

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

MITIGAZIONI AMBIENTALI

INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA IN FASE DI ESERCIZIO

BARRIERE ACUSTICHE

BA04b - Relazione di calcolo fondazioni

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 21/02/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing.R. Zanon

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

IF28 01 E ZZ CL IM0006 001 A -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	G. Pellegrini	21/02/2020	L. Ongaro	21/02/2020	T. Finocchietti	21/02/2020	R. Zanon

21/02/2020

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 2 di 29

Indice

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1	CALCESTRUZZO BARRIERA	5
3.2	CALCESTRUZZO CORDOLO FONDAZIONE	5
3.3	CALCESTRUZZO MICROPALI	6
3.4	ACCIAIO DA C.A.	6
3.5	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	6
3.6	ACCIAIO PER MICROPALI E RELATIVI PIATTI.....	7
3.7	SALDATURE	7
3.8	BULLONI.....	7
3.9	COLLAUDI MATERIALI, SALDATURE E LAVORAZIONI.....	7
3.10	VERNICIATURA E ZINCATURA	7
4	ANALISI DEI CARICHI	8
4.1	AZIONI PERMANENTI.....	8
4.2	VENTO.....	8
4.3	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI	11
5	ANALISI DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	14
6	DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEL MICROPALO.....	16
6.1	PORTANZA VERTICALE	16
6.2	PORTANZA ORIZZONTALE	20
7	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE SUI MICROPALI	22
7.1	SOLLECITAZIONI.....	22
8	DIMENSIONAMENTO ARMATURA CORDOLO.....	26
8.1	ARMATURA IN DIREZIONE TRASVERSALE	26
8.2	ARMATURA BICCHIERE	27
9	SINTESI ARMATURE	29
9.1	INDICIDENZA.....	29

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</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;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">IM0006 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">3 di 29</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	3 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	3 di 29													
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni																		

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche strutturali della fondazione delle barriere BA04b nell'ambito del progetto esecutivo del raddoppio tratta Apice – Orsara I lotto funzionale Apice - Hirpinia dalla pk 17+430 alla pk 17+488 (binario lato dispari su rilevato).

L'altezza della barriera fonoassorbente in esame presenta moduli in calcestruzzo di altezza pari a 3.00 m. L'altezza dei pannelli fonoassorbenti in acciaio inox al disopra della struttura in cls è pari a 1.00 m. L'altezza complessiva della barriera è di 4.00 metri. La fondazione è composta da un cordolo di dimensioni 80x180cm (altezza x larghezza) sostenuto da 4 micropali in corrispondenza di ciascun montante.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 4 di 29

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- CNR 10011-97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR 10016-85 Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni.
- CNR 10025-84 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati.
- Eurocodice 3 UNI ENV 1993-2:2002 Appendice L (per le categorie relative alle verifiche a fatica ad integrazione della CNR 10011-97).
- D.M. del 09/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circ. n.252/AA.GG/STC. del 15/10/96 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- D.M. del 16/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circ. n.156/AA.GG/STC. del 04/07/96 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.
- D.M. del 16/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circ. n.65/AA.GG. del 10/04/97 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri 20 marzo 2003, n. 3274. Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, emanata con nota RFI DTC INC PO SP IFS 001 A.
- Istruzione F.S. 44/M/00 "Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia."
- Istruzione F.S. 44/F/92 "Verifica a fatica dei ponti ferroviari metallici".
- Istruzione F.S. 44/S/99 "Specificazione di istruzione tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari"
- Istruzione F.S. 44V "Specificazione di istruzione tecnica dei cicli di verniciatura per la protezione della corrosione di opere metalliche nuove per la manutenzione di quelle esistenti"
- Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili parte II sezione 14
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11.03.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 5 di 29

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO BARRIERA

R_{ck} - Resistenza cubica a compressione = 45 N/mm²

f_{ck} - Resistenza cilindrica a compressione = 35 N/mm²

f_{cm} - Resistenza cilindrica media a compressione = $f_{ck} + 8 = 43$ N/mm²

α_{cc} (t > 28gg) - Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli = 0.85

γ_c - Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo. Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10% = 1.50

$f_{cd} = (\alpha_{cc} \cdot f_{ck}) / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a compressione = 19.8 N/mm²

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$ [per classi ≤ C50/60] - Resistenza cilindrica media a trazione = 3.2 N/mm²

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 2.2 N/mm²

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a trazione = 1.5 N/mm²

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza media a trazione per flessione = 3.7 N/mm²

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 2.6 N/mm²

$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ - Modulo elastico = 34077 N/mm²

Peso proprio $\gamma_c = 25000$ N/m³

Calcestruzzo con mix design studiato in modo da eliminare fenomeni di ritiro.

Coefficiente di Poisson: secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2008, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

3.2 CALCESTRUZZO CORDOLO FONDAZIONE

R_{ck} - Resistenza cubica a compressione = 35 N/mm²

f_{ck} - Resistenza cilindrica a compressione = 28 N/mm²

f_{cm} - Resistenza cilindrica media a compressione = $f_{ck} + 8 = 36$ N/mm²

α_{cc} (t > 28gg) - Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli = 0.85

γ_c - Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo. Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10% = 1.50

$f_{cd} = (\alpha_{cc} \cdot f_{ck}) / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a compressione = 15.9 N/mm²

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$ [per classi ≤ C50/60] - Resistenza cilindrica media a trazione = 2.8 N/mm²

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 2.0 N/mm²

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a trazione = 1.5 N/mm²

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza media a trazione per flessione = 1.3 N/mm²

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 0.9 N/mm²

$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ - Modulo elastico = 32308 N/mm²

Peso proprio $\gamma_c = 25000$ N/m³

Coefficiente di Poisson: secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2008, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 6 di 29

3.3 CALCESTRUZZO MICROPALI

R_{ck} - Resistenza cubica a compressione = 25 N/mm²

f_{ck} - Resistenza cilindrica a compressione = 20 N/mm²

f_{cm} - Resistenza cilindrica media a compressione = $f_{ck} + 8 = 28$ N/mm²

α_{cc} ($t > 28$ gg) - Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli = 0.85

γ_c - Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo. Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10% = 1.50

