

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

VI04 - VIADOTTO DAL Km. 13+202.33 al Km. 13+582.76

PILA TIPO C.5 (P12) - 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	4	B	5	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	2 di 84

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
4.1	CALCESTRUZZO	10
4.1.1	Strutture di elevazione.....	10
4.1.2	Plinto di fondazione.....	10
4.1.3	Pali di fondazione.....	11
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	12
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	13
5.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	13
5.2	LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI.....	14
5.3	CAPACITA' PORTANTE DEI PALI	14
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....	21
6.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO	21
6.2	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA Q ₆	21
6.3	AZIONI SISMICHE Q ₇	22
6.3.1	Spettri di risposta elastici	30
6.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	32
6.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 37	
6.4	VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3	37

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 3 di 84

6.5	RIEPILOGO DEI CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO	37
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	39
8	CRITERI DI VERIFICA	45
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	45
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione</i>	<i>45</i>
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>46</i>
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	48
8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti</i>	<i>48</i>
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti</i>	<i>48</i>
9	CRITERI DI MODELLAZIONE	51
10	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA....	53
11	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FONDAZIONE .	65
11.1	VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE.....	65
11.1.1	<i>Verifica dell'armatura longitudinale</i>	<i>65</i>
11.1.2	<i>Verifica dell'armatura trasversale.....</i>	<i>69</i>
11.1.3	<i>Verifica a taglio e punzonamento</i>	<i>72</i>
11.2	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE	75
11.2.1	<i>Verifiche a pressoflessione e taglio</i>	<i>75</i>
11.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	81
11.3.1	<i>Verifiche di capacità portante.....</i>	<i>81</i>
11.3.2	<i>Valutazione dei cedimenti in fondazione</i>	<i>81</i>
11.3.3	<i>Verifiche del carico limite orizzontale</i>	<i>82</i>
12	INDICE DELLE FIGURE	84

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 4 di 84				

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali della pila tipo C.5, prevista lungo il viadotto VI04, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Napoli-Cancello, in variante tra le pk 0+000 e 15+585.

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 5 di 84

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche della pila che sostiene la campata ad arco metallico da 80 m del viadotto ferroviario denominato VI04, previsto tra le progressive chilometriche 13+502e 13+582.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a 380m è a doppio binario ed è costituito da 20 campate in semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso ed una campata finale da 80 m in arco metallico (P12-S2).

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

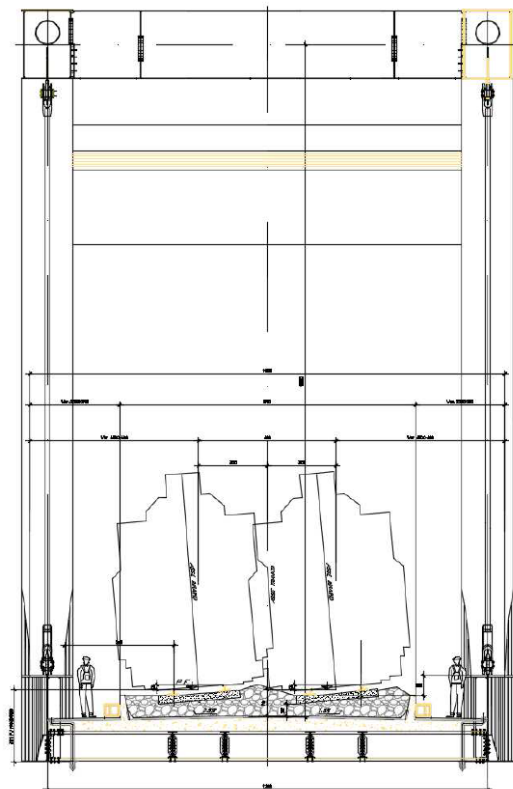


Figura 1: Sezione trasversale impalcato

Le pile in esame sono caratterizzate da una sezione a C cava pluriconnessa con larghezza complessiva pari a 8.30 m in direzione longitudinale e 16.60 m in direzione trasversale; i

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 6 di 84

setti esterni hanno spessori variabili da 0.50 a 0.85 m. L'altezza della pila è pari a 5.85 m. Le fondazioni sono del tipo indiretto, con plinti su pali $\phi 2000$ di dimensione 15.2 x 21.2 e spessore pari a 2.5 m. Gli interassi dei pali sono pari a 6.00 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale. Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

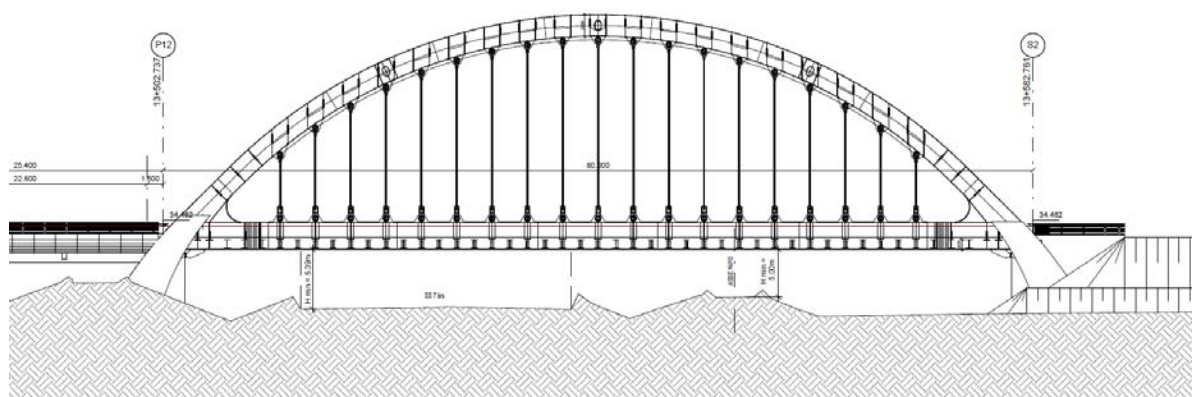


Figura 2: Profilo longitudinale – Vista P.11

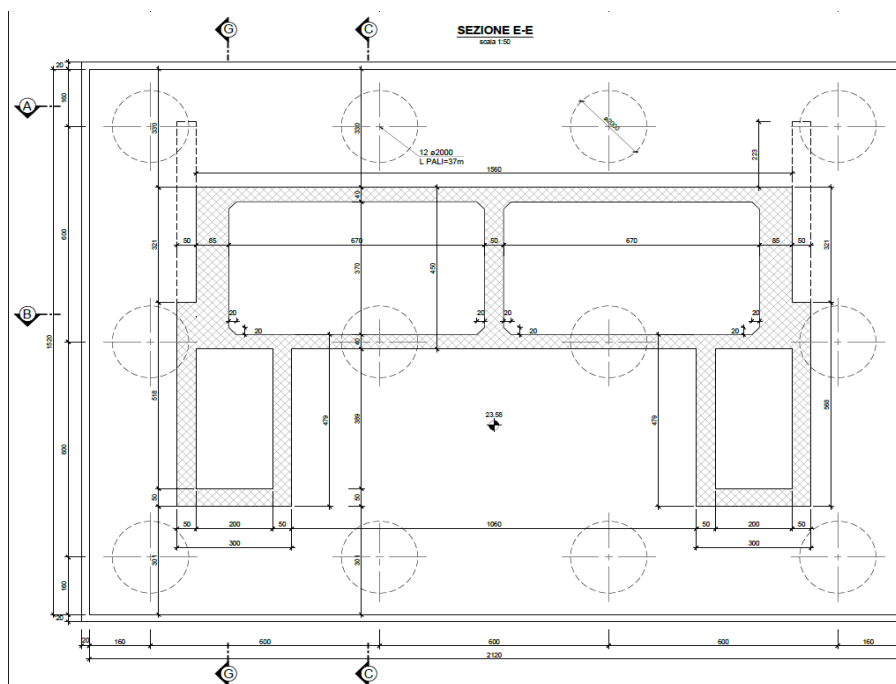


Figura 3: Pila P.12 VI.04 – pianta fondazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 7 di 84

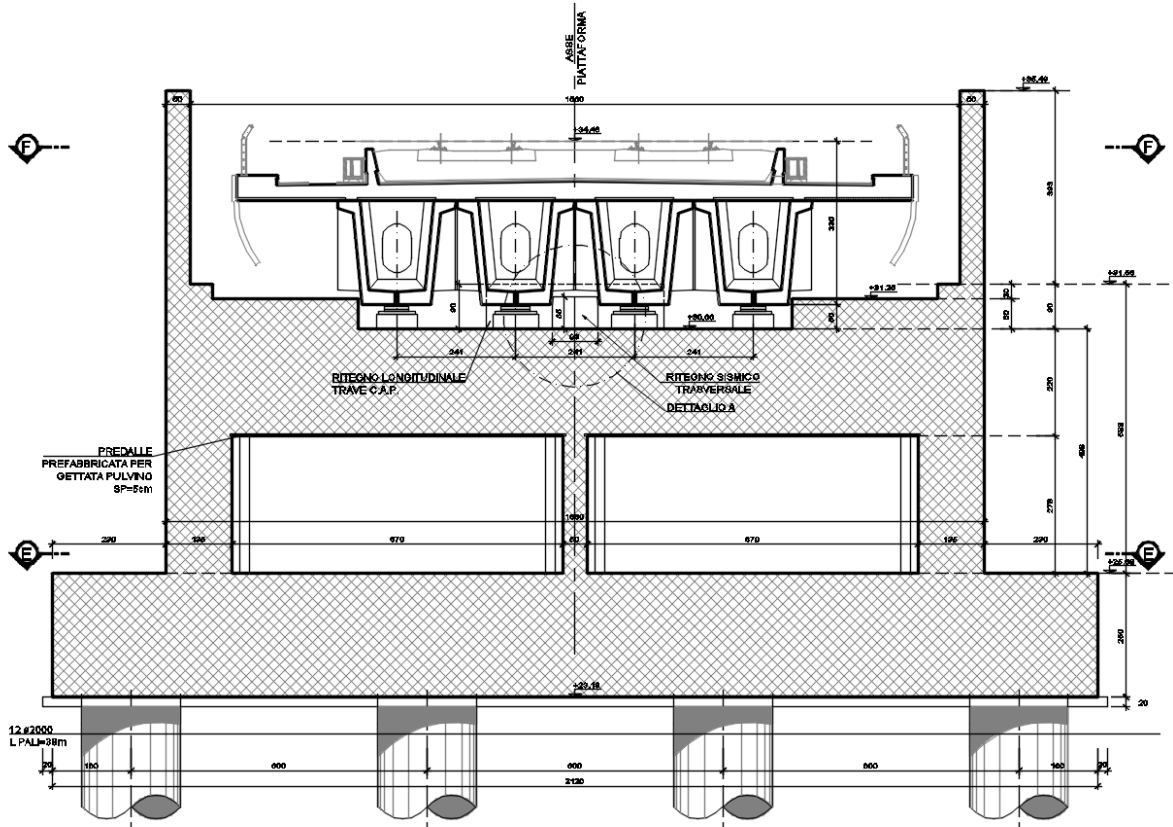


Figura 4: Pila P.12 VI.04 – sezione trasversale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	9 di 84

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	10 di 84

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

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. PAGINA A 11 di 84

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 12 di 84

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

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

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

4.3 COPRIFERRI MINIMI

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. PAGINA A 13 di 84

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

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

VI04 - pk 13+485 - 13+502

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	γ	ϕ
		(m)	(m da pc)	(kN/m ³)	(°)
1	Di	3.0	3.0	16	30
2	Di	0.5	3.5	16	30
3	Po	4.5	8.0	16	33
4	Ts	2.0	10.0	15	35
5	TI	7.0	17.0	15	litoide
6	Pb	33.0	50.0	16	35

s	Superficie laterale del palo	3.00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	3.00 m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A PAGINA 14 di 84

5.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI

Sono stati rilevati livelli/ strati di terreni sabbiosi piroclastici, ricchi in pomici, potenzialmente liquefacibili che interessano il secondo strato con potenza 0.5m.

