

**E 78 GROSSETO - FANO  
TRATTO SELCI - LAMA (E 45) - S.STEFANO DI GAIFA  
Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest -  
Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**AN 245**

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Cremonesi</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Frosinone n. A1762</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>(Mandante)</p> <p><b>coopprogetti</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>engeko</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>AIM</b> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p>Sezione A N. A2657</p> <p>ORDINE INGEGNERI PROVINCIA DI PERUGIA</p> <p><b>MORENO PANFILI</b></p> <p>SETTORE CIVILE E AMBIENTALE SETTORE INDUSTRIALE SETTORE DELL'INFORMAZIONE</p>	<p><b>GIORGIO GUIDUCCI</b> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**OPERE D'ARTE MINORI  
Barriere acustiche**

Relazione geotecnica sulla fondazione della barriera antirumore

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
PROGETTO	LIV.PROG	ANNO	T00OM02STRRE01A				
<b>D</b>	<b>D</b>	<b>22</b>	<b>T00OM02STRRE01</b>			<b>A</b>	-
D							
C							
B							
A	Emissione a seguito istruttoria U.0030221 del 16.01.2023		Febbraio '23	Cecchetti	Panfili	Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
3.1.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE .....	2
<b>4.</b>	<b><u>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>5.</b>	<b><u>ANALISI DEI CARICHI.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
5.1.	PESI PERMANENTI.....	4
5.2.	PRESSIONE DEL VENTO .....	4
5.3.	AZIONE SISMICA.....	6
<b>6.</b>	<b><u>PARAMETRI GEOTECNICI CONSIDERATI .....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>VERIFICHE.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
7.1.	AZIONI DI CALCOLO .....	7
7.2.	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	8
7.2.1.	<i>Carico limite verticale .....</i>	<i>8</i>
7.2.2.	<i>Carico limite orizzontale .....</i>	<i>10</i>
7.3.	VERIFICHE STRUTTURALI .....	11
7.3.1.	<i>Verifiche SLU del micropalo .....</i>	<i>13</i>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione di calcolo ha per oggetto la verifica e il dimensionamento del sistema di fondazione a sostegno delle barriere fonoassorbenti, nell'ambito del progetto definitivo dell'intervento di adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello Ovest – Mercatello Est, Lotto 4°, della S.G.C. E78 Grosseto-Fano, Tratto Selci Lama (E/45) – S. Stefano di Gaifa". Verranno installate quattro barriere di lunghezza pari, rispettivamente, a 99m per il tratto dalla progressiva 1-8+175.000 alla progressiva 13-0+300.00, lunghezza 178,60m dalla progressiva 43-1+144,000 alla progressiva 51-1+320,512, lunghezza 291,65m dalla progressiva 98-3+500,000 alla progressiva 110-3+800,000 e lunghezza 35,80m svincolo 1 rotatoria E ramo EST.

## **2. DESCRIZIONE DELLE OPERE**

La barriera fonoassorbente, ha altezza di 4 m più 1 m di aggetto; i montanti utilizzati sono HE 280 A con interasse pari a 4m metri per la zona centrale ed interasse 2,5m per le zone di bordo.

Per tale barriera si prevede la realizzazione di una fondazione costituita da un cordolo continuo di dimensioni 1x1 m in testa a micropali di diametro 450 mm, armati con un tubolare in acciaio 298,5x16 mm, posti in corrispondenza di ciascun montante.

## **3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

### **3.1. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE**

[1] D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni

[2] Circolare 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM17/01/2018;

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### **Calcestruzzo C25/30**

- Diametro massimo dell'aggregato: 20mm.

I coefficienti di sicurezza per la determinazione delle resistenze di calcolo del calcestruzzo sono indicati nel § 4.1.2.1.1 del D.M. 17.01.2018 e sono i seguenti:

- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale:  $\gamma_c = 1.5$ .
- Coefficiente riduttivo per i carichi a lunga durata:  $\alpha_{cc} = 0.85$ .

##### **Barre di armatura**

Acciaio B450 C per tutti gli elementi in c.a. saldabile qualificato secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. del 17.01.2018 e controllato con le modalità riportate al § 11.3.2.11 del D.M. del 17.01.2018.

- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{y,nom} = 450\text{MPa}$ .
- Tensione caratteristica di rottura:  $f_{t,nom} = 540\text{MPa}$ .
- Coefficiente di sicurezza del materiale:  $\gamma_s = 1.15$ .

