

**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. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Crenca</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Frosinone n. A1782</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> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>coopprogetti</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>engeko</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></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>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 MAGGIORI**

Viadotto Romito

Relazione di calcolo appoggi e giunti

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
PROGETTO	LIV.PROG	ANNO	T00VI02STRRE03B.				
<b>D</b>	<b>D</b>	<b>22</b>	CODICE ELAB. <b>T00VI02STRRE03</b>			<b>B</b>	-
D							
C							
B	Revisione a seguito istruttoria U.0030221 del 16.01.2023	Febbraio '23	Piacentini	Crenca	Guiducci		
A	Emissione	Ottobre '22	Piacentini	Crenca	Guiducci		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA.....	2
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>4</b>
3.1. CALCESTRUZZO.....	4
3.2. ACCIAIO B450 C.....	5
<b>4. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>6</b>
4.1. PESI PROPRI E PERMANENTI PORTATI (G1 E G2).....	6
4.2. CARICHI ACCIDENTALI (Q1) .....	7
4.3. AZIONE DI FRENAMENTO DEL VEICOLO (Q3) .....	7
4.4. AZIONE DEL VENTO (Q5).....	8
4.5. AZIONE SISMICA (Q6) .....	9
<b>5. TIPO DI ANALISI.....</b>	<b>14</b>
<b>6. SISTEMA DI VINCOLAMENTO.....</b>	<b>15</b>
<b>7. ESCURSIONI MASSIME DI GIUNTI E VARCHI.....</b>	<b>16</b>

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto definitivo dell'intervento "S.G.C. E78 Grosseto – Fano, Tratto Selci - Lama (E 45) - S. Stefano di Gaifa, Adeguamento a 2 corsie del tratto della variante di Urbania", ed in particolare del Lotto 4 Mercatello sul Metauro ovest – Mercatello sul Metauro est, è prevista la realizzazione del Viadotto Romito.

La presente relazione di calcolo riguarda gli appoggi e i giunti del suddetto viadotto. Nel paragrafo che segue si riporta una descrizione sintetica dell'opera.

### 1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA

Il viadotto è costituito da un'unica campata di luce pari a 56.00m. L'asse di progetto sovrappassa la strada Località Romito e l'avvallamento adiacente.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria C1 composta da due corsie di larghezza 3.75m e da banchine di larghezza pari a 1.50m, con andamento planimetrico in curva nel tratto interessato dal manufatto.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 10.50m e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L'impalcato risulta quindi di larghezza complessiva pari a 12.00m. L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 3 travi a "doppio T" in acciaio di altezza variabile poste ad interasse pari a 3.50m e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore pari a 0.25m.

Nel presente paragrafo si studia il sistema di vincolamento, composto da apparecchi di appoggio in elastomero armato. Su ogni elemento spalla sono presenti 3 isolatori per un totale di 6 isolatori, come illustrato nello schema seguente.

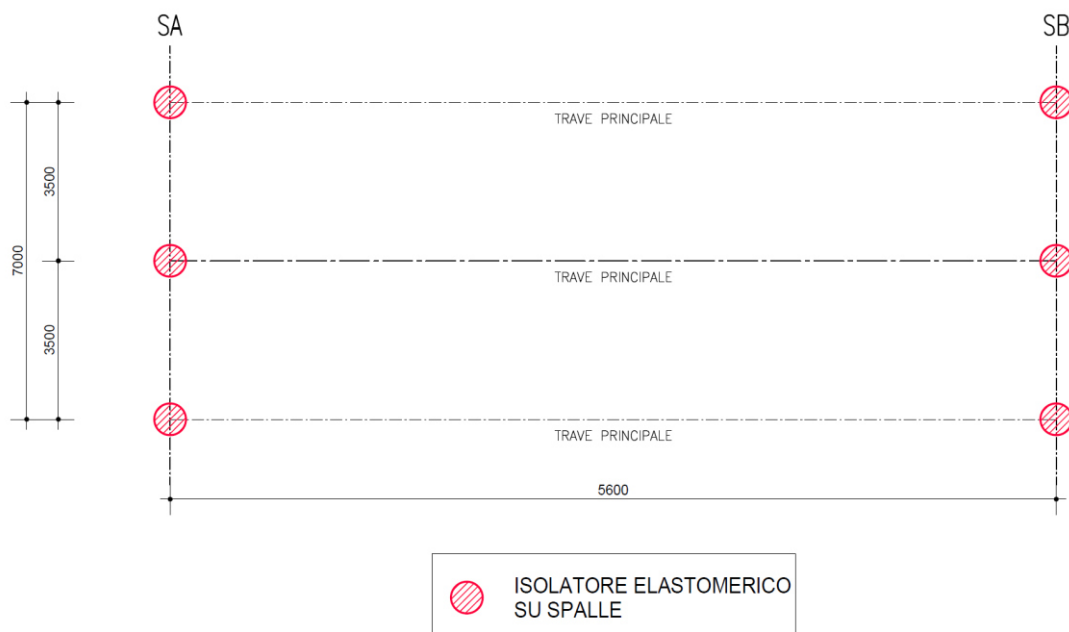


Figura 1- Schema appoggi

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

- D. M. Min. Il. TT. del 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»;
- EUROCODICE serie EN 1991: Azioni sulle strutture
- EUROCODICE serie EN 1992: Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE serie EN 1993: Progettazione delle strutture di acciaio
- EUROCODICE serie EN 1994: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