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	$\phi(Nq)$	Nq^*	q_{blim}	τ_{lim}	Note
		(m)	(m da pc)	(-)	(-)	(kPa)	(kPa)	
1	Di	3.0	3.0	27	13	0	0	
2	Di	0.5	3.5	27	13	0	0	LIQUEFACIBILE
3	Po	4.5	8.0	30	19	510	150	
4	Ts	2.0	10.0	32	24	2125	150	
5	Tl	7.0	17.0		22	8000	200	
6	Pb	33.0	50.0	32	22	2805	150	

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

5.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI

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

Tabella 1 – Capacità portante per pali trivellati Ø2000 PILA P.11 – Compressione – liquefacibile

z da p.c.	Lp	β	$\sigma'v$	τ_i	Qll	qbl	Qbl	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	-	-	8	6	0	0	0	0	0	0
1.0	-	-	16	13	0	0	0	0	0	0
1.5	-	-	24	19	0	0	0	0	0	0
2.0	-	-	32	26	0	0	0	0	0	0
2.5	-	-	40	32	0	0	0	0	0	0
3.0	0.0	0.80	48	38	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.80	51	41	124	255	801	14	911	454
4.0	1.0	0.80	54	43	256	510	1602	28	1830	912
4.5	1.5	0.80	57	46	396	510	1602	42	1956	978
5.0	2.0	0.80	60	48	543	510	1602	57	2089	1049

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo						PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 15 di 84			

5.5	2.5	0.77	63	49	694	510	1602	71	2226	1123
6.0	3.0	0.74	66	49	847	510	1602	85	2365	1198
6.5	3.5	0.71	69	49	1001	510	1602	99	2504	1273
7.0	4.0	0.68	72	49	1155	510	1602	113	2644	1348
7.5	4.5	0.65	75	49	1308	510	1602	127	2783	1422
8.0	5.0	0.62	78	48	1461	510	1602	141	2922	1497
8.5	5.5	0.59	81	47	1612	1932	6070	173	7508	3759
9.0	6.0	0.56	83	46	1759	1992	6258	188	7829	3922
9.5	6.5	0.53	86	45	1903	2052	6447	204	8146	4083
10.0	7.0	0.50	88	44	2044	2112	6635	220	8459	4241
10.5	7.5	0.48	91	43	2181	1991	6255	236	8200	4118
11.0	8.0	0.46	93	43	2316	2046	6428	251	8493	4266
11.5	8.5	0.44	96	42	2450	2101	6600	267	8783	4413
12.0	9.0	0.42	98	41	2580	2156	6773	283	9071	4558
12.5	9.5	0.40	101	40	2708	2211	6946	298	9356	4702
13.0	10.0	0.38	103	39	2833	2266	7119	314	9637	4843
13.5	10.5	0.36	106	38	2954	2321	7292	330	9916	4983
14.0	11.0	0.34	108	37	3071	2376	7464	346	10190	5121
14.5	11.5	0.32	111	35	3184	2431	7637	361	10460	5256
15.0	12.0	0.30	113	34	3293	2486	7810	377	10726	5389
15.5	12.5	0.30	116	35	3401	2541	7983	393	10991	5521
16.0	13.0	0.30	118	35	3511	2596	8156	408	11258	5654
16.5	13.5	0.30	121	36	3623	2651	8328	424	11528	5789
17.0	14.0	0.30	123	37	3738	2706	8501	440	11799	5925
17.5	14.5	0.30	126	38	3855	2772	8708	410	12154	6126
18.0	15.0	0.30	129	39	3976	2805	8812	424	12364	6232
18.5	15.5	0.30	132	40	4099	2805	8812	438	12472	6289
19.0	16.0	0.30	135	41	4224	2805	8812	452	12584	6348
19.5	16.5	0.30	138	41	4353	2805	8812	467	12699	6409
20.0	17.0	0.30	141	42	4484	2805	8812	481	12816	6471
20.5	17.5	0.30	144	43	4618	2805	8812	495	12936	6534
21.0	18.0	0.30	147	44	4755	2805	8812	509	13058	6599
21.5	18.5	0.30	150	44	4893	2805	8812	523	13182	6665
22.0	19.0	0.29	153	45	5033	2805	8812	537	13308	6732
22.5	19.5	0.29	156	46	5175	2805	8812	551	13436	6801
23.0	20.0	0.29	159	46	5320	2805	8812	565	13566	6870
23.5	20.5	0.29	162	47	5466	2805	8812	580	13699	6941
24.0	21.0	0.29	165	48	5614	2805	8812	594	13833	7013
24.5	21.5	0.29	168	48	5765	2805	8812	608	13969	7086

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo						PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 16 di 84			

25.0	22.0	0.29	171	49	5917	2805	8812	622	14107	7160
25.5	22.5	0.28	174	49	6071	2805	8812	636	14247	7235
26.0	23.0	0.28	177	50	6227	2805	8812	650	14389	7311
26.5	23.5	0.28	180	50	6384	2805	8812	664	14532	7388
27.0	24.0	0.28	183	51	6544	2805	8812	679	14678	7467
27.5	24.5	0.28	186	52	6705	2805	8812	693	14825	7546
28.0	25.0	0.28	189	52	6868	2805	8812	707	14974	7626
28.5	25.5	0.27	192	53	7033	2805	8812	721	15124	7708
29.0	26.0	0.27	195	53	7199	2805	8812	735	15276	7790
29.5	26.5	0.27	198	54	7367	2805	8812	749	15430	7873
30.0	27.0	0.27	201	54	7537	2805	8812	763	15586	7958
30.5	27.5	0.27	204	55	7709	2805	8812	778	15743	8043
31.0	28.0	0.27	207	56	7883	2805	8812	792	15904	8130
31.5	28.5	0.27	210	57	8060	2805	8812	806	16066	8218
32.0	29.0	0.27	213	58	8239	2805	8812	820	16232	8308
32.5	29.5	0.27	216	58	8421	2805	8812	834	16399	8400
33.0	30.0	0.27	219	59	8606	2805	8812	848	16570	8492
33.5	30.5	0.27	222	60	8793	2805	8812	862	16743	8587
34.0	31.0	0.27	225	61	8982	2805	8812	877	16918	8682
34.5	31.5	0.27	228	62	9175	2805	8812	891	17096	8780
35.0	32.0	0.27	231	62	9369	2805	8812	905	17277	8878
35.5	32.5	0.27	234	63	9566	2805	8812	919	17460	8979
36.0	33.0	0.27	237	64	9766	2805	8812	933	17645	9080
36.5	33.5	0.27	240	65	9969	2805	8812	947	17834	9183
37.0	34.0	0.27	243	66	10173	2805	8812	961	18024	9288
37.5	34.5	0.27	246	66	10381	2805	8812	975	18217	9394
38.0	35.0	0.27	249	67	10591	2805	8812	990	18413	9502
38.5	35.5	0.27	252	68	10803	2805	8812	1004	18612	9611
39.0	36.0	0.27	255	69	11018	2805	8812	1018	18813	9721
39.5	36.5	0.27	258	70	11236	2805	8812	1032	19016	9833
40.0	37.0	0.27	261	70	11456	2805	8812	1046	19222	9947
40.5	37.5	0.27	264	71	11679	2805	8812	1060	19430	10062
41.0	38.0	0.27	267	72	11904	2805	8812	1074	19642	10178
41.5	38.5	0.27	270	73	12132	2805	8812	1089	19855	10296
42.0	39.0	0.27	273	74	12362	2805	8812	1103	20071	10415
42.5	39.5	0.27	276	75	12595	2805	8812	1117	20290	10536
43.0	40.0	0.27	279	75	12830	2805	8812	1131	20511	10658
43.5	40.5	0.27	282	76	13068	2805	8812	1145	20735	10782

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 17 di 84			

44.0	41.0	0.27	285	77	13308	2805	8812	1159	20961	10907
44.5	41.5	0.27	288	78	13551	2805	8812	1173	21190	11034
45.0	42.0	0.27	291	79	13797	2805	8812	1188	21422	11162
45.5	42.5	0.27	294	79	14045	2805	8812	1202	21656	11292
46.0	43.0	0.27	297	80	14296	2805	8812	1216	21892	11423
46.5	43.5	0.27	300	81	14549	2805	8812	1230	22131	11556
47.0	44.0	0.27	303	82	14805	2805	8812	1244	22373	11690
47.5	44.5	0.27	306	83	15063	2805	8812	1258	22617	11826
48.0	45.0	0.27	309	83	15324	2805	8812	1272	22864	11963
48.5	45.5	0.27	312	84	15587	2805	8812	1286	23113	12101
49.0	46.0	0.27	315	85	15853	2805	8812	1301	23365	12241
49.5	46.5	0.27	318	86	16122	2805	8812	1315	23619	12383
50.0	47.0	0.27	321	87	16393	2805	8812	1329	23876	12526

