

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Ing. Nicola CUOZZO	Ing. Piergiorgio GRASSO

## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO- TELESE

IN01 – ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO alla Progr. 16+663.25

### RELAZIONE TECNICA GENERALE

APPALTATORE		SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo L. 0011 DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO  24/02/2020		-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	I	N	0	1	0	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S. Bushaj	24/02/2020	N. Cuozzo	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Nicola Cuozzo
								 24/02/2020

File: IF26.12.E.ZZ.CL.IN.01.0.0.001.A

n. Elab.:

## Indice

<b>1</b>	<b>GENERALITA' .....</b>	<b>3</b>
1.1	FASI COSTRUTTIVE DEL TRATTO D'OPERA .....	6
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>9</b>
2.1	SOFTWARE IMPIEGATO ..... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>DURABILITÀ .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>14</b>
5.1	COSTANTE DI SOTTOFONDO .....	16
5.2	CAPACITÀ PORTANTE .....	17
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DI SCATOLARI.....</b>	<b>25</b>
7.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	25
7.2	MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	31
7.3	MODELLAZIONE SISMICA .....	33
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>42</b>
9.1	VERIFICHE SLU.....	42
9.2	VERIFICHE SLE.....	44

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	3 di 46

## 1 GENERALITA'

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del Progetto Esecutivo (PE) per il Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento / 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano e si occupa, in particolare, della descrizione dell'attraversamento idraulico alla progr. 16+663.25, codificato a nome IN01 e dei criteri di dimensionamento seguito per i suoi elementi strutturali.

L'opera in oggetto è un manufatto scatolare in c.a. di lunghezza complessiva di 38,61m, prefabbricato a piè d'opera e successivamente infisso al di sotto del rilevato stradale mediante la tecnica del "varo oleodinamico". Le sue peculiari dimensioni geometriche sono riassunte nelle seguenti Tabella e Figure:

Tabella 1 – Dimensioni geometriche del manufatto

WBS	OPERA	PROGR.	L	DL	B	H	Th,s	Th,p	Th,f	Hr
			m	m	m	m	m	m	m	m
IN01	Vallone Ferro	16+633.25	14.5	20.0	12.0	8.6	1.30	1.20	1.40	0.95

- L lunghezza complessiva stimata dell'opera scatolare
- DL Sviluppo complessivo opere di imbocco/sbocco
- B Larghezza netta interna dell'opera
- H Altezza netta interna dell'opera
- Th,s Spessore soletta superiore
- Th,s Spessore piedritti
- Th,s Spessore soletta fondazione
- Hr Altezza del terreno ricoprimento dal PF

