

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

VI - VIADOTTI

VI01 - VIADOTTO DAL Km. 6+650 AL Km. 8+490.66

Pila tipo B.4 (P41) - 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	1	C	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

File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.VI.01.C.5.001.A

n. Elab.:

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	2 di 96

<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
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....</b>	<b>14</b>
6.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO .....	14
6.2	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA Q <sub>6</sub> .....	14
6.3	AZIONI SISMICHE Q <sub>7</sub> .....	15
6.3.1	Spettri di risposta elastici .....	23
6.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	25
6.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 30	
6.4	VARIAZIONI TERMICHE $\epsilon_3$ .....	30
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>31</b>

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A 3 di 96

<b>8</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>37</b>
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	37
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione .....</i>	<i>37</i>
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>38</i>
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	40
8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti .....</i>	<i>40</i>
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti .....</i>	<i>40</i>
<b>9</b>	<b>CRITERI DI MODELLAZIONE .....</b>	<b>42</b>
9.1	MODELLO STRUTTURALE DI ANALISI .....	42
9.2	MODELLAZIONE FEM .....	44
<b>10</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA....</b>	<b>45</b>
10.1	SOLLECITAZIONI AGENTI .....	48
10.2	VERIFICA DEL FUSTO .....	55
<b>11</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE.....</b>	<b>72</b>
11.1	SOLLECITAZIONI AGENTI .....	74
11.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	80
11.2.1	<i>Plinto di fondazione .....</i>	<i>80</i>
11.2.2	<i>Pali.....</i>	<i>88</i>
<b>12</b>	<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>96</b>

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.    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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>4 di 96</b>

## **1    PREMESSA**

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali della pile tipo B.4, previste lungo i viadotti VI01-04, 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.

In particolare, lungo il viadotto VI01 è presente un'unica pila del tipo in esame: P41.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b> PAGINA <b>5 di 96</b>

## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La tipologia di pila in esame prevede una sezione pseudorettangolare cava biconnessa, con larghezza pari a 3.30m in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e lunghezza di 11.50m in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto; i setti esterni prevedono uno spessore di 0.40m; quello centrale uno spessore pari a 0.50m (Geometria tipo B).

Geometria fusto pila		Proprietà geometriche					
Sigla	Descrizione	A	s	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	B <sub>T</sub>	B <sub>L</sub>
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[m]	[m]
B	Cava biconnessa 3,3x11,5	11.451	1.2	1.347E+14	1.899E+13	11.5	3.3

L'altezza delle pile oggetto di analisi è pari a 10.6m lungo il viadotto VI01.

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti di spessore pari a 2.5m e dimensioni in pianta 15.2x15.2m, su n.9 pali di diametro  $\phi$ 2000 (Pilinto tipo F3).

Tipologia sistema di fondazione		Geometria plinto			Pali	
Sigla	Descrizione	B <sub>L</sub>	B <sub>T</sub>	s	n	$\phi$
		Dimensione in pianta in direz. parallela all'asse del viadotto	Dimensione in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto	Spessore	Numero pali	diametro
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]
F3	15.2x15.2x2.5	15.2	15.2	2.5	9	2000

La tipologia di impalcati afferenti il gruppo di pile in esame è individuata nel prospetto di seguito:

Coppia impalcati afferenti					
Sigla	Impalcato lato fisso pila			Impalcato lato mobile pila	
[-]	Luce [m]	Tipo [-]		Luce [m]	Tipo [-]
4	25	Cassoncini cls precompressi		50	Acciaio-cls (cassone)

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini delle carpenterie della tipologia di pila in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>6 di 96</b>

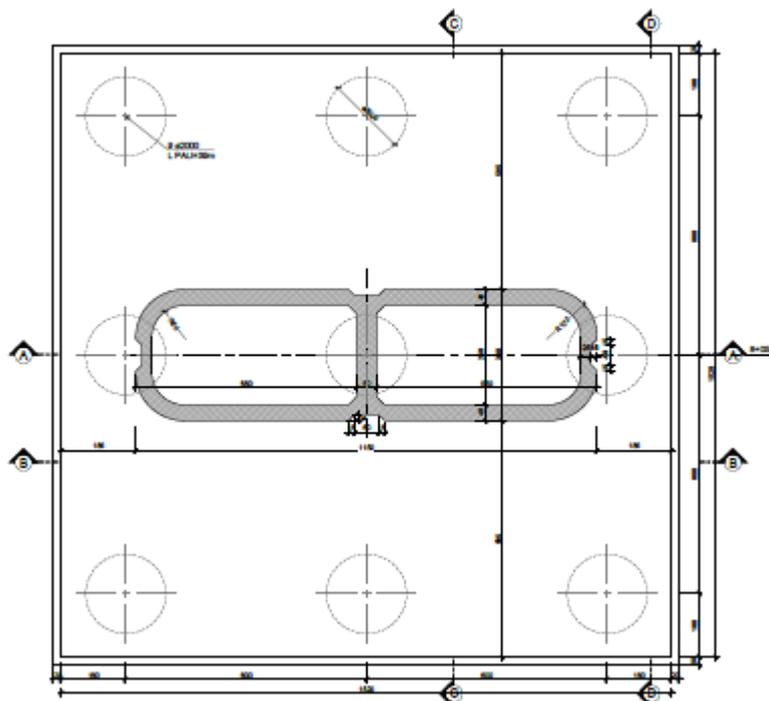


Figura 1: Vista in pianta

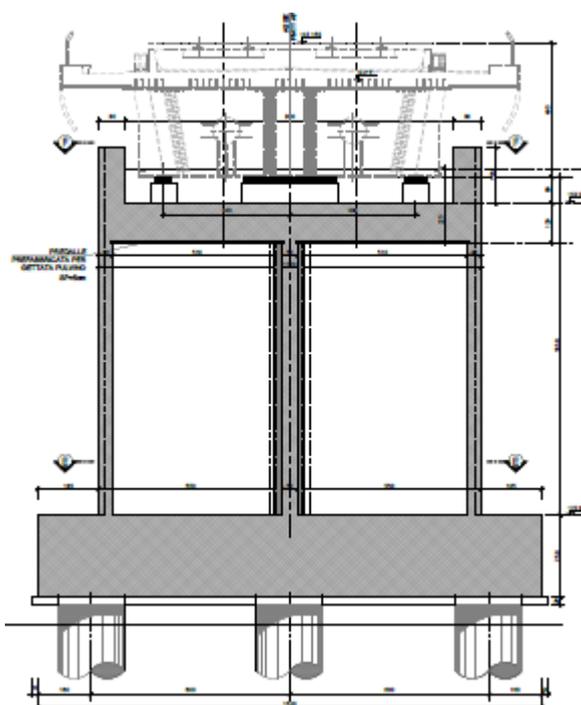


Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	7 di 96

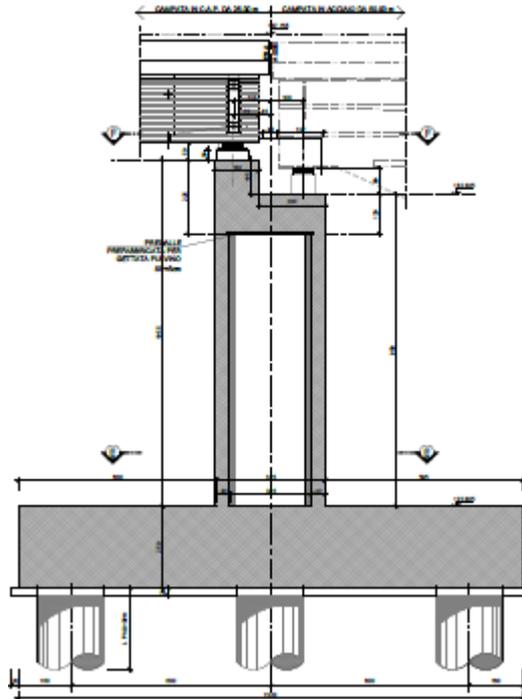


Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto

Di seguito si fornisce l'elenco delle pile del tipo in esame relativamente al viadotto VI01. Per l'individuazione dei criteri adottati per la classificazione tipologica delle pile si faccia riferimento all'elaborato dedicato.

VI	N°pila	Sigla geometria pila	Sigla coppia impalcati afferenti	Altezza pila (m)	Sigla plinto relativo	Condizioni terreno	Diametro pali (mm)	Rapporto Momento/Taglio testa palo $\alpha$ (m)	PK pila	Tipologia armatura
01	41	B	4	10.6	F3	Potenzialmente liquefacibile	2000	5.3	8+055.65	Armatura tipo 3

Nei paragrafi successivi, le verifiche strutturali esibite sono quelle relative alla pila caratterizzata dall'altezza massima fra quelle della tipologia in esame che prevedono la medesima tipologia di armatura.

In favore di sicurezza, per le pile di cui si mostrano le verifiche strutturali, si adotta il valore massimo del coefficiente  $\alpha$ , indicativo del rapporto momento taglio in testa al palo, tra quelli relativi alle pile del tipo in esame con la stessa tipologia di armatura. Le condizioni del terreno considerate sono quelle associate al valore di  $\alpha$  adottato.

I dati identificativi delle pile di cui si mostrano le verifiche strutturali, evidenziati in grassetto nel prospetto riportato sopra, sono sintetizzati nel capitolo di analisi dei risultati.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>8 di 96</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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	9 di 96

## 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	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 10 di 96</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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 11 di 96</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> <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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 12 di 96</b>

## 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 **TL** – Tufo litoide;
- 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.

#### VI01 – P41

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	$\gamma$	$\phi$
		(m)	(m da pc)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)
1	DI	8.5	8.5	16	30
2	Po	4.5	13.0	16	33
3	Ts	17.0	30.0	15	37
4	Pb	5.0	35.0	16	37
5	Pb	15.0	50.0	16	37
<b>zw</b>	Profondità della falda dal p.c.				3.50 m
<b>zp</b>	Quota testa palo				3.50 m

### 5.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI

Sono stati rilevati livelli di terreno potenzialmente liquefacibile in corrispondenza delle fondazioni pile da P29 a P32, da P34 a P36, da P39 a P43, P55 nel VI01. Le pile del tipo in esame, interessate dalla liquefazione sono dunque: P41.

<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>PROGETTISTA:</b> <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>			
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.4 (P41) - 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.C5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>13 di 96</b>

Dall'eventuale liquefacibilità del suolo, dipende inoltre il valore del coefficiente  $\alpha$ , in quanto funzione delle caratteristiche di rigidezza relative palo-terreno, oltre che del diametro del palo. Tale parametro, espresso in metri, è indicativo del rapporto momento/taglio in testa al palo.

La sintesi delle condizioni del terreno associate a ciascuna pila e dei rispettivi valori del parametro  $\alpha$  assunti nei calcoli è riportata nei paragrafi descrittivi iniziali.

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

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>14 di 96</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.	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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A 15 di 96

### 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> <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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 16 di 96</b>

$T_B, T_C, T_D$ : 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.C5.001	REV. A	PAGINA 17 di 96

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> <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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 18 di 96</b>

**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</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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	19 di 96

### 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> <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>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 20 di 96</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>						

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 1: 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	21 di 96

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: <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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.C5.001	REV. A	PAGINA 22 di 96

### 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</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</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>				
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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>23 di 96</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

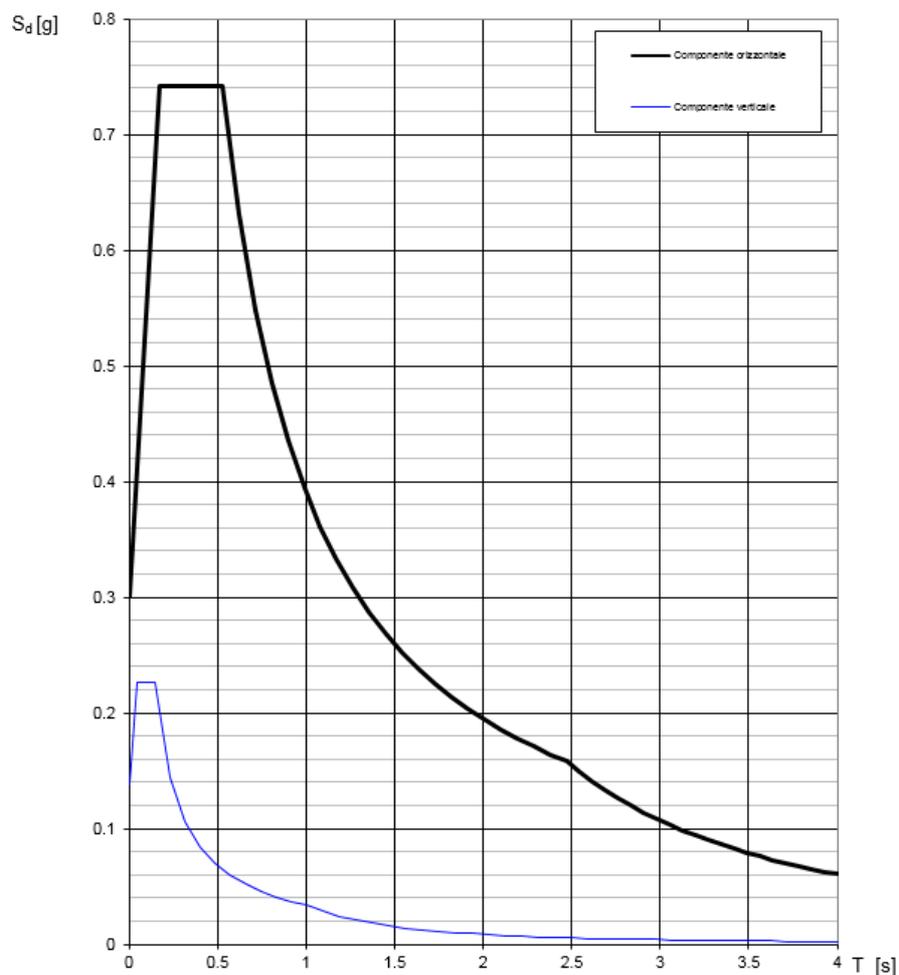


Figura 4: Spettri di risposta elastici\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

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> <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> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	24 di 96

### 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	25 di 96

### 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.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.C5.001	REV. A
				PAGINA 26 di 96		

### 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:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{15}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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 TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <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 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	27 di 96	