#### 3.1. CALCESTRUZZO

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

PARTE O ELEMENTO	Classe esposizione	Ambiente	Copriferro minimo [mm]	Classe di resistenza adottata [MPa]
Elevazioni pile	XC4 XF2	Aggressivo	50	C 32/40
Fondazioni pile e spalle	XC2	Ordinario	40	C 25/30
Pali di fondazione	XC2	Ordinario	75	C 25/30
Baggioli e ritegni	XC3	Ordinario	40	C30/37

Tabella 3.1 – Classi di cls e copriferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C25/30	C35/45
resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	25,00	35,00
resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	N/mm <sup>2</sup>	14,17	19,83
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	N/mm <sup>2</sup>	1,80	2,25
tensione di aderenza cls-armatura	$f_{bd}$	N/mm <sup>2</sup>	2,70	3,37
tensione massima di compressione (comb. rara)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	15,00	21,00
tensione massima di compressione (comb. quasi perm.)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	11,25	15,75
modulo elastico medio istantaneo	$E_m$	N/mm <sup>2</sup>	31476	34077

Tabella 3.2 - grandezze meccaniche relative al cls

### 3.2. ACCIAIO B450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	$f_y$	≥450 MPa
Limite di rottura	$f_t$	≥540 MPa
Allungamento totale al carico massimo	$A_{gt}$	≥7.5%
Rapporto	$f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	≤ 1,25

#### 4. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano i carichi utilizzati.

##### 4.1. PESI PROPRI E PERMANENTI PORTATI (G1 E G2)

	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Carico Distribuito [kN/m <sup>2</sup> ]	Carico Lineare [kN/m]	n°	Lunghezza o Area [m o m <sup>2</sup> ]	Carico Lineare [kN/m]
ACCIAIO		4.00			13.30	53.20
CLS	25.00				3.33	83.25
<b>TOT PESI PROPRI</b>						<b>136.50</b>
PAVIMENTAZIONE		3.00			12.00	36.00
BARRIERA			1.50	2.00		3.00
<b>TOT PERMANENTI PORTATI</b>						<b>39.00</b>
<b>TOTALE</b>						<b>175.50</b>

#### 4.2. CARICHI ACCIDENTALI (Q1)

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2018, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 12 m, è in grado di ospitare 4 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m.

Corsia di carico n.1 costituita da:

- ✓ Schema di carico n.1: n. 4 carichi concentrati da 150 kN disposti a interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ Carico uniformemente ripartito d'intensità 9.0 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 2 costituita da:

- ✓ Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN disposti a interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ Carico uniformemente ripartito d'intensità 2.5 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00m.

Corsia di carico n. 3 costituita da:

- ✓ Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 50 kN disposti a interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ Carico uniformemente ripartito d'intensità 2.5 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00m.

Corsia di carico n. 4 (parte rimanente) costituita da:

- ✓ Carico uniformemente ripartito d'intensità 2.5 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00m.

#### 4.3. AZIONE DI FRENAMENTO DEL VEICOLO (Q3)

Anche in merito all'azione di frenamento si rimanda a quanto prescritto dal DM 17.01.18

L'azione è stata prevista al livello della superficie stradale, come prescritto dalla stessa normativa.

$$180\text{kN} \leq q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900\text{kN}$$

L'azione di frenamento complessiva è pari a 511.2 kN.

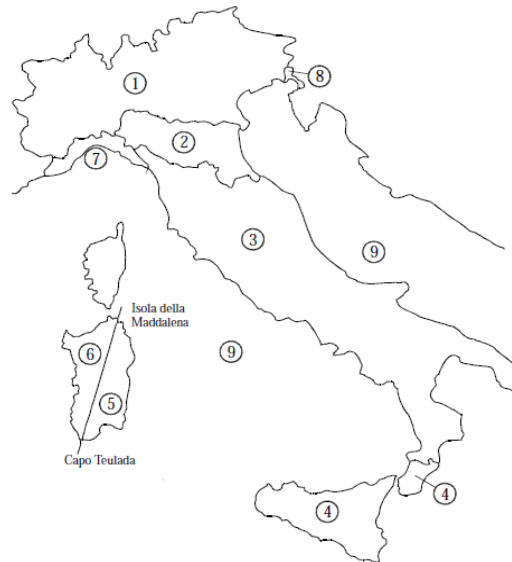


#### 4.4. AZIONE DEL VENTO (Q5)

L'azione del vento perpendicolare all'impalcato viene calcolata come indicato al p.to 3.3 del DM 2018 considerando un veicolo di altezza pari a 3,00 m. Nel nostro caso verrà considerata cautelativamente un'altezza di 6.00 m.

