

**E78 GROSSETO - FANO**  
**Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)**  
**Adeguamento a quattro corsie del tratto**  
**San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FI 508**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria)</p> <p><b>GP INGENGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>cooprogetti</b></p> <p><b>engeko</b></p> <p><b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i></p> <p>Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2687</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone n. 750A</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Festa</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p><b>ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</b></p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**  
**Asse collegamento Palazzo del Pero**  
**VI.09 – Viadotto Fiumicello**  
**Relazione di calcolo delle fondazioni**

<p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG      ANNO</p>	<p><b>NOME FILE</b></p> <p>S01VI09GETRE01_B</p>	<p><b>REVISIONE</b></p>	<p><b>SCALA</b></p>
<p><b>DPFI508</b>    <b>D</b>    <b>23</b></p>	<p><b>CODICE ELAB.</b>    <b>S01VI09GETRE01</b></p>	<p><b>B</b></p>	<p><b>-</b></p>
<p><b>D</b></p> <p><b>C</b></p>			
<p><b>B</b></p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Cassarini</p>
<p><b>A</b></p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Cassarini</p>
<p><b>REV.</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE</b></p>	<p><b>DATA</b></p>	<p><b>REDATTO</b></p>
<p><b>VERIFICATO</b></p>	<p><b>APPROVATO</b></p>	<p>Bordugo</p>	<p>Guiducci</p>
<p>Bordugo</p>	<p>Guiducci</p>	<p>Bordugo</p>	<p>Guiducci</p>

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
1.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA NUOVA.....	2
<b>2. CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. CARATTERISTICHE MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
3.1. CALCESTRUZZO SOTTOSTRUTTURE.....	7
3.2. ACCIAIO PER CARPENTERIA.....	7
<b>4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>5. VERIFICA DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE.....</b>	<b>9</b>
<b>6. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018).....</b>	<b>14</b>

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo viene descritta la procedura seguita per il progetto e la verifica degli elementi strutturali principali costituenti l'opera d'arte denominata "VI.09 - Viadotto Fiumicello", ricadente nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento **E78 GROSSETO – FANO - TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45) – PALAZZO DEL PERO – 1° LOTTO (F1508)**.