$T^*_C$ : 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>28 di 96</b>

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

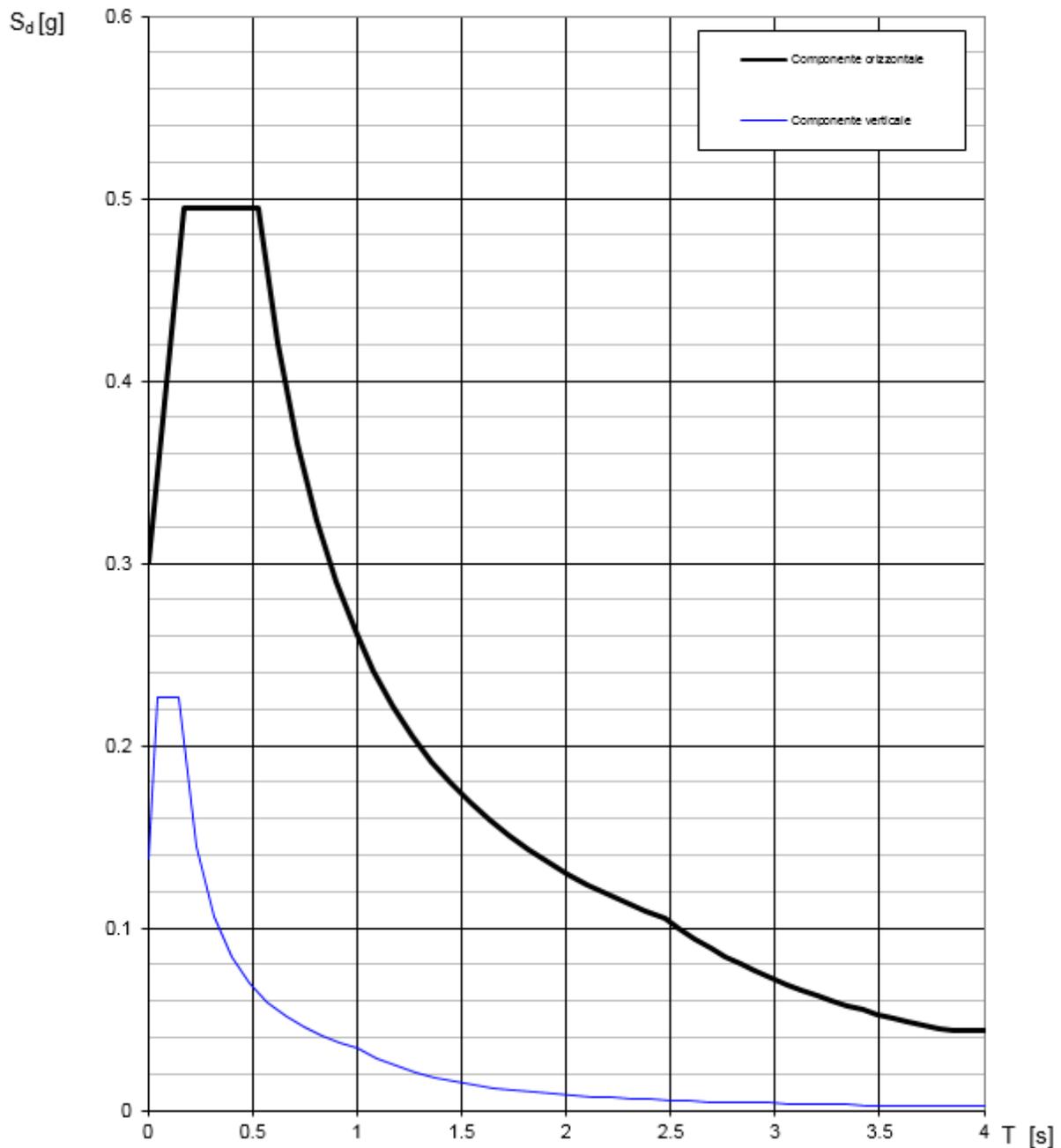


Figura 5: Spettri di risposta di progetto ( $q=1,5$ )\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    29 di 96</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> <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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>30 di 96</b>

### **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.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 31 di 96</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 TRATTA NAPOLI-CANCELLO</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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b> PAGINA <b>32 di 96</b>

		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 6: 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

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> 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 7: 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>33 di 96</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 8: 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 9: 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>
	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>
	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>34 di 96</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 2: Combinazioni di carico

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>35 di 96</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>					

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 3 – Casi di carico

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

- **(N)**: Condizioni di traffico normale (modello di carico LM71 su binario 1 e 2) su entrambe le campate afferenti;

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>36 di 96</b>

- **(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  $\gamma_{Gk}$ .

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A 37 di 96

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

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

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.			<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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A 38 di 96

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  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

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

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  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:

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>39 di 96</b>

$\sigma_c < 0,55 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara)

$\sigma_c < 0,40 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente.

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.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A 40 di 96

## 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);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$  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).

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

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.C5.001	REV. A	PAGINA 41 di 96

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:

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

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:

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

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

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

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 ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>42 di 96</b>

## 9 CRITERI DI MODELLAZIONE

### 9.1 MODELLO STRUTTURALE DI ANALISI

Conformemente con quanto prescritto nel par.7.9.4.1 del DM 14.1.2008, risulta applicabile, nel caso in esame di ponte a travate semplicemente appoggiate, per entrambe le direzioni di verifica della pila (longitudinale e trasversale rispetto all'asse del viadotto), un'analisi statica lineare, sviluppata riconducendo la pila allo schema di oscillatore semplice con incastro alla base, a quota estradosso plinto di fondazione.

L'analisi prevede l'applicazione sulla pila di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica. L'entità di queste forze si ottiene desumendo l'accelerazione corrispondente al periodo della pila nella direzione considerata dallo spettro elastico/di progetto. Il periodo fondamentale  $T_1$ , in corrispondenza del quale valutare la risposta spettrale in accelerazione  $S_d(T_1)$  è dato in entrambi i casi dall'espressione:

$$T_1 = 2 \pi \sqrt{M/K}$$

in cui la massa  $M$ , da considerare concentrata in testa alla pila, in corrispondenza dell'impalcato, vale la massa di impalcato afferente alla pila, più la massa della metà superiore della pila (massa efficace) e  $K$  consiste nella rigidezza laterale della pila nella direzione considerata.

La massa efficace della pila non risulta superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata, requisito necessario per l'applicabilità dell'analisi statica lineare.

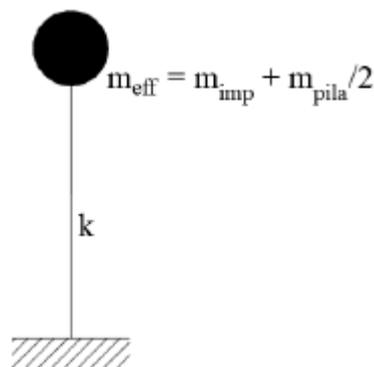


Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>43 di 96</b>

Per tener conto dell'influenza della fessurazione sulla rigidezza, in accordo con il par.7.2.6 del DM 14.1.2008, si è considerato un abbattimento del modulo elastico pari al 50%, rispetto al valore iniziale  $E_{cm}$  con conseguente abbattimento delle rigidezze flessionali della pila nelle due direzioni e corrispondente aumento dei periodi di vibrazione. Questa condizione rappresenta lo scenario più gravoso per la struttura in esame: in condizioni iniziali non fessurate, le pile sono caratterizzate da rigidezze molto alte, dunque periodi di vibrazione molto bassi (spesso  $T_1 < T_B$  o al più  $T_B < T_1 \ll T_C$ ) ai quali corrispondono ordinate spettrali prossime o uguali a quelle di massima amplificazione (plateau dello spettro di risposta). In definitiva, in questo ramo dello spettro, un aumento del periodo di vibrazione, legato ad un abbattimento della rigidezza, comporta un aumento dell'accelerazione sismica considerata.

Inoltre, secondo quanto anticipato nel paragrafo relativo alle azioni sismiche, la valutazione degli effetti dell'azione sismica viene effettuata considerando uno spettro di progetto, ottenuto riducendo lo spettro elastico mediante un fattore di struttura pari ad 1.5, in modo da tener conto in maniera semplificata della capacità dissipativa anelastica della struttura.

Per questioni legate al criterio di gerarchia delle resistenze, gli spettri elastici ( $q=1$ ) verranno utilizzati solo nel caso della verifica degli apparecchi di appoggio e per la valutazione delle azioni in fondazione; si rimanda ai relativi paragrafi per approfondimenti in merito all'applicazione del criterio di gerarchia delle resistenze per i diversi elementi strutturali.

Si ribadisce inoltre che per la valutazione delle masse sismiche del viadotto, oltre alla massa efficace dell'impalcato e della pila, è stata considerata anche un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei mezzi.

Nel paragrafo relativo all'analisi dei risultati si riportano tutte le valutazioni effettuate per l'analisi sismica della pila in esame, sia in ipotesi di sezione fessurata che non fessurata, con riferimento allo spettro elastico ( $q=1$ ) e allo spettro di progetto ( $q=1.5$ ).

Oltre alle sollecitazioni destinate in condizioni sismiche, desunte seguendo i criteri sopra elencati, le sollecitazioni di verifica della pila indotte in condizioni statiche, sono state determinate a partire dai valori delle azioni trasmesse dagli impalcato afferenti, alla quota degli apparecchi di appoggio. Queste sono state trasportate in corrispondenza della testa della pila per le singole condizioni di carico e quindi alla base della pila, facendo riferimento a uno schema a mensola.

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 <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>44 di 96</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>								

## 9.2 MODELLAZIONE FEM

I risultati desunti dall'analisi strutturale semplificata descritta nel paragrafo precedente, sono stati verificati con quelli ottenuti da un modello FEM tridimensionale eseguito mediante il software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen.

Il fusto della pila è stato schematizzato mediante un elemento frame monodimensionale (beam), cui si è assegnata la sezione corrispondente, distinguendo tra quella cava corrente e quella piena in corrispondenza della zona pulvino; il plinto di fondazione è stato modellato mediante elementi bidimensionali a piastra (shell), cui si è assegnato lo spessore corrispondente; la palificata di sostegno è stata simulata con elementi monodimensionali a trave (beam): l'interazione tra il terreno e i pali di fondazione è stata modellata tramite l'applicazione di molle non lineari orizzontali e molle lineari verticali.

I carichi assegnati nei vari punti della struttura sono stati desunti dall'analisi dei carichi descritta in precedenza.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso il modello tridimensionale agli elementi finiti descritto, schematizzato nelle Figure seguenti.

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

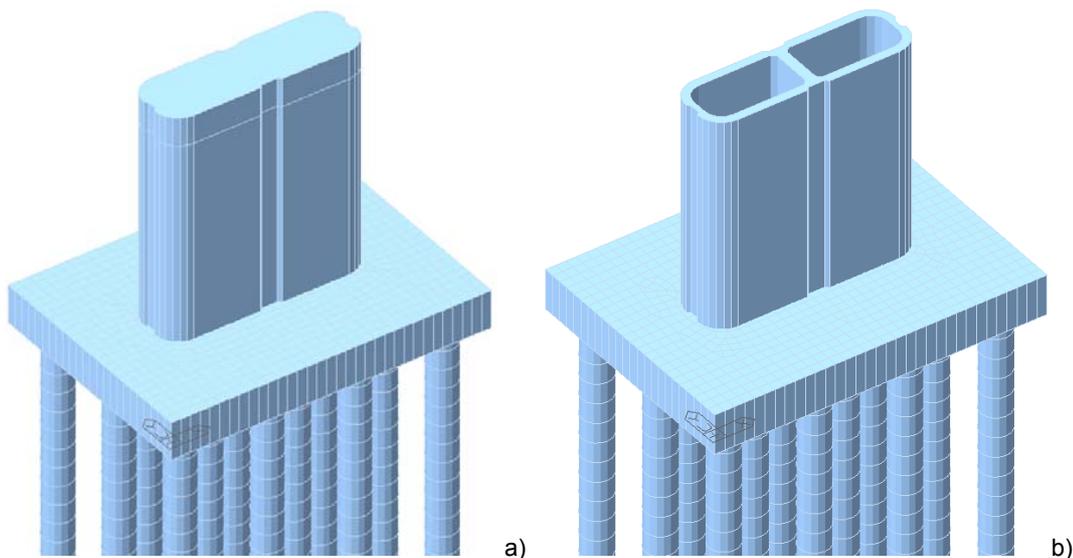


Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D b) Spaccato

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>45 di 96</b>

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

Nei paragrafi successivi si esibiscono le sollecitazioni e le verifiche strutturali relative al fusto della pila caratterizzata dall'altezza massima fra quelle del tipo in esame che prevedono la medesima tipologia di armatura.

Per le sollecitazioni relative a ciascuna delle pile, si faccia riferimento ai tabulati di calcolo.

I dati identificativi della pila di cui si mostrano le verifiche strutturali, sono sintetizzati nel prospetto di seguito.

	<b>VI. 01</b>	-	WBS viadotto
	<b>P 41</b>	-	Numero pila
Sigla geometria	B		Codice pila per tipologia geometria
Sigla impalcati afferenti	4	-	Codice pila per tipologia impalcati afferenti
H <sub>p</sub>	10.55	m	Altezza pila

Si riportano di seguito la sintesi delle proprietà geometriche e meccaniche delle pile di calcolo, nonché le valutazioni effettuate per l'analisi sismica, sia in ipotesi di sezione fessurata che non fessurata, con riferimento allo spettro elastico (q=1) e allo spettro di progetto (q=1.5): come anticipato nei criteri di modellazione, l'analisi è stata sviluppata riconducendo la pila allo schema di oscillatore semplice con incastro alla base.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    46 di 96</b>	

PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PILA			
	<b>VI. 01</b>	-	WBS viadotto
	<b>P 41</b>	-	Numero pila
Sigla pila	B	-	Tipologia pila per geometria
H <sub>p</sub>	10.6	m	Altezza pila
γ	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
f <sub>ck</sub>	32	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
s	1.2	m	Altezza sezione piena estremità superiore pila
s*	0.65	m	Altezza protuberanze pila
A	11.45	m <sup>2</sup>	Sezione trasversale fusto pila
A <sub>sup</sub>	36.32	m <sup>2</sup>	Sezione trasversale estremità superiore pila
A <sub>sup</sub> *	3.88	m <sup>2</sup>	Sezione protuberanze testa pila (2 totali)
I <sub>y</sub>	1.35E+14	mm <sup>4</sup>	Inerzia mensola direzione trasversale
I <sub>z</sub>	1.90E+13	mm <sup>4</sup>	Inerzia mensola longitudinale
E	33346	MPa	Modulo di elasticità
K <sub>T</sub>	11476443	N/mm	Rigidezza flessionale direzione trasversale
K <sub>L</sub>	1617451	N/mm	Rigidezza flessionale direzione longitudinale
K <sub>T,fess</sub>	5738221	N/mm	Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione trasversale
K <sub>L,fess</sub>	808726	N/mm	Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione longitudinale
P <sub>pila_tot</sub>	3829	kN	Peso proprio pila
P <sub>sup.pila</sub>	2491	kN	Peso proprio della metà superiore della pila (Peso metà fusto+Peso pulvino)
P <sub>inf.pila</sub>	1338	kN	Peso proprio della metà inferiore della pila (Peso metà fusto)
m <sub>pila_tot</sub>	391	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa pila
m <sub>sup.pila</sub>	254	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa della metà superiore della pila
m <sub>inf.pila</sub>	136	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa della metà inferiore della pila
Applicabilità analisi statica lineare		<b>Analisi statica lineare applicabile</b>	