##### **Carpenteria metallica**

Acciaio per carpenteria metallica S355 certificato e conforme alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025, UNI EN 10210 e UNI EN 10219-1.

- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 355\text{MPa}$ .
- Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 510\text{MPa}$ .

##### **Bulloni, ancoranti e saldature.**

Bulloni in acciaio ad alta resistenza classe 8.8. tensione caratteristica di snervamento  $f_{yb} = 640\text{MPa}$  e tensione caratteristica di rottura  $f_{ub} = 800\text{MPa}$ .

Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto e i controlli idonei e necessari per la realizzazione di unioni saldate a piena penetrazione, a parziale penetrazione ed unioni realizzate con cordoni d'angolo si fa riferimento al § 11.3.4.5 del D.M. del 17.01.2018.

- Coefficiente parziale di sicurezza per i bulloni:  $\gamma_{Mb} = 1.25$ .
- Coefficiente parziale di sicurezza per le saldature:  $\gamma_{Mw} = 1.25$ .

## 5. ANALISI DEI CARICHI

Le barriere antirumore, oggetto della presente relazione, sono soggette alle seguenti azioni:

- Peso proprio dei montanti (G1);
- Peso proprio dei pannelli (G2);
- Azione del vento dalla strada o verso strada (Q1);
- Azione sismica (Ed);

Le azioni vengono di seguito esplicitate.

### 5.1. PESI PERMANENTI

Il peso specifico del conglomerato cementizio che costituisce il cordolo di fondazione è di 25 kN/m<sup>3</sup>. Il peso a metro lineare della barriera, comprensivo del peso dei montanti e dei pannelli fonoassorbenti, è di 4,10 kN/m nella zona centrale e di 4,91 kN/m per la zona di bordo.

### 5.2. PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento viene calcolata in maniera conforme a quanto contenuto nel paragrafo 3.3 delle NTC2018, con la seguente formula:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

Dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione;
- $c_p$  è il coefficiente di pressione, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;
- $c_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

I coefficienti di forma  $c_p$ , in accordo a quanto riportato nei riferimenti tecnici delle NTC e nella circolare esplicativa, vengono determinati in base alle indicazioni riportate nel capitolo G.5 (dal titolo "Coefficienti aerodinamici globali") delle CNR-DT 207/2008 ("Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti per del vento sulle costruzioni") e nell'Euro codice EN 1991-1-4.

Le due norme, per muri e parapetti piani (assimilabili a barriere fonoassorbenti), indicano coefficienti di forma  $c_p$  differenti in base alla zona considerata della barriera in funzione della distanza dal bordo libero della barriera.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel seguito si riporta il calcolo dell'azione del vento per i due diversi coefficienti di forma.

**Dati di ingresso per il calcolo dell'azione del vento**

Zona	3,00	DM.14-01-2008
$a_s$	273,00	quota sito [m.s.l.m.]
$v_{b0}$	27,00	[m/s] valore base della velocità fondamentale del vento § 3.3.2 (pag.24)
$a_0$	500,00	[m] (cfr. tab. 3.3.I parametri nazionali)
$k_a$	0,02	[1/s] (cfr. tab. 3.3.II parametri nazionali)
$v_{b0}$	27,00	§ 3.3.2 (pag.24)
$T_r$	50,00	[anni] periodo di ritorno
$k_1$	0,14	
$n$	1,00	
$c_r$	1,00	CNR-DT 207/2008 § 3.2.2
$v_b$	27,00	[m/s] velocità di base del vento - § 3.3.2
CAT	II	[-] categoria di esposizione
$z_0$	0,05	[m] DM.14-01-2008 § 3.3.7 tab.3.3.II
$z_{min}$	4,00	[m] DM.14-01-2008 § 3.3.7 tab.3.3.II
$k_f$	0,19	[m] DM.14-01-2008 § 3.3.7 tab.3.3.II
$\rho$	1,25	[kg/m³] densità aria (§ 3.3.6)
$q_b$	455,63	[N/m²] pressione cinetica di riferimento DM.14-01-2008 § 3.3.6 (3.3)
$z$	5,00	[m] - altezza della barriera
$H$	7,00	[m] - altezza della collina o del dislivello
$D$	10,50	[m] - distanza del salto di quota
$\Phi$	0,67	pendenza media del fronte del rilievo esposto al vento
$\beta$	0,50	coefficiente beta §CNR-DT 207/2008 § Appendice D D.3 metofo vertipil.
$\gamma$	1,00	coefficiente gamma §CNR-DT 207/2008 § Appendice D D.3 metofo sempl.
ubicaz.	1,00	Inserire ubicazione: 1-Costruzione ubicata sulla cresta di una collina; 2-Costruzione sul livello superiore di un dislivello; 3-Costruzione su di un pendio
$x$	-	[m] Solo per il caso 2 inserire x, distanza del bordo del livello del rilevato dalla costruzione
$h$	-	[m] Solo per il caso 3 inserire h, altezza della costruzione dal piano
$c_t$	1,50	[-] coeff. Topografia §CNR-DT 207/2008 § Appendice D D.1
$c_e$	3,47	DM.14-01-2008 § 3.3.7 (3.3.5) Coefficiente di forma o aerodinamico
$c_{p \text{ bordo}}$	2,10	[-] coeff. di forma §CNR-DT 207/2008 § Appendice G.5 tabella G.X L/Z >
$c_{p \text{ corrente}}$	1,20	[-] coeff. Di forma §CNR-DT 207/2008 § Appendice G.5 tabella G.X L/Z > 10
$c_d$	1	[-] coefficiente dinamico
$p_{w \text{ bordo}}$	3,32	[kN/m²] pressione del vento
$p_{w \text{ corrente}}$	1,90	[kN/m²] pressione del vento



