

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,  
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,  
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**  
RELAZIONE

VI02 - VIADOTTO DAL Km.9+536.29 al Km. 10+378.69

PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	V	I	0	2	H	5	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S. CHECCHI	14/06/18	PINTI	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	COPPA	
									30/06/18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	2 di 82

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>9</b>
4.1	CALCESTRUZZO .....	9
4.1.1	Strutture di elevazione.....	9
4.1.2	Plinto di fondazione.....	9
4.1.3	Pali di fondazione.....	10
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE .....	11
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	11
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>12</b>
5.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	12
5.2	LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI .....	12
5.3	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI .....	13
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....</b>	<b>19</b>
6.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO .....	19
6.2	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA Q <sub>6</sub> .....	19
6.3	AZIONI SISMICHE Q <sub>7</sub> .....	20
6.3.1	Spettri di risposta elastici .....	28
6.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	30
6.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 35	
6.4	VARIAZIONI TERMICHE $\epsilon_3$ .....	35

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A 3 di 82

6.5	RIEPILOGO DEI CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO .....	35
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>43</b>
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	43
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione .....</i>	<i>43</i>
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>44</i>
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	46
8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti .....</i>	<i>46</i>
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti .....</i>	<i>46</i>
<b>9</b>	<b>CRITERI DI MODELLAZIONE .....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA....</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FONDAZIONE.</b>	<b>63</b>
11.1	VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE.....	63
11.1.1	<i>Verifica dell'armatura longitudinale .....</i>	<i>63</i>
11.1.2	<i>Verifica dell'armatura trasversale.....</i>	<i>67</i>
11.1.3	<i>Verifica a taglio e punzonamento .....</i>	<i>70</i>
11.2	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE .....	73
11.2.1	<i>Verifiche a pressoflessione e taglio .....</i>	<i>73</i>
11.3	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	78
11.3.1	<i>Verifiche di capacità portante.....</i>	<i>78</i>
11.3.2	<i>Valutazione dei cedimenti in fondazione .....</i>	<i>79</i>
11.3.3	<i>Verifiche del carico limite orizzontale .....</i>	<i>79</i>
<b>12</b>	<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>82</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.H5.001</td> <td>A</td> <td>4 di 82</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	4 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	4 di 82								

## **1    PREMESSA**

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali della pile tipo C.5, previste lungo i viadotti VI02, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Napoli-Cancello, in variante tra le pk 0+000 e 15+585.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	5 di 82

## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle pile che sostengono la campata ad arco metallico da 80 m del viadotto ferroviario denominato VI02, previsto tra le progressive chilometriche 9+532 e 10+374.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a 843.5 m è a doppio binario ed è costituito da 23 campate in semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso, tre campate da 37/40 m a sezione mista costituita da quattro travi in acciaio e soletta superiore in calcestruzzo (campate P9-P10, P18-P19, P20-P21), una campata da 72.5 m a sezione mista costituita da un cassone in acciaio e soletta superiore in calcestruzzo (P19-P20) ed una campata finale da 80 m in arco metallico (P27-S2).

La piattaforma ha una larghezza totale di 13.80 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m. L'impalcato in esame è una campata in semplice appoggio con portata teorica pari a 78 m costituita da 2 archi a cassone e corda costituita da 2 travi aperte a doppio T. L'interasse fra gli archi dell'impalcato è pari a 13.8 m.

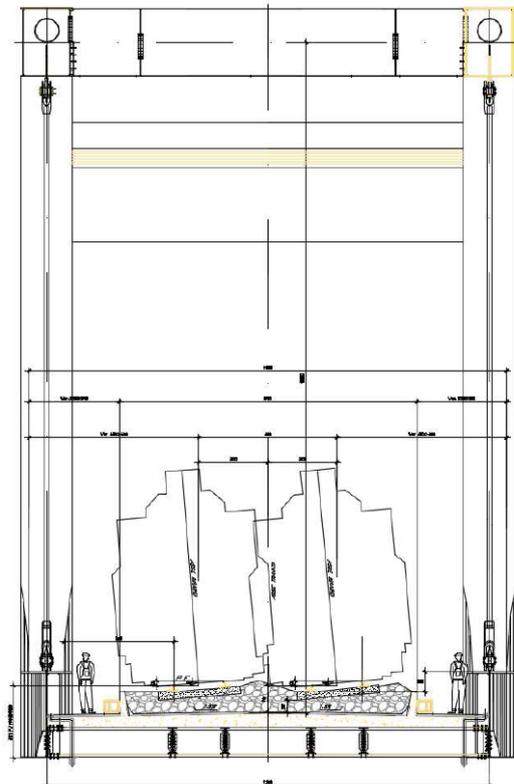


Figura 1: Sezione trasversale impalcato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 6 di 82</b>

Le pile in esame sono caratterizzate da una sezione a C cava pluriconnessa con larghezza complessiva pari a 8.30 m in direzione longitudinale e 16.60 m in direzione trasversale; i setti esterni hanno spessori variabili da 0.50 a 0.85 m. L'altezza della pila è pari a 8.89 m. Le fondazioni sono del tipo indiretto, con plinti su pali  $\phi 2000$  di dimensione 15.2 x 21.2 e spessore pari a 2.5 m. Gli interassi dei pali sono pari a 6.00 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale. Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

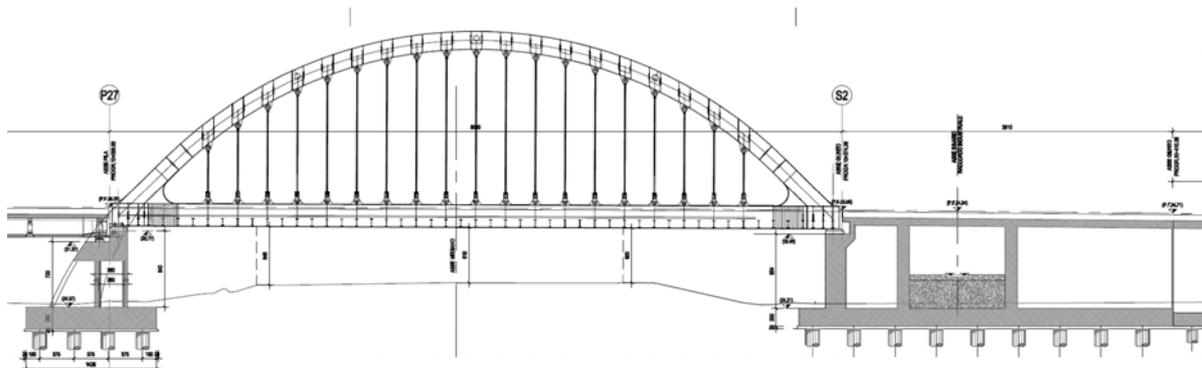


Figura 2: Profilo longitudinale – Vista S2

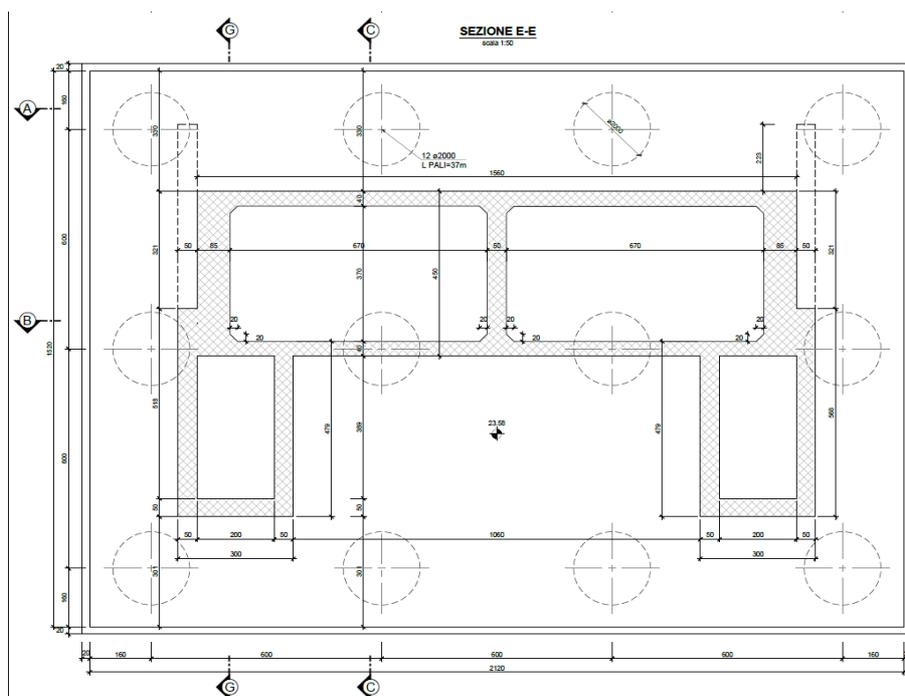


Figura 3: Pila P.27 VI.02 – pianta fondazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV.     PAGINA <b>A     7 di 82</b>

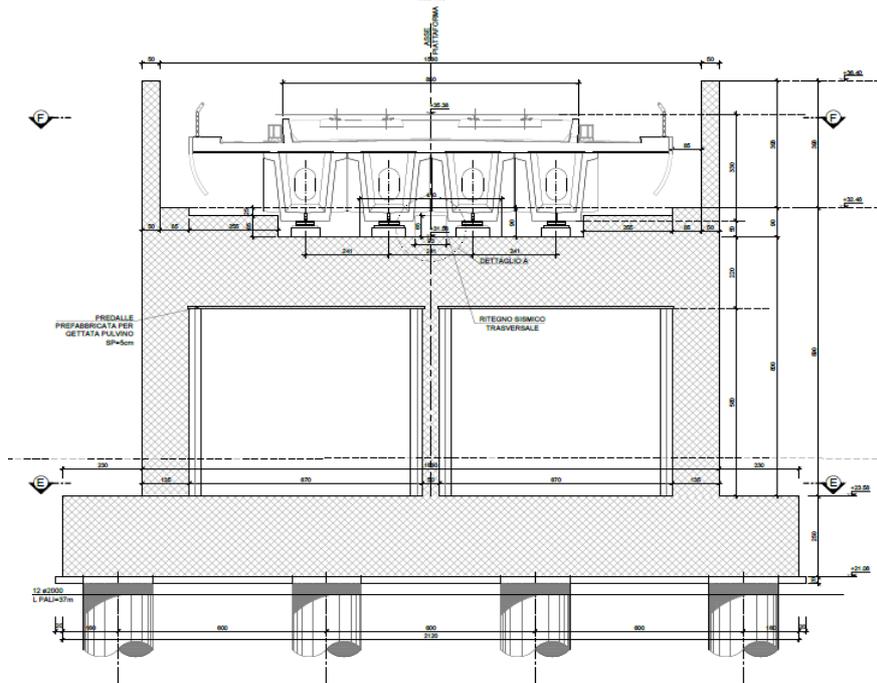


Figura 4: Pila P.27 VI.02 – sezione trasversale

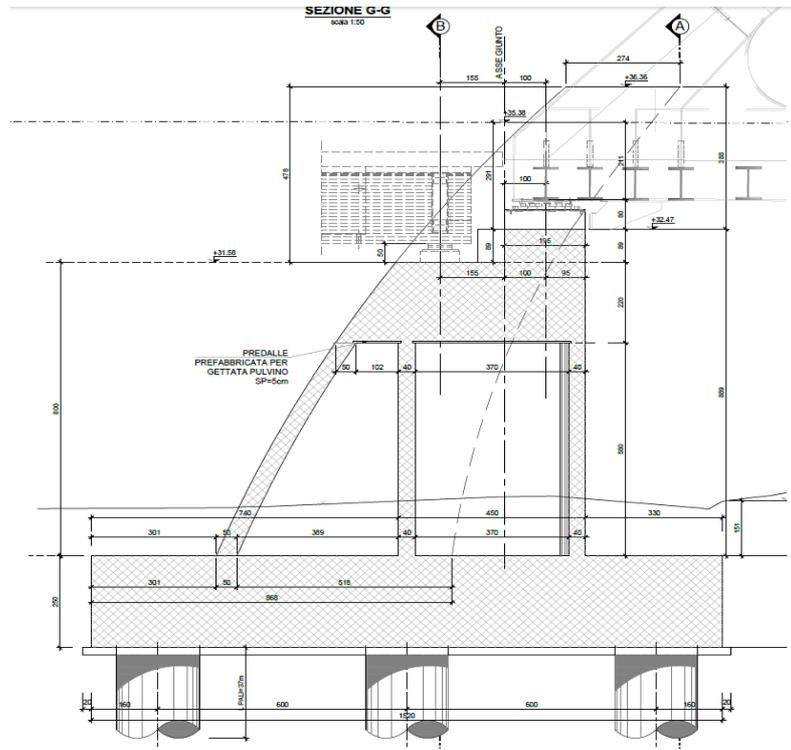


Figura 5: Pila P.27 VI.02 – sezione longitudinale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>8 di 82</b>

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Dicembre 2016: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	9 di 82

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Strutture di elevazione

Per il getto in opera del fusto della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

C32/40  $f_{ck} \geq 32$  MPa  $R_{ck} \geq 40$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [ $R_{ck} < 50/60$ ]	3.10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.1.2 Plinto di fondazione

Per il getto in opera del plinto di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 10 di 82</b>

Classe d'esposizione: XC2

C28/35  $f_{ck} \geq 28$  MPa  $R_{ck} \geq 35$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19.37	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lunqo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16.46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2.83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.32	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.1.3 Pali di fondazione

Per il getto in opera dei pali di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16.60	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 11 di 82</b>

Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lunqo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14.11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0.05} = 0.7 f_{ctm}$	1.79	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0.05} / 1.5$	1.19	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_a = 210000 \text{ MPa}$

#### 4.3 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture di elevazione	4.0 cm
Plinto di fondazione	4.0 cm
Pali di fondazione	6.0 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. PAGINA A 12 di 82

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si esibiscono di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione di ogni tratta omogenea in cui ricadono le pile in esame. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità **DI** – Piroclastiti rimaneggiati sabbioso limose;
- Unità **Po** – Piroclastiti recenti sabbioso limose;
- Unità **Ts** – Tufo sfatto;
- Unità **Pb** – Piroclastiti di base sabbioso limose.

Si riportano, inoltre, per ciascuna tratta omogenea del viadotto, in cui ricadono le pile del tipo in esame, i dati relativi alla profondità di falda e la quota testa palo rispetto al piano campagna considerata.