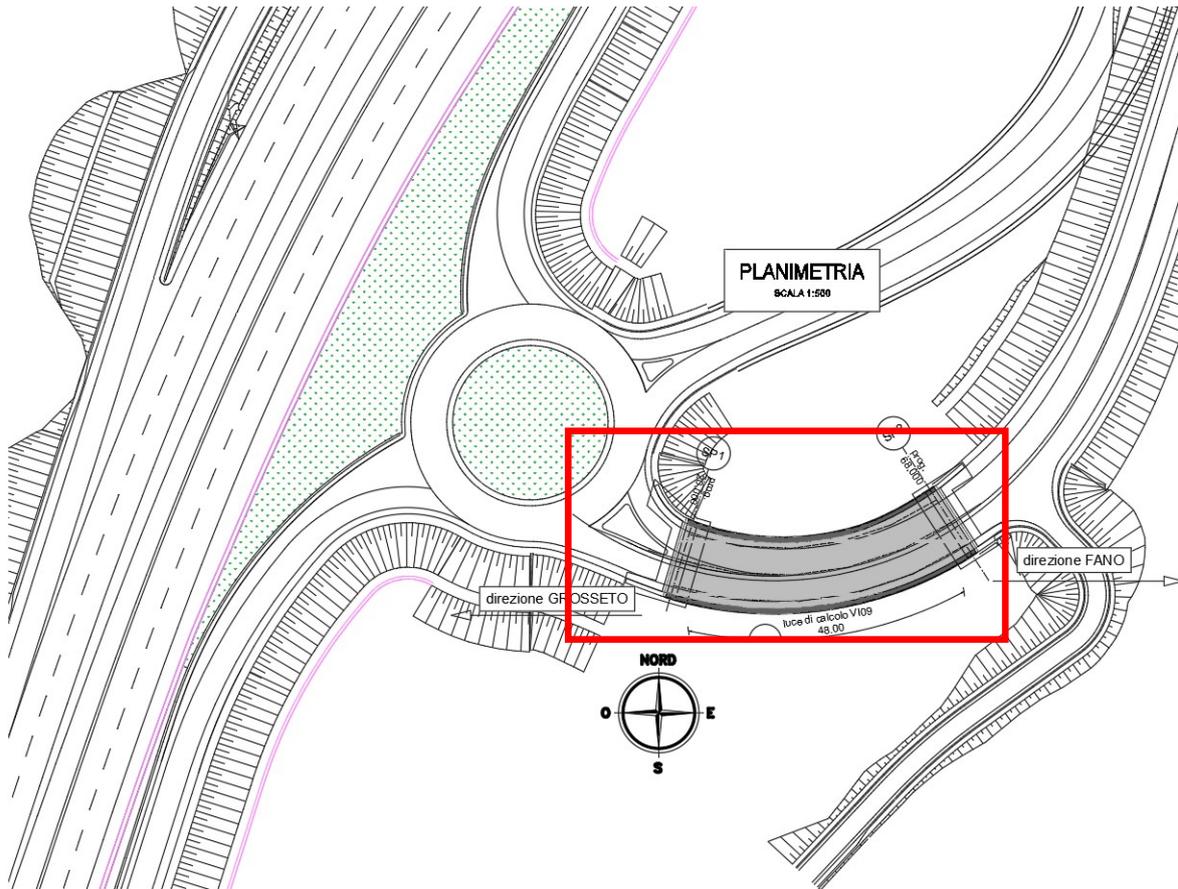


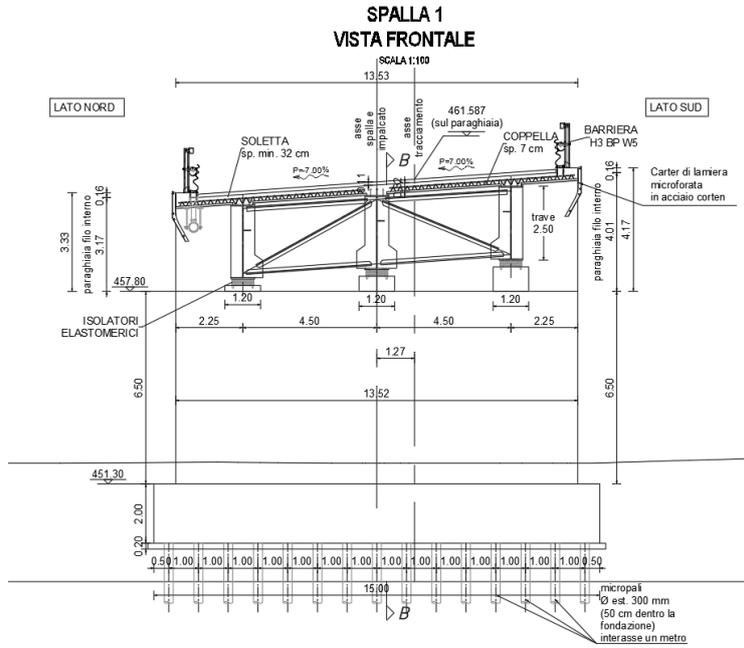
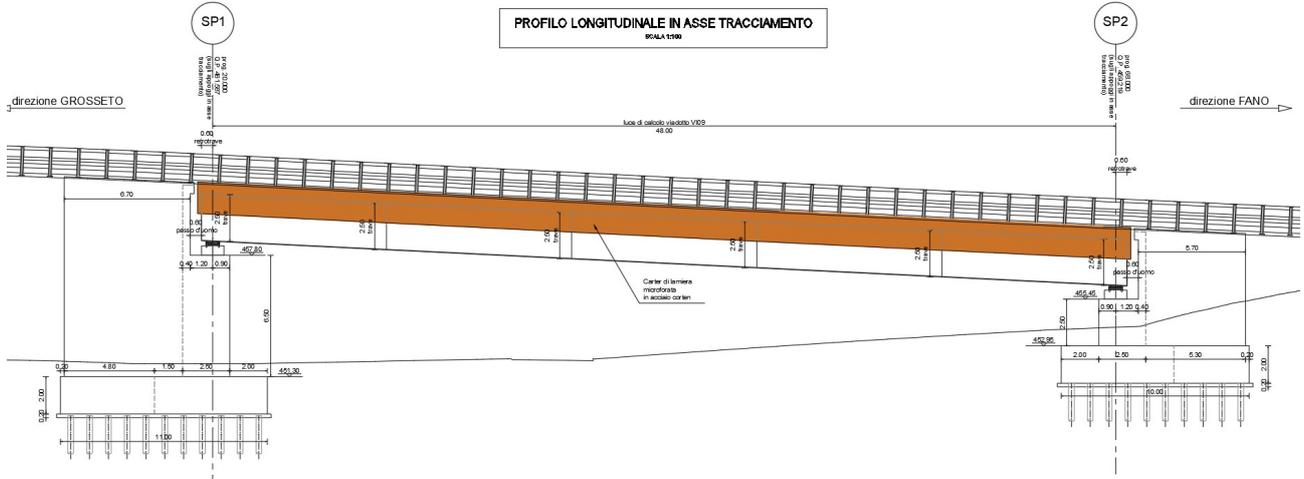
Figura 1.1 Corografia