Figura 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

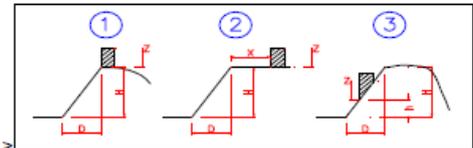
ZONA 1,2,3,4,5					
costa					
mare					
	2 km	10 km	30 km	600m	760m
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	II	II	II	III

ZONA 9	
costa	
mare	
A	-- I
B	-- I
C	-- I
D	I I

ZONA 6					
costa					
mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONA 7,8			
costa			
mare			
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	I

Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione



Nel caso in esame il coefficiente di forma per la zona di bordo risulta essere pari a  $c_{p \text{ bordo}} = 2.10$  mentre nella restante zona di corrente il coefficiente di forma è pari a  $c_{p \text{ corrente}} = 1.20$ .

Ne risulta che l'azione del vento calcolata è pari a  $p_{w \text{ bordo}} = 3.32 \text{ kN/m}^2$  per la zona di bordo, ove l'interasse tra i correnti è pari a 2.5m, e  $p_{w \text{ corrente}} = 1.90 \text{ kN/m}^2$  nella zona di corrente, ove l'interasse tra i montanti è pari a 4m.

### 5.3. AZIONE SISMICA

Data la limitata massa della struttura l'azione sismica risulta sempre inferiore al valore dell'azione del vento caratteristica. Pertanto, nelle combinazioni di calcolo e le successive verifiche non verrà considerata la combinazione sismica perchè non dimensionante.

## 6. PARAMETRI GEOTECNICI CONSIDERATI

Il calcolo geotecnico è necessario per la valutazione della portanza dei micropali del cordolo di fondazione. A tal fine si considerano i parametri caratteristici dei terreni attraversati in corrispondenza della progressiva 0+370.00, che risulta essere la più cautelativa ai fini delle successive verifiche geotecniche. Tale sezione è costituita per i primi 2.5m da depositi alluvionali fini (**ALL-LA**) a cui segue un substrato marnoso arenaceo (**Sub**) che si estende sino in profondità. I parametri caratteristici dei terreni attraversati, riportati nella relazione geotecnica T00GE00GETRE01, sono riportati nel seguito:

Tabella 6-1 Parametri fisici e meccanici delle unità geotecniche in sito.

UG	Descrizione	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$c'_{res*}$ (kPa)	$\varphi'_{res*}$ (°)	$C_u$ (kPa)	$E$ (MPa)
ALL-LA	Depositi alluvionali fini	19÷20	10 ÷ 20	22 ÷ 24	-	-	100÷150	30
Sub	Substrato marnoso arenaceo	23÷24	30 ÷ 50	27 ÷ 30	-	-	300÷400	2,5 *10 <sup>4</sup> ÷ 3,5*10 <sup>4</sup>

\* parametri derivati da prove di taglio diretto in condizioni residue

Per il calcolo della portanza dei micropali, iniettati a gravità, si fa riferimento al metodo di Bustamante e Doix (1985). In tale ambito si assume:

- Formazione della guaina del micropalo a gravità.
- Si considera un valore di resistenza tangenziale pari a  $s=0.12$  per lo strato **ALL-LA** e  $s=0.20$  per lo strato **Sub**. Tali parametri sono ottenuti da correlazioni riportate in letteratura tecnica, sotto forma di abachi ai quali è possibile accedere grazie al numero di colpi di prove SPT. La resistenza tangenziale  $s$  all'interfaccia fra tratto iniettato e terreno dipende sia dalla natura e dalle caratteristiche del terreno, sia dalla tecnologia di realizzazione dei micropali.
- La portata alla punta del palo viene cautelativamente trascurata.
- Il coefficiente di sbulbatura "alfa", di cui al metodo proposto dai citati Autori, usualmente maggiore di 1 anche per guaine formate a gravità, si assume pari a 1,1.

## 7. VERIFICHE

### 7.1. AZIONI DI CALCOLO

In questo capitolo si riportano le verifiche per la tipologia costruttiva descritta precedentemente. Per la verifica dell'opera si considera agente l'azione del vento ortogonale al pannello e quella del peso proprio. Le azioni risultanti alla base del pannello, moltiplicate per i rispettivi coefficienti allo **SLU** sono riportate nel seguito.

Sollecitazione alla base del montante [SLU]	Corrente	Bordo	
M.d	174,92	191,32	[kN*m]
T.d	63,61	69,57	[kN]
N.d	24,61	18,42	[kN]

Note le azioni agenti alla base del montante è possibile calcolare le sollecitazioni in testa al palo, sommando alle azioni calcolate precedentemente il momento di trasporto dovuto all'azione di taglio alla base del cordolo e sommando al valore di sforzo normale il contributo del peso proprio del cordolo di cemento. Ne segue che le azioni agenti in testa al palo risultano essere le seguenti:

Sollecitazioni in testa al palo [SLU]	Corrente	Bordo	
M.d	238,53	260,89	[kN*m]
T.d	63,61	69,57	[kN]
N.d	124,61	80,92	[kN]

Per la verifica a carico limite verticale del micropalo si considera il valore di sforzo normale relativo alla zona di corrente, in quanto più gravoso. Per le verifiche a carico limite orizzontale e le verifiche strutturali del micropalo verranno utilizzate le sollecitazioni relative alla zona di bordo.

## 7.2. VERIFICHE GEOTECNICHE

### 7.2.1. CARICO LIMITE VERTICALE

Si riporta in seguito la verifica a carico limite verticale per il micropalo. La verifica è stata svolta secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

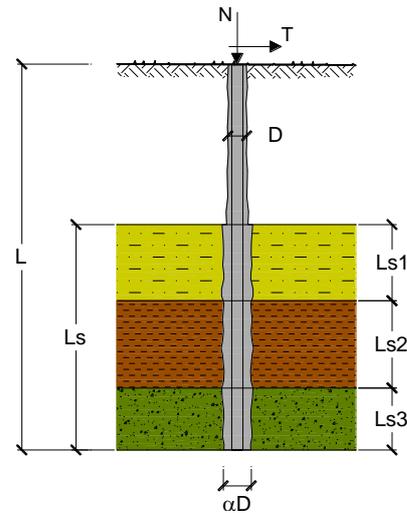
#### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

**OPERA:** MICROPALO

**DATI DI INPUT:**

*Sollecitazioni Agenti:*

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
<b>N (kN)</b>	124,61	0,00	124,61
<b>T (kN)</b>		0,00	0,00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{s \text{ traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SUU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88			<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,15	1,25

n	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> $\geq 10$	DM88	prog.
$\gamma_s$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\gamma_{s \text{ traz}}$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

PROGETTAZIONE ATI:

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha * D$ (m)	$S_i$ media (MPa)	$S_i$ minima (MPa)	$S_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
ALL-LA	2,50	1,10	0,50	0,120	0,120	0,061	238,63
SUB	5,50	1,10	0,50	0,200	0,200	0,102	874,99

$$Ls = 8,00 \quad (m) \quad \quad \quad QI = 1113,62 \quad (kN)$$

**Capacità portante di punta**

$$Qp = \%Punta * QI$$

(consigliato 10-15%)

**% Punta**

**0%**

$$Qp = 0,00 \quad (kN)$$

**CARICO LIMITE DEL MICROPALÒ**

$$Qlim = Qb + QI$$

$$Qlim = 1113,62 \quad (kN)$$

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$$Fs = 8,94$$

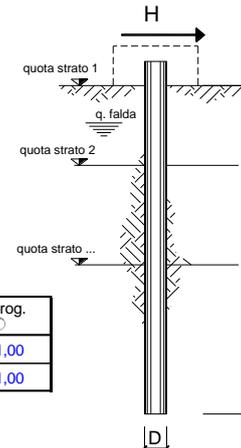
La verifica risulta soddisfatta.