Tabella 2 – Capacità portante per pali trivellati Ø2000 PILA P.12 – trazione

z da p.c.	Lp	β	$\sigma'v$	τ_i	Q _{ll}	q _{bl}	Q _{bl}	W _p	Q _u	Q _d
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	-	-	8	6	0	0	0	0	0	0
1.0	-	-	16	13	0	0	0	0	0	0
1.5	-	-	24	19	0	0	0	0	0	0
2.0	-	-	32	26	0	0	0	0	0	0
2.5	-	-	40	32	0	0	0	0	0	0
3.0	0.0	0.80	48	38	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.80	51	41	124	0	0	-24	148	90
4.0	1.0	0.80	54	43	256	0	0	-47	303	184
4.5	1.5	0.80	57	46	396	0	0	-71	467	282
5.0	2.0	0.80	60	48	543	0	0	-94	637	384
5.5	2.5	0.77	63	49	694	0	0	-118	812	488
6.0	3.0	0.74	66	49	847	0	0	-141	989	593
6.5	3.5	0.71	69	49	1001	0	0	-165	1166	699
7.0	4.0	0.68	72	49	1155	0	0	-188	1343	804
7.5	4.5	0.65	75	49	1308	0	0	-212	1520	910
8.0	5.0	0.62	78	48	1461	0	0	-236	1697	1015
8.5	5.5	0.59	81	47	1612	0	0	-259	1871	1119
9.0	6.0	0.56	83	46	1759	0	0	-283	2042	1221

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo						PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 18 di 84			

9.5	6.5	0.53	86	45	1903	0	0	-306	2210	1321
10.0	7.0	0.50	88	44	2044	0	0	-330	2373	1420
10.5	7.5	0.48	91	43	2181	0	0	-353	2534	1517
11.0	8.0	0.46	93	43	2316	0	0	-377	2693	1612
11.5	8.5	0.44	96	42	2450	0	0	-401	2850	1707
12.0	9.0	0.42	98	41	2580	0	0	-424	3004	1800
12.5	9.5	0.40	101	40	2708	0	0	-448	3156	1892
13.0	10.0	0.38	103	39	2833	0	0	-471	3304	1982
13.5	10.5	0.36	106	38	2954	0	0	-495	3449	2070
14.0	11.0	0.34	108	37	3071	0	0	-518	3590	2156
14.5	11.5	0.32	111	35	3184	0	0	-542	3726	2240
15.0	12.0	0.30	113	34	3293	0	0	-565	3859	2322
15.5	12.5	0.30	116	35	3401	0	0	-589	3990	2403
16.0	13.0	0.30	118	35	3511	0	0	-613	4123	2485
16.5	13.5	0.30	121	36	3623	0	0	-636	4259	2569
17.0	14.0	0.30	123	37	3738	0	0	-660	4398	2653
17.5	14.5	0.30	126	38	3855	0	0	-683	4539	2739
18.0	15.0	0.30	129	39	3976	0	0	-707	4682	2827
18.5	15.5	0.30	132	40	4099	0	0	-730	4829	2916
19.0	16.0	0.30	135	41	4224	0	0	-754	4978	3007
19.5	16.5	0.30	138	41	4353	0	0	-778	5131	3099
20.0	17.0	0.30	141	42	4484	0	0	-801	5286	3193
20.5	17.5	0.30	144	43	4618	0	0	-825	5443	3288
21.0	18.0	0.30	147	44	4755	0	0	-848	5603	3384
21.5	18.5	0.30	150	44	4893	0	0	-872	5765	3481
22.0	19.0	0.29	153	45	5033	0	0	-895	5928	3580
22.5	19.5	0.29	156	46	5175	0	0	-919	6094	3679
23.0	20.0	0.29	159	46	5320	0	0	-942	6262	3780
23.5	20.5	0.29	162	47	5466	0	0	-966	6432	3881
24.0	21.0	0.29	165	48	5614	0	0	-990	6604	3984
24.5	21.5	0.29	168	48	5765	0	0	-1013	6778	4088
25.0	22.0	0.29	171	49	5917	0	0	-1037	6953	4192
25.5	22.5	0.28	174	49	6071	0	0	-1060	7131	4298
26.0	23.0	0.28	177	50	6227	0	0	-1084	7311	4405
26.5	23.5	0.28	180	50	6384	0	0	-1107	7492	4512
27.0	24.0	0.28	183	51	6544	0	0	-1131	7675	4621
27.5	24.5	0.28	186	52	6705	0	0	-1155	7860	4731
28.0	25.0	0.28	189	52	6868	0	0	-1178	8046	4841
28.5	25.5	0.27	192	53	7033	0	0	-1202	8235	4953

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo						PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 19 di 84			

29.0	26.0	0.27	195	53	7199	0	0	-1225	8425	5065
29.5	26.5	0.27	198	54	7367	0	0	-1249	8616	5178
30.0	27.0	0.27	201	54	7537	0	0	-1272	8809	5292
30.5	27.5	0.27	204	55	7709	0	0	-1296	9005	5407
31.0	28.0	0.27	207	56	7883	0	0	-1319	9203	5524
31.5	28.5	0.27	210	57	8060	0	0	-1343	9403	5642
32.0	29.0	0.27	213	58	8239	0	0	-1367	9606	5761
32.5	29.5	0.27	216	58	8421	0	0	-1390	9812	5882
33.0	30.0	0.27	219	59	8606	0	0	-1414	10020	6004
33.5	30.5	0.27	222	60	8793	0	0	-1437	10230	6127
34.0	31.0	0.27	225	61	8982	0	0	-1461	10443	6252
34.5	31.5	0.27	228	62	9175	0	0	-1484	10659	6378
35.0	32.0	0.27	231	62	9369	0	0	-1508	10877	6505
35.5	32.5	0.27	234	63	9566	0	0	-1532	11098	6634
36.0	33.0	0.27	237	64	9766	0	0	-1555	11321	6764
36.5	33.5	0.27	240	65	9969	0	0	-1579	11547	6895
37.0	34.0	0.27	243	66	10173	0	0	-1602	11776	7028
37.5	34.5	0.27	246	66	10381	0	0	-1626	12007	7162
38.0	35.0	0.27	249	67	10591	0	0	-1649	12240	7298
38.5	35.5	0.27	252	68	10803	0	0	-1673	12476	7435
39.0	36.0	0.27	255	69	11018	0	0	-1696	12715	7573
39.5	36.5	0.27	258	70	11236	0	0	-1720	12956	7712
40.0	37.0	0.27	261	70	11456	0	0	-1744	13200	7853
40.5	37.5	0.27	264	71	11679	0	0	-1767	13446	7996
41.0	38.0	0.27	267	72	11904	0	0	-1791	13695	8139
41.5	38.5	0.27	270	73	12132	0	0	-1814	13946	8284
42.0	39.0	0.27	273	74	12362	0	0	-1838	14200	8431
42.5	39.5	0.27	276	75	12595	0	0	-1861	14456	8579
43.0	40.0	0.27	279	75	12830	0	0	-1885	14715	8728
43.5	40.5	0.27	282	76	13068	0	0	-1909	14977	8878
44.0	41.0	0.27	285	77	13308	0	0	-1932	15241	9030
44.5	41.5	0.27	288	78	13551	0	0	-1956	15507	9183
45.0	42.0	0.27	291	79	13797	0	0	-1979	15776	9338
45.5	42.5	0.27	294	79	14045	0	0	-2003	16048	9494
46.0	43.0	0.27	297	80	14296	0	0	-2026	16322	9651
46.5	43.5	0.27	300	81	14549	0	0	-2050	16599	9809
47.0	44.0	0.27	303	82	14805	0	0	-2073	16878	9969
47.5	44.5	0.27	306	83	15063	0	0	-2097	17160	10131

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	20 di 84				

48.0	45.0	0.27	309	83	15324	0	0	-2121	17444	10293
48.5	45.5	0.27	312	84	15587	0	0	-2144	17731	10457
49.0	46.0	0.27	315	85	15853	0	0	-2168	18021	10623
49.5	46.5	0.27	318	86	16122	0	0	-2191	18313	10789
50.0	47.0	0.27	321	87	16393	0	0	-2215	18607	10958

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. PAGINA A 21 di 84

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 22 di 84

6.3 AZIONI SISMICHE Q₇

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;

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

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

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

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. PAGINA A 23 di 84

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;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , 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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 24 di 84

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	≥ 100

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

Classi D'uso

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 25 di 84

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	26 di 84

Stati limite e relative probabilità di superamento

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

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

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

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

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

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

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

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

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

Latitudine: 40.934039°

Longitudine: 14.355459°

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	27 di 84

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

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

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

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

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

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

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

Classificazione dei terreni

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	28 di 84

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

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

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

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 29 di 84

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 30 di 84
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo								

6.3.1 Spettri di risposta elastici

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

Stato limite di salvaguardia della vita

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

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

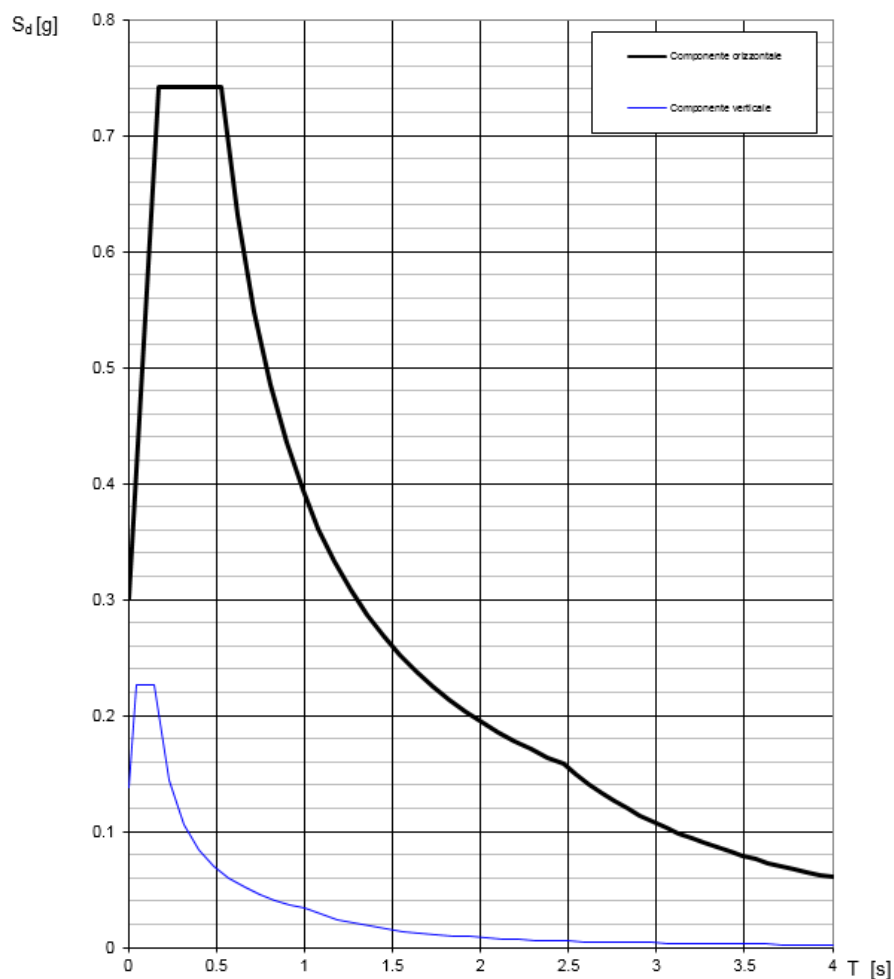


Figura 6: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	31 di 84

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
η	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 η 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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	32 di 84