#### VI02 - pk 10+114-10+304

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	$\gamma$	$\phi$	$\phi(Nq)$	$Nq^*$
		(m)	(m da pc)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(-)	(-)
1	DI	7.0	7.0	16	30	27	13
2	Po	9.0	16.0	16	35	32	23
3	Ts-sabbia	12.0	28.0	15	37	34	26
4	Pb (sabbia limosa)	7.0	35.0	16	37	34	26
5	Pb (sabbia limosa)	15.0	50.0	16	37	34	26

<b>zw</b>	Profondità della falda dal p.c.	5.00 m
<b>zp</b>	Quota testa palo	3.00 m

### 5.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI

Sono stati rilevati livelli/ strati di terreni sabbiosi piroclastici, ricchi in pomici, potenzialmente liquefacibili che interessano il primo strato con potenza 7.0m.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	13 di 82		

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	q <sub>blim</sub> (kPa)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Note
		(m)	(m da pc)			
1	DI	7.0	7.0	0	0	liquefacibile
2	Po	9.0	16.0	1955	150	
3	Ts-sabbia	12.0	28.0	5800	200	
4	Pb (sabbia limosa)	7.0	35.0	2975	150	
5	Pb (sabbia limosa)	15.0	50.0	4300	150	

Per ulteriori dettagli, si rimanda alla Relazione Geotecnica di riferimento.

### 5.3 CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

Si riportano le curve di capacità portante per pali trivellati Ø2000 ricavate per l'Approccio normativo A1+M1+R3.

Tabella 1 – Capacità portante per pali trivellati Ø2000 PILA P.27 – Compressione - liquefacibile

z da p.c.	Lp	β	σ'v	τi	QII	qbl	Qbl	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[ - ]	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	-	-	8	0	0	0	0	0	0	0
1.0	-	-	16	0	0	0	0	0	0	0
1.5	-	-	24	0	0	0	0	0	0	0
2.0	-	-	32	0	0	0	0	0	0	0
2.5	-	-	40	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0.0	0.80	48	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.80	56	0	0	0	0	14	0	0
4.0	1.0	0.80	64	0	0	0	0	28	0	0
4.5	1.5	0.80	72	0	0	0	0	42	0	0
5.0	2.0	0.80	80	0	0	0	0	57	0	0
5.5	2.5	0.77	83	0	0	0	0	71	0	0
6.0	3.0	0.74	86	0	0	0	0	85	0	0
6.5	3.5	0.71	89	0	0	0	0	99	0	0
7.0	4.0	0.68	92	0	0	0	0	113	0	0
7.5	4.5	0.65	95	62	97	1955	6142	127	6112	3183
8.0	5.0	0.62	98	61	289	1955	6142	141	6290	3288
8.5	5.5	0.59	101	60	478	1955	6142	156	6465	3391
9.0	6.0	0.56	104	58	664	1955	6142	170	6636	3492

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>						<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>14 di 82</b>

9.5	6.5	0.53	107	57	844	1955	6142	184	6802	3590
10.0	7.0	0.50	110	55	1020	1955	6142	198	6963	3685
10.5	7.5	0.48	113	54	1191	1955	6142	212	7121	3777
11.0	8.0	0.46	116	53	1360	1955	6142	226	7276	3868
11.5	8.5	0.44	119	52	1526	1955	6142	240	7428	3957
12.0	9.0	0.42	122	51	1689	1955	6142	254	7576	4044
12.5	9.5	0.40	125	50	1848	1955	6142	269	7721	4129
13.0	10.0	0.38	128	49	2003	1955	6142	283	7862	4211
13.5	10.5	0.36	131	47	2153	1955	6142	297	7998	4290
14.0	11.0	0.34	134	46	2299	1955	6142	311	8130	4367
14.5	11.5	0.32	137	44	2440	1955	6142	325	8256	4440
15.0	12.0	0.30	140	42	2574	1955	6142	339	8377	4509
15.5	12.5	0.30	143	43	2708	1955	6142	353	8496	4578
16.0	13.0	0.30	146	44	2844	1955	6142	368	8618	4648
16.5	13.5	0.30	149	45	2983	3861	12130	424	14688	7846
17.0	14.0	0.30	151	45	3124	3926	12334	440	15018	8026
17.5	14.5	0.30	154	46	3267	3991	12538	456	15350	8208
18.0	15.0	0.30	156	47	3413	4056	12742	471	15684	8391
18.5	15.5	0.30	159	48	3561	4121	12947	487	16021	8575
19.0	16.0	0.30	161	48	3712	4186	13151	503	16360	8761
19.5	16.5	0.30	164	49	3865	4251	13355	518	16701	8948
20.0	17.0	0.30	166	50	4020	4316	13559	534	17045	9137
20.5	17.5	0.30	169	50	4177	4381	13763	550	17391	9327
21.0	18.0	0.30	171	51	4336	4446	13968	565	17738	9518
21.5	18.5	0.30	174	51	4496	4511	14172	581	18087	9710
22.0	19.0	0.29	176	52	4658	4576	14376	597	18437	9903
22.5	19.5	0.29	179	52	4822	4641	14580	613	18789	10097
23.0	20.0	0.29	181	53	4986	4706	14784	628	19142	10291
23.5	20.5	0.29	184	53	5152	4771	14989	644	19497	10487
24.0	21.0	0.29	186	54	5320	4836	15193	660	19853	10683
24.5	21.5	0.29	189	54	5489	4901	15397	675	20211	10880
25.0	22.0	0.29	191	54	5659	4966	15601	691	20569	11079
25.5	22.5	0.28	194	55	5831	5031	15805	707	20930	11278
26.0	23.0	0.28	196	55	6004	5096	16010	723	21291	11477
26.5	23.5	0.28	199	56	6178	5161	16214	738	21654	11678
27.0	24.0	0.28	201	56	6354	5226	16418	754	22018	11879
27.5	24.5	0.28	204	56	6531	5291	16622	770	22383	12081
28.0	25.0	0.28	206	57	6709	5356	16826	785	22750	12284
28.5	25.5	0.27	209	57	6888	2975	9346	721	15513	8502

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>						<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>15 di 82</b>

29.0	26.0	0.27	212	58	7069	2975	9346	735	15680	8601
29.5	26.5	0.27	215	58	7252	2975	9346	749	15849	8700
30.0	27.0	0.27	218	59	7436	2975	9346	763	16019	8800
30.5	27.5	0.27	221	60	7622	2975	9346	778	16191	8902
31.0	28.0	0.27	224	60	7811	2975	9346	792	16365	9005
31.5	28.5	0.27	227	61	8002	2975	9346	806	16543	9110
32.0	29.0	0.27	230	62	8196	2975	9346	820	16722	9216
32.5	29.5	0.27	233	63	8392	2975	9346	834	16904	9324
33.0	30.0	0.27	236	64	8591	2975	9346	848	17089	9433
33.5	30.5	0.27	239	65	8793	2975	9346	862	17277	9544
34.0	31.0	0.27	242	65	8997	2975	9346	877	17466	9657
34.5	31.5	0.27	245	66	9203	2975	9346	891	17659	9771
35.0	32.0	0.27	248	67	9412	2975	9346	905	17854	9886
35.5	32.5	0.27	251	68	9624	4300	13509	919	22214	12206
36.0	33.0	0.27	254	69	9838	4300	13509	933	22414	12325
36.5	33.5	0.27	257	69	10055	4300	13509	947	22616	12446
37.0	34.0	0.27	260	70	10274	4300	13509	961	22822	12568
37.5	34.5	0.27	263	71	10496	4300	13509	975	23029	12691
38.0	35.0	0.27	266	72	10720	4300	13509	990	23240	12816
38.5	35.5	0.27	269	73	10947	4300	13509	1004	23452	12943
39.0	36.0	0.27	272	73	11177	4300	13509	1018	23668	13072
39.5	36.5	0.27	275	74	11409	4300	13509	1032	23885	13202
40.0	37.0	0.27	278	75	11643	4300	13509	1046	24106	13333
40.5	37.5	0.27	281	76	11880	4300	13509	1060	24329	13466
41.0	38.0	0.27	284	77	12120	4300	13509	1074	24554	13601
41.5	38.5	0.27	287	77	12362	4300	13509	1089	24782	13737
42.0	39.0	0.27	290	78	12607	4300	13509	1103	25013	13875
42.5	39.5	0.27	293	79	12854	4300	13509	1117	25246	14015
43.0	40.0	0.27	296	80	13104	4300	13509	1131	25482	14156
43.5	40.5	0.27	299	81	13356	4300	13509	1145	25720	14298
44.0	41.0	0.27	302	82	13611	4300	13509	1159	25961	14442
44.5	41.5	0.27	305	82	13868	4300	13509	1173	26204	14588
45.0	42.0	0.27	308	83	14128	4300	13509	1188	26450	14735
45.5	42.5	0.27	311	84	14391	4300	13509	1202	26698	14884
46.0	43.0	0.27	314	85	14656	4300	13509	1216	26949	15035
46.5	43.5	0.27	317	86	14924	4300	13509	1230	27203	15187
47.0	44.0	0.27	320	86	15194	4300	13509	1244	27459	15341
47.5	44.5	0.27	323	87	15467	4300	13509	1258	27717	15496

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>						<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>16 di 82</b>

48.0	45.0	0.27	326	88	15742	4300	13509	1272	27978	15653
48.5	45.5	0.27	329	89	16020	4300	13509	1286	28242	15811
49.0	46.0	0.27	332	90	16300	4300	13509	1301	28508	15971
49.5	46.5	0.27	335	90	16583	4300	13509	1315	28777	16133
50.0	47.0	0.27	338	91	16868	4300	13509	1329	29048	16296

Tabella 2 – Capacità portante per pali trivellati Ø2000 PILA P.27 – trazione

z da p.c.	Lp	$\beta$	$\sigma'v$	$\tau_i$	Qll	qbl	Qbl	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	-	-	8	0	0	0	0	0	0	0
1.0	-	-	16	0	0	0	0	0	0	0
1.5	-	-	24	0	0	0	0	0	0	0
2.0	-	-	32	0	0	0	0	0	0	0
2.5	-	-	40	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0.0	0.80	48	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.80	56	0	0	0	0	-39	0	0
4.0	1.0	0.80	64	0	0	0	0	-79	0	0
4.5	1.5	0.80	72	0	0	0	0	-118	0	0
5.0	2.0	0.80	80	0	0	0	0	-157	0	0
5.5	2.5	0.77	83	0	0	0	0	-181	0	0
6.0	3.0	0.74	86	0	0	0	0	-204	0	0
6.5	3.5	0.71	89	0	0	0	0	-228	0	0
7.0	4.0	0.68	92	0	0	0	0	-251	0	0
7.5	4.5	0.65	95	62	97	0	0	-275	372	330
8.0	5.0	0.62	98	61	289	0	0	-298	588	464
8.5	5.5	0.59	101	60	478	0	0	-322	800	595
9.0	6.0	0.56	104	58	664	0	0	-346	1009	725
9.5	6.5	0.53	107	57	844	0	0	-369	1213	851
10.0	7.0	0.50	110	55	1020	0	0	-393	1412	975
10.5	7.5	0.48	113	54	1191	0	0	-416	1607	1097
11.0	8.0	0.46	116	53	1360	0	0	-440	1800	1217
11.5	8.5	0.44	119	52	1526	0	0	-463	1990	1336
12.0	9.0	0.42	122	51	1689	0	0	-487	2176	1452
12.5	9.5	0.40	125	50	1848	0	0	-511	2359	1567
13.0	10.0	0.38	128	49	2003	0	0	-534	2537	1679

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>						<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>17 di 82</b>

13.5	10.5	0.36	131	47	2153	0	0	-558	2711	1788
14.0	11.0	0.34	134	46	2299	0	0	-581	2880	1895
14.5	11.5	0.32	137	44	2440	0	0	-605	3044	1999
15.0	12.0	0.30	140	42	2574	0	0	-628	3203	2099
15.5	12.5	0.30	143	43	2708	0	0	-652	3360	2199
16.0	13.0	0.30	146	44	2844	0	0	-675	3519	2301
16.5	13.5	0.30	149	45	2983	0	0	-699	3682	2403
17.0	14.0	0.30	151	45	3124	0	0	-723	3846	2508
17.5	14.5	0.30	154	46	3267	0	0	-746	4013	2613
18.0	15.0	0.30	156	47	3413	0	0	-770	4183	2720
18.5	15.5	0.30	159	48	3561	0	0	-793	4355	2828
19.0	16.0	0.30	161	48	3712	0	0	-817	4529	2938
19.5	16.5	0.30	164	49	3865	0	0	-840	4705	3049
20.0	17.0	0.30	166	50	4020	0	0	-864	4884	3161
20.5	17.5	0.30	169	50	4177	0	0	-887	5065	3275
21.0	18.0	0.30	171	51	4336	0	0	-911	5247	3389
21.5	18.5	0.30	174	51	4496	0	0	-935	5431	3504
22.0	19.0	0.29	176	52	4658	0	0	-958	5616	3620
22.5	19.5	0.29	179	52	4822	0	0	-982	5803	3737
23.0	20.0	0.29	181	53	4986	0	0	-1005	5992	3855
23.5	20.5	0.29	184	53	5152	0	0	-1029	6181	3973
24.0	21.0	0.29	186	54	5320	0	0	-1052	6373	4092
24.5	21.5	0.29	189	54	5489	0	0	-1076	6565	4213
25.0	22.0	0.29	191	54	5659	0	0	-1100	6759	4334
25.5	22.5	0.28	194	55	5831	0	0	-1123	6954	4455
26.0	23.0	0.28	196	55	6004	0	0	-1147	7151	4578
26.5	23.5	0.28	199	56	6178	0	0	-1170	7349	4701
27.0	24.0	0.28	201	56	6354	0	0	-1194	7548	4825
27.5	24.5	0.28	204	56	6531	0	0	-1217	7748	4949
28.0	25.0	0.28	206	57	6709	0	0	-1241	7950	5074
28.5	25.5	0.27	209	57	6888	0	0	-1264	8153	5201
29.0	26.0	0.27	212	58	7069	0	0	-1288	8357	5328
29.5	26.5	0.27	215	58	7252	0	0	-1312	8563	5455
30.0	27.0	0.27	218	59	7436	0	0	-1335	8771	5584
30.5	27.5	0.27	221	60	7622	0	0	-1359	8981	5714
31.0	28.0	0.27	224	60	7811	0	0	-1382	9193	5846
31.5	28.5	0.27	227	61	8002	0	0	-1406	9408	5978
32.0	29.0	0.27	230	62	8196	0	0	-1429	9625	6113
32.5	29.5	0.27	233	63	8392	0	0	-1453	9845	6249

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>						<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.02.H5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>18 di 82</b>

