

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA

IN – INTERFERENZE VIARIE E IDRAULICHE

IN20 - Interferenza pk 19+732.15

Relazione di calcolo sifone IN20a

APPALTATORE	PROGETTAZIONE		
DIRETTORE TECNICO Ing. G.Parisi	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing.G. TANZI		

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. SCALA

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	C	L	I	N	2	0	0	0	0	0	4	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE A SEGUITO ODS N. 1607	F. Ricci	06/2023	C. Beltrami	06/2023	G.Tanzi	06/2023	Ing. G. Tanzi
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV 000000433	F. Ricci	08/2023	C. Beltrami	08/2023	G.Tanzi	08/2023	Ing. G. Tanzi
								Agosto 2023

File: RS39-10-V-ZZ-CL-IN2000-004_B.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	   								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a				RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	2 di 138

INDICE

0	REVISIONE B	7
1	PREMESSA	8
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
2.1	Pozzo di caduta	9
2.2	Tombino	9
2.3	Pozzo di risalita.....	10
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	13
4	MATERIALI UTILIZZATI	14
4.1	Calcestruzzo.....	14
4.2	Acciaio	14
4.3	Durabilità.....	15
4.3.1	Ambiente di riferimento.....	15
4.3.2	Copriferro di progetto	15
4.3.3	Valori limiti delle tensioni	15
4.3.4	Limiti fessurativi.....	16
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	18
5.1	Sintesi dei parametri geotecnici di progetto.....	19
5.2	Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto	19
5.3	Interazione terreno-struttura.....	20
5.4	Classificazione sismica.....	21
6	ANALISI DEI CARICHI	22
6.1	Peso proprio della struttura	22
6.2	Sovraccarico permanente.....	22
6.3	Spinta del terreno	23
6.4	Sottospinta statica acqua falda su fondazione	23
6.5	Spinta prodotta dal sovraccarico	23
6.6	Azioni prodotte dal massimo riempimento d'acqua	24
6.7	Azioni termiche.....	24

APPALTATORE: Mandataria:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandataria:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>3 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	3 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	3 di 138								

6.7.1	Carico termico uniforme	24
6.7.2	Carico termico differenziale	24
6.7.3	Combinazione degli effetti uniformi e non uniformi	24
6.8	Azioni sismiche.....	25
6.8.1	Forze d'inerzia.....	26
6.8.2	Spinta sismica terreno.....	27
6.8.3	Spinta idrodinamica dell'acqua contenuta nel sifone	28
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	29
8	MODELLO DI CALCOLO.....	35
8.1	Descrizione modello.....	35
8.2	Carichi applicati	37
9	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	42
9.1	Premessa.....	42
9.2	Soletta di fondazione	43
9.2.1	Inviluppo SLU-SLV	43
9.2.2	Inviluppo SLE	46
9.3	Muri XZ.....	48
9.3.1	Inviluppo SLU-SLV	48
9.3.2	Inviluppo SLE	51
9.4	Muri YZ.....	53
9.4.1	Inviluppo SLU-SLV	53
9.4.2	Inviluppo SLE	56
9.5	Copertura tombino	58
9.5.1	Inviluppo SLU-SLV	58
9.5.2	Inviluppo SLE	61
9.6	Copertura pozzi	63
9.6.1	Inviluppo SLU-SLV	63
9.6.2	Inviluppo SLE	66
9.7	Trave pozzo di risalita	68

APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>4 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	4 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	4 di 138								

9.7.1	Inviluppo SLU-SLV	68
9.7.2	Inviluppo SLE	69
10	VERIFICHE SLU.....	71
10.1	Premessa.....	71
10.2	Soletta di fondazione – Tombino	71
10.2.1	Verifica a pressoflessione.....	71
10.2.2	Verifiche a taglio.....	74
10.3	Soletta di fondazione - Pozzi	74
10.3.1	Verifica a pressoflessione.....	74
10.3.2	Verifiche a taglio.....	77
10.4	Muri XZ - Tombino.....	77
10.4.1	Verifica a pressoflessione.....	77
10.4.2	Verifiche a taglio.....	80
10.5	Muri XZ – Pozzi	80
10.5.1	Verifica a pressoflessione.....	80
10.5.2	Verifiche a taglio.....	83
10.6	Muri YZ – Pozzo di risalita	83
10.6.1	Verifica a pressoflessione.....	83
10.6.2	Verifiche a taglio.....	86
10.7	Muri YZ – Pozzo di caduta.....	86
10.7.1	Verifica a pressoflessione.....	86
10.7.2	Verifiche a taglio.....	89
10.8	Soletta di copertura – Tombino.....	89
10.8.1	Verifica a pressoflessione.....	89
10.8.2	Verifiche a taglio.....	92
10.9	Soletta di copertura – Pozzo di risalita	92
10.9.1	Verifica a pressoflessione.....	92
10.9.2	Verifiche a taglio.....	95
10.10	Soletta di copertura – Pozzo di caduta.....	95

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>5 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	5 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	5 di 138								

10.10.1	Verifica a pressoflessione	95
10.10.2	Verifiche a taglio	98
10.11	Trave copertura pozzo di risalita	98
10.11.1	Verifica a pressoflessione	98
10.11.2	Verifiche a taglio	100
11	VERIFICHE SLE	101
11.1	Premessa	101
11.2	Soletta di fondazione – Tombino	101
11.2.1	Stato limite tensionale	101
11.2.2	Stato limite di fessurazione	102
11.3	Soletta di fondazione – Pozzi	104
11.3.1	Stato limite tensionale	104
11.3.2	Stato limite di fessurazione	105
11.4	Muri XZ – Tombino	106
11.4.1	Stato limite tensionale	106
11.4.2	Stato limite di fessurazione	108
11.5	Muri XZ – Pozzi	109
11.5.1	Stato limite tensionale	109
11.5.2	Stato limite di fessurazione	110
11.6	Muri YZ – Pozzo di risalita	111
11.6.1	Stato limite tensionale	111
11.6.2	Stato limite di fessurazione	113
11.7	Muri YZ – Pozzo di caduta	114
11.7.1	Stato limite tensionale	114
11.7.2	Stato limite di fessurazione	115
11.8	Soletta di copertura – Tombino	116
11.8.1	Stato limite tensionale	116
11.8.2	Stato limite di fessurazione	118
11.9	Soletta di copertura – Pozzo di risalita	119

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>6 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	6 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	6 di 138								

11.9.1 Stato limite tensionale	119
11.9.2 Stato limite di fessurazione	120
11.10 Soletta di copertura – Pozzo di caduta	123
11.10.1 Stato limite tensionale	123
11.10.2 Stato limite di fessurazione	124
11.11 Trave copertura pozzo di risalita	126
11.11.1 Stato limite tensionale	126
11.11.2 Stato limite di fessurazione	128
12 VERIFICA GEOTECNICA	130
12.1 Verifica capacità portante	131
12.2 Verifica a scorrimento	135
12.3 Spinta passiva mobilitata	135
13 VERIFICA A SOLLEVAMENTO (UPL)	136
14 VERIFICA DI STABILITÀ DELLO SCAVO PROVVISORIO	137
14.1 Criteri generali di verifica	137
14.2 Metodo e programma di calcolo	137
14.3 Criteri di modellazione	137
14.4 Risultati delle analisi di stabilità	138

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>7 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	7 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	7 di 138								

0 REVISIONE B

Nella presente revisione B si recepiscono i commenti ricevuti nel Rapporto di Verifica della Progettazione RS39-RV-0000000433 del 21/07/2023.

83	RS39.1.0.V.ZZ.CL.IN.20.0.0.004	A	Relazione di calcolo sifone IN20a
----	--------------------------------	---	-----------------------------------

A.1. Riportare la caratterizzazione geotecnica e l'unità geotecnica di riferimento. Inoltre, indicare la posizione della falda rispetto al piano campagna, qualora la struttura sia completamente o parzialmente al di sotto della falda sarà necessario riportare la verifica a sollevamento.

Si riportano nel capitolo 5 la stratigrafia, i parametri geotecnici e la quota di falda di progetto. Si riporta la verifica a sollevamento nel capitolo 13.

A.2. Qualora la falda interessi il manufatto nel calcolo delle spinte è necessario fare riferimento al peso saturo dell'unità di volume.

Nel calcolo delle spinte è stato considerato il peso saturo dell'unità di volume del terreno.

A.3. Nelle combinazioni di carico STR nel quale si considera la presenza dell'acqua come carico variabile principale la spinta statica del terreno deve essere assunta come carico favorevole con il relativo coefficiente di sicurezza γG_2 .

Si recepisce il commento modificando le combinazioni di carico.

A.4. Essendo la resistenza a taglio lato CLS sempre maggiore di quella lato acciaio la verifica a taglio andrebbe condotta nel punto in cui la componente del taglio lato acciaio è minima, ovvero con $\theta = 45^\circ$.

Tale vostra indicazione non trova riscontro nei documenti e nelle norme contrattuali.

A.5. Refuso: dalle tavole di armatura si evincono per fondazione e piedritti spilli $\phi 10$ e non $\phi 8$ come riportato in verifica, correggere.

Refuso nella relazione corretto.

A.6. Riportare la verifica a carico limite.

Si riporta la verifica a carico limite nel capitolo 12.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 8 di 138

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la Progettazione Esecutiva di manufatti relativi al superamento della viabilità interferita dalla realizzazione del nuovo collegamento ferroviario veloce tra Palermo e Catania. Tale collegamento riguarda il raddoppio della linea tra la stazione di Catania Bicocca (inclusa) e quella di Catenanuova (inclusa), con un'estensione pari a 38,290 km, da realizzare in affiancamento all'esistente semplice binario e, in alcuni tratti, costruendo un nuovo doppio binario. Tale intervento consentirà il miglioramento del servizio tra Enna e Catania sia con un incremento delle frequenze dei servizi sia con una riduzione dei tempi di percorrenza tra i due capoluoghi di provincia.

Lungo il tracciato sono presenti corsi d'acqua principali superati in viadotto e/o ponti e corsi d'acqua secondari in corrispondenza dei quali è prevista la realizzazione di opere di attraversamento costituite da tombini circolari e/o scatolari, con modalità realizzativa a spinta, in opera in fase unica o in due fasi.

Nella presente relazione si riportano le verifiche strutturali del sifone posizionato alla progressiva di progetto **19+732,15** km.

Da approfondimenti sulla topografia del canale interessato dall'attraversamento IN20 è emersa una pendenza non favorevole al deflusso delle acque. Al fine di evitare possibili zone di allagamento nei terreni degli istanti, il progetto esecutivo di modifica ha previsto la realizzazione di un sifone, il quale permette al canale IN20 di oltre passare le interferenze con i sottoservizi del consorzio di irrigazione e di ricongiungere le acque di IN20 al canale di IN21 e IN03.

Si mostra nella seguente immagine la sezione longitudinale del sifone.

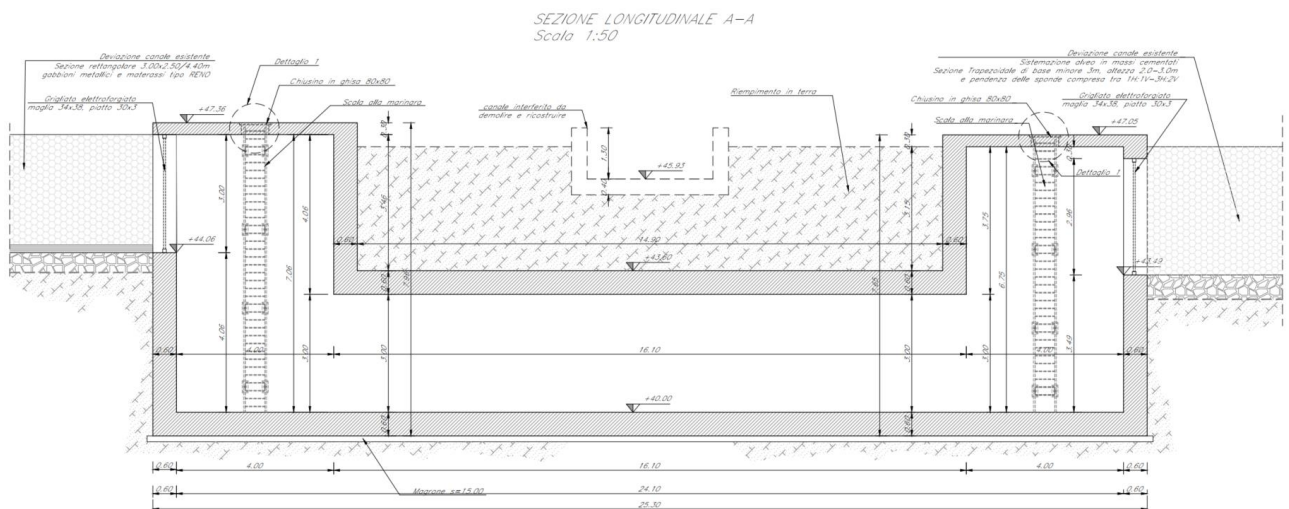


Figura 1 – Sezione longitudinale sifone

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>9 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	9 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	9 di 138								

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche del sifone posizionato alla progressiva di progetto km **19+732.15**.

L'opera, di lunghezza totale 25.30 m, è costituita da tre parti caratterizzate dalle seguenti lunghezze:

- Pozzo di caduta L = 5.20 m
- Tombino L = 14.90 m
- Pozzo di risalita L = 5.20 m

2.1 Pozzo di caduta

Il pozzo di caduta presenta dimensioni nette interne 4.00x5.00 m ed ha una altezza massima di 7.95 m. Lo spessore della soletta di fondazione e dei piedritti è pari a 0.60 m, mentre lo spessore della soletta di copertura è pari a 0.30 m. Il ricoprimento è assente in quanto la soletta di copertura è alla quota del piano campagna.

Spessore della soletta superiore	S_s	=	0.30 m
Spessore piedritti	S_p	=	0.60 m
Spessore della soletta di fondazione	S_i	=	0.60 m
Altezza totale	H	=	7.95 m
Larghezza totale	B	=	6.20 m
Lunghezza totale	L	=	5.20 m

2.2 Tombino

Il tombino del sifone presenta dimensioni nette interne di 3.00x3.00 m, lo spessore della soletta superiore è pari a 0.60 m, quello dei piedritti è di 0.60 m mentre per il solettone di fondo è pari a 0.60 m. Il ricoprimento, ovvero la distanza tra la quota del piano campagna e l'estradosso della soletta superiore, è pari a circa 3.75m.

Spessore della soletta superiore	S_s	=	0.60 m
Spessore piedritti	S_p	=	0.60 m
Spessore della soletta di fondazione	S_i	=	0.60 m
Altezza totale	H	=	4.20 m
Larghezza totale del tombino	B	=	4.20 m
Lunghezza totale del tombino	L	=	14.90 m

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 10 di 138

2.3 Pozzo di risalita

Il pozzo di risalita presenta dimensioni nette interne 4.00x10.00 m ed ha una altezza massima di 7.69 m. Lo spessore della soletta di fondazione e dei piedritti è pari a 0.60 m, mentre lo spessore della soletta di copertura è pari a 0.30 m. Il ricoprimento è assente in quanto la soletta di copertura è alla quota del piano campagna.

Spessore della soletta superiore	S_s	=	0.30 m
Spessore piedritti	S_p	=	0.60 m
Spessore della soletta di fondazione	S_i	=	0.60 m
Altezza totale	H	=	7.69 m
Larghezza totale	B	=	11.20 m
Lunghezza totale	L	=	5.20 m

In corrispondenza del lato esterno della copertura del pozzo di risalita, è prevista una trave di dimensione 60x60 cm.

Si riportano nel seguito le sezioni longitudinali e trasversali dell'opera. Si rimanda agli elaborati grafici per ulteriori dettagli.

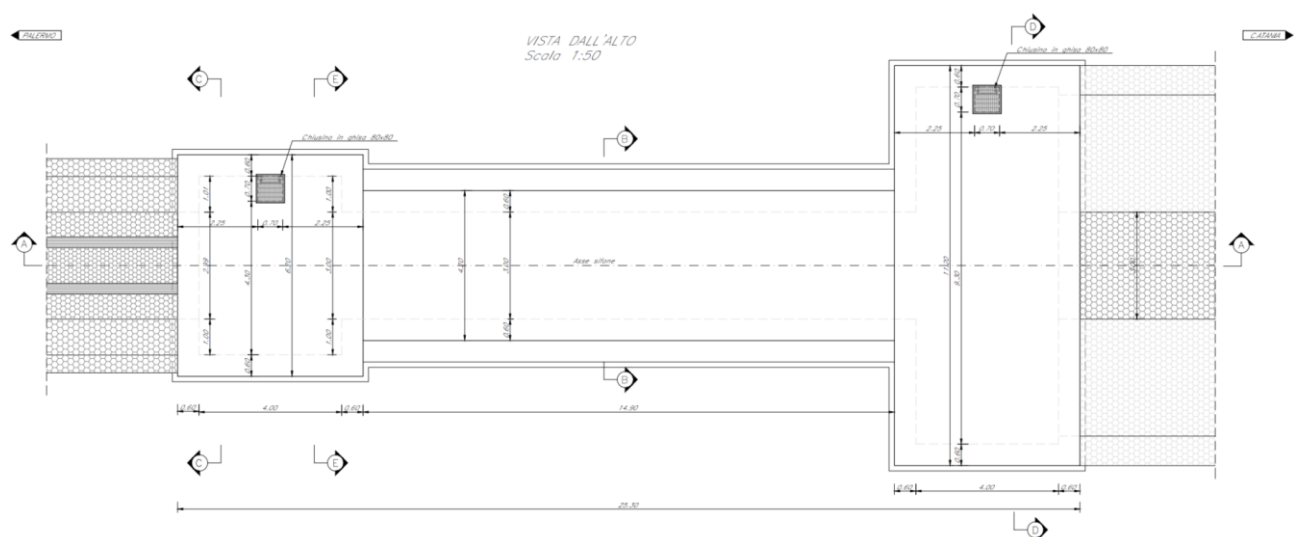


Figura 2 – Pianta sifone

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH	Mandante: Lombardi	PROJECT <small>Ingegneria Integrata ®</small>					SETECO <small>Ingegneria S.r.l.</small>
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 11 di 138

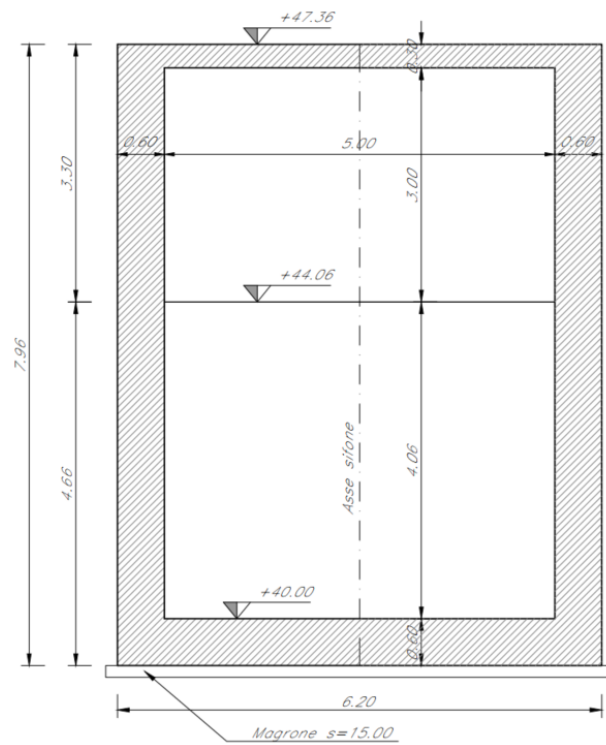


Figura 3 - Sezione trasversale C-C – pozzo di caduta

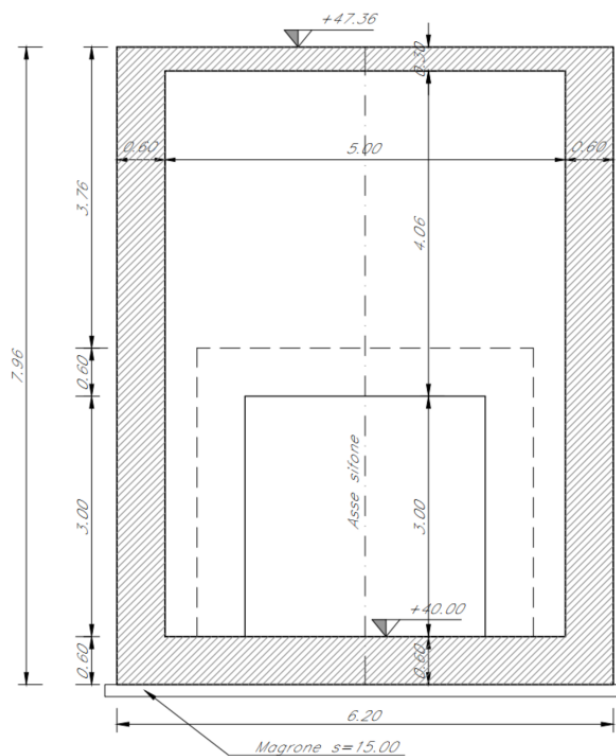
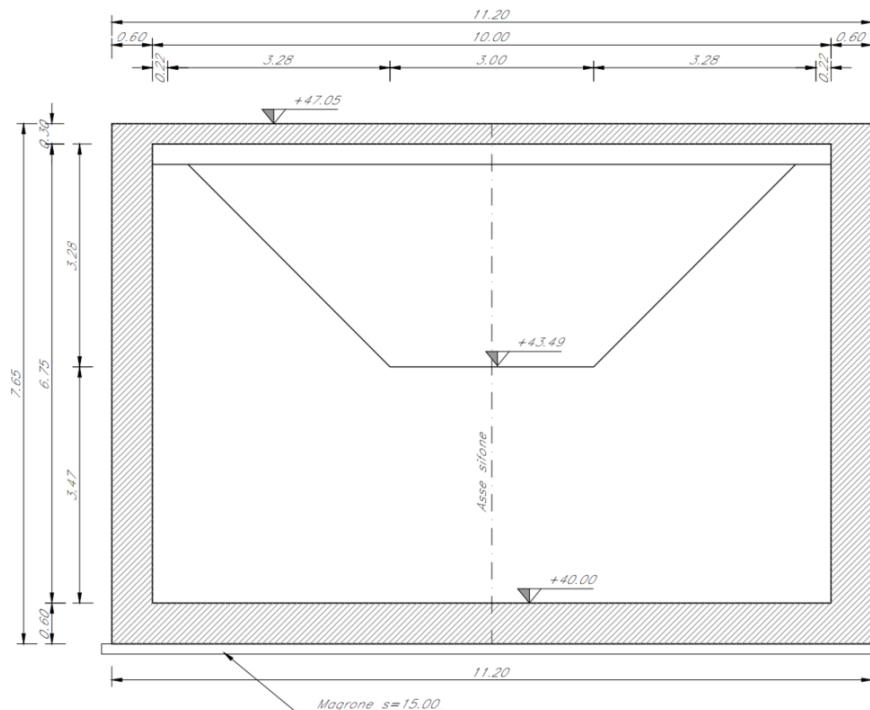
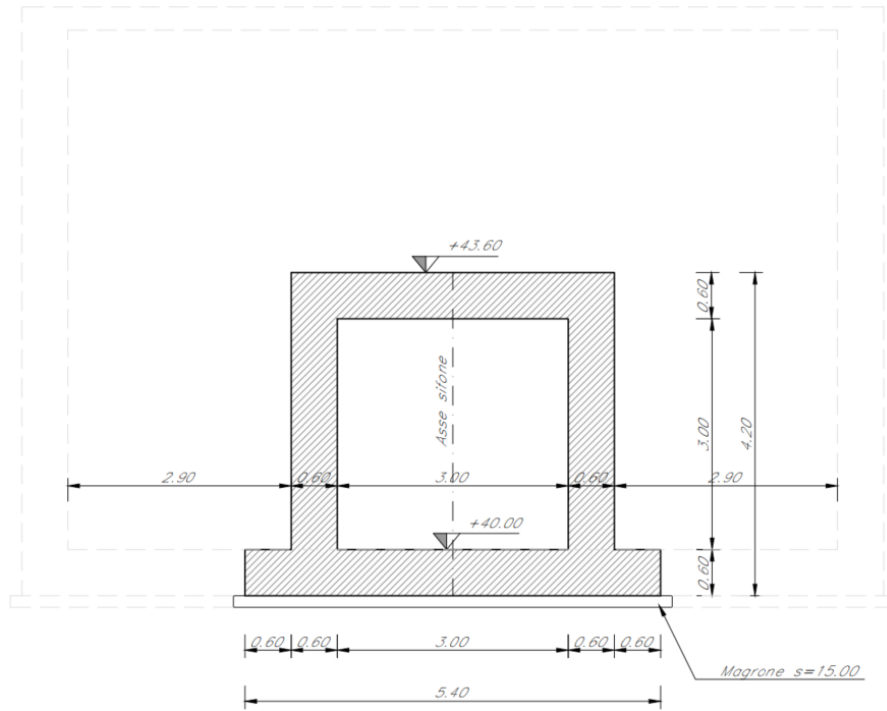


Figura 4 - Sezione trasversale E-E – pozzo di caduta

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:				
salini impregilo	 ASTALDI	 Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.			
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:				
TECH PROJECT Ingegneria Integrata ®	 Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti	 SETECO Ingegneria S.r.l.			
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. PAGINA B 12 di 138

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**



APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>13 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	13 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	13 di 138								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta tenendo in conto la seguente normativa tecnica:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Legge 5 novembre 1971 n. 1086</i> ▪ <i>Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951</i> ▪ <i>Legge 2 febbraio 1974 n. 64</i> ▪ <i>D.M.Min. II. TT. del 14 gennaio 2008</i> ▪ <i>Circolare 2 febbraio 2009, n. 617</i> ▪ <i>UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005</i> ▪ <i>UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005</i> ▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 001 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC CS SP IFS 001 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 003 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC CS LG IFS 001 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 002 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 004 A</i> ▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 005 A</i> ▪ <i>STI 2014</i> | <p>Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica</p> <p>Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086</p> <p>Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche</p> <p>Norme tecniche per le costruzioni</p> <p>Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008</p> <p>Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici</p> <p>-</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario</p> <p>Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie</p> <p>Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari</p> <p>Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo</p> <p>Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia</p> <p>Regolamento (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea</p> |
|--|--|

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 14 di 138

4 MATERIALI UTILIZZATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali utilizzati per il calcolo dell'opera.

4.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo per magrone

Classe del calcestruzzo		C12/15	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12.45	N/mm ²

Calcestruzzo per tombini a struttura scatolare e circolare – C30/37

Classe di resistenza		C30/37	
Classe di esposizione		XA1	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Resistenza media a compressione	f_{cm}	38.71	N/mm ²
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	17.40	N/mm ²
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.94	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	2.06	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.82	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	3.53	N/mm ²
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.37	N/mm ²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.63	N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	f_{bd}	3.09	N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	33019	N/mm ²

4.2 Acciaio

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

Classe di acciaio		B450	
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3	N/mm ²
Sovra-resistenza	f_{tk} / f_{yk}	≥1.15	-
Modulo di elasticità	E_s	210000	N/mm ²

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>15 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	15 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	15 di 138								

4.3 Durabilità

4.3.1 Ambiente di riferimento

Le condizioni ambientali, ai fini della valutazione della durabilità delle strutture in calcestruzzo, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	DESCRIZIONE
Ordinarie	Tutte le sollecitazioni escluse le successive
Aggressive	Ambiente aggressivo per cause naturali, caratterizzato da elevata umidità, scarso o nullo soleggiamento.
Molto aggressive	Ambiente molto aggressivo per cause antropiche, caratterizzato da presenza di liquidi o di aeriformi particolarmente corrosivi, ambiente marino.

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni aggressive.

Si riportano nel seguito le caratteristiche del calcestruzzo adottato per il manufatto:

Classi di impiego	Classe di resistenza	Classe di esposizione (UNI 11104)	Condizioni ambientali	Classe di lavorabilità	Rapporto a/c max	Dmax inerti (mm)
- Tombini a struttura scatolare e circolare	C30/37	XA1	aggressive	S3-S4	0.55	25
Magrone di pulizia, riempimento o livellamento	C12/15	XC0	-	-	-	-

Tabella 1 – Classi di esposizione

4.3.2 Copriferro di progetto

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori minimi di copriferro (c_{min}) previsti da tale norma sono:

- | | | | |
|--|-----------|----|----|
| – Solettoni di fondazione, fondazioni armate | c_{min} | 40 | mm |
| – Cunette, canalette e cordoli | c_{min} | 40 | mm |
| – Solette (getto in opera) | c_{min} | 35 | mm |

4.3.3 Valori limiti delle tensioni

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori limite delle tensioni sono:

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 16 di 138

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

- Per combinazioni di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$

Nel caso in esame, risulta:

Calcestruzzo - C30/37

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara) σ_c **16,50 N/mm²**

Acciaio – B450C

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara) σ_s **337,5 N/mm²**

4.3.4 Limiti fessurativi

Allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti fessurativi vengono prescritti nel paragrafo 1.8.3.2.4, della specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, che rimanda integralmente al par. 4.1.2.2.4 delle NTC 2008.

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nella seguente tabella:

Tabella 2 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazioni di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

In particolare, il valore limite di apertura della fessura calcolato, per la combinazione di azioni prescelta, al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- w_1 0,2 mm
- w_2 0,3 mm

APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>18 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	18 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	18 di 138								

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Considerando le unità geologiche descritte nelle relazioni geologica e geotecnica generale di progetto, sulla base delle descrizioni stratigrafiche riportate nei certificati dei sondaggi e sulla base delle prove granulometriche eseguite sui campioni di materiale raccolti, nella tratta in esame si incontrano le seguenti formazioni.

L'area interessata dall'intervento ricade nella porzione centro-orientale della regione Sicilia, estesa in direzione NO-SE tra gli abitati di Catenanuova (EN) e Bicocca (CT).

Dal punto di vista morfologico, tale area si sviluppa a quote comprese approssimativamente tra 142 e 12 m s.l.m., lungo la valle del fiume Dittaino e, nella parte finale del tracciato, del fiume Simeto.

Dal punto di vista geologico le unità del substrato intercettate dalle indagini nell'area di interesse, si sono formate a partire dal Miocene inferiore, mentre i depositi di copertura, affioranti principalmente nella Piana di Catania, sono rappresentati da sedimenti quaternari e attuali. In particolare, i depositi identificati nell'area oggetto dell'intervento in progetto possono essere suddivisi nelle seguenti unità geologiche:

- **Depositi pleistocenici e quaternari:**
 - **Depositi di versante (Olocene) – B2.** Si tratta di depositi continentali di versante e alterazione del substrato costituiti da limi argillosi; lo spessore massimo è di 4 metri.
 - **Depositi alluvionali attuali (Olocene) – ba.** Si tratta di depositi in evoluzione in alveo, rimodellati dalle piane dei corsi d'acqua regime prevalentemente torrentizio e fortemente influenzato dagli interventi antropici; sono presenti lungo l'asse dei principali fiumi e valloni e sono rappresentati da limi, limi sabbiosi e ghiaie eterometriche.
 - **Depositi alluvionali recenti (Olocene) – bb.** Affiorano prevalentemente nel settore meridionale della Piana Catania e sono riferibili al corso d'acqua Simeto e Dittaino. Si tratta di limi argillosi, limi ed in subordini limi sabbiosi; lo spessore varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m.
 - **Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore-Olocene) – bn:** si tratta di depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale di abbandono, costituito da ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi.
- **Depositi quaternari di avanfossa (Pleistocene inferiore medio).** Sono rappresentati da:
 - **Ghiaie di Monte Tiriti (Pleistocene medio) – TIR:** ghiaie a blocchi in matrice sabbiosa.
 - **Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio (Pleistocene medio) – GII:** sabbie quarzose con intercalazioni di ghiaie e rare di argille.
 - **Argille grigio azzurre (Pleistocene inferiore medio) – FAG.** Argille e argille marnose grigio azzurre con intercalazioni di sabbie fini.
- **Unità Sicilidi,** formano l'unità tettonica di:
 - **Flysch Numidico – FYN/FYNa.** Si tratta di argille marnose a struttura prevalentemente indistinta scagliettata (FYN). Talvolta si hanno quarzareniti in grossi banchi con intercalazioni di argille marnose (FYNa).
- **Unità Ionidi** sono racchiusi nella seguente unità tettonica:
 - **Argille ed Arenarie Glauconitiche di Catenanuova (Oligocene Superiore – Serravaliano) AAC/AACa:** costituite da argille, argille marnose di colore bruno o grigio verde a struttura scagliosa e con rare intercalazioni di arenarie giallo verdastre in strati da molto sottili a spessi. Le AACa sono arenarie glauconitiche.

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>19 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	19 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	19 di 138								

- **Formazione di Mufara (Carnico) – MU:** costituita da argilliti marnose, argilliti grigio verde a struttura scagliosa o cotica con caratteristici livelli sottili di calcite intercalate a calcescisti ed arenarie a grana fine di colore grigio o vinaccio e avana.

5.1 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche.

Tabella 3 – Sintesi caratterizzazione geotecnica di linea

U.G.	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	c_u [kPa]	E_0 [MPa]	E' [MPa]	k [m/s]
Ra	20	0	38	-	-	40	-
ba	18.5÷19.5	0÷5	24÷32	40÷80	80÷340	(2)	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-5}$
	19.0÷20.0 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾	32÷33 ⁽¹⁾	-		(2)	$1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$ (1)
bbc	19.0÷20.5	5÷15	20÷28	25÷225	70÷250	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bbi	19.5÷20.5	0	35÷40	-	100 + 12.5 · z	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bbi.s	19.5÷20.5	0	30÷34	-	350	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bnc	19.0÷20.0	5÷12	23÷25	50÷225	70÷170	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bni	19.0÷20.0	0	35÷38	-	130÷500	(2)	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
GII	19.5÷20.5	0	36÷39	-	260÷700	-	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-5}$
GII,c		0÷5	25	75÷175	-	15÷25	-
AAC	19.5÷21.0	5÷23	19÷24	100÷450	250 + 13.75 · z	18 + 1.5 · (z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-8}$
Agr	19.0÷20.0	0÷15	19÷25	50÷250	200+17.5(z-5)	10+1.35(z-5)	$1 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-6}$
FYN	20.0÷21.0	5÷20	20÷24	150+6.7(z-5)	250+14.4(z-5)	20+0.9(z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-7}$
MU	19.5÷20.5	10÷25	24÷28	200÷500	280÷700	-	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-6}$

⁽¹⁾ parte più grossolana della u.g.

⁽²⁾ $E_0/(3 \div 5)$ per paratie e fondazioni dirette ; $E_0/10$ per cedimento di rilevati

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica e Sismica del progetto.

5.2 Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalle schede geotecniche e sono riportate di seguito. Per la valutazione della spinta sui muri laterali e il peso del ricoprimento si è considerata l'unità geotecnica *bni*.

$$\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 36.5^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$E = 130 \text{ MPa}$$

peso di volume naturale

angolo di attrito interno terreno

coesione drenata

modulo in compressione vergine;

Il piano di fondazione dell'opera poggia invece sul terreno caratterizzato dall'unità geotecnica *Agr*.

$$\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 22.0^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$E = 200 \text{ MPa}$$

peso di volume naturale

angolo di attrito interno terreno

coesione drenata

modulo in compressione vergine;

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>20 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	20 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	20 di 138								

Alla progressiva di progetto in esame, la falda è posta a 6.25 m dal p.c. (quota falda +41.1 m). Dato che la quota di imposta della fondazione è a 7.95 m da p.c. (quota +39.4 m), risulta che la struttura risulta parzialmente sommersa per un'altezza pari a 1.70 m.

La presenza della falda implica la valutazione della sottospinta sulla fondazione e la relativa verifica a sollevamento della struttura; inoltre, deve essere considerata nelle verifiche geotecniche mostrate in seguito.

5.3 Interazione terreno-struttura

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

c_t = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960:

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

σ_{v0} = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

ν = coefficiente di Poisson del terreno;

E = modulo elastico medio del terreno sottostante il tombino (media su una altezza pari a 2 B).

Il valore della costante di sottofondo k_w è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento, pertanto si ottiene:

$$k_w = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Per l'opera in esame, il modulo elastico operativo è posto pari a $1/3 E_0$, e risulta pari a:

$$E = 66 \text{ MPa,}$$

dal quale risulta, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore della costante di sottofondo pari a:

APPALTATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Mandante:   	
APPALTATORE: Mandatario: 	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 21 di 138
Mandante:  	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	

L	E	B	c _t	v	K _w
[m]	[MPa]	[m]	[-]	[-]	[kN/m ³]
25.30	24	5.40	1.68	0.3	8006

5.4 Classificazione sismica

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo alle Nuove Norme Tecniche.

La categoria di suolo di fondazione viene definita sulla base della conoscenza di $c_{u,30}$. In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo **C**: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”*

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>22 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	22 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	22 di 138								

6 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno ai lati dello scatolare sono indicati nella seguente tabella.

	γ [kN/m ³]	ϕ [°]
Calcestruzzo	25.00	-
Terreno ai lati del sifone	20.00	36.5

6.1 Peso proprio della struttura

Il *peso proprio* delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25.00$ kN/m³. Nella seguente tabella si mostra il calcolo del peso totale della struttura, che risulta 10200 kN.

Elemento	n	L _x	L _y	L _z	$\gamma_{MAT.}$	G _{K(x1)}	G _{K(x n)}
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN]	[kN]
Pozzo caduta - Soletta fondazione	1	5.20	6.20	0.60	25	484	484
Pozzo caduta - Muri longitudinali	2	5.20	7.06	0.60	25	551	1101
Pozzo caduta - Muri trasversali	2	5.00	7.06	0.60	25	530	1059
Pozzo caduta - Apertura muri trasv.	1	3.00	5.00	0.60	-25	-225	-225
Pozzo caduta - Apertura muri trasv.	1	3.00	3.00	0.60	-25	-135	-135
Pozzo caduta - Copertura	1	5.20	6.20	0.30	25	242	242
Tombino - Soletta fondazione	1	14.90	5.40	0.60	25	1207	1207
Tombino - Muri longitudinali	2	14.90	3.00	0.60	25	671	1341
Tombino - Copertura	1	14.90	4.20	0.60	25	939	939
Pozzo risalita - Soletta fondazione	1	5.20	11.20	0.60	25	874	874
Pozzo risalita - Muri longitudinali	2	5.20	6.75	0.60	25	527	1053
Pozzo risalita - Muri trasversali	2	11.20	6.75	0.60	25	1134	2268
Pozzo risalita - Apertura muri trasv.	1	3.00	3.00	0.60	-25	-135	-135
Pozzo risalita - Apertura muri trasv.	1	6.28	3.28	0.60	-25	-309	-309
Pozzo risalita - Copertura	1	5.20	11.20	0.30	25	437	437

10200

6.2 Sovraccarico permanente

Sulle solette di copertura si considera uno spessore di ricoprimento $\gamma_{ric} = 20.00$ kN/m³ pari a:

- Pozzo di caduta h = 0.00 m g = 0 kN/m²
- Tombino h = 3.75 m g = 75 kN/m²
- Pozzo di risalita h = 0.00 m g = 0 kN/m²

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a				RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	23 di 138

6.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo. I dati del terreno ai lati dei piedritti sono i seguenti:

-	Peso per unità di volume (saturo)	γ_t	20.00	kN/m^3
-	Angolo d'attrito	φ	36.5	$^\circ$
-	Coefficiente di spinta a riposo	k_0	0.405	-

Tali parametri comportano un diagramma di pressioni trapezoidale $p_h(z) = k_0 \cdot \gamma_t \cdot z$.

Sui muri dei pozzi, si ottiene il seguente andamento delle pressioni:

-	Testa	2.43	kN/m^2
-	Piede	61.97	kN/m^2

Sui muri del tombino, si ottiene il seguente andamento delle pressioni

-	Testa	32.81	kN/m^2
-	Piede	61.97	kN/m^2

6.4 Sottospinta statica acqua falda su fondazione

Nel caso in esame si considera un livello di falda a posto a quota -6.25 m da p.c., che risulta più alto rispetto al piano di imposta della fondazione che è posto a quota -7.95 m da p.c.