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
3	27	500	0.02
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			435
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			27
$\alpha_R (T_R)$			1.00
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27.00



$p$ (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b \cdot c_e \cdot c_d$	1.072
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [KN/m <sup>2</sup> ])	0.456
$c_e$ (coefficiente di esposizione)	2.352
$c_t$ (coefficiente di topografia)	1.00
$c_d$ (coefficiente dinamico)	1.00

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

ZONA 1,2,3,4,5						
costa mare						
2 km 10 km 30 km 500m 750m						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

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

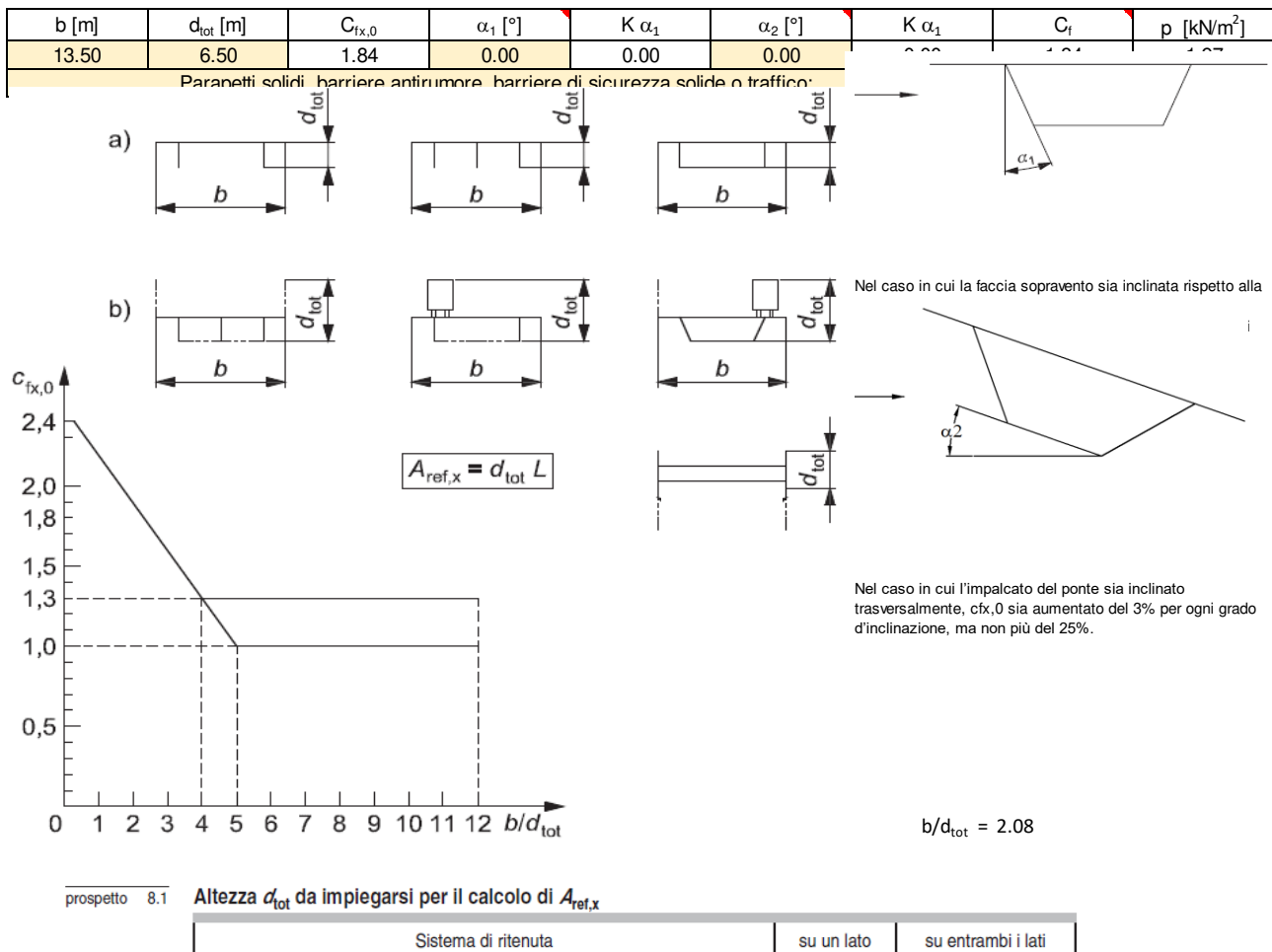
(distanze positive per costruzioni in mare)

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

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

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0.19	0.05	4

PROGETTAZIONE ATI:



Si assume cautelativamente una pressione del vento massima e pari a 2.00 kPa.  
 $p_w = 2.00 \text{ kN/m}^2$  Pressione del vento

#### 4.5. AZIONE SISMICA (Q6)

Ai fini del calcolo dell'impalcato l'azione sismica non è significativa per il dimensionamento in quanto non contemporanea ai carichi verticali e di entità inferiore.