### 1.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA NUOVA

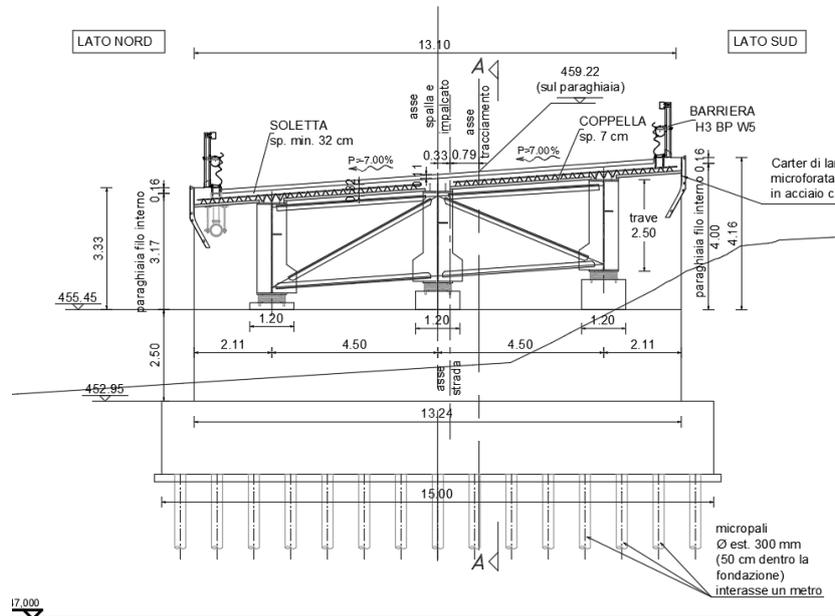
L'opera d'arte è rappresentata da un viadotto costituito da 1 campata, con luce di calcolo pari a 48.00m, per uno sviluppo complessivo di 49.20m.

L'impalcato, in sezione mista acciaio – cls, è realizzato secondo uno schema statico di trave in semplice appoggio.

La sezione trasversale, di larghezza complessiva 13.53m al netto delle velette, è costituita da 3 travi in composizione saldata ad anima piena di altezza costante pari a 2.50m, poste ad interasse di 4.50m, collegate da traversi reticolari aventi un interasse pari a 4.00m.



**SPALLA 2**  
**VISTA FRONTALE**  
SCALA 1:100



**Figura 1.2 Prospetto longitudinale e sezioni trasversali**

L'impalcato è costituito da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo gettato in opera per uno spessore complessivo pari a 25+7cm, resa collaborante con le travi principali per mezzo di connettori tipo Nelson; sono previsti, inoltre, dei controventi orizzontali (*attivi solo nella fase di varo della carpenteria metallica*) a livello di intradosso delle piattabande superiori delle travi principali.

Infine, l'impalcato è completato dalle opere di finitura e sicurezza quali binder, tappeto di usura e barriere del tipo H3 BP W5 ancorate su appositi cordoli laterali gettati sempre in opera.