## 7.2.2. CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Si riporta in seguito la verifica a carico limite orizzontale per il micropalo più sollecitato. La verifica è stata svolta secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

### Carico limite orizzontale del micropalo

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{ef}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,00	1,00	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,30
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30
DMB8			<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi	
						$k_p$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$ (kPa)
p.c.=strato 1	ALL-LA	100,00	19	9	22	2,20		22	2,20
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	SUB	97,50	23	13	27	2,66		27	2,66
<input type="checkbox"/> strato 3									
<input type="checkbox"/> strato 4						1,00			1,00
<input type="checkbox"/> strato 5						1,00			1,00
<input type="checkbox"/> strato 6						1,00			1,00

Quota falda **98** (m)  
 Diametro del palo D **0,45** (m)  
 Lunghezza del palo L **8,00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo  $M_y$  **451,21** (kNm)  
 Step di calcolo **0,01** (m)

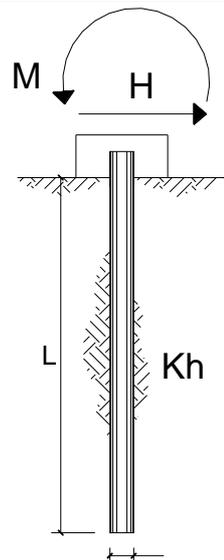
palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

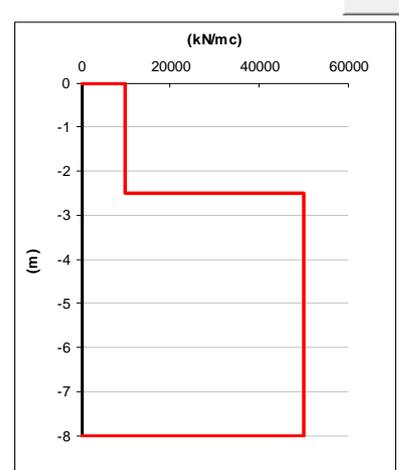
	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	371,9	(kN)	371,9	(kN)
Palo intermedio	531,2	(kN)	531,2	(kN)
Palo corto	1719,7	(kN)	1719,7	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>371,9</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>371,9 (kN) Palo lungo</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			218,75	(kN)
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>·γ<sub>T</sub></b>			<b>168,27</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	<b>69,57</b>	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	<b>0</b>	(kN)	
<b>F<sub>d</sub> = G·γ<sub>G</sub> + Q·γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>69,57</b>	<b>(kN)</b>	
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>2,42</b>		

### 7.3. VERIFICHE STRUTTURALI

Per il calcolo delle sollecitazioni lungo il fusto del palo, si considera un valore del coefficiente di reazione orizzontale del terreno  $K_h$  pari a  $10000 \text{ kN/m}^3$  per lo strato ALL-LA e pari a  $50000 \text{ kN/m}^3$  per lo strato Sub. La configurazione scelta è quella di palo impedito di ruotare in testa.



scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	$k_h$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$n_h$ ( $\text{kN/m}^3$ )
p.c.=strato 1		0,00	10000	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		-2,50	50000	
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 0,45 (m)

J palo 0,00201 ( $\text{m}^4$ )

Lunghezza del palo 8 (m)

Forza orizzontale in testa 69 (kN)

Momento in testa 0 (kNm)

E cls 31476 (Mpa)

dimensione elementi 0,2 (m)