$f_{cd} = (\alpha_{cc} \cdot f_{ck}) / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a compressione = 15.9 N/mm²

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$ [per classi \leq C50/60] - Resistenza cilindrica media a trazione = 2.2 N/mm²

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 1.5 N/mm²

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ - Resistenza di calcolo a trazione = 1 N/mm²

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ - Resistenza media a trazione per flessione = 2.6 N/mm²

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm}$ - Resistenza cilindrica caratteristica a trazione = 1.8 N/mm²

$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ - Modulo elastico = 29962 N/mm²

Peso proprio $\gamma_c = 25000$ N/m³

$c_{min} = 40$ mm, copriferro minimo

Coefficiente di Poisson: secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2008, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

3.4 ACCIAIO DA C.A.

f_{tk} - Resistenza caratteristica di rottura = 540 N/mm²

f_{yk} - Resistenza caratteristica a snervamento = 450 N/mm²

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$ N/mm² - Resistenza di calcolo

dove:

γ_s - Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio = 1.15

E_s - Modulo elastico = 210000 N/mm²

		Barriera	Cordolo di fondazione	Micropali
f_{bk}	(N/mm ²)	4.95	4.50	3.38
f_{bd}	(N/mm ²)	3.30	3.00	2.25

$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$ - Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza

$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$ - Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo

η - Per barre di diametro $\Phi \leq 32$ mm = 1.0

γ_c - Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo = 1.50

3.5 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

ACCIAIO S235JR

UNI EN 10025/05

per profili e lamiere non saldate

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 8 di 29

4 ANALISI DEI CARICHI

I carichi agenti sulla struttura sono stati riportati sul montante considerando un interasse di progetto di 3000 mm.

4.1 AZIONI PERMANENTI

Le azioni permanenti sono di seguito descritte.

Barriera tipo H2 con altezza complessiva 4.00 m:

- peso proprio struttura portante carpenteria + base in cls = 20.00 kN/m
- peso pannello inox = 0.40 kN/m²

4.2 VENTO

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione del vento valutata per il sito in esame.

Ai sensi del NTC 08, la pressione del vento è pari a:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_b – Pressione cinetica di riferimento
- c_e – Coefficiente di esposizione
- c_p – Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- c_d – Coefficiente dinamico

Pressione cinetica di riferimento:

La pressione cinetica di riferimento q_b in (N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

- v_b - Velocità di riferimento del vento
- ρ - Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25kg/m³

Nel caso in esame si assume un periodo di ritorno T_R pari a 50 anni per cui si ottiene un coefficiente $\alpha_R \approx 1.00$.

Pertanto la velocità di riferimento $v_b(T_R)$ sarà pari a:

$$v_b(T_R) = \alpha_R \cdot v_b$$

dove:

- v_b – Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni
- α_R – Coefficiente fornito dalla seguente espressione in funzione di T_R espresso in anni

$$\alpha_R = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A FOGLIO 9 di 29

L'area oggetto di studio ricade in zona 3 e pertanto si ottiene:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Figura 4-1: valore dei parametri $v_{b,0}$ – a_0 - k_a

- $v_{b,0} = 27$ m/s
- $a_0 = 500$ m
- $k_a = 0.020$ 1/s

Considerando un'altitudine sul livello del mare $a_s \approx 160$ m s.l.m. < a_0 , si ottiene che $v_b = v_{b,0}$:

$$q_b = 1.25/2 * 27^2 = 456 \text{ N/m}^2$$

Coefficiente di esposizione

Per il sito in esame si considera la classe di rugosità del terreno D (tab. 3.3.III):

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Figura 4-2: classi di rugosità del terreno

In zona 3, con classe di rugosità D ed oltre i 30 km dalla costa si ottiene pertanto la classe di esposizione del sito II per la quale valgono i seguenti parametri:

- $k_r = 0.19$
- $z_0 = 0.05$ m

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 10 di 29

- $z_{min}=4.0\text{ m}$

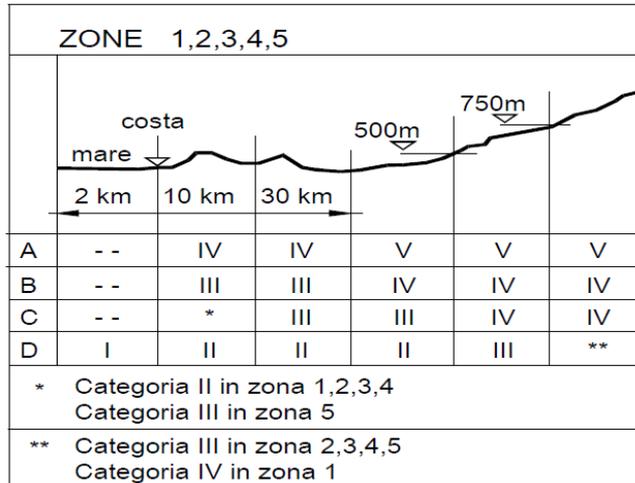


Figura 4-3: definizione delle categorie di esposizione

Per il calcolo dell'azione del vento sulla struttura si considera come altezza di riferimento z l'altezza della barriera sopra il piano di campagna. Per quanto riguarda la tipologia in oggetto, essa raggiunge un'altezza sul piano campagna di 3.00m, e nel caso peggiore si ipotizza un dislivello al di sotto della barriera di 1.00m. Si ottiene quindi: $z = 4.00\text{ m}$

Per $z = 4.00\text{ m}$, e considerando un'altezza del rilevato $H=6.70\text{m}$ e una distanza orizzontale tra il piede e la sommità del rilevato $D=12.00\text{ m}$, si ottiene un coefficiente topografico $c_t=1.50$ e quindi un coefficiente di esposizione $c_e=3.22$.