In accordo al paragrafo 6.2.4.1.1 delle NTC 2018 gli effetti dell'acqua di falda costituiscono dei carichi permanenti e determinano spinte idrostatiche, linearmente variabili, sulle pareti e una spinta distribuita in modo uniforme e diretta verso l'alto in corrispondenza della soletta di fondazione. Pertanto, nel seguito verrà effettuata la verifica al sollevamento dell'intero manufatto per effetto della sottospinta idraulica.

L'altezza del battente idraulico alla quota dell'intradosso della soletta di fondazione è pari a 1.70 m. La sottospinta idraulica sulla soletta di fondazione, data dal prodotto tra il volume dello scatolare sotto quota falda e il peso specifico dell'acqua γ_w , è stata applicata come una pressione uniformemente distribuita di intensità pari a 17.00 kN/m^2 .

6.5 Spinta prodotta dal sovraccarico

Il carico variabile, considerato agente sul rilevato e sulle solette di copertura, è assunto pari a 5.00 kN/m^2 e comporta una pressione uniforme sui muri dei pozzi e del tombino.

Si applica il seguente valore di carico: $k_0 \cdot q = 0.405 \cdot 5.00 = 2.03 \text{ kN/m}^2$.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>24 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	24 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	24 di 138								

6.6 Azioni prodotte dal massimo riempimento d'acqua

Data la geometria del manufatto, si considera come carico accidentale la spinta indotta dall'acqua sugli elementi strutturali nella condizione di massimo riempimento: il volume d'acqua considerato è pari ad un riempimento fino a 7.06 m dall'estradosso della soletta di fondazione, ossia l'altezza netta massima del pozzo di caduta. Tale carico causa:

- pressione uniforme su soletta di fondazione;
- spinte triangolari sui muri dei pozzi e del tombino;
- pressione uniforme verso l'alto sulla soletta di copertura del tombino.

6.7 Azioni termiche

6.7.1 Carico termico uniforme

Poiché la struttura è soggetta a variazioni termiche durante il suo servizio, la espansione/contrazione è considerata nel modello mediante la applicazione di un carico termico uniforme $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$ applicato in copertura, sulla fondazione e sui piedritti.

Si adotta per il coefficiente di dilatazione termica un valore pari a $\alpha = 1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$.

6.7.2 Carico termico differenziale

L'esposizione di certe sezioni del manufatto all'aria all'interno della struttura interrata crea dei gradienti di temperatura fra l'esterno e l'interno della struttura. Questo è considerato nel modello applicando un carico termico tipo farfalla $\pm \Delta T$ di 5°C in tutte le zone a contatto con l'aria.

Si adotta per il coefficiente di dilatazione termica un valore pari a $\alpha = 1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$.

6.7.3 Combinazione degli effetti uniformi e non uniformi

Sempre in accordo al par 6.1.5 della EN 1991-1-5:2003 "Eurocodice 1: azioni sulle strutture. Parte 1-5: azioni generali – azioni termiche", si tiene conto della simultaneità della variazione uniforme di temperatura (ΔT_N) e del gradiente (ΔT_M) con la seguente loro combinazione:

$$\Delta T_M + 0.35 \cdot \Delta T_N$$

$$0.75 \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$$

L'analisi verrà condotta sulla base dei singoli step di carico ($\Delta T_{n,con}$, $\Delta T_{n,exp}$, ΔT_{M+} , ΔT_{M-}), combinandoli tra di loro secondo la regola sopra esposta ed infine involupando le sollecitazioni.

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>25 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	25 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	25 di 138								

6.8 Azioni sismiche

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera.
- la classe d'uso.
- il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- | | |
|------------------------------|---------|
| ▪ Classe d'uso: | III |
| ▪ Coefficiente d'uso C_U : | 1.5 |
| ▪ Vita nominale V_N : | 75 anni |
| ▪ Categoria di suolo: | C |
| ▪ Condizione topografica: | T1 |
| ▪ Fattore di struttura q: | 1 |

Il tracciato in progetto si sviluppa in linea per quasi 40 km: è evidente che sarebbe inappropriato e riduttivo assumere un valore unico, per l'intero tracciato, per ciascuno dei parametri sismici fondamentali a_g , F_0 , T^*_C .

Si è pertanto effettuata la valutazione di detti parametri in corrispondenza dei punti del reticolo prossimi al tracciato di progetto, nonché, per interpolazione, di alcuni altri punti posti sul tracciato.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 26 di 138
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a							

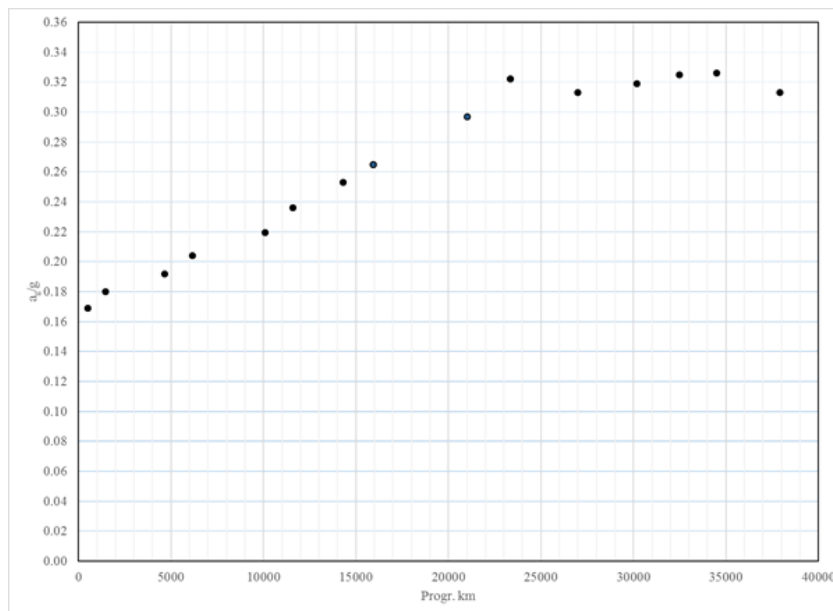


Figura 7 – Accelerazione sismica di picco a_g lungo il tracciato

Per ogni opera d'arte in progetto, il valore di a_g/g è stato definito per interpolazione dei punti riportati sul grafico e per l'opera in esame è stato assunto un valore pari a 0.300.

6.8.1 Forze d'inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h \cdot W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v \cdot W$$

I coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) vengono valutati mediante le seguenti espressioni, in accordo con quanto esposto come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08, assumendo il coefficiente β_m unitario, essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è pari a:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.245 \cdot 1 \cdot 0.300g = 0.373g$$

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 27 di 138

dove:

$S_s=1.245$ Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T=1.00$ Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$k_h = a_{max} \times g = \mathbf{0.373}$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h = \mathbf{0.187}$$

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

Massa associata al peso proprio G_1

Massa associata al carico permanente (terreno) G_2

6.8.2 *Spinta sismica terreno*

Si assume un comportamento di tipo “rigido” del manufatto anche in condizioni sismiche e pertanto l’incremento di spinta è valutato secondo la teoria di Wood:

- contributo peso proprio terreno:
azione risultante: $\Delta S_{P,P} = a_{max} / g \times \gamma \times H^2$
quota risultante: $Z_{\Delta S} = H / 2$

Per il calcolo della spinta si assume il valore di peso specifico saturo:

$$\gamma = \gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$$



Figura 8 - Schema per il calcolo delle spinte (sisma da SX e sisma da DX)

Si ottiene una spinta sui muri pari a:

- Muri longitudinali e trasversali $H = 7.95 \text{ m}$ $\Delta S_{P,P} / H = 59.31 \text{ kN/m}^2$

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 28 di 138

6.8.3 Spinta idrodinamica dell'acqua contenuta nel sifone

In fase sismica si assume nel sifone la presenza di un livello dell'acqua pari a 3.49 m dall'estradosso della soletta di fondazione. Si sono valutate le sovrappressioni sismiche dovute al moto del fluido all'interno del sifone, considerato come una vasca, indotte dal campo di accelerazioni sismiche. La sovrappressione impulsiva sulle pareti è valutata con le seguenti formule:

$$p_{iw} = Q_{iw}(y) (A_h)_i \rho g h$$

$$Q_{iw}(y) = 0.866 \left[1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] \tanh \left(0.866 \frac{D}{h} \right)$$

Con le formule di cui sopra i calcoli sono mostrati nella seguente tabella, in cui sono rappresentati anche i grafici delle sovrappressioni lungo lo sviluppo dell'altezza delle pareti e la spezzata che l'approssima.

Spinta idrodinamica

h	3.49 m	L/h	6.91
L _x	24.1 m		
L _y	3 m		

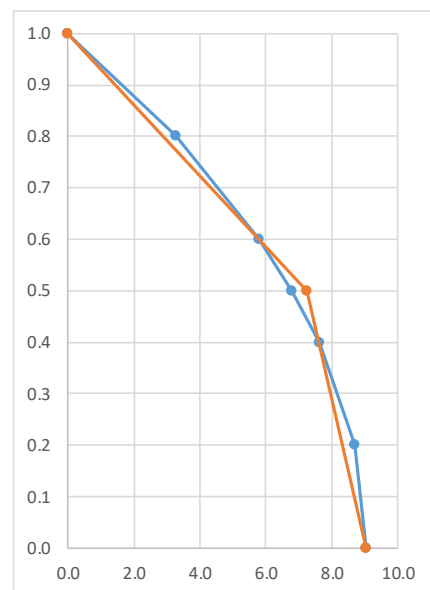
Componente impulsiva X - Pareti Y

S _a (T _i)	0.3 g
A _{h,i}	0.3 g

s = y/h	Q _w (s)	p _{iw} (s)
0.0	0.9	9.1
0.2	0.8	8.7
0.4	0.7	7.6
0.5	0.6	6.8
0.6	0.6	5.8
0.8	0.3	3.3
1.0	0.0	0.0

Spezzata di rettifica

p _{b,max}	9.1	kN/m ²
p _{H/2,max}	7.3	kN/m ²



APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>29 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	29 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	29 di 138								

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2.5.3 delle NTC.

Gli stati limiti ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

combinazione 1 → (A1+M1+R1) → generalmente dimensionante per STR

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR}) \quad \Rightarrow \quad \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_{k'})$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara}) \quad \Rightarrow \quad G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Quasi permanente}) \quad \Rightarrow \quad G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR}) \quad \Rightarrow \quad E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		RS39		1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	32 di 138	

Carichi elementari	A1STR_32	A1STR_33
Peso proprio strutturale	1.350	1.350
Ricoprimento	1.350	1.000
Spinta statica terreno X+	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000
Sottospinta statica falda	1.000	1.000
Temperatura uniforme +		
Temperatura uniforme -	0.900	0.900
Temperatura gradiente +	0.675	
Temperatura gradiente -		0.675
Sovraccarico su rilevato Z-		
Sovraccarico su rilevato X+		
Sovraccarico su rilevato X-		
Sovraccarico su rilevato Y+		
Sovraccarico su rilevato Y-		
Riempimento acqua max	1.500	1.500
Inerzia longitudinale		
Inerzia trasversale		
Inerzia verticale		
Incremento spinte longitudinale +		
Incremento spinte longitudinale -		
Incremento spinte trasversale +		
Incremento spinte trasversale -		
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X+		
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X-		
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y+		
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y-		

Carichi elementari	SLV_01	SLV_02	SLV_03	SLV_04	SLV_05	SLV_06	SLV_07	SLV_08
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Sottospinta statica falda	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +								
Temperatura uniforme -								
Temperatura gradiente +								
Temperatura gradiente -								
Sovraccarico su rilevato Z-								
Sovraccarico su rilevato X+								
Sovraccarico su rilevato X-								
Sovraccarico su rilevato Y+								
Sovraccarico su rilevato Y-								
Riempimento acqua max								
Inerzia longitudinale	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
Inerzia trasversale	0.300	-0.300	0.300	-0.300	0.300	-0.300	0.300	-0.300
Inerzia verticale	0.300	0.300	-0.300	-0.300	0.300	0.300	-0.300	-0.300
Incremento spinte longitudinale +	1.000	1.000	1.000	1.000				
Incremento spinte longitudinale -					1.000	1.000	1.000	1.000
Incremento spinte trasversale +	0.300		0.300		0.300		0.300	
Incremento spinte trasversale -		0.300		0.300		0.300		0.300
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X+	1.000	1.000	1.000	1.000				
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X-					1.000	1.000	1.000	1.000
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y+	0.300		0.300		0.300		0.300	
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y-		0.300		0.300		0.300		0.300

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
   	  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>34 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	34 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	34 di 138									

Carichi elementari	SLE_RR_09	SLE_RR_10	SLE_RR_11	SLE_RR_12	SLE_RR_13	SLE_RR_14	SLE_RR_15	SLE_RR_16
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Sottospinta statica falda	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +	0.600	0.600			0.600	0.600		
Temperatura uniforme -			0.600	0.600			0.600	0.600
Temperatura gradiente +	0.450		0.450		0.450		0.450	
Temperatura gradiente -		0.450		0.450		0.450		0.450
Sovraccarico su rilevato Z-	1.000	1.000	1.000	1.000				
Sovraccarico su rilevato X+	1.000	1.000	1.000	1.000				
Sovraccarico su rilevato X-	1.000	1.000	1.000	1.000				
Sovraccarico su rilevato Y+	1.000	1.000	1.000	1.000				
Sovraccarico su rilevato Y-	1.000	1.000	1.000	1.000				
Riempimento acqua max					1.000	1.000	1.000	1.000
Inerzia longitudinale								
Inerzia trasversale								
Inerzia verticale								
Incremento spinte longitudinale +								
Incremento spinte longitudinale -								
Incremento spinte trasversale +								
Incremento spinte trasversale -								
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X+								
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X-								
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y+								
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y-								

Carichi elementari	SLE_QP_01	SLE_QP_02	SLE_QP_03	SLE_QP_04
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X+	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000
Sottospinta statica falda	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +	0.500	0.500		
Temperatura uniforme -			0.500	0.500
Temperatura gradiente +	0.375		0.375	
Temperatura gradiente -		0.375		0.375
Sovraccarico su rilevato Z-				
Sovraccarico su rilevato X+				
Sovraccarico su rilevato X-				
Sovraccarico su rilevato Y+				
Sovraccarico su rilevato Y-				
Riempimento acqua max				
Inerzia longitudinale				
Inerzia trasversale				
Inerzia verticale				
Incremento spinte longitudinale +				
Incremento spinte longitudinale -				
Incremento spinte trasversale +				
Incremento spinte trasversale -				
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X+				
Sovraspinta idrodinamica longitudinale X-				
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y+				
Sovraspinta idrodinamica trasversale Y-				

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   	  					
APPALTATORE: Mandatario:		PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 35 di 138				
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a						

8 MODELLO DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il MidasGen 2018, v. 2.1, sviluppato dalla società MIDAS Information Technology Co., Ltd. (Seongnam, Gyeonggi-do, 463-824, Korea).

8.1 Descrizione modello

La struttura è stata modellata da un modello 3D tramite elementi bidimensionali tipo *plate* ed elementi unidimensionali tipo *beam*. Essi presentano caratteristiche meccaniche e geometriche in accordo con le proprietà dei materiali e delle sezioni che li rappresentano.

Spessore soletta di fondazione	0.60 m
Spessore pareti	0.60 m
Spessore soletta di copertura tombino	0.60 m
Spessore solette di copertura pozzi	0.30 m
Trave copertura pozzo di risalita	0.60 x 0.60 m

Gli elementi strutturali sono geometrizzati rispetto ad allineamenti baricentrici.

Il sistema di riferimento è centrato in corrispondenza del baricentro in pianta della fondazione ed allineato al suo intradosso e definito con la seguente convenzione:

- asse X = asse orizzontale longitudinale
- asse Y = asse orizzontale trasversale
- asse Z = asse verticale

In generale le azioni di progetto sono modellate mediante carichi distribuiti (pressioni) o carichi termici applicati lungo gli elementi.

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

		Fondazione	Descrizione
B	[m]	5.40	Lato minore
R	[m]	-	Raggio arco
L	[m]	25.30	Lato maggiore
L/B	[m]	4.69	Rapporto lati
ν	[-]	0.30	Coefficiente di Poisson
ct	[-]	1.68	Coefficiente di forma
E	[kN/m ²]	66000	Modulo elastico terreno
k_w	[kN/m ³]	8006	Molle di Winkler

In particolare:

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>36 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	36 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	36 di 138								

- supporto elastico in direzione Z (verticale) applicato a tutta la soletta di fondazione. La costante di sottofondo è pari a $k_s = 8006 \text{ kN/m}^3$, calcolata mediante la formulazione di Bowles mostrata. Si è verificato che tali molle lavorino sempre in compressione.
- supporto elastico in direzione X e Y (orizzontale) applicato a tutta la soletta di fondazione, con rigidità pari a $k_s/3$.

Si riportano alcune immagini che illustrano il modello a elementi finiti adottato:

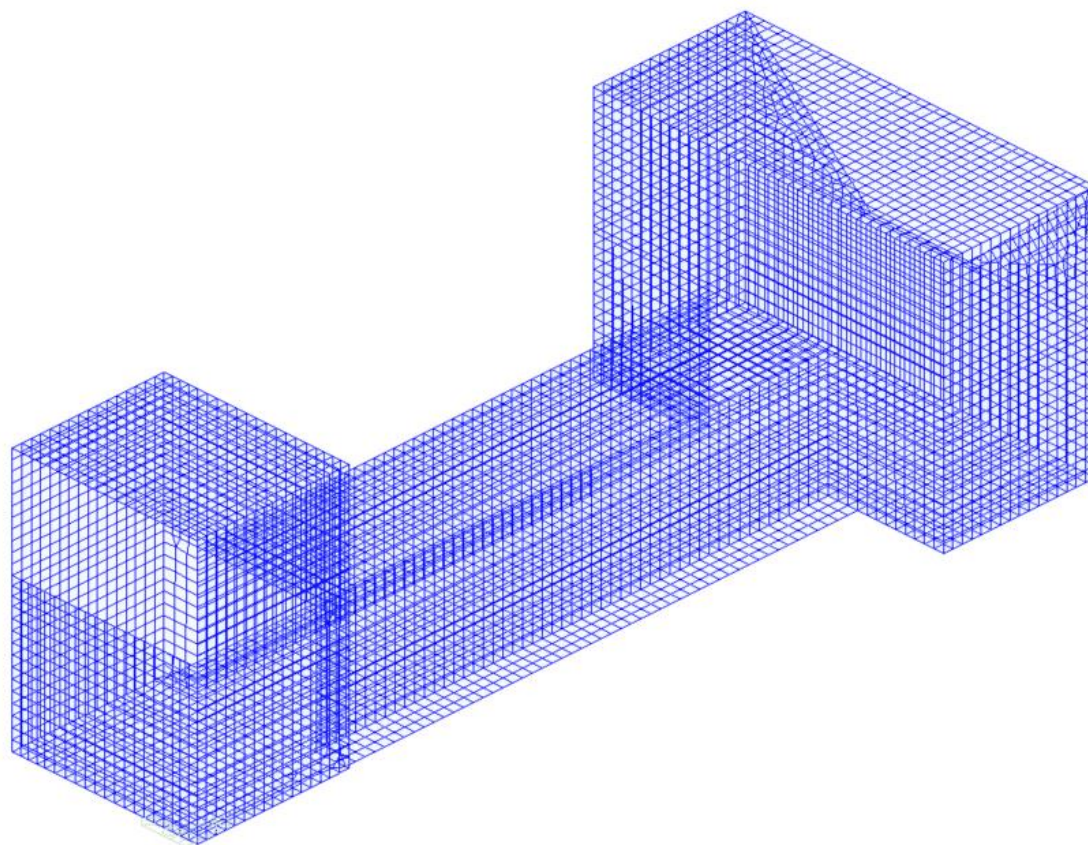


Figura 9 – Visualizzazione modello 3D – Unifilare

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>37 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	37 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	37 di 138								

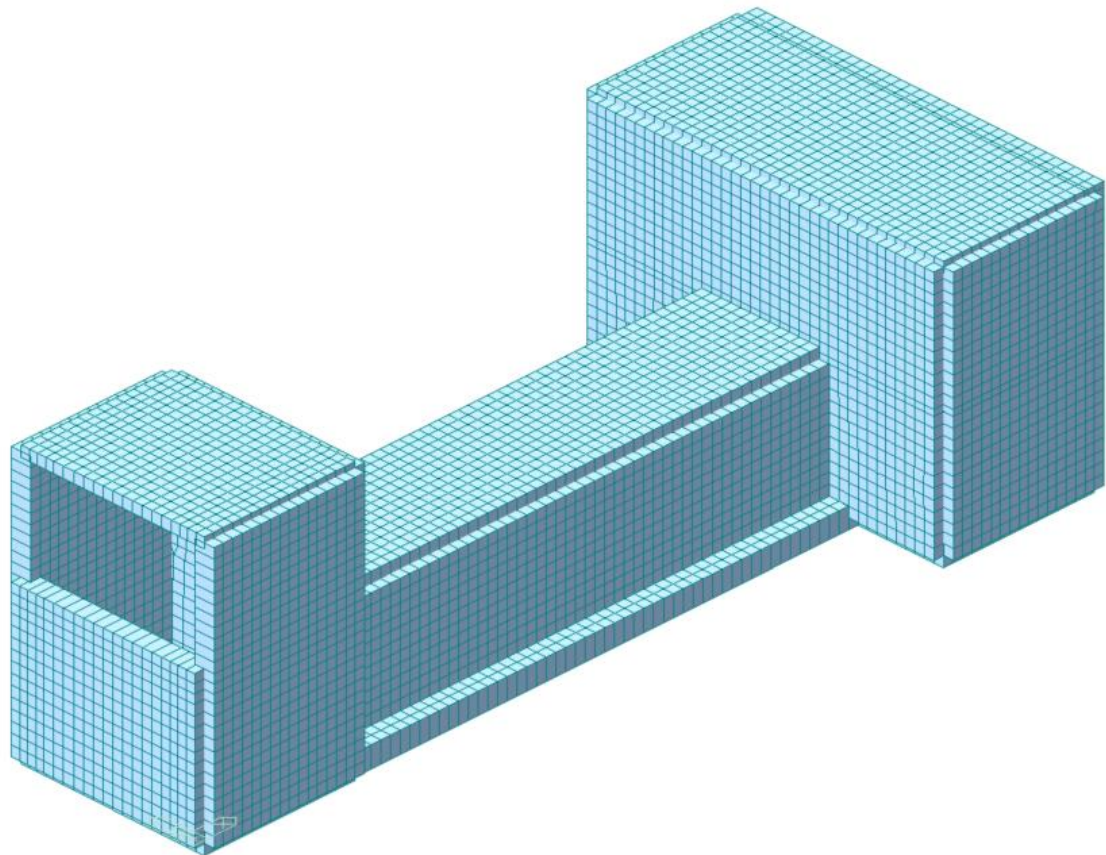









Figura 10 – Visualizzazione modello 3D – Solid

8.2 Carichi applicati

Nel seguito si mostrano le visualizzazioni dei carichi applicati nel modello di calcolo.

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>38 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	38 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	38 di 138								

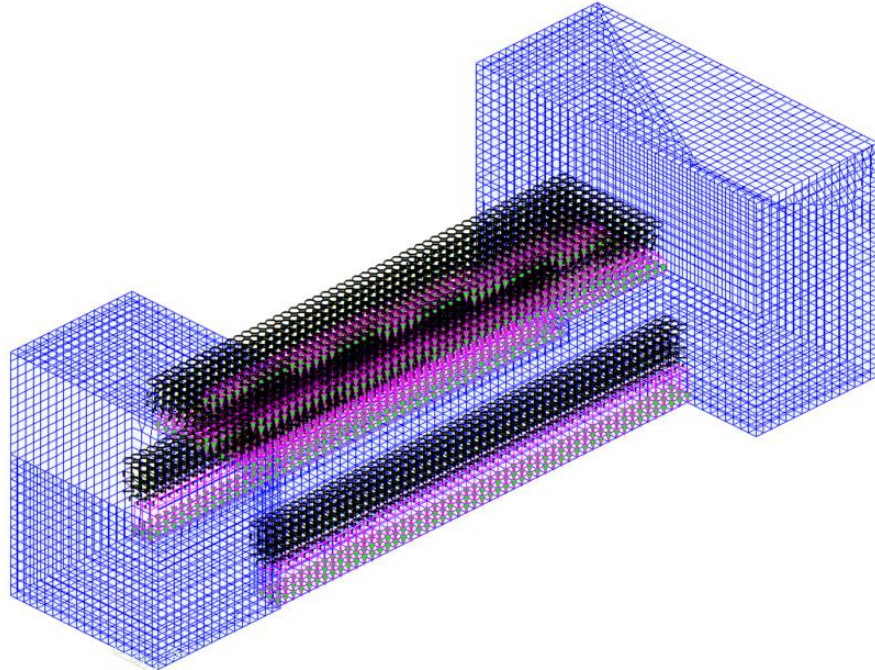


Figura 11 – Ricoprimento

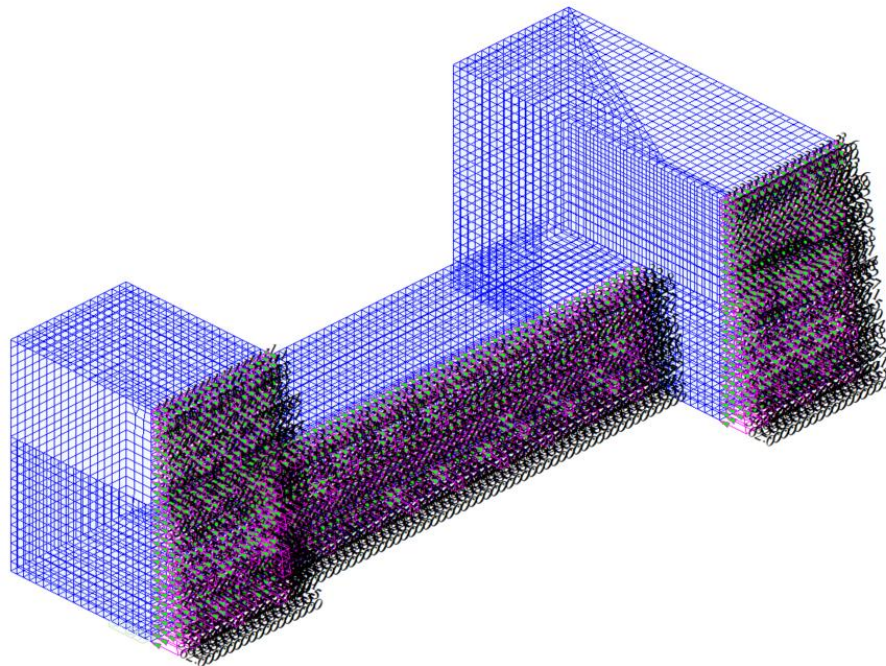









Figura 12 – Spinta statica su muri XZ in direzione +Y

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>39 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	39 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	39 di 138								

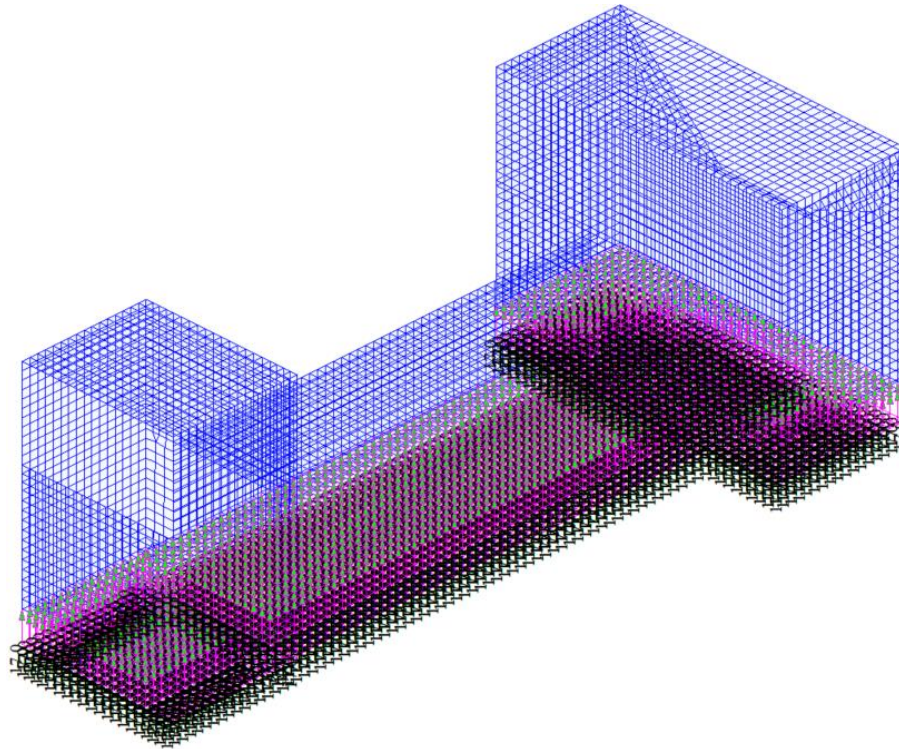


Figura 13 – Sottospinta statica falda su fondazione

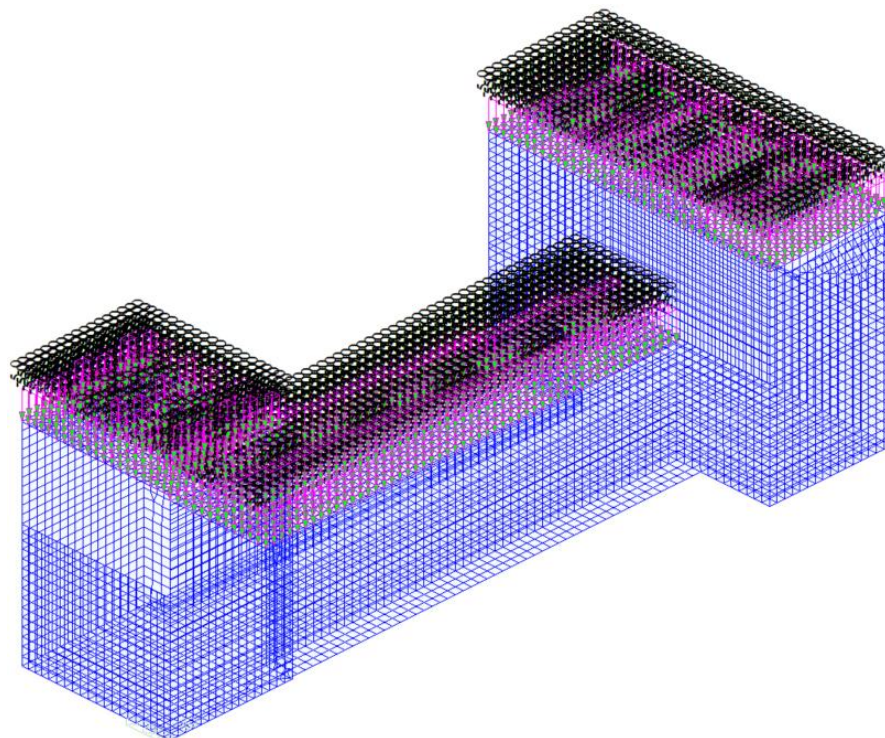








Figura 14 – Sovraccarico accidentale 5 kN/m²

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>40 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	40 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	40 di 138								

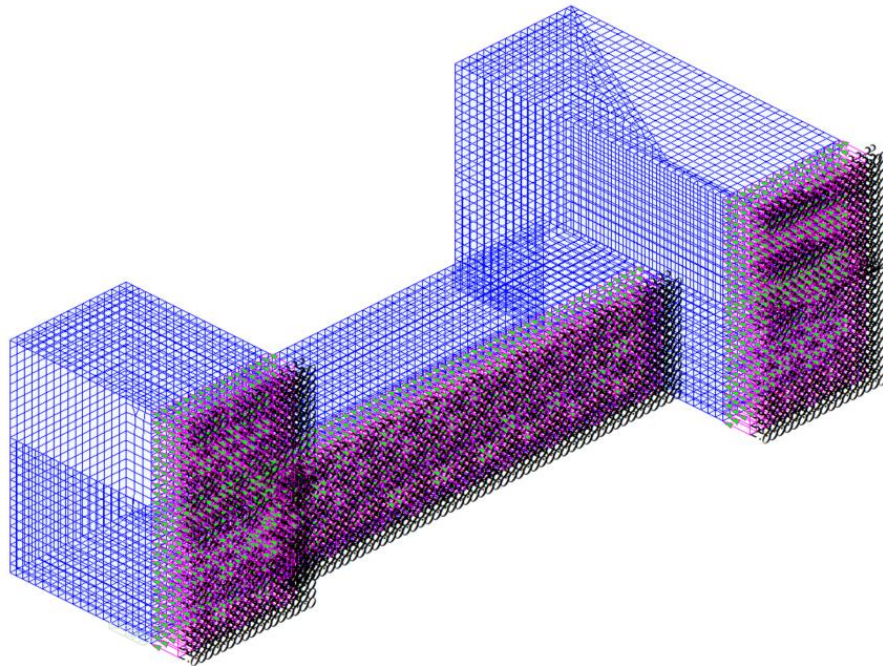


Figura 15 – Sovraccarico accidentale 5 kN/m² – Spinta su muri XZ in direzione Y+

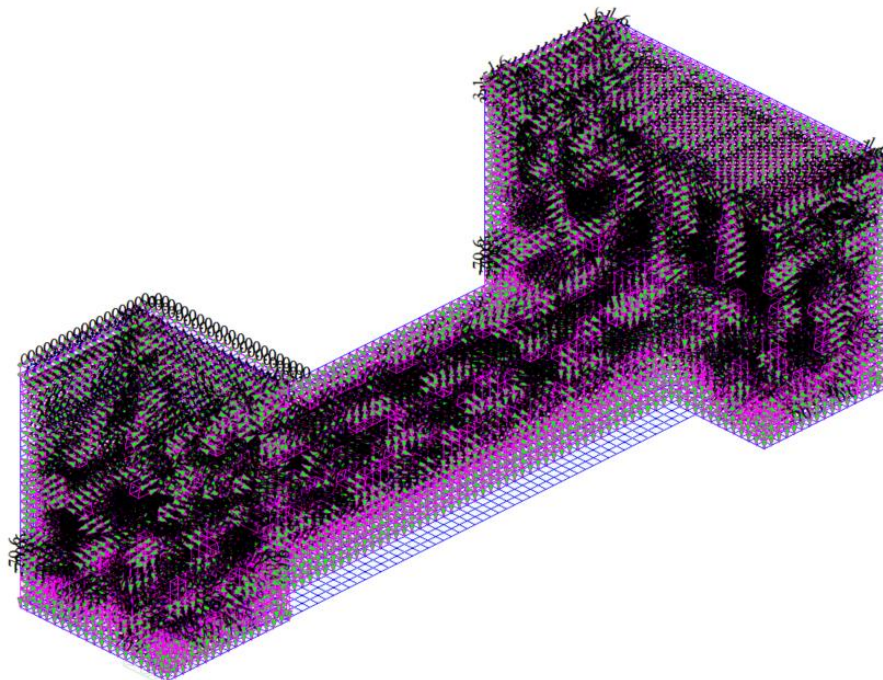


Figura 16 – Spinta acqua condizione di massimo riempimento

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>41 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	41 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	41 di 138								

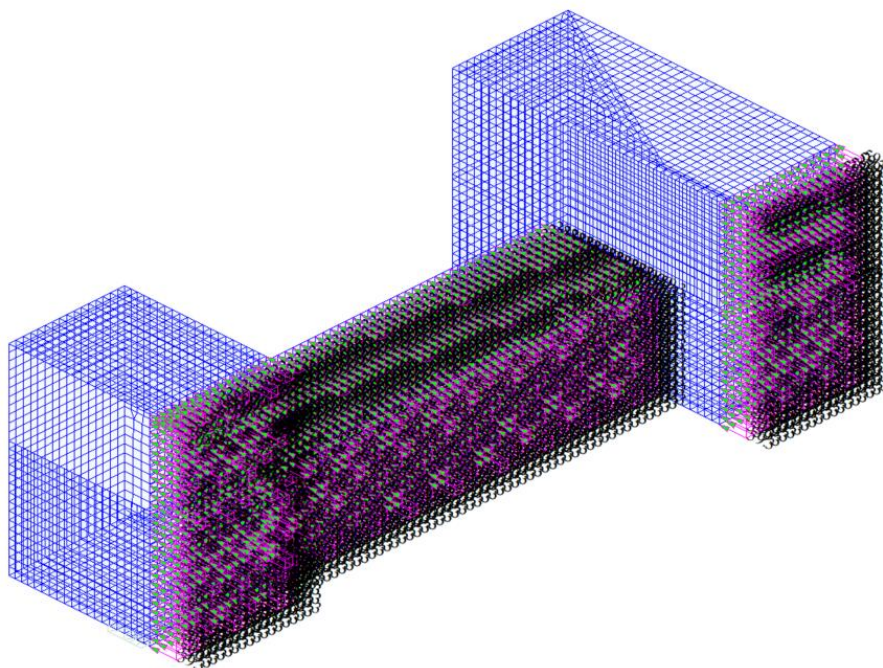


Figura 17 – Sovrappinta sismica terreno – Wood – Su muri XZ e copertura tombino in direzione Y+

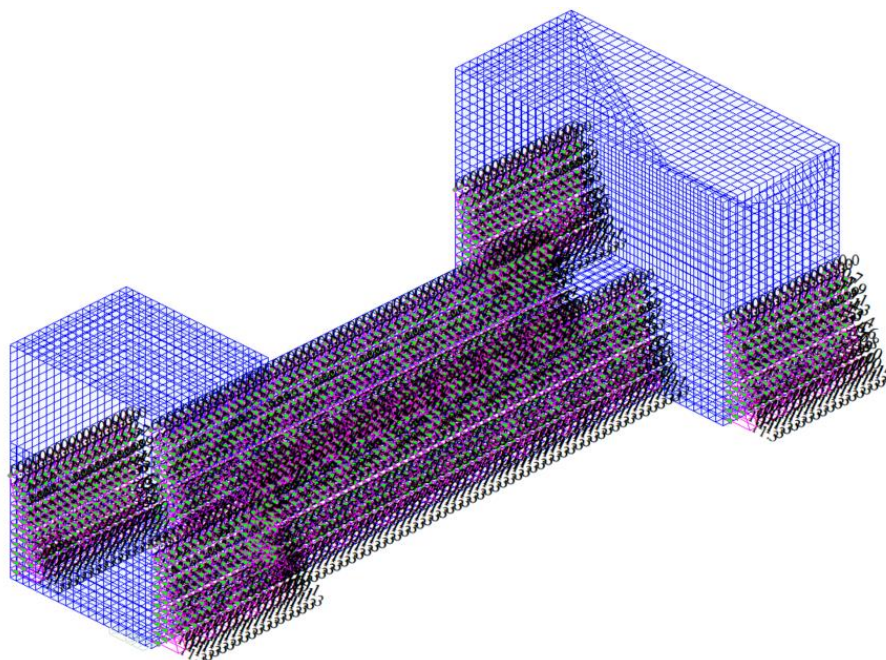


Figura 18 – Sovrappinta sismica acqua – Su muri XZ in direzione Y+

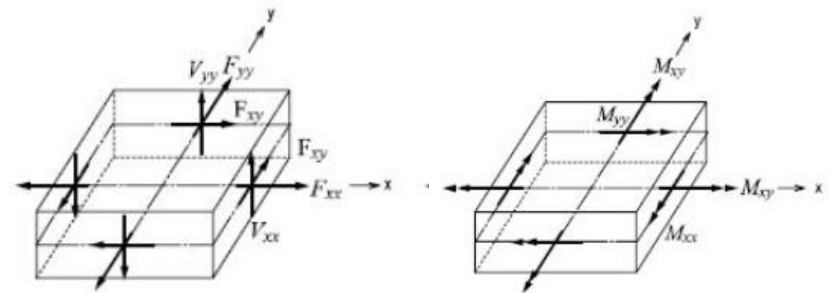
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 42 di 138

9 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

9.1 Premessa

Le azioni sono definite in accordo alla convenzione mostrata in figura e si riferiscono ad un sistema locale (UCS) dell'elemento così orientato:

- asse X = asse orizzontale diretto longitudinalmente
- asse Y = asse orizzontale diretto trasversalmente
- asse Z = asse verticale



Convenzione di segno

Di seguito si riportano i diagrammi di sintesi delle azioni interne “significative” per l'elemento in esame, riferiti agli involucri delle combinazioni di progetto (SLU, SLV e SLE).