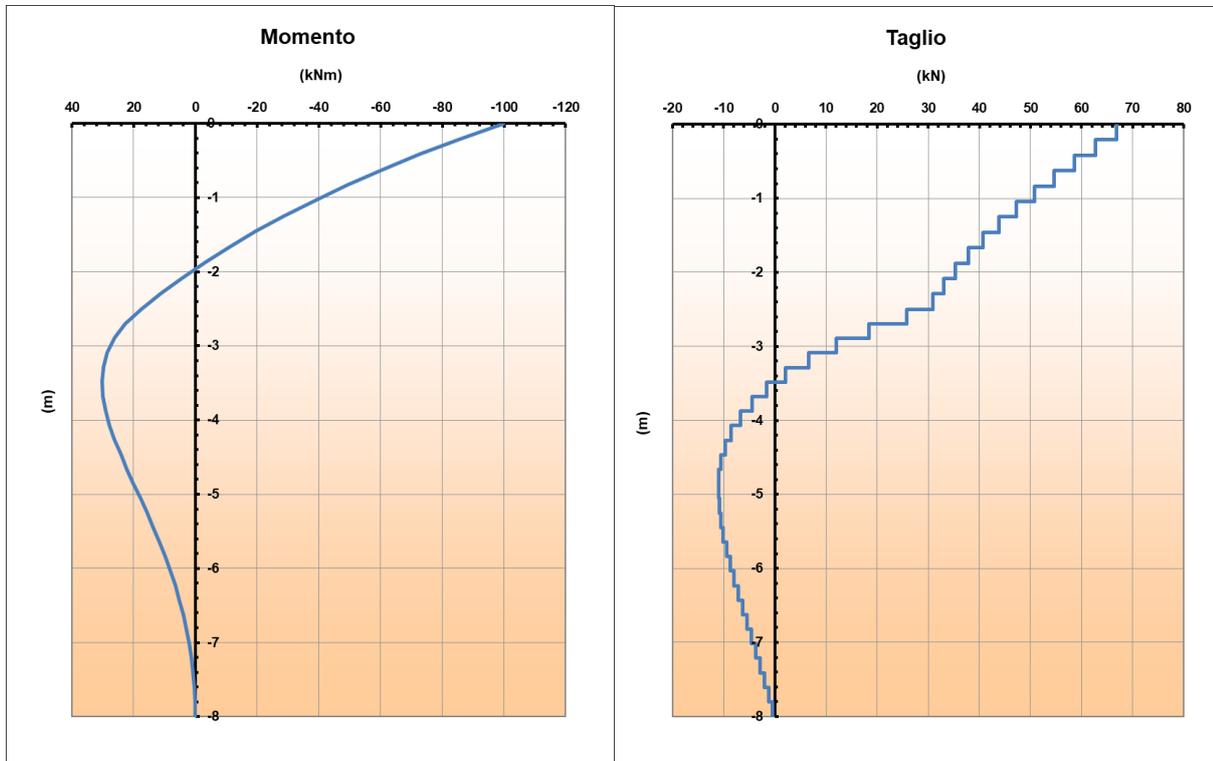
palo impedito di ruotare

palo impedito di traslare

palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

L'andamento delle sollecitazioni lungo il fusto del palo è rappresentato nelle figure sottostanti.



**Figure 7-1 – Momento e Taglio lungo il fusto del palo**

Si riportano a seguire le verifiche strutturali del micropalo di fondazione. Nello svolgimento delle verifiche si è trascurato il contributo del calcestruzzo e si è considerato il solo contributo del tubolare in acciaio, avente diametro  $d=298.5\text{mm}$  e spessore  $t=16\text{mm}$ . Per il calcolo del momento in testa al palo, si somma al valore calcolato al paragrafo 7.1 il valore di momento derivante dall'applicazione in testa di uno sforzo di taglio pari a  $69\text{ kN}$ . Tale sforzo, nella condizione di palo impedito di ruotare in testa, da origine in sommità ad un momento di  $99.69\text{ kN}\cdot\text{m}$  che, sommato al valore iniziale di  $260.89\text{ kN}\cdot\text{m}$ , restituisce un valore di momento massimo, in testa al palo, pari a  $360.6\text{ kN}\cdot\text{m}$ .