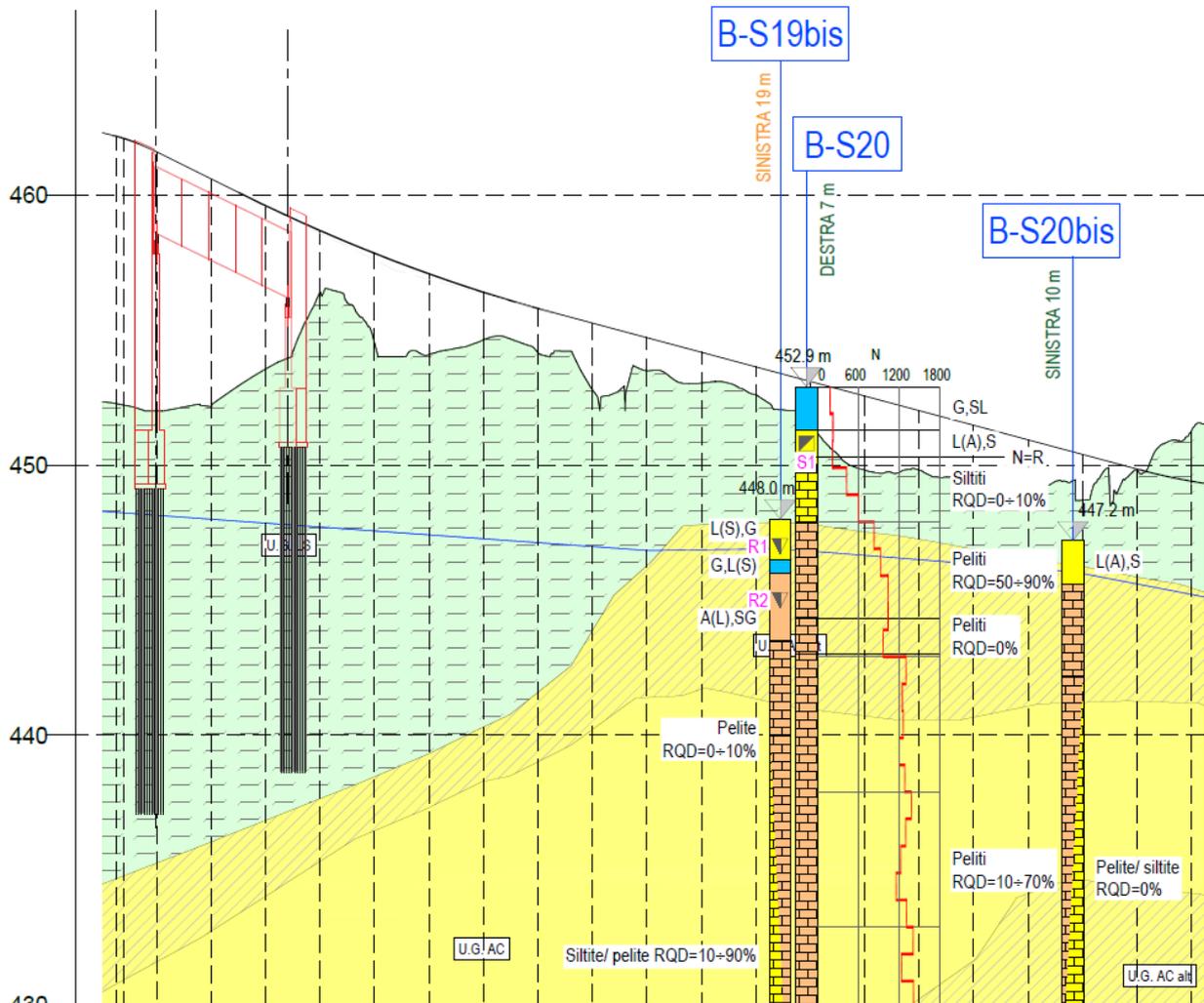
Le spalle sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera e sono fondate su micropali di diametro Ø300mm.

Per quanto riguarda, invece, lo schema degli appoggi, al fine di limitare le azioni sismiche trasferite dall'impalcato alle sottostrutture, si è previsto l'utilizzo di isolatori elastomerici ad alto smorzamento viscoso equivalente.

## 2. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Per le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in sito si è fatto riferimento al seguente modello geotecnico.