Si riporta la definizione dell'azione sismica che verrà utilizzata per il dimensionamento degli apparecchi di appoggio (isolatori elastomerici in neoprene armato), dei giunti e delle azioni trasmesse alle sottostrutture.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si considerano i seguenti parametri:

- Classe d'uso: L'opera è classificata come Classe d'uso IV e quindi un coefficiente d'uso pari a:  
 $C_u = 2$
- Vita nominale:  $V_n = 50$ anni

Da cui si ricava il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = 50 \times 2 = 100 \text{anni}$$

A tale valore del periodo di riferimento, considerando l'ubicazione geografica dell'opera, si ricavano, a partire dalla micro-zonazione sismica del territorio nazionale, i parametri riportati nella tabella seguente per la determinazione dell'azione sismica di progetto:

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
11.51023376

LATITUDINE  
44.72486483

Ricerca per comune

REGIONE  
Marche

PROVINCIA  
Pesaro e Urbino

COMUNE  
Mercatello sul M

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta


Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



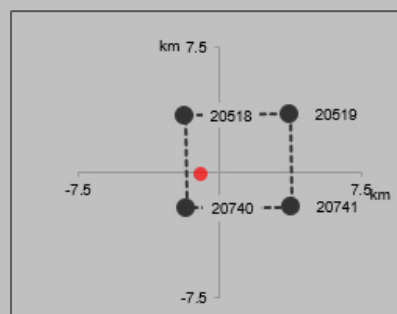
Controllo sul

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

superficie riga

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.088	2.416	0.282
SLD	101	0.111	2.391	0.290
SLV	949	0.252	2.506	0.320
SLC	1950	0.314	2.545	0.332

Gli altri parametri considerati ai fini del calcolo dell'azione sismica sono:

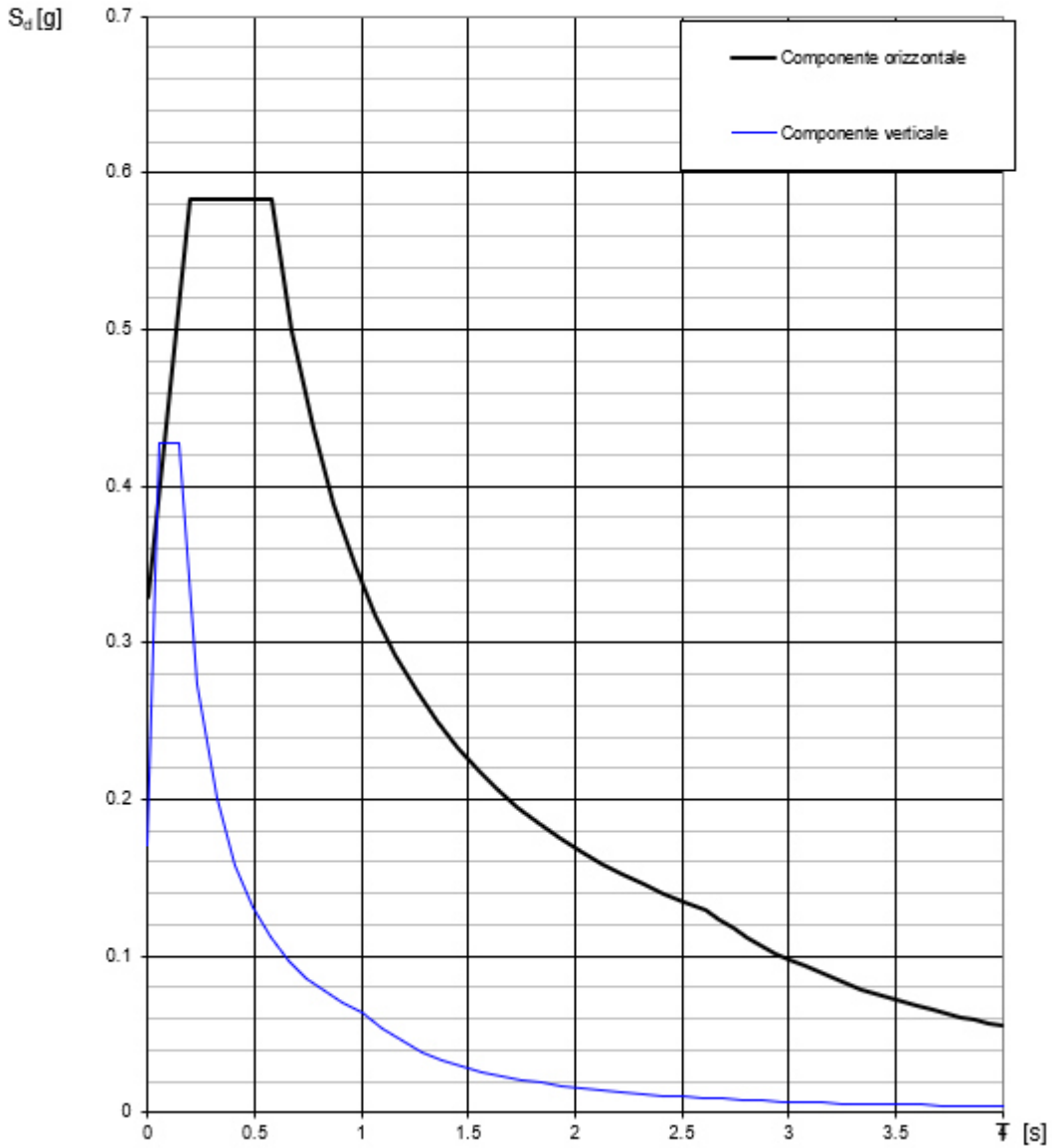
- Classificazione sismica del suolo di fondazione: E
- Categoria Topografica T1:  $S_T = 1.20$
- Coefficiente amplificazione stratigrafica:  $S_s = 1.147$  (SLV)