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	4 di 46



Figura 1 – Inquadramento planimetrico

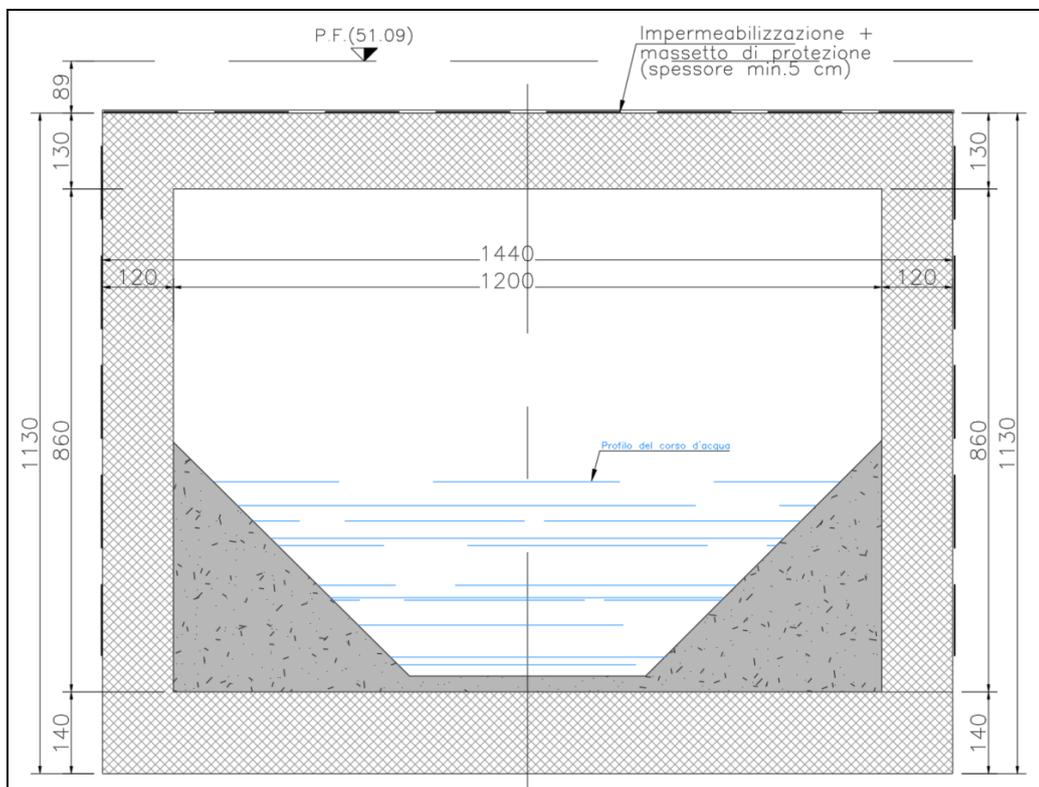


Figura 2 – Sezione trasversale

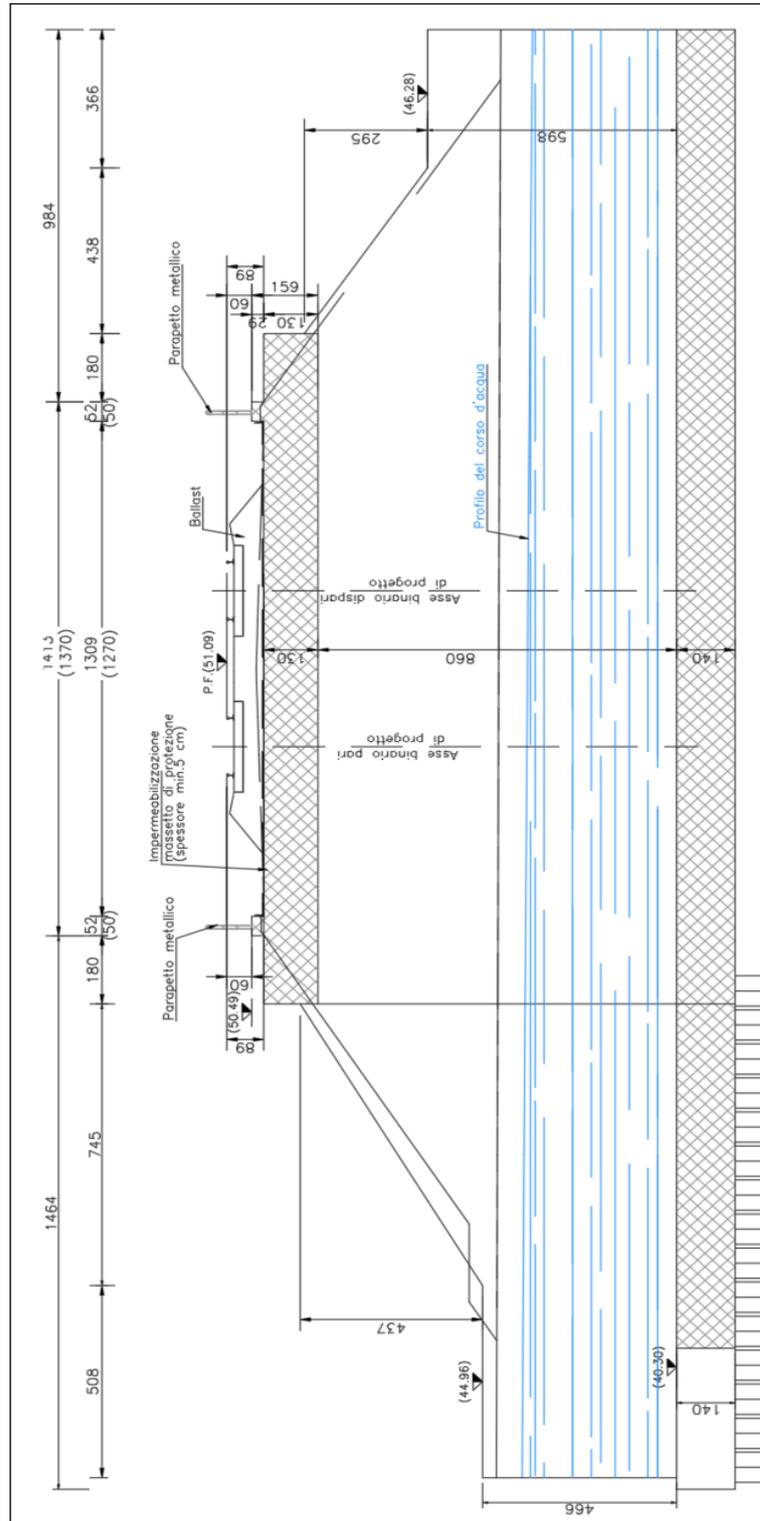


Figura 3 – Sviluppo Longitudinale

Nel seguito della presente relazione è affrontato il dimensionamento strutturale e geotecnico della galleria.

## 1.1 FASI COSTRUTTIVE DEL TRATTO D'OPERA

Lo scatolare svolge la funzione di ampliare l'attraversamento del corpo ferroviario da parte del Vallone Ferro, ampliandone la attuale sezione idraulica. La sua nuova ubicazione risulta, per evidenti motivi costruttivi, diversa dalla sua posizione attuale e pertanto il corso del Vallone risulta interessato da una variazione geometrica del suo andamento planimetrico. Inoltre, per consentire il mantenimento dell'esercizio ferroviario durante le fasi costruttive, il nuovo scatolare viene inizialmente costruito fuori opera e successivamente spinto nella sua sede definitiva per mezzo di martinetti idraulici.

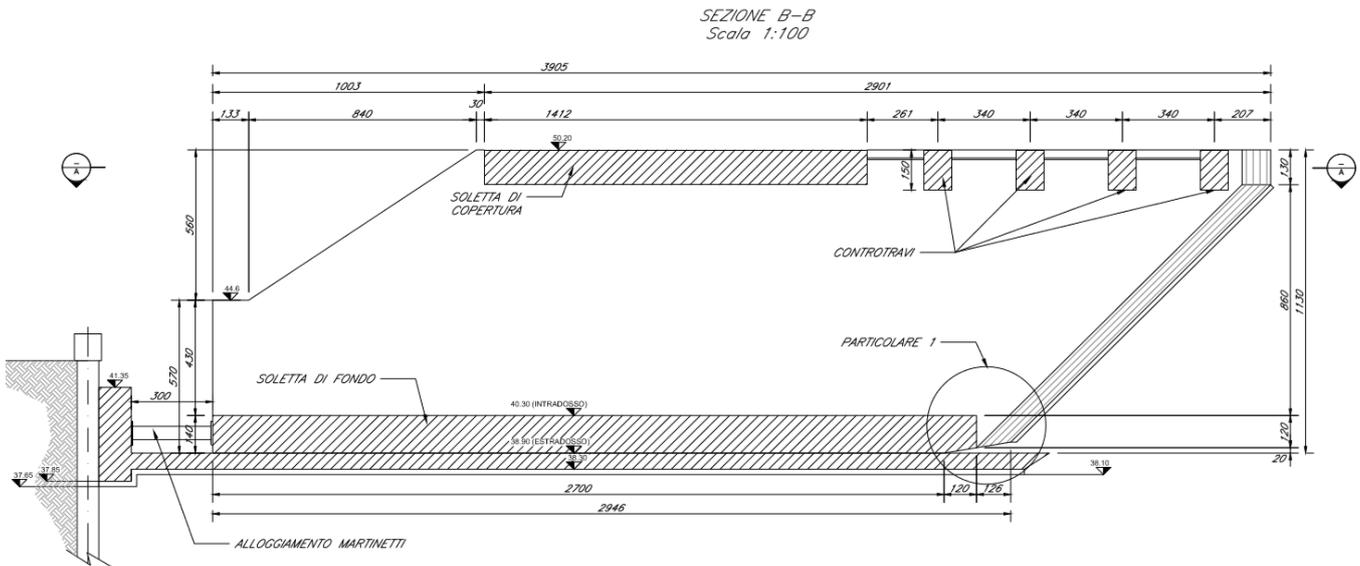


Figura 4 – Sezione Longitudinale monolite e rostro

Il Campo di Prefabbricazione e Spinta viene ubicato, confermando le scelte del Progetto Definitivo e dell'Appaltatore, sul lato valle del rilevato ferroviario esistente in quanto risulta più agevole l'accesso al Cantiere da parte dei ai mezzi d'opera. Le sue dimensioni e il suo inserimento nella morfologia del territorio richiedono il ritombamento di parte dell'attuale fosso con materiale idoneo a contenere le deformazioni verticali del suolo al quale la Platea di Varo trasmette i carichi dovuti al peso proprio dello scatolare, dei muri andatori lato valle che vengono spinti insieme allo scatolare, e del Rostro.

Lo scatolare, infatti, viene dotato di un Rostro in cemento armato, a prosecuzione dei piedritti, che profila e protegge la scarpata di scavo e che porta, alla sommità, 4 Traversi il cui compito è sostenere le travi metalliche di manovra che offrono, a loro volta, appoggio provvisorio ai binari durante le fasi di scavo e spinta.

L'approntamento del Campo di Spinta richiede la realizzazione di opere provvisorie composte da una paratia frontale di pali avente lunghezza pari 19.60m e diametro 1.20m. Una volta completate le opere provvisorie si procede agli scavi fino al raggiungimento di quota +37.75m. I lavori proseguono, quindi, con l'edificazione della Platea di Varo di spessore 0.60m e lunghezza totale pari a 36.18m. La Plate in c.a. ospita dunque la costruzione e lo scorrimento del Monolite a spinta il cui contrasto viene offerto da un muro, detto frontale, in c.a di larghezza 16.52, altezza 3.50m e spessore 1.20m. Tale muro ha la funzione di diffondere la spinta dei martinetti verso il terreno a tergo della palificata reggisinta.

