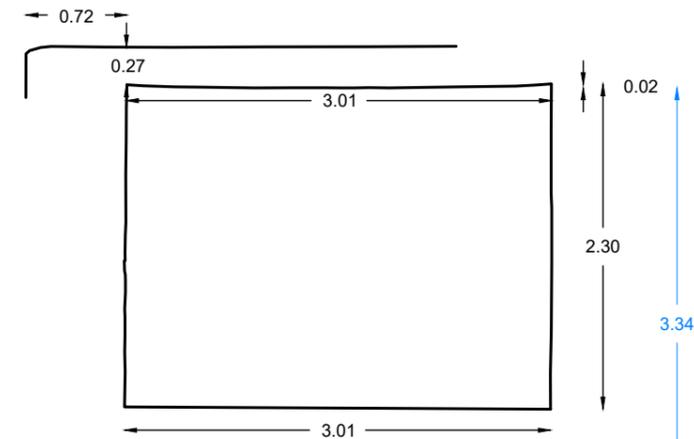
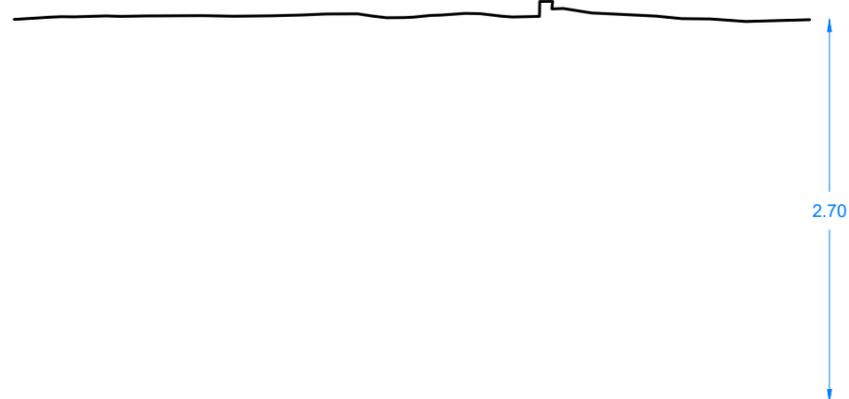
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 1



Sezione 2



Inquadramento



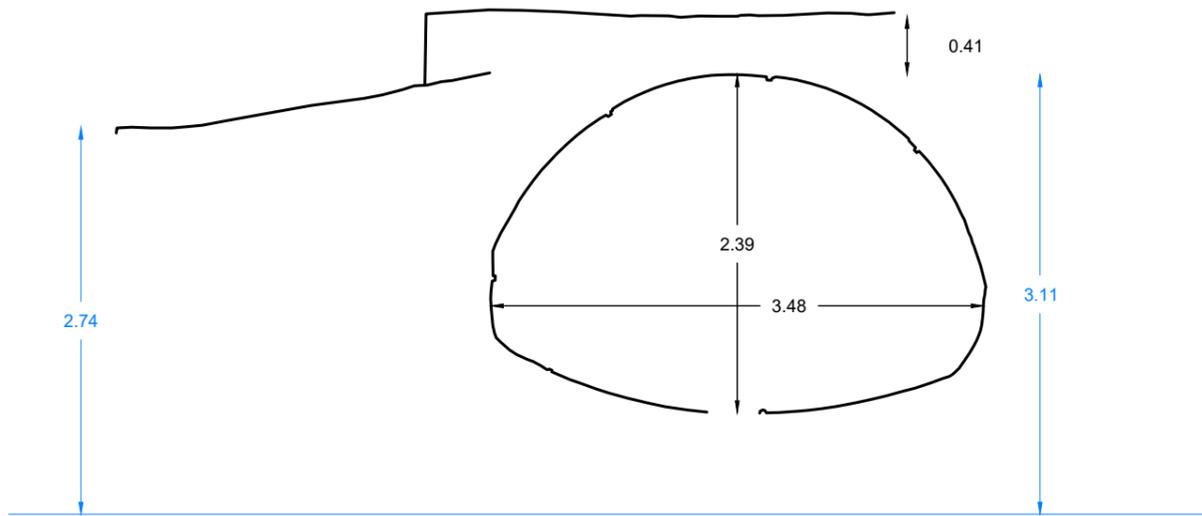
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9