**Limi sabbiosi (valori minimi a favore di sicurezza)**



# LEGENDA

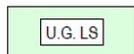
## UNITA' GEOTECNICHE



UNITA' GEOTECNICA RIPORTI



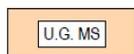
UNITA' GEOTECNICA FRANE



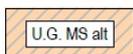
UNITA' GEOTECNICA LIMI SABBIOSI



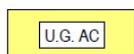
UNITA' GEOTECNICA GHIAIE SABBIOSE



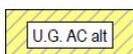
UNITA' GEOTECNICA MARNE DI SAN POLO (GSI=38+40,  $\sigma_c=7+10$ )



UNITA' GEOTECNICA MARNE DI SAN POLO ALTERATA



UNITA' GEOTECNICA ARENARIE DEL CERVAROLA (GSI=35+40,  $\sigma_c=7+10$ )



UNITA' GEOTECNICA ARENARIE DEL CERVAROLA ALTERATA

Unità geotecnica	Unità geologica	$\gamma/\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Variabilità parametri			Valori caratteristici			$q_s$ per micropali tipo IGU (kPa)	$V_s$ (m/s)	$G_0$ (MPa)	$\nu$ (-)	Valori di deformabilità di riferimento			
			$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)	$c_{u,k}$ (kPa)					$M_{fond. Dir.}$ (MPa)	$E_{fond. Dir.}$ (MPa)	$E_{fond. Prof.}$ (MPa)	$E_{substr.}$ (MPa)
R	r	20/10	26+35	0+10	-	35	0	-	100	200	80	0.25	-	20	30	-
FN	fn	19.5/9.5	20+30	0+10	-	20+26	0+5	-	60	100+200	20+80	0.30	-	6+10	9+15	-
LS	at	19.5/9.5	24+28	10+30	40+60	26	10	50	-	200+400	80+300	0.30	4+20	3+16	8+30	-
GS	at	19.5/9.5	27+32	0	-	30	0	-	100+150	200+400	80+300	0.30	-	10+15	15+22	-
MS alt	ms	19.5/9.5	24+32	10+80	-	28	10+50*	-	200+400	200+700	80+1000	0.20	-	20+240	25+300	-
MS	ms	23/13	24+32	80+200	-	28	100	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.20	-	-	-	1100+1400
AC alt	ac	19.5/9.5	25+35	10+80	-	30	10+50*	-	200+400	200+700	80+1000	0.20	-	20+240	25+300	-
AC	ac	23/13	25+35	80+210	-	32	90	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.20	-	-	-	1100+1400

\*Valore che incrementa con la profondità

Si adotta per il calcolo della portanza, a favore di sicurezza, il valore minimo per  $q_s = s = 70$  Kpa = 0.07 Mpa di Limi sabbiosi.

Per Klaterale del micropalo si è assunto:

$$K_{lat} = K_{vert}/10 \cong 50 \text{ MN/mc}$$

$$K_{vert} = N_{sle} / D_z / A \cong 547 \text{ MN/mc}$$

Le fasi realizzative prevedono la realizzazione prima delle opere provv. e di fondazione a valle. Quindi ultimato il nuovo viadotto a valle si iniziano le lavorazioni provv. per eseguire le fondazioni a monte: tale successione di fasi consente di ridurre le reali interferenze e di considerare non più agenti i tiranti ed i micropali delle opere provv. a valle in fase di esecuzione delle opere a monte. Le geometrie sia in fase provv. sia in fase definitiva sono state verificate in tali presupposti.

Limi sabbiosi

$$\phi' = 24^\circ$$

$$c_u = 0$$

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$$

PROGETTAZIONE ATI:

**GPI INGEGNERIA**  
 GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



### **3. CARATTERISTICHE MATERIALI**

#### **3.1. CALCESTRUZZO SOTTOSTRUTTURE**

Conglomerato cementizio per pali di fondazione:

- Classe di resistenza C32/40
- Classe di esposizione XA2

#### **3.2. ACCIAIO PER CARPENTERIA**

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio patinabile a resistenza alla corrosione migliorata:  
tipo S355J2W - per elementi saldati per spessori  $t \leq 40$  mm;  
tipo S355K2W per elementi saldati per spessori  $t > 40$  mm;  
tipo S355J2W - per elementi non saldati, piastre sciolte ed angolari