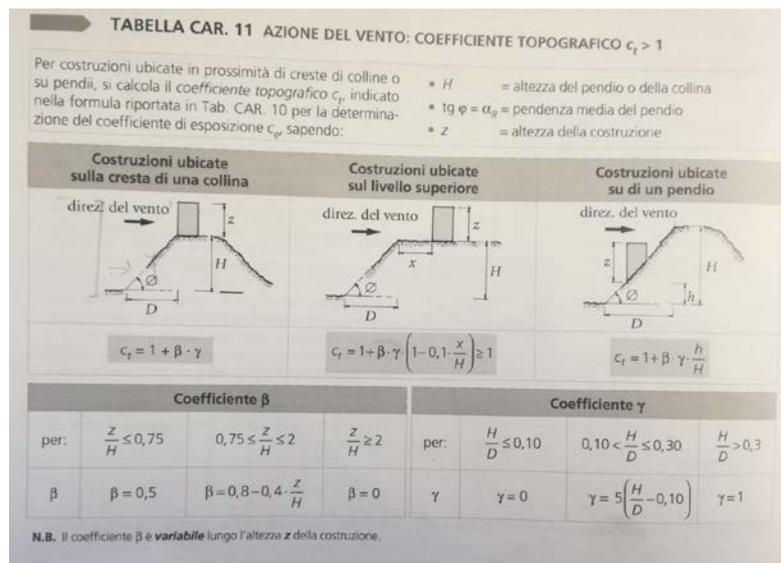


Figura 4-4: definizione del coefficiente topografico

Coefficiente di forma (o aerodinamico):

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato al § 7.4 dell'EC1.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 11 di 29

Si è assunto di ricadere nella zona D della seguente figura:

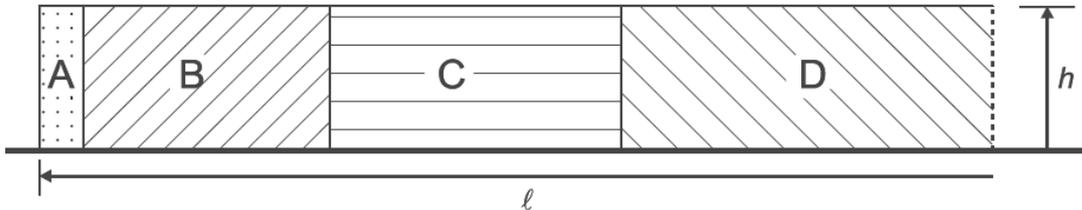


Figura 4-5: zone relative alle pareti isolate

Solidity	Zone		A	B	C	D
$\varphi = 1$	Without return corners	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	with return corners of length $\geq h^a$		2,1	1,8	1,4	1,2
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2

^a Linear interpolation may be used for return corner lengths between 0,0 and h

Tabella 4.1: valori raccomandati per il coefficiente di forma

Seguendo la precedente tabella si determina un coefficiente di forma $c_p = 1.2$

Coefficiente dinamico

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.

La pressione del vento agente sulla barriera sarà quindi pari a:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 0.456 \cdot 3.22 \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 1.76 \frac{kN}{m^2}$$

4.3 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

Si considerano inoltre gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari secondo quanto contenuto nel D.M.2008 paragrafo 5.2.2.7. Si fa riferimento al caso di superfici verticali parallele al binario.

Si assume come distanza a_g dall’asse del binario più vicino:

- $a_g = 3.90$ metri

Dal seguente grafico è possibile ricavare, in funzione della distanza a_g , la pressione aerodinamica esercitata dal passaggio del treno sulla barriera:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	12 di 29

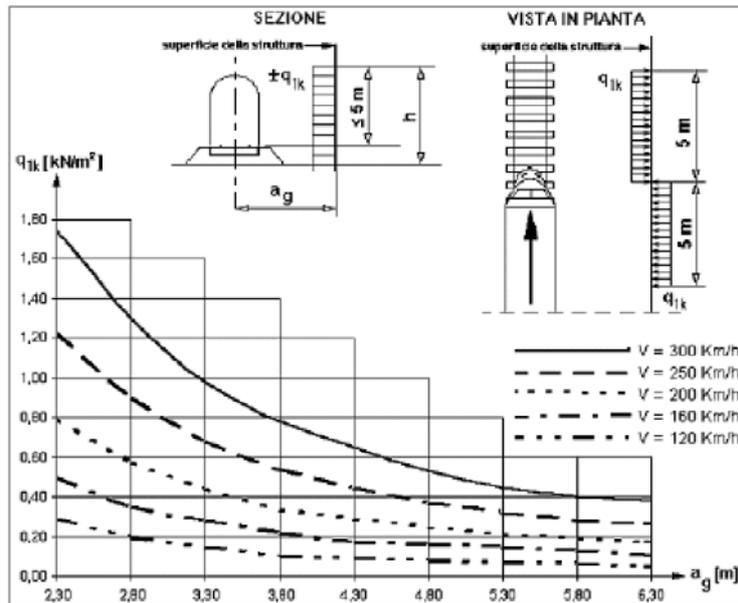


Figura 4-6: Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

La massima velocità v della linea è 200 km/h.

Pertanto il valore caratteristico della pressione dovuta al passaggio del treno risulta:

- $q_{1k} = 0.36 \times 0.6 = 0.216$ [kN/m²]

dove 0.60 è un fattore riduttivo per treni aerodinamici.

Tale azione deve essere cumulata con l'azione del vento in direzione perpendicolare all'asse del binario, tenendo conto che il D.M.2008 al paragrafo 5.2.3.3.2 afferma che in ogni caso l'azione risultante dalla somma dell'azione del vento con le azioni aerodinamiche deve essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque di 1,50 kN/m² sia nelle verifiche agli SLE (combinazione caratteristica), che nella verifica agli SLU con $\gamma_Q=1,00$ e $\gamma_{Qi}=1,00$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 13 di 29

as	163	[m. s.l.m.]
zona	III	
vb,0	27	[m/s]
a0	500	[m/s]
ka	0.02	[1/s]
TR	50	anni
α_R	1.00	
vb(TR)	27.02	[m/s]
ρ	1.25	[kg/m ³]
qb	456	[N/m ²]
z	4.00	[m]
H	6.70	[m]
D	12.00	[m]
H/D	0.5583	
z/h	0.5970	
β	0.5000	
γ	1.0000	
Classe di rugosità del terreno	D	
Distanza dalla costa	60	[km]
Cat. esposizione del sito	II	
kr	0.19	
z0	0.05	[m]
zmin	4.00	[m]
ce(z)	3.22	
ct	1.50	
§7.4 EC1 - ZONA	D	
L	78.00	[m]
h	4.00	[m]
L/h	20	
cp	1.20	zona D
cd	1.00	
p=qb·ce·cp·cd	1.76	[kN/m²]
ag	3.90	[m]
q1k	0.36	[kN/m ²]
k1,sagoma arrotondata	0.85	
k1,treni aerodinamici	0.60	
qa=q1k·k1	0.216	[kN/m²]
Vento_cumulato	1.98	[kN/m²]