33.0	30.0	0.27	236	64	8591	0	0	-1477	10068	6386
33.5	30.5	0.27	239	65	8793	0	0	-1500	10293	6524
34.0	31.0	0.27	242	65	8997	0	0	-1524	10520	6665
34.5	31.5	0.27	245	66	9203	0	0	-1547	10750	6806
35.0	32.0	0.27	248	67	9412	0	0	-1571	10983	6949
35.5	32.5	0.27	251	68	9624	0	0	-1594	11218	7094
36.0	33.0	0.27	254	69	9838	0	0	-1618	11456	7240
36.5	33.5	0.27	257	69	10055	0	0	-1641	11696	7387
37.0	34.0	0.27	260	70	10274	0	0	-1665	11939	7536
37.5	34.5	0.27	263	71	10496	0	0	-1689	12185	7686
38.0	35.0	0.27	266	72	10720	0	0	-1712	12432	7838
38.5	35.5	0.27	269	73	10947	0	0	-1736	12683	7991
39.0	36.0	0.27	272	73	11177	0	0	-1759	12936	8146
39.5	36.5	0.27	275	74	11409	0	0	-1783	13191	8302
40.0	37.0	0.27	278	75	11643	0	0	-1806	13450	8460
40.5	37.5	0.27	281	76	11880	0	0	-1830	13710	8619
41.0	38.0	0.27	284	77	12120	0	0	-1854	13973	8779
41.5	38.5	0.27	287	77	12362	0	0	-1877	14239	8941
42.0	39.0	0.27	290	78	12607	0	0	-1901	14507	9105
42.5	39.5	0.27	293	79	12854	0	0	-1924	14778	9269
43.0	40.0	0.27	296	80	13104	0	0	-1948	15052	9436
43.5	40.5	0.27	299	81	13356	0	0	-1971	15327	9603
44.0	41.0	0.27	302	82	13611	0	0	-1995	15606	9773
44.5	41.5	0.27	305	82	13868	0	0	-2018	15887	9943
45.0	42.0	0.27	308	83	14128	0	0	-2042	16170	10115
45.5	42.5	0.27	311	84	14391	0	0	-2066	16457	10289
46.0	43.0	0.27	314	85	14656	0	0	-2089	16745	10464
46.5	43.5	0.27	317	86	14924	0	0	-2113	17036	10641
47.0	44.0	0.27	320	86	15194	0	0	-2136	17330	10818
47.5	44.5	0.27	323	87	15467	0	0	-2160	17626	10998
48.0	45.0	0.27	326	88	15742	0	0	-2183	17925	11179
48.5	45.5	0.27	329	89	16020	0	0	-2207	18227	11361
49.0	46.0	0.27	332	90	16300	0	0	-2231	18530	11545
49.5	46.5	0.27	335	90	16583	0	0	-2254	18837	11730
50.0	47.0	0.27	338	91	16868	0	0	-2278	19146	11917

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>19 di 82</b>
		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					

## 6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

L'analisi dei carichi che interessano la pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dagli impalcati afferenti e quelle direttamente applicate sulla pila.

I carichi trasmessi dagli impalcati sono relativi alle condizioni di carico elementari, opportunamente combinate secondo le vigenti normative, analizzate nel dettaglio nelle rispettive relazioni di calcolo degli impalcati tipo che afferiscono alla pila in esame.

Si riportano di seguito la sintesi delle azioni provenienti dagli impalcati e l'analisi dei carichi elementari che interessano direttamente la pila.

### 6.1 CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

Per la sintesi degli scarichi espletati dagli appoggi d'impalcato sulla pila, relativamente ai due lati, fisso e mobile, per ciascuna delle condizioni di carico elementari analizzate, si faccia riferimento al capitolo relativo alle sollecitazioni e alle verifiche della pila, presentato nell'analisi dei risultati.

In particolare, per quanto riguarda i carichi da traffico ferroviario trasmessi dall'impalcato, si sono considerati coefficienti dinamici unitari, conformemente con quanto prescritto nel par.2.5.1.4.2.5.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", poiché le pile in esame presentano un valore di snellezza  $\lambda < 30$ .

### 6.2 AZIONE DEL VENTO SULLA PILA $Q_6$

Si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento sul fusto della pila in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto. La sezione della pila è assimilata, per questo calcolo, a un rettangolo di dimensioni  $B_L \times B_T$ .

Si assume cautelativamente una pressione di progetto pari a  $2,5\text{kN/m}^2$ .

Risulta pertanto sui due lati del fusto della pila:

$$q_{T,vento} = 2,5\text{kN/m}^2 \times B_L - \text{Carico unitario in direzione trasversale all'asse del viadotto}$$

$$q_{L,vento} = 2,5\text{kN/m}^2 \times B_T - \text{Carico unitario in direzione parallela all'asse del viadotto}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 20 di 82

### 6.3 AZIONI SISMICHE Q<sub>7</sub>

Nel presente paragrafo si riportano la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del DM 14.1.2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 14.1.2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$a_g$ : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 21 di 82

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T^*_C$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

$C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$ : con  $S_S$  pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 22 di 82

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

$F_V$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale ( $V_N$ ), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM14/1/2008 a velocità convenzionale $V < 250$ Km/h	50
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h	75
Altre opere nuove a velocità $V > 250$ Km/h	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	$\geq 100$

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni.

### Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 23 di 82

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

### Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a  $75 \times 1,5 = 112,5$  anni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 24 di 82

### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### Accelerazione ( $a_g$ ), fattore ( $F_0$ ) e periodo ( $T^*_c$ )

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima sul sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento ( $V_R$ ), e quindi dalla vita nominale ( $V_N$ ) e dalla classe d'uso ( $C_u$ ) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Latitudine: 40.934039°

Longitudine: 14.355459°

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A
					PAGINA 25 di 82	

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.072	2.345	0.324
SLD	113	0.092	2.351	0.335
SLV	1068	0.218	2.470	0.357
SLC	2193	0.269	2.560	0.359

Tabella 3: Valutazione dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_C^*$  per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

I parametri ai quali si è fatto riferimento nella definizione dell'azione sismica di progetto, indicati nella tabella precedente, corrispondono, cautelativamente, a quei parametri che danno luogo al sisma di massima entità, fra tutti quelli individuati lungo le progressive dell'opera in progetto.

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 14.1.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica. Per quanto riguarda lo stato limite di collasso (SLC), questo è stato considerato per le combinazioni sismiche di verifica dei ritegni sismici; si faccia pertanto riferimento alle considerazioni presentate nelle rispettive relazioni di calcolo di impalcato.

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici e di progetto per il restante stato limite (SLV).

### Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	26 di 82

nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_{s30}$ , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. 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 $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>27 di 82</b>

### Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti,  $S_s$  e  $C_c$ , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.38$$

$$C_c = 1.48$$

### Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame  $S_T = 1$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>		REV. <b>A</b>

### 6.3.1 Spettri di risposta elastici

In accordo con le prescrizioni normative, lo spettro di risposta elastico è stato considerato solo ai fini della valutazione delle azioni in fondazione e delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

#### Stato limite di salvaguardia della vita

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita e la tabella dei parametri rispettivi.

#### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

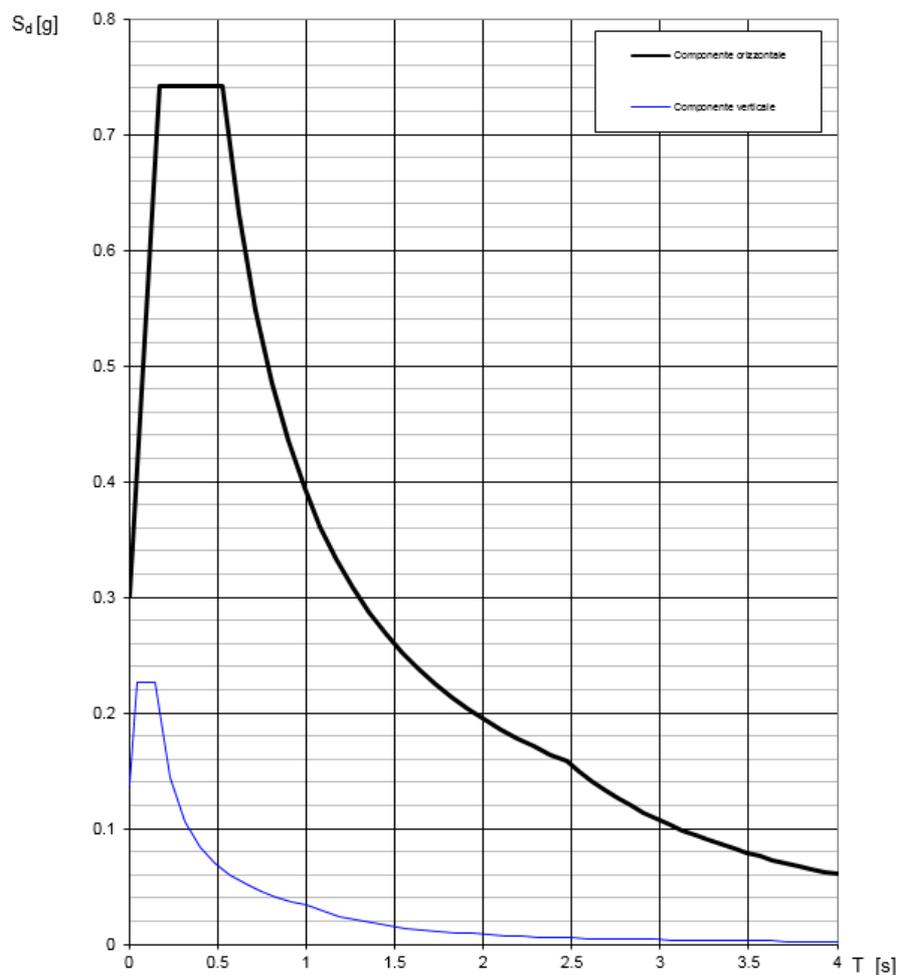


Figura 6: Spettri di risposta elastici\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.      SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	29 di 82

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.218 g
$F_0$	2.470
$T_C$	0.357 s
$S_S$	1.377
$C_C$	1.476
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.377
$\eta$	1.000
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.526 s
$T_D$	2.473 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.300
$T_B$	0.175	0.742
$T_C$	0.526	0.742
	0.619	0.631
	0.712	0.549
	0.804	0.485
	0.897	0.435
	0.990	0.394
	1.082	0.361
	1.175	0.332
	1.268	0.308
	1.360	0.287
	1.453	0.269
	1.546	0.253
	1.638	0.238
	1.731	0.225
	1.824	0.214
	1.916	0.204
	2.009	0.194
	2.102	0.186
	2.195	0.178
	2.287	0.171
	2.380	0.164
$T_D$	2.473	0.158
	2.545	0.149
	2.618	0.141
	2.691	0.133
	2.764	0.126
	2.836	0.120
	2.909	0.114
	2.982	0.109
	3.054	0.103
	3.127	0.099
	3.200	0.094
	3.273	0.090
	3.345	0.086
	3.418	0.083
	3.491	0.079
	3.564	0.076
	3.636	0.073
	3.709	0.070
	3.782	0.067
	3.855	0.065
	3.927	0.063
	4.000	0.060

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 30 di 82

### 6.3.2 Spettri di risposta di progetto

In accordo con il par. 3.2.3.5 del DM 14.1.2008 le capacità dissipative delle strutture possono essere prese in considerazione attraverso una riduzione delle forze elastiche. Tale riduzione tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  che ne risulta, sia per le componenti orizzontali, che per la componente verticale, deriva dunque dallo spettro elastico con le ordinate ridotte e lo si ottiene sostituendo, nelle espressioni che lo definiscono, il termine  $\eta$  con il termine  $1/q$ , dove  $q$  è il cosiddetto fattore di struttura.

Il fattore di struttura è definito in accordo con il par. 7.3.1 del DM 14.1.2008:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u / \alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

$K_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel caso di pile da ponte in c.a. in **classe di duttilità "B" (CD "B")**, in accordo con il par. 7.9.2.1 (Tabella 7.9.I) DM 14.1.2008 (Tabella 7.9.I), il valore di  $q_0$  è pari ad 1.5 mentre il valore di  $K_R$  è pari ad 1, per cui, in definitiva, per le componenti orizzontali dell'azione sismica si adotta:

$$q = 1.5$$

Per la componente verticale, il fattore di struttura per i ponti è unitario ( $q = 1$ ), quindi si utilizza lo spettro elastico.

L'utilizzo di uno spettro di risposta di progetto ( $q > 1$ ) implica il rispetto di quelli che sono i requisiti normativi della gerarchia delle resistenze, descritti nello specifico nei paragrafi relativi al calcolo e alla verifica dei singoli elementi strutturali.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.H5.001	REV. A	PAGINA 31 di 82

### Stato limite di salvaguardia della vita

Secondo quanto riportato nel DM 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 3.2.3.5, lo spettro di progetto delle componenti orizzontali per lo SLV è stato determinato secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\frac{1}{q} \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{15}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

In cui :

$C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>32 di 82</b>				

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_B$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$T_D$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

$q$ : fattore di struttura.