Le dimensioni del campo di spinta e l'ubicazione iniziale dell'opera sono idonee a rispettare le prescrizioni di Capitolato per la sicurezza delle maestranze in prossimità della linea ferroviaria esistente che, pur con rallentamento a  $V= 80$  km/h, continua ad espletare il suo ordinario esercizio.

Costruita dunque la struttura da spingere, vengono allestite le apparecchiature oleodinamiche necessarie al suo avanzamento sotto la sede ferroviaria, costituite da 10/12 martinetti di portata 500 ton e corsa 1.00 m. I martinetti

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>7 di 46</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	7 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	7 di 46								

trovano ubicazione verticale sulla linea d'asse della soletta di fondazione dell'opera, mentre la loro ubicazione trasversale viene attentamente ponderata al fine di non causare deviazioni dell'avanzamento rispetto al suo allineamento teorico, né impegnare eccessivamente i profili di guida posti ai margini della Platea di Varo. La scelta della quota del piano di scorrimento viene stabilita in funzione delle esigenze sia del binario attuale che del binario futuro, i quali risultano a quote tra loro diverse. La tabella che segue mostra il dettaglio degli spessori di ballast o delle altezze delle travi di manovra richieste:

	Binario Attuale	Binario Futuro	Differenze	
Piano del Ferro	+50,60	+51,09	0,49	m
Estradosso Scatolare	+49,85	+49,85	0	m
Intradosso Scatolare	+48,55	+48,55	0	m

La Platea di Varo viene prevista orizzontale mentre le quote di scorrimento del Vallone vengono in seguito definite dalla sagomatura dell'alveo che prosegue anche all'interno della nuova opera.

La spinta procede in volate successive di lunghezza di circa un metro con rientro degli steli e interposizione di prolunghe metalliche. Raggiunto il primo step di spinta di circa 20 m, i martinetti e tutte le prolunghe impiegate vengono smontate al fine di procedere alla costruzione dell'estensione di spessore della platea di varo per proseguire le operazioni di spinta (prolunga in calcestruzzo).

Per facilitare l'avanzamento, ed in particolare per ridurre gli attriti del "primo stacco", tra la platea di varo e la soletta inferiore del monolite si prevede la posa di un doppio foglio di pvc con interposizione di uno strato di grasso. Per il sostegno dei binari si utilizza il sistema Essen che prevede le seguenti attività.

1. Lavori preliminari del "Sistema Essen":
  - a. rilievo topografico
  - b. progettazione del "Sistema Essen"
  - c. posizionamento capisaldi di rilevamento topografico per controllo monolite
  - d. infissione pali in legno Ø300 L=5.0 e 7.0 m
2. Lavori preparatori e varo n.2 Ponti ESSEN
3. Scavi e posa in opera n.6 travi di manovra HEM300 L=13.50 m e supporti in legno
4. Montaggio n. 2 travi per il controvento orizzontale delle travi di manovra
5. Posa in opera dei dispositivi di scorrimento e controllo-regolazione del "Sistema Essen"
6. Spinta monolite (L spinta ~ 37 m)
7. Smontaggio travi per il controvento orizzontale delle travi di manovra
8. Smontaggio Ponti ESSEN, travi di manovra, ripristino ballast e livellamento binario

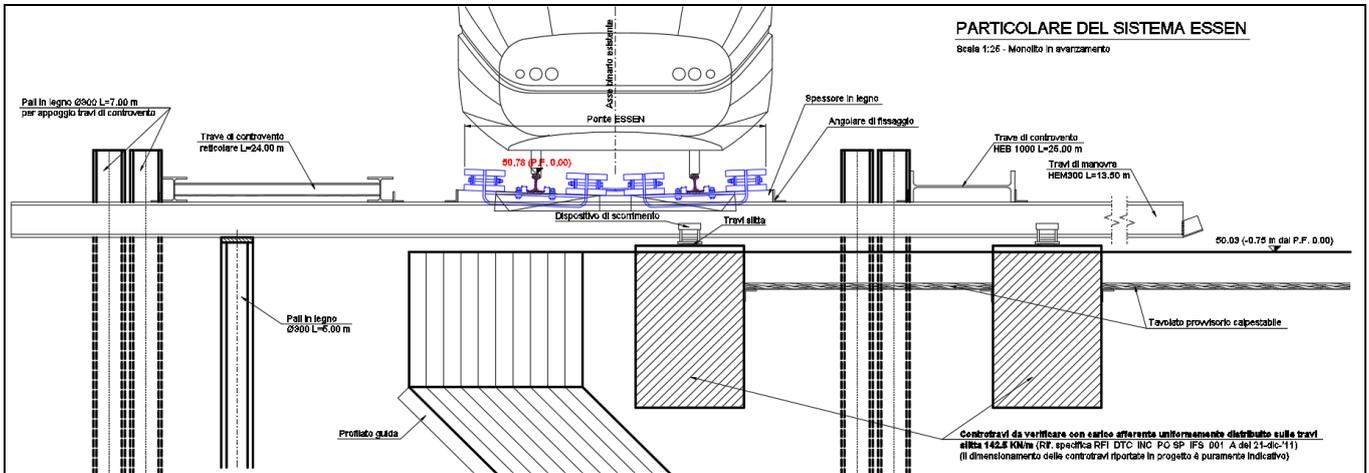


Figura 5 – Sistema Essen

Una volta completata l'infissione del monolite si procede alla demolizione del rostro, alla ricostruzione dei muri andatori lato ovest, alla sistemazione interna dello scatolare e, infine, alla deviazione del canale sotto il nuovo attraversamento idraulico.

A riepilogo di quanto sopra descritto si mostrano la seguente Tabella e le seguenti figure tratte dagli elaborati progettuali.

Una volta raggiunta la sua posizione definitiva si procede all'esecuzione delle opere integrative costituite dalla costruzione dei muri andatori lato monte, previa demolizione del Rostro, riprofilatura del nuovo tracciato del Vallone Ferro e sua sistemazione idraulica, ricoprimento e/o demolizione delle opere provvisorie impiegate per la sua costruzione (Platea, Paratia, ....).

A riepilogo di quanto sopra descritto si mostrano la seguente Tabella e le seguenti figure tratte dagli elaborati progettuali.