CALCOLO MASSA EFFICACE PILA/IMPALCATO			
Sigla impalcato afferenti	4	-	
<u>Direzione longitudinale</u>			
P <sub>impalcato</sub>	6348	kN	Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P <sub>permanenti portati</sub>	5315	kN	Carichi permanenti portati totali
P <sub>traffico ferroviario</sub>	7079	kN	Carico ferroviario
0.2xP <sub>traffico ferroviario</sub>	1416	kN	20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m <sub>impalcato</sub>	1334	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione longitudinale
<b>m<sub>efficace tot - longitudinale</sub></b>	<b>1598</b>	<b>kN/m/s<sup>2</sup></b>	<b>Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione longitudinale</b>
<u>Direzione trasversale</u>			
P <sub>impalcato</sub>	8874	kN	Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P <sub>permanenti portati</sub>	8107	kN	Carichi permanenti portati totali
P <sub>traffico ferroviario</sub>	10239	kN	Carico ferroviario
0.2xP <sub>traffico ferroviario</sub>	2048	kN	20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m <sub>impalcato</sub>	1941	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione trasversale
<b>m<sub>efficace tot - trasversale</sub></b>	<b>2205</b>	<b>kN/m/s<sup>2</sup></b>	<b>Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione trasversale</b>

PARAMETRI SPETTRALI		
a <sub>g</sub>	0.218	g    PGA
S <sub>S</sub>	1.377	Coefficiente stratigrafico
a <sub>g</sub> (T=0)	0.300	g    Accelerazione spettrale al suolo (a <sub>g</sub> *S)

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>47 di 96</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>					

<b>CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE LONGITUDINALE</b>		
<u>Ipotesi sezione non fessurata (<math>E = E_m</math>)</u>		
TL	0.197 s	Periodo di vibrazione
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.494 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1.5$ )
FL	7745 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	81714 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.741 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1$ )
FL	11618 kN	Taglio longitudinale
ML	122571 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata (<math>E_f = 0.5E</math>)</u>		
TL,fess	0.279 s	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.494 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1.5$ )
FL	7745 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	81714 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.741 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1$ )
Fi,sup	11543 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	4734 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FL	16278 kN	Taglio longitudinale intradosso plinto
ML	156558 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato

<b>CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE TRASVERSALE</b>		
<u>Ipotesi sezione non fessurata (<math>E = E_m</math>)</u>		
Tt	0.087 s	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.394 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1.5$ )
FT	8522 kN	Taglio trasversale
MT	89910 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.514 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1$ )
FT	11110 kN	Taglio trasversale
MT	117208 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata (<math>E_f = 0.5E</math>)</u>		
TT,fess	0.123	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.436 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1.5$ )
FT	9419 kN	Taglio trasversale
MT	99369 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.608 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1$ )
Fi,sup	13087 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	4734 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FT	17821 kN	Taglio trasversale
MT	176697 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato

<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.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.4 (P41) - 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.C5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>48 di 96</b>

## 10.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riporta di seguito 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. Le grandezze che figurano nella Tabella di seguito fanno riferimento alle seguenti azioni trasmesse dagli appoggi:

N: Reazione verticale (positiva, se diretta verso l'alto)

Ht: Reazione orizzontale, in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Hi: Reazione orizzontale, in direzione parallela all'asse del viadotto

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>  <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>
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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA <b>IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.01.C5.001 A 49 di 96</b>	

CASI DI CARICO		APPOGGIO 1			APPOGGIO 2			APPOGGIO 3			APPOGGIO 4		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	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	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	Aviamento treno	-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	Aviamento treno	-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	Aviamento treno	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	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	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	-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	-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	-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	-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	-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	-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	-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	-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	-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	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	-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	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	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4

Tabella 5: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato fisso

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>  <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>				
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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>50 di 96</b>

CASI DI CARICO		APPOGGIO 5			APPOGGIO 6			APPOGGIO 7			APPOGGIO 8		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	2100.0	0.0	0.0	1500.0	0.0	0.0	2100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	1800.0	0.0	0.0	1550.0	0.0	0.0	2100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	50.0	-50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	50.0	-60.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	-50.0	0.0	0.0	-50.0	-60.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	-100.0	80.0	0.0	-100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	-50.0	50.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-200.0	0.0	0.0	100.0	250.0	0.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-200.0	0.0	0.0	150.0	300.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-300.0	0.0	0.0	-100.0	300.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	100.0	110.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	100.0	120.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-100.0	0.0	0.0	-100.0	120.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q6	Vento	-300.0	0.0	0.0	50.0	510.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	150.0	0.0	0.0	1250.0	0.0	0.0	1650.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	1550.0	0.0	0.0	1300.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	200.0	0.0	0.0	1450.0	0.0	0.0	2000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	200.0	200.0	0.0	160.0	160.0	0.0	210.0	210.0	0.0	0.0	0.0
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	60.0	60.0	0.0	90.0	90.0	0.0	70.0	70.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato mobile

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>51 di 96</b>

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni indotte nella sezione a quota testa pila, desunte dagli scarichi espletati dagli appoggi. I momenti flettenti nei due piani di verifica sono ricavati tenendo in considerazione le eccentricità, rispetto all'asse pila, dei singoli appoggi su ciascun lato, in direzione longitudinale e in direzione trasversale.

I tagli agenti in condizioni sismiche, riportati nella seguente Tabella sono ricavati, come anticipato in precedenza, dallo schema di oscillatore semplice, considerando lo spettro di risposta di progetto.

Le grandezze che figurano nelle Tabelle riportate di seguito fanno riferimento al seguente gruppo di sollecitazioni:

N: Sforzo normale (negativo, se di compressione)

Ht: Taglio in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Hi: Taglio in direzione parallela all'asse del viadotto

Mt: Momento flettente che produce flessione nel piano ortogonale all'asse del viadotto

Ml: Momento flettente che produce flessione nel piano parallelo all'asse del viadotto

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	52 di 96

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI TESTA PILA				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-37980	2815	1057	17019	10827
SLU-Gr.3(N)	-37993	1848	2113	11584	11194
SLU-Gr.1(P)	-38877	2690	1292	18710	10297
SLU-Gr.3(P)	-38829	1781	2585	13351	9817
SLU-Gr.1-1SW/2	-32553	1678	634	25489	9260
SLU-Gr.3-1SW/2	-32256	1238	1269	22822	8750
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-29111	1544	1292	9481	945
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-28905	1187	2585	7703	718
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-30821	2815	1057	16448	8790
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-30833	1848	2113	11013	9157
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-31717	2690	1292	18139	8261
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-31670	1781	2585	12779	7780
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-25394	1678	634	24918	7223
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-25096	1238	1269	22250	6713
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-21952	1544	1292	8909	1092
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-21746	1187	2585	7132	1319
SLV-EL+0.3ET	-16981	2826	7745	0	0
SLV-0.3EL+ET	-16834	9419	2324	0	0
SLE-C-Gr.1(N)	-26525	1923	729	11615	7531
SLE-C-Gr.3(N)	-26533	1256	1458	7867	7784
SLE-C-Gr.1(P)	-27143	1836	891	12781	7166
SLE-C-Gr.3(P)	-27110	1210	1783	9086	6834
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-22782	1138	438	17457	6450
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-22577	835	875	15617	6098
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-20408	1046	891	6416	716
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-20266	800	1783	5191	559
SLE-F-Gr.1(N)	-24592	1100	583	7607	6948
SLE-F-Gr.3(N)	-24599	566	1166	4608	7150
SLE-F-Gr.1(P)	-25087	1030	713	8540	6656
SLE-F-Gr.3(P)	-25060	529	1426	5583	6391
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-21598	472	350	12280	6083
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-21434	229	700	10808	5802
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-19699	398	713	3448	1496
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-19585	201	1426	2467	1371
SLE-QP	-16981	0	0	1142	4736

Tabella 7: Sollecitazioni nella sezione a quota testa pila

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>53 di 96</b>

Il calcolo delle massime sollecitazioni agenti a quota spiccato plinto è stato effettuato trasportando le azioni relative alla sezione di testa pila e considerando i carichi aggiuntivi relativi al peso proprio della pila e all'azione del vento sulla pila.

Di seguito se ne riporta una sintesi.

Le grandezze che figurano nelle Tabelle riportate di seguito fanno riferimento al medesimo gruppo di sollecitazioni individuato in precedenza per la sezione a quota testa pila.

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 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI 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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	54 di 96

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI BASE PILA				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-43150	2894	1330	47133	23415
SLU-Gr.3(N)	-43162	1927	2386	31498	34930
SLU-Gr.1(P)	-44046	2768	1565	47501	25371
SLU-Gr.3(P)	-43999	1860	2858	32558	38524
SLU-Gr.1-1SW/2	-37723	1756	907	43605	17392
SLU-Gr.3-1SW/2	-37426	1316	1542	36292	23575
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-34281	1623	1565	26187	16019
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-34075	1265	2858	20639	29426
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-34650	2894	1330	46562	21378
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-34662	1927	2386	30926	32893
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-35546	2768	1565	46930	23335
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-35499	1860	2858	31987	36488
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-29223	1756	907	43033	15356
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-28926	1316	1542	35721	21538
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-25781	1623	1565	25616	16165
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-25575	1265	2858	20067	30026
SLV-EL+0.3ET	-20811	2826	7745	35648	84378
SLV-0.3EL+ET	-20663	9419	2324	118825	25101
SLE-C-Gr.1(N)	-30354	1975	911	32175	16179
SLE-C-Gr.3(N)	-30363	1308	1639	21392	24121
SLE-C-Gr.1(P)	-30972	1888	1073	32429	17529
SLE-C-Gr.3(P)	-30939	1262	1964	22123	26600
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-26611	1191	619	29741	12026
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-26406	887	1057	24698	16290
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-24238	1098	1073	17729	11079
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-24095	852	1964	13903	20325
SLE-F-Gr.1(N)	-28421	1100	583	19208	13099
SLE-F-Gr.3(N)	-28428	566	1166	10582	19452
SLE-F-Gr.1(P)	-28916	1030	713	19412	14178
SLE-F-Gr.3(P)	-28890	529	1426	11167	21435
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-25427	472	350	17262	9776
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-25263	229	700	13227	13187
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-23528	398	713	7652	9018
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-23414	201	1426	4591	16415
SLE-QP	-20811	0	0	1142	4736

Tabella 8: Sollecitazioni nella sezione di spiccato

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	55 di 96		

## 10.2 VERIFICA DEL FUSTO

Le verifiche strutturali allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio sono state svolte, seguendo i criteri esposti in precedenza, con il codice di calcolo RC-SEC, per ciascuna delle combinazioni di carico considerate.

La sezione di verifica è quella relativa allo spiccato della pila (quota estradosso plinto).

L'armatura longitudinale del fusto della pila prevede ferri distribuiti lungo il perimetro, sia lungo il lato interno che quello esterno.

Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio (staffe) previste è esibita nei prospetti di seguito. Il valore del copriferro  $c$  che figura è valutato in asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo, segue le prescrizioni riportate nel par.2.5.2.2.6 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

ARMATURA LONGITUDINALE FUSTO								
n°strati	c (cm)	$\phi$ (mm)	$s_{ext}$ (cm)	$s_{int}$ (cm)	n°tot	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s/A_{cls}$ (%)	$A_{min}/A_{cls}$ (%)
1	7.7	26	20	20	306	1623.8	1.42	0.6

ARMATURA TRASVERSALE FUSTO (STAFFE)							
Direzione longitudinale				Direzione trasversale			
nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)
6	16	20	60.32	4	16	20	40.21

Le grandezze che figurano nelle verifiche riportate di seguito fanno riferimento al seguente gruppo di sollecitazioni:

N: Sforzo normale (positivo, se di compressione)

Vx: Taglio in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

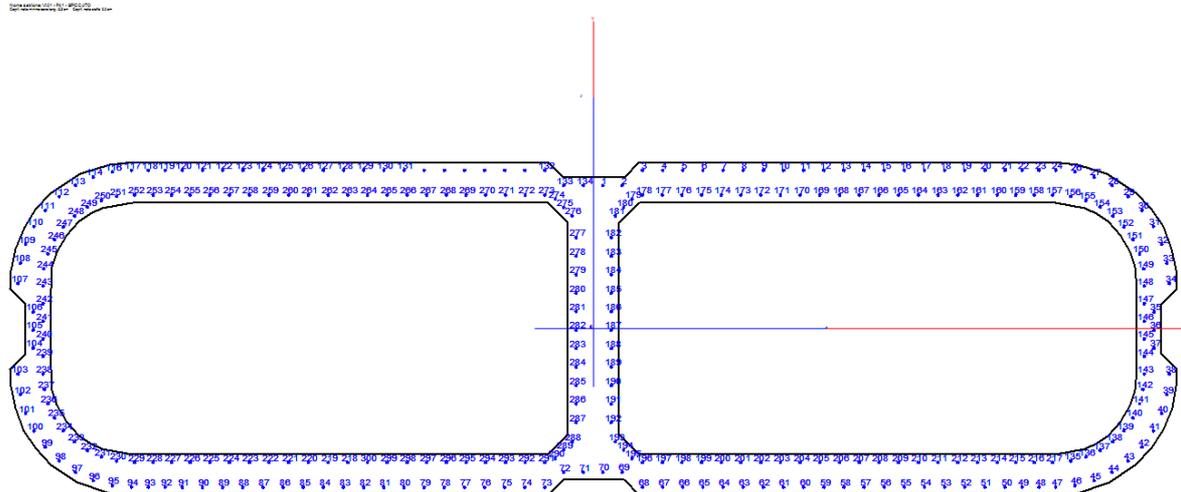
Vy: Taglio in direzione parallela all'asse del viadotto

My: Momento flettente che produce flessione nel piano ortogonale all'asse del viadotto

Mx: Momento flettente che produce flessione nel piano parallelo all'asse del viadotto

Di seguito le verifiche strutturali relative alla sezione di spiccato della pila.