Sulla base delle coordinate geografiche del sito su cui sorge l'opera in esame, sono stati determinati gli spettri di risposta di progetto ed i parametri per lo *SLV*, riportati di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>									
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>33 di 82</b>

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

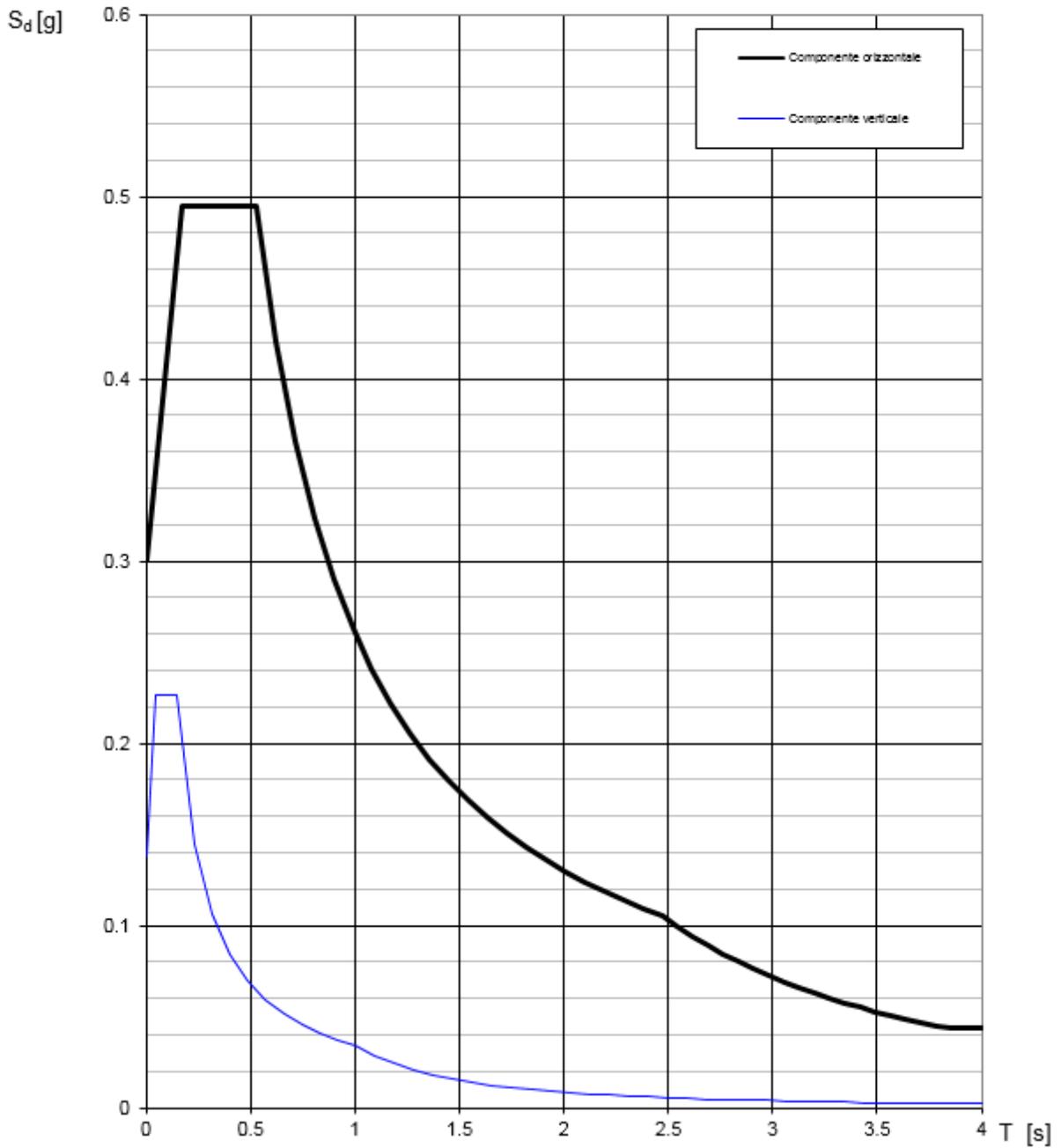


Figura 7: Spettri di risposta di progetto ( $q=1,5$ )\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.02.H5.001    A    34 di 82</b>

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.218 g
$F_0$	2.470
$T_C$	0.357 s
$S_S$	1.377
$C_C$	1.476
$S_T$	1.000
$q$	1.500

### Parametri dipendenti

$S$	1.377
$\eta$	0.667
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.526 s
$T_D$	2.473 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.300
$T_B$	0.175	0.495
$T_C$	0.526	0.495
	0.619	0.421
	0.712	0.366
	0.804	0.324
	0.897	0.290
	0.990	0.263
	1.082	0.240
	1.175	0.221
	1.268	0.205
	1.360	0.191
	1.453	0.179
	1.546	0.168
	1.638	0.159
	1.731	0.150
	1.824	0.143
	1.916	0.136
	2.009	0.130
	2.102	0.124
	2.195	0.119
	2.287	0.114
	2.380	0.109
$T_D$	2.473	0.105
	2.545	0.099
	2.618	0.094
	2.691	0.089
	2.764	0.084
	2.836	0.080
	2.909	0.076
	2.982	0.072
	3.054	0.069
	3.127	0.066
	3.200	0.063
	3.273	0.060
	3.345	0.057
	3.418	0.055
	3.491	0.053
	3.564	0.051
	3.636	0.049
	3.709	0.047
	3.782	0.045
	3.855	0.044
	3.927	0.044
	4.000	0.044

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	35 di 82

### **6.3.3 Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse**

Il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate (direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e trasversale); per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Per quanto riguarda la valutazione delle masse sismiche, nel caso di ponti, in accordo con il par. 3.2.4 del D.M. 14/01/2008, oltre alla massa efficace dell'impalcato e della pila, è stata considerata un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei treni: questo è stato ottenuto tenendo conto dello scenario più gravoso tra quello che vede la presenza sui due binari di due treni di carico LM71 e quello caratterizzato da un treno LM71 e da un treno tipo SW/2.

In direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, la lunghezza di impalcato di competenza della pila, per il calcolo delle masse sismiche, è quella relativa all'impalcato "lato fisso"; in direzione trasversale, è pari alla somma della metà della luce dell'impalcato "lato fisso" e della metà di quella dell'impalcato "lato mobile".

La valutazione delle masse sismiche è esplicitata nell'analisi dei risultati, per ciascuna delle due direzioni di verifica.

### **6.4 VARIAZIONI TERMICHE $\epsilon_3$**

Per l'analisi termica delle pile cave, eseguita in accordo con quanto previsto nel par. 5.2.2.5.2 del DM 14.1.2008, si rimanda all'apposita relazione di calcolo.

### **6.5 RIEPILOGO DEI CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO**

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo di tutte le azioni trasmesse dagli impacati alla pila in corrispondenza della sommità del pulvino.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA <b>IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.H5.001 A 36 di 82</b>	

In dettaglio la pila in oggetto ospita:

### IMPALCATO 25m LATO FISSO:

Sigla	Tipologia	Descrizione	APP. 1 (MULTIDIR.)			APP. 2 (FISSO)			APP. 3 (FISSO)			APP. 4 (MULTIDIR.)		
			N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta	794.5	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	794.5	0.0	0.0
G2 (G2.1+G2.2+G2.3+G2.4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore	688.2	0.0	0.0	640.1	0.0	0.0	640.3	0.0	0.0	688.8	0.0	0.0
Q3.a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1	-36.1	0.0	0.0	-37.2	43.1	403.1	-31.8	43.1	421.9	-26.6	0.0	0.0
Q3.a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1	-39.7	0.0	0.0	-41.0	47.4	443.5	-35.0	47.4	464.0	-29.3	0.0	0.0
Q3.a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2	29.3	0.0	0.0	35.0	47.4	-464.0	41.0	47.4	-443.5	39.7	0.0	0.0
Q3.f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1	38.2	0.0	0.0	39.5	-45.7	-427.6	33.7	-45.7	-447.4	28.2	0.0	0.0
Q3.f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1	24.0	0.0	0.0	24.8	-28.8	-268.8	21.2	-28.7	-281.2	17.7	0.0	0.0
Q3.f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2	-17.7	0.0	0.0	-21.2	-28.7	281.2	-24.8	-28.8	268.8	-24.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1	-121.7	0.0	0.0	-47.0	93.1	6.8	40.5	92.6	-6.8	128.2	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1	-135.0	0.0	0.0	-51.3	102.8	7.8	45.4	102.4	-7.8	140.9	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2	-141.0	0.0	0.0	-45.4	102.4	7.8	51.3	102.9	-7.8	135.1	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1	-19.4	0.0	0.0	-7.1	25.1	2.3	7.1	25.1	-2.3	19.4	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q6	Vento	Azione del vento	-210.4	0.0	0.0	-75.3	201.8	15.0	73.4	201.7	-15.0	212.2	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1	-11.6	0.0	0.0	292.6	0.0	0.0	574.5	0.0	0.0	810.9	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2	815.6	0.0	0.0	568.6	0.0	0.0	290.5	0.0	0.0	-11.5	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1	-9.2	0.0	0.0	322.3	0.0	0.0	639.9	0.0	0.0	923.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi permanenti)	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.9
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi variabili)	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4

### IMPALCATO 80m LATO MOBILE:

Sigla	Tipologia	Descrizione	LATO MOBILE					
			APP. 1			APP. 2		
			N	H	HI	N	H	HI
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta	6200	0	0	6200	0	0
G2 (G2.1+G2.2+G2.3+G2.4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore	3900	0	0	3750	0	0
Q3.a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1 (±)*	0	20	0	0	0	0
Q3.a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1 (±)*	0	30	0	0	0	0
Q3.a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2 (±)*	0	30	0	0	0	0
Q3.f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1 (±)*	0	100	0	50	0	0
Q3.f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1 (±)*	0	60	0	50	0	0
Q3.f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2 (±)*	50	30	0	0	0	0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1 (±)*	100	390	0	50	0	0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1 (±)*	150	460	0	150	0	0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2 (±)*	150	460	0	150	0	0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1 (±)*	0	110	0	0	0	0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1 (±)*	0	120	0	0	0	0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2 (±)*	0	120	0	0	0	0
Q6	Vento	Azione del vento (±)*	500	740	0	500	0	0
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1	2850	40	0	1500	0	0
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2	1550	30	0	2800	0	0
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1	3450	40	0	1700	0	0
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi permanenti) (±)	0	500	510	0	500	500
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi variabili) (±)	0	140	150	0	140	140
Q3.a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 2 (±)*	0	30	0	0	0	0
Q3.f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 2 (±)*	50	50	0	0	0	0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 2 (±)*	100	390	0	50	0	0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 2 (±)*	0	110	0	0	0	0
SW2_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 2	1800	20	0	3350	0	0
Tk	Termica	Termica differenziale (±)	0	100	0	0	0	0
SismaX	Sismica	Azione sismica SLV in direzione longitudinale all'impalcato (±) *	2350	550	0	2350	0	0
SismaY	Sismica	Azione sismica SLV in direzione trasversale all'impalcato (±) *	3850	6280	0	3800	0	0
SismaZ	Sismica	Azione sismica SLV verticale all'impalcato (±) *	1450	360	0	1500	0	0
SismaX	Sismica	Azione sismica SLC in direzione longitudinale all'impalcato (±) *	2500	580	0	2500	0	0
SismaY	Sismica	Azione sismica SLC in direzione trasversale all'impalcato (±) *	4100	6670	0	4050	0	0
SismaZ	Sismica	Azione sismica SLC verticale all'impalcato (±) *	1650	400	0	1700	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 37 di 82</b>

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2008:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  e quelli dei coefficienti di combinazione  $\Psi_{ij}$  sono stati desunti dal par. 5.2.3.3.1 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti ferroviari'. Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento.

Per quanto riguarda il coefficiente di combinazione  $\Psi_{2j}$  relativo ai carichi dovuti al transito dei treni, come anticipato in precedenza, questo si assume pari a 0,2 nelle combinazioni sismiche, conformemente a quanto prescritto nel par. 3.2.4 del DM 14.1.2008.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.H5.001</td> <td>A</td> <td>38 di 82</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	38 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.H5.001	A	38 di 82								

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Figura 8: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$\mathcal{E}1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$\mathcal{E}2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$\mathcal{E}3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$\mathcal{E}4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 9: Valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.02.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>39 di 82</b>

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 10: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008

Conformemente con quanto prescritto al par.5.2.3.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008, gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008, riportata di seguito.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Figura 11: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nel prospetto di seguito i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni di carico adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>PILA TIPO C.5 (P27) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA <b>IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.H5.001 A 40 di 82</b>

Combinazione	Gruppo	Traffico	G1	G2	Q3,a B1-SW2	Q3,a B1-LM71	Q3,a B2-LM71	Q3,f B1-SW2	Q3,f B1-LM71	Q3,f B2-LM71	Q4 B1-SW2	Q4 B1-LM71	Q4 B2-LM71	Q5 B1-SW2	Q5 B1-LM71	Q5 B2-LM71	Q6	LM71_B1	LM71_B2	SW2_B1	A_Gk	A_Qk
SLU-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1.35	1.5	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45
SLU-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1.35	1.5	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45
SLU-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45
SLU-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45
SLU-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	Gr.1	(N)	1	1	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	Gr.3	(N)	1	1	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLV-EL+0.3ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLV-0.3EL+ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLE-C-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1	1	0	1	1	0.6	1	1	0	-1	-1
SLE-C-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.6	1	1	0	-1	-1
SLE-C-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0	1	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5
SLE-C-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5
SLE-C-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-F-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.4	0	0	0	0.4	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8
SLE-F-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.4	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4
SLE-F-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4
SLE-F-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-QP	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 4: Combinazioni di carico

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	41 di 82

I casi di carico che figurano nelle combinazioni sopra riportate, fanno riferimento alle seguenti azioni.

CASI DI CARICO		
Sigla	Tipologia	Descrizione
-	-	-
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore
Q3,a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1
Q3,a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1
Q3,a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2
Q6	Vento	Azione del vento
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi permanenti)
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi variabili)

Tabella 5 – Casi di carico

Per quanto riguarda le condizioni di traffico indicate nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, queste fanno riferimento rispettivamente a:

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>										
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di  calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>42 di 82</b>					

- **(N):** Condizioni di traffico normale (modello di carico LM71 su binario 1 e 2) su entrambe le campate afferenti;
- **(P):** Condizioni di traffico pesante (modello di carico SW/2 su binario 1 e LM71 su binario 2) su entrambe le campate afferenti;
- **1SW/2:** Condizioni di traffico pesante con un solo binario carico (SW/2 su binario 1) su entrambe le campate afferenti;
- **Max ML:** Condizioni di traffico pesante (SW/2 su binario 1, LM71 su binario 2) solo sulla campata lato appoggi fissi.

Per quanto riguarda i gruppi di carico analizzati, come visibile nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 (Gr.1-3), che danno luogo a sollecitazioni maggiori per le strutture in elevazione e in fondazione.

Inoltre, in accordo con la Tabella 5.2.V del DM 14.1.2008, le combinazioni allo SLU sono state duplicate considerando sia il possibile effetto sfavorevole che quello favorevole dei carichi permanenti strutturali e non. Nel secondo caso si sono quindi assunti valori unitari per i coefficienti  $\gamma_{Gk}$ .

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	43 di 82

## 8 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - "Norme tecniche per le costruzioni"- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili" - RFI DTC SI MA IFS 001 A .

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

### 8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

#### 8.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili".

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione 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	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 6: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

Nella Tabella sopra riportata,  $w_1=0.2\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ;  $w_3=0.4\text{mm}$ .

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 44 di 82</b>	

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

- a)  $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- *Stato limite di fessurazione:*  $w_d \leq w_1 = 0.2$  mm - combinazione di carico rara

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure  $w_d$  è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di  $\epsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

### 8.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 2.5.1.8.3.2.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_c < 0,55 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0,40 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente.

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>45 di 82</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	45 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	45 di 82								

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove  $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>46 di 82</b>

## 8.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 8.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 8.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>47 di 82</b>

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- $d$  è l'altezza utile della sezione;
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione;
- $\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- $S$  è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>48 di 82</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	48 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	48 di 82								

$\alpha$

è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>49 di 82</b>

## 9 CRITERI DI MODELLAZIONE

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio. Per il calcolo di tali sollecitazioni ci si è serviti di un modello di calcolo tridimensionale implementato nel software Midas gen e schematizzante la geometria dell'intera pila.