Sulla base dei parametri riportati in precedenza è possibile ricavare (mediante le funzioni riportate al 3.2.3.2.1 delle NTC'18) gli spettri di progetto in termini di accelerazione elastica per gli stati limite SLV ed SLC.

Gli spettri sono riportati nel grafico seguente considerando uno smorzamento del 15%, essendo tale valore il valore di smorzamento degli isolatori. Si precisa quindi che come da NTC18 al 7.10.5.3.1 solo il campo di periodi con  $T > 0.8 T_{iso}$  vada ridotto del fattore  $\eta$ . Per il calcolo delle sollecitazioni sulle pile, invece, non si considera lo spettro smorzato.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV con smorzamento 15%**

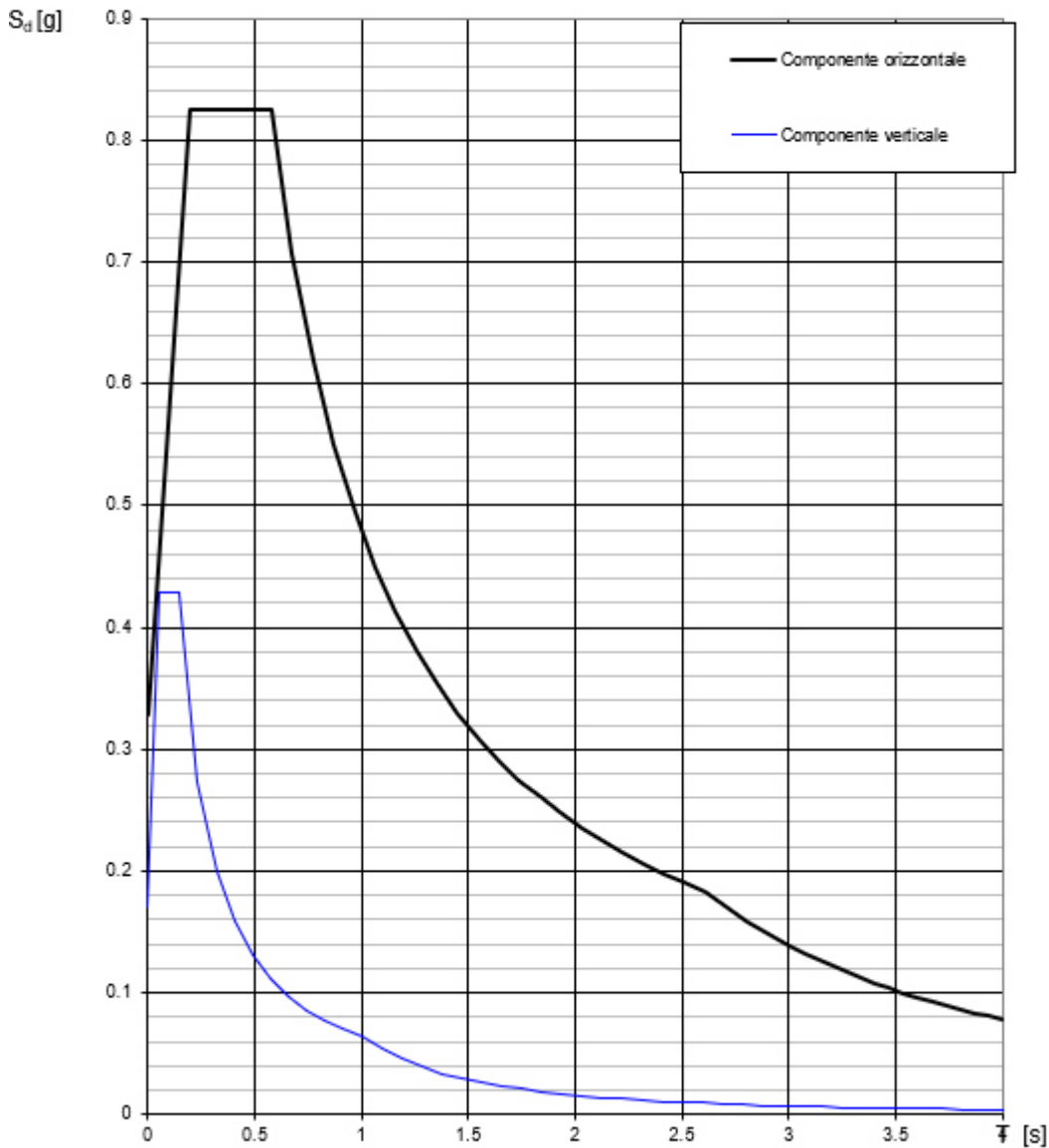
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