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 η 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 α_u / α_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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A
				PAGINA 33 di 84		

Stato limite di salvaguardia della vita

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

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

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

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

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

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

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO										
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA					
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	34 di 84					

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 35 di 84

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

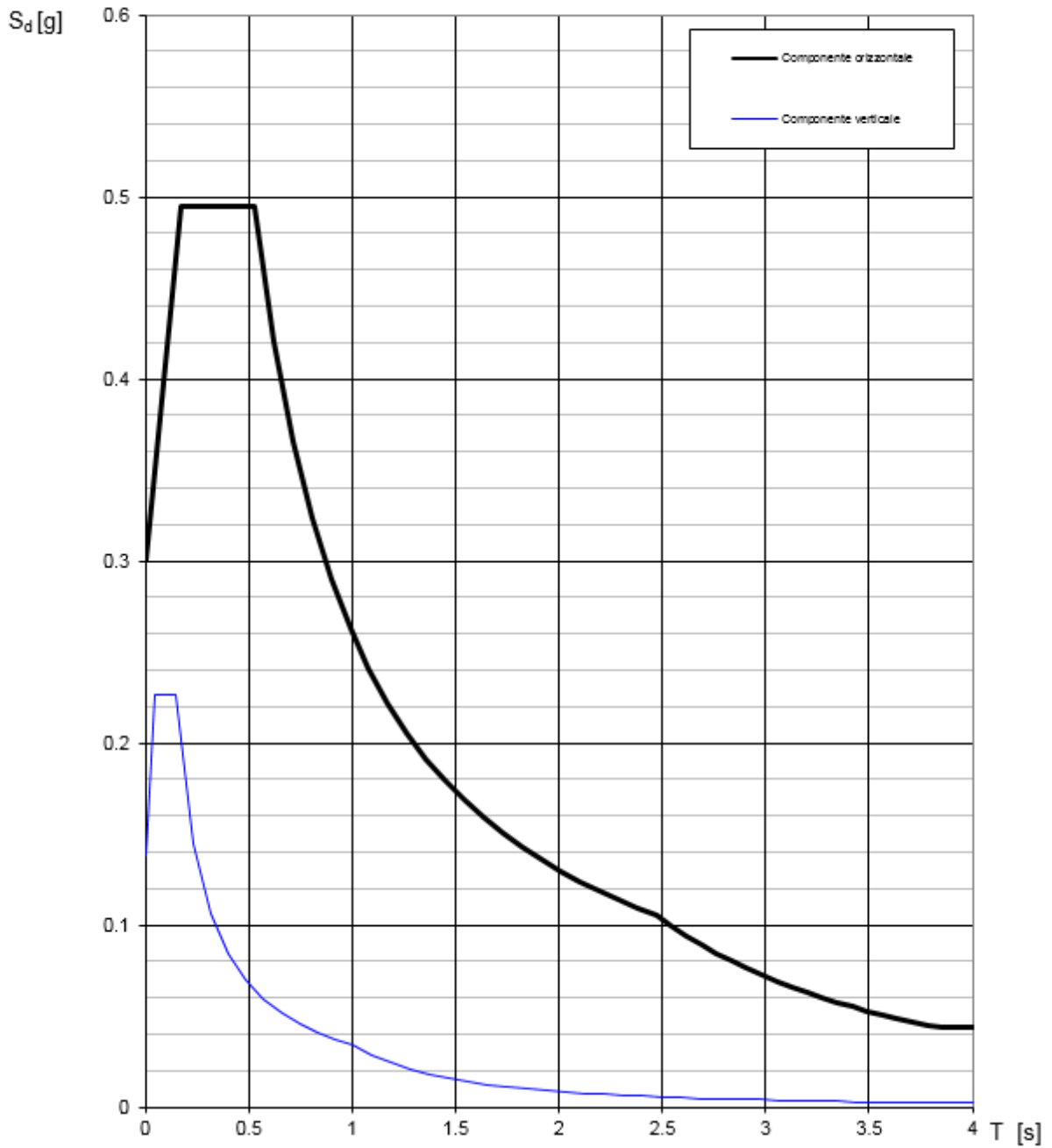


Figura 7: Spettri di risposta di progetto ($q=1,5$)_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.04.B5.001 A 36 di 84

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
η	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 η con η/q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.04.B5.001	A	37 di 84

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 ϵ_3

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

6.5 RIEPILOGO DEI CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

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

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.04.B5.001 A 38 di 84	

In dettaglio la pila in oggetto ospita:

IMPALCATO 25m LATO FISSO:

CASI DI CARICO			APP. 1 (MULTIDIR.)			APP. 2 (FISSO)			APP. 3 (FISSO)			APP. 4 (MULTIDIR.)		
Sigla	Tipologia	Descrizione	N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta	794.5	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	794.5	0.0	0.0
G2 (G2.1+G2.2+G2.3+G2.4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore	688.2	0.0	0.0	640.1	0.0	0.0	640.3	0.0	0.0	688.8	0.0	0.0
Q3.a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1	-36.1	0.0	0.0	-37.2	43.1	403.1	-31.8	43.1	421.9	-26.6	0.0	0.0
Q3.a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1	-39.7	0.0	0.0	-41.0	47.4	443.5	-35.0	47.4	464.0	-29.3	0.0	0.0
Q3.a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2	29.3	0.0	0.0	35.0	47.4	-464.0	41.0	47.4	-443.5	39.7	0.0	0.0
Q3.f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1	38.2	0.0	0.0	39.5	-45.7	-427.6	33.7	-45.7	-447.4	28.2	0.0	0.0
Q3.f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1	24.0	0.0	0.0	24.8	-28.8	-268.8	21.2	-28.7	-281.2	17.7	0.0	0.0
Q3.f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2	-17.7	0.0	0.0	-21.2	-28.7	281.2	-24.8	-28.8	268.8	-24.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1	-121.7	0.0	0.0	-47.0	93.1	6.8	40.5	92.6	-6.8	128.2	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1	-135.0	0.0	0.0	-51.3	102.8	7.8	45.4	102.4	-7.8	140.9	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2	-141.0	0.0	0.0	-45.4	102.4	7.8	51.3	102.9	-7.8	135.1	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1	-19.4	0.0	0.0	-7.1	25.1	2.3	7.1	25.1	-2.3	19.4	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q6	Vento	Azione del vento	-210.4	0.0	0.0	-75.3	201.8	15.0	73.4	201.7	-15.0	212.2	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1	-11.6	0.0	0.0	292.6	0.0	0.0	574.5	0.0	0.0	810.9	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2	815.6	0.0	0.0	568.6	0.0	0.0	290.5	0.0	0.0	-11.5	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1	-9.2	0.0	0.0	322.3	0.0	0.0	639.9	0.0	0.0	923.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi permanenti)	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.9
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincioli (aliquota dovuta ai carichi variabili)	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4
25 Cassoncini cls precompressi			LATO FISSO											
CASI DI CARICO			APPOGGIO 1			APPOGGIO 2			APPOGGIO 3			APPOGGIO 4		
Sigla	Tipologia	Descrizione	N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI	N	H	HI
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SismaX - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione longitudinale	0.0	0.0	0.0	-523.0	0.0	4880.0	-523.0	0.0	4880.0	0.0	0.0	0.0
SismaY - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione trasversale	-1540.0	0.0	0.0	2663.0	0.0	0.0	2663.0	0.0	0.0	1540.0	0.0	0.0
SismaZ - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione verticale	-193.0	0.0	0.0	-192.0	0.0	0.0	-192.0	0.0	0.0	-193.0	0.0	0.0

IMPALCATO 80m LATO MOBILE:

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. PAGINA A 39 di 84

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 γ_{Gi} e γ_{Qj} e quelli dei coefficienti di combinazione Ψ_{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 Ψ_{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: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 40 di 84

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ 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.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}2$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	$\mathcal{E}3$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}4$	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.04.B5.001	REV. A	PAGINA 41 di 84

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	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 Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

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

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

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

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO PILA TIPO C.5 (P12) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.04.B5.001 A 42 di 84

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	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	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	0

Tabella 4: Combinazioni di carico

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	43 di 84

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

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

Tabella 5 – Casi di carico

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 44 di 84				

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

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 45 di 84

8 CRITERI DI VERIFICA

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

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

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

8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

8.1.1 Verifica a fessurazione

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

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

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

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 46 di 84				

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 ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

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

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{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 σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p style="text-align: center;">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</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>47 di 84</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	47 di 84
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	47 di 84								

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

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 48 di 84

8.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

8.2.1 Sollecitazioni flettenti

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

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

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

8.2.2 Sollecitazioni taglianti

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

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

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

con:

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

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

e dove:

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

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

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 49 di 84

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

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

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

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

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

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

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

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

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

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

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

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{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;
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p style="text-align: center;">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</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>50 di 84</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	50 di 84
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	50 di 84								

α

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. 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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 51 di 84

9 CRITERI DI MODELLAZIONE

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

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

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

Gli assi di riferimento adottati sono:

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

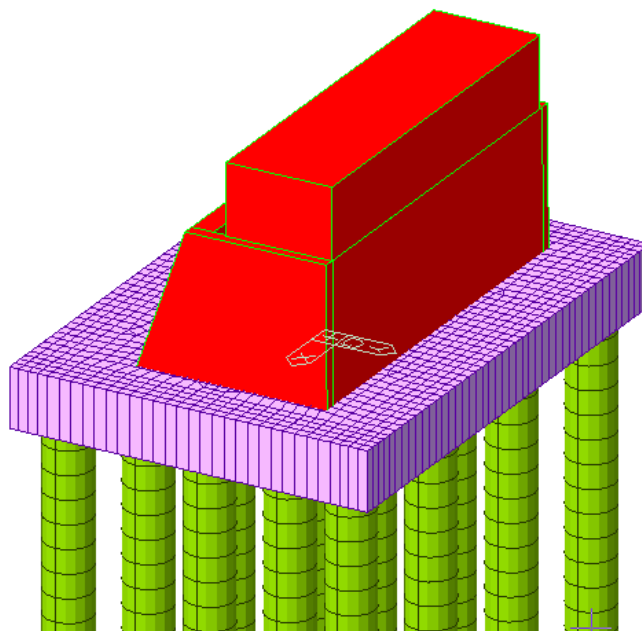


Figura 13: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D

<p>PALTATORE:</p> <p><u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.</p> <p><u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.</p>	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</p> <p align="center">TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">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</p>												
<p>PROGETTISTA:</p> <p><u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.</p> <p><u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</p>													
<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p>Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>52 di 84</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	52 di 84
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	52 di 84								

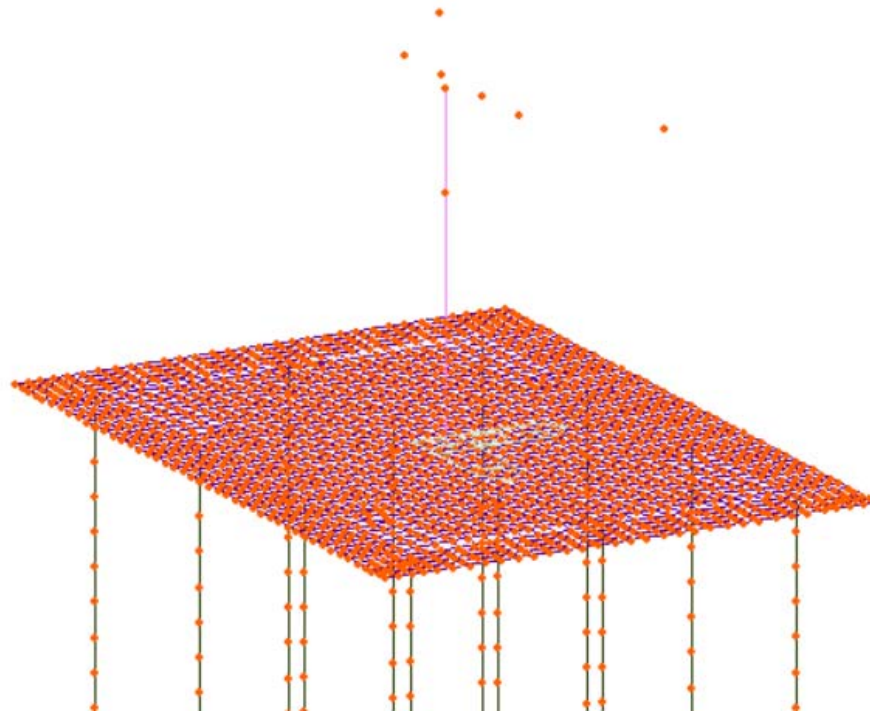


Figura 14: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) aste

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 53 di 84

10 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA

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

Elem	Load	Axial (kN)	Moment-z (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)
2027	SLU-Gr.1(N)	-68579.8	141161.5	-13509.2	12726.8	-1800.3
2027	SLU-Gr.3(N)	-67626.0	148415.4	-3797.3	13473.0	-818.6
2027	SLU-Gr.1(P)	-70420.8	120072.2	-9048.1	10476.4	-1677.0
2027	SLU-Gr.3(P)	-69973.5	106751.5	323.6	9055.3	-676.5
2027	SLU-Gr.1-1SW/2	-60623.4	107732.8	8386.7	9527.6	-605.5
2027	SLU-Gr.3-1SW/2	-60435.7	101560.9	13170.0	8859.6	-79.1
2027	SLU-Gr.1-MaxML	-70359.8	123027.8	-11030.0	10786.6	-1880.0
2027	SLU-Gr.3-MaxML	-69912.4	109707.0	-1658.3	9365.5	-879.5
2027	SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-55981.1	117978.3	-17256.0	10623.4	-2150.3
2027	SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-55027.3	125232.3	-7544.0	11369.7	-1168.6
2027	SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-57822.1	96889.1	-12794.8	8373.0	-2027.0
2027	SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-57374.8	83568.4	-3423.2	6952.0	-1026.5
2027	SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.	-48024.7	84549.7	4640.0	7424.2	-955.5
2027	SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.	-47837.0	78377.8	9423.3	6756.2	-429.1
2027	SLU-Gr.1-MaxML -	-57822.1	96889.1	-12794.8	8373.0	-2027.0
2027	SLU-Gr.3-MaxML -	-57374.8	83568.4	-3423.2	6952.0	-1026.5
2027	SLV-0.3EL+ET	-45369.5	221249.6	-68688.1	23131.8	-7655.5
2027	SLV-EL+ET0.3	-42254.2	207597.8	-67686.3	20713.4	-8764.0
2027	SLE-C-Gr.1(N)	-49758.6	101857.7	-8377.9	9187.6	-1149.0
2027	SLE-C-Gr.3(N)	-49100.8	106860.4	-1680.0	9702.2	-472.0
2027	SLE-C-Gr.1(P)	-51028.3	87313.4	-5301.3	7635.6	-1064.0
2027	SLE-C-Gr.3(P)	-50719.8	78126.7	1162.0	6655.5	-374.0
2027	SLE-C-Gr.1-1SW/2	-44271.4	78803.5	6722.7	6981.2	-325.0
2027	SLE-C-Gr.3-1SW/2	-44142.0	74547.0	10021.6	6520.5	38.0
2027	SLE-C-Gr.1-MaxML	-51028.3	87313.4	-5301.3	7635.6	-1064.0
2027	SLE-C-Gr.3-MaxML	-50719.8	78126.7	1162.0	6655.5	-374.0
2027	SLE-F-Gr.1(N)	-46535.2	93269.7	90.8	8459.3	-172.0
2027	SLE-F-Gr.3(N)	-46009.0	97271.8	5449.1	8871.0	369.6
2027	SLE-F-Gr.1(P)	-47550.9	81634.2	2552.1	7217.7	-104.0
2027	SLE-F-Gr.3(P)	-47304.1	74284.9	7722.7	6433.6	448.0
2027	SLE-QP	-35792.3	76111.1	941.9	7045.7	0.0

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 54 di 84

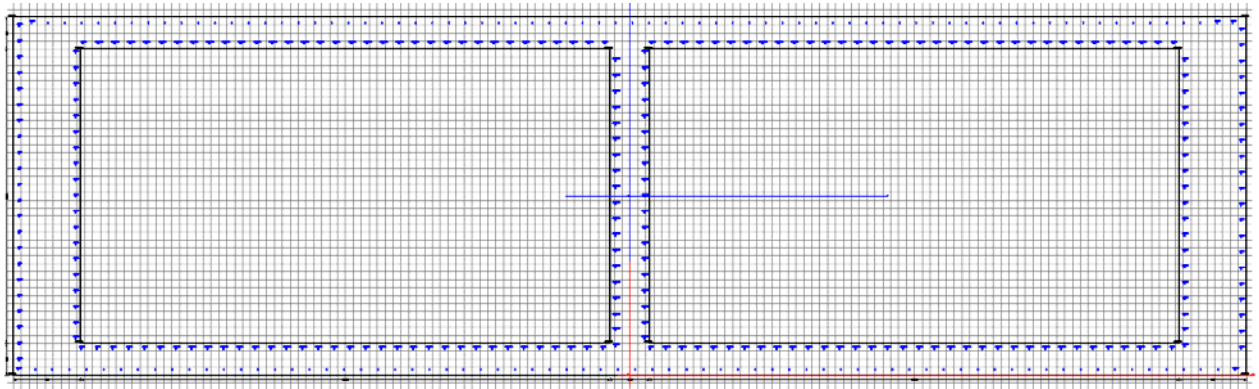


Figura 15: Sezione di spiccato $\Phi 24/20$

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

-	DOMINIO N° 1			
-		Forma del Dominio:	Poligonale	
-		Classe Conglomerato:	C32/40	
-	N°vertice:	X [cm]	Y [cm]	
-	1	-780.0	0.0	
-	2	-780.0	450.0	
-	3	780.0	450.0	
-	4	780.0	0.0	
-	DOMINIO N° 2			
-		Forma del Dominio:	Poligonale vuoto	
-		Classe Conglomerato:	C32/40	
-	N°vertice:	X [cm]	Y [cm]	
-	1	25.0	40.0	
-	2	25.0	410.0	
-	3	695.0	410.0	
-	4	695.0	40.0	
-	DOMINIO N° 3			
-		Forma del Dominio:	Poligonale vuoto	
-		Classe Conglomerato:	C32/40	
-	N°vertice:	X [cm]	Y [cm]	
-	1	-695.0	40.0	
-	2	-695.0	410.0	
-	3	-25.0	410.0	
-	4	-25.0	40.0	
-	DATI BARRE ISOLATE			
-	N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
-	1	-773.2	139.0	24
-	2	-773.2	159.0	24
-	3	-773.2	179.0	24

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	55 di 84

-	4	-773.2	199.0	24
-	5	-773.2	219.0	24
-	6	-773.2	239.0	24
-	7	-773.2	259.0	24
-	8	-773.2	279.0	24
-	9	-773.2	299.0	24
-	10	-773.2	319.0	24
-	11	-773.2	339.0	24
-	12	-773.2	359.0	24
-	13	-773.2	379.0	24
-	14	-773.2	399.0	24
-	15	-773.2	419.0	24
-	16	-773.2	439.0	24
-	17	-757.4	443.2	24
-	18	742.6	443.2	24
-	19	762.6	443.2	24
-	20	773.2	433.8	24
-	21	773.2	413.8	24
-	22	773.2	393.8	24
-	23	773.2	373.8	24
-	24	773.2	353.8	24
-	25	773.2	333.8	24
-	26	773.2	313.8	24
-	27	773.2	293.8	24
-	28	773.2	273.8	24
-	29	773.2	253.8	24
-	30	773.2	233.8	24
-	31	773.2	213.8	24
-	32	773.2	193.8	24
-	33	773.2	173.8	24
-	34	773.2	153.8	24
-	35	773.2	133.8	24
-	36	-18.2	36.8	24
-	37	-34.6	33.2	24
-	38	-694.6	33.2	24
-	39	-701.8	46.0	24
-	40	-701.8	406.0	24
-	41	-692.6	416.8	24
-	42	-32.6	416.8	24
-	43	701.8	56.8	24
-	44	701.8	36.8	24
-	45	685.4	33.2	24
-	46	25.4	33.2	24
-	47	27.4	416.8	24
-	48	687.4	416.8	24
-	49	-774.4	6.8	24
-	50	765.6	6.8	24
-	51	-701.8	144.8	24
-	52	-701.8	164.8	24
-	53	-701.8	184.8	24
-	54	-701.8	204.8	24
-	55	-701.8	224.8	24
-	56	-701.8	244.8	24
-	57	-701.8	264.8	24
-	58	-701.8	284.8	24
-	59	-701.8	304.8	24
-	60	-701.8	324.8	24
-	61	-701.8	344.8	24
-	62	-701.8	364.8	24
-	63	-701.8	384.8	24
-	64	-701.8	104.8	24
-	65	-701.8	124.8	24
-	66	-701.8	84.8	24
-	67	-701.8	64.8	24
-	68	-773.2	59.0	24
-	69	-773.2	79.0	24
-	70	-773.2	99.0	24
-	71	-773.2	119.0	24
-	72	-773.2	19.0	24
-	73	-773.2	39.0	24