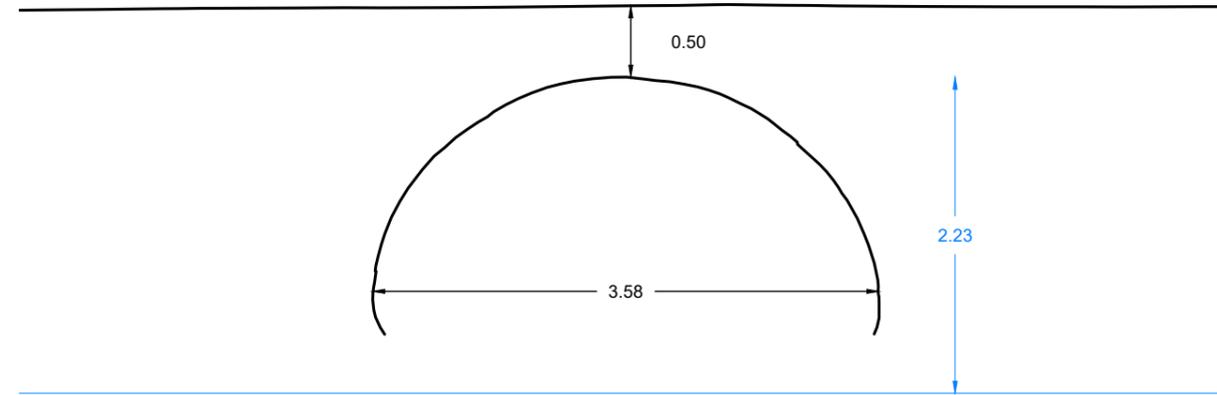
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