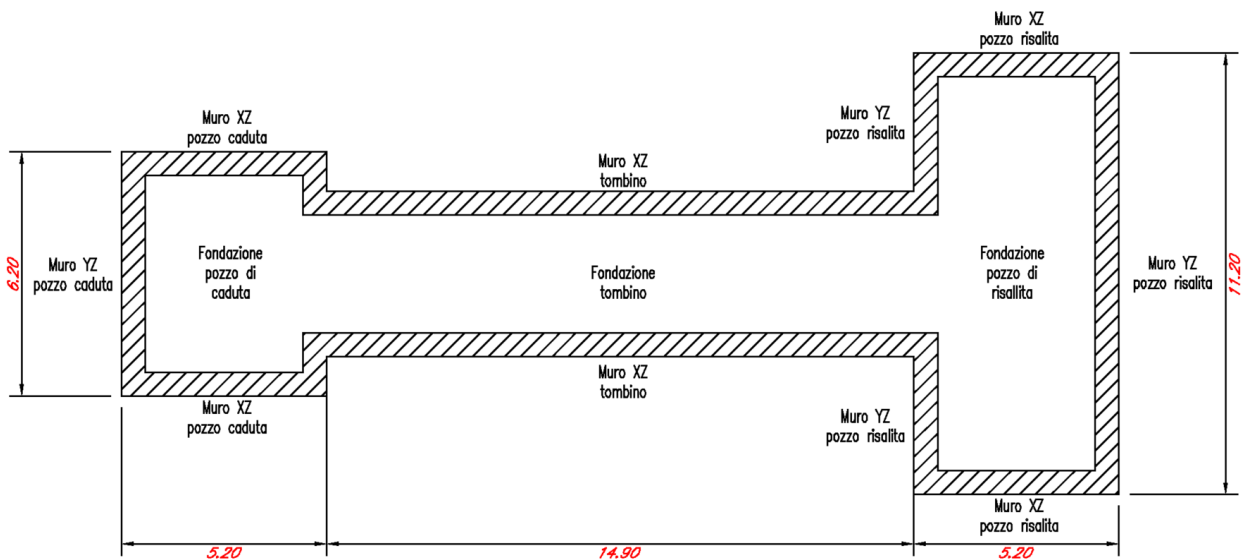
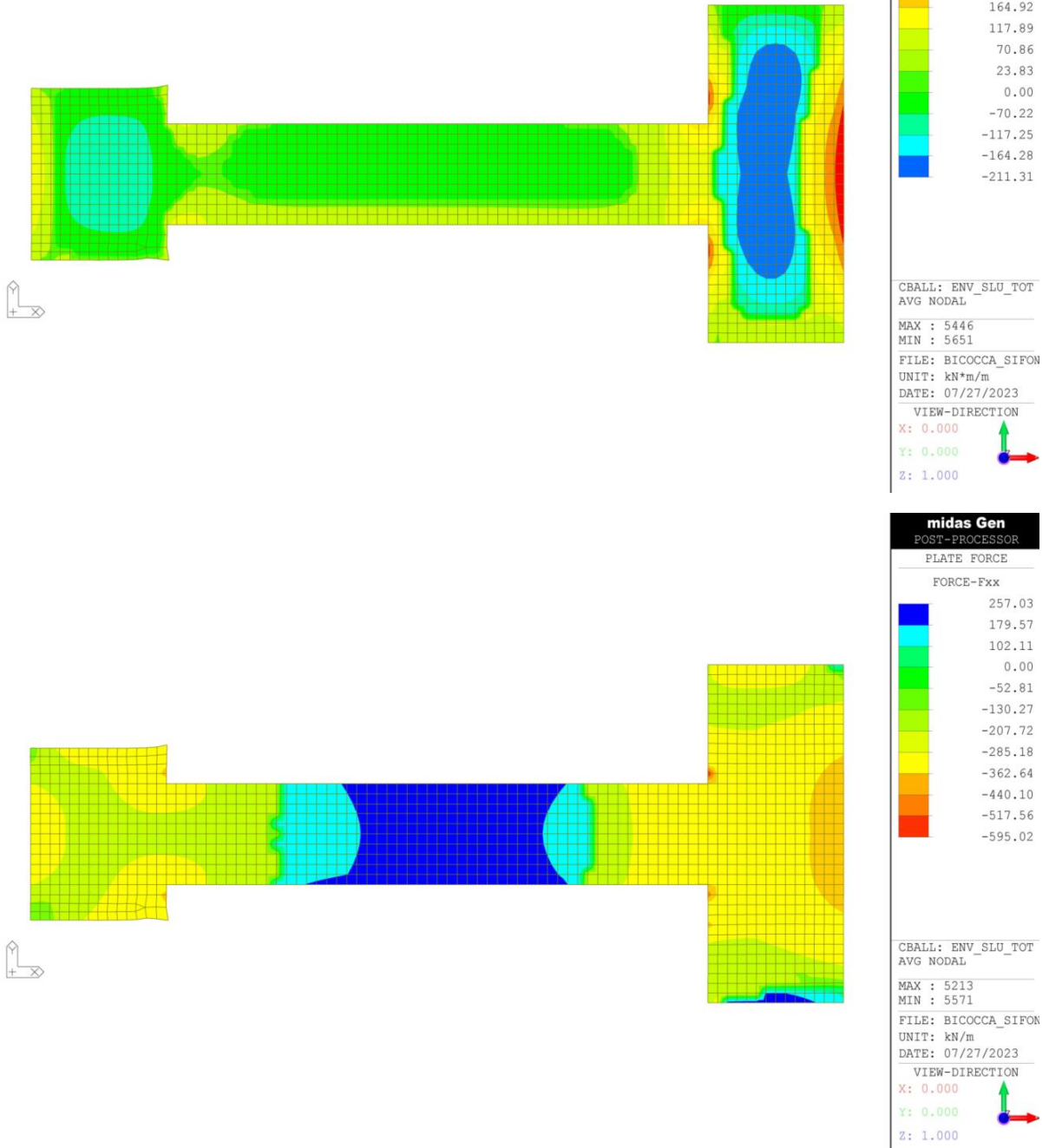


Figura 19 – Identificazione elementi strutturali – Fondazione e muri

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	 								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	43 di 138
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a									

9.2 Soletta di fondazione

9.2.1 *Inviluppo SLU-SLV*



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



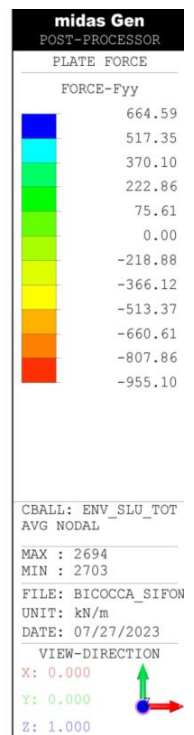
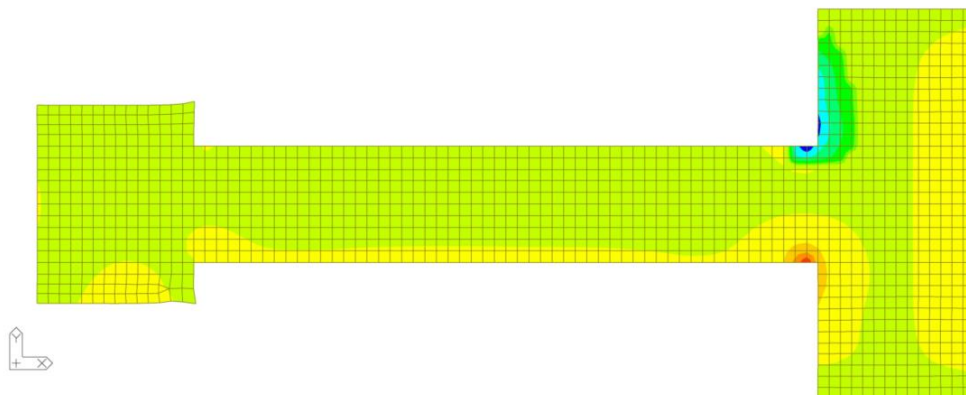
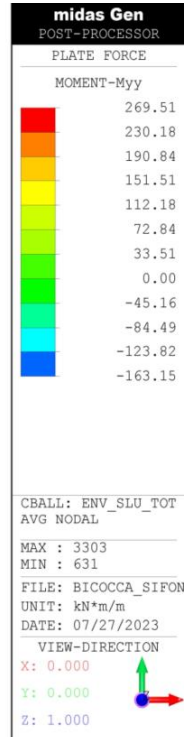
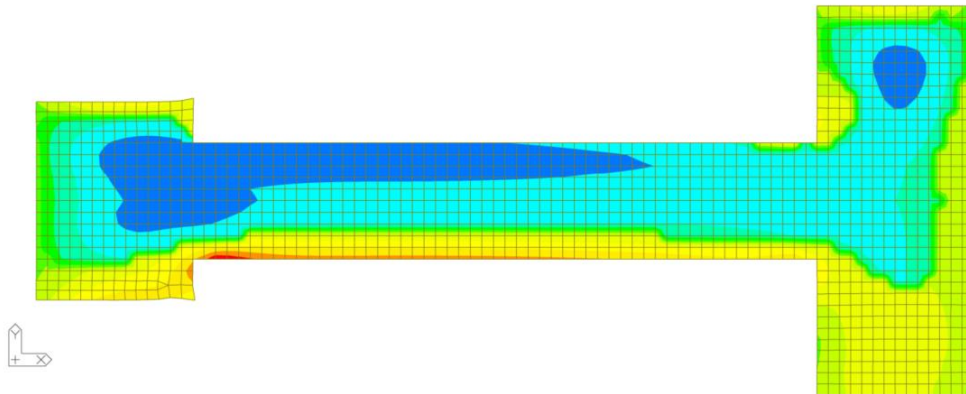
Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	44 di 138



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

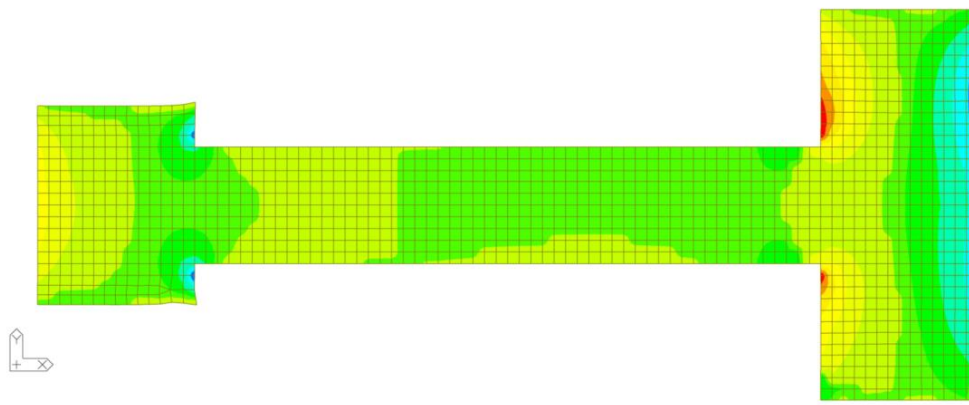
APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	45 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

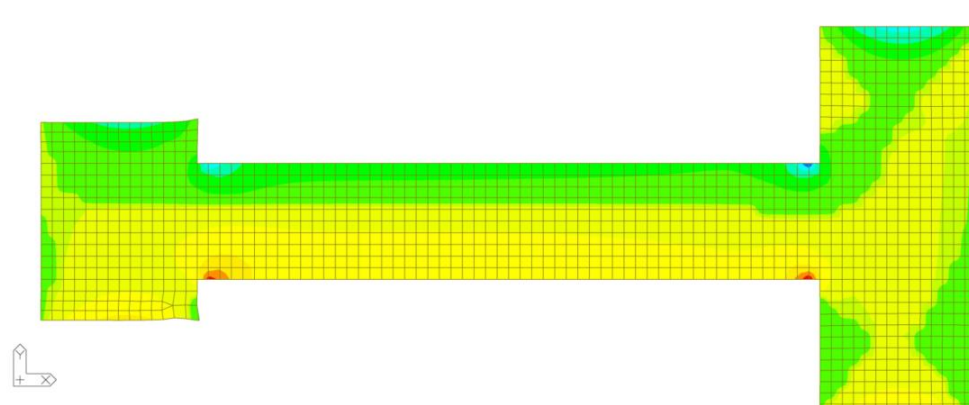
594.92
500.95
406.97
313.00
219.03
125.06
0.00
-62.89
-156.86
-250.83
-344.81
-438.78

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 5220
MIN : 576

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy








564.92
462.33
359.73
257.14
154.55
51.96
0.00
-153.23
-255.82
-358.41
-461.00
-563.59

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

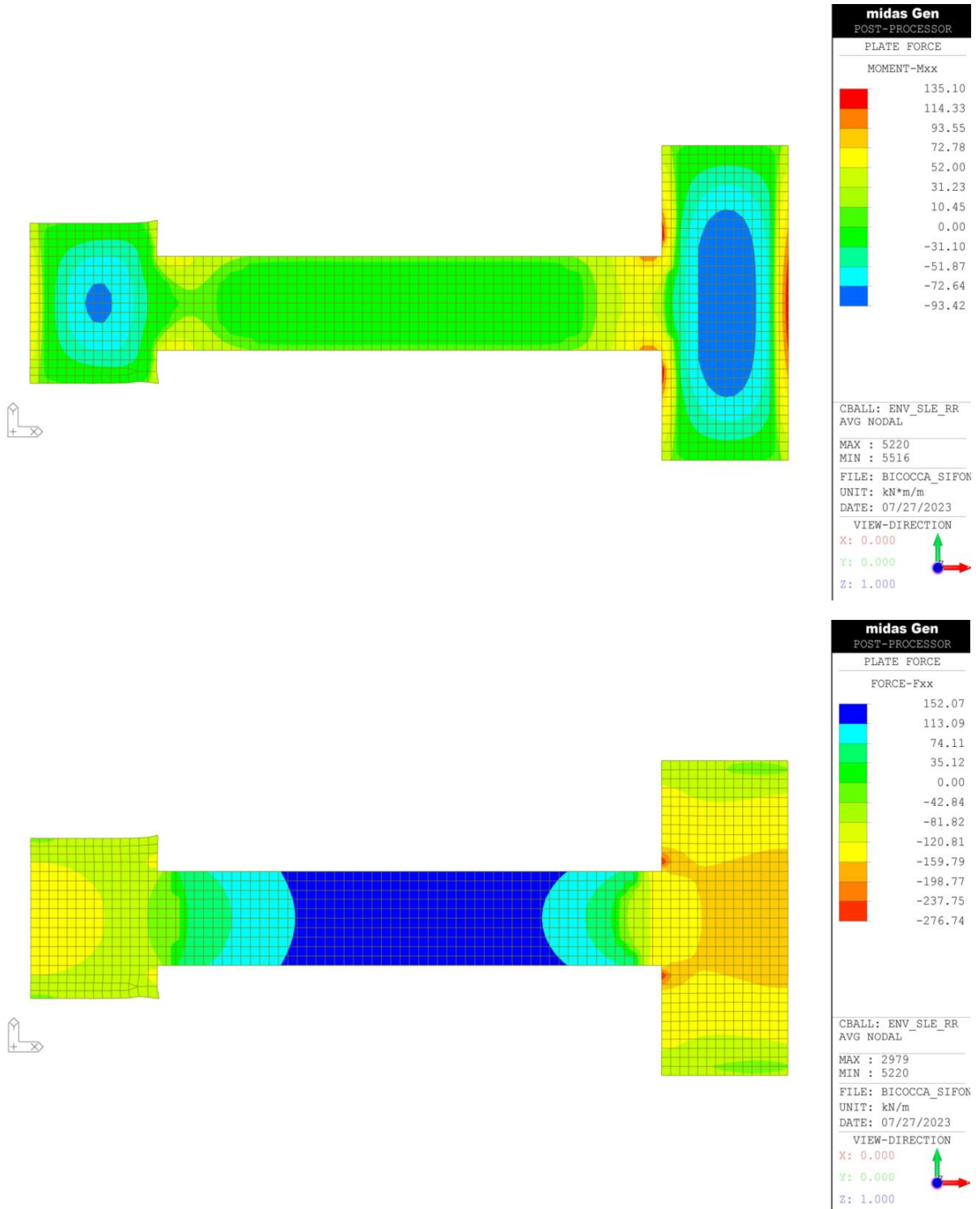
MAX : 2703
MIN : 2694

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 46 di 138

9.2.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

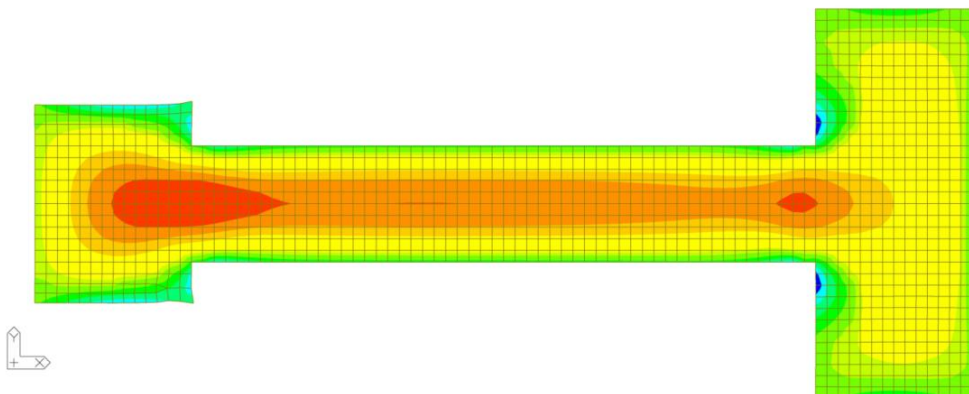
APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** Ingegneria Integrata ®

Mandante: **Lombardi** Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti **SETECO** Ingegneria S.r.l.

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	47 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

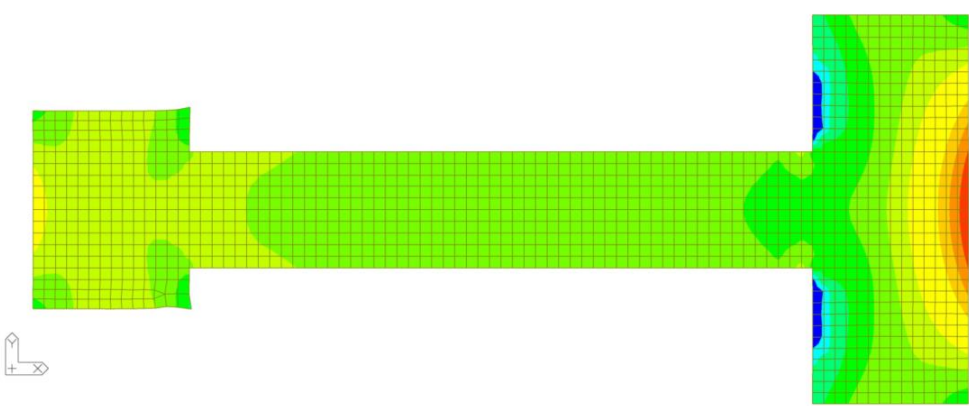
92.69
74.91
57.14
39.36
21.58
0.00
-13.97
-31.75
-49.52
-67.30
-85.08
-102.86

CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 5220
MIN : 634

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy


69.21
34.24
0.00
-35.69
-70.66
-105.63
-140.59
-175.56
-210.53
-245.49
-280.46
-315.43

CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 5642
MIN : 5462

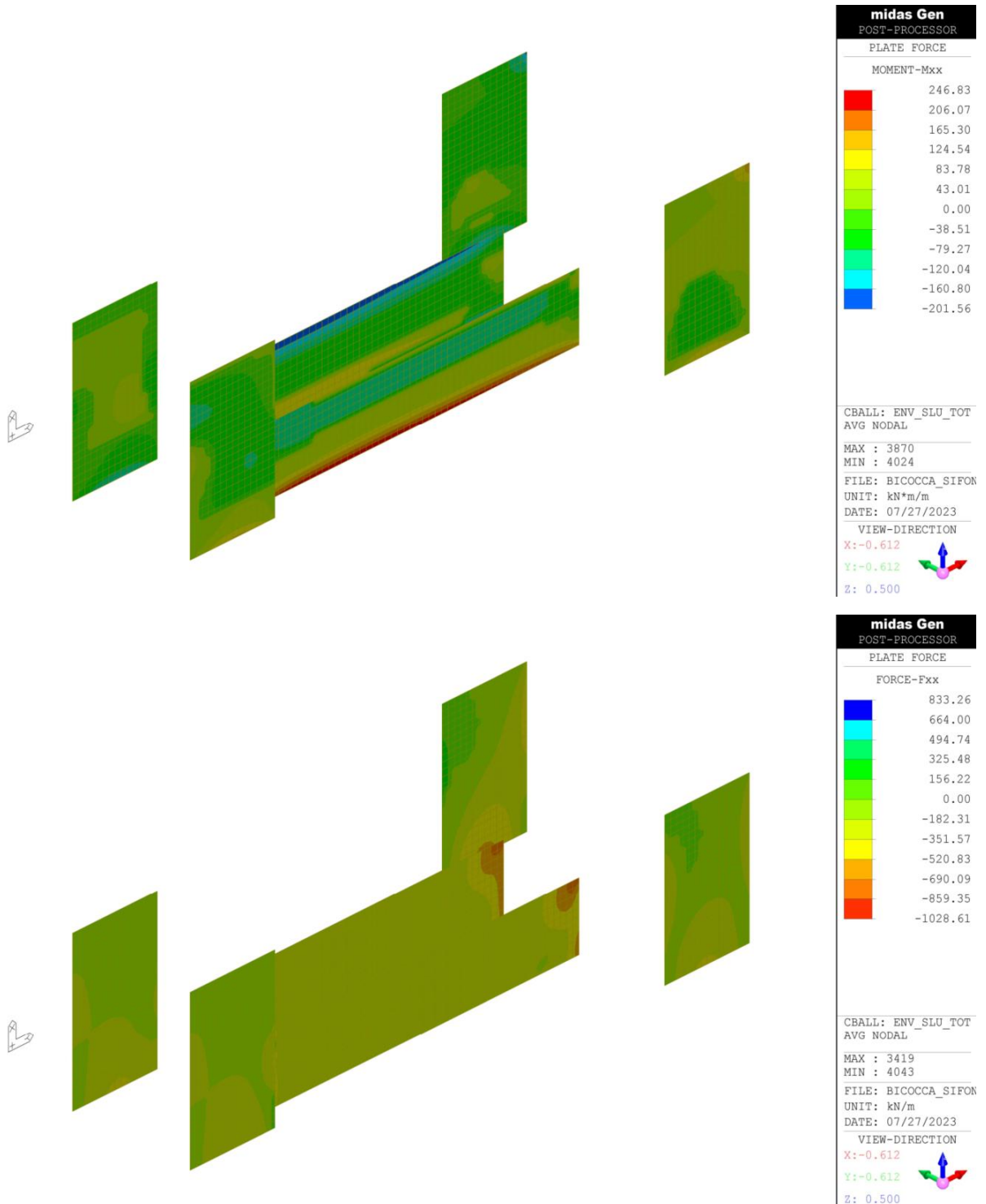
FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 48 di 138

9.3 Muri XZ

9.3.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

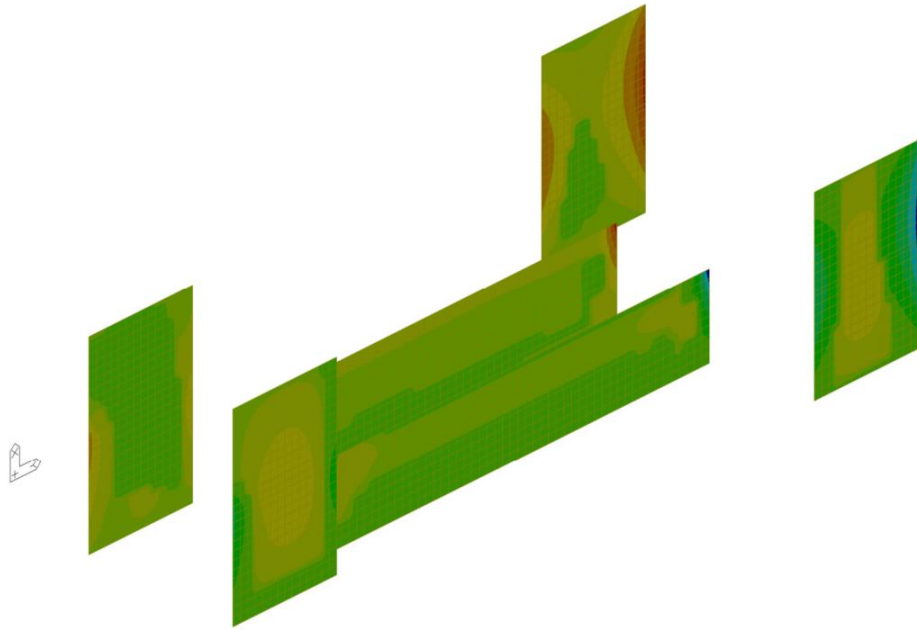
APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	49 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

286.20
234.17
182.13
130.09
78.05
0.00
-26.02
-78.06
-130.10
-182.13
-234.17
-286.21

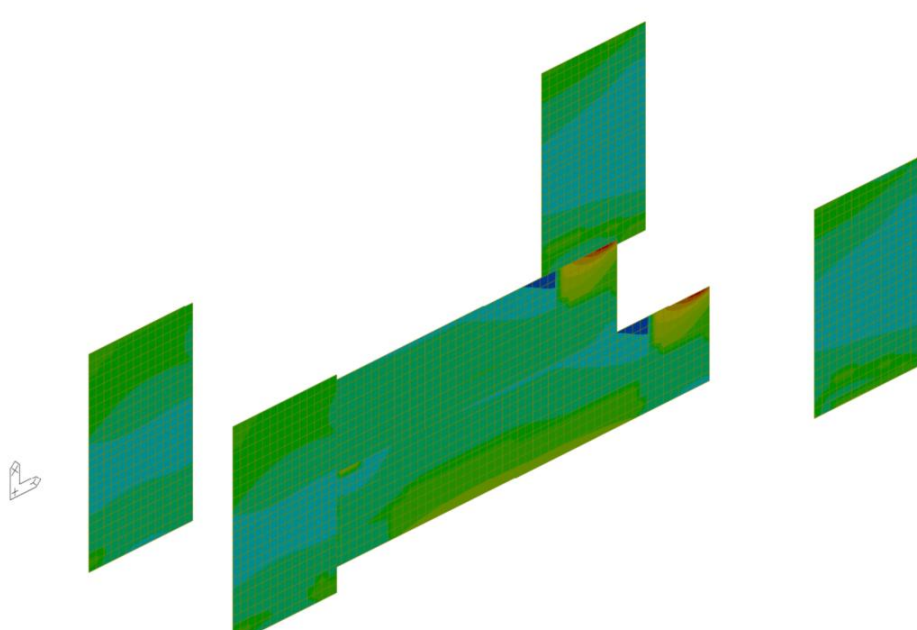
CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 3370
MIN : 3994

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION

X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

1009.37
871.24
733.11
594.98
456.85
318.73
180.60
0.00
-95.66
-233.79
-371.92
-510.05

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 3994
MIN : 4042

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION

X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



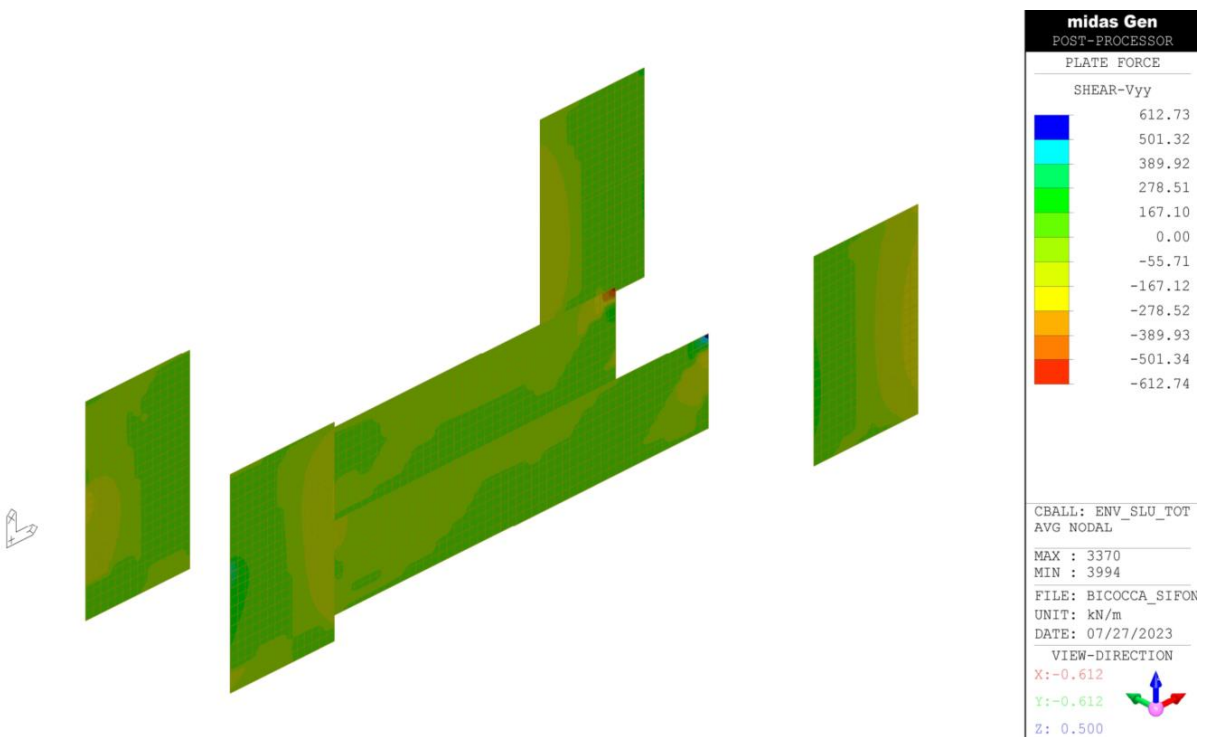
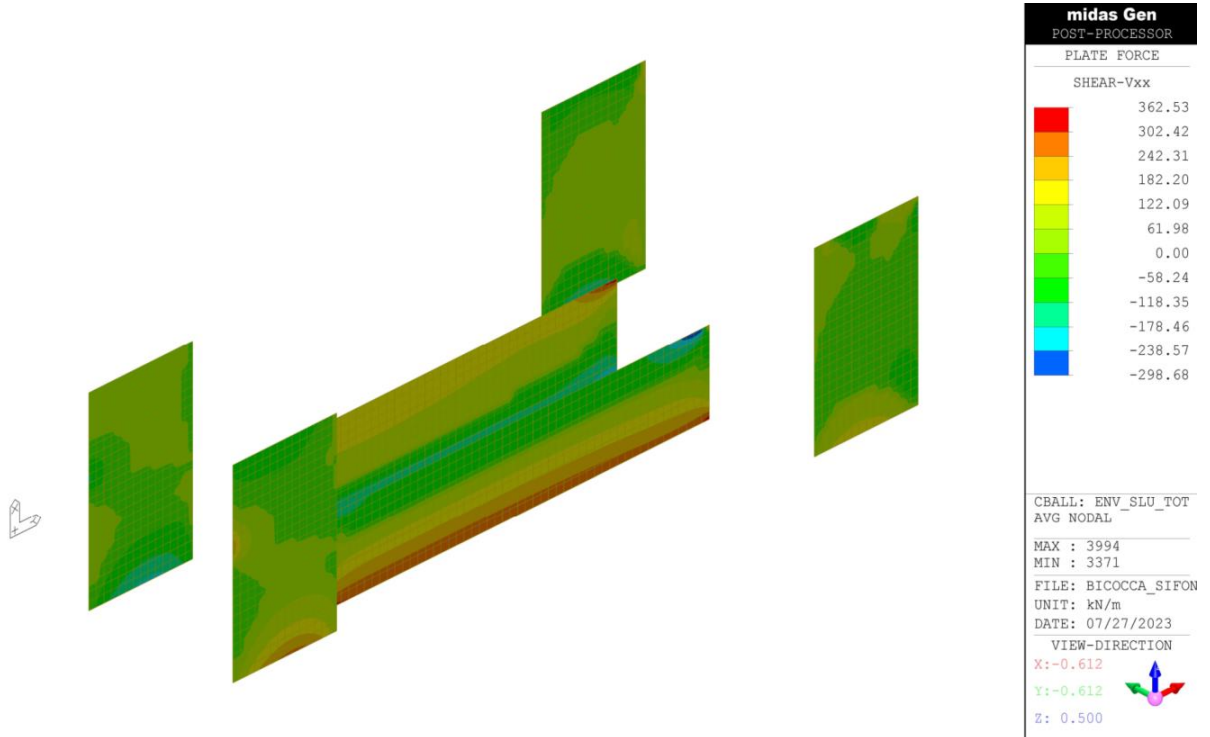
Mandante:










**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

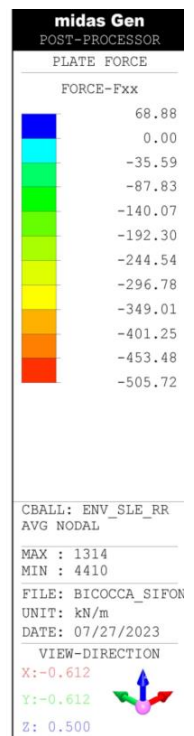
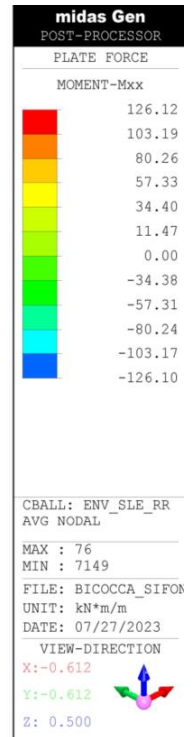
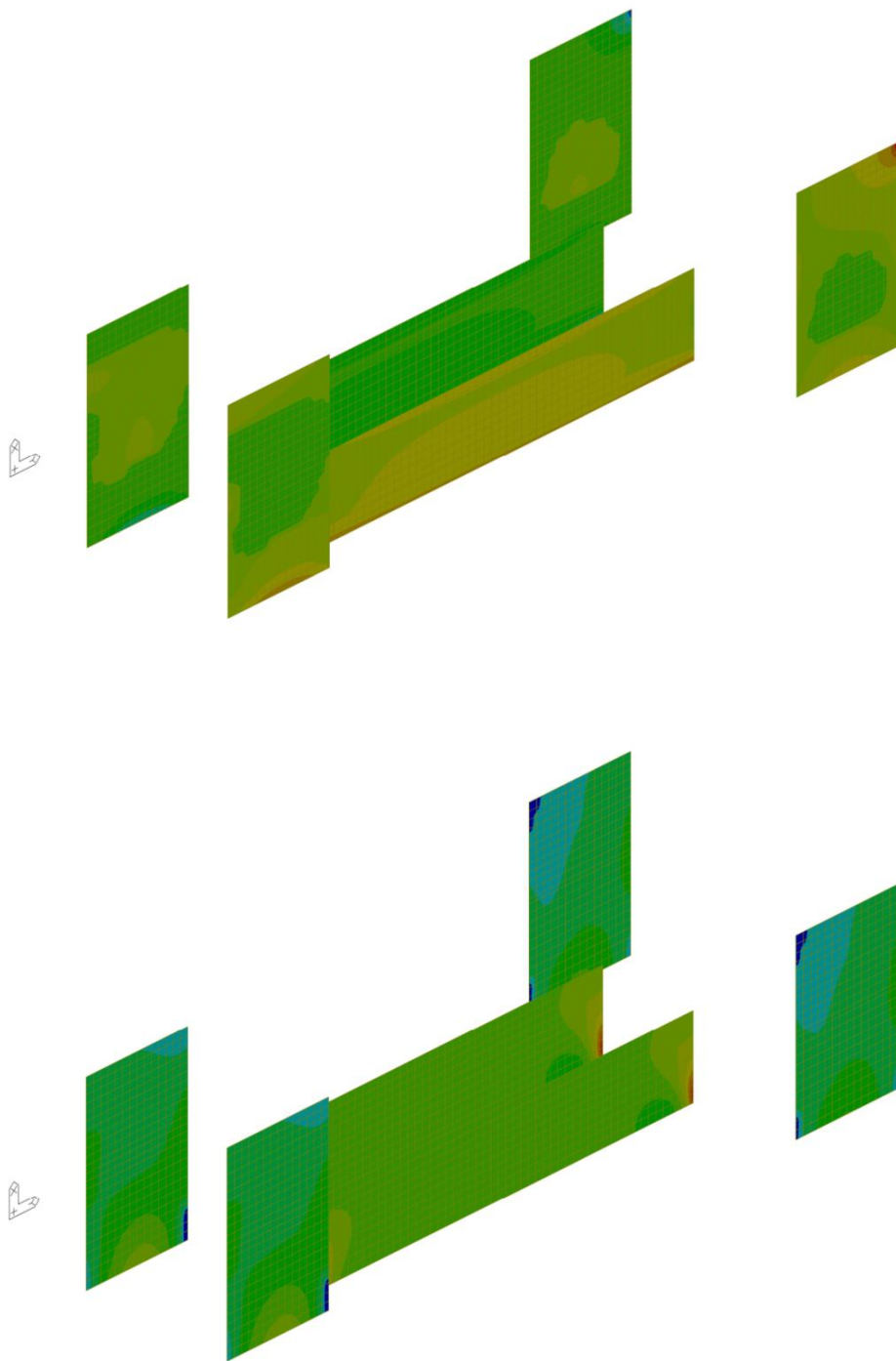
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	50 di 138



APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 51 di 138

9.3.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA - CATENANUOVA

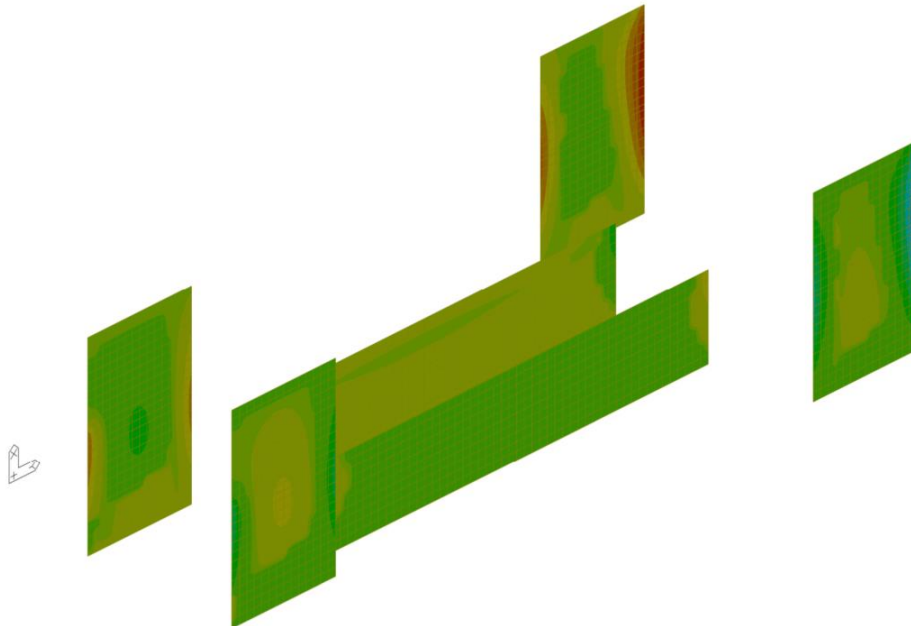
APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	52 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