### 7.3.1. VERIFICHE SLU DEL MICROPALO

Caratteristiche meccaniche e coefficienti di sicurezza parziali			
tipo di acciaio	S355		
$\gamma_{M0}$	=	1,05	Coeff. Parziale per la resistenza
$\gamma_{M1}$	=	1,05	Coeff. Parziale per l'instabilità
$\gamma_{M2}$	=	1,25	Coeff. Parziale per sezioni indebolite dai fori
$f_{yk}$	=	355,0 N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento
$f_{tk}$	=	510,0 N/mm <sup>2</sup>	Tensione di rottura
$E$	=	200000 N/mm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità dell'acciaio

Caratteristiche geometriche			
$d$	=	298,5 mm	Diametro del tubolare
$t$	=	16,0 mm	Spessore del tubolare
$L$	=	8,0 m	Lunghezza del profilo (per instabilità aste compresse)
$A$	=	141,9 cm <sup>2</sup>	Area totale del profilo
$W_{el,min}$	=	951,7 cm <sup>3</sup>	Modulo di res. elastico minimo, per sezioni di classe 3
$W_{pl}$	=	1278,3 cm <sup>3</sup>	Modulo di resistenza plastico, per sezioni di classe 1 e
$I_G$	=	154073266 mm <sup>4</sup>	Inerzia baricentrica del profilo
$i_g$	=	104,19 mm	Raggio d'inerzia minimo
$P$	=	1,09 KN/m	Peso del profilo a metro lineare
$d/t$	=	18,66	Rapporto Diametro/Spessore
$\epsilon$	=	0,81	Parametro per la classificazione della sezione
<b>Classe sezione</b>		<b>1</b>	Par. 4.2.3.1 D.M. 10-01-2008
Tipo sezione		compatta	Definizione della sezione, par. 4.2.3.1 D.M. 10-01-2008

Sollecitazioni agenti			
$N_{Edt}$	=	0,0 KN	Sforzo di trazione
$N_{Edc}$	=	124,6 KN	Sforzo di compressione
$M_{Edy}$	=	360,6 KNm	Momento flettente attorno all'asse y
$M_{Edz}$	=	0,0 KNm	Momento flettente attorno all'asse z
$V_{Edz}$	=	69,0 KN	Taglio lungo l'asse z
$V_{Edy}$	=	0,0 KN	Taglio lungo l'asse y
$T_{Ed}$	=	0,0 KNm	Torsione

**Verifica a compressione**

$N_{Ed} = 124,61$  KN Sforzo di compressione agente

**$N_{c,Rd} = 4798,52$  KN** Resistenza della sezione sezioni di tipo 1, 2 e 3

**$N_{c,Rd} = 3722,57$  KN** Resistenza della sezione sezioni di tipo 4

**Esito della verifica** **soddisfatta**

Rapporto Resistenza/Azione agente **29,87**

**Verifica a flessione monoassiale retta**

$M_{Edy} = 360,6$  KNm Momento flettente agente

Nella verifica vanno considerando gli effetti del taglio se  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$

**Nel caso in esame :**  $V_{Ed} = 69,0$  KN taglio agente

$0,5V_{c,Rd} = 881,9$  KN

Occorre considerare gli effetti del taglio? **NO**

**Esito della verifica a flessione** **soddisfatta**

**Verifica a flessione considerando gli effetti taglianti**

$\rho = 0,71$  fattore di riduzione della tensione di snervamento

$f_{yk, ridotta} = 102,4$  N/mm<sup>2</sup>

**Esito della verifica a flessione** **non necessaria**

Classe della sezione **1**

Momento resistente  $M_{Rd} = 432,2$  KNm

Rapporto Resistenza/Azione agente **1,20**

**Verifica a taglio**

Occorre considerare gli effetti della torsione?

**NO**

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,$$

Verifica in assenza di torsione

$f_{yk} =$	355,0	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento	$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}},$
$\gamma_{M0} =$	1,05			
$A_v =$	90,4	cm <sup>2</sup>	area resistente a taglio	
$V_{Ed} =$	69,0	KN	Taglio agente	
$V_{c,Rd} =$	1763,7	KN	Taglio resistente, non consid. gli effetti dovuti alla torsione	

**Esito della verifica**

**soddisfatta**

Rapporto Resistenza/Azione agente **25,56**

**Presso o tenso flessione retta**

$N_{Ed} =$	124,6	KN	Sforzo normale agente
$M_{Edy} =$	360,6	KNm	Momento flettente agente
tensione per $N_{Ed}$	8,8	N/mm <sup>2</sup>	
tensione per $M_{Edy}$	282,1	N/mm <sup>2</sup>	
tensione per $N_{Ed} + M_{Edy}$	290,9	N/mm <sup>2</sup>	

Nella verifica va ridotta la tensione di snervamento per effetto del taglio agente, se  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$

Occorre considerare anche gli effetti del taglio?

**NO**

**Esito della verifica**

**soddisfatta**

Rapporto Resistenza/Azione agente **1,16**