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	56 di 84

-	74	701.8	155.6	24
-	75	701.8	175.6	24
-	76	701.8	195.6	24
-	77	701.8	215.6	24
-	78	701.8	235.6	24
-	79	701.8	255.6	24
-	80	701.8	275.6	24
-	81	701.8	295.6	24
-	82	701.8	315.6	24
-	83	701.8	335.6	24
-	84	701.8	355.6	24
-	85	701.8	375.6	24
-	86	701.8	395.6	24
-	87	701.8	115.6	24
-	88	701.8	135.6	24
-	89	701.8	95.6	24
-	90	701.8	75.6	24
-	91	773.2	113.8	24
-	92	773.2	93.8	24
-	93	773.2	73.8	24
-	94	773.2	53.8	24
-	95	773.2	33.8	24
-	96	-674.6	33.2	24
-	97	-654.6	33.2	24
-	98	-634.6	33.2	24
-	99	-614.6	33.2	24
-	100	-594.6	33.2	24
-	101	-574.6	33.2	24
-	102	-554.6	33.2	24
-	103	-534.6	33.2	24
-	104	-514.6	33.2	24
-	105	-494.6	33.2	24
-	106	-474.6	33.2	24
-	107	-454.6	33.2	24
-	108	-434.6	33.2	24
-	109	-414.6	33.2	24
-	110	-394.6	33.2	24
-	111	-374.6	33.2	24
-	112	-354.6	33.2	24
-	113	-334.6	33.2	24
-	114	-314.6	33.2	24
-	115	-294.6	33.2	24
-	116	-294.6	33.2	24
-	117	-274.6	33.2	24
-	118	-254.6	33.2	24
-	119	-234.6	33.2	24
-	120	-214.6	33.2	24
-	121	-194.6	33.2	24
-	122	-174.6	33.2	24
-	123	-154.6	33.2	24
-	124	-134.6	33.2	24
-	125	-114.6	33.2	24
-	126	-94.6	33.2	24
-	127	-74.6	33.2	24
-	128	-54.6	33.2	24
-	129	-672.6	416.8	24
-	130	-652.6	416.8	24
-	131	-632.6	416.8	24
-	132	-612.6	416.8	24
-	133	-592.6	416.8	24
-	134	-572.6	416.8	24
-	135	-552.6	416.8	24
-	136	-532.6	416.8	24
-	137	-512.6	416.8	24
-	138	-492.6	416.8	24
-	139	-472.6	416.8	24
-	140	-452.6	416.8	24
-	141	-432.6	416.8	24
-	142	-412.6	416.8	24
-	143	-392.6	416.8	24

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 57 di 84

-	144	-372.6	416.8	24
-	145	-352.6	416.8	24
-	146	-332.6	416.8	24
-	147	-312.6	416.8	24
-	148	-292.6	416.8	24
-	149	-292.6	416.8	24
-	150	-272.6	416.8	24
-	151	-252.6	416.8	24
-	152	-232.6	416.8	24
-	153	-212.6	416.8	24
-	154	-192.6	416.8	24
-	155	-172.6	416.8	24
-	156	-152.6	416.8	24
-	157	-132.6	416.8	24
-	158	-112.6	416.8	24
-	159	-92.6	416.8	24
-	160	-72.6	416.8	24
-	161	-52.6	416.8	24
-	162	47.4	416.8	24
-	163	67.4	416.8	24
-	164	87.4	416.8	24
-	165	107.4	416.8	24
-	166	127.4	416.8	24
-	167	147.4	416.8	24
-	168	167.4	416.8	24
-	169	187.4	416.8	24
-	170	207.4	416.8	24
-	171	227.4	416.8	24
-	172	247.4	416.8	24
-	173	267.4	416.8	24
-	174	287.4	416.8	24
-	175	307.4	416.8	24
-	176	327.4	416.8	24
-	177	347.4	416.8	24
-	178	367.4	416.8	24
-	179	387.4	416.8	24
-	180	407.4	416.8	24
-	181	427.4	416.8	24
-	182	427.4	416.8	24
-	183	447.4	416.8	24
-	184	467.4	416.8	24
-	185	487.4	416.8	24
-	186	507.4	416.8	24
-	187	527.4	416.8	24
-	188	547.4	416.8	24
-	189	567.4	416.8	24
-	190	587.4	416.8	24
-	191	607.4	416.8	24
-	192	627.4	416.8	24
-	193	647.4	416.8	24
-	194	667.4	416.8	24
-	195	45.4	33.2	24
-	196	65.4	33.2	24
-	197	85.4	33.2	24
-	198	105.4	33.2	24
-	199	125.4	33.2	24
-	200	145.4	33.2	24
-	201	165.4	33.2	24
-	202	185.4	33.2	24
-	203	205.4	33.2	24
-	204	225.4	33.2	24
-	205	245.4	33.2	24
-	206	265.4	33.2	24
-	207	285.4	33.2	24
-	208	305.4	33.2	24
-	209	325.4	33.2	24
-	210	345.4	33.2	24
-	211	365.4	33.2	24
-	212	385.4	33.2	24
-	213	405.4	33.2	24

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	59 di 84

- 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	68579.79	141161.46	-13509.23	0.00	0.00
-	2	67626.00	148415.37	-3797.31	0.00	0.00
-	3	70420.80	120072.22	-9048.10	0.00	0.00
-	4	69973.45	106751.51	323.59	0.00	0.00
-	5	60623.38	107732.80	8386.68	0.00	0.00
-	6	60435.66	101560.94	13170.01	0.00	0.00
-	7	70359.75	123027.76	-11030.00	0.00	0.00
-	8	69912.39	109707.04	-1658.31	0.00	0.00
-	9	55981.09	117978.34	-17255.97	0.00	0.00
-	10	55027.30	125232.26	-7544.04	0.00	0.00
-	11	57822.11	96889.11	-12794.84	0.00	0.00
-	12	57374.75	83568.39	-3423.15	0.00	0.00
-	13	48024.69	84549.68	4639.95	0.00	0.00
-	14	47836.97	78377.83	9423.27	0.00	0.00
-	15	57822.11	96889.11	-12794.84	0.00	0.00
-	16	57374.75	83568.39	-3423.15	0.00	0.00
-	17	45369.52	221249.62	-68688.14	0.00	0.00
-	18	42254.17	207597.80	-67686.31	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	
-	1	49758.61	101857.73	-8377.92
-	2	49100.82	106860.43	-1680.04
-	3	51028.27	87313.43	-5301.27
-	4	50719.75	78126.73	1161.96
-	5	44271.43	78803.48	6722.72
-	6	44141.97	74547.03	10021.56
-	7	51028.27	87313.43	-5301.27
-	8	50719.75	78126.73	1161.96

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	
-	1	46535.18	93269.68 (281988.18)	90.81 (274.55)
-	2	46008.95	97271.84 (240814.12)	5449.11 (13490.26)
-	3	47550.91	81634.24 (410387.81)	2552.12 (12829.90)
-	4	47304.09	74284.88 (517858.16)	7722.71 (53836.91)

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)

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 60 di 84

- 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	35792.31	76111.08 (249035.92)	941.92 (3081.97)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	68579.79	250696.84	-11630.21	68580.06	289301.85	-26374.12	2.049	-----
2	S	67626.00	250741.74	-3053.57	67625.85	287826.89	-5713.49	1.939	-----
3	S	70420.80	254142.40	-10483.66	70420.77	292827.57	-22132.71	2.440	-----
4	S	69973.45	254997.58	1282.92	69973.40	292176.27	1322.55	2.738	-----
5	S	60623.38	237458.51	7729.44	60623.33	274276.39	20490.16	2.545	-----
6	S	60435.66	236241.12	14101.15	60435.60	273781.33	35382.93	2.696	-----
7	S	70359.75	253705.20	-12192.12	70360.01	292679.44	-26569.85	2.380	-----
8	S	69912.39	254926.25	-937.93	69912.45	292296.78	-2451.57	2.665	-----
9	S	55981.09	228125.23	-13229.20	55980.83	265165.51	-38451.15	2.248	-----
10	S	55027.30	227677.90	-4499.85	55027.44	263521.19	-15745.46	2.105	-----
11	S	57822.11	231552.19	-12063.01	57821.99	268741.00	-34994.18	2.774	-----
12	S	57374.75	232325.97	-4566.12	57374.97	268096.61	-9425.20	3.209	-----
13	S	48024.69	215272.29	5897.87	48024.86	250052.85	13363.16	2.958	-----
14	S	47836.97	214096.24	10789.48	47837.12	249571.91	29955.55	3.184	-----
15	S	57822.11	231552.19	-12063.01	57821.99	268741.00	-34994.18	2.774	-----
16	S	57374.75	232325.97	-4566.12	57374.97	268096.61	-9425.20	3.209	-----
17	S	45369.52	207323.17	-24127.00	45369.46	244182.09	-75372.99	1.103	-----
18	S	42254.17	201644.79	-23884.33	42254.45	238075.33	-77074.05	1.146	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	
1	0.00350	-0.01013	-780.0	450.0	0.00302	-757.4	443.2	-0.02782	765.6	
6.8	2	0.00350	-0.01161	-780.0	450.0	0.00297	-757.4	443.2	-0.03122	765.6
6.8	3	0.00350	-0.01001	-780.0	450.0	0.00302	-757.4	443.2	-0.02755	765.6