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 <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>56 di 96</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>								



**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	477.1	163.0
2	506.1	153.6
3	534.2	135.2
4	549.6	118.9
5	561.0	101.2
6	569.9	79.6
7	574.3	58.1
8	575.0	39.6
9	560.0	24.6
10	560.0	-25.4
11	575.0	-40.4
12	574.4	-57.5
13	570.2	-79.0
14	561.5	-100.8
15	550.1	-118.6
16	534.7	-135.1
17	508.7	-152.7
18	477.2	-163.3
19	461.2	-165.0
20	45.0	-165.0
21	30.0	-150.0
22	-30.0	-150.0
23	-45.0	-165.0
24	-461.2	-165.0
25	-477.2	-163.3
26	-508.6	-152.8
27	-534.6	-135.2

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>57 di 96</b>

28	-549.9	-118.8
29	-561.3	-101.0
30	-570.1	-79.3
31	-574.4	-57.8
32	-575.0	-40.4
33	-560.0	-25.4
34	-560.0	24.6
35	-575.0	39.6
36	-574.3	57.8
37	-570.0	79.3
38	-561.2	100.9
39	-549.7	118.7
40	-534.4	135.0
41	-506.2	153.5
42	-477.1	163.0
43	-461.2	164.9
44	-45.0	165.0
45	-30.0	150.0
46	30.0	150.0
47	45.0	165.0
48	461.2	164.9

**DOMINIO N° 2**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	533.6	-61.1
2	529.2	-75.4
3	519.6	-92.8
4	507.5	-105.7
5	495.7	-114.0
6	484.2	-119.7
7	455.0	-125.0
8	45.0	-125.0
9	25.0	-105.0
10	25.0	105.0
11	45.0	125.0
12	455.0	125.0
13	484.2	119.7
14	495.7	114.1
15	507.5	105.8
16	519.6	92.9
17	529.2	75.5
18	533.6	61.2
19	535.0	40.0
20	535.0	-40.0

**DOMINIO N° 3**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
------------	--------	--------

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>58 di 96</b>

1	-535.0	40.0
2	-533.6	61.2
3	-529.2	75.5
4	-519.6	92.9
5	-507.5	105.8
6	-495.7	114.1
7	-484.2	119.7
8	-455.0	125.0
9	-45.0	125.0
10	-25.0	105.0
11	-25.0	-105.0
12	-45.0	-125.0
13	-455.0	-125.0
14	-484.2	-119.7
15	-495.7	-114.0
16	-507.5	-105.7
17	-519.6	-92.8
18	-529.2	-75.4
19	-533.6	-61.1
20	-535.0	-40.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.9	142.3	26
2	28.2	142.3	26
3	48.1	157.3	26
4	68.0	157.3	26
5	87.8	157.3	26
6	107.7	157.3	26
7	127.5	157.3	26
8	147.4	157.3	26
9	167.2	157.3	26
10	187.1	157.3	26
11	206.9	157.3	26
12	226.8	157.3	26
13	246.6	157.3	26
14	266.5	157.3	26
15	286.3	157.3	26
16	306.2	157.3	26
17	326.0	157.3	26
18	345.9	157.3	26
19	365.8	157.3	26
20	385.6	157.3	26
21	405.5	157.3	26
22	422.2	157.3	26
23	438.9	157.3	26
24	455.5	157.3	26
25	474.4	155.6	26
26	474.4	155.6	26
27	493.2	150.6	26
28	510.8	142.4	26
29	526.7	131.3	26
30	540.5	117.5	26

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>59 di 96</b>

31	551.6	101.6	26
32	559.8	84.0	26
33	564.8	65.2	26
34	567.4	45.0	26
35	552.3	16.7	26
36	552.3	-1.3	26
37	552.3	-19.2	26
38	567.4	-45.0	26
39	564.8	-65.2	26
40	559.8	-84.0	26
41	551.6	-101.6	26
42	540.5	-117.5	26
43	526.7	-131.3	26
44	510.8	-142.4	26
45	493.2	-150.6	26
46	474.4	-155.6	26
47	455.4	-157.3	26
48	438.9	-157.3	26
49	422.2	-157.3	26
50	405.5	-157.3	26
51	385.6	-157.3	26
52	365.8	-157.3	26
53	345.9	-157.3	26
54	326.0	-157.3	26
55	306.2	-157.3	26
56	286.3	-157.3	26
57	266.5	-157.3	26
58	246.6	-157.3	26
59	226.8	-157.3	26
60	206.9	-157.3	26
61	187.1	-157.3	26
62	167.2	-157.3	26
63	147.4	-157.3	26
64	127.5	-157.3	26
65	107.7	-157.3	26
66	87.8	-157.3	26
67	68.0	-157.3	26
68	48.1	-157.3	26
69	28.2	-142.3	26
70	8.9	-142.3	26
71	-10.4	-142.4	26
72	-29.6	-142.4	26
73	-48.0	-157.4	26
74	-67.9	-157.4	26
75	-87.8	-157.4	26
76	-107.6	-157.4	26
77	-127.5	-157.4	26
78	-147.3	-157.4	26
79	-167.2	-157.4	26
80	-187.0	-157.4	26
81	-206.9	-157.4	26
82	-226.7	-157.4	26
83	-246.6	-157.4	26
84	-266.4	-157.4	26
85	-286.3	-157.4	26

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>60 di 96</b>

86	-306.1	-157.4	26
87	-326.0	-157.4	26
88	-345.8	-157.4	26
89	-365.7	-157.4	26
90	-385.5	-157.4	26
91	-405.4	-157.4	26
92	-422.2	-157.3	26
93	-438.9	-157.3	26
94	-455.4	-157.3	26
95	-474.4	-155.6	26
96	-493.2	-150.6	26
97	-510.8	-142.4	26
98	-526.7	-131.3	26
99	-540.5	-117.5	26
100	-551.6	-101.6	26
101	-559.8	-84.0	26
102	-564.8	-65.2	26
103	-567.4	-45.0	26
104	-552.3	-19.2	26
105	-552.3	-1.3	26
106	-552.3	16.7	26
107	-567.4	45.0	26
108	-564.8	65.2	26
109	-559.8	84.0	26
110	-551.6	101.6	26
111	-540.5	117.5	26
112	-526.7	131.3	26
113	-510.8	142.4	26
114	-493.2	150.6	26
115	-474.4	155.6	26
116	-474.4	155.6	26
117	-455.5	157.3	26
118	-438.9	157.3	26
119	-422.2	157.3	26
120	-405.5	157.3	26
121	-385.5	157.3	26
122	-365.6	157.3	26
123	-345.8	157.3	26
124	-325.9	157.3	26
125	-306.0	157.3	26
126	-286.2	157.3	26
127	-266.3	157.3	26
128	-246.5	157.3	26
129	-226.6	157.3	26
130	-206.8	157.3	26
131	-186.9	157.3	26
132	-48.0	157.3	26
133	-29.5	142.3	26
134	-10.3	142.3	26
135	470.2	-131.4	26
136	485.1	-127.4	26
137	499.1	-120.8	26
138	511.7	-112.0	26
139	522.7	-101.1	26
140	531.5	-88.4	26

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>61 di 96</b>

141	538.0	-74.4	26
142	541.3	-60.2	26
143	542.7	-45.0	26
144	542.7	-27.5	26
145	542.7	-10.0	26
146	542.7	7.5	26
147	542.7	25.0	26
148	542.7	42.5	26
149	542.0	59.5	26
150	538.0	74.4	26
151	531.5	88.4	26
152	522.7	101.1	26
153	511.7	112.0	26
154	499.1	120.8	26
155	485.1	127.4	26
156	470.2	131.4	26
157	452.5	132.7	26
158	434.2	132.7	26
159	416.0	132.7	26
160	397.7	132.7	26
161	378.3	132.7	26
162	358.9	132.7	26
163	339.4	132.7	26
164	320.0	132.7	26
165	300.6	132.7	26
166	281.2	132.7	26
167	261.7	132.7	26
168	242.3	132.7	26
169	222.9	132.7	26
170	203.5	132.7	26
171	184.1	132.7	26
172	164.6	132.7	26
173	145.2	132.7	26
174	125.8	132.7	26
175	106.4	132.7	26
176	87.0	132.7	26
177	67.5	132.7	26
178	48.1	132.7	26
179	37.8	128.7	26
180	29.6	120.4	26
181	21.3	112.2	26
182	17.3	90.5	26
183	17.3	72.1	26
184	17.3	53.8	26
185	17.3	35.4	26
186	17.3	17.1	26
187	17.3	-1.3	26
188	17.3	-19.6	26
189	17.3	-37.9	26
190	17.3	-56.3	26
191	17.3	-74.6	26
192	17.3	-93.0	26
193	21.3	-112.2	26
194	29.6	-120.4	26
195	37.8	-128.7	26

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>62 di 96</b>

196	48.1	-132.7	26
197	67.5	-132.7	26
198	87.0	-132.7	26
199	106.4	-132.7	26
200	125.8	-132.7	26
201	145.2	-132.7	26
202	164.6	-132.7	26
203	184.1	-132.7	26
204	203.5	-132.7	26
205	222.9	-132.7	26
206	242.3	-132.7	26
207	261.7	-132.7	26
208	281.2	-132.7	26
209	300.6	-132.7	26
210	320.0	-132.7	26
211	339.4	-132.7	26
212	358.9	-132.7	26
213	378.3	-132.7	26
214	397.7	-132.7	26
215	416.0	-132.7	26
216	434.2	-132.7	26
217	452.5	-132.7	26
218	-242.3	-132.7	26
219	-261.7	-132.7	26
220	-281.2	-132.7	26
221	-300.6	-132.7	26
222	-320.0	-132.7	26
223	-339.4	-132.7	26
224	-358.9	-132.7	26
225	-378.3	-132.7	26
226	-397.7	-132.7	26
227	-416.0	-132.7	26
228	-434.2	-132.7	26
229	-452.5	-132.7	26
230	-470.2	-131.4	26
231	-485.1	-127.4	26
232	-499.1	-120.8	26
233	-511.7	-112.0	26
234	-522.7	-101.1	26
235	-531.5	-88.4	26
236	-538.0	-74.4	26
237	-541.3	-60.2	26
238	-542.7	-45.0	26
239	-542.7	-27.5	26
240	-542.7	-10.0	26
241	-542.7	7.5	26
242	-542.7	25.0	26
243	-542.7	42.5	26
244	-542.0	59.5	26
245	-538.0	74.4	26
246	-531.5	88.4	26
247	-522.7	101.1	26
248	-511.7	112.0	26
249	-499.1	120.8	26
250	-485.1	127.4	26

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>63 di 96</b>

251	-470.2	131.4	26
252	-452.5	132.7	26
253	-434.2	132.7	26
254	-416.0	132.7	26
255	-397.7	132.7	26
256	-378.3	132.7	26
257	-358.9	132.7	26
258	-339.4	132.7	26
259	-320.0	132.7	26
260	-300.6	132.7	26
261	-281.2	132.7	26
262	-261.7	132.7	26
263	-242.3	132.7	26
264	-222.9	132.7	26
265	-203.5	132.7	26
266	-184.1	132.7	26
267	-164.6	132.7	26
268	-145.2	132.7	26
269	-125.8	132.7	26
270	-106.4	132.7	26
271	-87.0	132.7	26
272	-67.5	132.7	26
273	-48.1	132.7	26
274	-37.8	128.7	26
275	-29.6	120.4	26
276	-21.3	112.2	26
277	-17.3	90.5	26
278	-17.3	72.1	26
279	-17.3	53.8	26
280	-17.3	35.4	26
281	-17.3	17.1	26
282	-17.3	-1.3	26
283	-17.3	-19.6	26
284	-17.3	-37.9	26
285	-17.3	-56.3	26
286	-17.3	-74.6	26
287	-17.3	-93.0	26
288	-21.3	-112.2	26
289	-29.6	-120.4	26
290	-37.8	-128.7	26
291	-48.1	-132.7	26
292	-67.5	-132.7	26
293	-87.0	-132.7	26
294	-106.4	-132.7	26
295	-125.8	-132.7	26
296	-145.2	-132.7	26
297	-164.6	-132.7	26
298	-184.1	-132.7	26
299	-203.5	-132.7	26
300	-222.9	-132.7	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen.

Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>64 di 96</b>

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	131	132	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	43149.70	23414.90	47132.96	0.00	0.00
2	43162.25	34929.78	31497.70	0.00	0.00
3	44046.24	25371.30	47501.46	0.00	0.00
4	43998.82	38524.48	32558.42	0.00	0.00
5	37723.06	17392.43	43604.58	0.00	0.00
6	37425.52	23575.01	36291.98	0.00	0.00
7	34281.07	16018.80	26187.18	0.00	0.00
8	34074.73	29425.73	20638.70	0.00	0.00
9	34649.91	21378.38	46561.76	0.00	0.00
10	34662.45	32893.26	30926.49	0.00	0.00
11	35546.45	23334.79	46930.25	0.00	0.00
12	35499.03	36487.96	31987.22	0.00	0.00
13	29223.27	15355.91	43033.38	0.00	0.00
14	28925.73	21538.49	35720.77	0.00	0.00
15	25781.28	16165.46	25615.98	0.00	0.00
16	25574.94	30026.33	20067.49	0.00	0.00
17	20810.52	84378.05	35647.62	0.00	0.00
18	20663.05	25101.08	118825.39	0.00	0.00

#### COMB. RARE/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	30353.89	16179.27 (0.00)	32174.72 (0.00)
2	30362.54	24120.56 (519127.51)	21391.77 (460397.98)
3	30972.20	17528.51 (0.00)	32428.85 (0.00)
4	30939.50	26599.67 (274519.04)	22123.31 (228321.27)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>					
<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>			PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>65 di 96</b>

5	26611.38	12025.84 (0.00)	29741.35 (0.00)
6	26406.18	16289.68 (0.00)	24698.17 (0.00)
7	24237.60	11078.51 (0.00)	17729.35 (0.00)
8	24095.30	20324.67 (568055.98)	13902.81 (388570.90)
9	28421.27	13098.51 (0.00)	19208.21 (0.00)
10	28428.19	19451.55 (0.00)	10581.85 (0.00)
11	28915.91	14177.90 (0.00)	19411.52 (0.00)
12	28889.75	21434.83 (0.00)	11167.08 (0.00)
13	25427.26	9775.77 (0.00)	17261.52 (0.00)
14	25263.10	13186.84 (0.00)	13226.97 (0.00)
15	23528.23	9017.90 (0.00)	7651.92 (0.00)
16	23414.39	16414.83 (0.00)	4590.68 (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	20810.52	4735.68 (0.00)	1142.41 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 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 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	43149.70	93163.37	198291.86	43149.90	123766.61	251929.93	5.338	-----
2	S	43162.25	117427.22	87546.29	43162.47	149041.06	135604.04	4.291	-----
3	S	44046.24	96515.59	190443.64	44046.26	128053.54	240992.82	5.072	-----
4	S	43998.82	119540.58	81551.34	43998.88	150947.12	127143.26	3.919	-----
5	S	37723.06	82126.75	210097.39	37723.07	110771.03	275852.29	6.337	-----
6	S	37425.52	99164.40	144876.74	37425.44	132323.30	202747.42	5.601	-----
7	S	34281.07	94679.22	147389.08	34280.92	127858.08	208881.93	7.990	-----
8	S	34074.73	112061.35	53162.34	34074.62	140146.89	98663.52	4.778	-----
9	S	34649.91	83845.91	191490.35	34650.07	115428.26	255381.37	5.474	-----
10	S	34662.45	109264.34	74280.60	34662.38	139243.93	130458.20	4.232	-----

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
						<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>66 di 96</b>			

11	S	35546.45	87640.47	182854.33	35546.57	120202.96	243002.22	5.176	-----
12	S	35499.03	111035.09	70018.86	35499.17	140769.71	123364.60	3.862	-----
13	S	29223.27	72013.44	202914.95	29223.28	100886.49	281155.91	6.541	-----
14	S	28925.73	90384.35	135523.23	28925.73	123109.12	204476.34	5.727	-----
15	S	25781.28	89653.65	119264.11	25781.46	121635.35	193004.41	7.541	-----
16	S	25574.94	103044.60	42185.75	25575.01	129127.09	86825.82	4.315	-----
17	S	20810.52	99785.08	24005.74	20810.51	123322.27	52731.73	1.465	-----
18	S	20663.05	47560.26	222313.29	20663.00	69454.26	324925.97	2.736	-----