Tabella 2 – Fasi Costruttive

FASE	DESCRIZIONE	NOTE
0	Scavo di sbacamento area di varo fino a quota +42.00m	z=+42.00 m
1	Deviazione canale esistente interferente con area di varo	
2	Realizzazione paratia di pali frontale e installazione sistema di aggrottamento.	
3	Scavo 1:1 fino a quota +37.75m lato EST	z=+37.75 m
4	Allestimento del Campo di Varo (Platea di Varo, Paratia, Muri reggispinta)	z=+37.75 m
5	Costruzione del Monolite e del Rostro	
6	Impermeabilizzazione estradosso Soletta Superiore e Piedritti	
7	Sostegno provvisorio dei Binari mediante Ponte Essen con Travi di Manovra	
8	Operazioni di Spinta e Scavo dall'interno del Monolite	
9	Prolungamento delle Strutture di reazione alla Spinta	

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>9 di 46</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	9 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	9 di 46								

10	Raggiungimento della Sede Definitiva e demolizione delle Strutture Accessorie	
11	Scavo 1:1 fino a quota +37.75m lato OVEST e demolizione rostro	
12	Costruzione delle Strutture di completamento dell'Opera	
13	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali	
14	Apertura al traffico ferroviario	

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016 )
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

### 3 MATERIALI

Nella Tabella che segue si riportano in sintesi le Classi dei materiali impiegati per l'analisi strutturale:

Tabella 3 – Lista Materiali

<b>ELEMENTO</b>	<b>CALCESTRUZZO</b>
Monolite e Muri	C32/40
Pali per Paratie Reggispinta	C25/30
Cordoli e Muro Reggispinta	C25/30
Platea Campo di prefabbricazione	C30/37
Magroni di pulizia	C12/15
<b>ELEMENTO</b>	<b>ACCIAIO IN BARRE A.M.</b>
Tutti	B450C

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	11 di 46

**4 DURABILITÀ**

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI 11104, si definiscono di seguito le classe di esposizione del calcestruzzo delle diversi parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

Tabella 4 – Classi di esposizione per le diversi parti della struttura

Elemento	Classe CLS	Classe di Esp.ne	Ambiente	Diam.Max Aggregati	Max a/c	Min Cemento	Copriferro
				mm		[kg/mc]	[mm]
Monolite e Muri	C32/40	XC4	aggressivo	32	0.50	340	40
Platea	C30/37	---	---	32	0.55	320	40
Pali e Cordoli	C25/30	---	---	25	0.60	300	60

Classe esposizione norma UNI 9550	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9550	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battaglia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *</b>						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
<b>6 Attacco chimico **</b>						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

\*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:  
- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;  
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.  
\*\*) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Figura 6 – Classi di esposizione secondo UNI-EN 206-2006.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>12 di 46</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	12 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	12 di 46								

La scelta delle classi di resistenza dei conglomerati riportate in precedenza viene di seguito verificata impiegando il Prospetto 4 della UNI-EN 11104 il quale prescrive, in funzione delle Classi di Esposizione, la resistenza minima delle miscele da adottare:

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione															
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri			Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare		Cloruri provenienti da altre fonti		XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza <sup>1)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28/35	28,35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)												3,0 <sup>a)</sup>				
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo		È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>b)</sup>		

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.  
a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.  
b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Figura 7 – Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI - 11104

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n.617 del 02-02-09 redatta dal legislatore per una Vita Nominale di 50 anni:

Tabella 5 – Definizioni del copriferro secondo le NTC08

Vita Nominale = 50 anni

Cmin	Co	ambiente	barre c.a. per Piastre		barre c.a. per altri Elem.		cavi c.a.p. per Piastre		cavi c.a.p. per altri Elem.	
			C>=Co	Cmin<=C<Co	C>=Co	Cmin<= C<Co	C>=Co	Cmin<= C<Co	C>=Co	Cmin<=C<Co
25	35	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
28	40	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
35	45	molto aggr.	35	40	40	45	45	50	50	50

Interpolando per la Vita Nominale di Progetto scelta dal Committente e pari a 75 anni, ed eseguendo il calcolo analitico del copriferro minimo, riportato nella tabella che segue, si evince che i copriferri adottati in PE confermano i copriferri già previsti in PD che già ottemperavano alle richieste normative, come di seguito mostrato.

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	13 di 46

Monolite e  
Muri

$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$

AMBIENTE = 2 Aggressivo  
Classe di Esposizione = XC4

$C_{min} = 28 \text{ N/mm}^2$

$C_o = 40 \text{ N/mm}^2$

VITA NOMINALE = 75 anni

Copriferro base = 30 mm

Incr. per Resistenza = 0 mm

Incr. per Vita Nominale = 5 mm

Incr. per Controllo Qualità = 0 mm

Copriferro di Calcolo = 35 mm

**Copriferro di PE = 40 mm**

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1" 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;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN0100 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">14 di 46</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	14 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	14 di 46								

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'Opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel Profilo Geotecnico e dalla Caratterizzazione dei Litotipi riportata nella Relazione e geotecnica Generale del progetto esecutivo.

Relazione geotecnica generale	I F 2 6 1 2 E Z Z R B G E 0 0 0 5 0 0 1 A
-------------------------------	---

Dall'esame di quanto ivi riportato e in relazione alla progressiva 16+663,25 in esame, emerge che il volume di terreno direttamente interagente con l'opera ha le seguenti proprietà:

Tabella 6 – Caratteristiche geotecniche

Unità	$\gamma_n$ kN/m <sup>3</sup>	$E_0$ N/mm <sup>2</sup>	$\nu$	$\phi$ °	$c$ kN/m <sup>2</sup>	Nspt	Dr %	Vs m/s	$G_0$ N/mm <sup>2</sup>
Terreno da rilevato Ferroviario	20.0	300÷400	0.20	38	0	---	---	---	---
Unità TGC2 Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa (Tufo grigio campano)	18.5	100÷450	0.25	30÷37	0	10÷60	20÷80	120÷300	40÷175

dove:

- $\gamma$  = peso di volume naturale;
- $E_0$  = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
- $\nu$  = coefficiente di Poisson;
- $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio;
- $c'$  = coesione drenata;
- Nspt = n. di colpi da prova SPT;
- Dr = densità relativa;
- Vs = velocità delle onde di taglio;
- $G_0$  = modulo di deformazione a taglio (a piccole deformazioni)

Dal profilo geotecnico locale si evince che la superficie piezometrica è situata a quota  $z=+40.26$  m slm, quota confermata anche dalle successive letture piezometriche, ossia circa 2 metri più in alto della quota di spinta dell'Opera posta a  $z=+37.75$  m slm. Ciò richiede, quindi, la necessità di prevedere l'aggettamento temporaneo delle acque di falda attraverso un importante sistema di emungimento che consenta alle maestranze di operare in sicurezza e garantire il regolare esercizio ferroviario sovrastante. La figura che segue mostra, inoltre, come il dimensionamento idraulico obblighi l'Opera a trovare fondazione nello strato sabbioso saturo ove la permeabilità dello strato e la non trascurabile dimensione trasversale dell'Opera, richiedono un sistema di aggettamento importante, continuo e ridondante. Infatti una sua interruzione potrebbe causare, con una rapida risalita per filtrazione della piezometrica, la rottura per sifonamento del fondo scavo con conseguente perdita di stabilità ed orizzontalità dell'Opera durante la sua

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	15 di 46

fase di avanzamento. Questo rischio si potrebbe ridurre adottando soluzioni alternative senza scavi così profondi ma in questa sede la Scrivente non può che ingegnerizzare le scelte operate in sede di Progetto Definitivo.