Tabella 4.2: Parametri calcolo azione vento “+” pressione aerodinamica

La somma della pressione aerodinamica (0.22kN/m²) più la pressione del vento (1.76 kN/m²) è uguale a 1.98 kN/m² maggiore quindi del valore minimo 1.50 kN/m². Tuttavia, in accordo a quanto fatto nel progetto definitivo, si considera una linea ferroviaria con velocità di percorrenza fino a 300 km/h e quindi il valore minimo della combinazione “vento + pressione aerodinamica” vale **2.50 kN/m²**. Tale valore sarà applicato al modello di calcolo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 14 di 29

5 ANALISI DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO

Per la definizione dei criteri di combinazione delle azioni per il dimensionamento strutturale delle barriere antirumore, si adottano le prescrizioni RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – 30-12-2016 §1.5.4.3:

Combinazioni S.L.U.

Si adotta la combinazione fondamentale:

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

dove:

- G_1 : valore caratteristico delle azioni da peso proprio;
- G_2 : valore caratteristico delle azioni da carichi permanenti portati;
- Q_{k1} : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki} : valore caratteristico delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- P : valore caratteristico delle deformazioni impresse;
- γ_{G1} , γ_Q , γ_P : coefficienti parziali per le azioni, con:

$$\gamma_{G1} = 1.35 \text{ (peso permanente strutturale)}$$

$$\gamma_{G2} = 1.5 \text{ (peso permanente non strutturale)}$$

$$\gamma_{Qi} = 1.5$$

$$\psi_{02,03,\dots} = 1 \text{ con il vento e con la pressione aerodinamica}$$

Per il dimensionamento geotecnico (GEO) si adotterà l'Approccio 2 di cui al alle D.M. Infrastrutture N.T. Costruzioni 14-1-2008 §6.4.3.1, sia per le azioni verticali che orizzontali. Per la tipologia d'opera geotecnica considerata, non si prevedono specifiche verifiche EQU.

Combinazioni S.L.E.

Per le verifiche SLE viene considerata la combinazione caratteristica (rara):

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

$$\psi_{02} = 1 \text{ con il vento e con la pressione aerodinamica.}$$

In ogni caso, il valore della combinazione "vento +effetto aerodinamico"(ptot) sarà assunto pari a:

- $p_{\text{vento}} + p_{\text{aerod}} = p_{\text{tot}} \geq 1.5 \text{ kN/m}^2$ per linee percorse a velocità $V \leq 200 \text{ Km/h}$;
- $p_{\text{vento}} + p_{\text{aerod}} = p_{\text{tot}} \geq 2.5 \text{ kN/m}^2$ per linee percorse a velocità $V > 200 \text{ Km/h}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 15 di 29

Per completezza d'informazione si riportano le tabelle generali di cui alle N.T. Costruzioni 14/1/2008, relative ai coefficienti parziali sulle azioni e di combinazione.

		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

Figura 5-1 – coefficienti parziali di sicurezza

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	g_{r1}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_{r2}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	g_{r3}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_{r4}	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

Figura 5-2 – coefficienti di combinazione

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 16 di 29

6 DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEL MICROPALO

6.1 PORTANZA VERTICALE

Il progetto del micropalo è eseguito con l'approccio degli Autori Bustamante e Doix (*“Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés”* - 1985). Il tipo di iniezione previsto è ad Iniezione Unica Globale I.G.U. .

I micropali sono così costituiti:

- diametro di perforazione 250 mm
- diametro esterno tubolare 168.3 mm
- spessore tubolare 6.3 mm
- lunghezza di perforazione 8.00 m
- 2 valvole di iniezione/metro

(Nota: i primi 2m di micropalo sono considerati non competenti alla resistenza laterale assiale).

Il sottostante abaco (Bustamante e Doix) indirizza la scelta del valore di tensione tangenziale limite in funzione dello stato di addensamento del terreno:

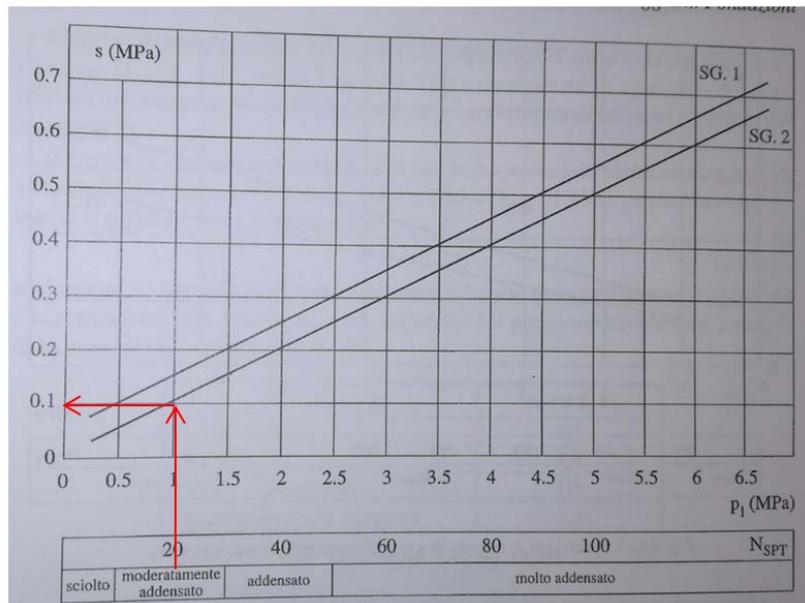


Figura 6-1 – abaco per il calcolo della tensione tangenziale per sabbie e ghiaie

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata c/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Figura 6-2 – indicazioni per la scelta del valore della tensione tangenziale

Le barriere in esame saranno installate su un tratto in rilevato. In via cautelativa si considera una tensione tangenziale pari $\tau=100\text{kPa}$.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A FOGLIO 17 di 29

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 V _s
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 V _s
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 V _s
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _s
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _s
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _s
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)V _s ; IGU: 1,5 V _s
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2V _s ; IGU: 1,5V _s
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)V _s ; IGU: (1,5-2)V _s
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)V _s per strati compatti
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)V _s o più per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1-1,5)V _s per strati poco fratturati 2V _s o più per strati fratturati

Figura 6-3 – valori del coefficiente maggiorativo α .