Tale modello è caratterizzato da elementi bidimensionali dotati di spessore del tipo "Shell" che modellano la platea di fondazione. L'elevazione è modellata con elementi beam per una maggiore semplicità nella lettura delle sollecitazioni.

I vincoli del sistema sono costituiti da molle che limitano la libertà di movimento dei nodi relativi alla palificata. I carichi assegnati nei vari punti della struttura sono desunti dal Cap. 6. Nelle figure di seguito riportate si evidenzia il modello tridimensionale implementato in Midas Gen.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse trasversale rispetto all'asse del viadotto
- y = asse longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- z = asse verticale

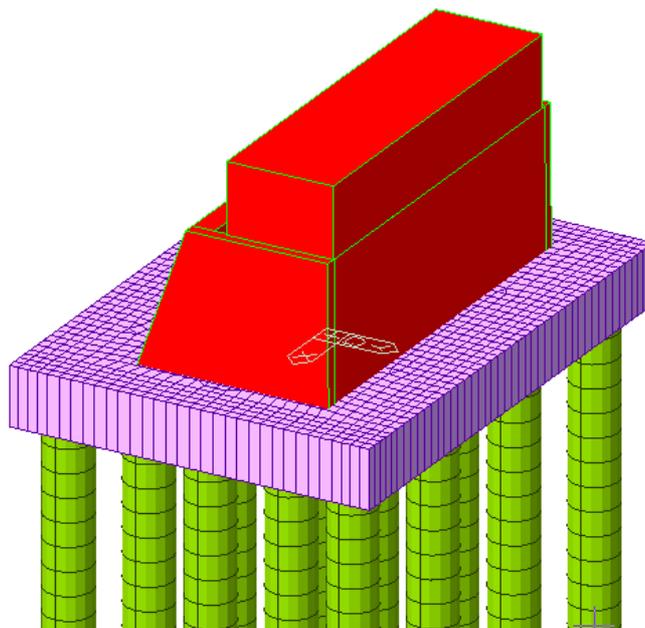


Figura 13: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D

<p>PALTATORE:</p> <p><u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b></p> <p><u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b></p>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b></p> <p align="center"><b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<p>PROGETTISTA:</p> <p><u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b></p> <p><u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b></p>													
<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p><b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b></p>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>50 di 82</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	50 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	50 di 82								

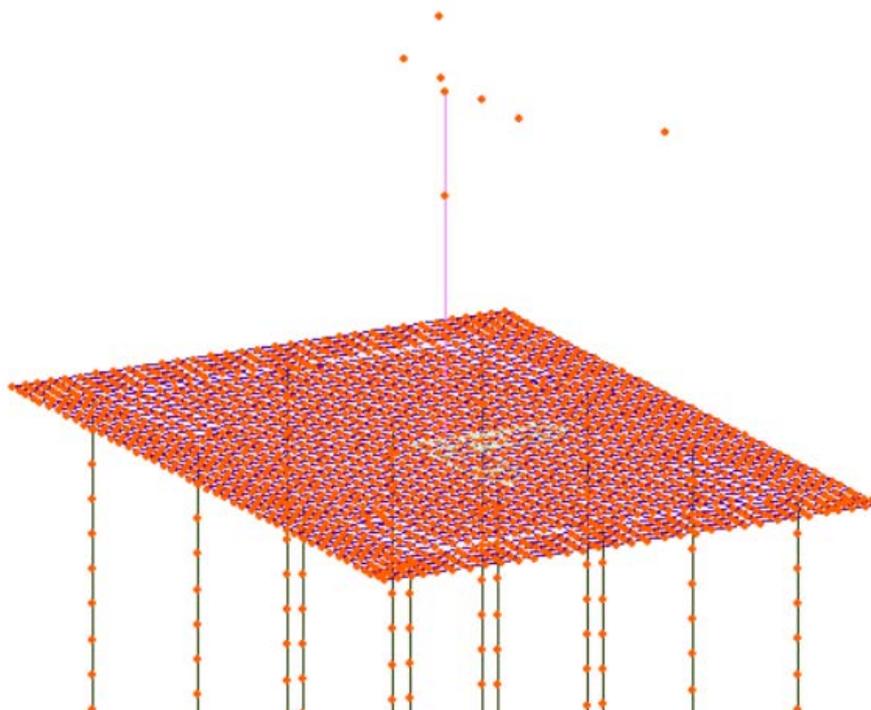


Figura 14: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) aste

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>51 di 82</b>

## 10 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA

Si riportano a seguire le sollecitazioni per la pila dell'impalcato nella sezione di base.

Elem	Load	Axial (kN)	Moment-z (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)
2027	SLU-Gr.1(N)	-69747.4	141127.3	-14926.9	11423.5	-1800.3
2027	SLU-Gr.3(N)	-68809.7	149114.3	-4456.7	12189.9	-818.6
2027	SLU-Gr.1(P)	-71540.1	117987.2	-10355.6	9134.4	-1677.0
2027	SLU-Gr.3(P)	-71062.6	103620.1	-205.6	7723.2	-676.5
2027	SLU-Gr.1-1SW/2	-61724.7	106416.8	7944.2	8394.4	-605.5
2027	SLU-Gr.3-1SW/2	-61522.8	99749.7	13140.8	7730.5	-79.1
2027	SLU-Gr.1-MaxML	-71485.6	121195.6	-12491.9	9445.8	-1880.0
2027	SLU-Gr.3-MaxML	-71008.1	106828.6	-2341.9	8034.6	-879.5
2027	SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-56870.3	118091.4	-18941.2	9547.5	-2150.3
2027	SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-55932.6	126078.4	-8470.9	10313.8	-1168.6
2027	SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-58663.0	94951.3	-14369.9	7258.4	-2027.0
2027	SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-58185.5	80584.2	-4219.9	5847.2	-1026.5
2027	SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.	-48847.6	83380.9	3929.9	6518.3	-955.5
2027	SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.	-48645.7	76713.7	9126.5	5854.5	-429.1
2027	SLU-Gr.1-MaxML -	-58663.0	94951.3	-14369.9	7258.4	-2027.0
2027	SLU-Gr.3-MaxML -	-58185.5	80584.2	-4219.9	5847.2	-1026.5
2027	SLV-0.3EL+ET	-46445.7	236393.5	-75350.3	22745.8	-7754.3
2027	SLV-EL+ET0.3	-43336.1	218857.1	-77263.3	20071.4	-9106.5
2027	SLE-C-Gr.1(N)	-50618.6	101805.2	-9284.6	8244.4	-1149.0
2027	SLE-C-Gr.3(N)	-49971.9	107313.5	-2063.8	8772.9	-472.0
2027	SLE-C-Gr.1(P)	-51855.0	85846.5	-6132.0	6665.7	-1064.0
2027	SLE-C-Gr.3(P)	-51525.7	75938.2	868.0	5692.5	-374.0
2027	SLE-C-Gr.1-1SW/2	-45085.7	77866.9	6488.6	6155.3	-325.0
2027	SLE-C-Gr.3-1SW/2	-44946.5	73268.9	10072.4	5697.5	38.0
2027	SLE-C-Gr.1-MaxML	-51855.0	85846.5	-6132.0	6665.7	-1064.0
2027	SLE-C-Gr.3-MaxML	-51525.7	75938.2	868.0	5692.5	-374.0
2027	SLE-F-Gr.1(N)	-47380.4	93143.5	-56.6	7584.9	-172.0
2027	SLE-F-Gr.3(N)	-46863.1	97550.1	5720.1	8007.7	369.6
2027	SLE-F-Gr.1(P)	-48369.5	80376.5	2465.5	6321.9	-104.0
2027	SLE-F-Gr.3(P)	-48106.0	72449.9	8065.5	5543.3	448.0
2027	SLE-QP	-36609.9	76535.3	945.7	6400.3	0.0

Il fusto è armato con un quantitativo di armatura longitudinale  $\Phi 24/20$  distribuito lungo il perimetro disposte sia lungo il lato interno-interno che interno-esterno, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 404 ferri. La verifica risulta soddisfatta e porge i seguenti risultati. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software commerciale Rc-Sec.

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>52 di 82</b>

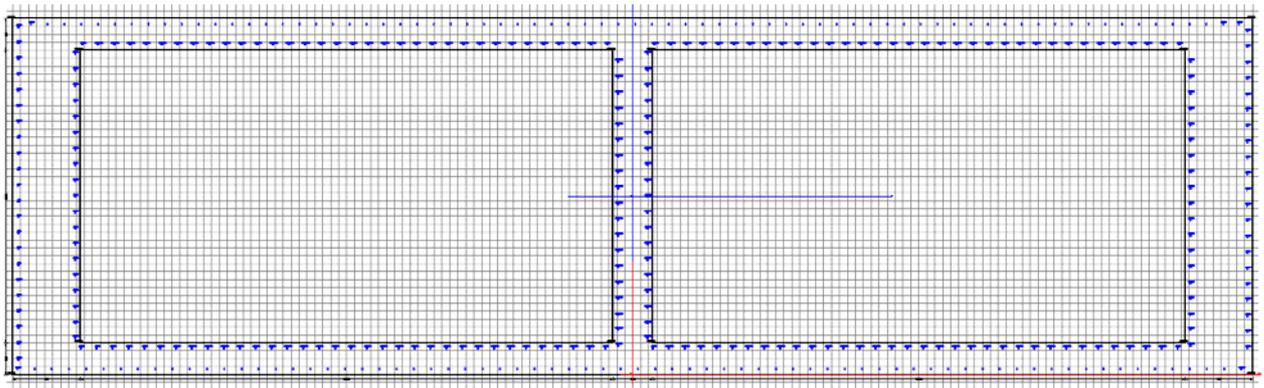


Figura 15: Sezione di spiccato  $\Phi 24/20$

Di seguito si riportano le verifiche della sezione per tutte le combinazioni descritte in precedenza:

- **CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

- **DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-780.0	0.0
2	-780.0	450.0
3	780.0	450.0
4	780.0	0.0

- **DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	25.0	40.0
2	25.0	410.0
3	695.0	410.0
4	695.0	40.0

- **DOMINIO N° 3**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-695.0	40.0
2	-695.0	410.0
3	-25.0	410.0
4	-25.0	40.0

- **DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>53 di 82</b>

-				
-	1	-773.2	139.0	24
-	2	-773.2	159.0	24
-	3	-773.2	179.0	24
-	4	-773.2	199.0	24
-	5	-773.2	219.0	24
-	6	-773.2	239.0	24
-	7	-773.2	259.0	24
-	8	-773.2	279.0	24
-	9	-773.2	299.0	24
-	10	-773.2	319.0	24
-	11	-773.2	339.0	24
-	12	-773.2	359.0	24
-	13	-773.2	379.0	24
-	14	-773.2	399.0	24
-	15	-773.2	419.0	24
-	16	-773.2	439.0	24
-	17	-757.4	443.2	24
-	18	742.6	443.2	24
-	19	762.6	443.2	24
-	20	773.2	433.8	24
-	21	773.2	413.8	24
-	22	773.2	393.8	24
-	23	773.2	373.8	24
-	24	773.2	353.8	24
-	25	773.2	333.8	24
-	26	773.2	313.8	24
-	27	773.2	293.8	24
-	28	773.2	273.8	24
-	29	773.2	253.8	24
-	30	773.2	233.8	24
-	31	773.2	213.8	24
-	32	773.2	193.8	24
-	33	773.2	173.8	24
-	34	773.2	153.8	24
-	35	773.2	133.8	24
-	36	-18.2	36.8	24
-	37	-34.6	33.2	24
-	38	-694.6	33.2	24
-	39	-701.8	46.0	24
-	40	-701.8	406.0	24
-	41	-692.6	416.8	24
-	42	-32.6	416.8	24
-	43	701.8	56.8	24
-	44	701.8	36.8	24
-	45	685.4	33.2	24
-	46	25.4	33.2	24
-	47	27.4	416.8	24
-	48	687.4	416.8	24
-	49	-774.4	6.8	24
-	50	765.6	6.8	24
-	51	-701.8	144.8	24
-	52	-701.8	164.8	24
-	53	-701.8	184.8	24
-	54	-701.8	204.8	24
-	55	-701.8	224.8	24
-	56	-701.8	244.8	24
-	57	-701.8	264.8	24
-	58	-701.8	284.8	24
-	59	-701.8	304.8	24
-	60	-701.8	324.8	24
-	61	-701.8	344.8	24
-	62	-701.8	364.8	24
-	63	-701.8	384.8	24
-	64	-701.8	104.8	24
-	65	-701.8	124.8	24
-	66	-701.8	84.8	24
-	67	-701.8	64.8	24
-	68	-773.2	59.0	24
-	69	-773.2	79.0	24

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>54 di 82</b>

-	70	-773.2	99.0	24
-	71	-773.2	119.0	24
-	72	-773.2	19.0	24
-	73	-773.2	39.0	24
-	74	701.8	155.6	24
-	75	701.8	175.6	24
-	76	701.8	195.6	24
-	77	701.8	215.6	24
-	78	701.8	235.6	24
-	79	701.8	255.6	24
-	80	701.8	275.6	24
-	81	701.8	295.6	24
-	82	701.8	315.6	24
-	83	701.8	335.6	24
-	84	701.8	355.6	24
-	85	701.8	375.6	24
-	86	701.8	395.6	24
-	87	701.8	115.6	24
-	88	701.8	135.6	24
-	89	701.8	95.6	24
-	90	701.8	75.6	24
-	91	773.2	113.8	24
-	92	773.2	93.8	24
-	93	773.2	73.8	24
-	94	773.2	53.8	24
-	95	773.2	33.8	24
-	96	-674.6	33.2	24
-	97	-654.6	33.2	24
-	98	-634.6	33.2	24
-	99	-614.6	33.2	24
-	100	-594.6	33.2	24
-	101	-574.6	33.2	24
-	102	-554.6	33.2	24
-	103	-534.6	33.2	24
-	104	-514.6	33.2	24
-	105	-494.6	33.2	24
-	106	-474.6	33.2	24
-	107	-454.6	33.2	24
-	108	-434.6	33.2	24
-	109	-414.6	33.2	24
-	110	-394.6	33.2	24
-	111	-374.6	33.2	24
-	112	-354.6	33.2	24
-	113	-334.6	33.2	24
-	114	-314.6	33.2	24
-	115	-294.6	33.2	24
-	116	-294.6	33.2	24
-	117	-274.6	33.2	24
-	118	-254.6	33.2	24
-	119	-234.6	33.2	24
-	120	-214.6	33.2	24
-	121	-194.6	33.2	24
-	122	-174.6	33.2	24
-	123	-154.6	33.2	24
-	124	-134.6	33.2	24
-	125	-114.6	33.2	24
-	126	-94.6	33.2	24
-	127	-74.6	33.2	24
-	128	-54.6	33.2	24
-	129	-672.6	416.8	24
-	130	-652.6	416.8	24
-	131	-632.6	416.8	24
-	132	-612.6	416.8	24
-	133	-592.6	416.8	24
-	134	-572.6	416.8	24
-	135	-552.6	416.8	24
-	136	-532.6	416.8	24
-	137	-512.6	416.8	24
-	138	-492.6	416.8	24
-	139	-472.6	416.8	24