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 61 di 84

6.8										
-	4	0.00350	-0.01137	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03066	765.6
6.8										
-	5	0.00350	-0.01197	780.0	450.0	0.00296	762.6	443.2	-0.03206	-774.4
6.8										
-	6	0.00350	-0.01122	780.0	450.0	0.00298	762.6	443.2	-0.03033	-774.4
6.8										
-	7	0.00350	-0.00978	-780.0	450.0	0.00303	-757.4	443.2	-0.02703	765.6
6.8										
-	8	0.00350	-0.01130	-780.0	450.0	0.00298	-757.4	443.2	-0.03052	765.6
6.8										
-	9	0.00350	-0.01170	-780.0	450.0	0.00296	-757.4	443.2	-0.03144	765.6
6.8										
-	10	0.00350	-0.01305	-780.0	450.0	0.00292	-757.4	443.2	-0.03454	765.6
6.8										
-	11	0.00350	-0.01157	-780.0	450.0	0.00297	-757.4	443.2	-0.03114	765.6
6.8										
-	12	0.00350	-0.01316	-780.0	450.0	0.00291	-757.4	443.2	-0.03479	765.6
6.8										
-	13	0.00350	-0.01448	780.0	450.0	0.00287	762.6	443.2	-0.03783	-774.4
6.8										
-	14	0.00350	-0.01353	780.0	450.0	0.00290	762.6	443.2	-0.03564	-774.4
6.8										
-	15	0.00350	-0.01157	-780.0	450.0	0.00297	-757.4	443.2	-0.03114	765.6
6.8										
-	16	0.00350	-0.01316	-780.0	450.0	0.00291	-757.4	443.2	-0.03479	765.6
6.8										
-	17	0.00350	-0.01157	-780.0	450.0	0.00297	-757.4	443.2	-0.03115	765.6
6.8										
-	18	0.00350	-0.01195	-780.0	450.0	0.00296	-757.4	443.2	-0.03202	765.6
6.8										

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.00000382	0.000069339	-0.027999927	----	----
2	-0.00000063	0.000078120	-0.031703472	----	----
3	-0.00000330	0.000068901	-0.027762648	----	----
4	-0.00000009	0.000077049	-0.031179405	----	----
5	0.00000258	0.000079334	-0.032401681	----	----
6	0.00000439	0.000074800	-0.030502804	----	----
7	-0.00000396	0.000067506	-0.027186938	----	----
8	-0.00000055	0.000076575	-0.031001432	----	----
9	-0.00000488	0.000077130	-0.031589103	----	----
10	-0.00000200	0.000085139	-0.034969103	----	----
11	-0.00000456	0.000076561	-0.031308172	----	----
12	-0.00000088	0.000086097	-0.035312424	----	----
13	0.00000146	0.000092739	-0.038346670	----	----
14	0.00000375	0.000087003	-0.035944309	----	----
15	-0.00000456	0.000076561	-0.031308172	----	----
16	-0.00000088	0.000086097	-0.035312424	----	----
17	-0.00000887	0.000075084	-0.030979573	----	----
18	-0.00000914	0.000076967	-0.031848179	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.											
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 62 di 84			

		D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure								
		Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.10	-695.0	410.0	-53.2	765.6	6.8	24664	325.7	21.7	1.00
2	S	5.13	-695.0	410.0	-65.7	765.6	6.8	33663	330.2	21.7	1.00
3	S	4.60	-695.0	410.0	-19.5	765.6	6.8	27327	325.7	21.7	1.00
4	S	4.22	-25.0	410.0	-5.9	-774.4	6.8	29786	330.2	12.3	1.00
5	S	4.02	-25.0	410.0	-22.7	-774.4	6.8	21407	312.1	12.3	1.00
6	S	3.88	-25.0	410.0	-16.6	-774.4	6.8	13329	194.5	12.3	1.00
7	S	4.60	-695.0	410.0	-19.5	765.6	6.8	27327	325.7	21.7	1.00
8	S	4.22	-25.0	410.0	-5.9	-774.4	6.8	29786	330.2	12.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.58	-25.0	410.0	-43.0	-774.4	6.8	33779	330.2	12.3	1.00
2	S	4.69	-25.0	410.0	-55.7	-774.4	6.8	26995	330.2	12.3	1.00
3	S	4.22	-25.0	410.0	-18.0	-774.4	6.8	29954	330.2	12.3	1.00
4	S	3.98	-25.0	410.0	-8.8	-774.4	6.8	17030	248.8	12.3	1.00

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica

S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata

S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata

k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $-(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica

Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

Psi $= 1 - \text{Beta}12^2 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12^2 * (\text{fctm}/\text{S}2)^2 = 1 - \text{Beta}12^2 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi

srm Distanza media tra le fessure [mm]

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. 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	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.0	0	0.125	24	44	-8.1410.00009 (0.00009)		235	0.034 (0.20)	281988.18	274.55
2	S	-1.2	0	0.125	24	44	-5.1290.00011 (0.00011)		211	0.040 (0.20)	240814.12	13490.26
3	S	-0.6	0	0.125	24	44	-24.2720.00004 (0.00004)		221	0.014 (0.20)	410387.81	12829.90
4	S	-0.4	0	0.125	24	44	-47.5980.00002 (0.00002)		195	0.006 (0.20)	517858.16	53836.91

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.66	-25.0	410.0	-43.4	-774.4	6.8	32922	330.2	12.3	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	0	0.125	24	44	-4.3530.00009 (0.00009)		232	0.034 (0.20)	249035.92	3081.97

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: 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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A PAGINA 63 di 84

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

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

SEZIONE <table border="1"> <tr><td>b_w</td><td>=</td><td>220</td><td>cm</td></tr> <tr><td>h</td><td>=</td><td>450</td><td>cm</td></tr> <tr><td>c</td><td>=</td><td>5</td><td>cm</td></tr> <tr><td>d</td><td>=</td><td>h-c</td><td>= 445 cm</td></tr> </table>				b _w	=	220	cm	h	=	450	cm	c	=	5	cm	d	=	h-c	= 445 cm	IPOTESI 1 Cot φ = 2 φ = 21,8°														
b _w	=	220	cm																															
h	=	450	cm																															
c	=	5	cm																															
d	=	h-c	= 445 cm																															
MATERIALI <table border="1"> <tr><td>f_{ywd}</td><td>=</td><td>391.30</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>R_{ck}</td><td>=</td><td>40</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>γ_c</td><td>=</td><td>1.5</td><td></td></tr> <tr><td>f_{ck}</td><td>=</td><td>0.83xR_{ck}</td><td>= 33.2 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cd}</td><td>=</td><td>0.85xf_{ck}/γ_c</td><td>= 18.81 MPa</td></tr> </table>				f _{ywd}	=	391.30	MPa	R _{ck}	=	40	MPa	γ _c	=	1.5		f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	= 33.2 MPa	f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	= 18.81 MPa	Armatura trasversale $V_{Rsd} = 47264.85 \text{ (KN)}$ $V_{Rcd} = 28580.05 \text{ (KN)}$ $V_{Rd} = 28580.05 \text{ (KN)}$										
f _{ywd}	=	391.30	MPa																															
R _{ck}	=	40	MPa																															
γ _c	=	1.5																																
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	= 33.2 MPa																															
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	= 18.81 MPa																															
ARMATURE A TAGLIO <table border="1"> <tr><td>Ø_{st}</td><td>=</td><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>braccia</td><td>=</td><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>Ø_{st2}</td><td>=</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>braccia</td><td>=</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>passo</td><td>=</td><td>10</td><td>cm</td></tr> <tr><td>(A_{sw} / s)</td><td>=</td><td>120.637</td><td>cm² / m</td></tr> <tr><td>α</td><td>=</td><td>90</td><td>° (90° staffe verticali)</td></tr> </table>				Ø _{st}	=	16		braccia	=	6		Ø _{st2}	=			braccia	=			passo	=	10	cm	(A _{sw} / s)	=	120.637	cm ² / m	α	=	90	° (90° staffe verticali)	$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yw} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$ $0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$ $\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$		
Ø _{st}	=	16																																
braccia	=	6																																
Ø _{st2}	=																																	
braccia	=																																	
passo	=	10	cm																															
(A _{sw} / s)	=	120.637	cm ² / m																															
α	=	90	° (90° staffe verticali)																															
ARMATURE LONGITUDINALI <table border="1"> <tr><td>Ø_l</td><td>=</td><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>Numero</td><td>=</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>A_{sl}</td><td>=</td><td>26.546</td><td>cm²</td></tr> </table>				Ø _l	=	26		Numero	=	5		A _{sl}	=	26.546	cm ²	IPOTESI 2 Cot φ = 1 φ = 45°																		
Ø _l	=	26																																
Numero	=	5																																
A _{sl}	=	26.546	cm ²																															
TAGLIO AGENTE V _{Ed} = 22745 (KN)				Armatura trasversale $V_{Rsd} = 18905.94 \text{ (KN)}$ $V_{Rcd} = 41441.07 \text{ (KN)}$ $V_{Rd} = 18905.94 \text{ (KN)}$																														
SFORZO NORMALE N _{Ed} = 0 (KN)				$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yw} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$ $0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$ $\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$																														
				IPOTESI 3 Cot φ in cui VRsd=Vf: Rottura bilanciata cot(θ) = 1.84 (calcolato) cot(θ) = 1.84 (limitato) θ = 28.53 ° $V_{Rsd} = 34778.30 \text{ (KN)}$ $V_{Rcd} = 34778.30 \text{ (KN)}$ $V_{Rd} = 34778.30 \text{ (KN)}$																														
				MASSIMO TAGLIO RESISTENTE V_{Rd} = 34778 (KN)																														

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: 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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 64 di 84

Taglio in direzione trasversale: 2+2 Φ 16/10

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.							<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 65 di 84

11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FONDAZIONE

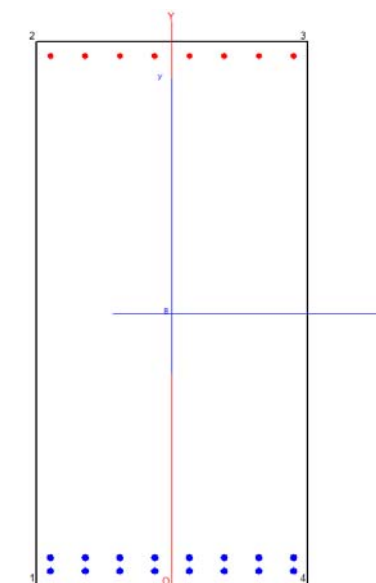
11.1 VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