Cautelativamente si considera un fattore $\alpha=1.1$.

L'esito dell'analisi di capacità portante assiale è il seguente:

$$R_{d,c} = \frac{\pi \cdot (D \cdot \alpha) \cdot H \cdot \tau}{\gamma_s \cdot \xi} - (Peso_{palo} - Peso_{terreno}) = 263 [kN]$$

$$R_{d,t} = \frac{\pi \cdot (D \cdot \alpha) \cdot H \cdot \tau}{\gamma_s \cdot \xi} + (Peso_{palo} - Peso_{terreno}) = 246 [kN]$$

Nel calcolo della capacità portante verticale è stata considerata un'efficienza unitaria.

drilling diameter	0.25	m
Length pile	8.00	m

	stratigrafia	tensione tangenziale	alfa IGU	D _r =D _r * α	tensione tangenziale sul palo	resistenza laterale [kN]	peso specifico terreno	peso palo	peso terreno
Layer	H-Thickness (m)	τ (Kpa)	α	Diameter reso (m)	$\tau \times H$	$\tau \times H \times$ Circumference	γ (kN/m ³)	Weight pile (kN)	Weight soil (kN)
rilevato ferroviario	6.00	100.00	1.10	0.28	600.00	518.10	20.00	8.90	7.12
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
somma	6.00				600.00	518.10		8.90	7.12

Q lateral	518.10	[kN]
Q base	0.00	[kN]
Weight pile	8.90	[kN]
Weight soil	7.12	[kN]
Delta weight	1.78	[kN]

R3	shaft compression	1.15
R3	shaft in tension	1.25
R3	base	1.35

ξ 1.7

Q compression	263	[kN]
Q in tension	246	[kN]

Tabella 6.1: capacità portante verticale del micropalo

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	18 di 29

Lo sforzo assile di calcolo N_{Ed} in testa al micropalo è somma dei seguenti contributi:

- Peso proprio della barriera;
- Peso proprio del cordolo di collegamento dei micropali;
- Sforzo assiale generato dall'azione di push-pull dovuto alla pressione del vento sulla barriera.

Peso proprio della barriera

L'interasse tra i montanti della barriera è pari a 3.00 metri. In corrispondenza di ogni montante sono disposti 4 micropali per cui la lunghezza di cordolo afferente a 4 micropali risulta essere 3.00 metri.

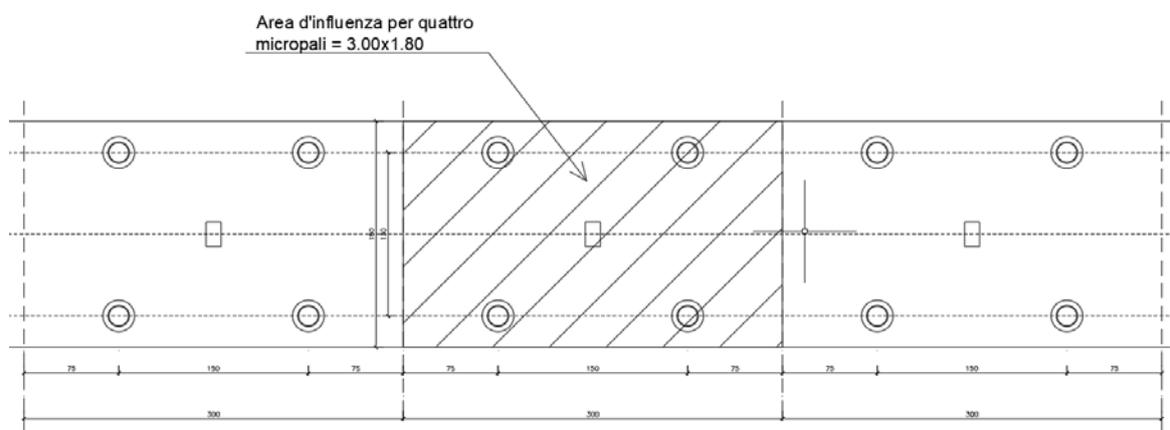


Figura 6-4 – area d'influenza di quattro micropali

Lo sforzo assiale in testa al singolo micropalo per effetto del peso della barriera vale quindi:

$$N_{Ed,1} = \frac{((20 + 0.40) \cdot 3.00)}{4} = \frac{61.2}{4} = 15.30 \text{ kN}$$

Dove:

- 20 kN/m è il peso proprio struttura portante (carpenteria + base in cls) della barriera;
- 0.40 kN/m è il peso del pannello inox;
- 3.00 m è l'interasse tra i montanti della barriera;
- 4 è il numero dei micropali.

Peso proprio del cordolo

La sezione trasversale del cordolo ha dimensioni:

- Larghezza 1.80 m;
- Altezza 0.80m.

Il peso proprio del cordolo, per una lunghezza di 3.00 metri vale quindi:

$$25 \cdot 1.80 \cdot 0.80 \cdot 3.00 = 108 \text{ kN}$$

Lo sforzo assiale in testa al palo vale quindi:

$$N_{Ed,2} = \frac{108}{4} = 27 \text{ kN}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 19 di 29
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni						

Azione del vento

Per effetto della pressione esercitata dal vento e dal passaggio dei convogli, alla base del singolo montante si hanno sollecitazioni di momento flettente e taglio pari a:

- $V_{Ed} = (2.50 \text{ kN/m}^2 \times 3.00 \text{ m}) \times 4 \text{ m} = 30 \text{ kN}$
- $M_{Ed} = (2.50 \text{ kN/m}^2 \times 3.00 \text{ m}) \times 4^2 / 2 \text{ m} = 60 \text{ kNm}$