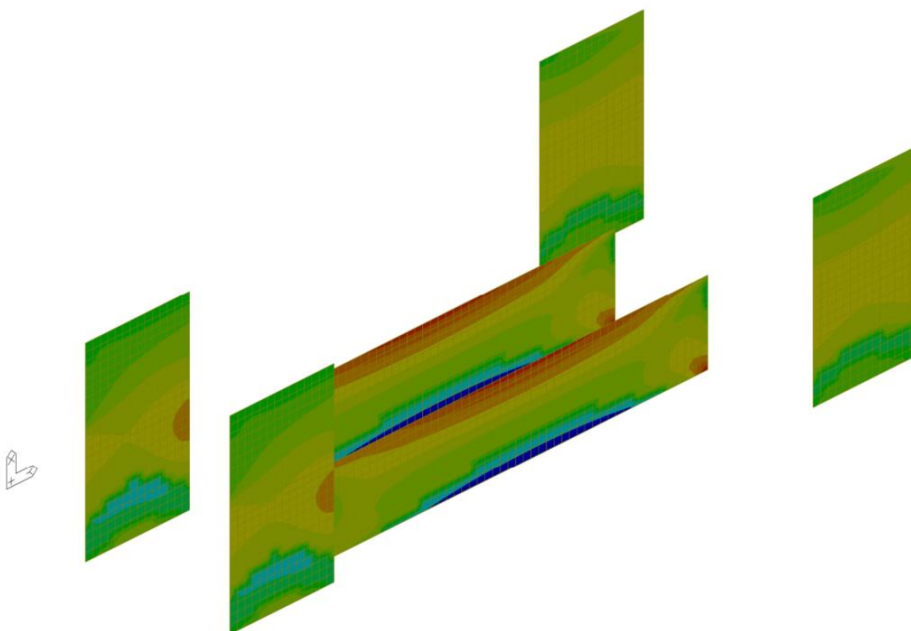
78.67
64.37
50.06
35.76
21.46
0.00
-7.15
-21.46
-35.76
-50.07
-64.37
-78.68

CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 84
MIN : 7277

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

109.97
81.69
53.41
25.13
0.00
-31.44
-59.72
-88.01
-116.29
-144.57
-172.86
-201.14

CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 3860
MIN : 3838

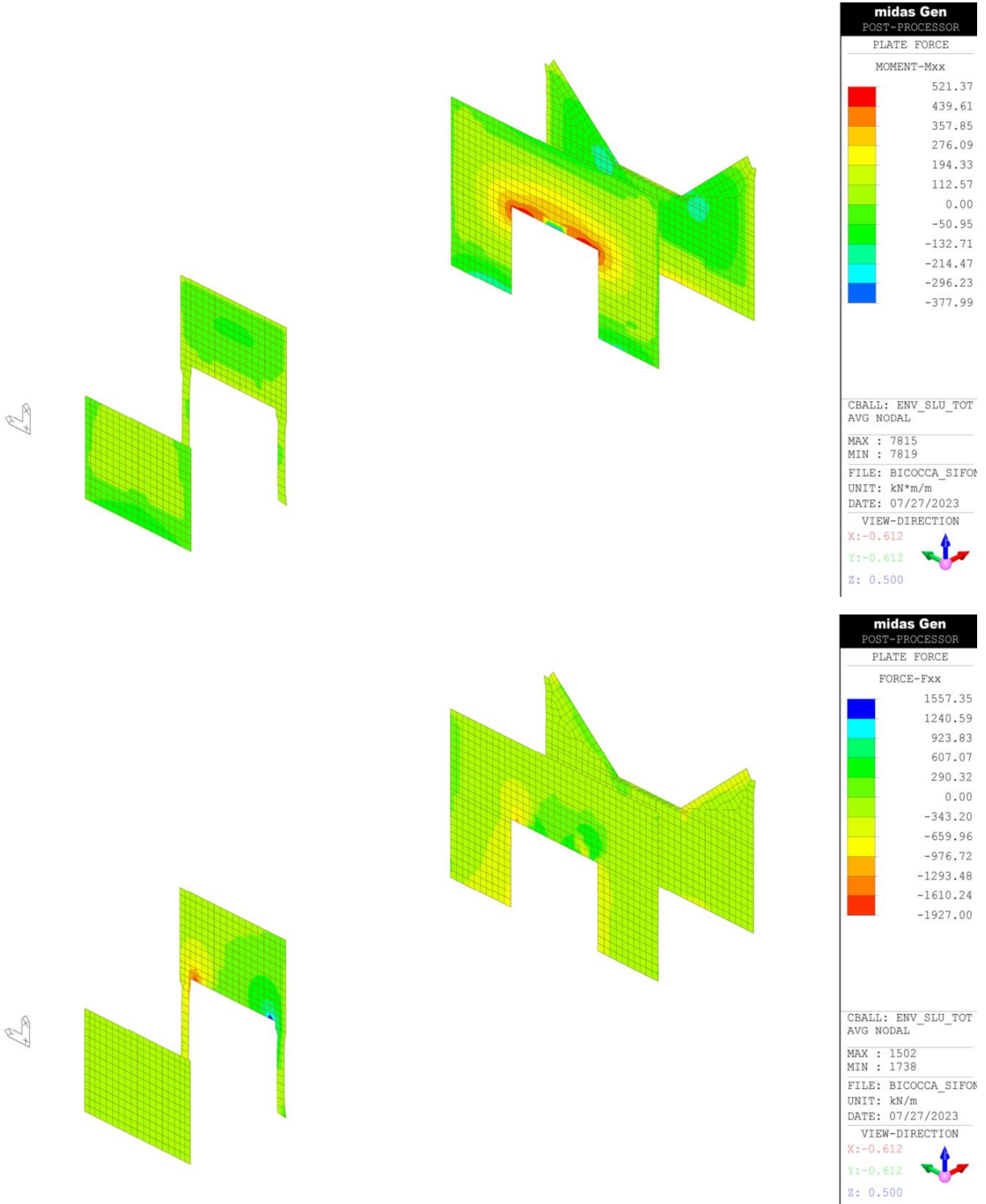
FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 53 di 138

9.4 Muri YZ

9.4.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:

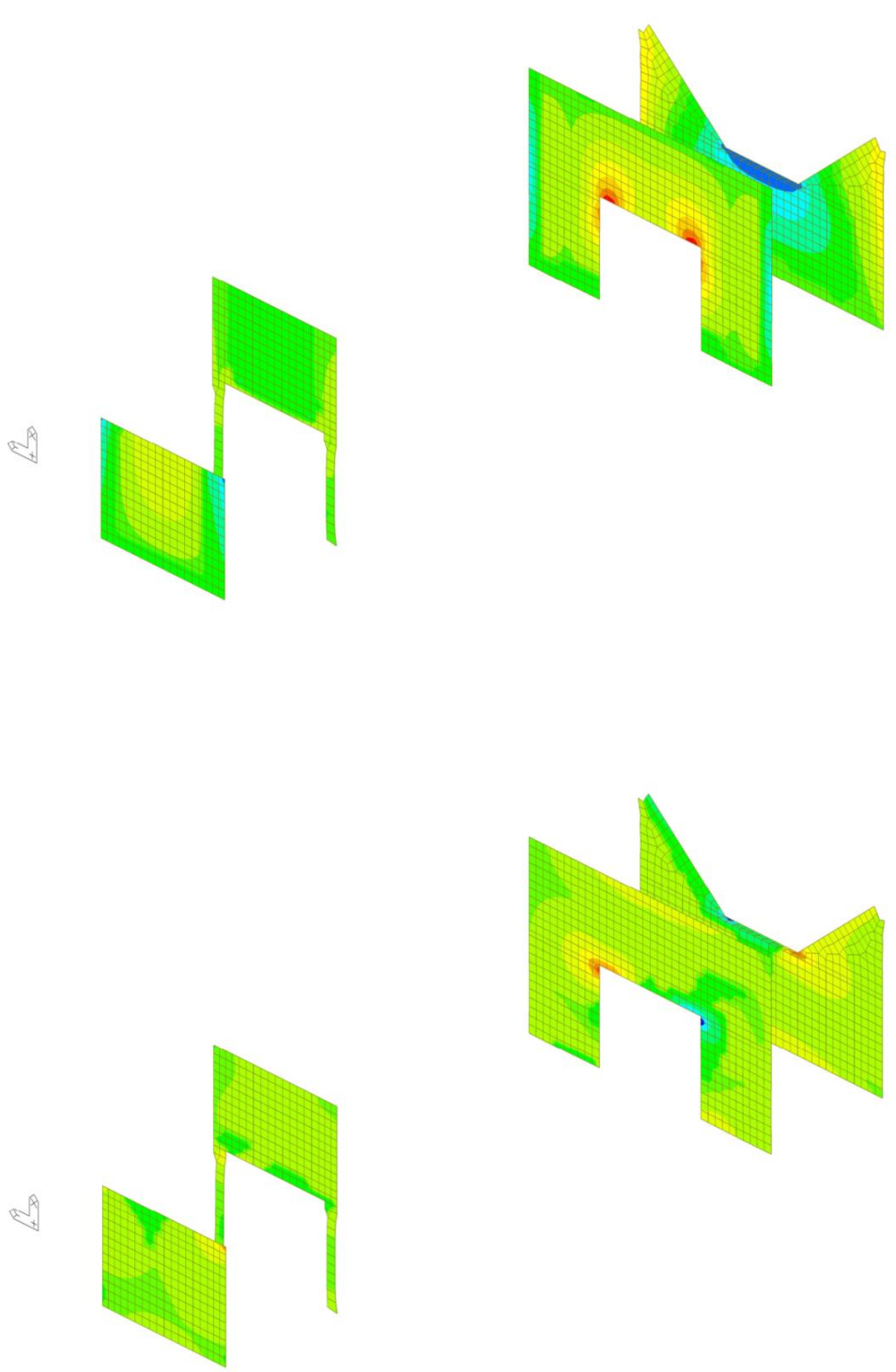


Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	54 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

407.22
345.97
284.73
223.49
162.25
101.01
39.77
0.00
-82.71
-143.95
-205.19
-266.43

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 7131
MIN : 6910

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

1092.18
847.76
603.35
358.94
0.00
-129.88
-374.29
-618.70
-863.11
-1107.52
-1351.94
-1596.35

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 5777
MIN : 6112

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

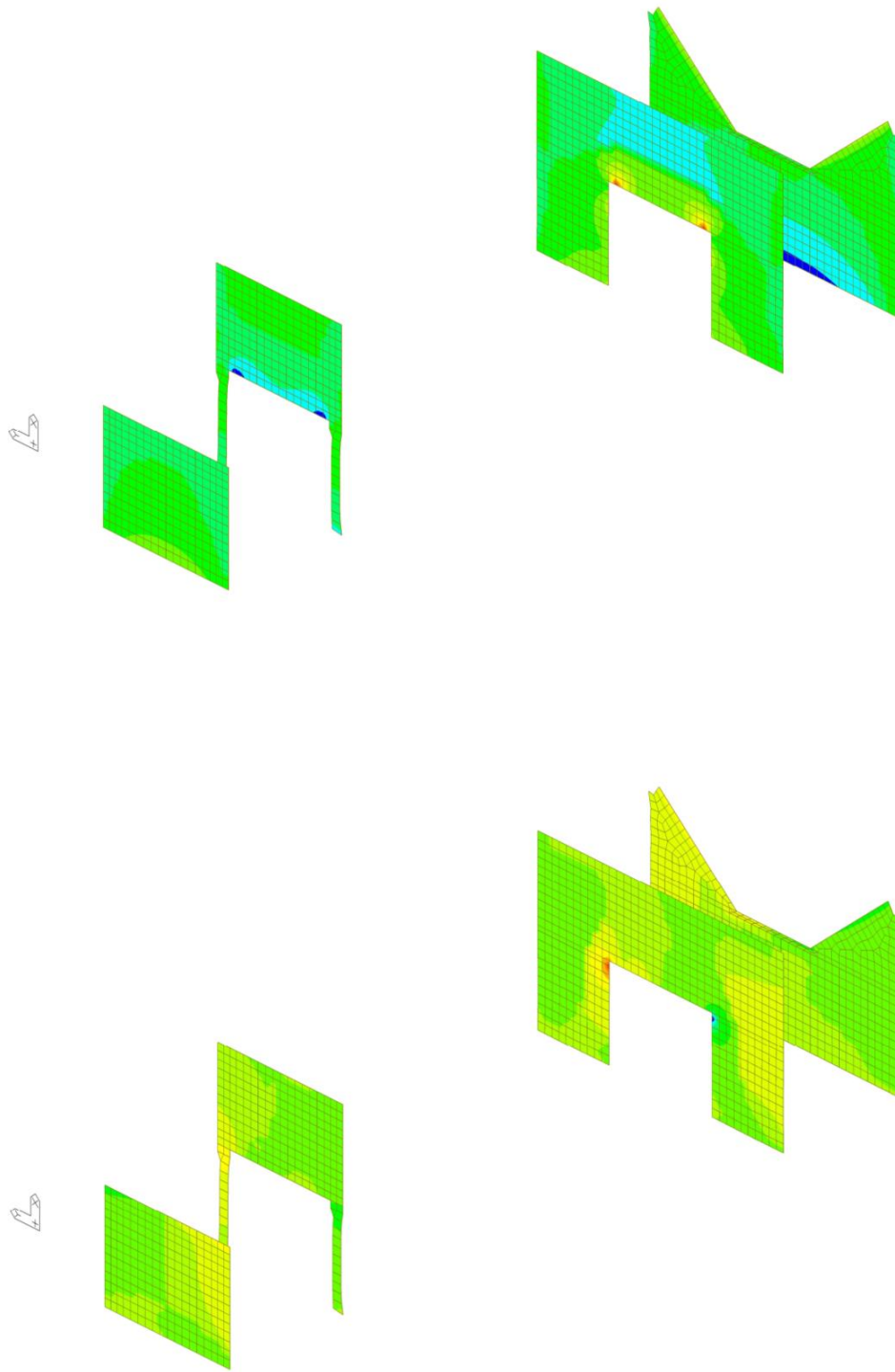
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE: Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 55 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

445.49
294.98
144.47
0.00
-156.56
-307.07
-457.58
-608.09
-758.60
-909.11
-1059.62
-1210.14

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 1502
MIN : 7131

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy







1076.76
880.99
685.21
489.44
293.66
0.00
-97.89
-293.67
-489.44
-685.22
-880.99
-1076.77

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

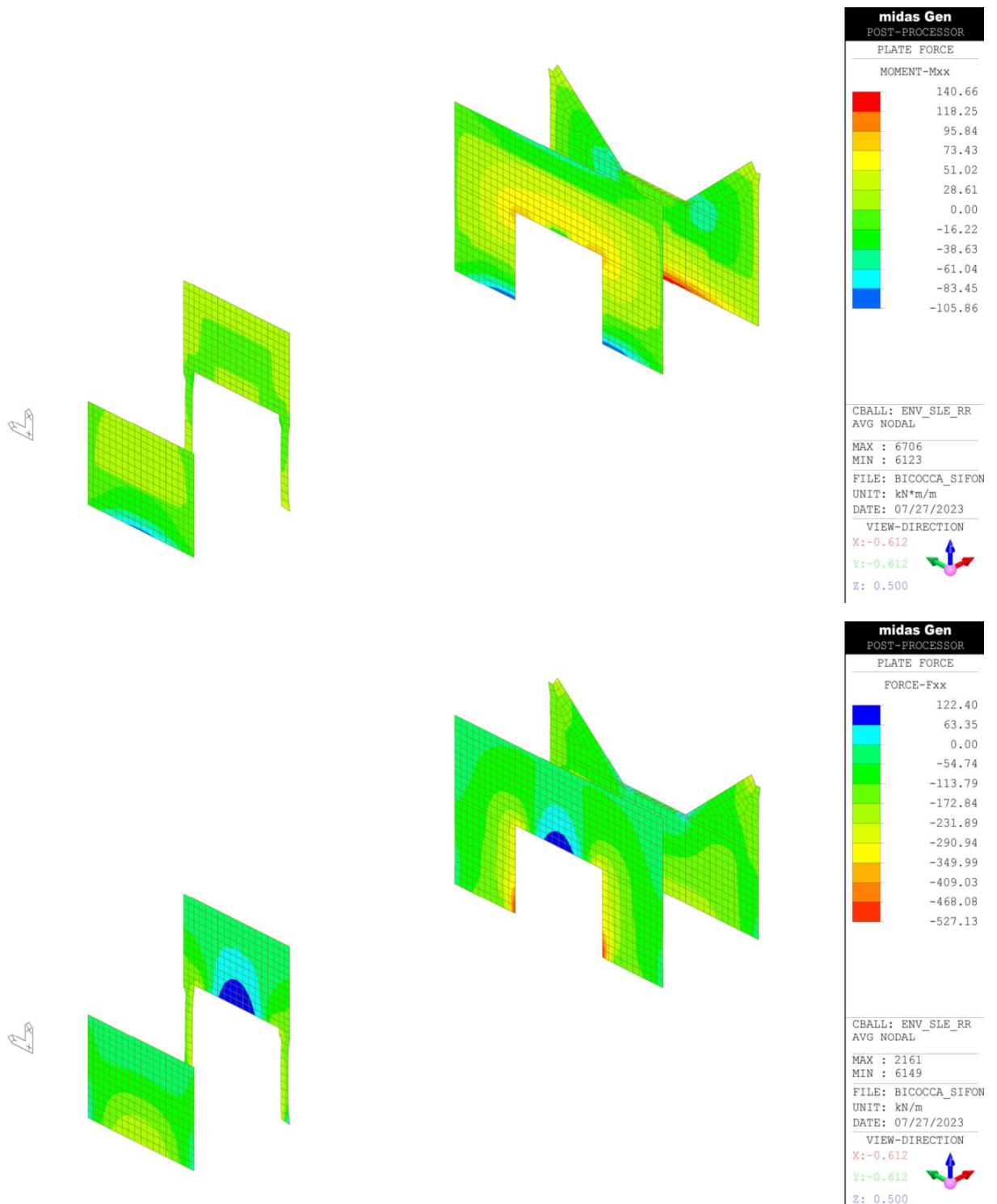
MAX : 5777
MIN : 6112

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	 						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 56 di 138

9.4.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:

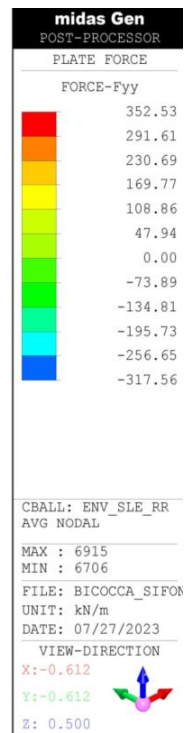
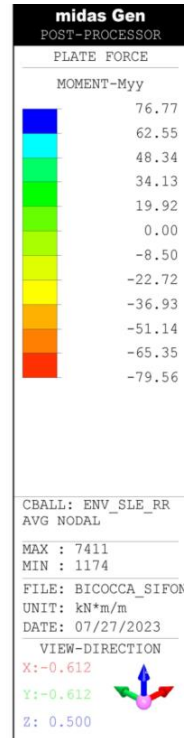
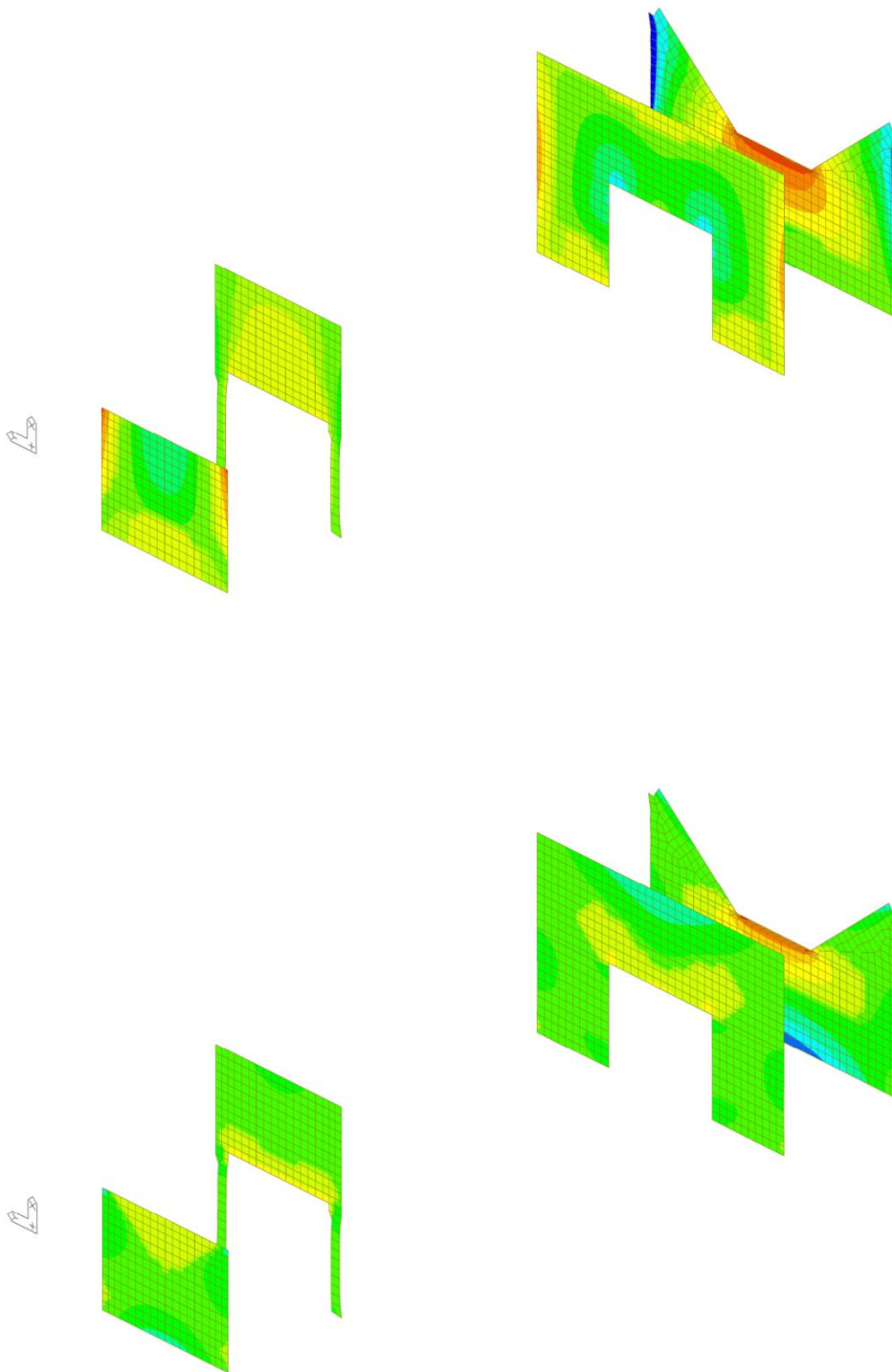
Mandante:










DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA - CATENANUOVA

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

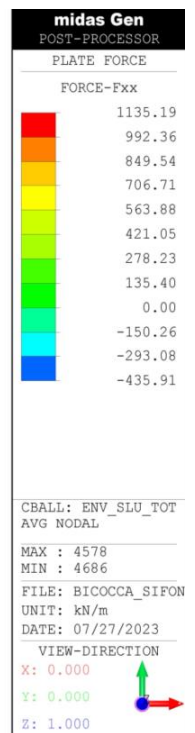
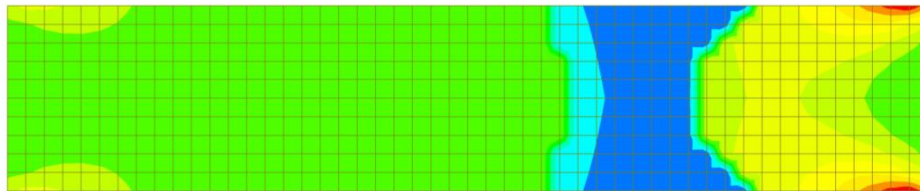
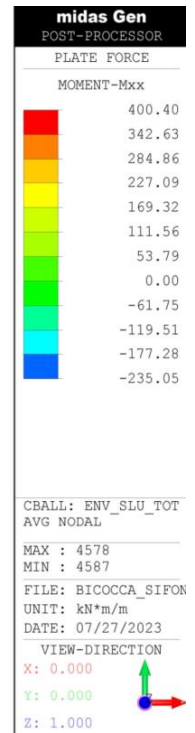
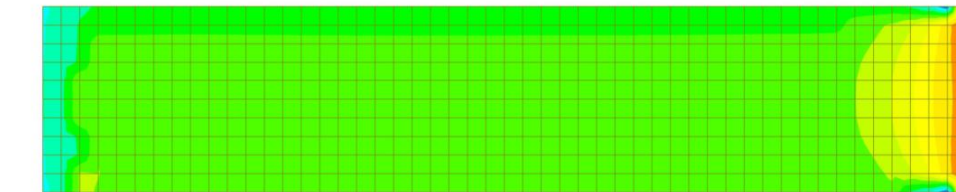
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	57 di 138



APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 58 di 138

9.5 Copertura tombino

9.5.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

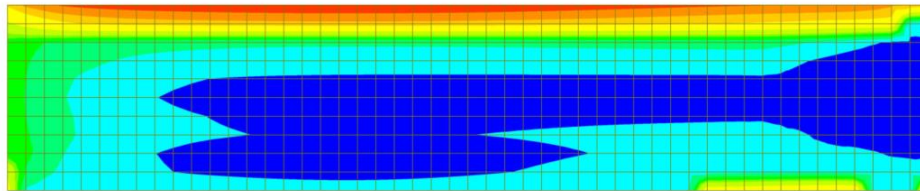
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	59 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

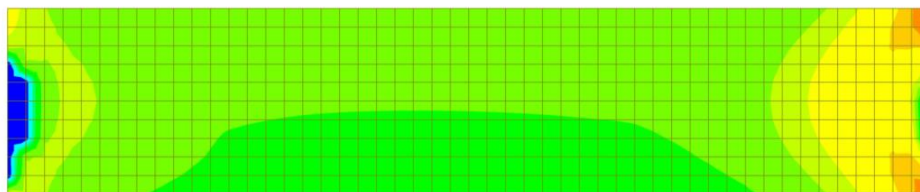
126.72
99.10
71.48
43.86
16.24
0.00
-39.00
-66.62
-94.24
-121.86
-149.48
-177.10

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 4606
MIN : 4938

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

259.45
161.70
63.96
0.00
-131.54
-229.29
-327.03
-424.78
-522.53
-620.28
-718.02
-815.77

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 4584
MIN : 4578

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

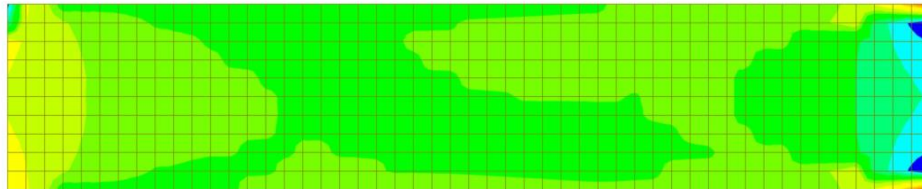
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	60 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

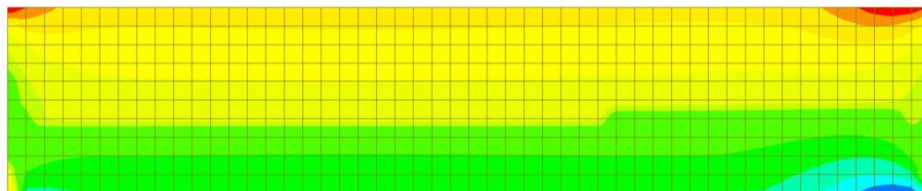
464.84
359.58
254.31
149.04
0.00
-61.49
-166.76
-272.03
-377.29
-482.56
-587.83
-693.09

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 4578
MIN : 4578

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy

434.33
355.44
276.56
197.68
118.79
39.91
0.00
-117.86
-196.74
-275.63
-354.51
-433.40

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

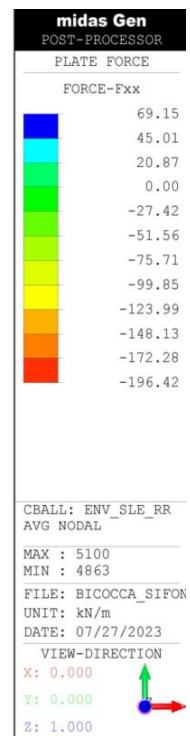
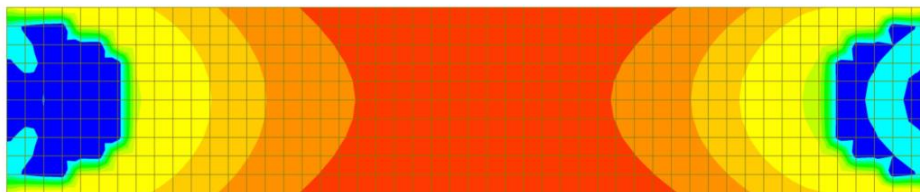
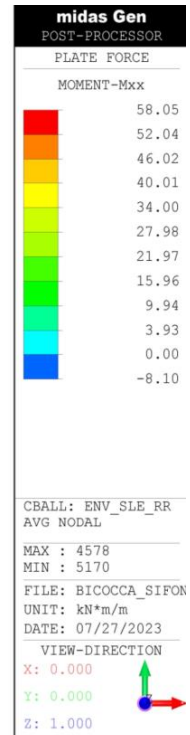
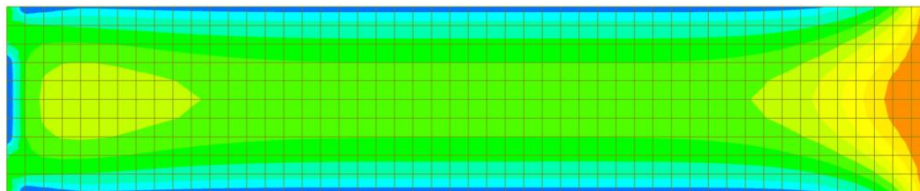
MAX : 5166
MIN : 4599

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 61 di 138

9.5.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:

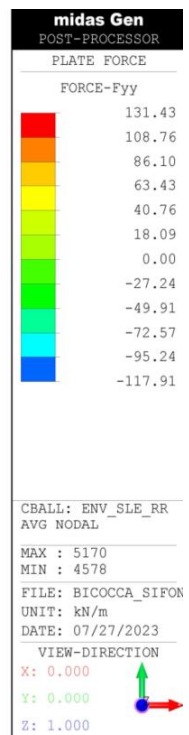
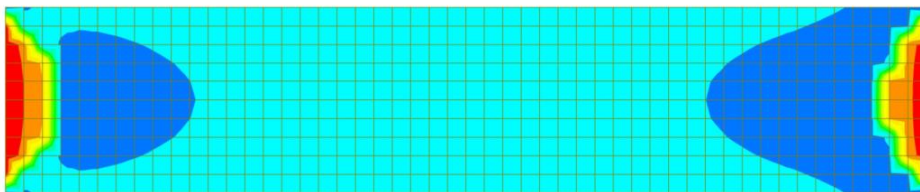
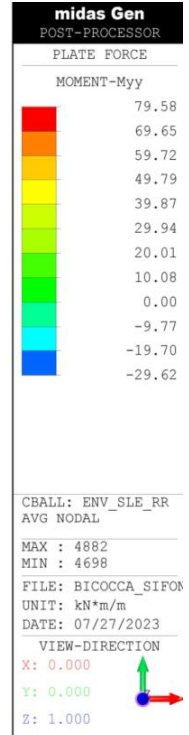
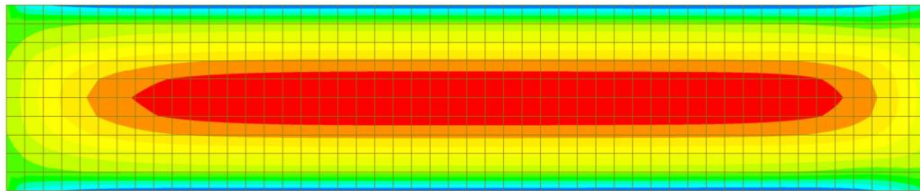
Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

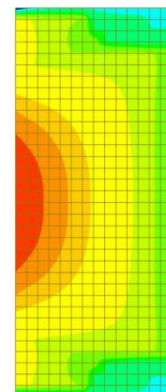
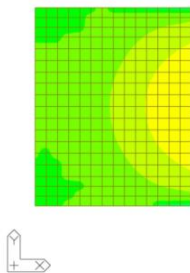
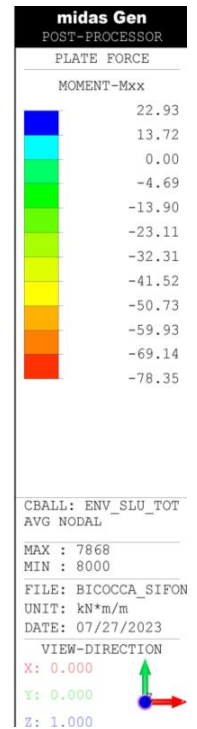
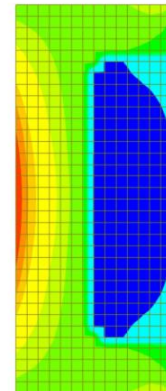
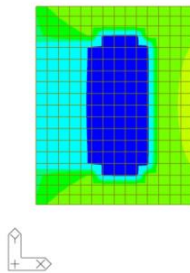
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	62 di 138



APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>63 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	63 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	63 di 138								

9.6 Copertura pozzi

9.6.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

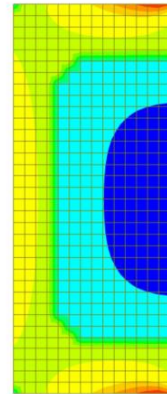
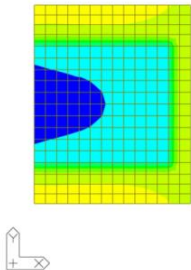
APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	64 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

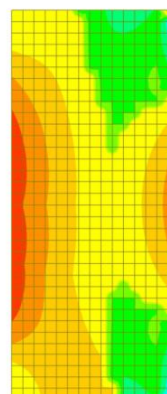
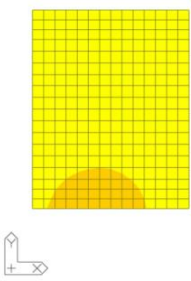
34.26
25.09
15.92
6.76
0.00
-11.57
-20.74
-29.90
-39.07
-48.23
-57.40
-66.56

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 7844
MIN : 7504

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

234.97
192.13
149.28
106.44
63.59
0.00
-22.10
-64.94
-107.79
-150.63
-193.48
-236.32

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 8185
MIN : 8006

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALTATORE: Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

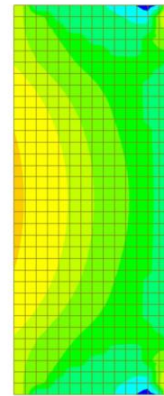
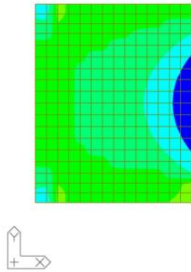
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE: Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	65 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

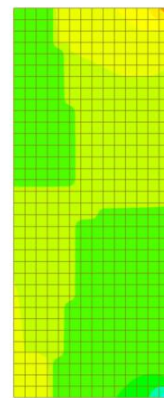
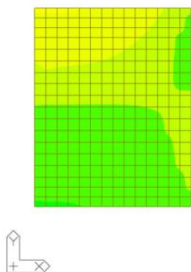
37.06
25.19
13.32
0.00
-10.41
-22.28
-34.15
-46.02
-57.89
-69.75
-81.62
-93.49

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

MAX : 2326
MIN : 7504

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy

169.35
138.56
107.77
76.98
46.20
15.41
0.00
-46.17
-76.96
-107.74
-138.53
-169.32

CBALL: ENV_SLU_TOT
AVG NODAL

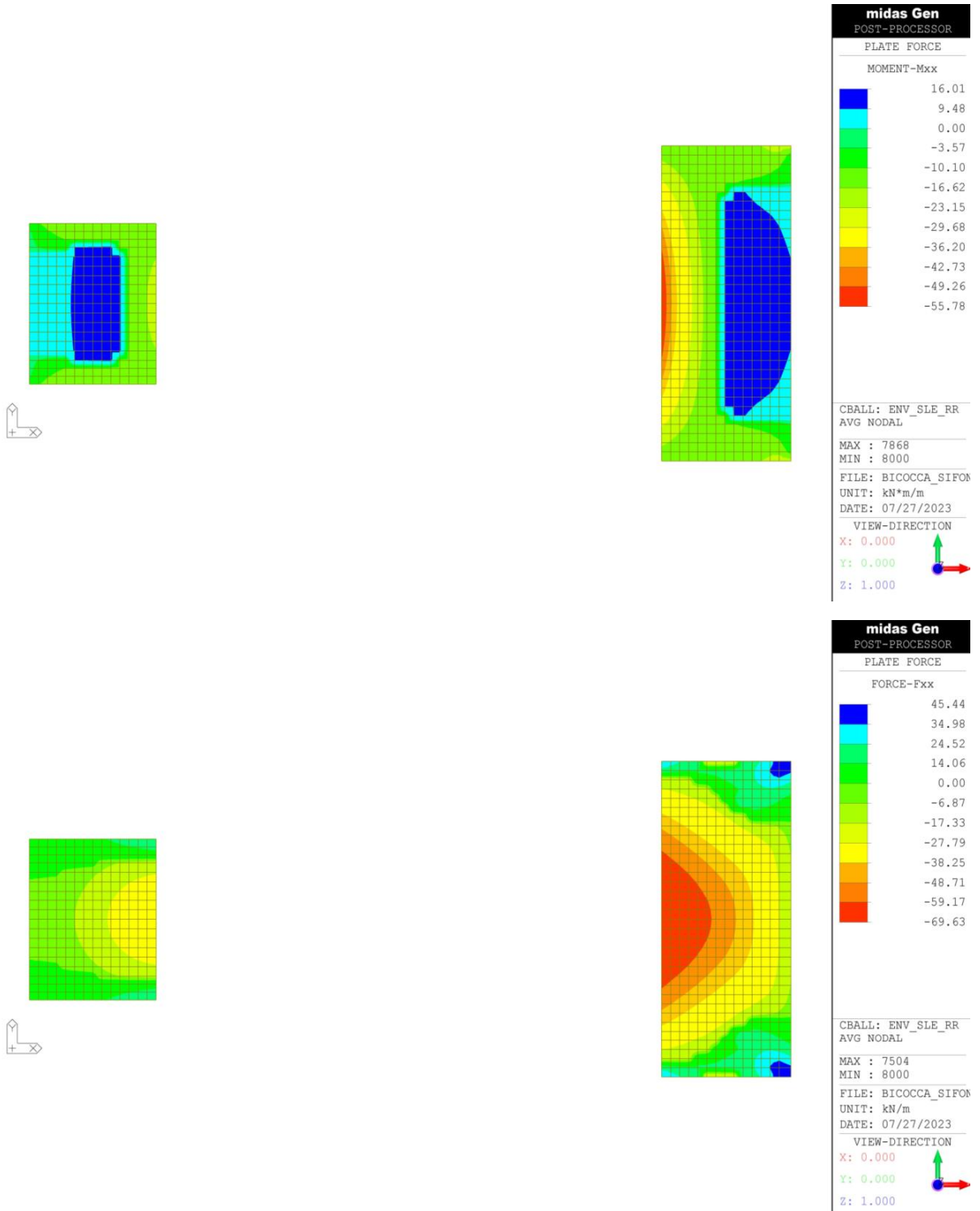
MAX : 7504
MIN : 8185

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

APPALDATORE: Mandataria: 	Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALDATORE: Mandataria: 	Mandante:  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 66 di 138

9.6.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

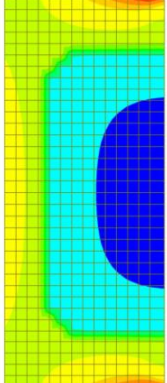
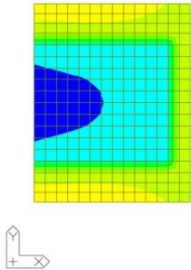
APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata ®**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	67 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

24.03
17.56
11.08
4.61
0.00
-8.34
-14.81
-21.29
-27.76
-34.23
-40.71
-47.18

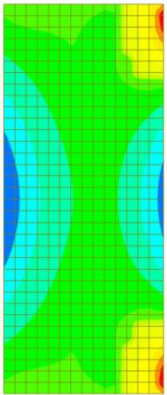
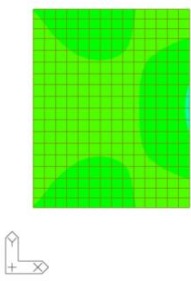
CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 7844
MIN : 7504