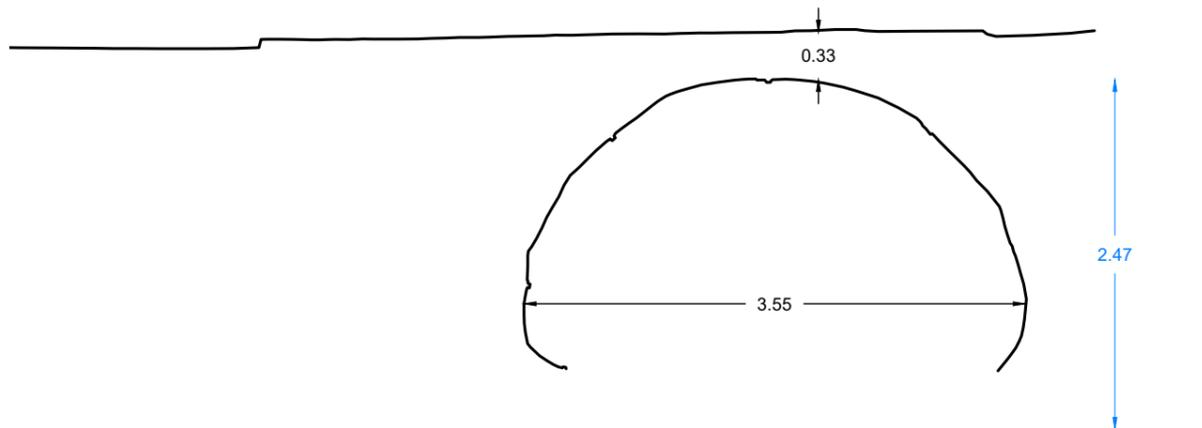
Sezione 3



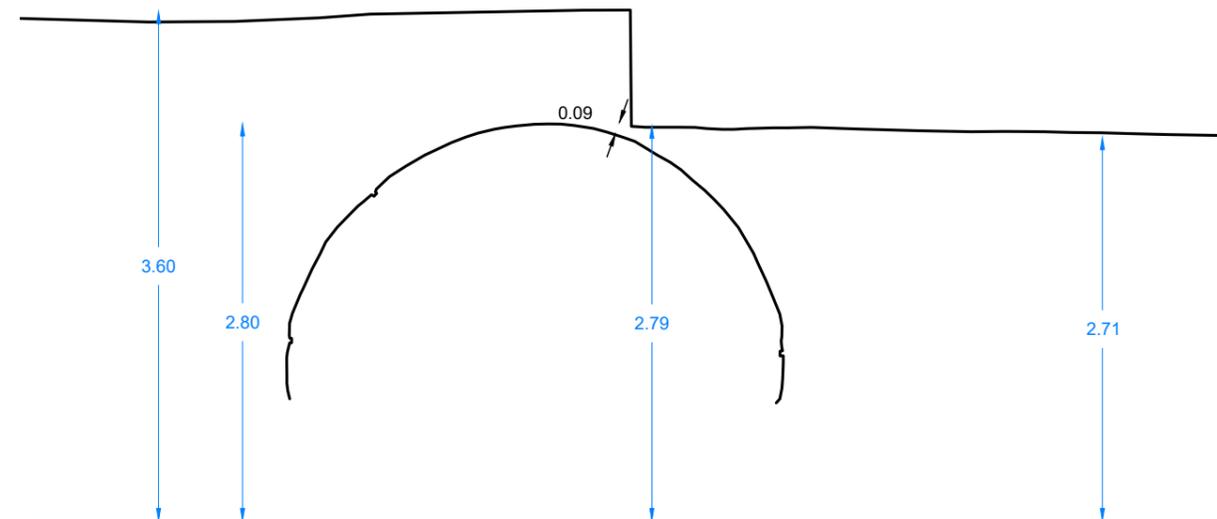
Sezione 5



Sezione 4



Sezione 6



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

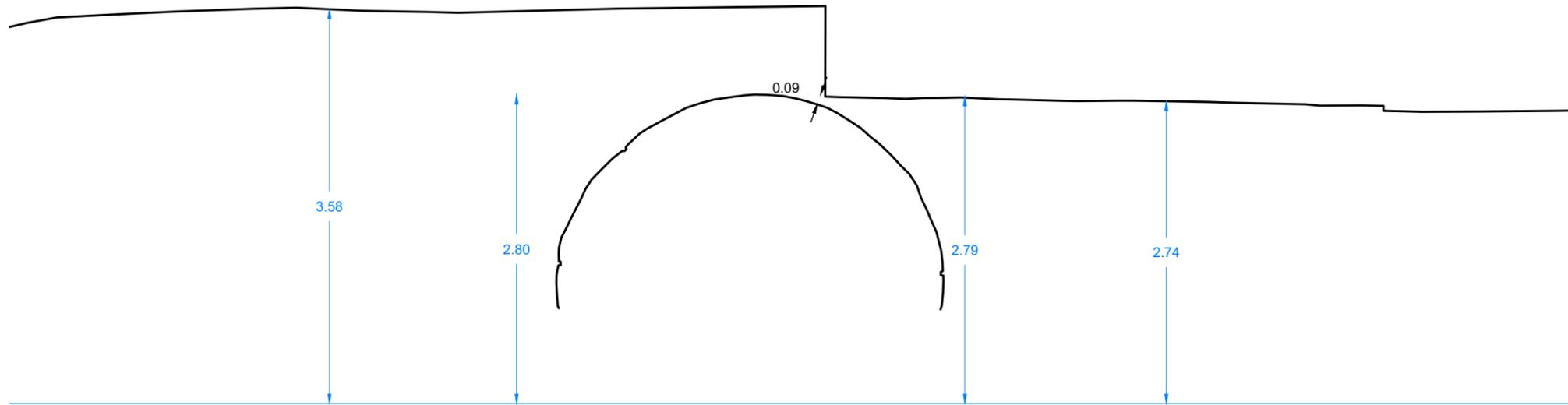
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