PROGETTAZIONE ATI:

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

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



PROGETTAZIONE ATI:

## 5. TIPO DI ANALISI

Per le verifiche in condizioni sismiche è stata utilizzata l'analisi modale con spettro di risposta, utilizzando gli spettri di risposta descritti in precedenza.

Gli spettri, per i periodi  $T > 0.8 T_{iso}$ , sono stati ridotti mediante il fattore  $\eta$  in funzione dello smorzamento degli isolatori (15%). Per periodi inferiori, invece, si considera l'intero spettro senza smorzamento.

Per le verifiche in condizioni statiche è stata utilizzata un'analisi statica lineare.

Come descritto successivamente, per la analisi statiche è stata assunta una rigidezza dell'isolatore pari a 2 volte la rigidezza dell'isolatore in condizioni sismiche in quanto il valore del modulo di elasticità tangenziale  $G$ , al disotto del 50% della deformazione massima di un dispositivo, risulta circa 2 volte superiore al valore assunto da  $G$  per deformazioni più elevate.

## 6. SISTEMA DI VINCOLAMENTO

Il sistema di vincolamento previsto per l'opera è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre tali dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa in funzione della mescola elastomerica utilizzata, indispensabile per minimizzare gli spostamenti della struttura isolata. Le caratteristiche dei dispositivi di appoggio, posti rispettivamente in corrispondenza delle spalle, vengono in primo luogo definite in funzione della portata verticale che tali elementi devono essere in grado di garantire e quindi in base alle azioni trasmesse dall'impalcato. La rigidezza traslazionale dei dispositivi di isolamento  $k_h$  è proporzionale allo spessore totale  $t_e$  della gomma secondo l'espressione

$$k_h = G \cdot A / t_e$$

Il valore della rigidezza traslazionale dei dispositivi è proporzionale al modulo di elasticità tangenziale  $G$ . Le mescole elastomeriche ad alto smorzamento di cui sono costituiti i dispositivi di isolamento sono caratterizzate da una sensibile variazione del modulo  $G$  al variare della deformazione. In particolare, il valore di  $G$  al disotto del 50% della deformazione massima di un dispositivo risulta circa 2,0 volte superiore al valore assunto da  $G$  per deformazioni più elevate. Di conseguenza il valore della rigidezza traslazionale dei dispositivi in condizioni di esercizio risulta più elevata di quella in condizione sismica. Di seguito si anticipano i valori delle rigidezze traslazionali dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle in condizioni di esercizio e sismiche. I valori di rigidezza ridotta saranno utilizzati nell'analisi al fine della valutazione delle azioni sismiche, mentre i valori in condizione di esercizio si utilizzeranno nelle analisi statiche lineari. Mediante la modellazione sarà possibile valutare la ripartizione delle azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai diversi elementi di sostegno.

Su ogni elemento (spalla) sono presenti 3 isolatori per un totale di 6 isolatori.

Nel seguito si riportano le rigidezze dei dispositivi utilizzati.