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN*m/m
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000



midas Gen
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

119.63
99.08
78.53
57.99
37.44
16.89
0.00
-24.20
-44.75
-65.30
-85.85
-106.39

CBALL: ENV_SLE_RR
AVG NODAL

MAX : 8184
MIN : 8000

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN/m
DATE: 07/27/2023

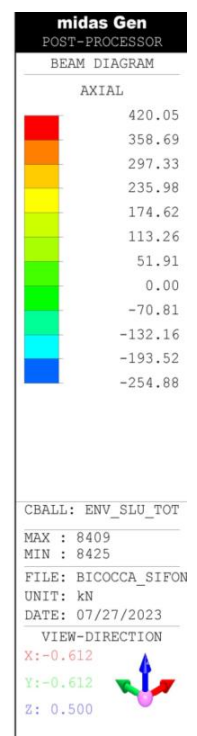
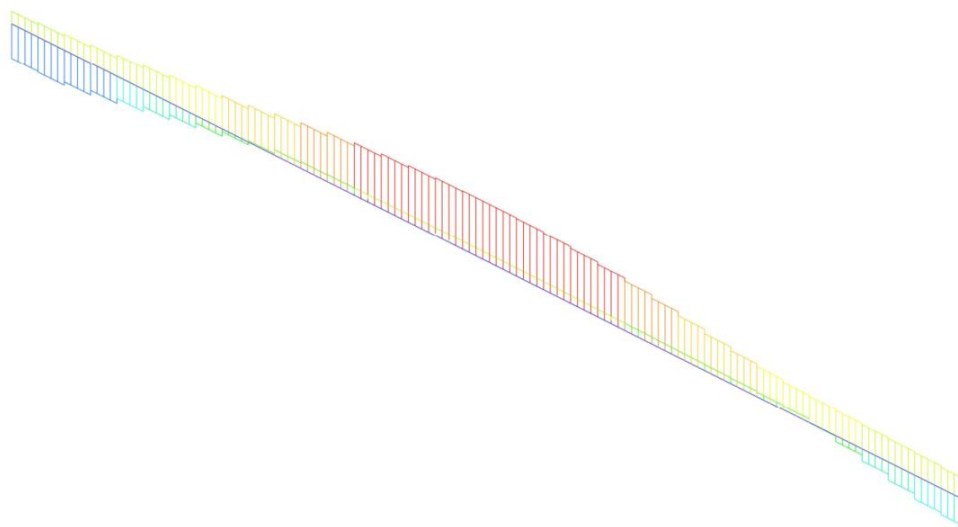
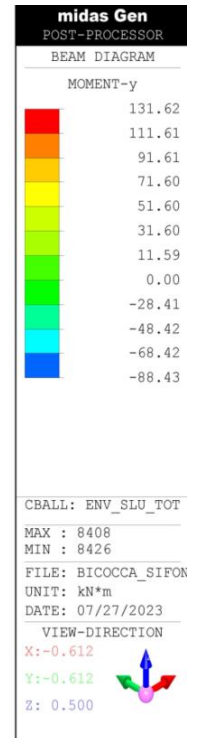
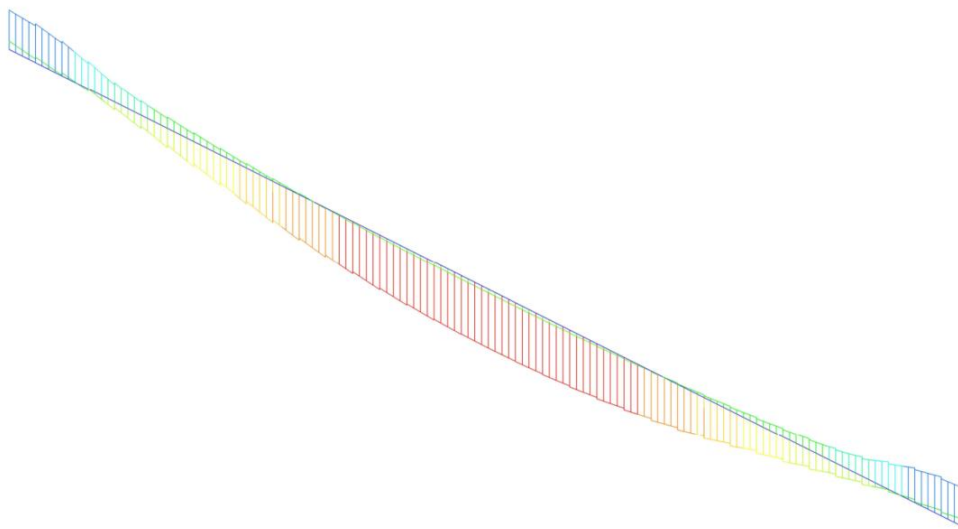
VIEW-DIRECTION







X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

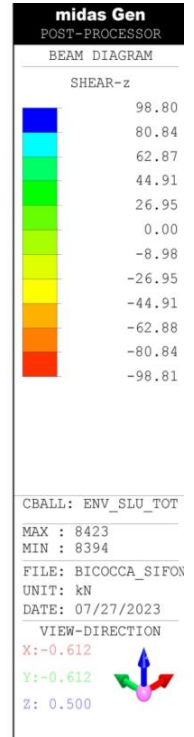
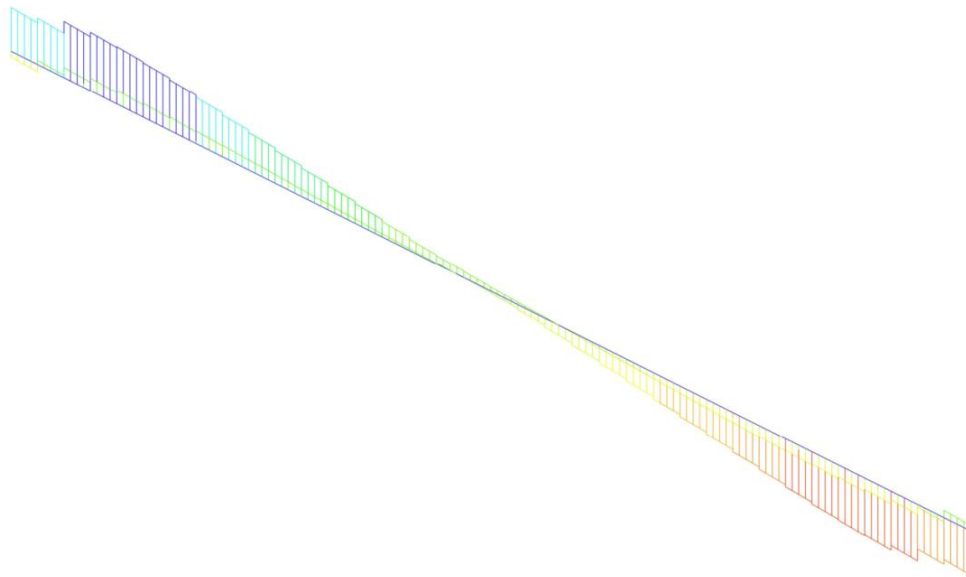
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	   						
APPALTATORE: Mandatario:		PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a					
APPALTATORE: Mandatario:		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 68 di 138

9.7 Trave pozzo di risalita

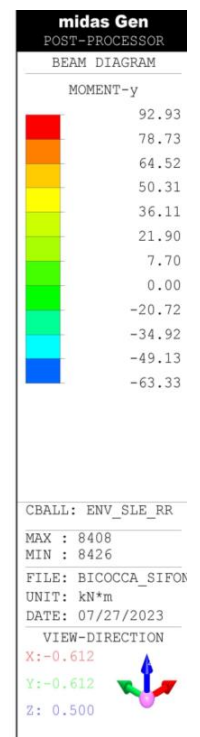
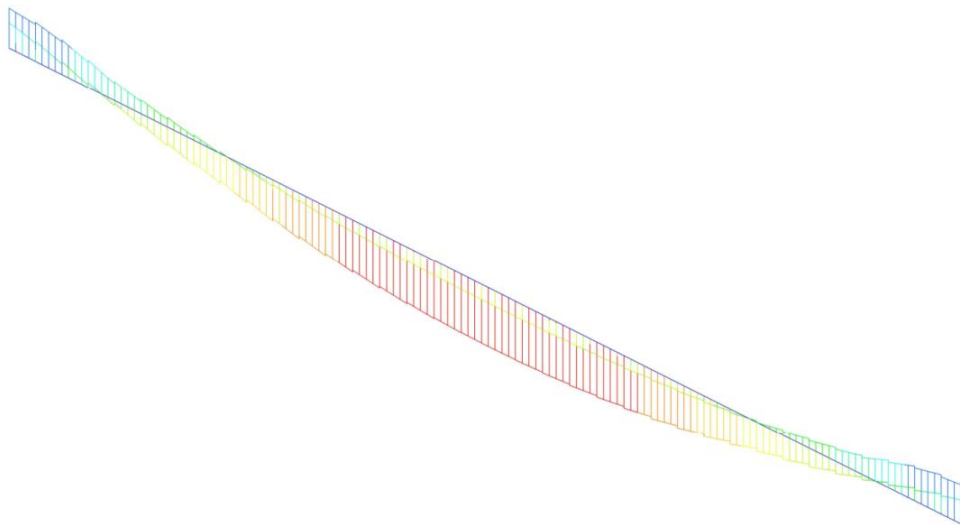
9.7.1 *Inviluppo SLU-SLV*



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 69 di 138



9.7.2 Inviluppo SLE



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

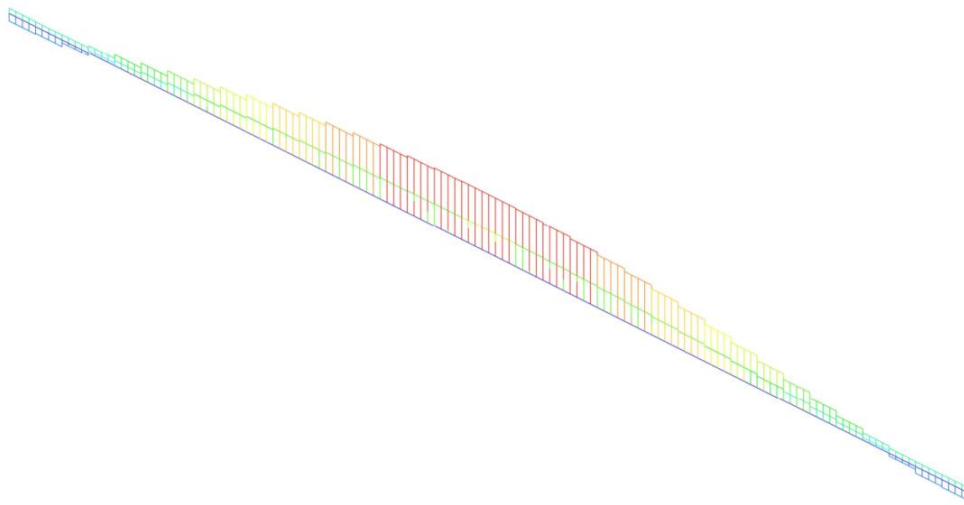
APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	70 di 138



midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

AXIAL

303.54
272.39
241.23
210.07
178.92
147.76
116.60
85.45
54.29
23.13
0.00
-39.18

CBALL: ENV_SLE_RR

MAX : 8409
MIN : 8391

FILE: BICOCCA_SIFON
UNIT: kN
DATE: 07/27/2023

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN.20.00.004</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">71 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	71 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	71 di 138								

10 VERIFICHE SLU

10.1 Premessa

Sulla base dei digrammi delle azioni interne riportati nei paragrafi precedenti, si effettua la verifica flessionale e a taglio allo stato limite ultimo.

Si osserva che, avendo analizzato l'effettivo comportamento bidimensionale degli elementi, le sollecitazioni flettenti sono combinate con quelle torcenti mediante il “metodo del momento normale” e pertanto

$$M_{ii,TOT} = M_{ii} + |M_{ij}|$$

Dove M_{ii} rappresenta il momento flettente “attorno” all'asse ii mentre M_{ij} rappresenta il contributo torcente.

I domini resistenti (pressoflessione semplice e/o deviata) sono calcolati mediante il software freeware VCASLU, sviluppato da P.Gelfi. Convenzionalmente e solo per le verifiche in esame, l'azione di compressione è assunta positiva se di compressione.

La resistenza a taglio degli elementi in c.a. è valutata mediante le formulazioni previste dalle NTC 2018.

10.2 Soletta di fondazione – Tombino

10.2.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Soletta fondazione tombino	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø16/20	d = 56 mm
			2	1Ø16/20	d = 544 mm
Soletta fondazione tombino	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø20/20	d = 74 mm
			2	1Ø16/20 + 1Ø12/20	d = 528 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



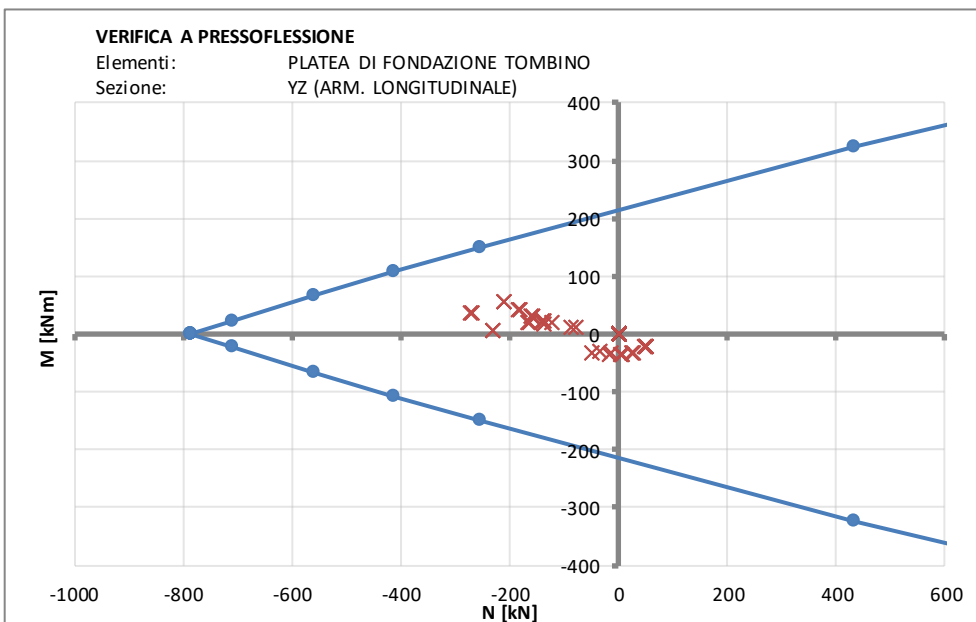
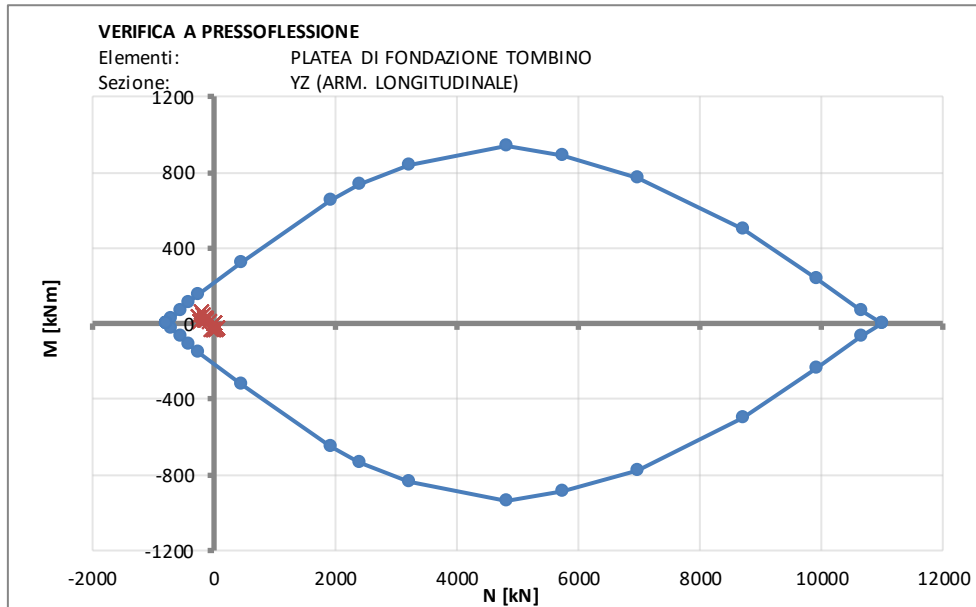
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	72 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-212.71	55.17	1.95	2.82	2.92
-273.09	36.19	1.98	2.43	4.02
-211.11	55.37	1.95	2.84	2.91



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



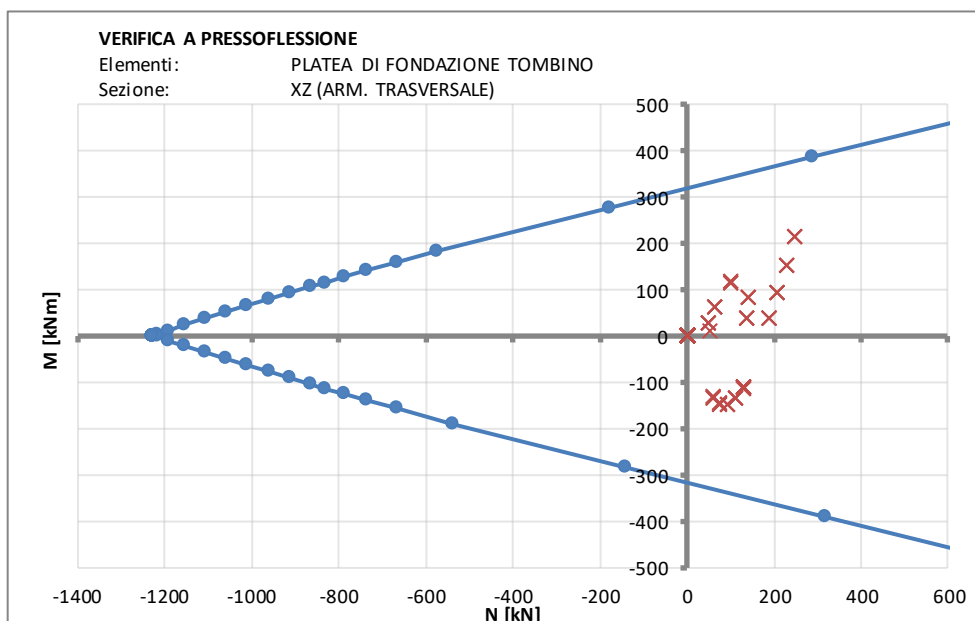
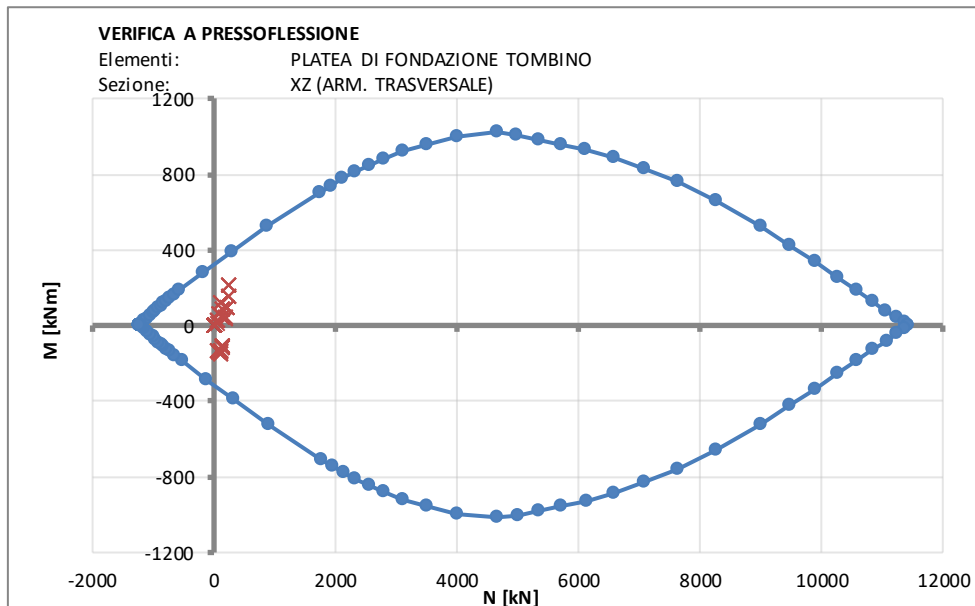
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	73 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
245.91	215.30	2.02	42.45	1.75
245.91	215.30	2.02	42.45	1.75
245.91	215.30	2.02	42.45	1.75



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 74 di 138

10.2.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento [-]	Sezione [-]	Fondazione tombino		
		Longitudinale	Trasversale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	544	528	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	400	200	Passo armatura a taglio
n	[mm]	5	2.5	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	392.5	196.3	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	470	456	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	1469	1426	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	470	456	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	88	253	Taglio sollecitante di progetto
F_s	[-]	5.34	1.80	Coefficiente di sicurezza

10.3 Soletta di fondazione - Pozzi

10.3.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Soletta fondazione pozzi	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø20/20	d = 58 mm
			2	1Ø20/20	d = 542 mm
Soletta fondazione pozzi	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø20/20	d = 78 mm
			2	1Ø16/20 + 1Ø12/20	d = 524 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:

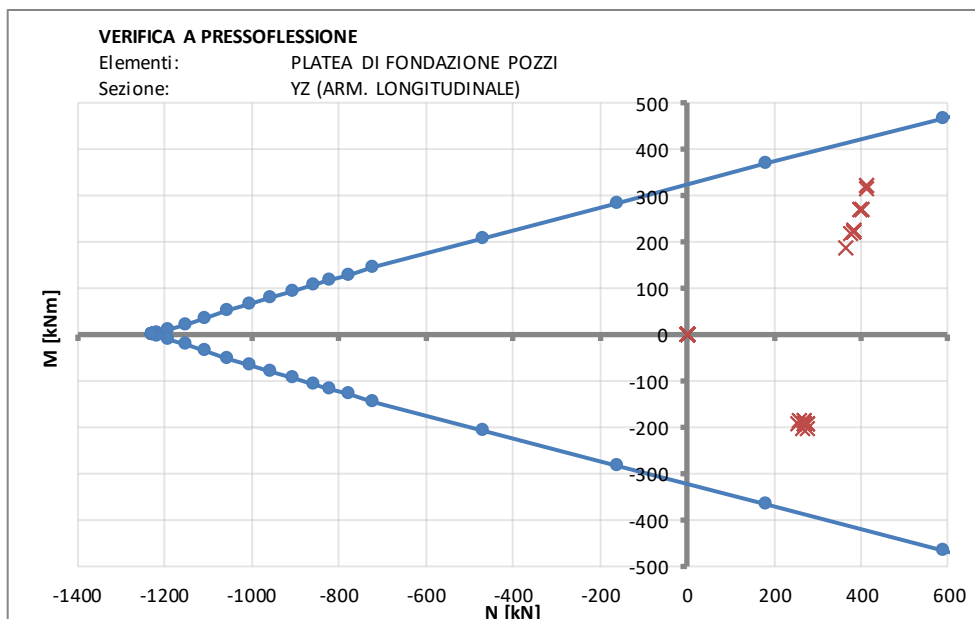
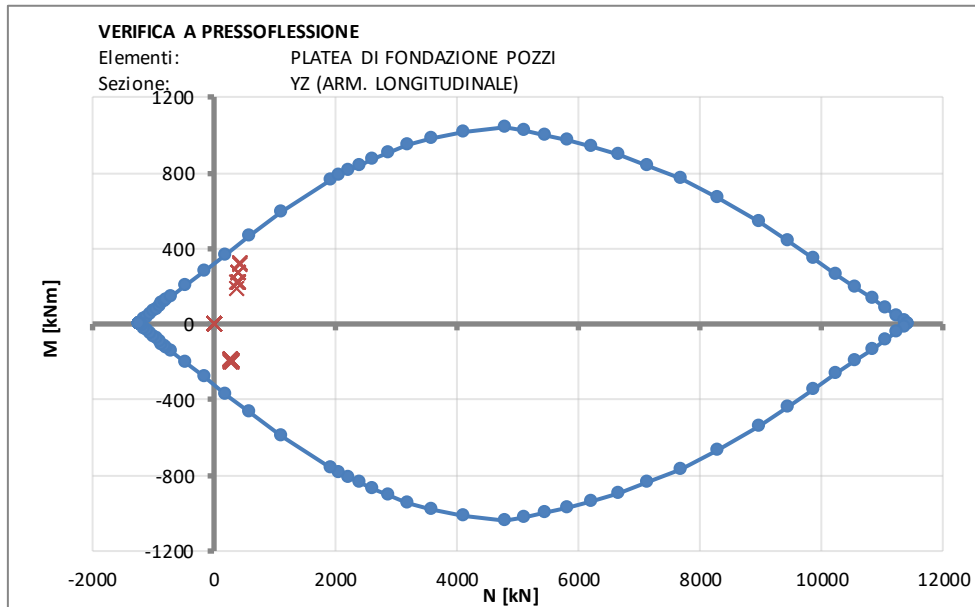


**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	75 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
411.20	322.05	1.46	24.27	1.32
411.91	320.28	1.47	24.25	1.33
411.20	322.05	1.46	24.27	1.32



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



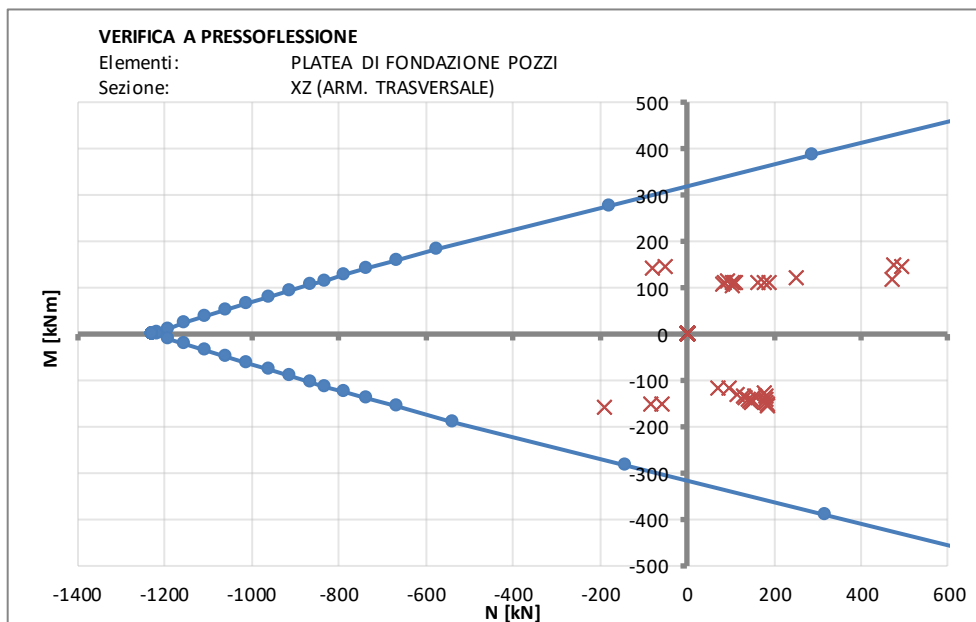
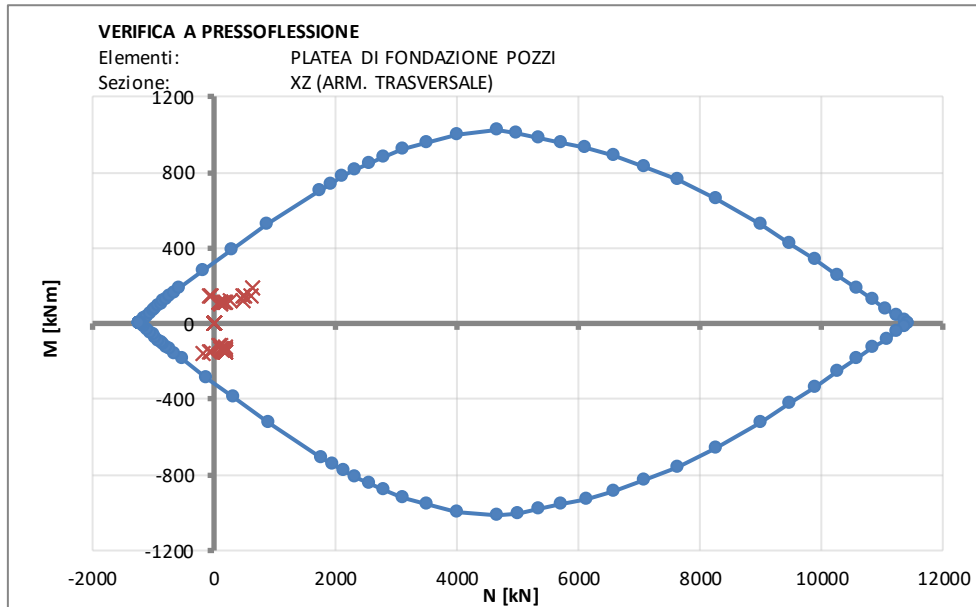
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 76 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-189.33	-158.46	1.31	3.61	1.72
-189.33	-158.46	1.31	3.61	1.72
-189.33	-158.46	1.31	3.61	1.72



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>77 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	77 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	77 di 138								

10.3.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento [-]	Fondazione pozzi	Fondazione pozzi	
Sezione [-]	Longitudinale	Trasversale	
g_c	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck} [N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd} [N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd} [N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk} [N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd} [N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c [-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d [mm]	542	524	Altezza utile sezionale
b_w [mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s [mm]	400	200	Passo armatura a taglio
n [mm]	5	2.5	numero armature a taglio
ϕ [mm]	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw} [mm ²]	392.5	196.3	Area armatura a taglio
α [°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q [°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd} [kN]	468	453	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd} [kN]	1464	1415	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd} [kN]	468	453	Taglio resistente di progetto
V_{Sd} [kN]	408	412	Taglio sollecitante di progetto
F_s [-]	1.15	1.10	Coefficiente di sicurezza

10.4 Muri XZ - Tombino

10.4.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri XZ tombino	Verticale Z	Base	1	1Ø16/20	d = 72 mm
			2	1Ø16/20 + 1Ø12/20	d = 528 mm
Muri XZ tombino	Orizzontale X	Tutte	1	1Ø16/20	d = 56 mm
			2	1Ø16/20	d = 544 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



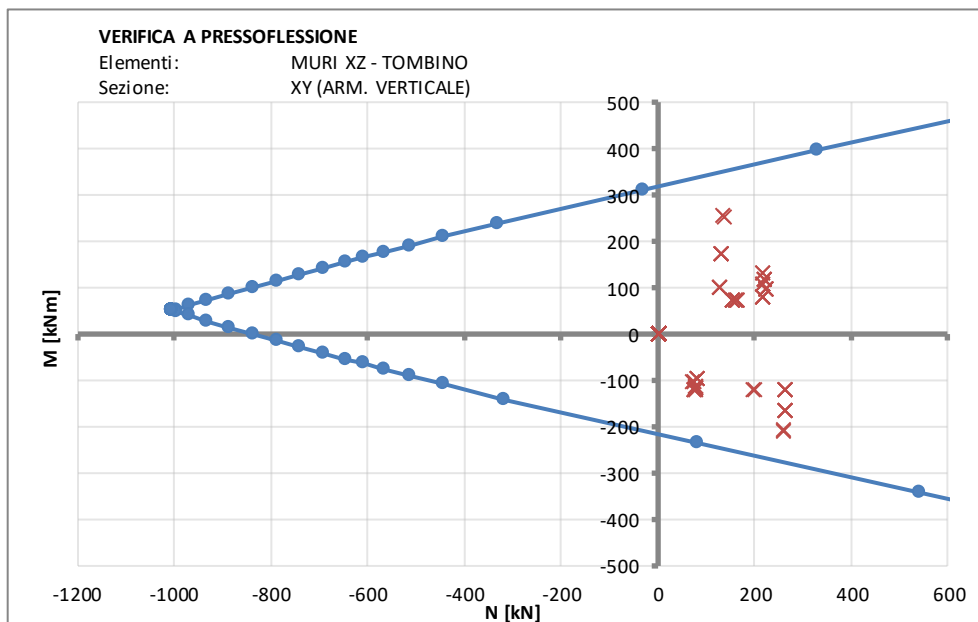
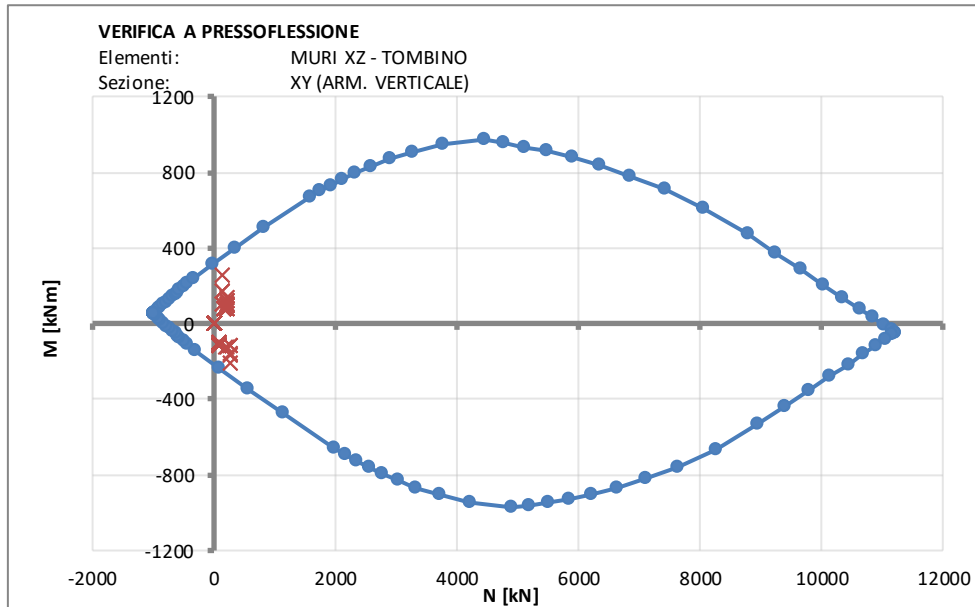
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 78 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
134.11	254.27	1.43	73.16	1.38
259.01	-209.47	1.46	40.46	1.32
259.01	-209.47	1.46	40.46	1.32



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



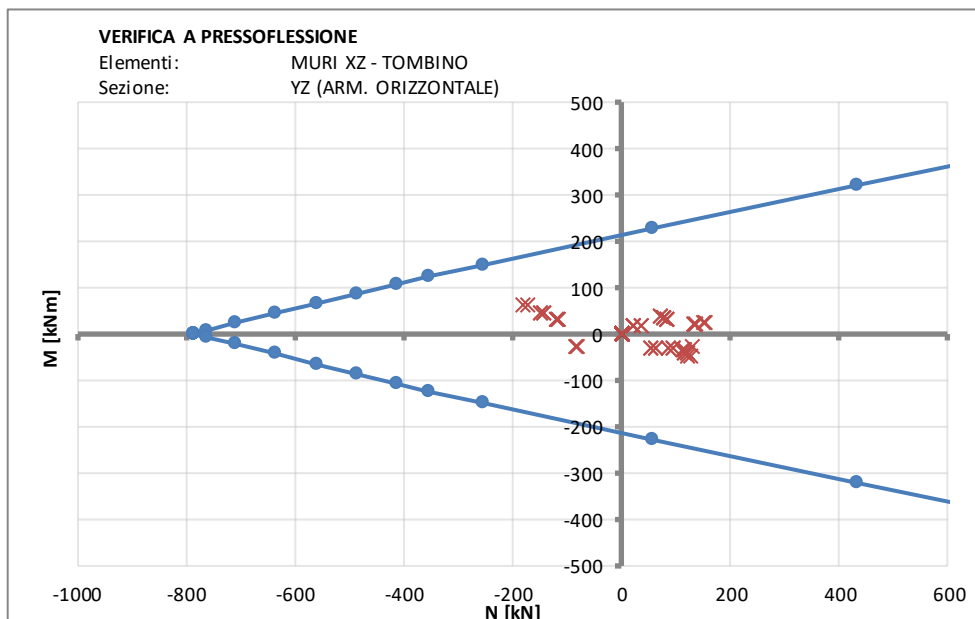
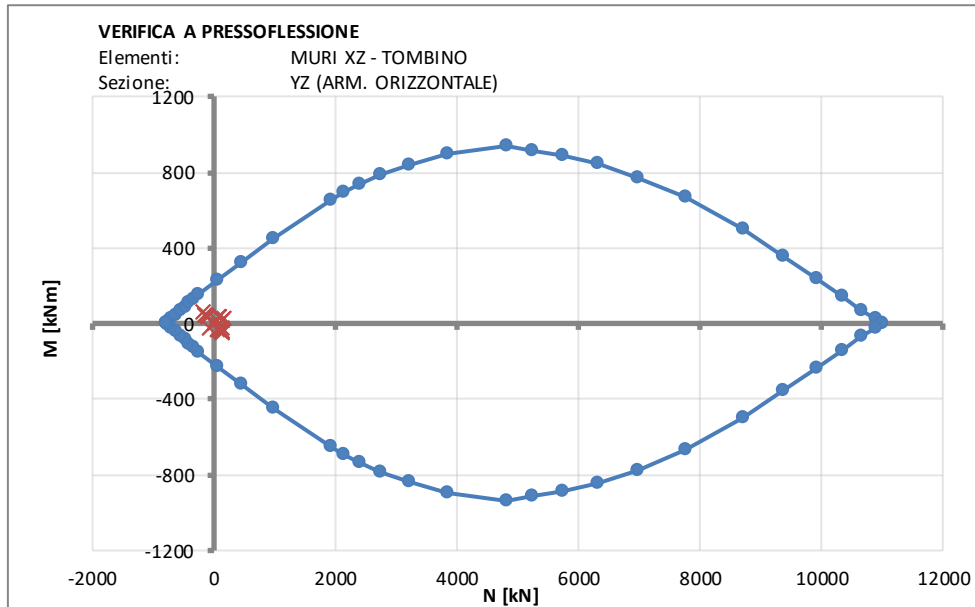
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 79 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-181.42	60.65	2.00	3.21	2.78
-181.42	60.65	2.00	3.21	2.78
-181.42	60.65	2.00	3.21	2.78



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>80 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	80 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	80 di 138								

10.4.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento	[-]	Muri XZ Tombino	Muri XZ Tombino	
Sezione	[-]	Verticale	Orizzontale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	528	544	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	200	400	Passo armatura a taglio
n	[mm]	2.5	5	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	196.3	392.5	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	456	470	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	1426	1469	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	456	470	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	301	268	Taglio sollecitante di progetto
F_S	[-]	1.52	1.75	Coefficiente di sicurezza

10.5 Muri XZ – Pozzi

I muri XZ del pozzo di caduta e del pozzo di risalita hanno sollecitazioni simili e sono caratterizzati dalla stessa armatura. Si considera un involuppo delle sollecitazioni agenti su tali due elementi.