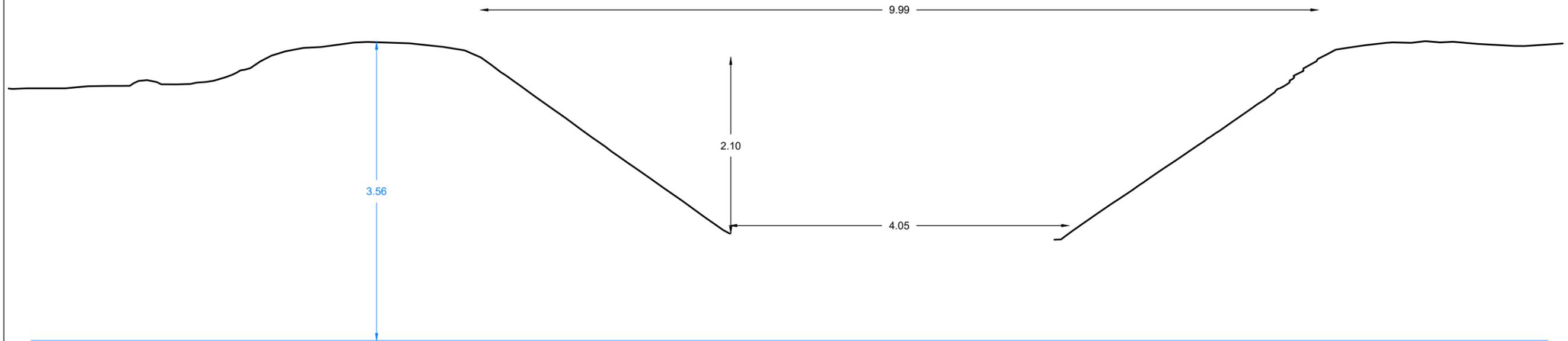
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 7



Sezione 8



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

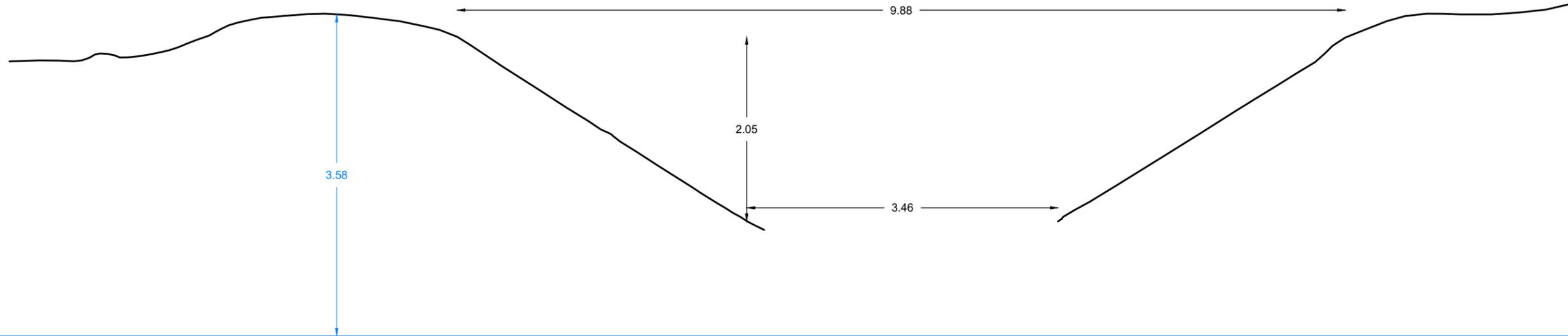
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



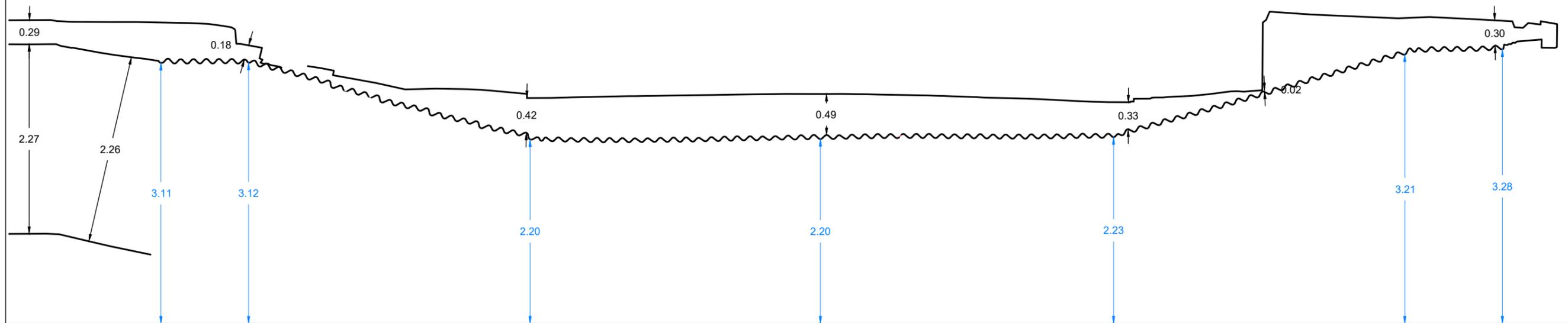
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 9