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>55 di 82</b>

-	140	-452.6	416.8	24
-	141	-432.6	416.8	24
-	142	-412.6	416.8	24
-	143	-392.6	416.8	24
-	144	-372.6	416.8	24
-	145	-352.6	416.8	24
-	146	-332.6	416.8	24
-	147	-312.6	416.8	24
-	148	-292.6	416.8	24
-	149	-292.6	416.8	24
-	150	-272.6	416.8	24
-	151	-252.6	416.8	24
-	152	-232.6	416.8	24
-	153	-212.6	416.8	24
-	154	-192.6	416.8	24
-	155	-172.6	416.8	24
-	156	-152.6	416.8	24
-	157	-132.6	416.8	24
-	158	-112.6	416.8	24
-	159	-92.6	416.8	24
-	160	-72.6	416.8	24
-	161	-52.6	416.8	24
-	162	47.4	416.8	24
-	163	67.4	416.8	24
-	164	87.4	416.8	24
-	165	107.4	416.8	24
-	166	127.4	416.8	24
-	167	147.4	416.8	24
-	168	167.4	416.8	24
-	169	187.4	416.8	24
-	170	207.4	416.8	24
-	171	227.4	416.8	24
-	172	247.4	416.8	24
-	173	267.4	416.8	24
-	174	287.4	416.8	24
-	175	307.4	416.8	24
-	176	327.4	416.8	24
-	177	347.4	416.8	24
-	178	367.4	416.8	24
-	179	387.4	416.8	24
-	180	407.4	416.8	24
-	181	427.4	416.8	24
-	182	427.4	416.8	24
-	183	447.4	416.8	24
-	184	467.4	416.8	24
-	185	487.4	416.8	24
-	186	507.4	416.8	24
-	187	527.4	416.8	24
-	188	547.4	416.8	24
-	189	567.4	416.8	24
-	190	587.4	416.8	24
-	191	607.4	416.8	24
-	192	627.4	416.8	24
-	193	647.4	416.8	24
-	194	667.4	416.8	24
-	195	45.4	33.2	24
-	196	65.4	33.2	24
-	197	85.4	33.2	24
-	198	105.4	33.2	24
-	199	125.4	33.2	24
-	200	145.4	33.2	24
-	201	165.4	33.2	24
-	202	185.4	33.2	24
-	203	205.4	33.2	24
-	204	225.4	33.2	24
-	205	245.4	33.2	24
-	206	265.4	33.2	24
-	207	285.4	33.2	24
-	208	305.4	33.2	24
-	209	325.4	33.2	24



PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>57 di 82</b>

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	69747.38	141127.28	-14926.93	0.00	0.00
2	68809.69	149114.32	-4456.69	0.00	0.00
3	71540.07	117987.17	-10355.62	0.00	0.00
4	71062.57	103620.13	-205.61	0.00	0.00
5	61724.67	106416.82	7944.17	0.00	0.00
6	61522.78	99749.65	13140.77	0.00	0.00
7	71485.63	121195.58	-12491.91	0.00	0.00
8	71008.13	106828.55	-2341.90	0.00	0.00
9	56870.26	118091.36	-18941.17	0.00	0.00
10	55932.58	126078.40	-8470.94	0.00	0.00
11	58662.96	94951.25	-14369.86	0.00	0.00
12	58185.45	80584.21	-4219.85	0.00	0.00
13	48847.56	83380.90	3929.93	0.00	0.00
14	48645.66	76713.73	9126.53	0.00	0.00
15	58662.96	94951.25	-14369.86	0.00	0.00
16	58185.45	80584.21	-4219.85	0.00	0.00
17	46445.74	236393.51	-75350.30	0.00	0.00
18	43336.05	218857.06	-77263.25	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	50618.62	101805.15	-9284.60
2	49971.94	107313.45	-2063.75
3	51854.96	85846.45	-6131.97
4	51525.65	75938.15	868.03
5	45085.72	77866.90	6488.57
6	44946.48	73268.85	10072.43
7	51854.96	85846.45	-6131.97
8	51525.65	75938.15	868.03

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	47380.42	93143.50 (294465.49)	-56.57 (-178.84)
2	46863.07	97550.14 (246672.21)	5720.12 (14464.30)
3	48369.49	80376.54 (465195.68)	2465.54 (14269.82)
4	48106.04	72449.90 (641131.15)	8065.54 (71374.41)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.A5.001</b>	<b>A</b>	<b>58 di 82</b>

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	36609.89	76535.30 (256655.71)	945.66 (3171.20)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: -2.4 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo trav). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	69747.38	252481.58	-13614.13	69747.41	291468.63	-29285.00	2.065	-----
2	S	68809.69	252333.86	-2832.61	68809.83	289951.32	-8518.68	1.945	-----
3	S	71540.07	255828.97	-11799.05	71540.00	294929.81	-25008.33	2.500	-----
4	S	71062.57	256889.72	1248.22	71062.73	294220.21	1243.02	2.840	-----
5	S	61724.67	239343.47	8589.49	61724.40	276351.44	21431.78	2.598	-----
6	S	61522.78	238050.05	15254.07	61522.92	275819.16	36889.90	2.766	-----
7	S	71485.63	255320.93	-14950.85	71485.46	294755.71	-30556.89	2.433	-----
8	S	71008.13	256683.70	-2970.24	71008.21	294261.56	-5370.67	2.755	-----
9	S	56870.26	229444.80	-15195.27	56870.31	266846.41	-42482.15	2.260	-----
10	S	55932.58	229243.60	-4908.25	55932.32	265238.51	-16569.52	2.104	-----
11	S	58662.96	232725.20	-14517.02	58662.81	270313.18	-39982.66	2.847	-----
12	S	58185.45	233454.01	-3477.50	58185.22	269635.80	-12695.90	3.347	-----
13	S	48847.56	216763.19	4246.88	48847.63	251732.29	13029.74	3.020	-----
14	S	48645.66	215616.95	10628.56	48645.45	251126.60	29141.42	3.272	-----
15	S	58662.96	232725.20	-14517.02	58662.81	270313.18	-39982.66	2.847	-----
16	S	58185.45	233454.01	-3477.50	58185.22	269635.80	-12695.90	3.347	-----
17	S	46445.74	209124.02	-25229.99	46445.66	246235.19	-77892.09	1.041	-----
18	S	43336.05	203253.28	-26683.28	43335.92	240056.02	-84401.33	1.096	-----

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max
1	0.00350	-0.00978	-780.0	450.0	0.00303	-757.4	443.2	-0.02701	765.6

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>59 di 82</b>

6.8										
-	2	0.00350	-0.01103	-780.0	450.0	0.00299	-757.4	443.2	-0.02989	765.6
6.8										
-	3	0.00350	-0.00963	-780.0	450.0	0.00304	-757.4	443.2	-0.02668	765.6
6.8										
-	4	0.00350	-0.01116	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03020	765.6
6.8										
-	5	0.00350	-0.01175	780.0	450.0	0.00296	762.6	443.2	-0.03155	-774.4
6.8										
-	6	0.00350	-0.01099	780.0	450.0	0.00299	762.6	443.2	-0.02980	-774.4
6.8										
-	7	0.00350	-0.00937	-780.0	450.0	0.00305	-757.4	443.2	-0.02608	765.6
6.8										
-	8	0.00350	-0.01101	-780.0	450.0	0.00299	-757.4	443.2	-0.02984	765.6
6.8										
-	9	0.00350	-0.01134	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03061	765.6
6.8										
-	10	0.00350	-0.01287	-780.0	450.0	0.00292	-757.4	443.2	-0.03412	765.6
6.8										
-	11	0.00350	-0.01116	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03019	765.6
6.8										
-	12	0.00350	-0.01268	-780.0	450.0	0.00293	-757.4	443.2	-0.03369	765.6
6.8										
-	13	0.00350	-0.01427	780.0	450.0	0.00287	762.6	443.2	-0.03734	-774.4
6.8										
-	14	0.00350	-0.01346	780.0	450.0	0.00290	762.6	443.2	-0.03549	-774.4
6.8										
-	15	0.00350	-0.01116	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03019	765.6
6.8										
-	16	0.00350	-0.01268	-780.0	450.0	0.00293	-757.4	443.2	-0.03369	765.6
6.8										
-	17	0.00350	-0.01130	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03052	765.6
6.8										
-	18	0.00350	-0.01147	-780.0	450.0	0.00297	-757.4	443.2	-0.03090	765.6
6.8										

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.00000420	0.000067382	-0.027149451	----	----
2	-0.00000151	0.000074803	-0.030279103	----	----
3	-0.00000380	0.000066782	-0.026847880	----	----
4	-0.00000007	0.000076011	-0.030710300	----	----
5	0.000000264	0.000078166	-0.031880658	----	----
6	0.000000453	0.000073540	-0.029946142	----	----
7	-0.000000445	0.000065201	-0.026187310	----	----
8	-0.000000060	0.000075022	-0.030306967	----	----
9	-0.000000543	0.000075062	-0.030701180	----	----
10	-0.000000211	0.000084136	-0.034525868	----	----
11	-0.000000519	0.000074207	-0.030297640	----	----
12	-0.000000177	0.000083300	-0.034122943	----	----
13	0.000000175	0.000091544	-0.037831276	----	----
14	0.000000356	0.000086730	-0.035806157	----	----
15	-0.000000519	0.000074207	-0.030297640	----	----
16	-0.000000177	0.000083300	-0.034122943	----	----
17	-0.000000908	0.000073583	-0.030320755	----	----
18	-0.000000972	0.000074229	-0.030661476	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver          S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max      Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

<b>PALTATORE:</b> <b>Mandatario:</b> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>Mandante:</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>								
<b>PROGETTISTA:</b> <b>Mandatario:</b> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>Mandante:</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>											
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>60 di 82</b>			

- Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
- Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
- Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
- As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
- D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
- Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.14	-695.0	410.0	-50.2	765.6	6.8	23114	316.7	21.7	1.00
2	S	5.18	-695.0	410.0	-63.4	765.6	6.8	33235	330.2	21.7	1.00
3	S	4.59	-695.0	410.0	-15.4	765.6	6.8	25681	325.7	21.7	1.00
4	S	4.18	-25.0	410.0	-2.7	-774.4	6.8	16737	325.7	12.3	1.00
5	S	4.02	-25.0	410.0	-18.9	-774.4	6.8	21700	316.7	12.3	1.00
6	S	3.86	-25.0	410.0	-12.8	-774.4	6.8	12965	190.0	12.3	1.00
7	S	4.59	-695.0	410.0	-15.4	765.6	6.8	25681	325.7	21.7	1.00
8	S	4.18	-25.0	410.0	-2.7	-774.4	6.8	16737	325.7	12.3	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.60	-695.0	410.0	-39.8	765.6	6.8	35085	330.2	21.7	1.00
2	S	4.72	-25.0	410.0	-53.2	-774.4	6.8	26562	330.2	12.3	1.00
3	S	4.21	-25.0	410.0	-14.1	-774.4	6.8	29986	330.2	12.3	1.00
4	S	3.95	-25.0	410.0	-5.4	-774.4	6.8	13938	217.1	12.3	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

- Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
- S1 Esito della verifica  
- S2 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata  
- k2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata  
- k3 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
- Ø = 0.125 per flessione e presso-flessione; = (e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica  
- Cf Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff  
- Psi Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
- e sm = 1-Beta12\*(Ssr/Ss)^2 = 1-Beta12\*(fctm/S2)^2 = 1-Beta12\*(Mfess/M)^2 [B.6.6 DM96]  
- srm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4\*Ss/Es è tra parentesi  
- wk Distanza media tra le fessure [mm]  
- MX fess. Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 \* e sm \* srm . Valore limite tra parentesi  
- MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
- Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.9	0	0.125	24	56	-8.9950.00008	(0.00008)	283	0.038	(0.40)	294465.49	-178.84
2	S	-1.1	0	0.125	24	44	-5.3940.00011	(0.00011)	209	0.038	(0.40)	246672.21	14464.30
3	S	-0.5	0	0.125	24	44	-32.4980.00003	(0.00003)	221	0.011	(0.40)	465195.68	14269.82
4	S	-0.3	0	0.125	24	44	-77.3100.00001	(0.00001)	190	0.003	(0.40)	641131.15	71374.41

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.70	-25.0	410.0	-41.3	-774.4	6.8	32898	330.2	12.3	0.50

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.9	0	0.125	24	44	-4.6230.00008	(0.00008)	232	0.033	(0.30)	256655.71	3171.20

PALTATORE: Mandataria: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>61 di 82</b>

Di seguito si riportano le verifiche a taglio nelle due direzioni principali:

**Taglio in direzione longitudinale: 2+2+2 Ø16/10**

<b>SEZIONE</b>				<b>IPOTESI 1</b> <b>Cot <math>\phi = 2</math>   <math>\phi = 21,8^\circ</math></b>				
$b_w$	=	220	cm	<b>Armatura trasversale</b>				
$h$	=	450	cm	$V_{Rsd} = 47264.85 \text{ (KN)}$				
$c$	=	5	cm	$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$				
$d$	=	$h-c$	= 445	cm	$V_{Rcd} = 28580.05 \text{ (KN)}$			
<b>MATERIALI</b>				$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$				
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa	$V_{Rd} = 28580.05 \text{ (KN)}$				
$R_{ck}$	=	40	MPa	<b>min(<math>V_{Rsd}</math>, <math>V_{Rcd}</math>)</b>				
$\gamma_c$	=	1.5		<b>IPOTESI 2</b> <b>Cot <math>\phi = 1</math>   <math>\phi = 45^\circ</math></b>				
$f_{ck}$	=	$0.83 \cdot R_{ck}$	= 33.2	MPa	<b>Armatura trasversale</b>			
$f_{cd}$	=	$0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$	= 18.81	MPa	$V_{Rsd} = 18905.94 \text{ (KN)}$			
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>				$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$				
$\phi_{st}$	=	16		$V_{Rcd} = 41441.07 \text{ (KN)}$				
braccia	=	6		$V_{Rd} = 18905.94 \text{ (KN)}$				
$\phi_{st2}$	=			<b>min(<math>V_{Rsd}</math>, <math>V_{Rcd}</math>)</b>				
braccia	=			<b>IPOTESI 3</b> <b>Cot <math>\phi</math> in cui <math>V_{Rsd}=V_f</math>: Rottura bilanciata</b>				
passo	=	10	cm	$\cot(\theta) = 1.84 \text{ (calcolato)}$				
$(A_{sw} / s)$	=	120.637	$\text{cm}^2 / \text{m}$	$\cot(\theta) = 1.84 \text{ (limitato)}$				
$\alpha$	=	90	°	$\theta = 28.53^\circ$				
<b>ARMATURE LONGITUDINALI</b>				$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$				
$\phi_l$	=	26		$V_{Rsd} = 34778.30 \text{ (KN)}$				
Numero	=	5		$V_{Rcd} = 34778.30 \text{ (KN)}$				
$A_{sl}$	=	26.546	$\text{cm}^2$	$V_{Rd} = 34778.30 \text{ (KN)}$				
<b>TAGLIO AGENTE</b>				<b>MASSIMO TAGLIO RESISTENTE</b>				
		$V_{Ed} =$	22745	(KN)	$V_{Rd} = 34778 \text{ (KN)}$			
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)				

PALTATORE: Mandataria: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>62 di 82</b>

Taglio in direzione trasversale: 2+2  $\Phi$ 16/10

<b>SEZIONE</b>				<b>IPOTESI 1</b> $\text{Cot } \varphi = 2 \quad \varphi = 21,8^\circ$					
$b_w$	=	80	cm	<b>Armatura trasversale</b>					
$h$	=	1560	cm	$V_{Rsd} = 110107.63 \text{ (KN)}$					
$c$	=	5	cm	$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$					
$d$	=	$h-c$	=	1555	cm	$V_{Rcd} = 36316.22 \text{ (KN)}$			
<b>MATERIALI</b>				$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa	$V_{Rd} = 36316.22 \text{ (KN)}$					
$R_{ck}$	=	40	MPa	<b>min(V<sub>Rsd</sub>, V<sub>Rcd</sub>)</b>					
$\gamma_c$	=	1.5		<b>IPOTESI 2</b> $\text{Cot } \varphi = 1 \quad \varphi = 45^\circ$					
$f_{ck}$	=	$0.83 \cdot R_{ck}$	=	33.2	MPa	<b>Armatura trasversale</b>			
$f_{cd}$	=	$0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa	$V_{Rsd} = 44043.05 \text{ (KN)}$			
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>				$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$					
$\phi_{st}$	=	16		$V_{Rcd} = 52658.52 \text{ (KN)}$					
braccia	=	4		$V_{Rd} = 44043.05 \text{ (KN)}$					
$\phi_{st2}$	=			<b>min(V<sub>Rsd</sub>, V<sub>Rcd</sub>)</b>					
braccia	=			<b>IPOTESI 3</b> $\text{Cot } \varphi \text{ in cui } V_{Rsd}=V_f \text{ Rottura bilanciata}$					
passo	=	10	cm	$\text{cot}(\theta) = 1.18 \text{ (calcolato)} \quad \text{cot}(\theta) = 1.18 \text{ (limitato)}$					
$(A_{sw} / s)$	=	80.425	$\text{cm}^2 / \text{m}$	$\theta = 40.29^\circ$					
$\alpha$	=	90	°	$V_{Rsd} = 51948.95 \text{ (KN)}$					
<b>ARMATURE LONGITUDINALI</b>				$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$					
$\phi_l$	=	26		$V_{Rcd} = 51948.95 \text{ (KN)}$					
Numero	=	5		$V_{Rd} = 51948.95 \text{ (KN)}$					
$A_{sl}$	=	26.546	$\text{cm}^2$	<b>MASSIMO TAGLIO RESISTENTE</b>					
<b>TAGLIO AGENTE</b> $V_{Ed} = 9106 \text{ (KN)}$				$V_{Rd} = 51949 \text{ (KN)}$					
<b>SFORZO NORMALE</b> $N_{Ed} = 0 \text{ (KN)}$									

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>							<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>63 di 82</b>

## 11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FONDAZIONE

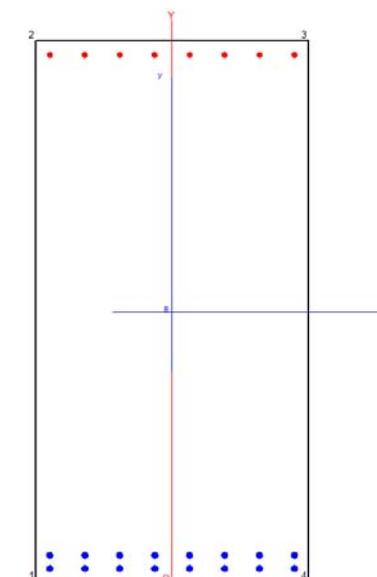
### 11.1 VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

Solettone di fondazione		Comb	N	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	ARMATURA		
Sp=2.50m		[-]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	Armatura longitudinale	Armatura trasversale	Armatura taglio
SLV	SLU	SLU-Gr.3-MaxML (P)	0	4640	3770	5000	4000	Arm. tesa	Arm. tesa	1Ø16/40x40
	SLV	SLV-0.3EL+ET	0	6000	5000	10000	9500	1+1Ø26/12.5	1+1Ø24/12.5	
SLE	RARA	SLE-C-Gr.1(P)	0	1200	1000	-	-	Arm.	Arm.	
	FREQ	SLE-F-Gr.3-1SW/2	-	3900	3000	-	-	Compressa	Compressa	
	QPERM	SLE-QP	-	3200	2600	-	-	1Ø20/12.5	1Ø20/12.5	

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

#### 11.1.1 Verifica dell'armatura longitudinale



<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>64 di 82</b>

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

	Forma del Dominio:	Poligonale	
	Classe Conglomerato:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]	
1	-50.0	0.0	
2	-50.0	250.0	
3	50.0	250.0	
4	50.0	0.0	

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.7	5.3	26
2	-44.7	244.7	26
3	44.7	244.7	26
4	44.7	5.3	26
5	44.7	10.0	26
6	-44.7	10.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

	N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
	N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
	N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
	N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
	Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø	
1	1	4	6	26	
2	2	3	6	20	
3	5	6	6	26	

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
	Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
	My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
	Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
	Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
	N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
	1	0.00	4640.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	6000.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
	Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
	My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My	
1	0.00	1200.00	0.00	

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.A5.001</b>	<b>A</b>	<b>65 di 82</b>

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3900.00 (3584.54)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3200.00 (3584.54)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.1 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo trav.) Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	7318.87	0.00	0.00	7847.67	0.00	1.691	84.9(40.0)
2	S	0.00	7318.87	0.00	0.00	7847.67	0.00	1.308	84.9(40.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max
1	0.00350	-0.01951	-50.0	250.0	0.00236	-44.7	244.7	-0.04906	-44.7
2	0.00350	-0.01951	-50.0	250.0	0.00236	-44.7	244.7	-0.04906	-44.7

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>66 di 82</b>

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d      Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid.      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000214776	-0.050193987	0.067	0.700
2	0.000000000	0.000214776	-0.050193987	0.067	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max      Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min      Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.      Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.      Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
D barre      Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
Beta12      Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.50	50.0	250.0	-64.2	-31.9	5.3	2350	84.9	4.7	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.88	50.0	250.0	-208.6	-31.9	5.3	2350	84.9	4.7	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Ver.      Esito della verifica  
S1      Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata  
S2      Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata  
k2      = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
k3      = 0.125 per flessione e presso-flessione;  $= (e1 + e2)/(2 * e1)$  per trazione eccentrica  
Ø      Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff  
Cf      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
Psi      =  $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
e sm      Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * Ss/Es$  è tra parentesi  
srm      Distanza media tra le fessure [mm]  
wk      Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e * srm$ . Valore limite tra parentesi  
MX fess.      Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
MY fess.      Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.1	0	0.125	26	40	0.1550.00042 (0.00042)		125	0.089 (0.20)	3584.54	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

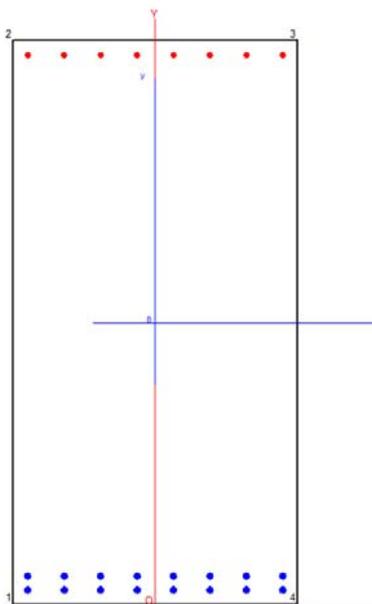
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.00	50.0	250.0	-171.2	-44.7	5.3	2350	84.9	4.7	0.50

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.5	0	0.125	26	40	0.3730.00034 (0.00034)		125	0.073 (0.20)	3584.54	0.00

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>67 di 82</b>

### 11.1.2 Verifica dell'armatura trasversale



#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	250.0
3	50.0	250.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.8	5.2	24
2	-44.8	244.8	24
3	44.8	244.8	24
4	44.8	5.2	24
5	-44.8	10.0	24
6	44.8	10.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	6	24

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.A5.001</b>	<b>A</b>	<b>68 di 82</b>

-	2	2	3	6	20
-	3	5	6	6	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

-		N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)			
-		Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.			
-		My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.			
-		Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y			
-		Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x			
-	N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
-	1	0.00	3770.00	0.00	0.00	0.00
-	2	0.00	5000.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

-		N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
-		Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
-		My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
-	N°Comb.	N	Mx	My		
-	1	0.00	1000.00	0.00		

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

-		N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
-		Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
-		My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
-	N°Comb.	N	Mx	My		
-	1	0.00	3000.00 (3499.40)	0.00 (0.00)		

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

-		N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
-		Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
-		My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
-	N°Comb.	N	Mx	My		
-	1	0.00	2600.00 (3499.40)	0.00 (0.00)		

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>			<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.A5.001</b>	<b>A</b>	<b>69 di 82</b>	

	Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
	My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
	N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
	Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
	My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
	Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
	As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
	N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
	1	S	0.00	6276.93	0.00	0.00	6714.03	0.00	1.781	72.4(40.0)
	2	S	0.00	6276.93	0.00	0.00	6714.03	0.00	1.343	72.4(40.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione								
	ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace								
	Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)								
	Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)								
	Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max
	1	0.00350	-0.02521	-50.0	250.0	0.00211	-44.8	244.8	-0.06211	-44.8
5.2	2	0.00350	-0.02521	-50.0	250.0	0.00211	-44.8	244.8	-0.06211	-44.8
5.2										

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.								
	x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)								
	C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue								
	N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.				
	1	0.00000000	0.000267996	-0.063498973	0.053	0.700				
	2	0.00000000	0.000267996	-0.063498973	0.053	0.700				

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

	Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata										
	Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]										
	Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
	Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]										
	Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
	Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
	As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure										
	D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure										
	Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2										
	N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
	1	S	1.33	50.0	250.0	-62.4	32.0	5.2	2200	72.4	4.8	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

	N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
	1	S	3.99	50.0	250.0	-187.2	-19.2	5.2	2200	72.4	4.8	1.00



PALTATORE: Mandataria: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>71 di 82</b>

SEZIONE			
b <sub>w</sub>	=	100	cm
h	=	250	cm
c	=	5	cm
d	=	h-c	= 245 cm
MATERIALI			
f <sub>ywd</sub>	=	391.30	MPa
R <sub>ck</sub>	=	40	MPa
γ <sub>c</sub>	=	1.5	
f <sub>ck</sub>	=	0.83xR <sub>ck</sub>	= 33.2 MPa
f <sub>cd</sub>	=	0.85xf <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub>	= 18.81 MPa
ARMATURE A TAGLIO			
ø <sub>st</sub>	=	16	
braccia	=	2.5	
ø <sub>st2</sub>	=		
braccia	=		
passo	=	40	cm
(A <sub>sw</sub> / s)	=	12.566	cm <sup>2</sup> / m
α	=	90	° (90° staffe verticali)
ARMATURE LONGITUDINALI			
ø	=	26	
Numero	=	5	
A <sub>sl</sub>	=	26.546	cm <sup>2</sup>
TAGLIO AGENTE	V <sub>Ed</sub> =	2500	(KN)
SFORZO NORMALE	N <sub>Ed</sub> =	0	(KN)

<b>IPOTESI 1</b> Cot φ = 2 φ = 21,8°	
<b>Armatura trasversale</b>	
V <sub>Rsd</sub> = 2710.65 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$
V <sub>Rcd</sub> = 7152.31 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sl}}{s} \cdot f_{cd} \cdot \cot \theta$
V <sub>Rd</sub> = 2710.65 (KN)	min(V <sub>Rsd</sub> , V <sub>Rcd</sub> )
<b>IPOTESI 2</b> Cot φ = 1 φ = 45°	
<b>Armatura trasversale</b>	
V <sub>Rsd</sub> = 1084.26 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$
V <sub>Rcd</sub> = 10370.85 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sl}}{s} \cdot f_{cd} \cdot \cot \theta$
V <sub>Rd</sub> = 1084.26 (KN)	min(V <sub>Rsd</sub> , V <sub>Rcd</sub> )
<b>IPOTESI 3</b> Cot φ in cui V <sub>Rsd</sub> =V <sub>f</sub> :Rottura bilanciata	
cot(θ) = 4.26 (calcolato)	cot(θ) = 2.50 (limitato)
θ = 13.22 °	
V <sub>Rsd</sub> = 4616.68 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$
V <sub>Rcd</sub> = 4616.68 (KN)	$0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sl}}{s} \cdot f_{cd} \cdot \cot \theta$
V <sub>Rd</sub> = 4616.68 (KN)	
<b>MASSIMO TAGLIO RESISTENTE</b>	
V <sub>Rd</sub> = 2711 (KN)	

PALTATORE: Mandataria: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	72 di 82

### VERIFICA A PUNZONAMENTO PIASTRE EC2 - UNI EN 1992-1-1

DATI COLONNA					
D	=	2000	mm	Diametro palo	
Hp (piastra)	=	2500	mm		
cx (copriferro asse)	=	53	mm		
cy (copriferro asse)	=	79	mm		
dx	=	Hp-cx	=	2447	mm
dy	=	Hp-cy	=	2421	mm
d <sub>eff</sub> (altezza utile media)	=	(dx+dy)/2	=	2434	mm
u	=	$2\pi((D/2)+2d_{eff})$	=	36870	mm