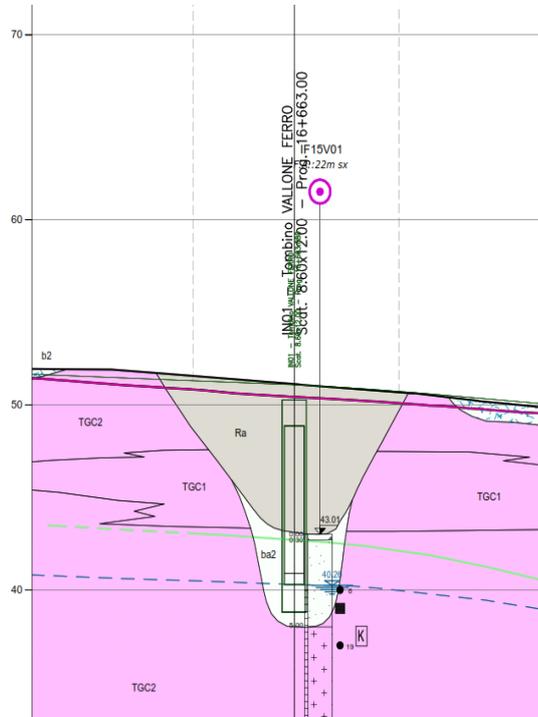


Figura 8 – Profilo Geotecnico Locale

La Tabella che segue sintetizza in cifre la situazione stratigrafica individuata dai sondaggi e dalle indagini:

MODELLO GEOTECNICO SEZ. 1 – P.k. 16+663,00							
	Litotipo		Potenza m	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$c'$ kN/m <sup>2</sup>	$\varphi'$ °	$E'$ N/mm <sup>2</sup>
0	Terreno di Rinfiaccio e di Ricoprimento (Terreno da rilevato Ferroviario)		Ra	5,5	20	0	35
FALDA -8,8	Limo argilloso deb. Sabbioso		Ba	5,1	19	0	25
-25,4	Tufo Grigio Campano (Cenere sabbiosa, sabbioso-limoso)		TGC2	14,8	18.5	0	33

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>16 di 46</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	16 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	16 di 46								

## 5.1 COSTANTE DI SOTTOFONDO

Per la determinazione della costante di sottofondo si fa riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione

ct = coefficiente di forma proposti dal Bowles, 1960

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

$\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;

E = modulo elastico medio del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di **E** attribuito allo strato di Fondazione

Tabella 7 – Parametri per determinare la costante di sottofondo

$E_o$	$\nu$	B	L	ct	$K_w$
kN/m <sup>2</sup>		m	m		kN/m <sup>3</sup>
100 000	0.25	14.4	14.5	0.9	8 646

## 5.2 CAPACITÀ PORTANTE

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Meyerhof, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

c	Coesione
ca	Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )
$\theta$	Angolo che la retta d'azione del carico forma con la verticale
$\varphi$	Angolo d'attrito
$\delta$	Angolo di attrito terreno fondazione
$\gamma$	Peso specifico del terreno
Kp	Coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
B	Larghezza della fondazione
L	Lunghezza della fondazione
D	Profondità del piano di posa della fondazione
$\eta$	inclinazione piano posa della fondazione
P	Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
qult	Carico ultimo della fondazione

Meyerhof propone per la valutazione di  $q_{ult}$ , le seguenti espressioni generali:

### Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

### Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

in cui  $d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,

In particolare risulta:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4 \phi)$$

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	18 di 46

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$d_q = d_\gamma = 1$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$

Fattori di forma

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_q = s_\gamma = 1$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$

Fattori inclinazione del carico

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\vartheta}{90}\right)^2$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\vartheta}{\phi}\right)^2$

L'espressione di Meyerhof impiegata nel caso in esame vede il piano di fondazione orizzontale ( $i=0$ )

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato dal D.M. 14 Gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

Il tracciato della Linea Ferroviaria si sviluppa per circa 30km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).

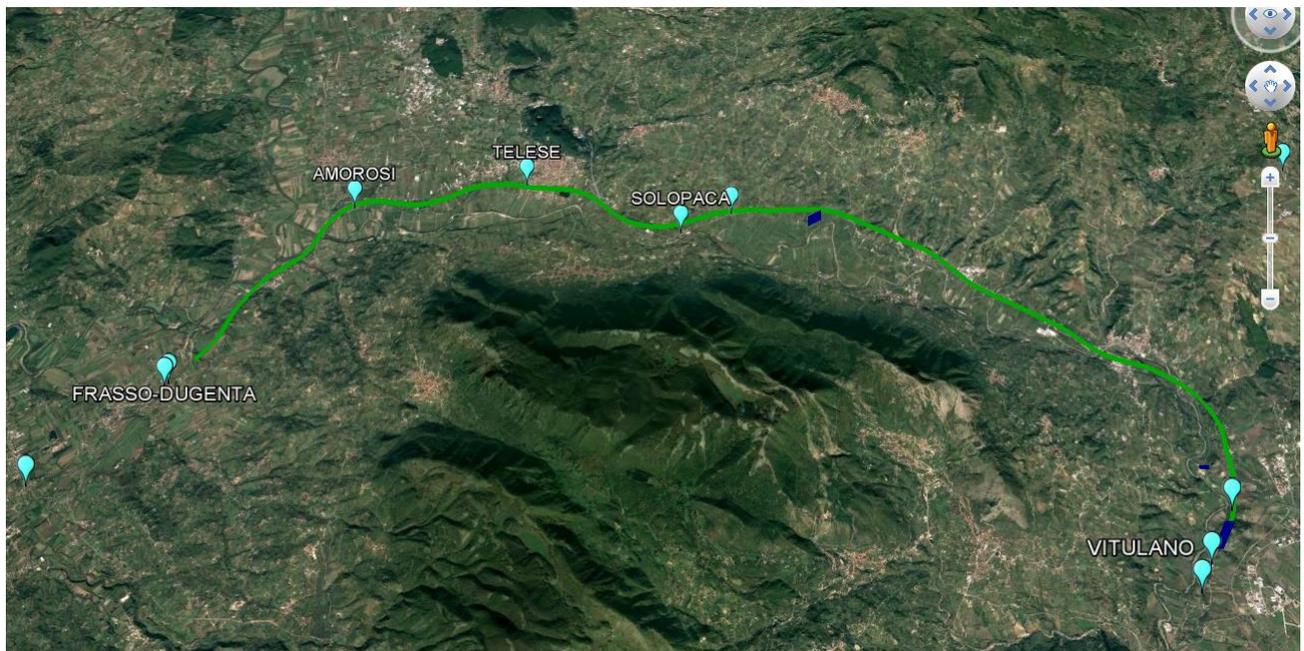


Figura 9 – Configurazione planimetrica tracciato

La Galleria Artificiale Telese, a codice GA02, si sviluppa per circa 3km nei soli territori dei Comuni di Telese e Solopaca (BN). Quest'ultimo è stato assunto quale rappresentativo per la valutazione delle azioni sismiche di progetto.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni propria della Categoria 2 "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  km/h".