Sezione A





ALLEGATO B
Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione

Alligato 1

CONCORDIO DI BONIFICA DI 2° GRADO
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLA

IV LOTTO

CANALE PRINCIPALE IRRIGUO A SERVIZIO DEL
COMPLESSIVO IN SINISTRA NERO

Attraversamento del canale irriguo con la S. n. 255
a Costa Rossa in Comune di Sesto (Ferrara)

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI STATICI
DEL MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO

Bologna, li 25 MAR. 1963'

IL DIRETTORE TECNICO
(dott. ing. Carlo Molinari)



1 - DESCRIZIONE DEL MANUFATTO E SUE MODALITA' COSTRUTTIVE -

Il canale principale irriguo a servizio del comprensorio in sinistra Reno si sviluppa con andamento nord-sud lungo la sede della ex ferrovia Ferrara-Modena della Società Veneta.

Alla progressiva Km.5,700 il tracciato del canale viene ad interessare, come rilevasi dalla unita cartografia di cui agli allegati 2 e 3, la strada statale 255 ove questa è stata rettificata in corrispondenza al casello n°16 della citata ex sede della ferrovia Veneta.

L'attraversamento del canale con la strada statale verrà eseguito mediante botte a sifone che sottopasserà la strada senza richiedere variazioni alcuna alla sua attuale livellata.

La botte a sifone verrà realizzata mediante condotta in acciaio ondulato e zincato del tipo a piastre multiple inbullonate.

La condotta, di produzione della Soc. Armac-Finsider, è del tipo ad arco ribassato avente corda di m.3,54 - freccia di m.2,26 e spessore di m.4,2.

Le singole piastre verranno collegate tra loro fuori opera mediante inbullonatura, e, sempre fuori opera, verrà operata la saldatura dei giunti trasversali e longitudinali per circa $1/3$ superiori dell'altezza della condotta. La parte restante della condotta ($1/3$ inferiore) verrà protetta internamente mediante apposito rivestimento in conglomerato bituminoso.

Il manufatto verrà posto in opera, una volta assienato, su sottofondo in materiale arido granulare a spessore di cm.20 e sempre con lo stesso materiale verrà rifiancato.

Fra sommità della condotta e piano viabile verrà mantenuta una altezza di 35 cm. (*). Il ricoprimento verrà effettuato mediante 15 cm. di sabbia, 30 cm. di ghiaia in natura compressa e 12 cm. di pietrisco rollato con sovrastante strato di binder a spessore di cm.5. Infine verrà realizzato un tappeto di usura a spessore di 3-3 cm.

La larghezza della strada sarà mantenuta ai valori attuali con carreggiata di m.9,00 e banchine di m.0,75.

Il lavoro di scavo, posa e rifianco della condotta verrà eseguito nello spazio di circa 2 giorni. Nel corso del lavoro il traffico verrà opportunamente deviato secondo le modalità e lungo le strade che saranno direttamente concordate con il competente Compartimento e che, di massima, sono state indicate nella cartografia di cui all'allegato 2.

(*) nei calcoli che seguono viene considerato prudenzialmente un riempimento di 70 cm.

2 - CALCOLI STATICI DEL MANUFATTO

La struttura in oggetto è del tipo a piastre multiple in acciaio Ag 34 ondulato e zincato, a sezione policentrica di luce ml. 3,54 e freccia ml. 2,25.

Lo spessore delle lamiere ondulate foranti gli anelli è stato stabilito in mm. 4,2. Per condizioni normali di installazione, si ammette un'inflessione massima del 5% comportante un coefficiente di sicurezza maggiore ed uguale a 4.