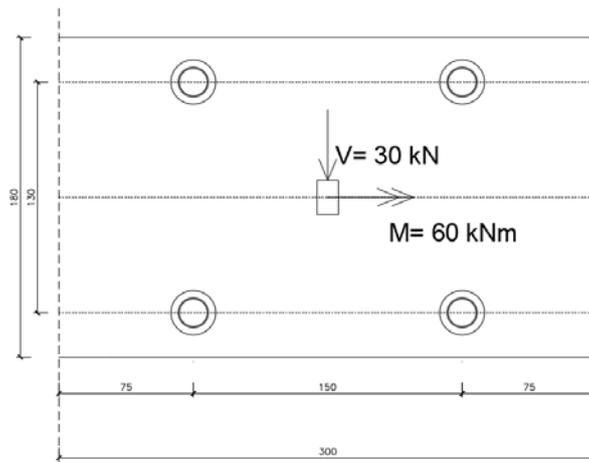
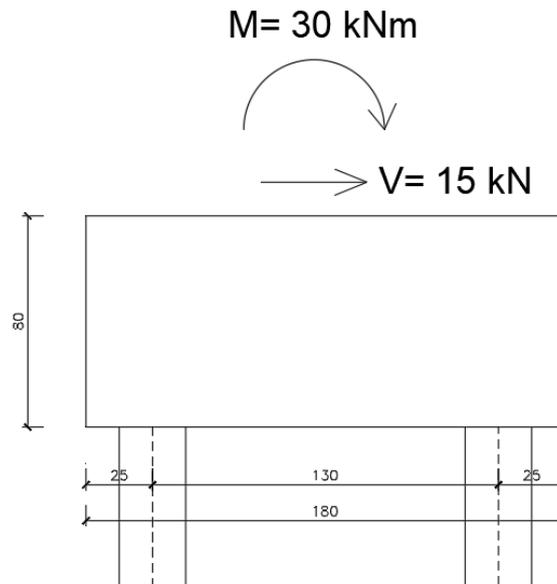


Figura 6-5 – azioni alla base del montante

Tali azioni agiscono su 4 micropali per cui, sulla singola coppia di micropali si ha:



Lo sforzo assiale in testa al singolo micropalo vale quindi:

$$N_{Ed,3} = \frac{30 + 15 \cdot 0.80}{1.30} = 32 \text{ kN}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	20 di 29

Allo stato limite ultimo SLU, lo sforzo assiale in testa al palo vale quindi:

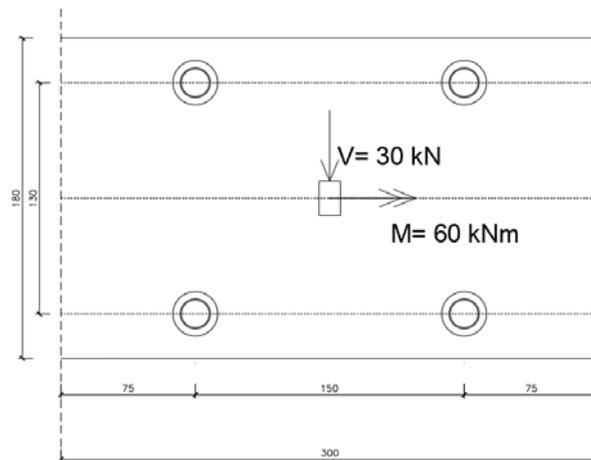
$$N_{Ed,SLU} = 1.35 \cdot 27 + 1.50 \cdot 15.30 + 1.50 \cdot 32 = 107 \text{ kN}$$

La resistenza ottenuta in compressione (263 kN) risulta quindi essere maggiore della massima azione di carico in compressione (107 kN) e pertanto la verifica a capacità portante verticale risulta soddisfatta.

6.2 PORTANZA ORIZZONTALE

L'azione orizzontale in testa al singolo micropalo è calcolata a partire dalla reazione di taglio alla base del singolo montante generata dalla pressine del vento e dalla pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei convogli che vale:

- $V=30 \text{ kN}$



Allo stato limite ultimo SLU, in testa al singolo micropalo si ha:

$$H_{Ed,SLU} = \frac{1.50 \cdot 30}{4} = 11.25 \text{ kN}$$

La resistenza a carico orizzontale è valutata con l'approccio di Broms. In tal senso, la reazione disponibile (25 kN) è superiore alla massima sollecitazione a taglio allo SLU (11.25 kN):

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 21 di 29

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

OPERA:

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

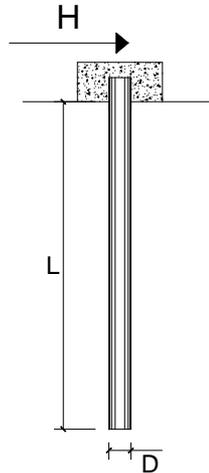
My = momento di plasticizzazione della sezione

Fs = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

kp = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)



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

DATI DI IMPUT:

L =	8.00	(m)
D =	0.25	(m)
My =	43.00	(kN m)
Fs =	2.21	(-)
φ' =	20.00	(°)
kp =	2.04	(-)
γ =	20.00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	979.01	(kN)	H1/FS =	442.99	(kN)
------	--------	------	---------	--------	------

Palo intermedio:

H2 =	331.71	(kN)	H2/FS =	150.10	(kN)
------	--------	------	---------	--------	------

Palo lungo:

H3 =	63.40	(kN)	H3/FS =	28.69	(kN)
------	-------	------	---------	-------	------

Considerando un coefficiente di efficienza $\eta=0.89$ la resistenza a carico orizzontale vale:

$$28.69 \times 0.89 = 25 \text{ kN} > 11.25 \text{ kN}$$

Pertanto la verifica per carichi orizzontali risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 22 di 29

7 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE SUI MICROPALI

7.1 SOLLECITAZIONI

Lo studio del comportamento del palo viene condotto schematizzando il terreno come un mezzo alla Winkler. Per valutare il coefficiente di reazione orizzontale del terreno, si fa riferimento alla teoria di Reese e Matlock che per terreni incoerenti assume un valore di k_h linearmente crescente con la profondità secondo l'espressione:

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

dove:

- z è la profondità considerata, variabile da 0.00 a 8.00 metri (lunghezza del micropalo);
- d è il diametro del micropalo (25cm).