	Kh dispositivi spalle
Condizioni di esercizio	3.02 kN/mm
Condizioni sismiche	1.51 kN/mm



## 7. ESCURSIONI MASSIME DI GIUNTI E VARCHI

Si riportano di seguito gli spostamenti massimi in condizioni sismiche, provocati da una escursione termica di  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  e dal sisma di progetto allo stato limite di collasso. Gli spostamenti in condizione sismica sono riferiti allo spettro elastico di progetto smorzato del 15% conformemente agli isolatori adottati.

L'ampiezza del giunto si ottiene combinando l'azione sismica con coefficiente 1 e la variazione termica con coefficiente 0.50.

Il varco paraghiaia-soletta sarà progettato con la massima escursione prodotta in combinazione sismica SLC al fine di evitare il martellamento degli elementi strutturali

Anche i giunti saranno progettati tenendo in considerazione la massima escursione in combinazione sismica SLC. Qualora gli spostamenti trasversali siano maggiori rispetto agli spostamenti orizzontali, si terrà conto di questi per il dimensionamento del giunto, essendo gli spostamenti garantiti dal giunto in direzione trasversale simili agli spostamenti in direzione longitudinale.

Essendo dimensionante per gli spostamenti la condizione sismica SLC si riportano gli spostamenti ottenuti.

Si riportano nella tabella sottostante il periodo della struttura, la rigidità del singolo appoggio, l'ordinata dello spettro di risposta allo SLC, la forza sul singolo appoggio e lo spostamento totale

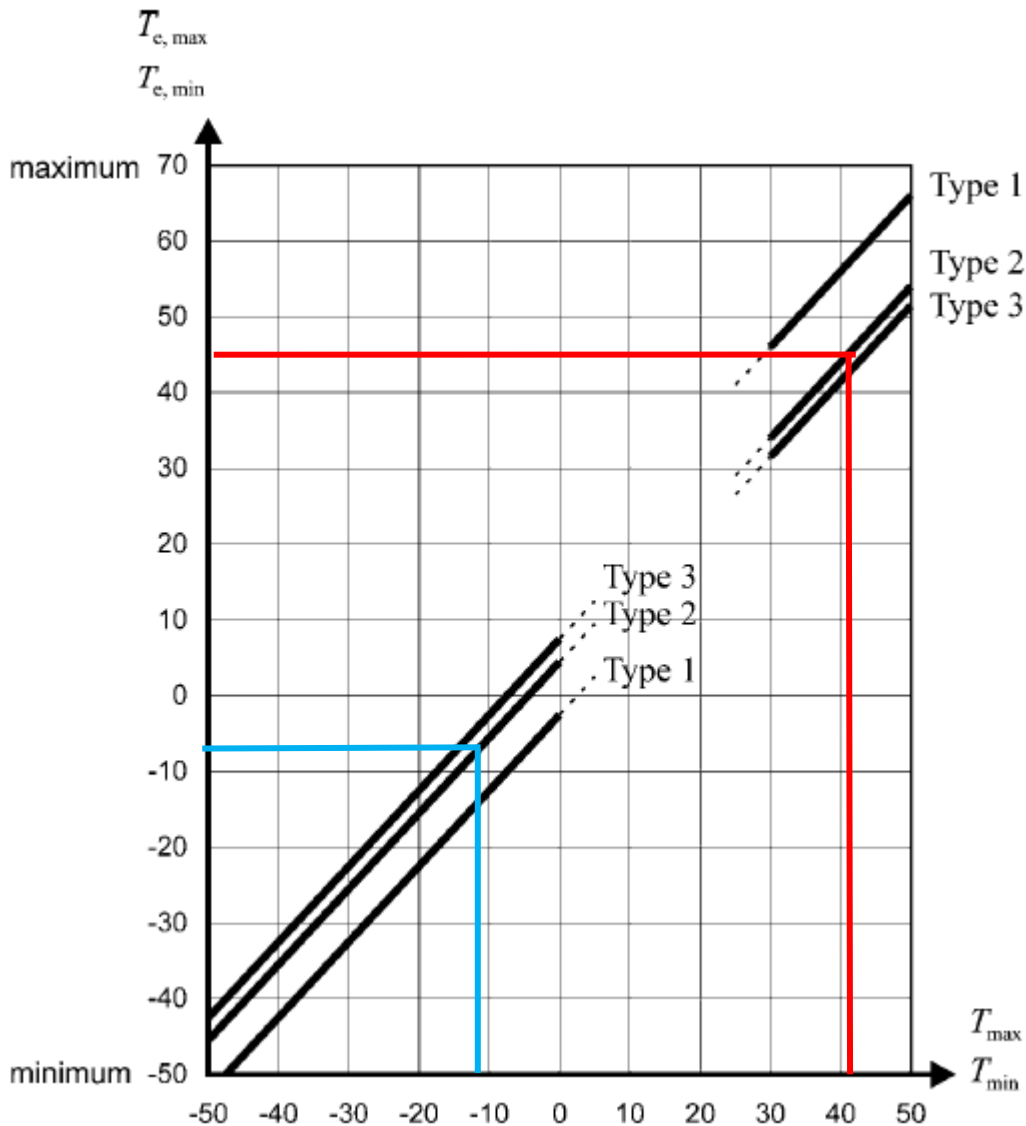
T [s]	Kapp [kN/mm]	ag	Fapp [kN]	$\delta$ [mm]
2.07	1.510	0.22	360.36	239

Si calcola la deformazione dovuta alla variazione termica in accordo con le NTC2018 al paragrafo C.5.1.4.5 e 3.5.