Per la definizione della Classe d'Uso si assume l' opera appartenente alla Classe III a cui, per lo Stao Limite di Vita (SLV) è associato un coefficiente d'uso pari a  $C_u = 1,50$ .

Il prodotto dei due parametri precedenti danno luogo, come noto, al Periodo di Riferimento:

$$V_r = 1,50 * 75 = 112,50 \text{ anni}$$

La Categoria di Sottosuolo è valutata in Relazione Geotecnica secondo le prescrizioni di cui e al punto 3.2.2 del DM 14.01.08.

		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	20 di 46

Dal documento si evince che l'opera in esame appartiene al

### Sottosuolo Tipo C

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Figura 10 – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Per la Topografia si assume:

### Classe Topografica T1

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 11 – Categorie Topografiche

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 12 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

I prospetti che seguono inseriscono le scelte su definite nel complesso normativo proprio della NTC08:

Tabella 8 -

Stato Limite	Pvr	Classe d'Uso	Cu	Note NTC08
	%			
SLO	81	1	0,70	Presenza Occasionale di Persone
SLD	63	2	1,00	Normale affollamento
SLV	10	<b>3</b>	<b>1,50</b>	Affollamenti significativi
SLC	5	4	2,00	Reti Viarie di Tipo A e B DM 5.11.2001

Tabella 9 -

Opera	Vita Nom.	CLASSI D'USO			
		1	2	3	4
	Vn				
Provvisoria	< =10	35	35	35	35
Ordinaria	>=50	35	50	<b>75</b>	100
Grande Opera	>=100	70	100	150	200

e riepilogando si assume:

Tabella 10 -

Stato Limite	Pvr	Vn	Cl. d'uso	Cu	Vr = Vn * Cu
	%	anni			anni
<b>SLV</b>	<b>10</b>	<b>75</b>	<b>3</b>	<b>1,50</b>	<b>112,50</b>

La figura che segue mostra le accelerazioni spettrali ed i relativi parametri di governo della località:

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

IN01 Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	22 di 46



Figura 13 – Località di interesse

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.072	2.406	0.328
SLD	113	0.089	2.439	0.347
SLV	1068	0.209	2.508	0.437
SLC	2193	0.270	2.515	0.451

Figura 14 – Parametri Sismici per Dugenta (BN)

Da quanto sopra si ricavano gli spettri elastici del sito:

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	23 di 46

Parametri di Spettro Elastico (q=1.00) Componente Orizzontale

				per	q = 1
Sito				T	Sd_h
Regione Campania					
Provincia Benevento					
Comune Dugenta				0.000	0.290
Latitudine				Tb	0.201 0.726
Longitudine				Tc	0.603 0.726
				0.690	0.634
Stato Limite				0.778	0.563
				0.865	0.506
Vn = 75 anni				0.952	0.460
Cu = 1,50				1.039	0.421
				1.127	0.389
Vr = 112,5 anni				1.214	0.361
				1.301	0.337
Tr = 1 067,8 anni				1.389	0.315
Pvr =: 10 %				1.476	0.297
				1.563	0.280
Suolo	Ss'	Ss	Cc	1.650	0.265
				1.738	0.252
A	1.000	1.000	1.000	1.825	0.240
B	1.190	1.190	1.298	1.912	0.229
C	1.385	1.385	1.380	2.000	0.219
D	1.614	1.614	1.891	2.087	0.210
E	1.423	1.423	1.740	2.174	0.201
				2.261	0.194
Cat, Suolo C				2.349	0.186
Ss = 1,385				Td	2.436 0.180
Cc = 1,380				2.510	0.169
				2.585	0.160
Cat, Topogr, T1				2.659	0.151
St = 1,000				2.734	0.143
				2.808	0.135
				2.883	0.128
				2.957	0.122
ah = 0.209 g				3.032	0.116
Fo = 2.508 >= 2,200				3.106	0.111
Tc* = 0.437 s				3.181	0.105
				3.255	0.101
qo = 1,000				3.330	0.096
Kr = 1,000				3.404	0.092

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	24 di 46

		3.479	0.088
q =	1.000	3.553	0.084
S =	1.385	3.628	0.081
h o 1/q =	1.000	3.702	0.078
Tb =	0.201 s	3.777	0.075
Tc =	0.603 s	3.851	0.072
Td =	2.436 s	3.926	0.069
0,20 * a =	0.042	4.000	0.067
		10.000	0.067
dg =	0.0106 m		d_suolo
vg =	0.0279 m/s		V_suolo