10.5.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri XZ pozzi	Verticale Z	Base	1	1Ø16/20	d = 76 mm
			2	1Ø16/20 + 1Ø12/20	d = 524 mm
Muri XZ pozzi	Orizzontale X	Tutte	1	1Ø20/20	d = 58 mm
			2	1Ø20/20	d = 542 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



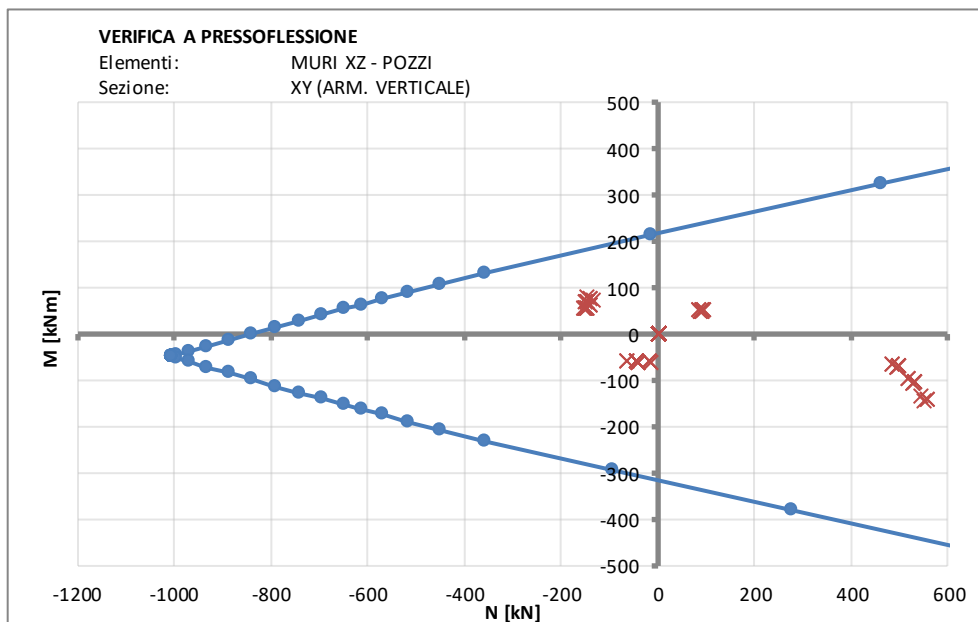
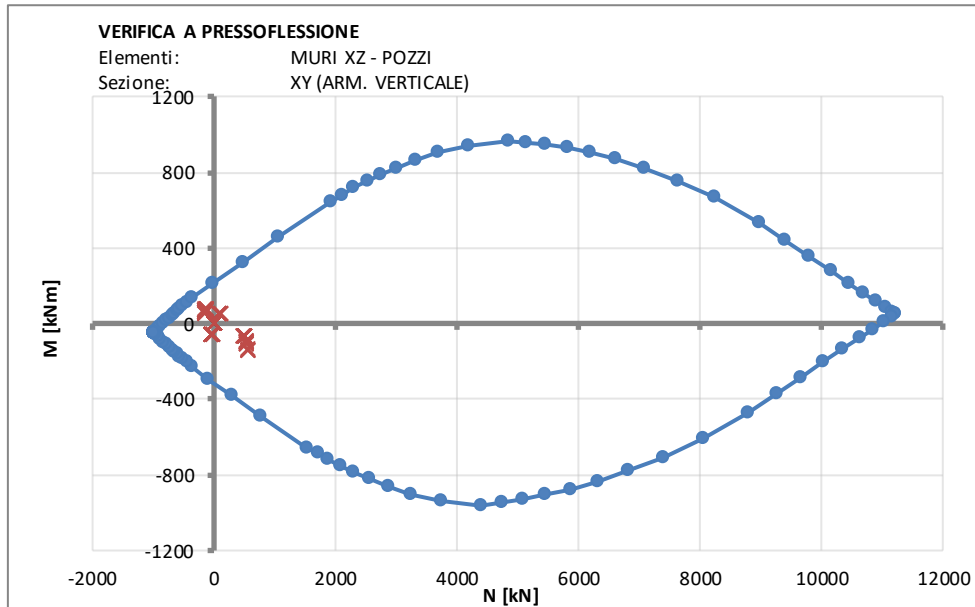
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 81 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-147.43	78.77	1.91	3.83	2.31
-147.43	78.77	1.91	3.83	2.31
-147.43	78.77	1.91	3.83	2.31



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:

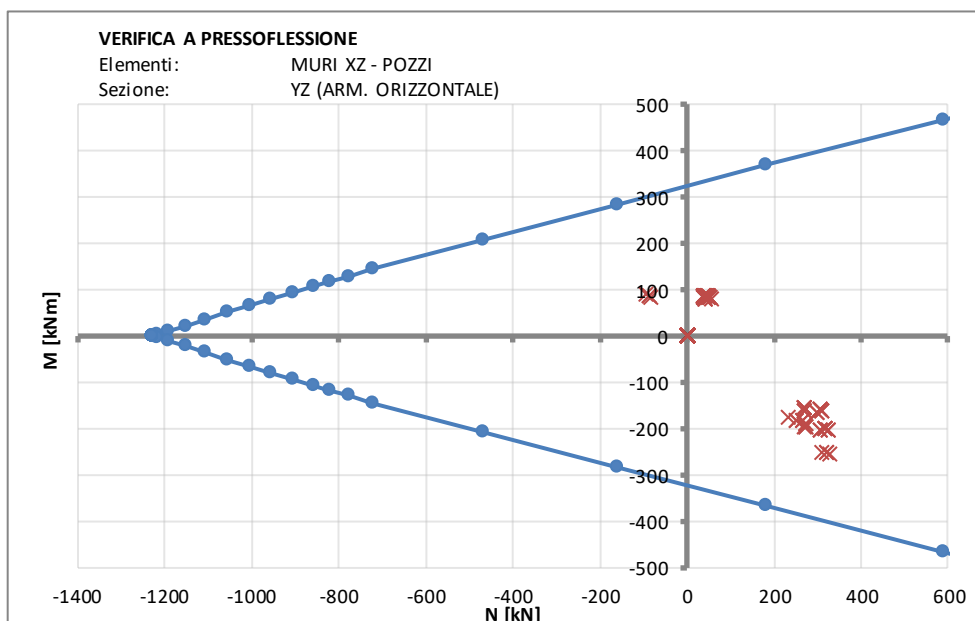
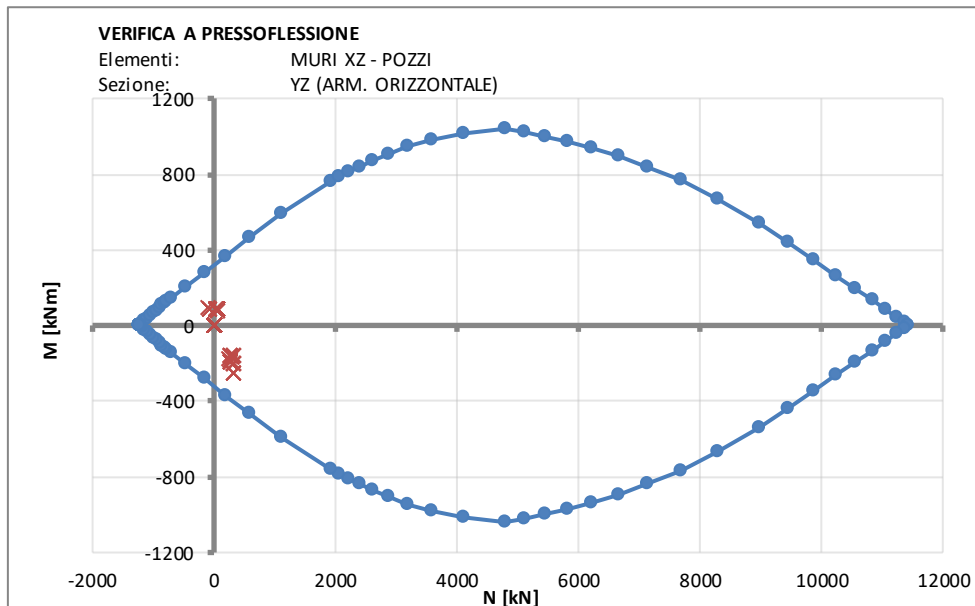


**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	82 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
307.32	-253.75	1.81	33.48	1.57
-96.12	89.62	2.85	9.63	3.35
307.32	-253.75	1.81	33.48	1.57



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>83 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	83 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	83 di 138								

10.5.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento [-]	Muri XZ Pozzi	Muri XZ Pozzi	
Sezione [-]	Verticale	Orizzontale	
g_c	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck} [N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd} [N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd} [N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk} [N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd} [N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c [-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d [mm]	524	542	Altezza utile sezionale
b_w [mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s [mm]	200	400	Passo armatura a taglio
n [mm]	2.5	5	numero armature a taglio
ϕ [mm]	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw} [mm ²]	196.3	392.5	Area armatura a taglio
α [°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q [°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd} [kN]	453	468	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd} [kN]	1415	1464	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd} [kN]	453	468	Taglio resistente di progetto
V_{Sd} [kN]	259	247	Taglio sollecitante di progetto
F_s [-]	1.75	1.90	Coefficiente di sicurezza

10.6 Muri YZ – Pozzo di risalita

10.6.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri YZ pozzo ris.	Verticale Z	Tutte	1	1Ø20/20	d = 78 mm
			2	1Ø20/20	d = 522 mm
Muri YZ pozzo ris.	Orizzontale Y	Tutte	1	1Ø20/20	d = 58 mm
			2	1Ø20/20	d = 542 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:

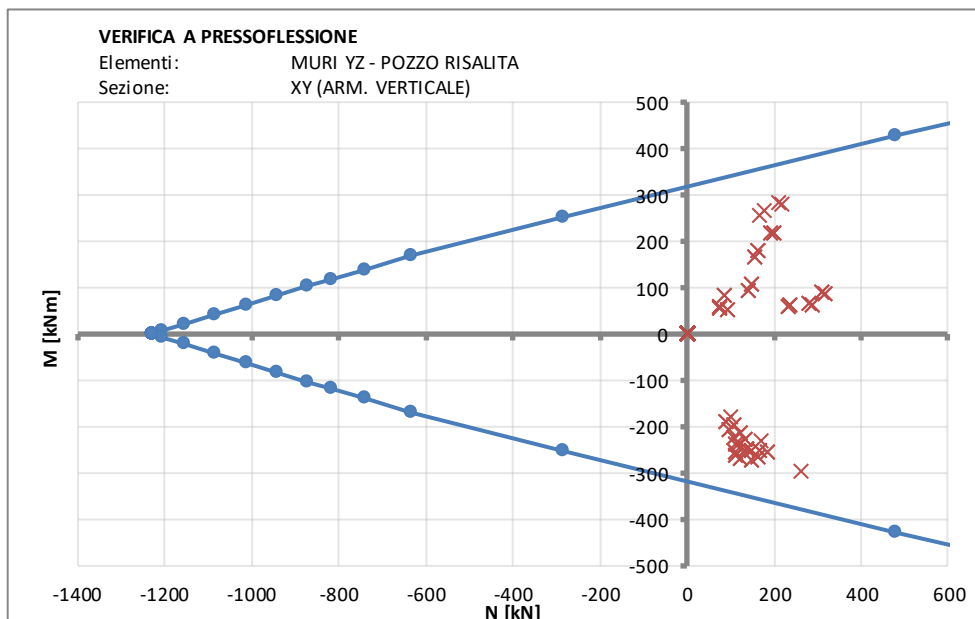
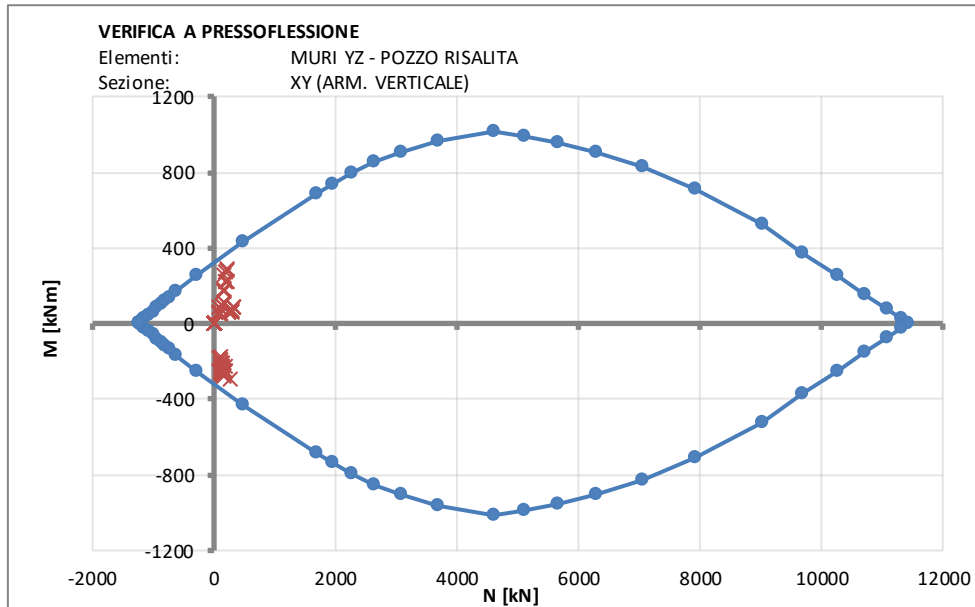


**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	84 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
147.10	-275.01	1.32	69.08	1.28
314.12	85.54	11.09	35.13	4.56
259.43	-298.85	1.33	38.74	1.26



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:

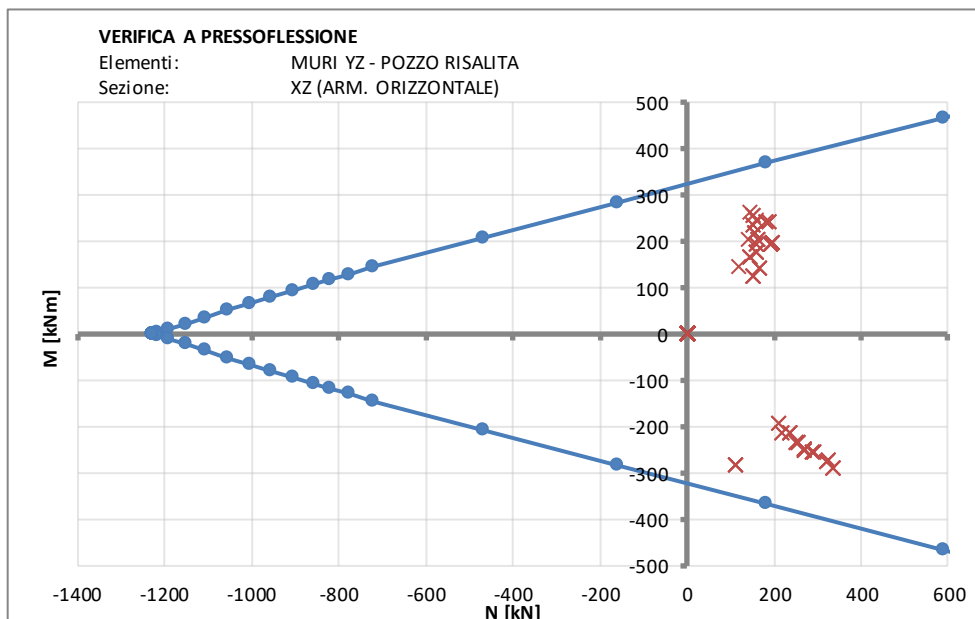
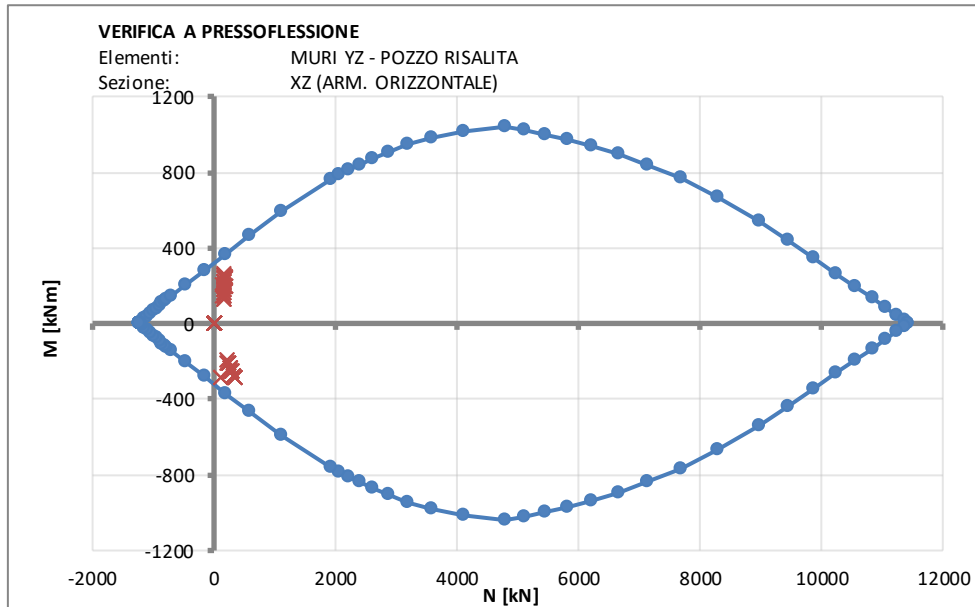


**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	85 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
108.79	-285.15	1.25	93.28	1.23
333.19	-290.29	1.55	30.39	1.40
108.79	-285.15	1.25	93.28	1.23



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>86 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	86 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	86 di 138								

10.6.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento	[-]	Muri YZ Pozzo ris.		
		Verticale	Orizzontale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	522	542	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	200	400	Passo armatura a taglio
n	[mm]	2.5	5	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	196.3	392.5	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	451	468	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	1410	1464	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	451	468	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	355	272	Taglio sollecitante di progetto
F_S	[-]	1.27	1.72	Coefficiente di sicurezza

10.7 Muri YZ – Pozzo di caduta

10.7.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri YZ pozzo cad.	Verticale Z	Tutte	1	1Ø16/20	d = 76 mm
			2	1Ø16/20	d = 524 mm
Muri YZ pozzo cad.	Orizzontale Y	Tutte	1	1Ø20/20	d = 58 mm
			2	1Ø20/20	d = 542 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



PROJECT
Ingegneria Integrata

Mandante:



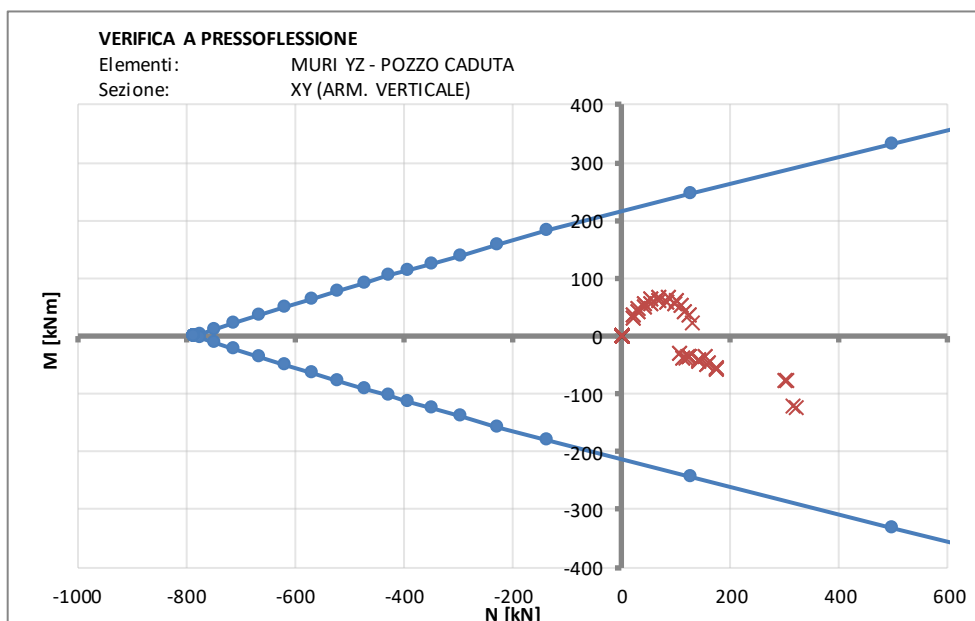
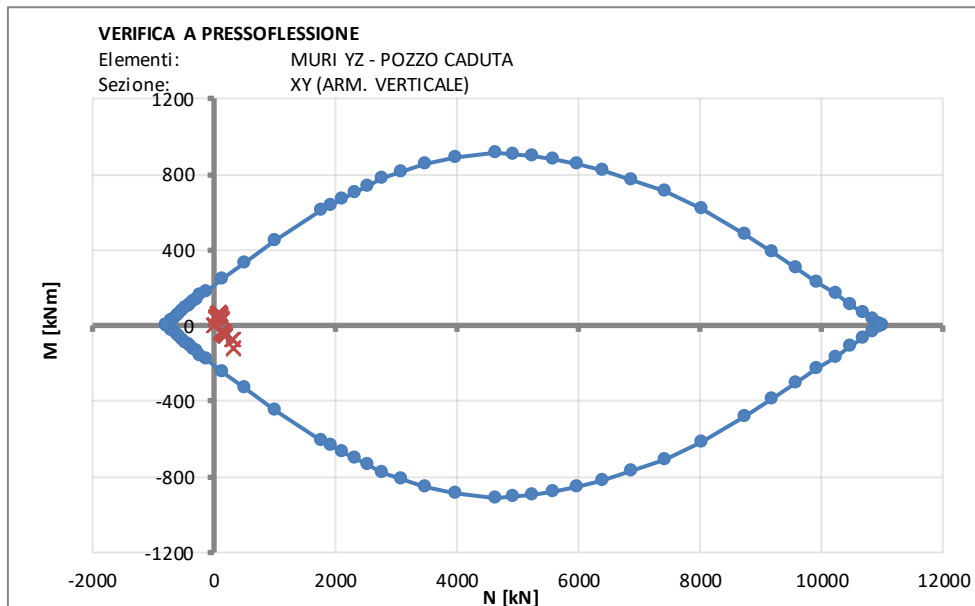
Lombardi



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 87 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
318.96	-123.74	4.19	32.66	2.35
318.96	-123.74	4.19	32.66	2.35
318.96	-123.74	4.19	32.66	2.35



APPALDATORE:
Mandataria:



Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALDATORE:
Mandataria:



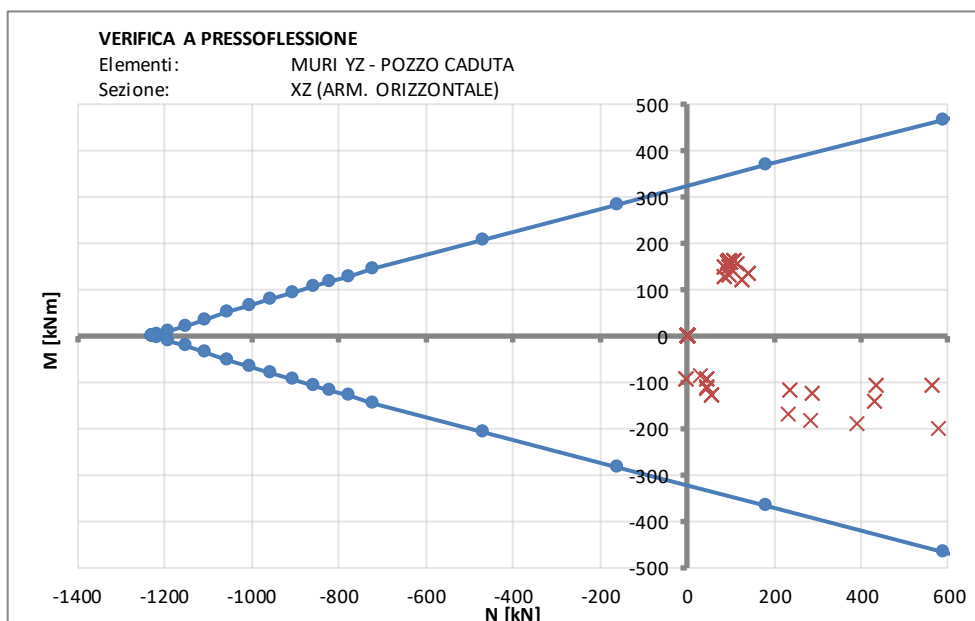
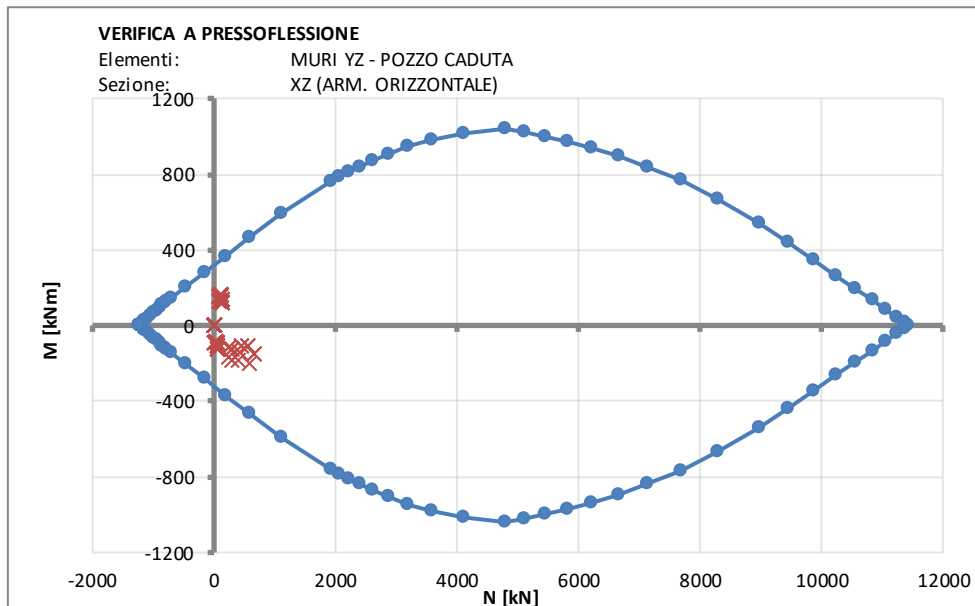
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	88 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
96.40	163.90	2.31	110.97	2.12
652.13	-156.23	6.56	16.46	3.09
96.40	163.90	2.31	110.97	2.12



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>89 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	89 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	89 di 138								

10.7.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento [-]	Muri YZ Pozzo cad.	Muri YZ Pozzo cad.	
Sezione [-]	Verticale	Orizzontale	
g_c	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	522	542	Altezza utile sezionale
b_w	1000	1000	Larghezza sezione
s	200	400	Passo armatura a taglio
n	2.5	5	numero armature a taglio
ϕ	10	10	diametro armatura a taglio
A_{sw}	196.3	392.5	Area armatura a taglio
α	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	451	468	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	1410	1464	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	451	468	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	242	246	Taglio sollecitante di progetto
F_s	1.86	1.90	Coefficiente di sicurezza

10.8 Soletta di copertura – Tombino

10.8.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Copertura tombino	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø16/20	d = 56 mm
			2	1Ø16/20	d = 544 mm
Copertura tombino	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø16/20+1Ø12/20	d = 72 mm
			2	1Ø16/20	d = 528 mm

APPALTATORE: Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

APPALTATORE: Mandataria: **TECH** **PROJECT** **Ingegneria Integrata**

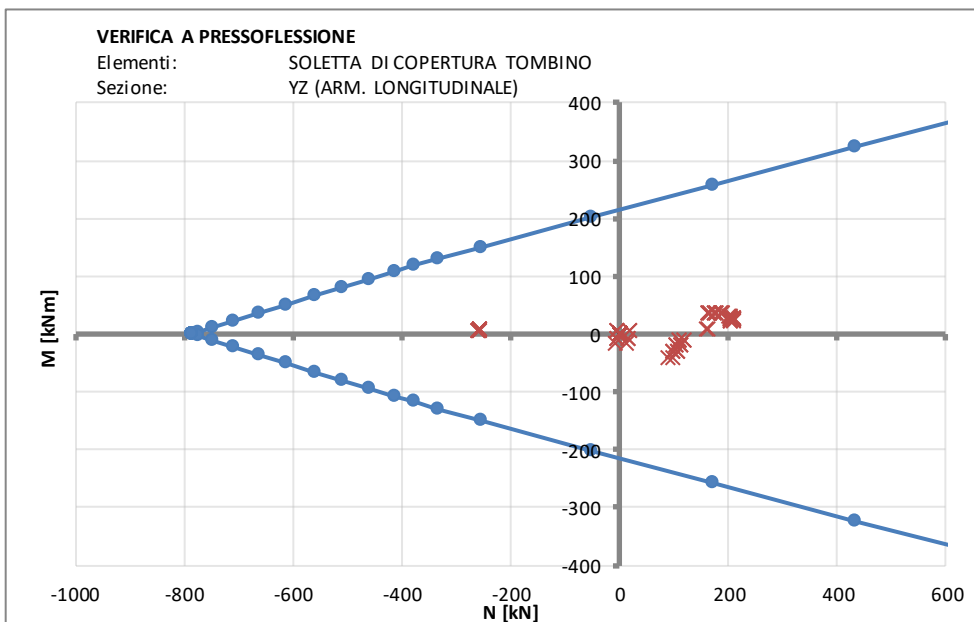
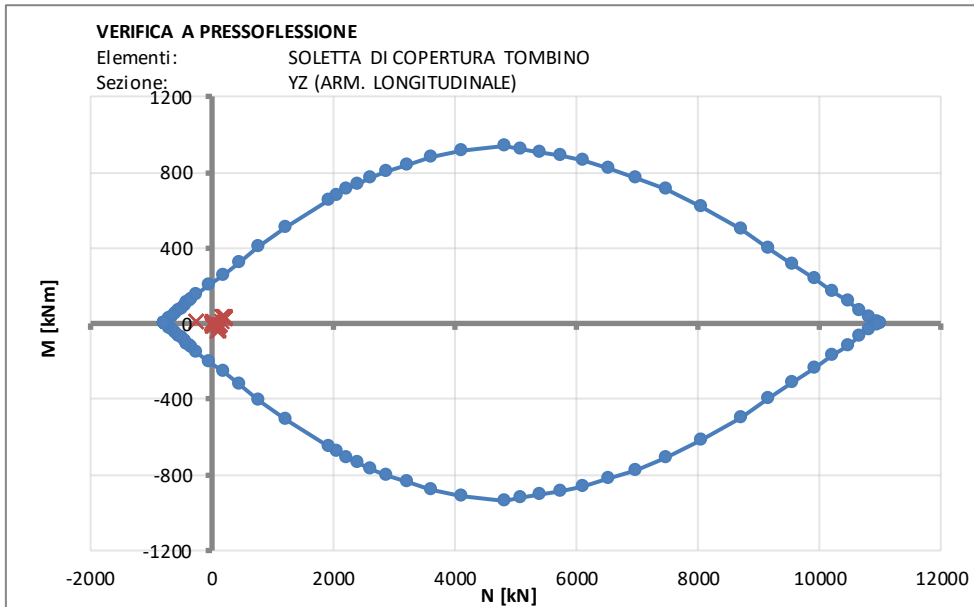
Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 90 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-259.78	6.85	2.78	2.94	21.76
-260.93	5.95	2.80	2.94	24.98
88.56	-41.61	10.79	121.98	5.69



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



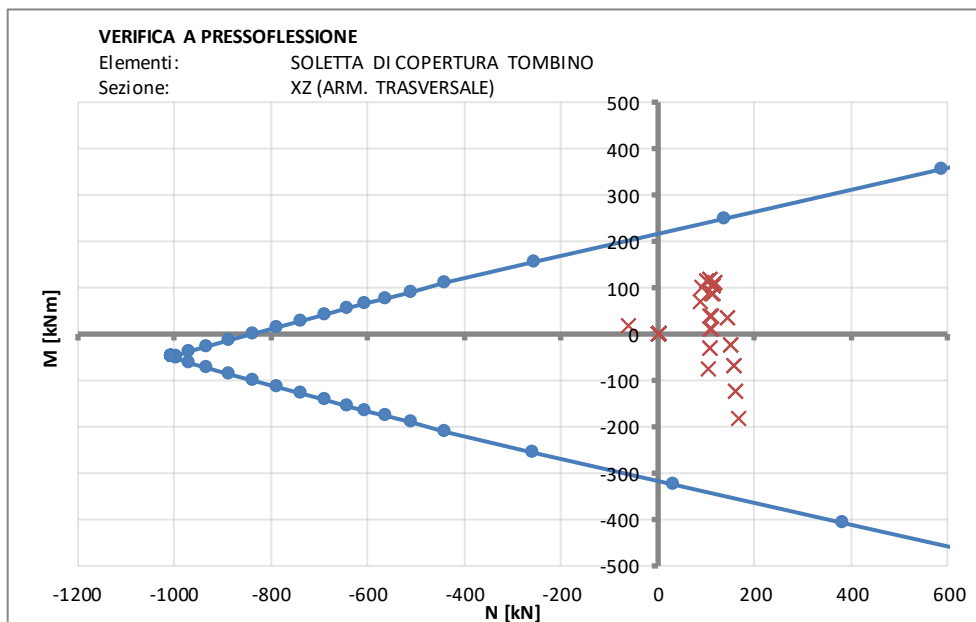
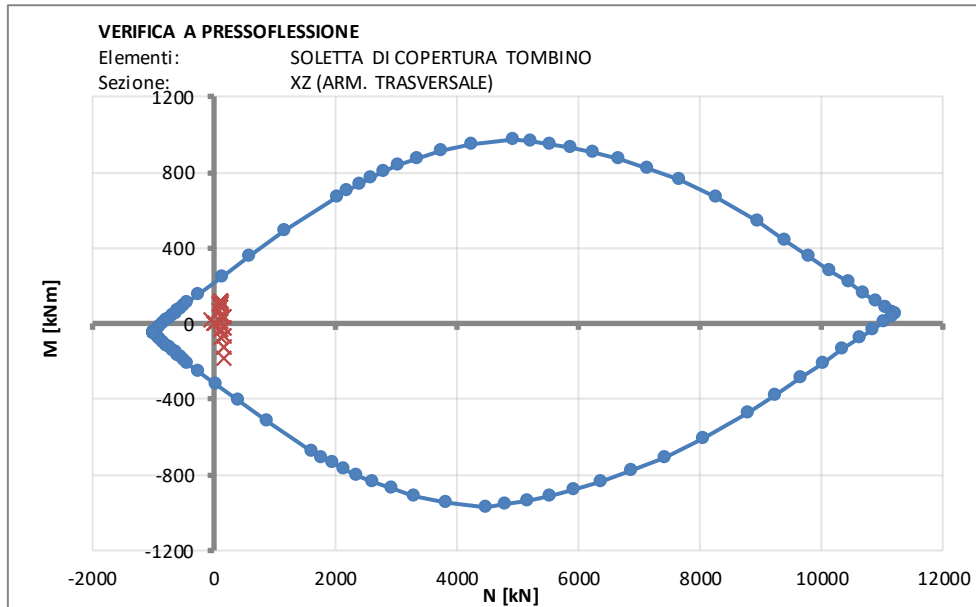
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 91 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
165.99	-184.99	2.19	61.05	1.94
-61.37	18.51	6.51	12.60	10.92
165.99	-184.99	2.19	61.05	1.94



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>92 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	92 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	92 di 138								

10.8.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento	Sezione	Copertura tombino Longitudinale	Copertura tombino Trasversale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	544	528	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	400	200	Passo armatura a taglio
n	[mm]	5	3	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	8	8	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	251.2	150.7	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	301	350	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	1469	1426	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	301	350	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	63	233	Taglio sollecitante di progetto
F_S	[-]	4.77	1.50	Coefficiente di sicurezza

10.9 Soletta di copertura – Pozzo di risalita

10.9.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Copertura pozzo ris.	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø20/20	d = 58 mm
			2	1Ø16/20	d = 244 mm
Copertura pozzo ris.	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø16/20	d = 76 mm
			2	1Ø16/20	d = 228 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



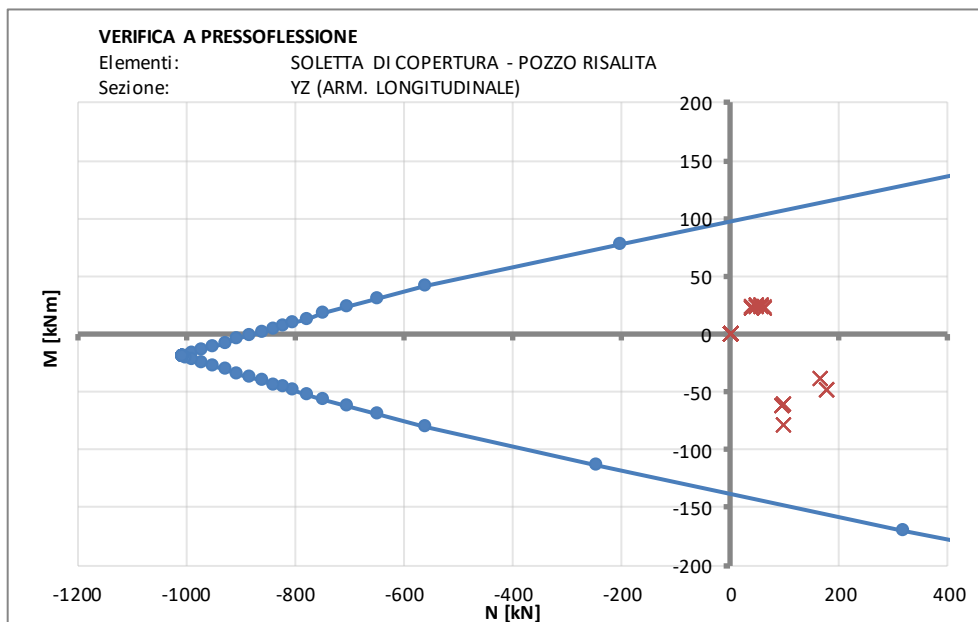
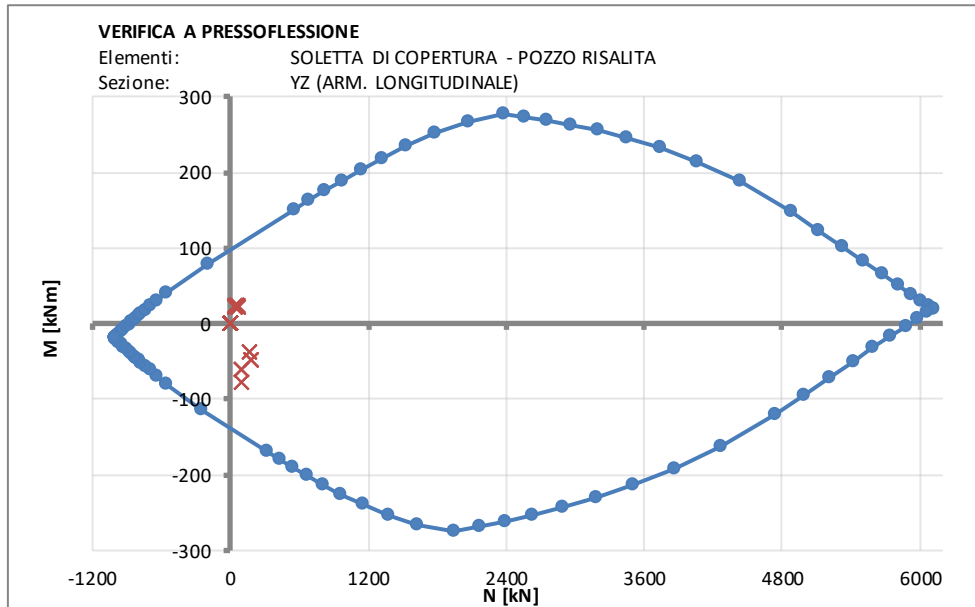
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 93 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
94.92	-78.47	2.00	54.23	1.88
176.86	-48.23	4.39	30.75	3.23
94.92	-78.47	2.00	54.23	1.88



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria:



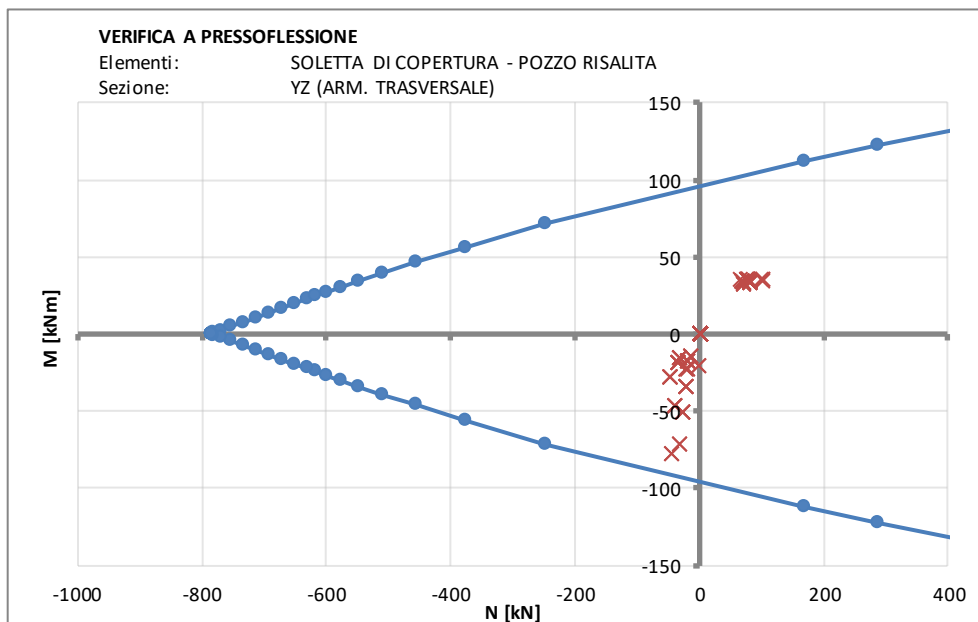
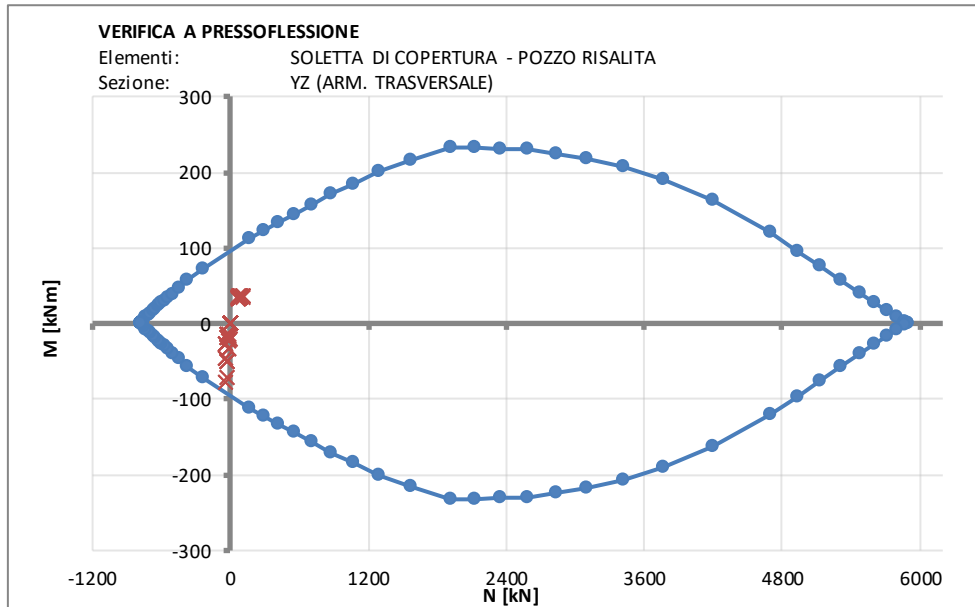
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 94 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-45.48	-77.81	1.17	4.46	1.17
-45.53	-77.80	1.17	4.46	1.17
-45.48	-77.81	1.17	4.46	1.17