#### 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	Ys max
1	0.00350	-0.00042	477.1	163.0	0.00338	493.2	150.6	-0.00553	-493.2	-150.6
2	0.00350	-0.00211	461.2	164.9	0.00325	474.4	155.6	-0.00934	-474.4	-155.6
3	0.00350	-0.00045	477.1	163.0	0.00337	474.4	155.6	-0.00558	-474.4	-155.6
4	0.00350	-0.00225	461.2	164.9	0.00324	455.5	157.3	-0.00966	-455.4	-157.3
5	0.00350	-0.00048	506.1	153.6	0.00339	493.2	150.6	-0.00569	-493.2	-150.6
6	0.00350	-0.00111	477.1	163.0	0.00333	474.4	155.6	-0.00709	-474.4	-155.6
7	0.00350	-0.00118	477.1	163.0	0.00333	474.4	155.6	-0.00724	-474.4	-155.6
8	0.00278	-0.00281	461.2	164.9	0.00251	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
9	0.00350	-0.00068	477.1	163.0	0.00338	493.2	150.6	-0.00611	-493.2	-150.6
10	0.00319	-0.00258	461.2	164.9	0.00292	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
11	0.00350	-0.00072	477.1	163.0	0.00336	493.2	150.6	-0.00621	-493.2	-150.6
12	0.00313	-0.00261	461.2	164.9	0.00286	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
13	0.00350	-0.00074	506.1	153.6	0.00339	493.2	150.6	-0.00627	-493.2	-150.6
14	0.00350	-0.00155	477.1	163.0	0.00331	474.4	155.6	-0.00810	-474.4	-155.6
15	0.00350	-0.00201	477.1	163.0	0.00329	474.4	155.6	-0.00913	-474.4	-155.6
16	0.00241	-0.00302	461.2	164.9	0.00214	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
17	0.00202	-0.00325	461.2	164.9	0.00175	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
18	0.00350	-0.00114	506.1	153.6	0.00341	510.8	142.4	-0.00723	-510.8	-142.4

#### 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	0.000004359	0.000015302	-0.001073119	----	----
2	0.000002988	0.000031326	-0.003042540	----	----
3	0.000004205	0.000015948	-0.001105080	----	----
4	0.000002864	0.000032696	-0.003211115	----	----

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>67 di 96</b>

5	0.000004867	0.000014227	-0.001148433	----	----
6	0.000003947	0.000021436	-0.001876531	----	----
7	0.000004121	0.000021394	-0.001952342	----	----
8	0.000001925	0.000034206	-0.003742893	----	----
9	0.000004741	0.000015994	-0.001368025	----	----
10	0.000002707	0.000033234	-0.003539498	----	----
11	0.000004538	0.000016921	-0.001422475	----	----
12	0.000002544	0.000033513	-0.003569787	----	----
13	0.000005379	0.000014460	-0.001443390	----	----
14	0.000004228	0.000023784	-0.002392914	----	----
15	0.000004148	0.000027250	-0.002919561	----	----
16	0.000001553	0.000034107	-0.003927637	----	----
17	0.000000894	0.000034769	-0.004123491	----	----
18	0.000007291	0.000011185	-0.001908057	----	----

#### COMBINAZIONI RARE/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 [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	2.98	-45.0	125.0	2.5	-493.2	-150.6	----	----	----	----
2	S	3.45	-45.0	125.0	-0.9	-474.4	-155.6	----	----	----	----
3	S	3.10	-45.0	125.0	1.7	-474.4	-155.6	----	----	----	----
4	S	3.62	-45.0	125.0	-3.4	-474.4	-155.6	1124	26.5	19.1	1.00
5	S	2.49	-45.0	125.0	3.6	-493.2	-150.6	----	----	----	----
6	S	2.73	-45.0	125.0	1.4	-474.4	-155.6	----	----	----	----
7	S	2.30	-45.0	125.0	7.3	-474.4	-155.6	----	----	----	----
8	S	2.81	-45.0	125.0	-0.6	-474.4	-155.6	----	----	----	----
9	S	2.71	-45.0	125.0	9.2	-474.4	-155.6	----	----	----	----
10	S	3.08	-45.0	125.0	6.4	-455.4	-157.3	----	----	----	----
11	S	2.81	-45.0	125.0	8.5	-474.4	-155.6	----	----	----	----
12	S	3.22	-45.0	125.0	4.6	-455.4	-157.3	----	----	----	----
13	S	2.32	-45.0	125.0	10.2	-474.4	-155.6	----	----	----	----
14	S	2.51	-45.0	125.0	8.3	-474.4	-155.6	----	----	----	----
15	S	2.17	-45.0	125.0	13.0	-474.4	-155.6	----	----	----	----
16	S	2.57	-45.0	125.0	6.6	-455.4	-157.3	----	----	----	----

#### COMBINAZIONI RARE/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
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

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
						<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>68 di 96</b>			

$\Psi = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srm}$ . 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	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
2	S	-0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	519127.51	460397.98
3	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
4	S	-0.3	0	0.125	26	66-105.511	0.00001 (0.00001)	226	0.003 (0.20)	274519.04	228321.27	
5	S	0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
6	S	0.0	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
7	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
8	S	-0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	568055.98	388570.90
9	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
10	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
11	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
12	S	0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
13	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
14	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
15	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
16	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	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	1.76	-45.0	125.0	17.2	-455.4	-157.3	----	----	----	----

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

#### VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE X

bw	=	80	cm
h	=	1150	cm
c	=	5.6	cm
d	=	h-c	= 1144.4 cm

#### MATERIALI

fywd	=	391.30	MPa
Rck	=	40	MPa
gc	=	1.5	
fck	=	0.83xRck	= 33.2 MPa
fcd	=	0.85xfck/gc	= 18.81 MPa

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    69 di 96</b>	

ARMATURE A TAGLIO

øst	=	16	
braccia	=	4	
øst2	=	0	
braccia	=	0	
passo	=	20	cm
(Asw / s)	=	40.212	cm2 / m
a	=	90	°      (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl	=	26	
Numero	=	4	
Asl	=	21.237	cm2

TAGLIO AGENTE	VEd =	9419	(KN)
SFORZO NORMALE	Ned =	20663	(KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k	=	1.13	
vmin	=	0.243	
rl	=	0.0002	
scp	=	2.2460	(Mpa)
VRd	=	4224.51 (KN)	NO    5308.641326    (KN)
VRd	=	5308.64 (KN)	
ac	=	1.1194	Ned/Ac= 2.2460    (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

IPOPESI 1      Cot q = 2,5      q = 21,8°  
Armatura trasversale

VRsd =	40516.78 (KN)	
VRcd =	29917.59 (KN)	
VRd =	29917.59 (KN)	min(VRsd, VRcd)

IPOPESI 2      Cot q = 1    q = 45°  
Armatura trasversale

VRsd =	16206.71 (KN)	
VRcd =	43380.51 (KN)	
VRd =	16206.71 (KN)	min(VRsd, VRcd)

IPOPESI 3      Cot q in cui VRsd=VRcd      :Rottura bilanciata  
cot(q) = 2.09 (calcolato)      cot(q) = 2.09 (limitato)

q=	25.61	°
VRsd =	33814.99 (KN)	
VRcd =	33814.99 (KN)	
VRd =	33814.99 (KN)	

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>70 di 96</b>

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

VRd = 33815 (KN)

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE Y

bw = 130 cm  
h = 330 cm  
c = 5.6 cm  
d = h-c = 324.4 cm

MATERIALI

fywd = 391.30 MPa  
Rck = 40 MPa  
gc = 1.5  
fck = 0.83xRck = 33.2 MPa  
fcd = 0.85xfck/gc = 18.81 MPa

ARMATURE A TAGLIO

øst = 16  
braccia = 6  
øst2 = 0  
braccia = 0  
passo = 20 cm  
(Asw / s) = 60.3 cm<sup>2</sup> / m  
a = 90 ° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl = 26  
Numero = 7  
Asl = 37.165 cm<sup>2</sup>

TAGLIO AGENTE VEd = 7745 (KN)

SFORZO NORMALE Ned = 20663 (KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k = 1.25  
vmin = 0.281  
rl = 0.0009  
scp = 3.7627 (Mpa)  
VRd = 3283.71 (KN) NO 3566.336278 (KN)  
VRd = 3566.34 (KN)  
ac = 1.2500 Ned/Ac= 4.8166 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

IPOTESI 1 Cot q = 2,5 q = 21,8°

Armatura trasversale

VRsd = 17227.77 (KN)

VRcd = 15389.14 (KN)

VRd = 15389.14 (KN)

min(VRsd, VRcd)

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>71 di 96</b>

IPOTESI 2      Cot  $q = 1$     $q = 45^\circ$   
 Armatura trasversale

VRsd = 6891.11 (KN)

VRcd = 22314.26 (KN)

VRd = 6891.11 (KN)      min(VRsd, VRcd)

IPOTESI 3      Cot  $q$  in cui VRsd=VRcd      :Rottura bilanciata  
 cot( $q$ ) = 2.34      (calcolato)      cot( $q$ ) = 2.34      (limitato)

q = 23.14 °  
 VRsd = 16126.15 (KN)

VRcd = 16126.15 (KN)

VRd = 16126.15 (KN)

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

VRd = 16126 (KN)

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.    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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	72 di 96

## **11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE**

Nei paragrafi successivi si forniscono le sollecitazioni e le verifiche strutturali relative al sistema di fondazione. In particolare, le verifiche strutturali esibite riguardano il plinto di fondazione e la palificata relativi alla pila di altezza massima, fra quelle in esame aventi medesima tipologia di armatura.

I dati identificativi del sistema di fondazione sono sintetizzati nei prospetti di seguito:

<b>PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PLINTO DI FONDAZIONE</b>			
Sigla plinto	<b>F3</b>	-	Tipologia plinto per geometria
$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
$f_{ck}$	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$B_T$	15.2	m	Dimensione plinto in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto
$B_L$	15.2	m	Dimensione plinto in pianta in direz. longitudinale rispetto all'asse del viadotto
$s$	2.5	m	Spessore del plinto
$P_{plinto}$	14440	kN	Peso del plinto
$m_{plinto}$	1472	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa del plinto
$s_{terr}$	1.2	m	Spessore medio ricoprimento

<b>PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PALI DI FONDAZIONE</b>			
$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
$f_{ck}$	25	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$n_L$	3	-	Numero file in direzione longitudinale
$n_T$	3	-	Numero file in direzione trasversale
$n$	9	-	Numero pali
$\phi$	2000	mm	Diametro pali

Le coordinate dei pali, rispetto al baricentro del plinto di fondazione, sono riportate di seguito; il sistema di riferimento adottato fa riferimento alle seguenti direzioni:

x: Direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

y: Direzione parallela all'asse del viadotto

L'origine del sistema di riferimento coincide con il baricentro del plinto di fondazione.

<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>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 B.4 (P41) - 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.C5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>73 di 96</b>

**Coordinate pali**

x (m)	y (m)
6	-6
0	-6
-6	-6
6	0
0	0
-6	0
6	6
0	6
-6	6
0	6
-6	6
6	6

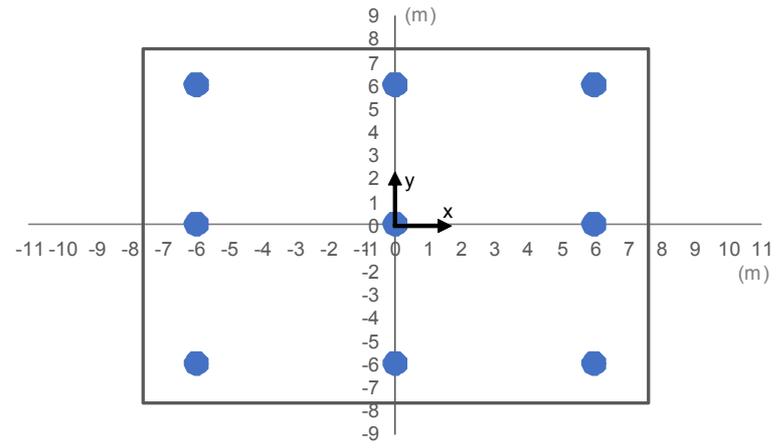


Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	74 di 96

## 11.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Per le combinazioni di carico statiche, le sollecitazioni ad intradosso plinto sono state ottenute a partire da quelle indotte a base pila, tenendo conto del peso del plinto di fondazione, del carico permanente dovuto al peso del ricoprimento sul plinto, valutato considerandone uno spessore medio, e dell'eccentricità tra la sezione di spiccato e quella di intradosso del plinto (spessore della fondazione).

In condizione sismica, invece, secondo quanto prescritto nel par.7.2.5 del DM 14.1.2008, per le strutture progettate in CD "B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti.

Più precisamente, la forza assiale negli elementi strutturali verticali derivante dalla combinazione delle azioni deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente del taglio; si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate con un  $\gamma_{Rd}$  pari a 1,1 in CD "B", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di struttura  $q$  pari a 1.

Ciò significa che le azioni di taglio e momento di verifica della fondazione devono essere pari ai valori minimi risultanti da questi tre casi sopraelencati, per i quali si riporta un riepilogo nei prospetti di seguito.

SOLLECITAZIONI SISMICHE BASE PILA PER $q=1$					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-20811	3333	11543	35163	121781
SLV-0.3EL+ET	-20663	11110	3463	117208	36534

SOLLECITAZIONI SISMICHE CON COEFF. DI SOVRARESISTENZA $\gamma_{Rd} = 1.1$					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-20811	3108	8520	39212	92816
SLV-0.3EL+ET	-20663	10361	2556	130708	27611

SOLLECITAZIONI RESISTENTI $S_{Rd}$					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-20811	33815	16126	371963	121124
SLV-0.3EL+ET	-20663	33815	16126	371963	121124

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 75 di 96</b>

Nel caso in esame, dunque, considerando il minimo dei valori individuati nei prospetti sopra riportati, risulta:

<b>SOLLECITAZIONI SISMICHE BASE PILA DI PROGETTO PER CALCOLO PLINTO</b>					
Combinazioni di carico	<b>N</b>	<b>Ht</b>	<b>HI</b>	<b>Mt</b>	<b>MI</b>
SLV-EL+0.3ET	-20811	3108	8520	35163	92816
SLV-0.3EL+ET	-20663	10361	2556	117208	27611

Alle sollecitazioni sismiche base pila, di progetto per il calcolo del plinto, va sommata la forza di inerzia relativa alla parte inferiore della pila (semialtezza inferiore del fusto e plinto), calcolata con riferimento allo spettro di risposta elastico.