L'accelerazione verticale vale,

$$a_v = a_g * F_v / F_o = 1,35 * a h^{3/2} = 1,35 * 0.209^{3/2} = 0.129$$

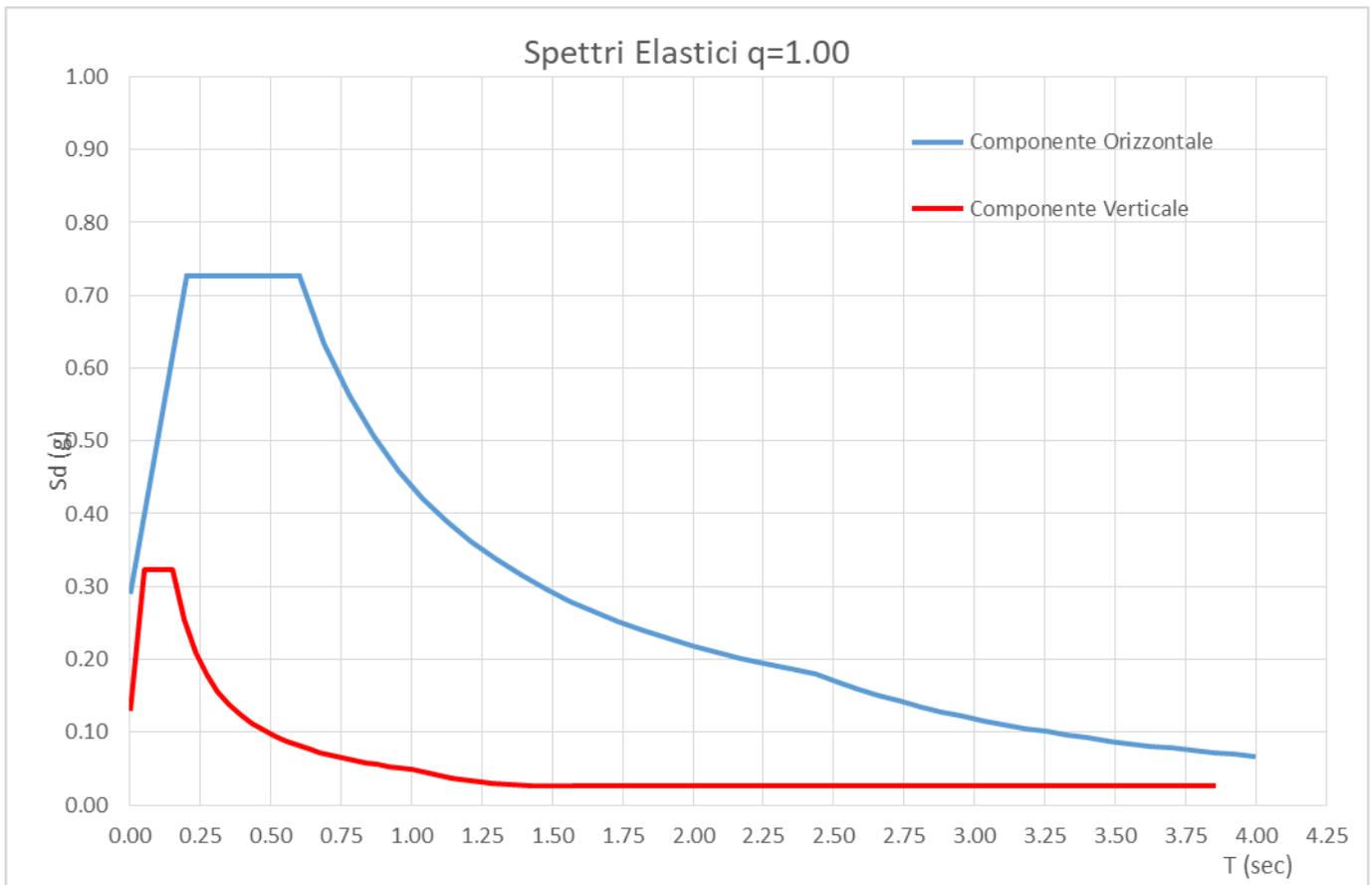


Figura 15 – Spettri elastici del sito

## 7 ANALISI DI SCATOLARI

### 7.1 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Il dimensionamento degli elementi strutturali del Monolite viene realizzato per mezzo di un solutore agli elementi finiti, il SAP2000 versione 21, attraverso la modellazione di telai piani composti da elementi lineari (Frame). Il telaio scatolare rappresenta la parte sottobinario dell'Opera mentre telai a U rappresentano i muri agli imbocchi.

Il modello implementato per la determinazione delle sollecitazioni e delle deformazioni schematizza la linea d'asse degli elementi strutturali la cui discretizzazione è attenta a cogliere alcuni punti notevoli per la verifica delle sezioni.

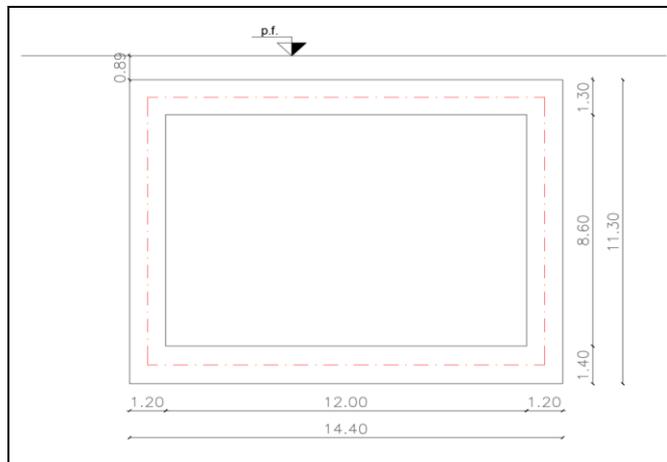


Figura 16 - Sezione trasversale retta del Monolite Sottobinario

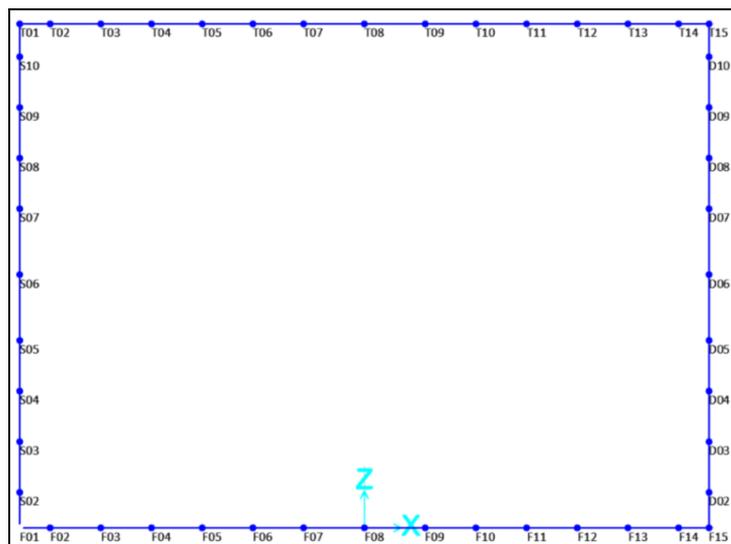


Figura 17 – Tipologia della Struttura Scatolare

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO**  
**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO**  
**1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	26 di 46

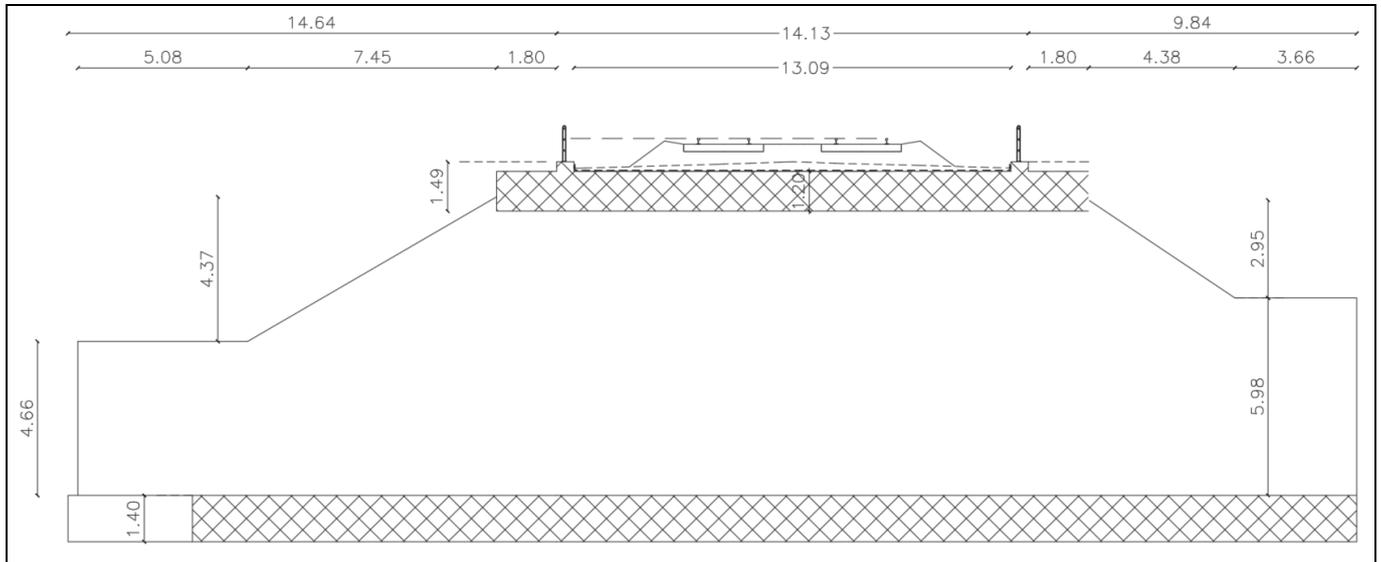


Figura 18 – Sezione Longitudinale dei Muri Andatori

Sia i nodi che gli elementi frame che compongono la linea d'asse sono denominati con codici mnemonici di facile lettura: Txx, Dxx, Sxx, Fxx dove i prefissi "T", "D", "S" e "F" rispettivamente indicano la tipologia di elemento a cui si riferiscono: Traverso, Piedritto destro, Piedritti destro e sinistro, Fondazione. I suffissi "xx" rappresentano il numero progressivo dell'elemento che, in genere, coincide con la denominazione del suo nodo "i".