Per valutare n_h si fa riferimento al seguente intervallo di valori:

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
Campo dei valori di A	100 + 300	300 + 1.000	1.000 + 3.000
Valore consigliato di A	200	600	1.500
n_h [N/cm ³], sabbie non immerse	2,5	7,5	20
n_h [N/cm ³], sabbie immerse	1,5	5	12

Valori orientativi di n_h e di A (eq. 14.25) per terreni incoerenti

Tabella 7.1: Valori orientativi di n_h

Nel caso in esame si assume n_h pari a 7.5 N/cm³.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	23 di 29

E' quindi possibile ricavare le sollecitazioni allo stato limite ultimo nel micropalo utilizzate per eseguire le verifiche:

$$N_{Ed,SLU} = 107 \text{ kN}$$

$$H_{Ed,SLU} = 11.25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,SLU} = 10.55 \text{ kNm}$$

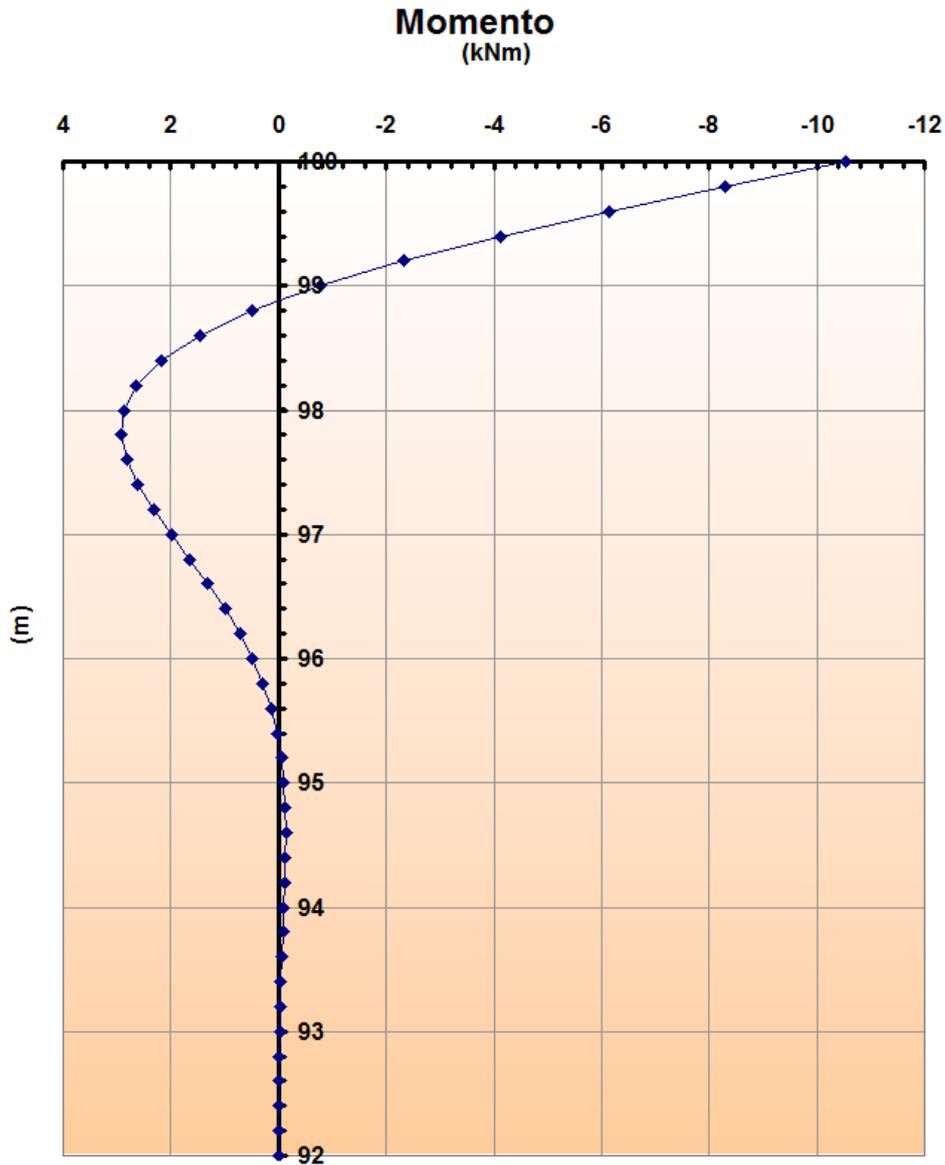


Figura 7-1 – momento flettente sul palo allo SLU

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">IM0006 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">25 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	25 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	IM0006 001	A	25 di 29								

Verifica della sezione adottata:

Caratteristiche geometriche CHS

Unità di misura: **cm / MPa**

d	16.83
t	0.63
f _s	430
f _y	275
ε	0.92
Classe	Classe 1
A _s tot	32.063
Y _{g,b,da} inf	8.42
J _g	1053.42
i	5.73
J _{tors}	2106.84
W _{el}	125.18
W _{pl}	165.42

Coefficienti parziali di sicurezza

γ _{M0}	1.05	1
γ _{M1}	1.05	1
γ _{M2}	1.2	1.25
γ _{M3}	1.25	1.25
γ _{M4}	1	1
γ _{M5}	1.1	1

EC3 coeff.

Sollecitazioni kN,m

V _{z,Sd}	M _{z,Sd}	V _{y,Sd}	M _{y,Sd}	N _{Sd}	negativo di compressione
11.25	0.00	0.00	10.55	-107.00	

SOLO PER CLASSI 1 & 2

M _{y,Ed}	10.55	kNm
N _{Ed}	107.00	kN
V _{z,Ed}	11.25	kN

taglio sollecitante parallelo all'anima

M _{pl,y,Rd}	43.32	kNm
M _{v,y,Rd}	43.32	kNm
N _{pl,Rd}	839.75	kN
M _{N,y,Rd}	43.32	kNm

momento resistente plastico di progetto
momento resistente di progetto ridotto per il taglio
resistenza plastica di progetto
momento resistente plastico di progetto ridotto

Sezione Verificata

TAGLIO

V _{z,Ed}	11.25	kN	taglio sollecitante parallelo all'anima
-------------------	-------	----	---

A _v	20.41	cm ²	area resistente a taglio
----------------	-------	-----------------	--------------------------

V _{pl,z,Rd}	308.65	kN	resistenza a taglio plastica di progetto
----------------------	--------	----	--

Sezione Verificata

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 26 di 29

8 DIMENSIONAMENTO ARMATURA CORDOLO

8.1 ARMATURA IN DIREZIONE TRASVERSALE

Il calcolo dell'armatura del plinto è condotto ipotizzando un modello a traliccio spaziale con tiranti disposti secondo le congiungenti più corte tra i pali e puntoni tra le teste dei pali e la base del montante della barriera.