Di seguito sono sintetizzate le sollecitazioni ad intradosso plinto ricavate per ciascuna delle combinazioni di carico considerate.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>76 di 96</b>

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI INTRADOSSO PLINTO				
	<b>N</b>	<b>Ht</b>	<b>HI</b>	<b>Mt</b>	<b>MI</b>
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-69758	2894	1330	54367	26739
SLU-Gr.3(N)	-69771	1927	2386	36314	40896
SLU-Gr.1(P)	-70655	2768	1565	54422	29285
SLU-Gr.3(P)	-70608	1860	2858	37208	45668
SLU-Gr.1-1SW/2	-64332	1756	907	47995	19661
SLU-Gr.3-1SW/2	-64034	1316	1542	39582	27429
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-60890	1623	1565	30244	19932
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-60683	1265	2858	23802	36570
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-54360	2894	1330	53796	24703
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-54373	1927	2386	35743	38859
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-55257	2768	1565	53851	27248
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-55209	1860	2858	36637	43632
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-48933	1756	907	47424	17624
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-48636	1316	1542	39011	25393
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-45491	1623	1565	29673	20079
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-45285	1265	2858	23231	37170
SLV-EL+0.3ET	-40521	4529	13254	44708	120034
SLV-0.3EL+ET	-40373	15095	3976	149028	35777
SLE-C-Gr.1(N)	-50064	1975	911	37112	18456
SLE-C-Gr.3(N)	-50073	1308	1639	24662	28219
SLE-C-Gr.1(P)	-50682	1888	1073	37150	20212
SLE-C-Gr.3(P)	-50650	1262	1964	25278	31511
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-46322	1191	619	32718	13575
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-46116	887	1057	26915	18932
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-43948	1098	1073	20475	13762
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-43805	852	1964	16033	25236
SLE-F-Gr.1(N)	-48131	1100	583	21957	14556
SLE-F-Gr.3(N)	-48138	566	1166	11997	22367
SLE-F-Gr.1(P)	-48626	1030	713	21988	15960
SLE-F-Gr.3(P)	-48600	529	1426	12490	25000
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-45137	472	350	18442	10651
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-44973	229	700	13800	14937
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-43238	398	713	8648	10800
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-43125	201	1426	5094	19980
SLE-QP	-40521	0	0	1142	4736

Tabella 9: Sollecitazioni a quota intradosso plinto

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 77 di 96</b>

Per ricavare le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione è stata considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa), tenendo poi conto, in maniera approssimata mediante la definizione di un apposito coefficiente, degli effetti flessionali sui pali dovuti ai carichi trasmessi dalla pila, come mostrato nelle immagini riportate di seguito.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali, mentre il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente  $\alpha$  (espresso in metri):

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente  $\alpha$  dipende dalle caratteristiche di rigidezza relative palo-terreno e dunque dall'eventuale liquefacibilità del suolo. Generalmente, la sua applicazione fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo sono definiti i seguenti valori:

$D_{palo}$ (m)	CONDIZIONI DEL TERRENO	$\alpha$ (m)
2	Potenzialmente liquefacibile	5.3

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

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV.     PAGINA <b>A        78 di 96</b>

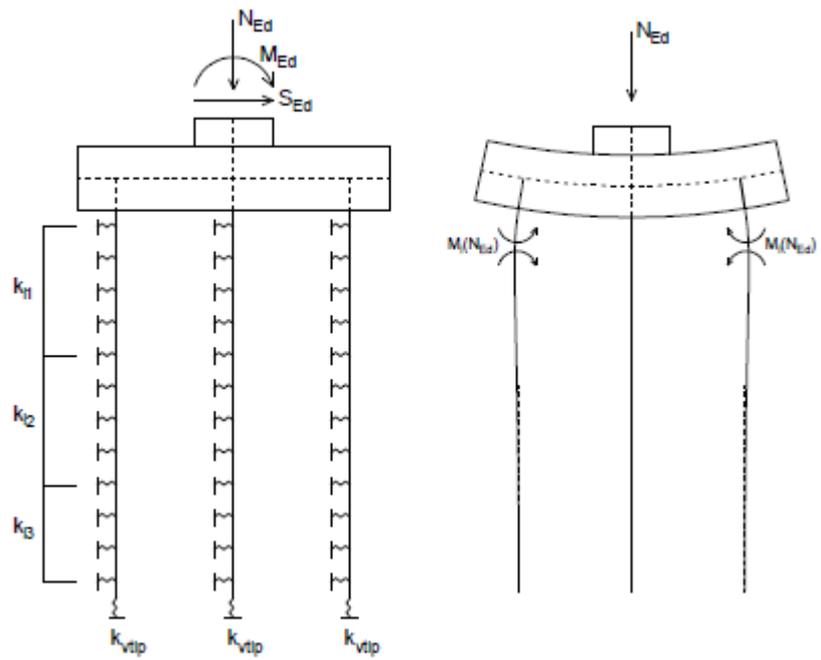


Figura 14: Modello del pinto su pali (a sinistra) ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul pinto (a destra)

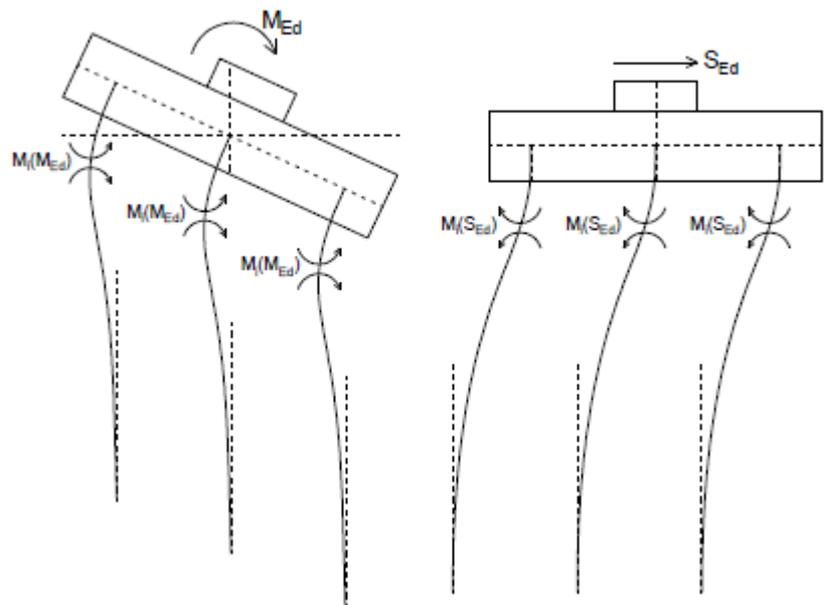


Figura 15: Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul pinto

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>79 di 96</b>

Di seguito si mostrano le sollecitazioni relative al palo più sollecitato.

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI MASSIME NEI PALI DI FONDAZIONE						
	$N_{Ed}/n$ kN	$(M_t^*di/? di^2)$ kN	$(M_l^*di/? di^2)$ kN	$N_{min}$ kN	$N_{max}$ kN	$V_{ris,max}$ kN	$M_{max}$ kNm
-							
SLU-Gr.1(N)	-7751	-1510	-743	-10004	-5498	354	1875
SLU-Gr.3(N)	-7752	-1009	-1136	-9897	-5608	341	1806
SLU-Gr.1(P)	-7851	-1512	-813	-10176	-5525	353	1873
SLU-Gr.3(P)	-7845	-1034	-1269	-10147	-5543	379	2008
SLU-Gr.1-1SW/2	-7148	-1333	-546	-9027	-5269	220	1164
SLU-Gr.3-1SW/2	-7115	-1099	-762	-8976	-5253	225	1194
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-6766	-840	-554	-8159	-5372	251	1328
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-6743	-661	-1016	-8420	-5066	347	1840
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-6040	-1494	-686	-8221	-3859	354	1875
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-6041	-993	-1079	-8114	-3969	341	1806
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-6140	-1496	-757	-8392	-3887	353	1873
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-6134	-1018	-1212	-8364	-3905	379	2008
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-5437	-1317	-490	-7244	-3630	220	1164
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-5404	-1084	-705	-7193	-3615	225	1194
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-5055	-824	-558	-6437	-3673	251	1328
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-5032	-645	-1033	-6709	-3354	347	1840
SLV-EL+0.3ET	-4502	-1242	-3334	-9078	74	1556	8248
SLV-0.3EL+ET	-4502	-4140	-994	-9636	631	1734	9193
SLE-C-Gr.1(N)	-5563	-1031	-513	-7106	-4019	242	1281
SLE-C-Gr.3(N)	-5564	-685	-784	-7033	-4095	233	1235
SLE-C-Gr.1(P)	-5631	-1032	-561	-7225	-4038	241	1279
SLE-C-Gr.3(P)	-5628	-702	-875	-7205	-4050	259	1375
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-5147	-909	-377	-6433	-3861	149	790
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-5124	-748	-526	-6398	-3850	153	813
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-4883	-569	-382	-5834	-3932	171	904
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-4867	-445	-701	-6014	-3721	238	1261
SLE-F-Gr.1(N)	-5348	-610	-404	-6362	-4334	138	733
SLE-F-Gr.3(N)	-5349	-333	-621	-6303	-4394	144	763
SLE-F-Gr.1(P)	-5403	-611	-443	-6457	-4349	139	738
SLE-F-Gr.3(P)	-5400	-347	-694	-6441	-4359	169	896
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-5015	-512	-296	-5823	-4207	65	346
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-4997	-383	-415	-5795	-4199	82	434
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-4804	-240	-300	-5344	-4264	91	481
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-4792	-141	-555	-5488	-4095	160	848
SLE-QP	-4502	-32	-132	-4666	-4339	0	0
Comb. dimensionante strutturali	Comb. dimensionante portanza		$N_{min}$	$N_{max}$	$V_{ris,max}$	$M_{max}$	
<b>SLV-0.3EL+ET</b>	<b>SLU-Gr.1(P)</b>		<b>-10176</b>	<b>631</b>	<b>1734</b>	<b>9193</b>	
<b>SLE-C-Gr.3(P)</b>	<b>SLE-C-Gr.1(P)</b>		<b>-7225</b>	<b>-3721</b>	<b>259</b>	<b>1375</b>	

Figura 16: Sollecitazioni massime nei pali di fondazione

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO		REV.
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.C5.001	A	80 di 96

## 11.2 VERIFICHE STRUTTURALI

### 11.2.1 Plinto di fondazione

Per le verifiche strutturali il plinto di fondazione è stato schematizzato con una mensola incastrata in corrispondenza della sezione di attacco con il fusto della pila e con l'estremità libera posta in corrispondenza della fila di pali più esterna, nella direzione di verifica considerata. Le azioni che intervengono sono rappresentate dalla pressione esercitata dal peso proprio del plinto (contributo favorevole) e dalle forze esplicate sulla mensola per la reazione vincolare dei pali. Non viene considerata l'eventualità che all'interno del plinto possa instaurarsi uno schema tirante-puntone in quanto la geometria del plinto non è tale da creare un meccanismo di mensola tozza. Si fa l'ipotesi che le reazioni del suolo siano esplicate esclusivamente dalla palificata e che siano trasmesse sul plinto come forze concentrate. Per la valutazione delle sollecitazioni sulla mensola viene presa in considerazione la combinazione di carico che dà luogo alle massime reazioni dei pali, sia in compressione che in trazione.

Per la verifica in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, si considera una mensola di larghezza pari alla dimensione del plinto nella direzione trasversale e di altezza pari allo spessore della fondazione. L'azione applicata sull'estremo libero è posta pari alla somma delle reazioni dei pali della fila più esterna.

In direzione trasversale, la mensola è caratterizzata da una luce inferiore, pertanto cautelativamente si dispongono le stesse armature verificate in direzione longitudinale.

Si esibiscono quindi le sollecitazioni e le verifiche a flessione e taglio della mensola in direzione longitudinale, relativamente alla sezione di incastro, corrispondente all'attacco plinto-fusto.

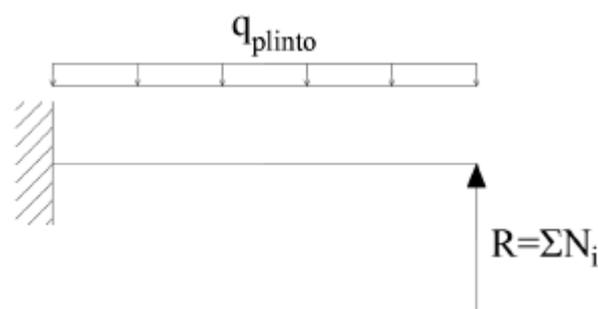


Figura 17: Schema a mensola del plinto su pali

I dati utili per la verifica del plinto in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto sono sintetizzati nel prospetto 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>					
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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>81 di 96</b>

DATI PER VERIFICA PLINTO (IN DIREZ.LONGITUDINALE)		
L	4.4 m	Lunghezza mensola di calcolo
B	15.2 m	Base sezione di calcolo
s	2.5 m	Altezza sezione di calcolo
R=?Ni_SLU	-29465 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLU)
R=?Ni_SLE	-20953 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLE)
q	950 kN/m	Peso proprio del plinto di competenza della striscia di calcolo
M <sub>i_SLU</sub>	129647 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M <sub>s_SLU</sub>	-9196 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M <sub>ris_SLU</sub>	120451 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
V <sub>ris_SLU</sub>	25285 kN	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M <sub>ris_SLU/m</sub>	7924 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
V <sub>ris_SLU/m</sub>	1664 kN/m	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
M <sub>i_SLE</sub>	92191 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M <sub>s_SLE</sub>	-9196 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M <sub>ris_SLE</sub>	82995 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M <sub>ris_SLE/m</sub>	5460 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)

I dati sopra riportati prendono in considerazione le massime reazioni di compressione dei pali. Il prospetto di seguito tiene conto dell'eventuale sollecitazione di trazione sui pali.

R=?Ni_SLU	94 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLU)
R=?Ni_SLE	-11608 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLE)
q	1774.98 kN/m	Peso proprio del plinto di competenza della striscia di calcolo
M <sub>i_SLU</sub>	-415 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M <sub>s_SLU</sub>	-17182 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M <sub>ris_SLU</sub>	-17597 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
V <sub>ris_SLU</sub>	7904 kN	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M <sub>ris_SLU/m</sub>	-1158 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
V <sub>ris_SLU/m</sub>	520 kN/m	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
M <sub>i_SLE</sub>	- kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M <sub>s_SLE</sub>	- kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M <sub>ris_SLE</sub>	- kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M <sub>ris_SLE/m</sub>	- kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)

Entrambi i gruppi di sollecitazioni dedotti saranno sottoposti a verifica.

Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio previste è esibita nei prospetti di seguito. Il numero totale dei ferri fa riferimento ad una sezione di larghezza pari a 1m, posta in corrispondenza dell'attacco con il fusto della pila.