#### TIPOLOGIA PILASTRO

UBICAZIONE		A
$\beta_1$	=	1.5

#### MATERIALI

$f_{ywd}$	=	391.30	MPa	acciaio	
$R_{ck}$	=	35	MPa	cls	
$\gamma_c$	=	1.5			
$\hat{f}_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	29.05	MPa
$\hat{f}_{cd}$	=	$0.85 \times \hat{f}_{ck} / \gamma_c$	=	16.46	MPa
$\hat{f}_{ctm}$	=	$0.3 \times (\hat{f}_{ck})^{2/3}$	=	2.83	MPa
$\hat{f}_{ctk}$	=	$0.7 \times \hat{f}_{ctm}$	=	1.98	MPa
$\hat{f}_{ctd}$	=	$\hat{f}_{ctk} / \gamma_c$	=	1.32	MPa

#### ARMATURE LONGITUDINALI PER FLESSIONE PRESENTI NELLA PIASTRA

$\phi_x$	=	26	mm	diametro barre X	
Numero arm x	=	8	1/m	numero barre X a ml	
$A_{s1x}$	=	4247.43	mm <sup>2</sup> /m	area barre X a ml	
l <sub>effy</sub>	=	16.60	m	larghezza efficace dir Y	
$A_{s1x}$	=	70524.38	mm <sup>2</sup>	acciaio X nella larghezza efficace	
$\phi_y$	=	20	mm	diametro barre Y	
Numero arm y	=	8	1/m	numero barre Y a ml	
$A_{s1y}$	=	2513.27	mm <sup>2</sup> /m	area barre Ya ml	
l <sub>effx</sub>	=	16.60	mm	larghezza efficace dir X	
$A_{s1y}$	=	41730.40	mm <sup>2</sup>	acciaioY nella larghezza efficace	

#### SOLLECITAZIONE DI CALCOLO

SFORZO NORMALE PALO	$V_{Ed} =$	13500	(KN)
---------------------	------------	-------	------

#### TENSIONE TANGENZIALE DI CALCOLO

tensione tangenziale	$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_1 \cdot d)$	0.23	Mpa
----------------------	---	------	-----

#### TENSIONE TANGENZIALE LIMITE SENZA ARMATURA

$V_{Rd,c}$	=	0.24	(MPa)	$V_{min+0.15 \cdot s_{cp}} =$	0.28	(MPa)
$V_{Rd,c}$	=	0.28	(MPa)	resistenza a taglio cls non armato		
Esito verifica	=	Verifica positiva				

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>							<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di</b> <b>calcolo</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>73 di 82</b>

## 11.2 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

Si riportano a seguire le sollecitazioni agenti:

Pali di fondazione $\phi 2000$		Comb	$N_{min}$	$N_{max}$	M	T
		[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]
SLV	SLU	SLU-Gr.1(P)	11382	3057	2244.2	458
	SLV	SLV-0.3EL+ET	13255	-3000	6076	1240
SLE	RARA	SLE-C-Gr.1(P)	3190	-450	514.5	105
	FREQ	SLE-F-Gr.3-1SW/2	3190	-450	592.9	121
	QPERM	SLE-QP	6500	2780	343	70

### 11.2.1 Verifiche a pressoflessione e taglio

Il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente  $\alpha$  (espresso in metri), dipendente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e dall'eventuale liquefacibilità del suolo. Generalmente, la sua applicazione fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Per la spalla in esame  $\alpha$  è pari a 4.9 Di seguito il diagramma del momento adimensionale del palo della fondazione in esame.

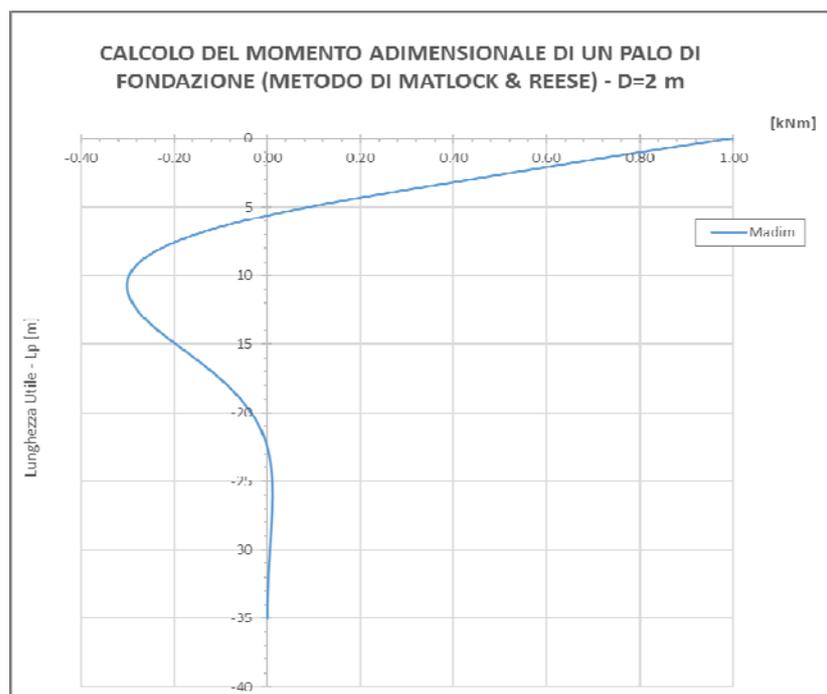


Figura 16: Diagramma del Momento adimensionale lungo il palo

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>	<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;">IF1M</td> <td style="text-align: center;">0.0.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI.01.A5.001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">74 di 82</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	74 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	74 di 82								

Si rimanda alla relazione geotecnica per maggiori dettagli relativi al calcolo di tale parametro.

I pali saranno armati con un doppio strato di 60+60 Ø26 e con una spirale Ø16/10.

Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 15 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura verticale pari 30 Ø20, superiore al valore minimo previsto dalla normativa pari a 0.3% dell'area di calcestruzzo.

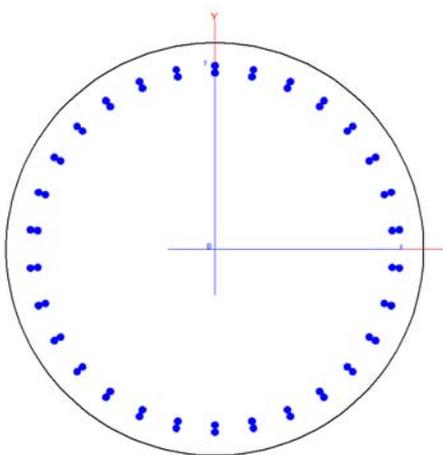
Di seguito si riporta a titolo esemplificativo

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

ARMATURA		
Armatura 1	Armatura 2	Armatura taglio
60+60Ø26	30Ø20	1Ø16/10

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>75 di 82</b>



#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 100.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

#### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	91.6	30	26
2	0.0	0.0	89.0	30	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm  
Passo staffe: 10.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	11382.00	2244.00	0.00	0.00	458.00
2	13255.00	6076.00	0.00	0.00	1240.00
3	3057.00	2244.00	0.00	0.00	458.00
4	-3000.00	6076.00	0.00	0.00	1240.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>76 di 82</b>

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3190.00	592.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	-450.00	592.00 (2081.03)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.1	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	16.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.5	cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	11382.00	12195.58	0.00	11381.97	14459.88	0.00	6.444	-----
2	S	13255.00	12914.74	0.00	13255.13	14862.62	0.00	2.446	-----
3	S	3057.00	8330.03	0.00	3057.21	11334.75	0.00	5.051	-----
4	S	-3000.00	4819.61	0.00	-2999.98	7757.05	0.00	1.277	223.0(46.5)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max
1	0.00350	-0.00014	0.0	100.0	0.00314	0.0	91.6	-0.00464	0.0
2	0.00350	0.00010	0.0	100.0	0.00317	0.0	91.6	-0.00410	0.0
3	0.00350	-0.00199	0.0	100.0	0.00296	0.0	91.6	-0.00878	0.0
4	0.00350	-0.00535	0.0	100.0	0.00263	0.0	91.6	-0.01629	0.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.

<b>PALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.A5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>77 di 82</b>

-	x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
-	C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
-	N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
-	1	0.000000000	0.000042497	-0.000749718	----	----
-	2	0.000000000	0.000039665	-0.000466547	----	----
-	3	0.000000000	0.000064076	-0.002907611	----	----
-	4	0.000000000	0.000103304	-0.006830391	----	----

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

-	Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata									
-	Vsdu	Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro									
-	Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]									
-	Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]									
-	Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.									
-	bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.									
-	Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato									
-	Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione									
-	Ast	Area staffe-legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]									
-	A.Eff	Area staffe-legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.									

-	N° Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
-	1	S	0.00	8336.88	11654.11	165.0	183.9	21.80°	1.250	0.0	80.2(0.0)
-	2	S	0.00	8354.80	11633.03	164.7	184.7	21.80°	1.250	0.0	80.2(0.0)
-	3	S	0.00	6848.97	11941.20	169.1	172.5	21.80°	1.069	0.0	80.2(0.0)
-	4	S	0.00	5737.47	12438.31	176.1	148.2	21.80°	1.000	0.0	80.2(0.0)

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

-	Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata									
-	Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]									
-	Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)									
-	Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]									
-	Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
-	Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre									
-	As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure									
-	D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure									
-	Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2									

-	N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
-	1	S	1.49	0.0	0.0	4.9	0.0	-91.6	----	----	----	----
-	2	S	0.94	0.0	0.0	-51.0	0.0	-91.6	2002	53.1	2.6	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

-	Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm										
-	S1	Esito della verifica										
-	S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata										
-	k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata										
-	k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata										
-	Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica										
-	Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff										
-	Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
-	e sm	= 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/S2)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]										
-	srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi										
-	wk	Distanza media tra le fessure [mm]										
-		Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * srm . Valore limite tra parentesi										

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>			<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>								
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>78 di 82</b>			

-			MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
-			MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
-															
-	Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf		Psi	e sm	srn	wk	Mx fess	My fess	
-	1	S	0.3	0	----	----	----		----	----	----	----	0.00	0.00	
-	2	S	-0.7	0	0.125	26	39		-11.3570.00010	(0.00010)	132	0.023 (0.20)	2081.03	0.00	

## 11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 11.3.1 Verifiche di capacità portante

In accordo con le curve di capacità portante ottenute per il viadotto in esame (riportate al paragrafo dedicato), nelle seguenti tabelle si riportano le lunghezze dei pali utilizzate per la spalla S1 e la sintesi delle verifiche geotecniche.

Agli SLE si è verificato che il rapporto tra la resistenza laterale e il carico assiale in combinazione caratteristica risulti maggiore di 1.25, come prescritto dalla normativa ferroviaria.

SPALLA		FONDAZIONE				SFORZI NEI PALI		
Opera	Elem.	Condizione terreno	D <sub>pali</sub>	N <sub>pali</sub>	L <sub>pali</sub>	Combinazione	N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>
			[m]	[-]	[m]		[kN]	[kN]
VI02	P27	Liquefacibile	2	12	40	SLU-Gr.1(P)	13255	13333

SPALLA		FONDAZIONE				SFORZI NEI PALI			
Opera	Elem.	Condizione terreno	D <sub>pali</sub>	N <sub>pali</sub>	L <sub>pali</sub>	Combinazione	N <sub>min</sub>	QI	QI/N <sub>min</sub>
			[m]	[-]	[m]		[kN]	[kN]	[-]
VI02	P27	Liquefacibile	2	12	40	SLE-C-Gr.1(P)	6500	11643	1.79

Per la verifica a trazione si ottiene:

SPALLA		FONDAZIONE				SFORZI NEI PALI		
Opera	Elem.	Condizione terreno	D <sub>pali</sub>	N <sub>pali</sub>	L <sub>pali</sub>	Combinazione	N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>
			[m]	[-]	[m]		[kN]	[kN]
VI02	P27	Liquefacibile	2	12	40	SLU-Gr.1(P)	-3000	8460

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di  calcolo</b>	<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>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>79 di 82</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	79 di 82
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	79 di 82								

### **11.3.2 Valutazione dei cedimenti in fondazione**

Per la valutazione dei cedimenti in fondazione si rimanda alla relazione geotecnica di calcolo per le fondazioni dei viadotti.

### **11.3.3 Verifiche del carico limite orizzontale**

Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte.

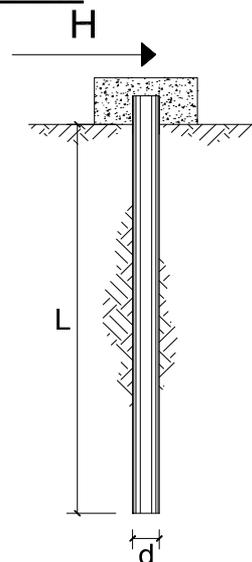
PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>80 di 82</b>

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI**  
**PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

**OPERA:** VI-02-P27

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R	
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\phi$	$\gamma_T$	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30	
	SISMA	◼	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			○	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			○	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:       $H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$

Palo intermedio:       $H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$

Palo lungo:       $H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{ \left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2 }$

PALTATORE: Mandataria: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	81 di 82

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	40.00	(m)		
Diametro del palo	d =	2.00	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	14559.00	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	30.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	30.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$ )	$k_{p,med} =$	3.00	(-)	$k_{p,min} =$	3.00 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	16.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Orizzontale:	G =	1240	(kN)		

#### Palo corto:

$$H1_{med} = 230400.00 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 230400.00 \text{ (kN)}$$

#### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 77163.98 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 77163.98 \text{ (kN)}$$

#### Palo lungo:

$$H3_{med} = 6502.72 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 6502.72 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 6502.72 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 6502.72 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 4644.80 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 3572.92 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1240.00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 2.88$$

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE          OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI          CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di          calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.A5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>82 di 82</b>				

## 12 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Sezione trasversale impalcato .....	5
Figura 2: Profilo longitudinale – Vista S2 .....	6
Figura 3: Pila P.27 VI.02 – pianta fondazioni .....	6
Figura 4: Pila P.27 VI.02 – sezione trasversale.....	7
Figura 5: Pila P.27 VI.02 – sezione longitudinale .....	7
Figura 6: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale) .....	28
Figura 7: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale).....	33
Figura 8: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	38
Figura 9: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008 .....	38
Figura 10: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008 .....	39
Figura 11: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008.....	39
Figura 12: Modellazione tridimensionale .....	40
Figura 13: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D .....	49
Figura 14: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) aste .....	50
Figura 15: Sezione di spiccato $\Phi 24/20$ .....	52
Figura 16: Diagramma del Momento adimensionale lungo il palo.....	73