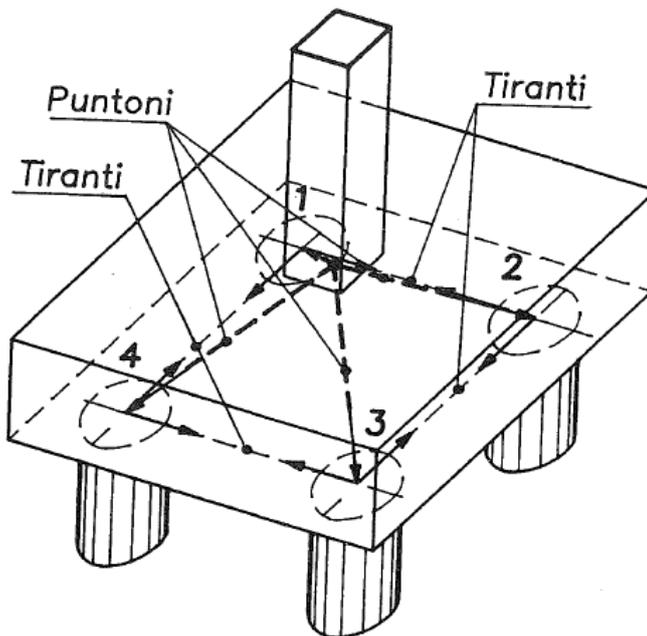


Figura 8-1 – modello a traliccio

La determinazione dello sforzo nei tiranti si effettua calcolando la forza F agente nei piani verticali contenenti i puntoni (cioè nella direzione dei tiranti del traliccio secondario) e scomponendola nelle direzioni delle congiungenti i pali (1-2, 2-3, 3-4, 4-1):

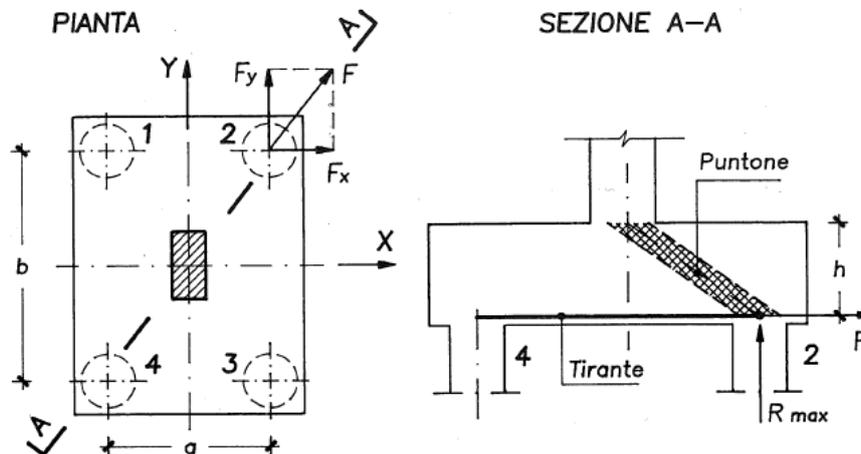


Figura 8-2 – Determinazione dello sforzo nel tirante

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 27 di 29

Si ha pertanto, nel caso di plinti aventi i pali disposti sui vertici di un rettangolo di lati a, b:

$$F = R_{max} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}/2}{h}$$

Scomponendo quindi la forza F nelle direzioni x e y si ottiene:

$$F_x = \frac{a \cdot R_{max}}{2 \cdot h} = \frac{1.30 \cdot 10^7}{2 \cdot 0.67} = 105000 \text{ N}$$

$$F_y = \frac{b \cdot R_{max}}{2 \cdot h} = \frac{1.50 \cdot 10^7}{2 \cdot 0.67} = 120000 \text{ N}$$

Dove:

- a, b sono gli interassi tra i pali
- h è la distanza tra il baricentro del tirante e il lembo compresso
- R_{max} è la reazione massima nel palo

Il quantitativo di armatura da disporre nei due tiranti risulta:

$$A_x = \frac{F_x}{f_{yd}} = \frac{105000}{391} = 270 \text{ mm}^2$$

$$A_y = \frac{F_y}{f_{yd}} = \frac{120000}{391} = 310 \text{ mm}^2$$

Si dispongono pertanto, in direzione x e y, $\phi 12/200$.

8.2 ARMATURA BICCHIERE

Larmatura nel bicchiere è calcolata in accordo al punto 10.9.6.3 – EC2. Si utilizzano inoltre indicazioni fornite dalla CNR 10025/98.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO BA04b - Relazione di calcolo fondazioni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IM0006 001	REV. A	FOGLIO 29 di 29

9 SINTESI ARMATURE

9.1 INDICIDENZA

Armatura in direzione trasversale

Staffe $\Phi 12/200\text{mm}$

Armatura in direzione longitudinale

Superiore: $\Phi 12/200\text{mm}$;

Inferiore: $\Phi 12/200\text{mm}$;

Armatura laterale

3+3 $\Phi 12$

Spilli

Verticali: $\Phi 12/400 \times 400$;

Orizzontale: $\Phi 12/400\text{mm}$

Armatura pareti laterali bicchiere

Orizzontale interna ed esterna: $\Phi 12/100\text{mm}$ parte superiore;

Orizzontale interna ed esterna: $\Phi 12/200\text{mm}$ parte inferiore;

Verticale: $\Phi 12/200\text{mm}$;

Armatura pilastro parete

Verticale: $\Phi 16/200\text{mm}$

Incidenza:

INCIDENZA CORDOLO	
70	kg/m³