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>  <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>
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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    82 di 96</b>	

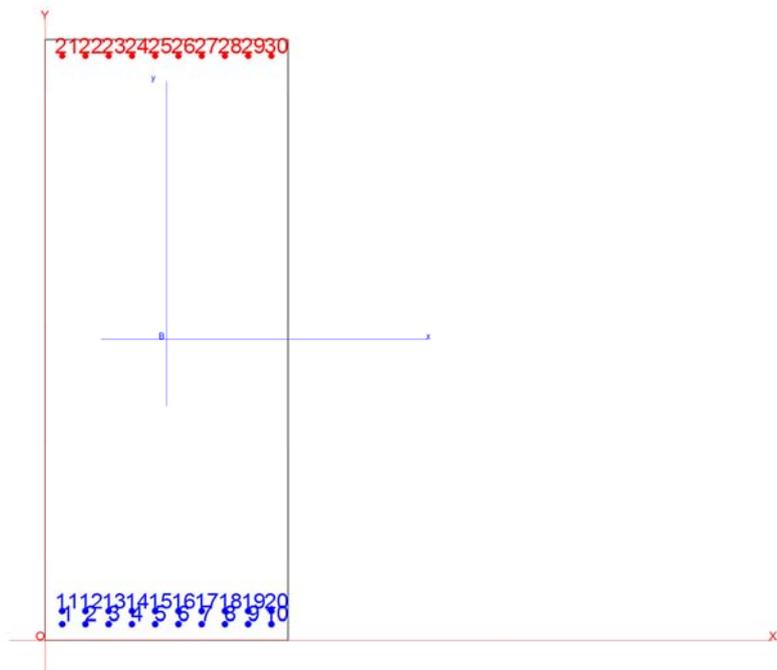
Il valore della distanza "Dist." che figura di seguito è valutata tra l'estremo inferiore della sezione e l'asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo bxd, con d pari all'altezza utile della sezione, segue le prescrizioni riportate nel par.4.1.6.1.1 del DM 14.1.2008.

ARMATURA LONGITUDINALE PLINTO							
Direzione longitudinale							
Lato	n°strati	Dist.(cm)	n°	φ(mm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> /bxd (%)	A <sub>min</sub> /bxd (%)
A <sub>s</sub> tesa	1	6.9	10	26	53.07	0.4	0.2
A <sub>s</sub> tesa	2	12.1	10	26	53.07		
A <sub>s</sub> tesa	3	-	-	-	-		
A <sub>s</sub> ' compressa	1	243.2	10	24	45.22	-	-

ARMATURA TRASVERSALE PLINTO			
Direzione longitudinale			
nb	φ(mm)	s (cm)	A <sub>v,st</sub> /s (cm <sup>2</sup> /m)
2	16	10	40.21

Di seguito le verifiche strutturali relative al plinto di fondazione, eseguite secondo i criteri sopra esplicitati, per una striscia di larghezza pari ad 1m.

Nome sezione: VI.01 - P41 - FOND



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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>83 di 96</b>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	250.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	250.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	6.9	6.9	26
2	16.5	6.9	26
3	26.1	6.9	26
4	35.6	6.9	26
5	45.2	6.9	26
6	54.8	6.9	26
7	64.4	6.9	26
8	73.9	6.9	26
9	83.5	6.9	26
10	93.1	6.9	26
11	6.9	12.1	26
12	16.5	12.1	26
13	26.1	12.1	26
14	35.6	12.1	26
15	45.2	12.1	26
16	54.8	12.1	26
17	64.4	12.1	26
18	73.9	12.1	26
19	83.5	12.1	26
20	93.1	12.1	26
21	6.9	243.2	24
22	16.5	243.2	24
23	26.1	243.2	24
24	35.6	243.2	24
25	45.2	243.2	24
26	54.8	243.2	24
27	64.4	243.2	24
28	73.9	243.2	24
29	83.5	243.2	24
30	93.1	243.2	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.

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
				<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>84 di 96</b>		

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	7924.43	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1157.69	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE/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	5460.21 (3656.30)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 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 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	8996.72	0.00	0.00	9722.71	0.00	1.227	106.2(39.1)	
2	S	0.00	-4091.32	0.00	0.00	-4251.86	0.00	3.673	45.2(39.1)	

#### 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.)

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    85 di 96</b>	

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00159	-0.00352	100.0	250.0	0.00126	6.9	243.2	-0.01000	6.9	6.9
2	0.00080	-0.00396	0.0	0.0	0.00050	6.9	6.9	-0.01000	6.9	243.2

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000047670	-0.010328923	0.137	0.700
2	0.000000000	-0.000044417	0.000802204	0.074	0.700

#### COMBINAZIONI RARE/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	6.16	0.0	250.0	-237.0	93.1	6.9	2500	106.2	5.2	1.00

#### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI 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	-4.1	0	0.125	26	56	0.552	0.00065 (0.00047)	153	0.170 (0.20)	3656.30	0.00

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE Y

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>86 di 96</b>

bw = 100 cm  
 h = 250 cm  
 c = 4.8 cm  
 d = h-c = 245.2 cm

**MATERIALI**

fywd = 391.30 MPa  
 Rck = 35 MPa  
 gc = 1.5  
 fck = 0.83xRck = 29.05 MPa  
 fcd = 0.85xfck/gc = 16.46 MPa

**ARMATURE A TAGLIO**

øst = 16  
 braccia = 2  
 øst2 = 0  
 braccia = 0  
 passo = 10 cm  
 (Asw / s) = 40.21 cm<sup>2</sup> / m  
 a = 90 ° (90° staffe verticali)

**ARMATURE LONGITUDINALI**

øl = 26  
 Numero = 20  
 Asl = 106.186 cm<sup>2</sup>

TAGLIO AGENTE                    VEd = 1664 (KN)  
 SFORZO NORMALE                Ned = 0 (KN)

**ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO**

k = 1.29  
 vmin = 0.275  
 rl = 0.0043  
 scp = 0.0000 (Mpa)  
 VRd = 879.77 (KN) >= OK 674.2473194 (KN)  
 VRd = 879.77 (KN)  
 ac = 1.0000 Ned/Ac= 0.0000 (Mpa)

**ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

IPOTESI 1                    Cot q = 2,5                    q = 21,8°  
 Armatura trasversale

VRsd = 8681.15 (KN)  
 VRcd = 6263.38 (KN)  
 VRd = 6263.38 (KN)                    min(VRsd, VRcd)

IPOTESI 2                    Cot q = 1                    q = 45°  
 Armatura trasversale

VRsd = 3472.46 (KN)



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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>		REV. <b>A</b>

## 11.2.2 Pali

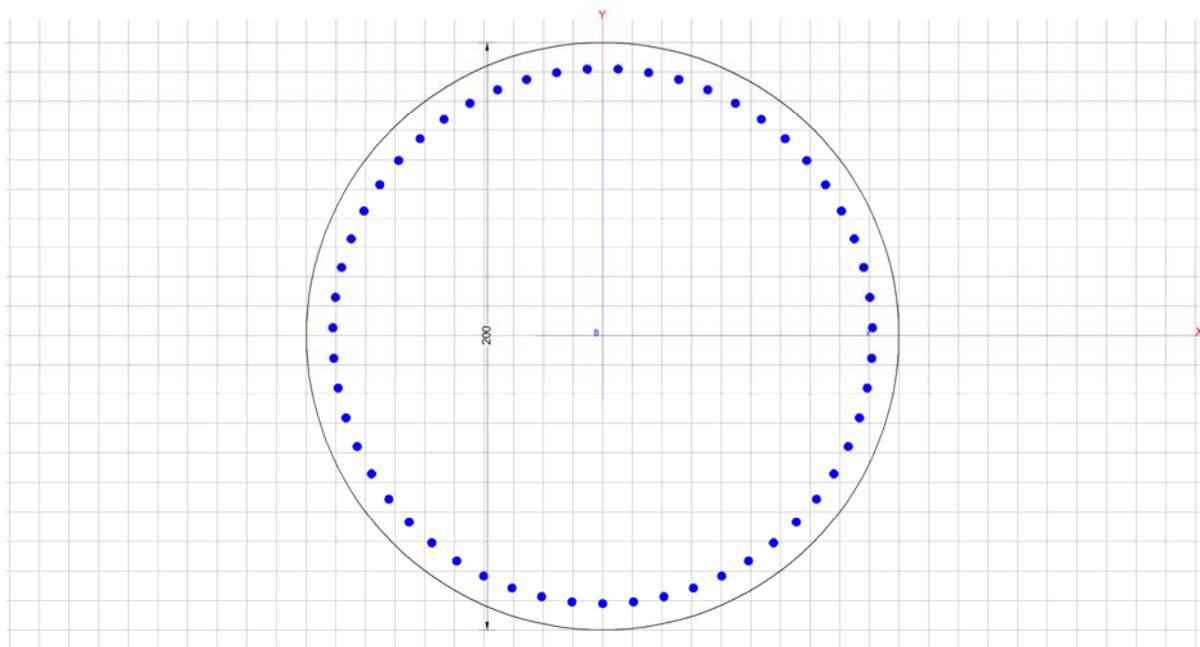
Si riportano di seguito, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate, le verifiche strutturali dei pali di fondazione relativi alla pila di altezza massima fra quelle del tipo in esame aventi la medesima tipologia di armatura.

Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio (spirale) disposta è esibita nei prospetti di seguito. Il valore del copriferro  $c$  che figura è valutato in asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo, segue le prescrizioni riportate nel par.2.5.2.2.6 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

ARMATURA LONGITUDINALE PALI							
D (m)	n°strati	c (cm)	n°	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s/A_{cls}$ (%)	$A_{min}/A_{cls}$ (%)
2	1	8.9	55	30	388.58	1.2	1.0

ARMATURA TRASVERSALE PALI (SPIRALE)			
nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v,sl}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)
2	14	10	30.77

Nome sezione: VI.01 - P41 - PALO



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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    89 di 96</b>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	200.0	cm
Barre circonferenza:	55Ø30	(388.8 cm²)
Coprif. (dal baric. barre):	8.9	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	5497.99	1875.30	353.83	0.00
2	5607.60	1806.17	340.79	0.00
3	5525.36	1872.74	353.35	0.00
4	5543.16	2007.82	378.83	0.00
5	5268.64	1164.12	219.65	0.00
6	5253.49	1193.68	225.22	0.00
7	5371.75	1327.73	250.52	0.00
8	5065.61	1840.40	347.25	0.00
9	3859.50	1875.30	353.83	0.00
10	3969.11	1806.17	340.79	0.00
11	3886.87	1872.74	353.35	0.00
12	3904.67	2007.82	378.83	0.00
13	3630.15	1164.12	219.65	0.00
14	3615.00	1193.68	225.22	0.00
15	3672.62	1327.73	250.52	0.00
16	3353.87	1840.40	347.25	0.00
17	-73.88	8248.37	1556.30	0.00
18	-631.17	9192.62	1734.46	0.00
19	10003.88	1875.30	353.83	0.00
20	9897.05	1806.17	340.79	0.00
21	10175.73	1872.74	353.35	0.00
22	10147.40	2007.82	378.83	0.00
23	9027.31	1164.12	219.65	0.00
24	8976.34	1193.68	225.22	0.00
25	8159.31	1327.73	250.52	0.00
26	8419.59	1840.40	347.25	0.00
27	8220.51	1875.30	353.83	0.00
28	8113.69	1806.17	340.79	0.00
29	8392.37	1872.74	353.35	0.00
30	8364.04	2007.82	378.83	0.00
31	7243.94	1164.12	219.65	0.00
32	7192.97	1193.68	225.22	0.00
33	6436.59	1327.73	250.52	0.00
34	6709.48	1840.40	347.25	0.00
35	9078.47	8248.37	1556.30	0.00
36	9635.76	9192.62	1734.46	0.00

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

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>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.C5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>90 di 96</b>

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx
1	4019.11	1280.69 (19570.85)
2	4094.71	1235.12 (30736.16)
3	4037.99	1279.12 (20348.13)
4	4050.26	1374.98 (14027.05)
5	3860.94	790.32 (0.00)
6	3850.49	812.53 (0.00)
7	3932.05	904.36 (0.00)
8	3720.92	1260.96 (14134.72)
9	4333.67	732.95 (0.00)
10	4394.15	763.32 (0.00)
11	4348.78	737.94 (0.00)
12	4358.60	895.73 (0.00)
13	4207.14	346.11 (0.00)
14	4198.78	433.76 (0.00)
15	4264.03	481.00 (0.00)
16	4095.12	848.08 (0.00)
17	4339.01	0.00 (0.00)
18	7106.23	1280.69 (0.00)
19	7032.55	1235.12 (0.00)
20	7224.75	1279.12 (0.00)
21	7205.21	1374.98 (0.00)
22	6432.73	790.32 (0.00)
23	6397.58	812.53 (0.00)
24	5834.11	904.36 (0.00)
25	6013.62	1260.96 (0.00)
26	6362.19	732.95 (0.00)
27	6303.26	763.32 (0.00)
28	6457.01	737.94 (0.00)
29	6441.38	895.73 (0.00)
30	5823.40	346.11 (0.00)
31	5795.27	433.76 (0.00)
32	5344.50	481.00 (0.00)
33	5488.11	848.08 (0.00)
34	4665.58	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.C5.001    A    91 di 96</b>	

Mx Ult                    Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic.                   Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
Yneutro                   Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
Mx sn.                    Momento flettente allo snervamento [kNm]  
x/d                        Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)  
C.Rid.                     Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	5497.99	1875.30	5497.86	14231.00	7.589	34.8	10950.89	---	---	---
2	S	5607.60	1806.17	5607.80	14274.33	7.903	34.5	11004.03	---	---	---
3	S	5525.36	1872.74	5525.50	14241.92	7.605	34.8	10964.36	---	---	---
4	S	5543.16	2007.82	5543.01	14248.83	7.097	34.7	10972.85	---	---	---
5	S	5268.64	1164.12	5268.53	14140.13	12.147	35.6	10839.41	---	---	---
6	S	5253.49	1193.68	5253.48	14134.14	11.841	35.6	10832.22	---	---	---
7	S	5371.75	1327.73	5372.00	14181.22	10.681	35.2	10889.85	---	---	---
8	S	5065.61	1840.40	5065.88	14059.32	7.639	36.2	10740.20	---	---	---
9	S	3859.50	1875.30	3859.27	13544.07	7.222	40.0	10138.71	---	---	---
10	S	3969.11	1806.17	3968.86	13592.91	7.526	39.7	10194.15	---	---	---
11	S	3886.87	1872.74	3886.83	13556.36	7.239	39.9	10152.61	---	---	---
12	S	3904.67	2007.82	3904.88	13564.41	6.756	39.9	10161.50	---	---	---
13	S	3630.15	1164.12	3629.86	13440.53	11.546	40.8	10021.89	---	---	---
14	S	3615.00	1193.68	3614.88	13433.69	11.254	40.8	10014.23	---	---	---
15	S	3672.62	1327.73	3672.68	13460.03	10.138	40.6	10043.56	---	---	---
16	S	3353.87	1840.40	3353.95	13314.27	7.234	41.6	9880.35	---	---	---
17	S	-73.88	8248.37	-74.18	11573.06	1.403	52.5	8033.59	---	---	---
18	S	-631.17	9192.62	-631.20	11255.43	1.224	54.3	7717.39	---	---	---
19	S	10003.88	1875.30	10004.02	15737.14	8.392	20.9	12995.30	---	---	---
20	S	9897.05	1806.17	9897.07	15708.23	8.697	21.2	12950.13	---	---	---
21	S	10175.73	1872.74	10175.79	15783.30	8.428	20.4	13067.63	---	---	---
22	S	10147.40	2007.82	10147.40	15775.69	7.857	20.4	13055.79	---	---	---
23	S	9027.31	1164.12	9027.31	15467.70	13.287	23.9	12575.82	---	---	---
24	S	8976.34	1193.68	8976.33	15453.32	12.946	24.0	12553.61	---	---	---
25	S	8159.31	1327.73	8159.45	15193.33	11.443	26.6	12191.99	---	---	---
26	S	8419.59	1840.40	8419.77	15278.87	8.302	25.8	12308.32	---	---	---
27	S	8220.51	1875.30	8220.65	15213.52	8.113	26.4	12219.53	---	---	---
28	S	8113.69	1806.17	8113.58	15178.19	8.404	26.7	12171.69	---	---	---
29	S	8392.37	1872.74	8392.36	15269.89	8.154	25.9	12296.17	---	---	---
30	S	8364.04	2007.82	8364.22	15260.67	7.601	26.0	12283.57	---	---	---
31	S	7243.94	1164.12	7244.04	14885.63	12.787	29.4	11776.11	---	---	---
32	S	7192.97	1193.68	7192.81	14868.10	12.456	29.5	11752.66	---	---	---
33	S	6436.59	1327.73	6436.57	14595.95	10.993	31.9	11399.78	---	---	---
34	S	6709.48	1840.40	6709.34	14699.72	7.987	31.0	11528.00	---	---	---
35	S	9078.47	8248.37	9078.36	15482.08	1.877	23.7	12598.09	---	---	---
36	S	9635.76	9192.62	9635.50	15636.85	1.701	22.0	12838.88	---	---	---