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>95 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	95 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	95 di 138								

10.9.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento	[-]	Copertura pozzo ris. Longitudinale	Copertura pozzo ris. Trasversale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	242	224	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	400	200	Passo armatura a taglio
n	[mm]	5	2.5	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	8	8	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	251.2	125.6	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	134	124	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	653	605	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	134	124	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	64	106	Taglio sollecitante di progetto
F_S	[-]	2.09	1.17	Coefficiente di sicurezza

10.10 Soletta di copertura – Pozzo di caduta

10.10.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Copertura pozzo cad.	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø16/20	d = 56 mm
			2	1Ø16/20	d = 244 mm
Copertura pozzo cad.	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø16/20	d = 72 mm
			2	1Ø16/20	d = 228 mm

APPALTATORE:
Mandatario:



Mandante:



ASTALDI



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandatario:



PROJECT
Ingegneria Integrata

Mandante:



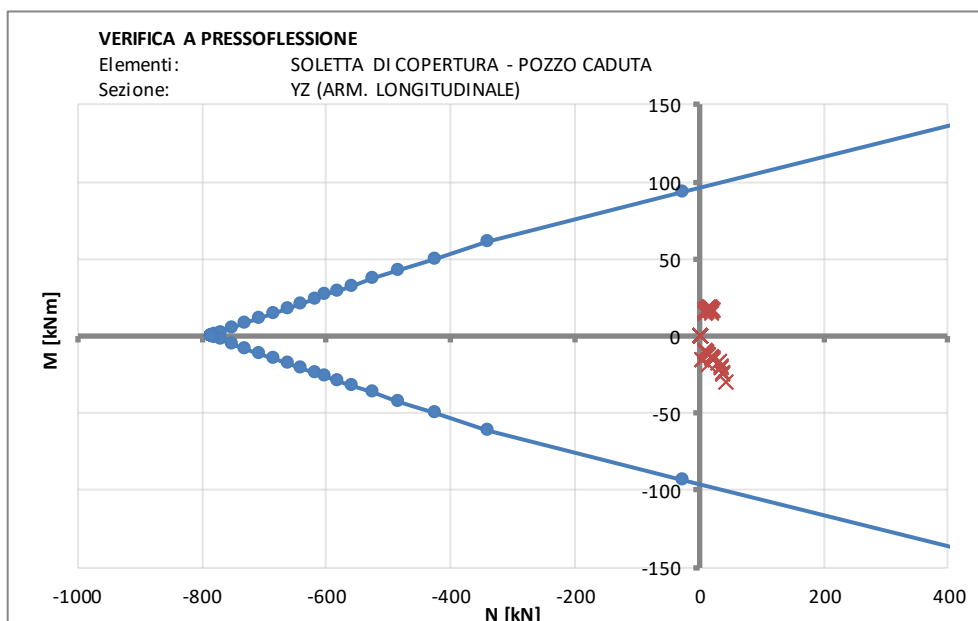
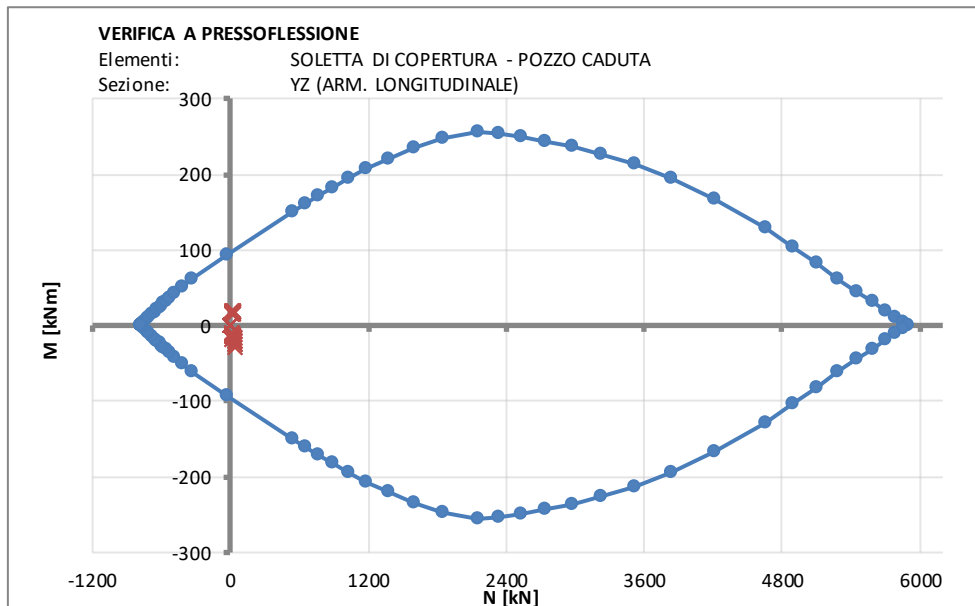
Lombardi Ingegneria S.r.l.
Lombardi SA Ingegneri Consulenti



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 96 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
41.93	-30.55	3.66	133.28	3.30
42.73	-30.15	3.73	130.85	3.34
41.93	-30.55	3.66	133.28	3.30



APPALTATORE:
Mandatario:

Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandatario:

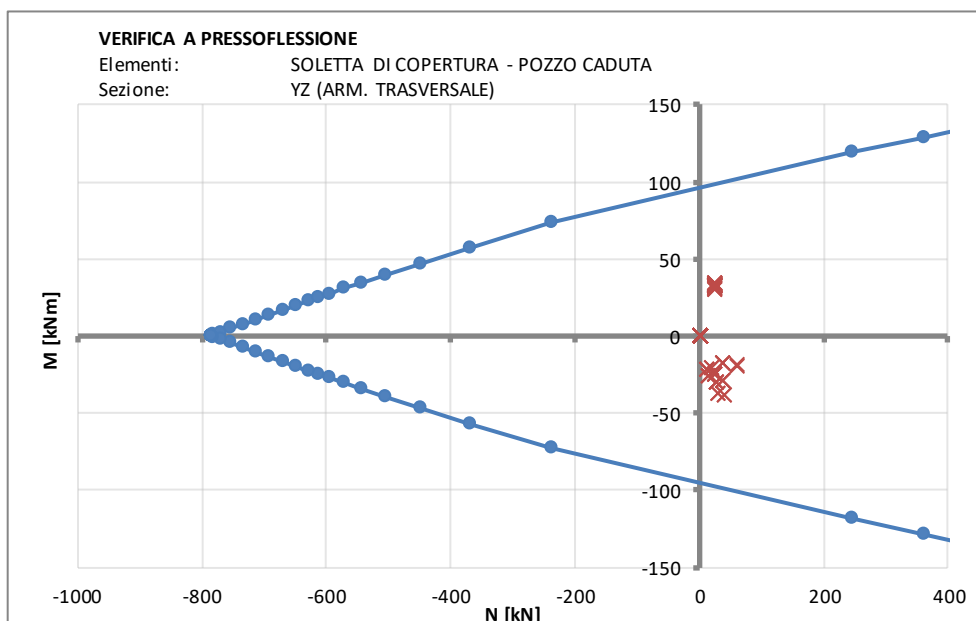
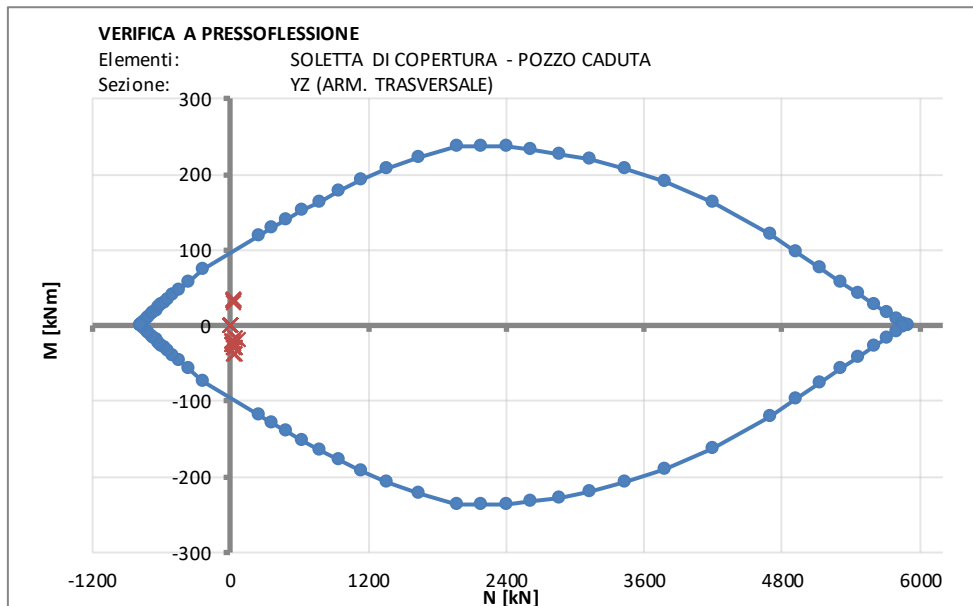
Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 - Interferenza pk 19+732.15 - Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 97 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
28.87	-37.75	2.73	190.60	2.61
59.86	-19.02	7.08	95.04	5.33
38.67	-38.36	2.76	142.18	2.59



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>98 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	98 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	98 di 138								

10.10.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento	[-]	Copertura pozzo cad.	Copertura pozzo cad.	
Sezione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
g_c	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.7	8.7	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	244	228	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
s	[mm]	400	200	Passo armatura a taglio
n	[mm]	5	2.5	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	8	8	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	251.2	125.6	Area armatura a taglio
α	[°]	90	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	135	126	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	659	616	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	135	126	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	41	54	Taglio sollecitante di progetto
F_S	[-]	3.29	2.33	Coefficiente di sicurezza

10.11 Trave copertura pozzo di risalita

10.11.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Trave	Longitudinale	Tutte	1	3Ø20	d = 58 mm
			2	2Ø20	d = 300 mm
			3	5Ø20	d = 542 mm

APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:



Mandante:

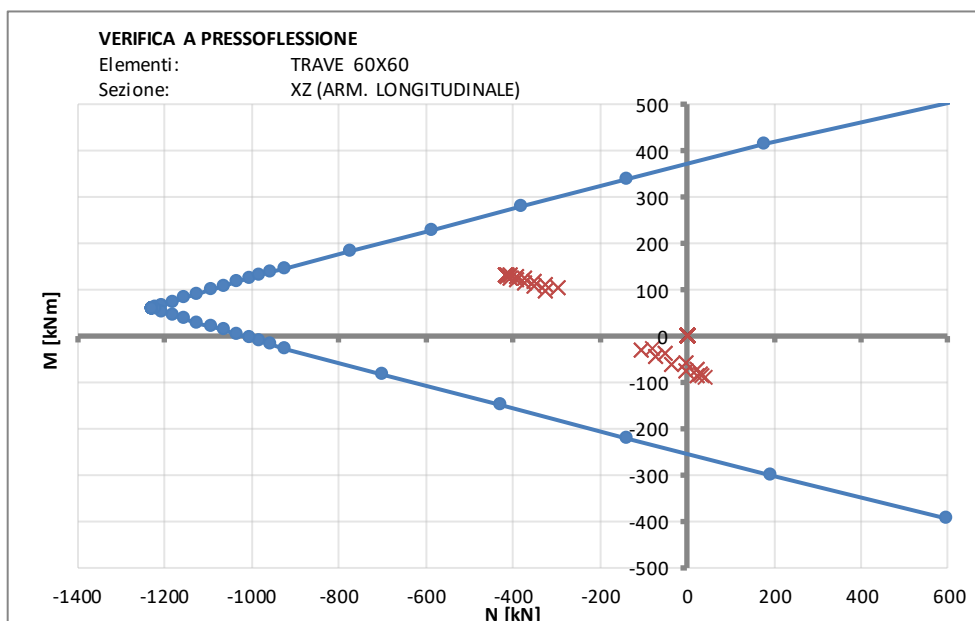
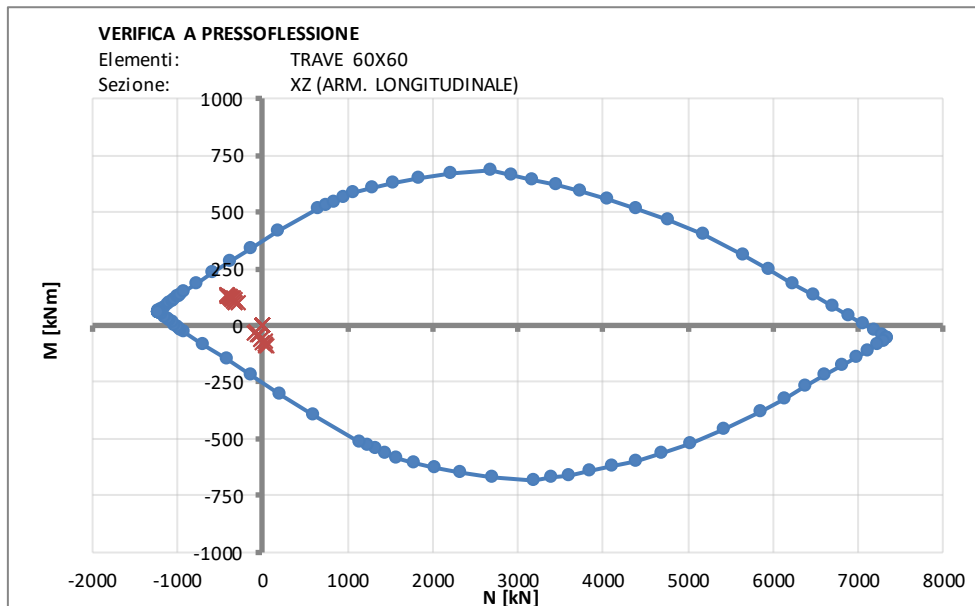


**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.004 B 99 di 138

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-106.70	-32.51	1.32	8.46	7.02
-420.05	131.62	1.59	2.35	2.06
-420.05	131.62	1.59	2.35	2.06



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>100 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	100 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	100 di 138								

10.11.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.2.

Elemento [-]		Trave 60x60	
Sezione [-]		Sezione appoggio	
g_c	[-]	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
g_s	[-]	1.15	Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck}	[N/mm ²]	35	Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	16.5	Resistenza a compressione di progetto
f'_{cd}	[N/mm ²]	8.2	Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk}	[N/mm ²]	450.0	Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	[N/mm ²]	391.3	Tensione di snervamento di progetto
a_c	[-]	1.00	(vedi NTC2018)
d	[mm]	542	Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	600	Larghezza sezione
s	[mm]	200	Passo armatura a taglio
n	[mm]	2	numero armature a taglio
ϕ	[mm]	8	diametro armatura a taglio
A_{sw}	[mm ²]	100.5	Area armatura a taglio
α	[°]	90	Inclinazione armatura a taglio
q	[°]	21.8	Inclinazione puntone compresso
V_{Rsd}	[kN]	240	Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd}	[kN]	831	Taglio resistente lato CLS
V_{Rd}	[kN]	240	Taglio resistente di progetto
V_{Sd}	[kN]	99	Taglio sollecitante di progetto
F_s	[-]	2.42	Coefficiente di sicurezza

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>101 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	101 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	101 di 138								

11 VERIFICHE SLE

11.1 Premessa

Si effettuano le verifiche allo stato limite di esercizio in accordo con il paragrafo 4.1.2.2.5 delle NTC 2018 e al manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 E, in cui sono specificati i seguenti limiti tensionali:

- per combinazione di carico caratteristica (rara) $\sigma_{c,max} \leq 0.55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente $\sigma_{c,max} \leq 0.40 f_{ck}$;
- per le armature ordinarie e per la combinazione di carico caratteristica (rara) $\sigma_{s,max} \leq 0.75 f_{yk}$.

Si osserva che nei calcoli seguenti si farà riferimento alle sezioni più sollecitate.

11.2 Soletta di fondazione – Tombino

11.2.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	16	40
Rara	Trasversale Y	Tutte	85	95
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	13	23
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	82	94

Soletta di fondazione – Direzione X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$
- combinazione rara:	0.50	<	16.89 N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	0.42	<	12.84 N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$
- combinazione rara:	13.56	<	337.50 N/mm ²

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>102 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	102 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	102 di 138								

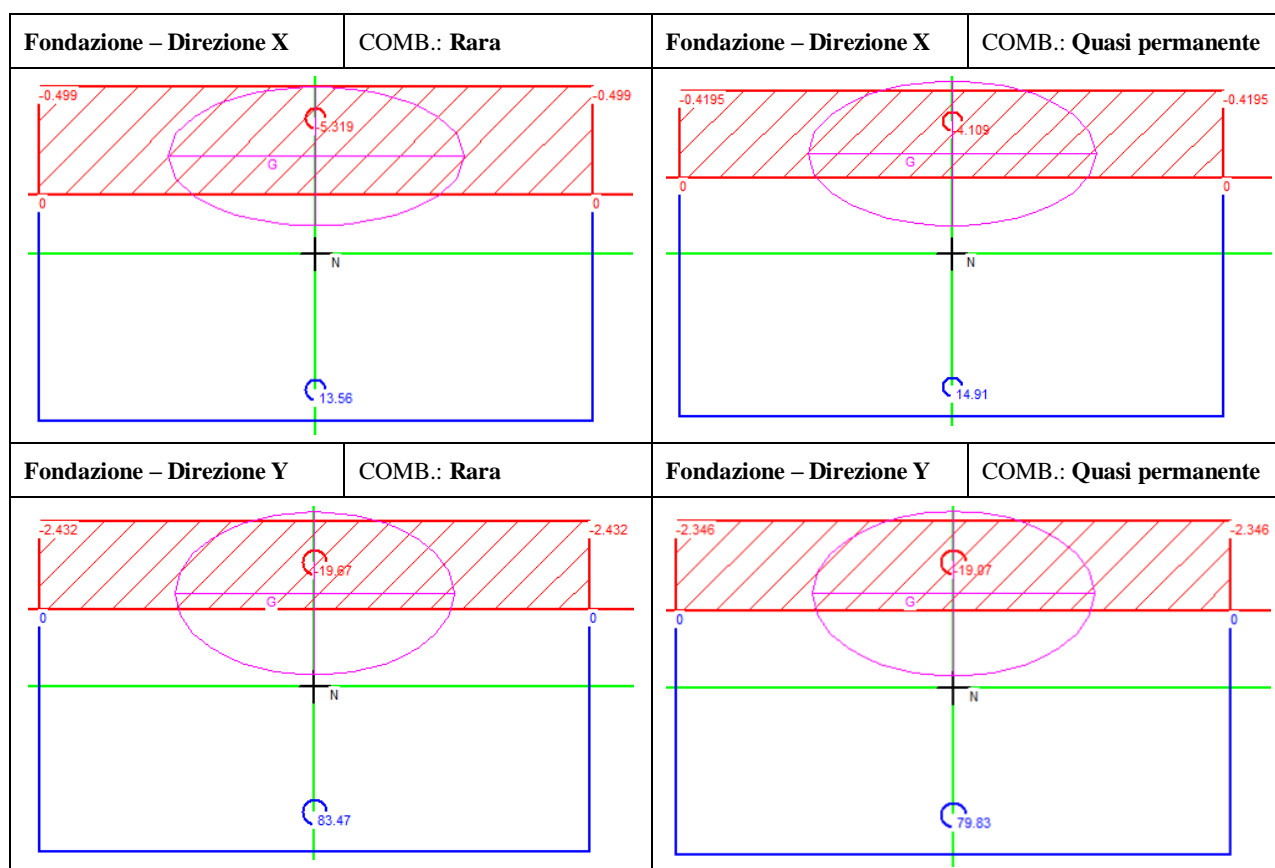
Soletta di fondazione – Direzione Y

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.43	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.34	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	83.47	<	337.50	N/mm ²



11.2.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 103 di 138

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	16	40
Rara	Trasversale Y	Tutte	85	95

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	X	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Y	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Fondazione tombino	Fondazione tombino	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	40	95	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	16	85	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	184	189	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20f_{ctm}/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>104 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	104 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	104 di 138								

11.3 Soletta di fondazione – Pozzi

11.3.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	135	202
Rara	Trasversale Y	Tutte	93	51
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	134	185
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	91	53

Soletta di fondazione – Direzione X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	3.65	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	3.63	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	113.6	<	337.50	N/mm ²

Soletta di fondazione – Direzione Y

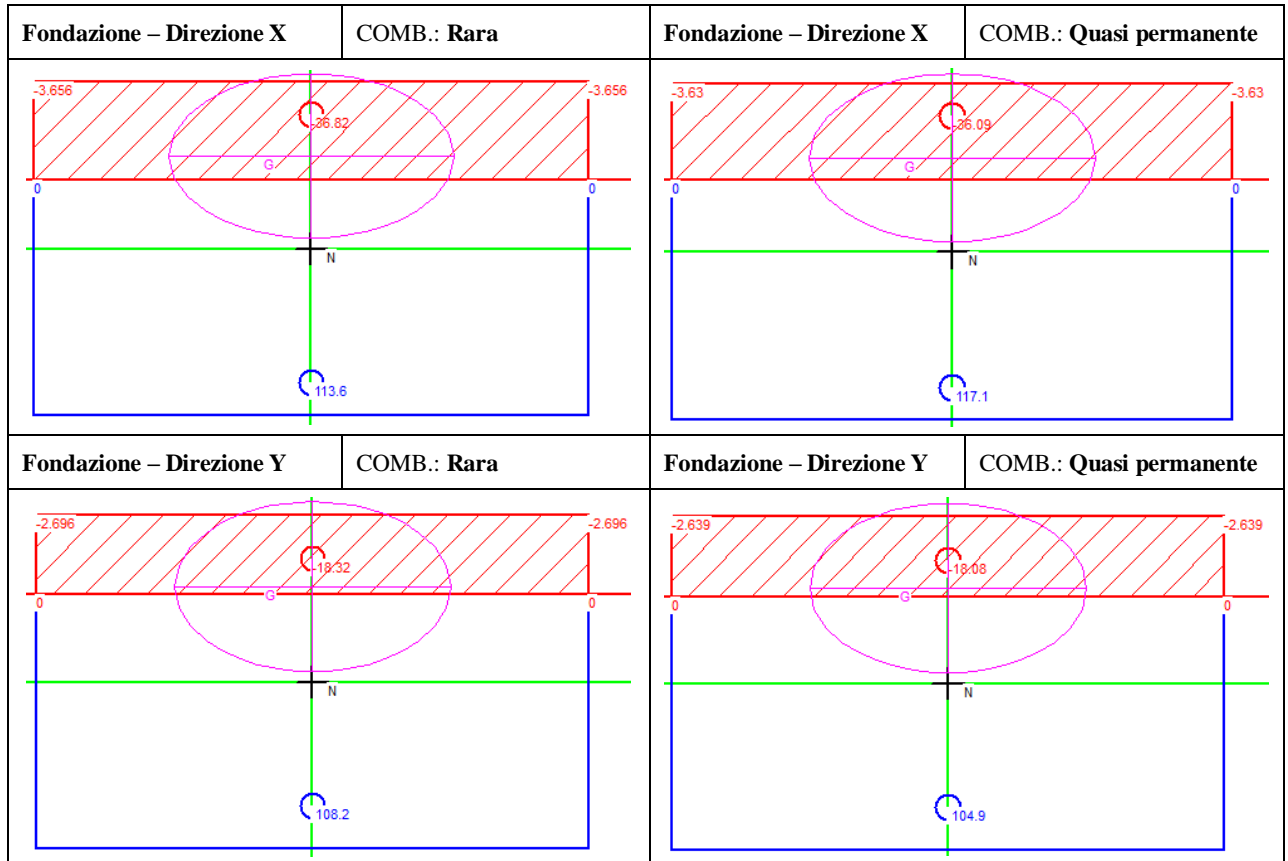
Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.70	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.64	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	108.2	<	337.50	N/mm ²

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	   							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 105 di 138



11.3.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	135	202
Rara	Trasversale Y	Tutte	93	51

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	w_d [mm]
Rara	X	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Y	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>106 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	106 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	106 di 138								

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Fondazione pozzi	Fondazione pozzi	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	202	51	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	135	93	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	200	185	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* = $f_{ctm}/1.20$ per trazione, $=1.20 \times f_{ctm}/1.20$ per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.


11.4 Muri XZ – Tombino

11.4.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	64	183
Rara	Orizzontale X	Tutte	13	-67
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	60	175
Quasi permanente	Orizzontale X	Tutte	12	-59

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
   							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 107 di 138

Muri XZ – Direzione verticale Z

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	1.82	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.70	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	33.29	<	337.50	N/mm ²

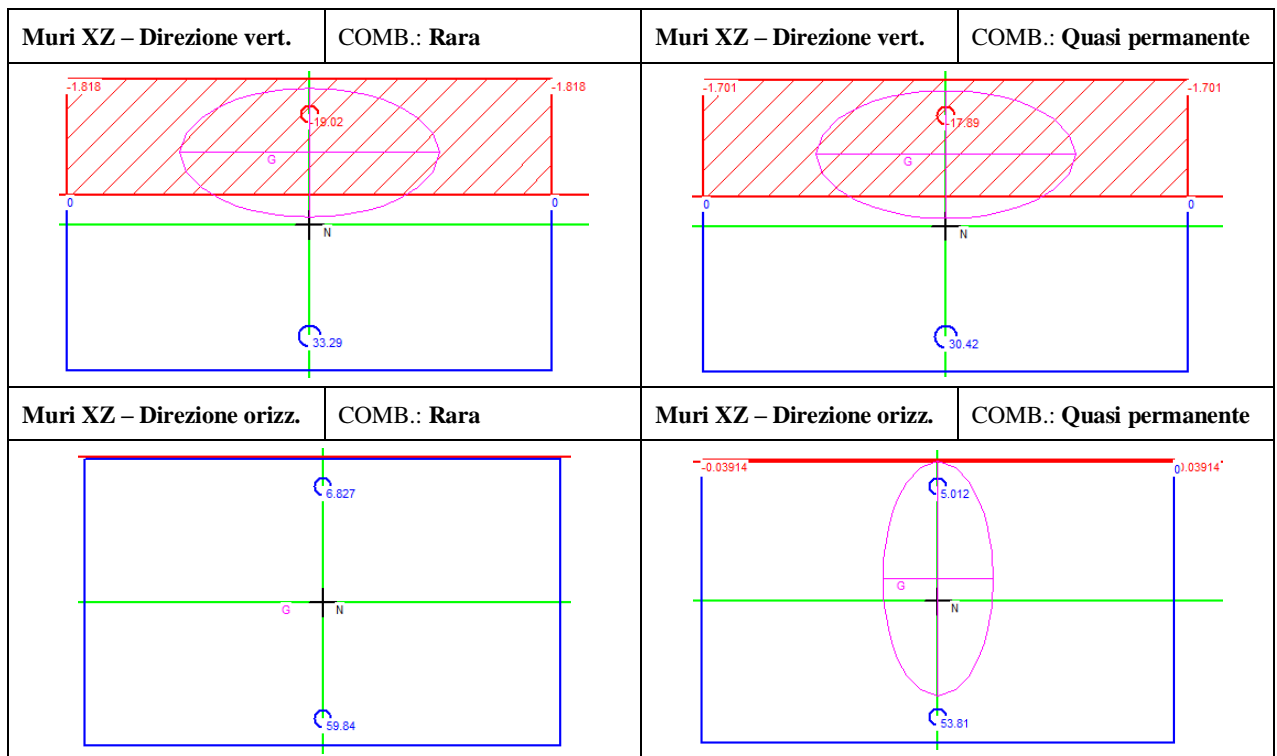
Muri XZ – Direzione orizzontale X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	-	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	0.04	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	59.8	<	337.50	N/mm ²



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>108 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	108 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	108 di 138								

11.4.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	64	183
Rara	Orizzontale X	Tutte	13	-67

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Orizzontale X	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Muri XZ tombino	Muri XZ tombino	
Direzione	[-]	Verticale	Orizzontale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Trazione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	2.50	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	183	-67	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	64	13	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	198	143	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20xf_{ctm}/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>109 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	109 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	109 di 138								

11.5 Muri XZ – Pozzi

11.5.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	80	220
Rara	Orizzontale X	Tutte	79	102
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	77	211
Quasi permanente	Orizzontale X	Tutte	74	101

Muri XZ – Direzione verticale Z

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.31	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.22	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	43.98	<	337.50	N/mm ²

Muri XZ – Direzione orizzontale X

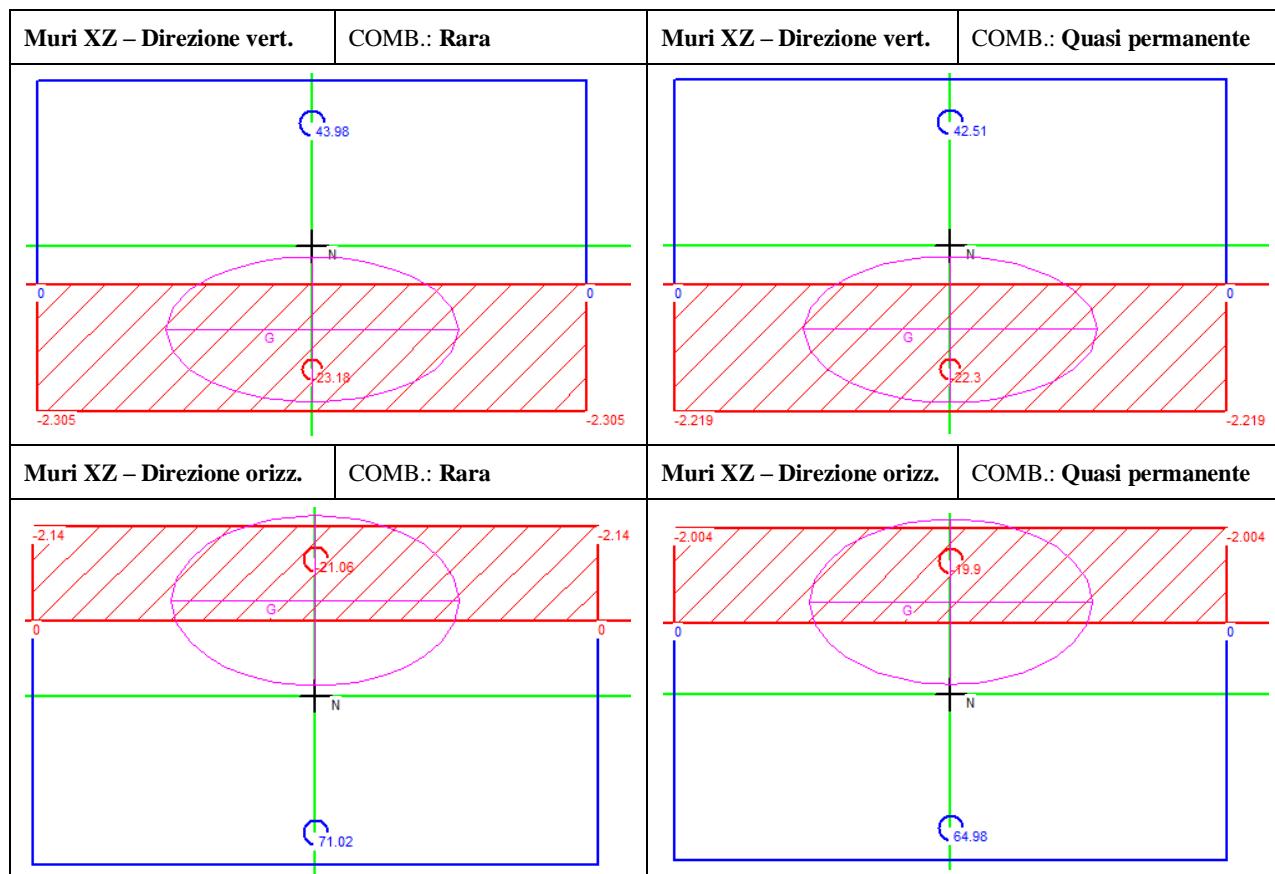
Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.14	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.00	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	71.02	<	337.50	N/mm ²

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 110 di 138



11.5.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	80	220
Rara	Orizzontale X	Tutte	79	102

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	w_d [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Orizzontale X	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 111 di 138

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Muri XZ pozzi	Muri XZ pozzi	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	220	102	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	80	79	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	202	190	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20xf_{ctm}/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

11.6 Muri YZ – Pozzo di risalita

11.6.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	141	213
Rara	Orizzontale Y	Tutte	77	67
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	133	201
Quasi permanente	Orizzontale Y	Tutte	73	65

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>112 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	112 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	112 di 138								

Muri YZ – Direzione verticale Z

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	4.10	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	3.87	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	124.0	<	337.50	N/mm ²

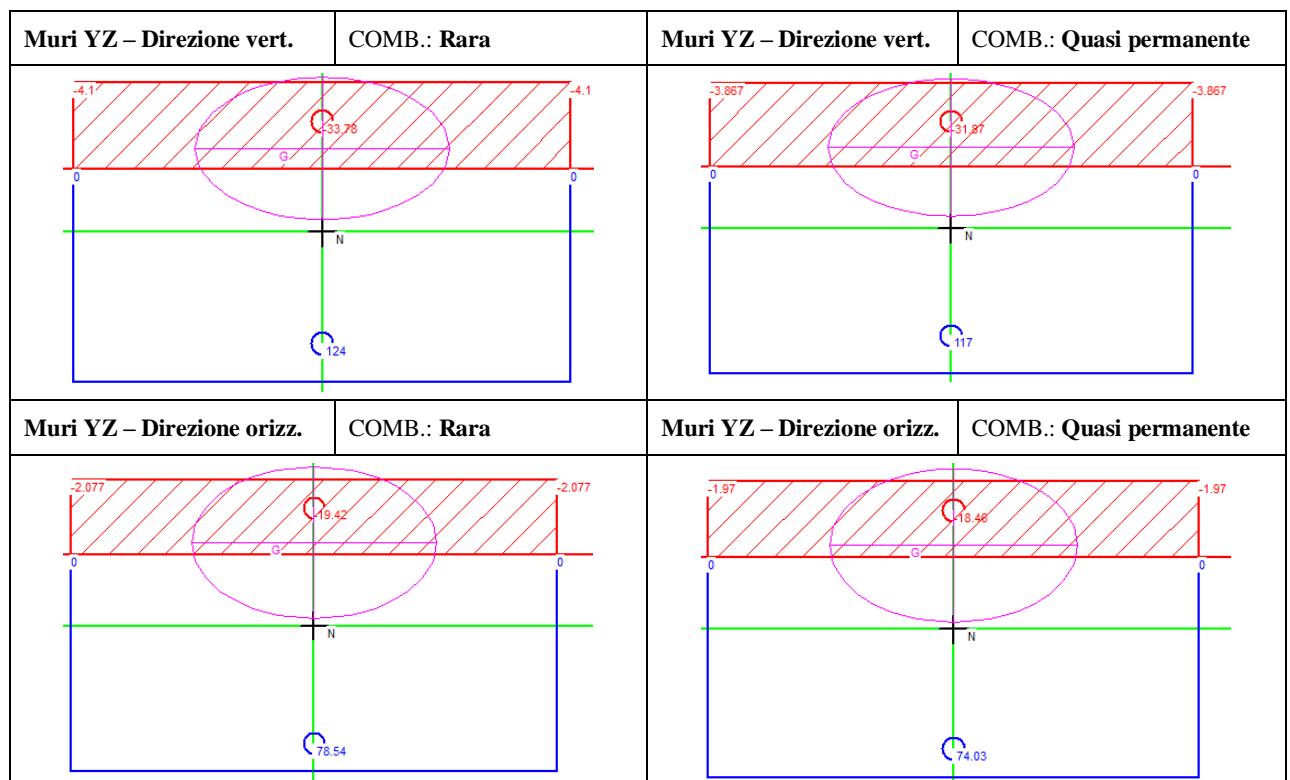
Muri YZ – Direzione orizzontale Y

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.08	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.97	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	78.54	<	337.50	N/mm ²



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>113 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	113 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	113 di 138								

11.6.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	141	213
Rara	Orizzontale Y	Tutte	77	67

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Orizzontale Y	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Muri YZ pozzo risalita	Muri YZ pozzo risalita	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	213	67	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	141	77	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	201	187	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20xf_{ctm}/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>114 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	114 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	114 di 138								

11.7 Muri YZ – Pozzo di caduta

11.7.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	92	239
Rara	Orizzontale Y	Tutte	79	212
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	89	231
Quasi permanente	Orizzontale Y	Tutte	74	215

Muri YZ – Direzione verticale Z

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	3.01	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.91	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	77.81	<	337.50	N/mm ²

Muri YZ – Direzione orizzontale Y

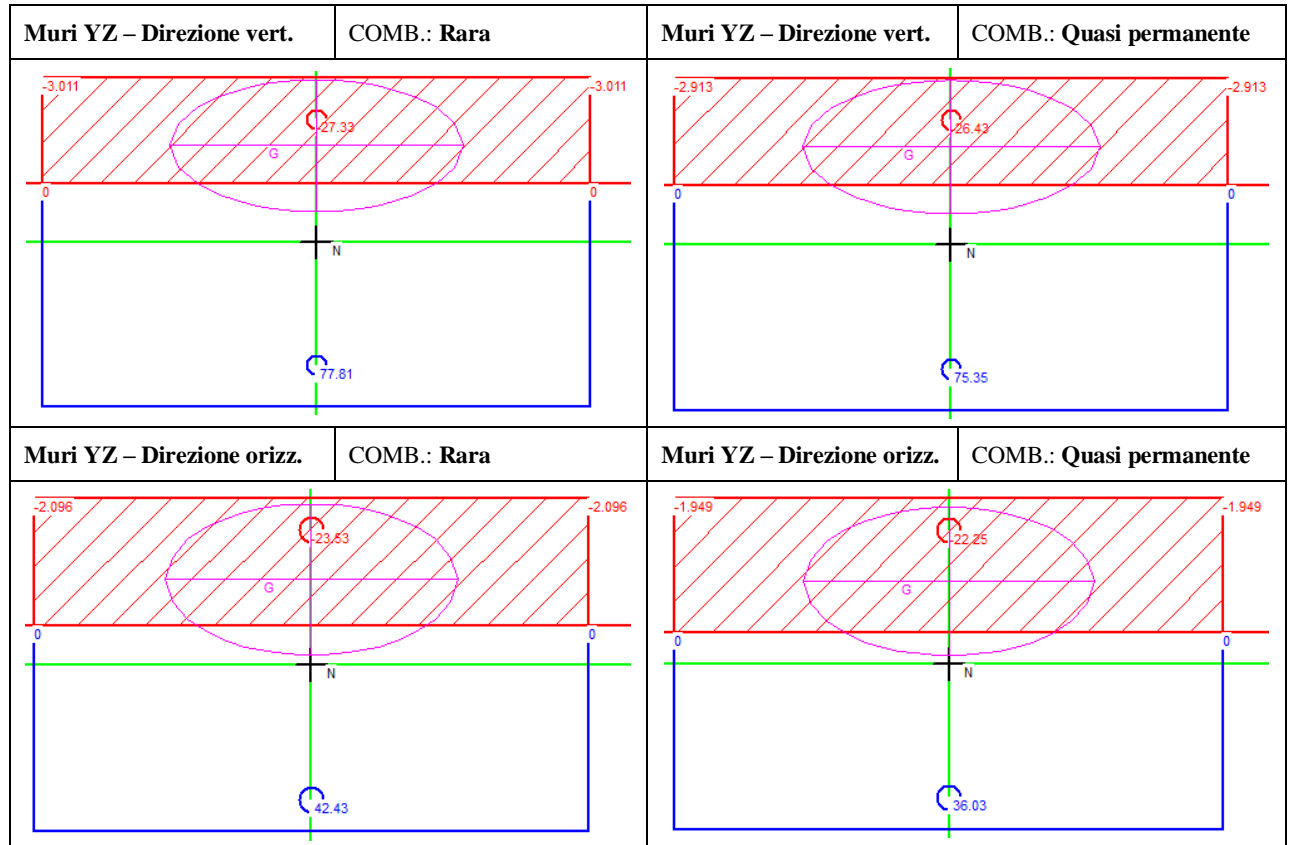
Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.09	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.95	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	42.43	<	337.50	N/mm ²