La struttura adeguatamente installata, si comporta come un anello compresso sollecitato perifericamente dalla pressione unitaria trasmessa dal terreno per effetto del carico statico e dinamico e delle relative vibrazioni.

La sollecitazione di compressione nell'anello risulta :

$$C = P \frac{L}{2} \quad (1)$$

dove :

C = Sollecitazione di compressione in Kg. per unità di lunghezza della condotta.

P = Pressione unitaria applicata alla condotta della struttura.

L = Luce della struttura .

La condotta installata, sotto un rilevato di ml. 0,70 (*) è stata dimensionata prevedendo un carico dinamico di tipo militare e precisamente quello eccezionale costituito da un carico isolato schema III (16 Tonn. per asse), affiancato da una sola colonna indefinita di autocarri del peso di 10 Tonn. (Tonn. 4 per una coppia di ruote posteriori e Tonn. 2 per una ruota anteriore) e con impronte rettangolare ml. 2.635 x 0,21 e circolare di raggio ml. 0,22, rispettivamente per il carico schema III e per una coppia di ruote di un asse della colonna di autocarri.

(*) in realtà il rilevato verrà realizzato a spessore di cm. 95. Prudenzialmente i calcoli vengono condotti per un ricoprimento di 70 cm.

In conseguenza della distribuzione del carico a 45° sull'entracassa della condotta alla quota = 0,70 avremo :

A) Rimorchio (schema III)

Area del piano tangenziale riferita ad un asse :
 $(2,635 + 1,40) \times (0,23 + 1,40) = \text{mq. } 6,38 =$
 cmq. 65.800

per cui

$$\frac{18.000}{65.800} = 0,27 \text{ Kg/cmq. e per due assi affiancati}$$

$$0,27 \times 2 = 0,54 \text{ Kg/cmq.}$$

e per le azioni dinamiche pari al 39%, come dalla formula 1.1).

$$= \frac{(100 - 1)^2}{100 (250 - 1)} \text{ avremo :}$$

$$0,54 \times 1,39 = 0,751 \text{ Kg/cmq.}$$

B) Teoria indefinita di autogari (si considera un asse posteriore di un solo autogaro in quanto alla quota = 0,70 non vi insistono altri carichi)

Area del piano tangenziale riferita ad una coppia di ruote :

$$\frac{(0,22 + 0,22 + 0,70 + 0,70)^2}{2} \times 3,14 = 0,92^2 \times 3,14$$

$$= \text{mq. } 2,66 = \text{cmq. } 26.600$$

per cui

$$\frac{4.000}{26.600} = 0,15 \text{ Kg/cmq. e per due coppie di ruote}$$

0,15 x 2 = 0,30 Kg/cmq. che per effetto delle azioni dinamiche diventano :

$$0,30 \times 1,39 = \text{Kg/cmq. } 0,417$$

c) Il carico statico dovuto al peso del terreno sovrastante la struttura (considerata una densità di 1,8 gr/cm³) è :

$$0,70 \times 1800 = 1,260 \text{ Kg/mq.} = 0,126 \text{ Kg/cmq.}$$

Il carico totale P risulta quindi :

$$0,751 + 0,417 + 0,126 = 1,294 \text{ Kg/cmq.}$$

Dalla formula (1) ricaviamo la sollecitazione a compressione in Kg. per metro anello -

$$C = 1,294 \times \frac{354}{2} = 1,294 \times 177 = 229,04 \text{ Kg/cm (di giunto)} =$$
$$= \text{Kg/m. } 22.904$$

La verifica viene eseguita per il giunto bullonato che costituisce la sezione di minore resistenza dell'anello compresso.

Detto giunto bullonato con bulloni ad alta resistenza, in numero di 12 per un metro lineare di condotta è capace di sopportare uno sforzo di taglio maggiore ed uguale a 120.000 Kg/m.

Dal confronto con il valore C sopra ricavato, risulta un coefficiente di sicurezza pari a 5,20 -

La struttura, così dimensionata, sopporta, in condizioni normali di installazione e di esercizio, il carico statico dovuto al rinterro ed i carichi mobili previsti.