**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  
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)  
Ys min                    Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

<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.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.4 (P41) - 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.C5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>92 di 96</b>

es max      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max      Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00110	100.0	0.00302	91.1	-0.00677	-91.1
2	0.00350	-0.00108	100.0	0.00302	91.1	-0.00671	-91.1
3	0.00350	-0.00110	100.0	0.00302	91.1	-0.00675	-91.1
4	0.00350	-0.00109	100.0	0.00302	91.1	-0.00674	-91.1
5	0.00350	-0.00116	100.0	0.00302	91.1	-0.00688	-91.1
6	0.00350	-0.00116	100.0	0.00302	91.1	-0.00689	-91.1
7	0.00350	-0.00113	100.0	0.00302	91.1	-0.00683	-91.1
8	0.00350	-0.00120	100.0	0.00301	91.1	-0.00698	-91.1
9	0.00350	-0.00150	100.0	0.00298	91.1	-0.00765	-91.1
10	0.00350	-0.00147	100.0	0.00298	91.1	-0.00759	-91.1
11	0.00350	-0.00150	100.0	0.00298	91.1	-0.00764	-91.1
12	0.00350	-0.00149	100.0	0.00298	91.1	-0.00763	-91.1
13	0.00350	-0.00156	100.0	0.00297	91.1	-0.00779	-91.1
14	0.00350	-0.00157	100.0	0.00297	91.1	-0.00780	-91.1
15	0.00350	-0.00155	100.0	0.00298	91.1	-0.00776	-91.1
16	0.00350	-0.00164	100.0	0.00297	91.1	-0.00796	-91.1
17	0.00350	-0.00282	100.0	0.00284	91.1	-0.01059	-91.1
18	0.00350	-0.00307	100.0	0.00282	91.1	-0.01114	-91.1
19	0.00350	-0.00029	100.0	0.00311	91.1	-0.00495	-91.1
20	0.00350	-0.00031	100.0	0.00310	91.1	-0.00499	-91.1
21	0.00350	-0.00027	100.0	0.00311	91.1	-0.00490	-91.1
22	0.00350	-0.00027	100.0	0.00311	91.1	-0.00491	-91.1
23	0.00350	-0.00044	100.0	0.00309	91.1	-0.00529	-91.1
24	0.00350	-0.00045	100.0	0.00309	91.1	-0.00530	-91.1
25	0.00350	-0.00059	100.0	0.00308	91.1	-0.00561	-91.1
26	0.00350	-0.00054	100.0	0.00308	91.1	-0.00551	-91.1
27	0.00350	-0.00058	100.0	0.00308	91.1	-0.00559	-91.1
28	0.00350	-0.00059	100.0	0.00307	91.1	-0.00563	-91.1
29	0.00350	-0.00055	100.0	0.00308	91.1	-0.00552	-91.1
30	0.00350	-0.00055	100.0	0.00308	91.1	-0.00553	-91.1
31	0.00350	-0.00075	100.0	0.00306	91.1	-0.00597	-91.1
32	0.00350	-0.00076	100.0	0.00306	91.1	-0.00599	-91.1
33	0.00350	-0.00090	100.0	0.00304	91.1	-0.00632	-91.1
34	0.00350	-0.00085	100.0	0.00305	91.1	-0.00620	-91.1
35	0.00350	-0.00043	100.0	0.00309	91.1	-0.00527	-91.1
36	0.00350	-0.00035	100.0	0.00310	91.1	-0.00508	-91.1

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:                    14    mm  
Passo staffe:                         10.0    cm      [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]  
N.Bracci staffe:                     2  
Area staffe/m :                       30.8    cm<sup>2</sup>/m      [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm<sup>2</sup>/m]

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

Ver                    S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Vsdu                 Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vrd                    Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
						<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>93 di 96</b>			

Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]  
bw Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro  
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	AST
1	S	353.83	1874.23	7225.89	4417.53	179.6	21.80	1.124	2.5
2	S	340.79	1889.55	7241.73	4417.53	179.6	21.80	1.126	2.4
3	S	353.35	1878.06	7229.85	4417.53	179.6	21.80	1.124	2.5
4	S	378.83	1880.55	7232.42	4417.53	179.6	21.80	1.125	2.6
5	S	219.65	1835.22	7160.73	4430.16	178.3	21.80	1.118	1.5
6	S	225.22	1833.11	7158.55	4430.16	178.3	21.80	1.118	1.6
7	S	250.52	1856.59	7207.64	4417.53	179.6	21.80	1.121	1.7
8	S	347.25	1806.97	7131.51	4430.16	178.3	21.80	1.114	2.4
9	S	353.83	1632.65	6924.55	4443.14	176.9	21.80	1.087	2.5
10	S	340.79	1647.83	6940.25	4443.14	176.9	21.80	1.089	2.4
11	S	353.35	1636.44	6928.47	4443.14	176.9	21.80	1.087	2.4
12	S	378.83	1638.90	6931.02	4443.14	176.9	21.80	1.088	2.6
13	S	219.65	1594.14	6856.37	4456.39	175.5	21.80	1.082	1.5
14	S	225.22	1592.05	6854.21	4456.39	175.5	21.80	1.081	1.6
15	S	250.52	1599.99	6862.42	4456.39	175.5	21.80	1.083	1.7
16	S	347.25	1556.08	6817.00	4456.39	175.5	21.80	1.075	2.4
17	S	1556.30	0.00	6107.84	4538.65	166.0	21.80	1.000	10.6
18	S	1734.46	0.00	6064.15	4552.49	164.3	21.80	1.000	11.7
19	S	353.83	2341.40	7986.22	4373.26	183.9	21.80	1.225	2.5
20	S	340.79	2341.40	7970.57	4373.26	183.9	21.80	1.222	2.4
21	S	353.35	2341.40	8011.41	4373.26	183.9	21.80	1.229	2.5
22	S	378.83	2341.40	8007.26	4373.26	183.9	21.80	1.228	2.7
23	S	219.65	2335.69	7821.73	4382.96	183.0	21.80	1.203	1.5
24	S	225.22	2335.69	7814.28	4382.96	183.0	21.80	1.202	1.6
25	S	250.52	2261.56	7669.99	4393.76	182.0	21.80	1.183	1.8
26	S	347.25	2304.83	7732.90	4382.96	183.0	21.80	1.189	2.4
27	S	353.83	2270.18	7678.91	4393.76	182.0	21.80	1.185	2.5
28	S	340.79	2255.14	7663.34	4393.76	182.0	21.80	1.182	2.4
29	S	353.35	2300.98	7728.92	4382.96	183.0	21.80	1.189	2.5
30	S	378.83	2296.98	7724.78	4382.96	183.0	21.80	1.188	2.7
31	S	219.65	2132.65	7536.62	4393.76	182.0	21.80	1.163	1.5
32	S	225.22	2125.47	7529.20	4393.76	182.0	21.80	1.162	1.6
33	S	250.52	2012.50	7391.72	4405.35	180.8	21.80	1.145	1.8
34	S	347.25	2050.79	7431.34	4405.35	180.8	21.80	1.151	2.4
35	S	1556.30	2335.69	7829.21	4382.96	183.0	21.80	1.204	10.9
36	S	1734.46	2341.40	7932.27	4373.26	183.9	21.80	1.217	12.2

#### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sc min Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>94 di 96</b>

As eff.		Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)									
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.33	-100.0	0.00	100.0	-1.0	91.0	0.0	0	0.0	----
2	S	2.30	-100.0	0.00	100.0	0.0	91.0	0.0	0	0.0	----
3	S	2.33	-100.0	0.00	100.0	-0.9	91.0	0.0	0	0.0	----
4	S	2.44	-100.0	0.00	100.0	-2.3	91.0	29.9	933	21.2	----
5	S	1.81	-100.0	0.27	100.0	5.0	91.0	0.0	0	0.0	----
6	S	1.82	-100.0	0.24	100.0	4.7	91.0	0.0	0	0.0	----
7	S	1.94	-100.0	0.18	100.0	3.8	91.0	0.0	0	0.0	----
8	S	2.24	-100.0	0.00	100.0	-2.0	91.0	29.9	933	21.2	----
9	S	1.88	-100.0	0.45	100.0	7.7	91.0	0.0	0	0.0	----
10	S	1.92	-100.0	0.44	100.0	7.5	91.0	0.0	0	0.0	----
11	S	1.89	-100.0	0.45	100.0	7.7	91.0	0.0	0	0.0	----
12	S	2.04	-100.0	0.30	100.0	5.6	91.0	0.0	0	0.0	----
13	S	1.47	-100.0	0.79	100.0	12.3	91.0	0.0	0	0.0	----
14	S	1.55	-100.0	0.71	100.0	11.1	91.0	0.0	0	0.0	----
15	S	1.61	-100.0	0.68	100.0	10.8	91.0	0.0	0	0.0	----
16	S	1.92	-100.0	0.27	100.0	5.2	91.0	0.0	0	0.0	----
17	S	1.16	-100.0	1.16	100.0	17.5	79.3	0.0	0	0.0	----
18	S	3.15	-100.0	0.66	100.0	11.6	91.0	0.0	0	0.0	----
19	S	3.09	-100.0	0.69	100.0	11.9	91.0	0.0	0	0.0	----
20	S	3.18	-100.0	0.69	100.0	12.1	91.0	0.0	0	0.0	----
21	S	3.27	-100.0	0.60	100.0	10.7	91.0	0.0	0	0.0	----
22	S	2.50	-100.0	0.96	100.0	15.4	91.0	0.0	0	0.0	----
23	S	2.51	-100.0	0.93	100.0	15.0	91.0	0.0	0	0.0	----
24	S	2.45	-100.0	0.69	100.0	11.5	91.0	0.0	0	0.0	----
25	S	2.84	-100.0	0.39	100.0	7.4	91.0	0.0	0	0.0	----
26	S	2.42	-100.0	0.99	100.0	15.9	91.0	0.0	0	0.0	----
27	S	2.44	-100.0	0.95	100.0	15.2	91.0	0.0	0	0.0	----
28	S	2.45	-100.0	1.02	100.0	16.2	91.0	0.0	0	0.0	----
29	S	2.60	-100.0	0.86	100.0	14.0	91.0	0.0	0	0.0	----
30	S	1.90	-100.0	1.23	100.0	18.8	91.0	0.0	0	0.0	----
31	S	1.98	-100.0	1.13	100.0	17.6	91.0	0.0	0	0.0	----
32	S	1.90	-100.0	0.97	100.0	15.1	91.0	0.0	0	0.0	----
33	S	2.30	-100.0	0.65	100.0	10.8	91.0	0.0	0	0.0	----
34	S	1.25	-100.0	1.25	100.0	18.8	83.9	0.0	0	0.0	----

### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
ScImin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (ScImin + ScImax)/(2 ScImin) per trazione eccentrica
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/ScImin)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm	Distanza media in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	2.33	-0.17	---	----	----	0.400	----	0	----	19570.85
2	S	2.30	-0.10	---	----	----	0.400	----	0	----	30736.16

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 B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
				<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>95 di 96</b>				

3	S	2.33	-0.16	---	---	---	0.400	---	0	---	---	20348.13
4	S	2.43	-0.25	---	0.125	1.00	0.400	0.000005 (0.000005)	235	0.002 (0.20)	---	14027.05
5	S	1.81	0.27	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
6	S	1.82	0.24	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
7	S	1.94	0.18	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
8	S	2.23	-0.23	---	0.125	1.00	0.400	0.000004 (0.000004)	235	0.002 (0.20)	---	14134.72
9	S	1.88	0.45	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
10	S	1.92	0.44	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
11	S	1.89	0.45	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
12	S	2.04	0.30	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
13	S	1.47	0.79	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
14	S	1.55	0.71	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
15	S	1.61	0.68	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
16	S	1.92	0.27	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
17	S	1.16	1.16	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
18	S	3.15	0.66	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
19	S	3.09	0.69	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
20	S	3.18	0.69	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
21	S	3.27	0.60	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
22	S	2.50	0.96	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
23	S	2.51	0.93	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
24	S	2.45	0.69	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
25	S	2.84	0.39	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
26	S	2.42	0.99	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
27	S	2.44	0.95	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
28	S	2.45	1.02	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
29	S	2.60	0.86	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
30	S	1.90	1.23	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
31	S	1.98	1.13	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
32	S	1.90	0.97	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
33	S	2.30	0.65	---	---	---	0.000	---	0	---	---	-----
34	S	1.25	1.25	---	---	---	0.000	---	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</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <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 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.4 (P41) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.C5.001</b>	<b>A</b>	<b>96 di 96</b>

## 12 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista in pianta .....	6
Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto .....	6
Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto .....	7
Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale) .....	23
Figura 5: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale) .....	28
Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	32
Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008 .....	32
Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008 .....	33
Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008.....	33
Figura 10: Modellazione tridimensionale .....	34
Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice .....	42
Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D b) Spaccato .....	44
Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione .....	73
Figura 14: Modello del plinto su pali (a sinistra) ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra).....	78
Figura 15: Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto .....	78
Figura 16: Sollecitazioni massime nei pali di fondazione .....	79
Figura 17: Schema a mensola del plinto su pali.....	80