Gli acciai con spessori  $t \leq 40$  mm devono essere conformi alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018, dovendo presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione
- S355  $f_t \geq 510$  MPa
- tensione di snervamento  $f_y \geq 355$  MPa
- S355  $f_y \geq 355$  MPa
- modulo elastico  $E_s = 210.000$  MPa
- Gli acciai con spessori  $t > 40$  mm devono essere conformi alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018, dovendo presentare le seguenti caratteristiche:
- tensione di rottura a trazione
- S355  $f_t \geq 470$  MPa
- tensione di snervamento  $f_y \geq 355$  MPa
- S355  $f_y \geq 335$  MPa
- modulo elastico  $E_s = 210.000$  MPa

Vengono considerati elementi di carpenteria, quindi caratterizzati dalle specifiche soprariportate anche le predalle metalliche, gli elementi di interfaccia e collegamento degli apparecchi di appoggio.

L'assemblaggio dei conci delle travi principali sarà realizzato mediante giunzioni saldate, secondo quanto riportato negli elaborati progettuali.

#### 4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda la vita nominale, con riferimento al par. 2.4.1 e alla tabella 2.4.I del D.M. 17/1/2018, qui riportata, si farà riferimento alla cat. 3, assumendo una vita nominale pari a  $V_N = 50$  anni.

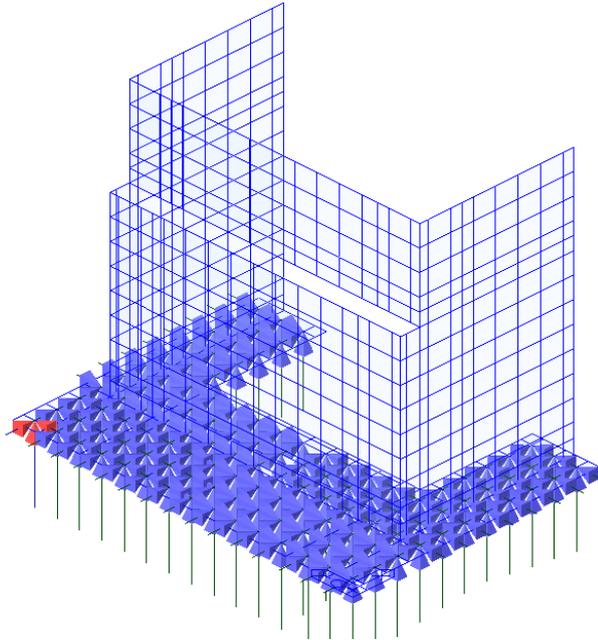
Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La classe d'uso è la IV cui corrisponde un coefficiente d'uso  $CU=2$

## 5. VERIFICA DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE

Le azioni maggiori sui micropali si trovano sulle spalle e sono stati ricavati dal modello di calcolo della spalla. Si riportano di seguito le azioni di taglio e assiali ricavate dal modello di calcolo della spalla.



Midas Gen	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-XYZ	
MIN. REACTION	
NODE=2562	
FX:	102.48
FY:	-83.34
FZ:	324.18
FXYZ:	350.06
MAX. REACTION	
NODE=2525	
FX:	107.56
FY:	74.29
FZ:	470.28
FXYZ:	488.11
CBALL: EN SLU+SL-	
MAX :	2525
MIN :	2562
FILE:	VI09 SPALLA
UNIT:	kN
DATE:	08/01/2023
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.612
Y:	-0.612
Z:	0.500

**Figura 5.3 sollecitazioni agenti nei micropali in combinazione di involuppo**

Di seguito si riporta la verifica del micropalo nella combinazione peggiore:

**SLU**

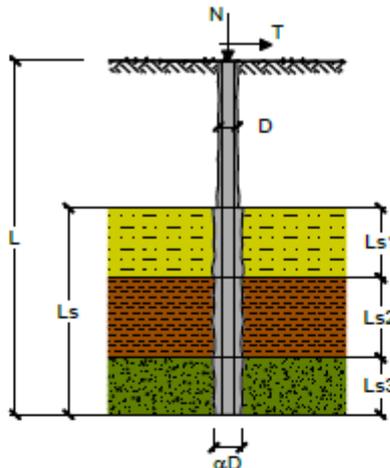
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