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 115 di 138



11.7.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	92	239
Rara	Orizzontale Y	Tutte	79	212

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	w_d [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Orizzontale Y	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 116 di 138

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Muri YZ pozzo caduta	Muri YZ pozzo caduta	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	239	212	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	92	79	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	204	201	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* = $f_{ctm}/1.20$ per trazione, = $1.20 \times f_{ctm}/1.20$ per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

11.8 Soletta di copertura – Tombino

11.8.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	20	178
Rara	Trasversale Y	Tutte	80	83
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	19	198
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	75	81

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 117 di 138

Soletta di copertura – Direzione longitudinale X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

- combinazione rara:

$$\sigma_c < \sigma_{c,lim}$$

$$0.58 < 16.89 \text{ N/mm}^2$$

- combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c < \sigma_{c,lim}$$

$$0.60 < 12.84 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima dell'acciaio

- combinazione rara:

$$\sigma_s < \sigma_{s,lim}$$

$$- < 337.50 \text{ N/mm}^2$$

Soletta di copertura – Direzione trasversale Y

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

- combinazione rara:

$$\sigma_c < \sigma_{c,lim}$$

$$2.28 < 16.89 \text{ N/mm}^2$$

- combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c < \sigma_{c,lim}$$

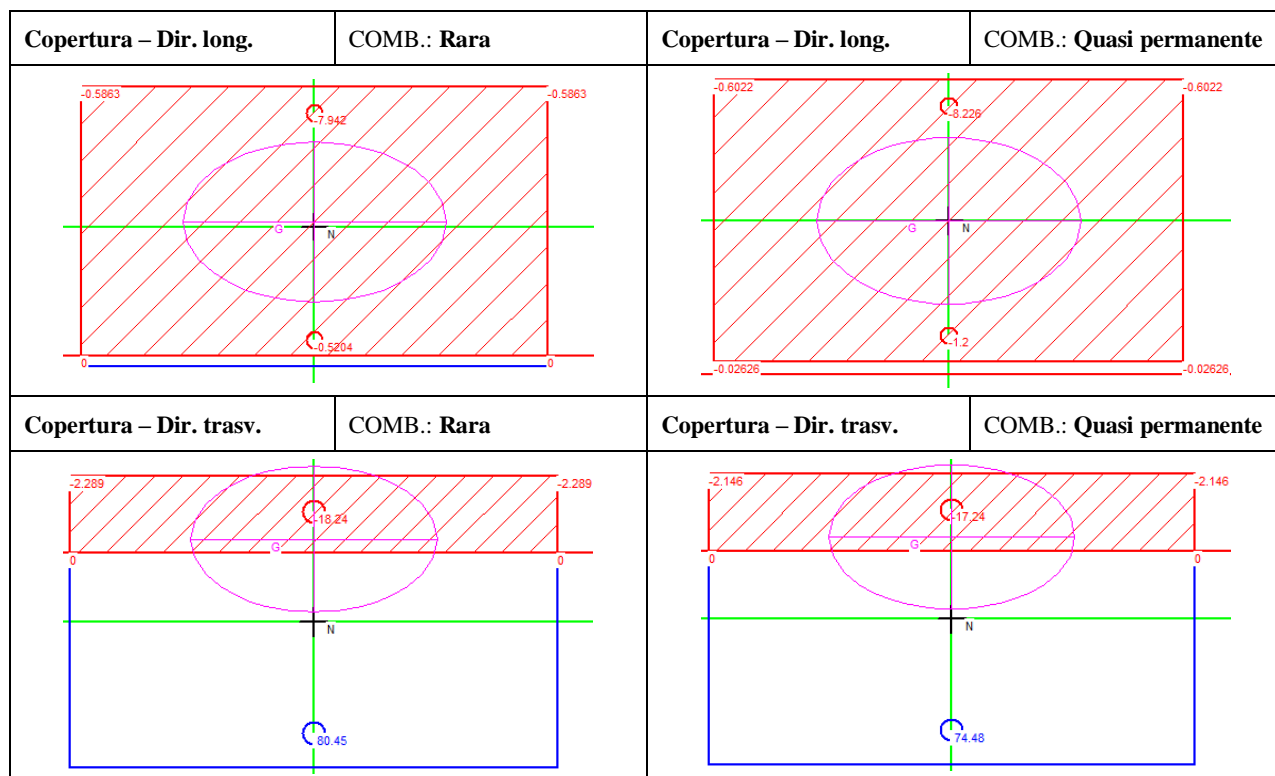
$$2.15 < 12.84 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima dell'acciaio

- combinazione rara:

$$\sigma_s < \sigma_{s,lim}$$

$$80.5 < 337.50 \text{ N/mm}^2$$



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>118 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	118 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	118 di 138								

11.8.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	20	178
Rara	Trasversale Y	Tutte	80	83

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	Longitudinale X	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Trasversale Y	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Copertura tombino	Copertura tombino	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	178	83	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	20	80	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	198	188	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20x f_{ctm}/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>119 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	119 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	119 di 138								

11.9 Soletta di copertura – Pozzo di risalita

11.9.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	56	72
Rara	Trasversale Y	Tutte	41	35
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	42	66
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	27	36

Soletta di copertura – Direzione longitudinale X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	5.84	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	4.39	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	145.1	<	337.50	N/mm ²

Soletta di copertura – Direzione trasversale Y

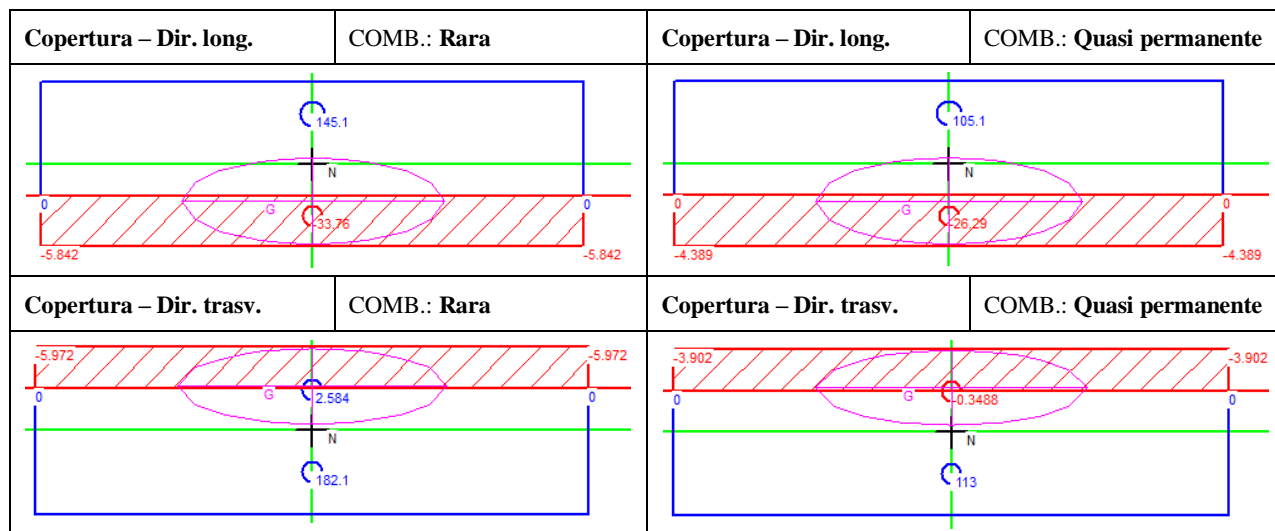
Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	5.07	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	4.79	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	182.1	<	337.50	N/mm ²

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALDATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		RS39		1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	120 di 138	



11.9.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	56	72
Rara	Trasversale Y	Tutte	41	35

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	Longitudinale X	Tutte	0.111	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Trasversale Y	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>121 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	121 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	121 di 138								

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Copertura pozzo rialita	Copertura pozzo rialita	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	300	300	Altezza sezione
A	[mm ²]	3.000E+05	3.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	1.500E+07	1.500E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	72	35	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	56	41	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	49	47	Momento di formazione fessure
Check		SI	NO	

* = $f_{ctm}/1.20$ per trazione, = $1.20 \times f_{ctm}/1.20$ per flessione

In direzione trasversale le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

In direzione longitudinale i momenti sollecitanti sono maggiori del momento di formazione fessure: occorre verificare che l'apertura delle fessure rispetti i limiti imposti in normativa. La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
	  													
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:													
	  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>122 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	122 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	122 di 138									

STRUTTURE IN C.A. - Fessurazione - Apertura fessure

(rif. Circ.n.618 par.C4.1.2.2.4)

	Comb. Opera Elemento Direzione Sezione	[-] [-] [-] [-] [-]	SLE Rara Sifone IN20 Copertura pozzo risalita Longitudinale TUTTE	
DATI CLS	R_{ck}	[N/mm ²]	37	Resistenza cubica caratteristica a compressione del CLS
	f_{ck}	[N/mm ²]	31	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione del CLS
	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.94	Resistenza media a trazione del CLS
	E_{cm}	[N/mm ²]	33019	Modulo elastico medio del CLS
DATI ACCIAIO	N_{sd}	[kN]	72	Azione assiale SLE di progetto
	M_{sd}	[kNm]	56	Momento flettente SLE di progetto
	ϕ	[mm]	20	Diametro barre di armatura tesa
	σ	[N/mm ²]	145	Tensione in esercizio nelle barre di armatura
	A_s	[mm ²]	1571	Area dell'armatura tesa
	E_s	[N/mm ²]	210000	Modulo elastico dell'acciaio
	s	[mm]	200	Passo medio tra le barre
DATI SEZIONALI	c	[mm]	40	Copriferro delle barre di armatura
	b	[mm]	1000	Larghezza della sezione reagente
	h	[mm]	300	Altezza della sezione reagente
	d	[mm]	258	Altezza utile della sezione reagente
	x	[mm]	203	Quota dell'asse neutro
	$h_{c,eff}$	[mm]	32	Altezza efficace del calcestruzzo teso
	$A_{c,eff}$	[mm ²]	32333	Area del calcestruzzo teso
	$\rho_{p,eff}$	[-]	4.858E-02	Rapporto geometrico di armatura tesa riferito all'area tesa di CLS
	α_e	[-]	6.36	Rapporto geometrico di armatura tesa
	k_t	[-]	0.4	Parametro funzione della durata del carico (0.6 breve, 0.4 lunga durata)
DATI PER CALCOLO AMPIEZZA FESSURE	Δ_e	[-]	0.000539	Deformazione media di progetto
	k_1	[-]	0.800	per barre lisce = 1.6; per barre ad aderenza migliorata = 0.8
	k_2	[-]	0.500	per flessione = 0.5; per trazione = 1.0
	k_3	[-]	3.400	-
	k_4	[-]	0.425	-
	$S_{r,max}$	[mm]	206	Distanza massima tra le fessure
CHECK	w_k	[mm]	0.111	Apertura delle fessure
	w_{rif}	[mm]	0.200	Apertura limite delle fessure

OK

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>123 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	123 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	123 di 138								

11.10 Soletta di copertura – Pozzo di caduta

11.10.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	21	31
Rara	Trasversale Y	Tutte	27	33
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	15	25
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	18	24

Soletta di copertura – Direzione longitudinale X

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.54	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.82	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	80.0	<	337.50	N/mm ²

Soletta di copertura – Direzione trasversale Y

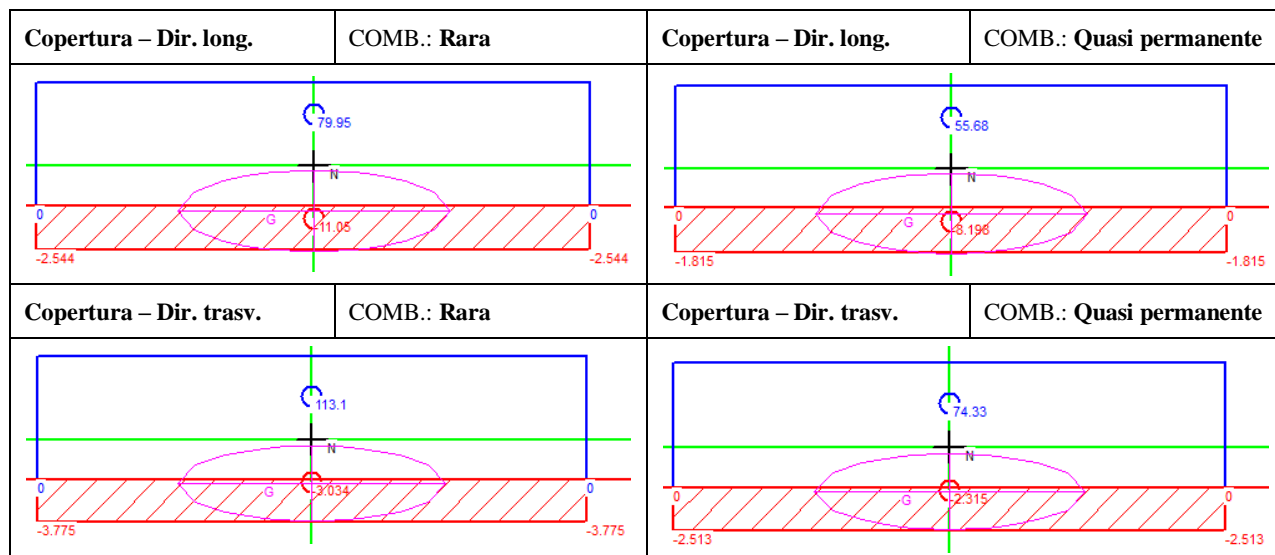
Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	3.78	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	2.51	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	113.1	<	337.50	N/mm ²

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALDATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		RS39		1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	124 di 138	



11.10.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	21	31
Rara	Trasversale Y	Tutte	27	33

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	w_d [mm]
Rara	Longitudinale X	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Trasversale Y	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>125 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	125 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	125 di 138								

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Copertura pozzo caduta	Copertura pozzo caduta	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	300	300	Altezza sezione
A	[mm ²]	3.000E+05	3.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	1.500E+07	1.500E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	31	33	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	21	27	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	47	47	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

* = $f_{ctm}/1.20$ per trazione, = $1.20 \times f_{ctm}/1.20$ per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>126 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	126 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	126 di 138								

11.11 Trave copertura pozzo di risalita

11.11.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale	Campata	93	-307
Rara	Longitudinale	Incastro	-63	27
Quasi permanente	Longitudinale	Campata	65	-244
Quasi permanente	Longitudinale	Incastro	-44	8

Trave – Direzione longitudinale - Campata

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.38	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.43	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	198.8	<	337.50	N/mm ²

Trave – Direzione longitudinale - Incastro

Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.65	<	16.89	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	1.85	<	12.84	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	107.6	<	337.50	N/mm ²

APPALTATORE: Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

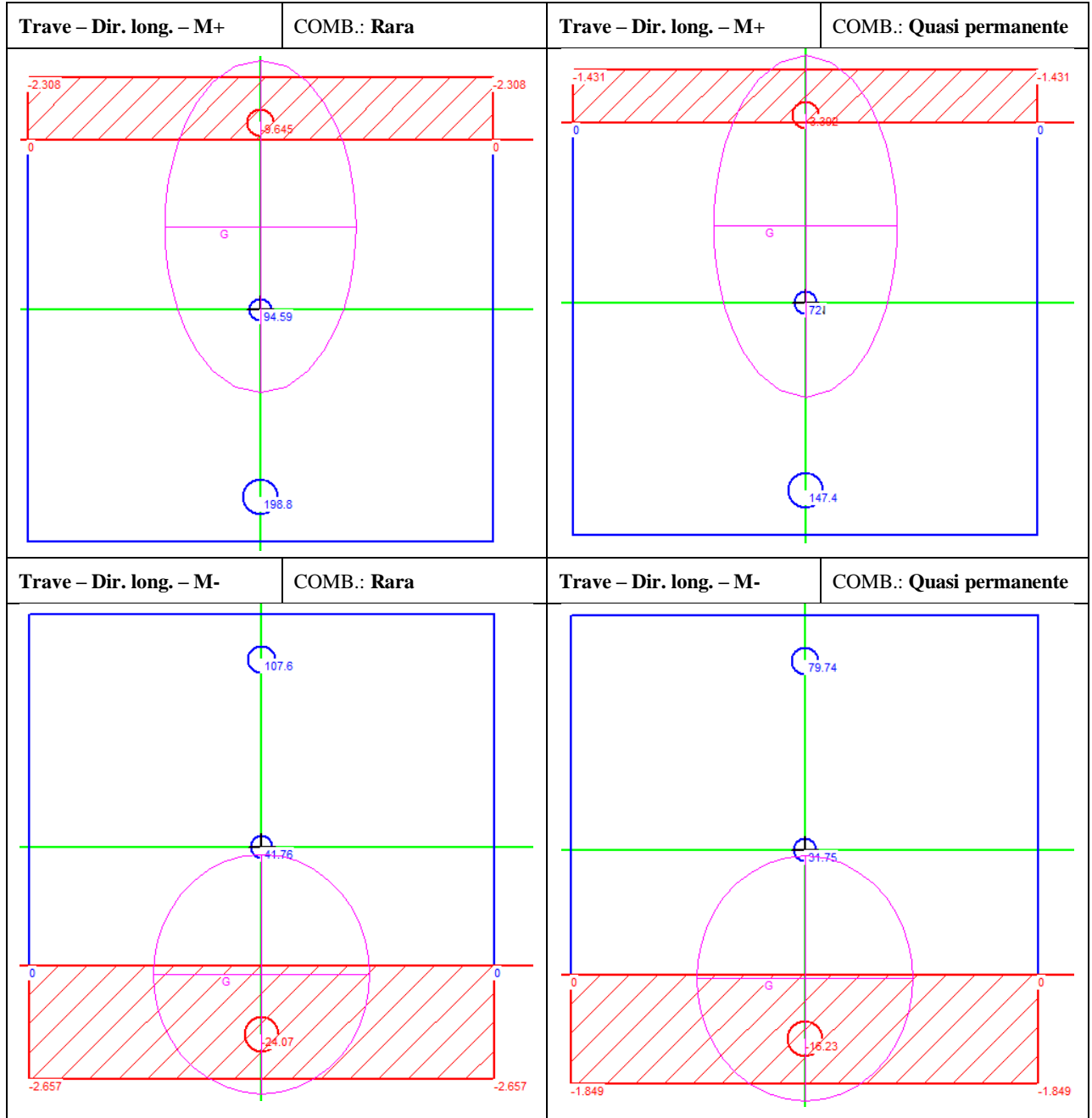
APPALTATORE: Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	127 di 138



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a				RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	128 di 138

11.11.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	93	-307
Rara	Trasversale Y	Tutte	-63	27

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w _d [mm]
Rara	Longitudinale X	Tutte	0.192	≤	w ₂ = 0.200
Rara	Trasversale Y	Tutte	/	≤	w ₂ = 0.200

STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Sifone IN20	Sifone IN20	
Elemento	[-]	Trave (M+)	Trave (M-)	
Direzione	[-]	Longitudinale	Longitudinale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	600	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm ²]	3.600E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	3.600E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[N/mm ²]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	-307	27	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	93	63	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kNm]	77	183	Momento di formazione fessure
Check		SI	NO	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20xf_{ctm}/1.20 per flessione

Nelle sezioni di incastro le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

In campata i momenti sollecitanti sono maggiori del momento di formazione fessure: occorre verificare che l'apertura delle fessure rispetti i limiti imposti in normativa. La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
   														
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:													
   														
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>129 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	129 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	129 di 138									

STRUTTURE IN C.A. - Fessurazione - Apertura fessure

(rif. Circ.n.618 par.C4.1.2.2.4)

	Comb. Opera	Elemento	Direzione	Sezione	[-]	SLE_Rara Sifone IN20 Trave (M+) Longitudinale Campata
DATI CLS	R_{ck}				[N/mm ²]	37
	f_{ck}				[N/mm ²]	31
	f_{ctm}				[N/mm ²]	2.94
	E_{cm}				[N/mm ²]	33019
DATI ACCIAIO	N_{sd}				[kN]	-307
	M_{sd}				[kNm]	93
	ϕ				[mm]	20
	σ				[N/mm ²]	199
	A_s				[mm ²]	1571
	E_s				[N/mm ²]	210000
	s				[mm]	100
	s_{max}				[mm]	250
DATI SEZIONALI	c				[mm]	40
	b				[mm]	600
	h				[mm]	600
	d				[mm]	550
	x				[mm]	80
	$h_{c,eff}$				[mm]	125
	$A_{c,eff}$				[mm]	75000
	$\rho_{p,eff}$				[-]	2.094E-02
DATI PER CALCOLO AMPIEZZA FESSURE	α_e				[-]	6.36
	k_t				[-]	0.4
	Δ_e				[-]	0.000644
	k_1				[-]	0.800
	k_2				[-]	0.500
	k_3				[-]	3.400
	k_4				[-]	0.425
$s_{r,max}$				[mm]	298	
CHECK	w_k				[mm]	0.192
	w_{rif}				[mm]	0.200

OK

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 130 di 138

12 VERIFICA GEOTECNICA

Nel presente capitolo si mostra la verifica geotecnica più critica, che risulta essere relativa alla combinazione sismica con il carico sismico dominante in direzione +Y e che quindi sollecita la fondazione sul lato corto.

Si considera una fondazione rettangolare di dimensioni 5.40x25.30 m, trascurando i contributi degli allargamenti della fondazione in corrispondenza dei pozzi.

La verifica di capacità portante e scorrimento della fondazione è stata eseguita considerando la combinazione A1+M1+R3 (NTC18 par. 6.4.2.1).

L'analisi è stata condotta in condizioni drenate affinché il terreno possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei confronti della rottura generale, verificando che sia soddisfatta la seguente relazione:

$$V_d \leq R_d$$

dove V_d è il carico di progetto e R_d è il carico limite calcolato con la teoria di Brinch-Hansen.

Nel complesso la generica sezione trasversale del manufatto deve essere verificata per la concomitanza di azioni verticali, orizzontali e ribaltanti, operando in modo da assicurare schemi coerenti con le resistenze in gioco ed evitare assunzioni eccessivamente gravose.

Nello schema seguente sono rappresentate le azioni mobilitanti e quelle resistenti.

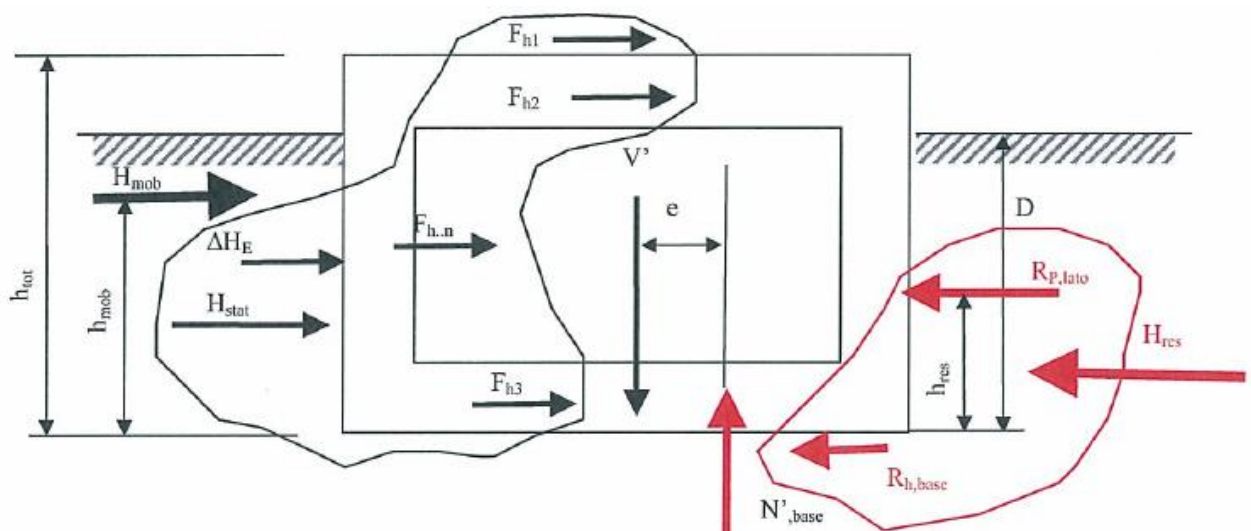


Figura 20 – Schema con azioni mobilitanti e quelle resistenti (in rosso)

La verifica di portanza si esegue determinando inizialmente la risultante di tutte le azioni orizzontali e verticali mobilizzanti e quelle orizzontali resistenti ed i relativi momenti flettenti imponendo un vincolo rigido ad incastro nel baricentro geometrico della fondazione a quota intradosso.

Alla fine della verifica a scorrimento, si ricerca, successivamente, la condizione all'equilibrio orizzontale:

$$H_{mob} = H_{res}$$

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 131 di 138

La risultante delle azioni resistenti può essere espressa nel modo seguente:

$$H_{res} = R_{h,base} + R_{p,lato}$$

$$R_{h,base} = N \times \tan(\phi')$$

$$R_{p,lato} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times h_{res}^2$$

Dove,

k_p = coefficiente di spinta passiva

γ = peso proprio del terreno a tergo

ϕ' = angolo di attrito efficace del terreno di fondazione

Si determina il valore di $R_{h,lato}$ compatibile con una capacità portante almeno uguale a quella richiesta avendo cura di verificare che la resistenza laterale ($R_{p,lato}$) offerta dal rilevato sia inferiore al 30% quella disponibile (rif. par. 2.12.3.1.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 E).

Si osserva che la verifica della capacità portante e della resistenza allo scorrimento è svolta con riferimento alla combinazione di carico più gravosa SLU o SLV.

12.1 Verifica capacità portante

Di seguito le risultanti delle azioni agenti considerate (comb. SLV_09):

Azione assiale	$N = 13592$ kN
Momento flettente attorno asse X	$M_b = 18470$ kNm
Momento flettente attorno asse Y	$M_l = 20434$ kNm
Azione di taglio in direzione Y	$T_b = 3617$ kNm
Azione di taglio in direzione X	$T_l = 2921$ kNm

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_b = Eccentricità in direzione B ($e_b = M_b/N$)

e_l = Eccentricità in direzione L ($e_l = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_l = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_b$)

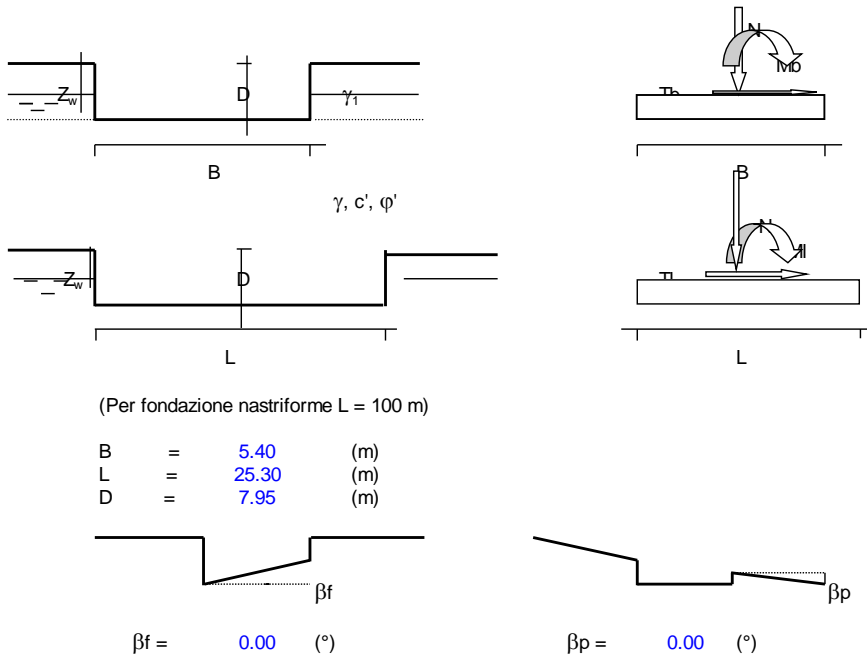
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_l$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

APPALTAZIONE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
APPALTAZIONE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39 LOTTO 1.0.V.ZZ CODIFICA CL DOCUMENTO IN.20.00.004 REV. B PAGINA 132 di 138

coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanentemente	temporanee variabili	tan φ'	c'	qlim	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanentemente	temporanee	
N [kN]	13591.71	0.00	13591.71
Mb [kNm]	18470.80	0.00	18470.80
Mi [kNm]	20433.63	0.00	20433.63
Tb [kN]	3616.59	0.00	3616.59
Ti [kN]	2921.24	0.00	2921.24
H [kN]	4649.02	0.00	4649.02

Peso unità di volume del terreno

γ1 = 19.50 (kN/mc)
γ = 19.50 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 0.00 (kN/mq)
φ' = 22.00 (°)

Valori di progetto

c' = 0.00 (kN/mq)
φ' = 22.00 (°)

Profondità della falda

Zw = 6.25 (m)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
   	   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>133 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	133 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	133 di 138									

$$e_B = 1.36 \quad (m) \qquad B^* = 2.68 \quad (m)$$

$$e_L = 1.50 \quad (m) \qquad L^* = 22.29 \quad (m)$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 138.03 \quad (kN/mq)$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.50 \quad (kN/mc)$$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$$

$$Nq = 7.82$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 16.88$$

$$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$Ny = 7.13$$

Sc, Sq, Sy : fattori di forma

$$s_c = 1 + B^* Nq / (L^* Nc)$$

$$s_c = 1.06$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.05$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.95$$

ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.89 \qquad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 51.07 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.11 \qquad m = 1.58 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e
 $m = (m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

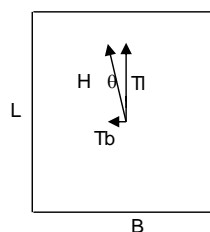
$$i_q = 0.52$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.44$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.34$$



APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>134 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	134 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	134 di 138								

d_c, d_q, d_y : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$
 per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.39$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.45$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

b_c, b_q, b_y : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_t \tan \varphi')^2 \quad \beta_t + \beta_p = 0.00 \quad \beta_t + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

g_c, g_q, g_y : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_t + \beta_p = 0.00 \quad \beta_t + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 842.63 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 227.32 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 366.36 \geq q = 227.32 \quad (\text{kN/m}^2)$$

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>135 di 138</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	135 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	135 di 138								

12.2 Verifica a scorrimento

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$Hd = 4649.02 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$Sd = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$Sd = 5491.41 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$Sd / \gamma_R = 4992.19 \geq Hd = 4649.02 \quad (\text{kN})$$

12.3 Spinta passiva mobilitata

Al fine di verificare la capacità portante e lo scorrimento della fondazione, è stato necessario considerare una quota parte del contributo stabilizzante dato dalla spinta passiva. Si verifica che la percentuale di spinta passiva mobilitata sia inferiore al limite da normativa.

$$R_{p,lato} = 9848 \quad (\text{kN}) \quad \text{Spinta passiva mobilitata}$$

$$R_{p,disp} = 46896 \quad (\text{kN}) \quad \text{Spinta passiva disponibile}$$

$$\%R_{p,disp} = 21.00\% \quad \text{Percentuale di spinta passiva mobilitata}$$

La spinta passiva mobilitata è inferiore del 30% rispetto a quella disponibile: **21.00% < 30.00%**

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 136 di 138

13 VERIFICA A SOLLEVAMENTO (UPL)

Per la verifica al sollevamento si fa riferimento al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC 2018.

Occorre verificare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $F_{inst,d}$, ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche, sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti e delle resistenze $F_{stab,d}$.

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III delle NTC 2018.

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{c1}

VERIFICA A SOLLEVAMENTO (UPL)

$G_{1,k}$	10200.0 kN	Peso totale struttura c.a.
$G_{2,k}$	4576.2 kN	Peso totale permanenti portati (ricoprimento)
$L_{platea,p.c.}$	5.20 m	Lunghezza platea fondazione pozzo caduta
$B_{platea,p.c.}$	6.20 m	Larghezza platea fondazione pozzo caduta
$L_{platea,t}$	14.90 m	Lunghezza platea fondazione tombino
$B_{platea,t}$	5.40 m	Larghezza platea fondazione tombino
$L_{platea,p.r.}$	5.20 m	Lunghezza platea fondazione pozzo risalita
$B_{platea,p.r.}$	11.20 m	Larghezza platea fondazione pozzo risalita
A	170.94 m ²	Area totale fondazione
Z_{fs}	-7.95 m	Quota fondo scavo
Z_{falda}	-6.25 m	Livello di falda di progetto
H_w	1.70 m	Altezza battente idraulico
γ_{acqua}	10.00 kN/m ³	Peso specifico acqua
$p_{inst,k}$	17.00 kN/m ²	Pressione idrostatica di sollevamento
$F_{inst,k}$	2906.0 kN	Valore caratteristico spinta sollevamento
$\gamma_{perm,stav}$	1.10 \	Coeff. azioni permanenti sfavorevoli G_1
$\gamma_{perm,fav}$	0.90 \	Coeff. azioni permanenti favorevoli G_1
$\gamma_{perm,fav}$	0.80 \	Coeff. azioni permanenti favorevoli G_2
$F_{inst,d}$	3196.6 kN	Valore di progetto spinta sollevamento
$F_{stab,d}$	12840.9 kN	Valore di progetto azione stabilizzante
$F_{stab,d}/F_{inst,d}$	4.02	

La verifica al sollevamento risulta soddisfatta.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.004</td> <td>B</td> <td>137 di 138</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	137 di 138
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.004	B	137 di 138								

14 VERIFICA DI STABILITÀ DELLO SCAVO PROVVISORIO

14.1 Criteri generali di verifica

Sulla base di quanto prescritto dalle NTC 2018 le verifiche di sicurezza che devono essere eseguite per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

- Verifiche statiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);
- Verifiche sismiche agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Trattandosi di opere di tipo provvisorio la verifica di tipo sismico non è necessaria.

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, deve essere effettuata, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2. I, 6.2.II e Tab. 6.8.I del NTC2018.

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R) in condizioni SLU statiche; quindi, generalmente il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è $FS \geq 1.1$.

14.2 Metodo e programma di calcolo

Le analisi sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite, in particolare secondo il metodo di Bishop (1955), implementato mediante il codice di calcolo Talren 4.

Il codice effettua la verifica in condizioni piane delle deformazioni, su una sezione bidimensionale trasversale alla trincea, considerata indefinitamente estesa nella direzione ortogonale al piano dell'analisi. La ricerca delle superfici di discontinuità su cui effettuare il calcolo del fattore di sicurezza è stata effettuata introducendo criteri di individuazione di una serie di superfici di scorrimento circolari: griglia dei centri, criteri di variazione del raggio, punti o superfici di passaggio imposti, eccetera.

Il programma analizza tutte le superfici di scorrimento individuate e identifica la superficie di scorrimento critica come quella a cui corrisponde il valore minimo calcolato del coefficiente di sicurezza.

14.3 Criteri di modellazione

Le sezioni della vasca sono state modellate come facente parte prevalentemente delle unità geotecniche bni e Agr. La quota della falda è a 7.15 m dal piano campagna.

Tabella 14-1: Parametri geotecnici di riferimento: valori caratteristici

Unità geotecnica	prof. (m da p.c.)	γ kN/m ³	ϕ' °	c' kPa
Ra	0-1	20	38	0
bni	1-7	20	36.5	0
Agr	>7	19.5	22	15

A monte delle scarpate è stato assunto un carico distribuito pari a 10 kPa per messi di cantieri.

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo sifone IN20a	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.004	REV. B	PAGINA 138 di 138

14.4 Risultati delle analisi di stabilità

La figura seguente rappresenta graficamente il risultato dell'analisi di stabilità in condizioni statiche, in termini di valore minimo calcolato del fattore di sicurezza e della superficie di scorrimento corrispondente.

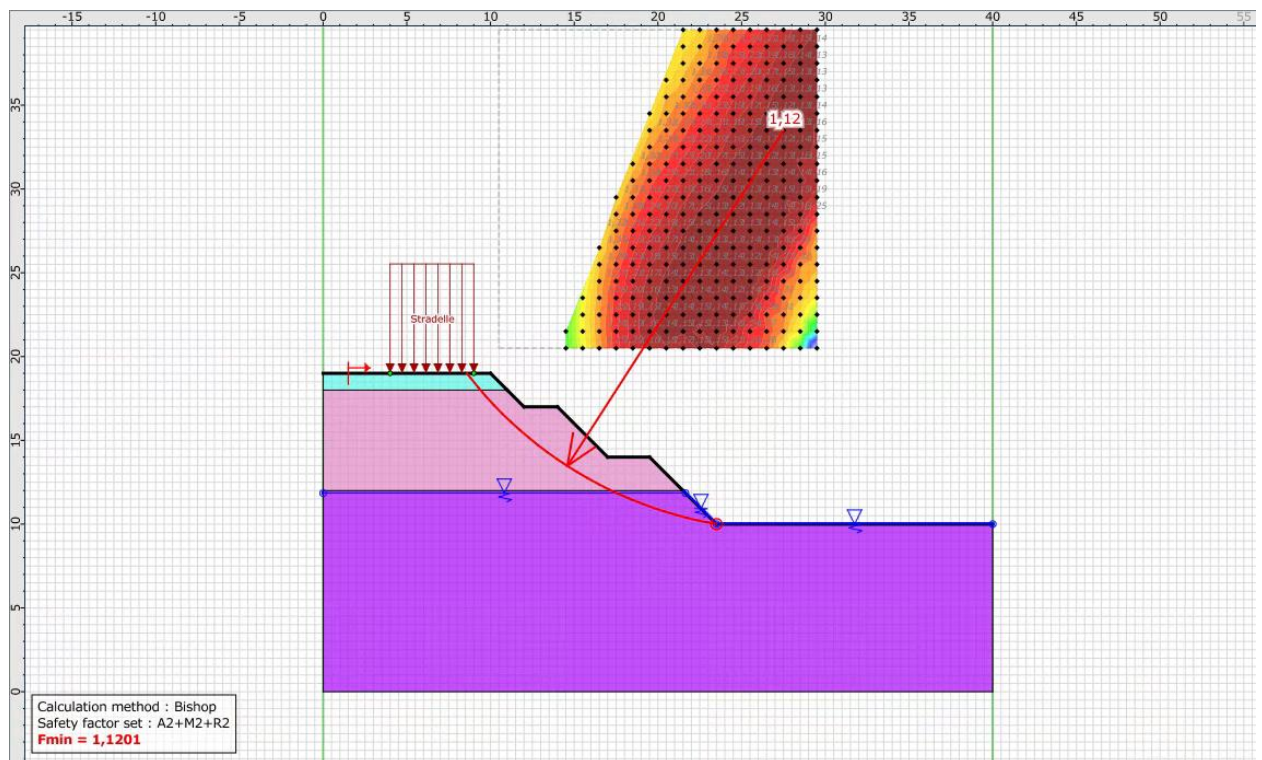


Figura 21 – Condizioni statiche: FS minimo calcolato e superficie di scorrimento corrispondente

Si ottiene:

$FS = 1.12 > 1.1 = R2$ (fattore di sicurezza sulla resistenza globale richiesto dalle NTC 2008)

La verifica è dunque soddisfatta.