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

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

11.1.1 Verifica dell'armatura longitudinale



PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	66 di 84

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

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

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	6	26
2	2	3	6	20
3	5	6	6	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	4640.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	6000.00	0.00	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1200.00	0.00

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 67 di 84

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

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

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

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

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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo 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	7318.87	0.00	0.00	7847.67	0.00	1.691	84.9(40.0)
2	S	0.00	7318.87	0.00	0.00	7847.67	0.00	1.308	84.9(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 68 di 84

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

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

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

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

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

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

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

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

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

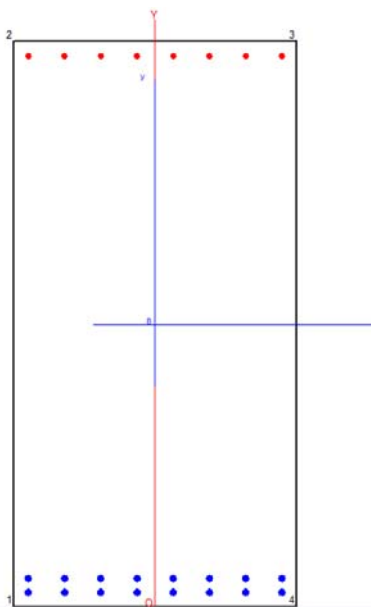
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.00	50.0	250.0	-171.2	-44.7	5.3	2350	84.9	4.7	0.50

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 69 di 84

11.1.2 Verifica dell'armatura trasversale



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

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

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	70 di 84

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

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

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

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

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

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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	71 di 84	

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	73 di 84

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

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

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	74 di 84

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

DATI COLONNA

D	=	2000	mm	Diametro palo	
Hp (piastra)	=	2500	mm		
cx (copriferro asse)	=	53	mm		
cy (copriferro asse)	=	79	mm		
dx	=	Hp-cx	=	2447	mm
dy	=	Hp-cy	=	2421	mm
deff (altezza utile media)	=	(dx+dy)/2	=	2434	mm
u	=	$2\pi((D/2)+2deff)$	=	36870	mm

TIPOLOGIA PILASTRO

UBICAZIONE		A
β_1	=	1.5

MATERIALI

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

ARMATURE LONGITUDINALI PER FLESSIONE PRESENTI NELLA PIASTRA

ϕ_x	=	26	mm	diametro barre X
Numero arm x	=	8	1/m	numero barre X a ml
A_{s1x}	=	4247.43	mm ² /m	area barre X a ml
leff _y	=	16.60	m	larghezza efficace dir Y
A_{s1x}	=	70524.38	mm ²	acciaio X nella larghezza efficace
ϕ_y	=	20	mm	diametro barre Y
Numero arm y	=	8	1/m	numero barre Y a ml
A_{s1y}	=	2513.27	mm ² /m	area barre Ya ml
leff _x	=	16.60	mm	larghezza efficace dir X
A_{s1y}	=	41730.40	mm ²	acciaioY nella larghezza efficace

SOLLECITAZIONE DI CALCOLO

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

TENSIONE TANGENZIALE DI CALCOLO

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

TENSIONE TANGENZIALE LIMITE SENZA ARMATURA

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.				<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 75 di 84

11.2 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

Si riportano a seguire le sollecitazioni agenti:

Pali di fondazione $\phi 2000$		Comb	N_{min}	N_{max}	M	T
		[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]
SLV	SLU	SLU-Gr.1(P)	10900	3057	1786.2	458
	SLV	SLV-0.3EL+ET	11500	-1600	4836	1240
SLE	RARA	SLE-C-Gr.1(P)	3190	-450	409.5	105
	FREQ	SLE-F-Gr.3-1SW/2	3190	-450	471.9	121
	QPERM	SLE-QP	6500	2780	273	70

11.2.1 Verifiche a pressoflessione e taglio

Il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri), dipendente dalle caratteristiche di rigidezza relative palo-terreno e dall'eventuale liquefacibilità del suolo. Generalmente, la sua applicazione fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Per la spalla in esame α è pari a 3.9 Di seguito il diagramma del momento adimensionale del palo della fondazione in esame.

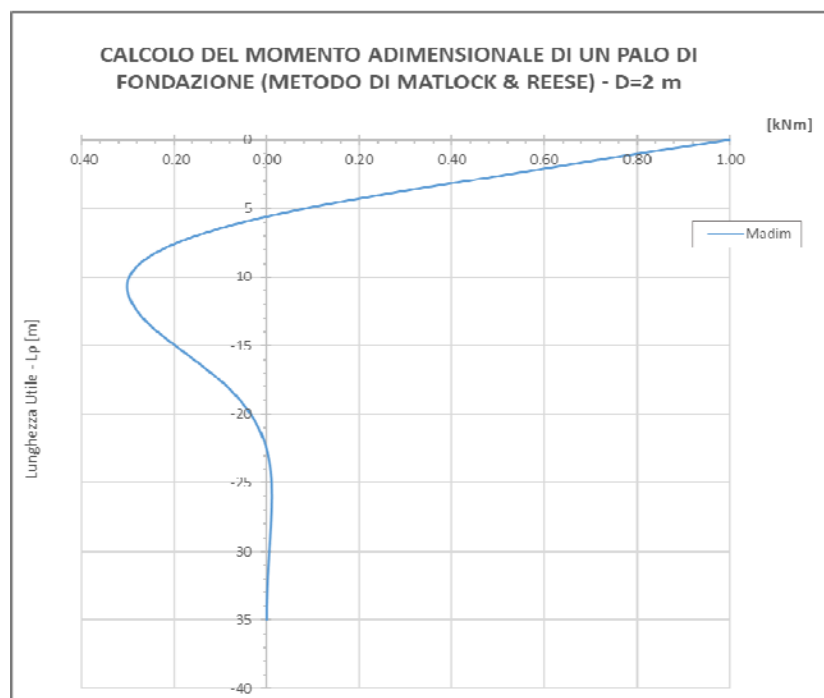


Figura 16: Diagramma del Momento adimensionale lungo il palo

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 76 di 84

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

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

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

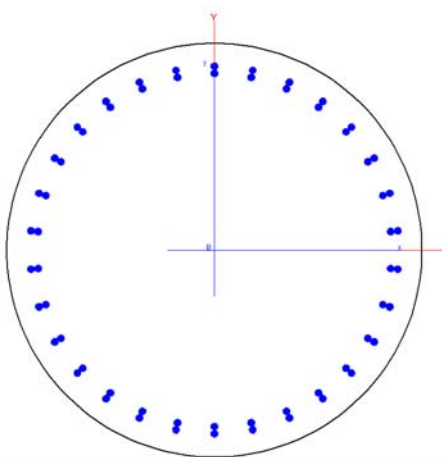
Di seguito si riporta a titolo esemplificativo

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

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

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 77 di 84



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

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

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 78 di 84

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

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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 79 di 84

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

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

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

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

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

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

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [SB.6.6 DM96]

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO			
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 81 di 84

11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

11.3.1 Verifiche di capacità portante

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

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

Elemento		FONDAZIONE			SFORZI NEI PALI			
Opera	Elem.	Condizione terreno	D _{pali} [m]	N _{pali} [-]	L _{pali} [m]	Combinazione	N _{min} [kN]	Q _{d,c} [kN]
VI04	P12	Liquefacibile	2	12	48	SLU-Gr.1(P)	11500	11853

Elemento		FONDAZIONE			SFORZI NEI PALI				
Opera	Elem.	Condizione terreno	D _{pali} [m]	N _{pali} [-]	L _{pali} [m]	Combinazione	N _{min} [kN]	QI [kN]	QI/N _{min} [-]
VI04	P12	Liquefacibile	2	12	48	SLE-C-Gr.1(P)	6200	15135	2.44

Per la verifica a trazione si ottiene:

Elemento		FONDAZIONE			SFORZI NEI PALI			
Opera	Elem.	Condizione terreno	D _{pali} [m]	N _{pali} [-]	L _{pali} [m]	Combinazione	N _{min} [kN]	Q _{d,c} [kN]
VI04	P12	Liquefacibile	2	12	48	SLU-Gr.1(P)	-1600	10193

11.3.2 Valutazione dei cedimenti in fondazione

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

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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 A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.A5.001	REV. A	PAGINA 82 di 84

11.3.3 Verifiche del carico limite orizzontale

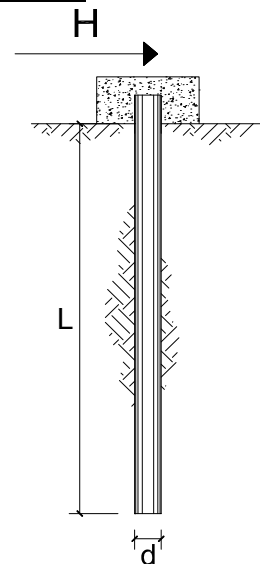
Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo.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

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

OPERA: VI-03-P11

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\phi'}$	γ_T	
			γ_G	γ_Q			
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30	
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			○	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			○	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

PALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	83 di 84

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	40.00	(m)		
Diametro del palo	d =	2.00	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	25000.00	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	30.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	30.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)	$k_{p,med} =$	3.00	(-)	$k_{p,min} =$	3.00 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	16.00	(kN/m ³)		
Carico Orizzontale:	G =	1240	(kN)		

Palo corto:

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

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 77425.00 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 77425.00 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 9324.68 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 9324.68 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 9324.68 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 9324.68 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 6660.49 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 5123.45 \text{ (kN)}$$

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

$$FS = H_d / F_d = 4.13$$

PALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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																					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.A5.001</td> <td>A</td> <td>84 di 84</td> </tr> </tbody> </table>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	84 di 84
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA																		
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.A5.001	A	84 di 84																		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo A.1 (P34,P35,P38,P39,P40 e da P45 a P54) - Relazione di calcolo																							

12 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Sezione trasversale impalcato	5
Figura 2: Profilo longitudinale – Vista P.11	6
Figura 3: Pila P.12 VI.04 – pianta fondazioni	6
Figura 4: Pila P.12 VI.04 – sezione trasversale.....	7
Figura 5: Pila P.11 VI.03 – sezione longitudinale	8
Figura 6: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)	30
Figura 7: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale).....	35
Figura 8: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	40
Figura 9: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008	40
Figura 10: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008	41
Figura 11: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008.....	41
Figura 12: Modellazione tridimensionale	42
Figura 13: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D	51
Figura 14: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) aste	52
Figura 15: Sezione di spiccato $\Phi 24/20$	54
Figura 16: Diagramma del Momento adimensionale lungo il palo.....	75