**OPERA:** 581\_Ver\_Micropali\_D300\_V09\_SLU\_v1

**DATI DI INPUT:**

Selelezioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
<b>N (kN)</b>	348,89	0,00	471,00
<b>T (kN)</b>	79,00	0,00	106,65



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{smax}$	
SLU	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	1,00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,35	1,35	1,15	1,25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	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

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): **0,3 (m)**  
Lunghezza del micropalo (L): **18,00 (m)**

**Armatura:**

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): **6569 (mm<sup>2</sup>)**

Momento di Inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): **3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)**

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): **328 475 (mm<sup>3</sup>)**

Tipo di acciaio: **S 355 (Fe 510)**

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): **355 (N/mm<sup>2</sup>)**

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_M$ : **1,05**

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{am}$ ): **338 (N/mm<sup>2</sup>)**

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): **210 000 (N/mm<sup>2</sup>)**

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
	16,00	1,10	0,33	0,070	0,070	0,036	593,93
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$Ls = 16,00$  (m)  $Ql = 593,93$  (kN)

**Capacità portante di punta**

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10\text{-}15\%)$$

$\% Punta = 15\%$   $Qp = 89,09$  (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

$$Qlim = Qb + Ql$$

$Qlim = 683,02$  (kN)

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

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

$Fs = 1,45$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,96 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 18197,13$  (MN)

$\eta = 38,63$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 63,53$  (kN m)

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 265,12$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{min} = -121,72$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 32,47$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{td} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{td} = 271,02$  (N/mm<sup>2</sup>)

verifica soddisfatta

**SLV**

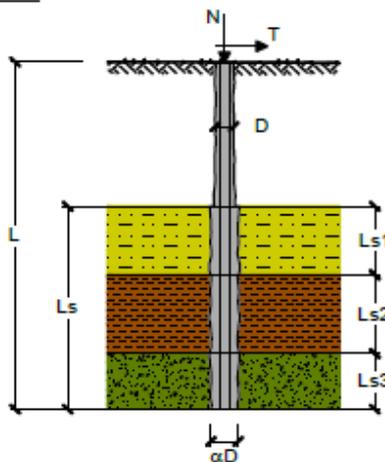
CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: 581\_Ver\_Micropali\_D300\_VI9\_SLV\_v1

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
<b>N (kN)</b>	466,00	0,00	466,00
<b>T (kN)</b>	131,75	0,00	131,75



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{smax}$
SLU	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 checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista						
		<input type="radio"/>	1,35	1,35	1,15	1,25

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.					
$\xi_b$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_s$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,3 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 18,00 (m)

Armatura:

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 6569 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 328 475 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_M$ : 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{adm}$ ): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210 000 (N/mm<sup>2</sup>)

PROGETTAZIONE ATI:

**GPI INGEGNERIA**  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot Is_i$$

Tipo di Terrano	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
	16,00	1,10	0,33	0,070	0,070	0,036	593,93
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$Ls = 16,00$  (m)  $Ql = 593,93$  (kN)

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$\% Punta = 15\%$   $Qp = 89,09$  (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Qlim = Qb + Ql$$

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

$Qlim = 683,02$  (kN)

$Fs = 1,47$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,96 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 18197,13$  (MN)

$\eta = 39,05$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 78,49$  (kN m)

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 309,88$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{min} = -168,00$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 40,11$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{ed} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{ed} = 317,57$  (N/mm<sup>2</sup>)

verifica soddisfatta

La verifica di portanza è, pertanto, soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

**GPI INGEGNERIA**  
 GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



## **6. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018)**

### **Verifica dei risultati**

Nel corso della progettazione sono state effettuate continue validazioni dei valori delle sollecitazioni, nei diversi elementi strutturali, emersi dal calcolo e delle verifiche condotte dal post processore del programma MIDAS CIVIL 2020 ver.3.2: tali calcolazioni di controllo sono state condotte con metodi consolidati della scienza delle costruzioni o con l'ausilio di altri software o fogli di calcolo.

### **Giudizio motivato di accettabilità**

Dalle verifiche effettuate e sopra descritte appare evidente l'accettabilità dei risultati ottenuti, in quanto i valori qui determinati risultano sovrapponibili a quelli emersi dal calcolo effettuato con l'ausilio del software.