Si calcolano la temperatura massima e minima dell'aria esterna per la zona III:

$$T_{\min} = -8 - 7 \cdot \Delta s / 1000 = -8 - 7 \cdot 430 / 1000 = -11.0^{\circ}$$

$$T_{\max} = 42 - 0.3 \cdot \Delta s / 1000 = 42 - 0.3 \cdot 430 / 1000 = +41.9^{\circ}$$



Si ricavano pertanto:

$$T_{e,min} = -8^{\circ}$$

$$T_{e,max} = 45^{\circ}$$

$$\Delta T_{exp} = +T_{e,max} - T_0 = 45^{\circ} - 15^{\circ} = 30^{\circ}$$

$$\Delta T_{con} = -T_{e,min} + T_0 = -(-8^{\circ}) + 15^{\circ} = 22^{\circ}$$

$$\Delta T_{exp,d} = \Delta T_{exp} + \Delta T_0 = 30^{\circ} + 20^{\circ} = 50^{\circ}$$

$$\Delta T_{con,d} = \Delta T_{con} + \Delta T_0 = 22^{\circ} + 20^{\circ} = 42^{\circ}$$

Lo spostamento dovuto all'azione termica vale (considerando  $L_0 = L/2 = 28m$ )  
 $\Delta dt = \alpha \times \Delta T \times L_0 = 0.000012 \times 50^{\circ} \times 28m = 1.7cm$

Lo spostamento totale:  
 $\Delta t_{tot} = 239mm + 17mm/2 = 248mm$

Lo spostamento massimo ricavato in precedenza vale 24.8cm.

PROGETTAZIONE ATI:

In accordo con il paragrafo 7.2.2 delle NTC2018 lo spostamento vale:

$$d_{Es} = 1.25 \times 24.8\text{cm} = 31\text{cm}$$

Si calcola inoltre il contributo dovuto allo spostamento relativo del terreno pari a:

Caratteristiche Topografiche e Punti dello Spettro					
Zona i				Zona j	
Cat. Suolo	<b>B</b>			Cat. Suolo	<b>B</b>
$a_g$	<b>0.252</b> g	accelerazione orizzontale massima al sito		$a_g$	<b>0.252</b> g
$F_0$	<b>2.506</b>	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale		$F_0$	<b>2.506</b>
$T_C^*$	<b>0.320</b> s	valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale		$T_C^*$	<b>0.320</b> s
$S_s$	1.15	coefficiente di amplificazione stratigrafica		$S_s$	1.15
Cat. Topografica	<b>T1</b>			Cat. Topografica	<b>T1</b>
$S_s$	1.0	coefficiente di amplificazione topografica		$S_s$	1.0
$S$	1.147	coefficiente categoria di sottosuolo e condizioni topografiche		$S$	1.147
$C_C$	1.382	coefficiente funzione della categoria di sottosuolo		$C_C$	1.382
$T_C$	0.442 s	periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro		$T_C$	0.442 s
$T_D$	2.608 s	periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro		$T_D$	2.608 s
$d_{gi}$	0.082 m	spostamento orizzontale	qui moltiplicato per 9,81 per tornare a [m]	$d_{gi}$	0.082 m
$v_{gi}$	0.020 m/s	velocità orizzontale massima del terreno		$v_{gi}$	0.020 m/s
Spostamenti formula 3.2.14					
$d_{ij,max}$	0.145 m	spostamento relativo fra due punti i e j caratterizzati dalle proprietà stratigrafiche del rispettivo sottosuolo ed il cui moto possa considerarsi indipendente			
$d_{ij}$	0.000 m	spostamento relativo per punti che ricadono su sottosuoli differenti a distanza inferiore a 20 m			
$x$	<b>56.00</b> m	distanza fra i due punti in m			
$v_c$	<b>467</b> m/s	velocità di propagazione delle onde di taglio in m/s			
$d_{ij}(x)$	0.036 m	spostamento relativo tra punti a distanza x (in m) in assenza di forti discontinuità orografiche			

Pertanto lo spostamento totale vale:

$$\Delta = d_{Es} + d_{Eg} = 31\text{cm} + 3.6\text{cm} = 34.6\text{cm}$$

Si assumono dunque varchi di ampiezza pari a 36.00cm.