L'origine del sistema di riferimento globale del modello coincide con il nodo F01 corrispondente all'intersezione tra la linea d'asse della fondazione e del piedritto di sinistra. Il piano della struttura è il piano XZ in cui l'asse X rappresenta la direzione longitudinale del tracciato ferroviario il cui verso positivo va da sinistra a destra, ossia dal nodo F01 al nodo F15, mentre l'asse verticale Z è diretto verso l'alto. L'asse trasversale Y, non impiegato nell'analisi FEM, è ortogonale ai precedenti e forma con essi una terna destrorsa. Tale asse coincide con la direzione del flusso idraulico del torrente che attraversa l'infrastruttura ferroviaria nonché con la base della sezione unitaria di verifica posta pari a  $B_y \times H = 1.00 \times H$ .

Quanto sopra vale anche per i muri andatori ad U, salvo la ovvia assenza del traverso superiore e la diversa lunghezza dei singoli elementi frame. La singolarità di questo telaio sta, invece, nella scelta della altezza di calcolo del paramento che è stata individuata, come indicato nella figura che ne riporta la sezione longitudinale, ponendosi a  $2/3$  del suo sviluppo in lunghezza del tratto ad altezza variabile.

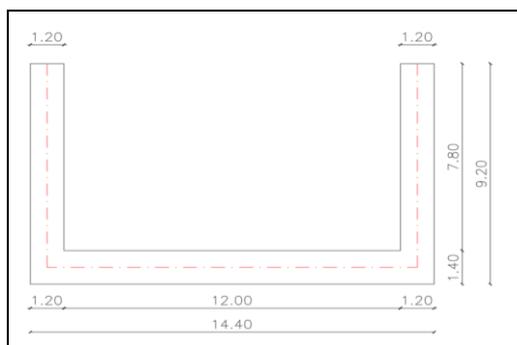
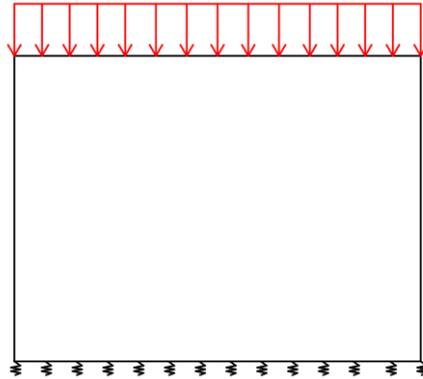


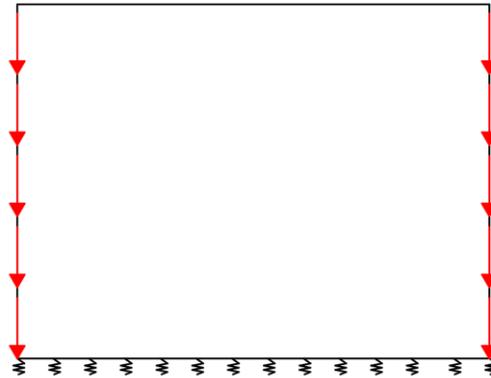
Figura 19 – Sezione trasversale retta dei Muri Andatori

Gli schemi di carico elementari adottati nell'analisi strutturale sono mostrati nelle pagine che seguono.

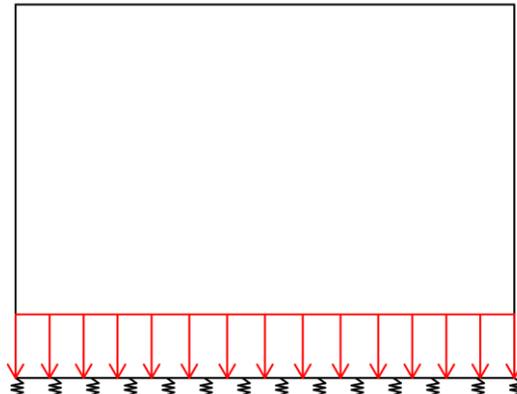
**SCHEMA A1**



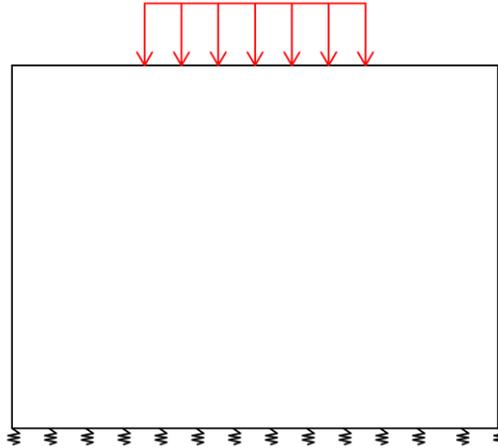
**SCHEMA A2**



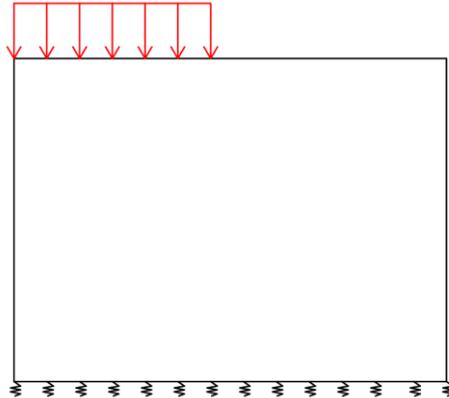
**SCHEMA A3**



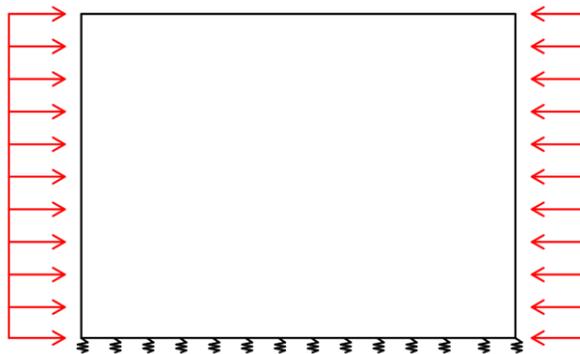
**SCHEMA A4**



**SCHEMA A5**



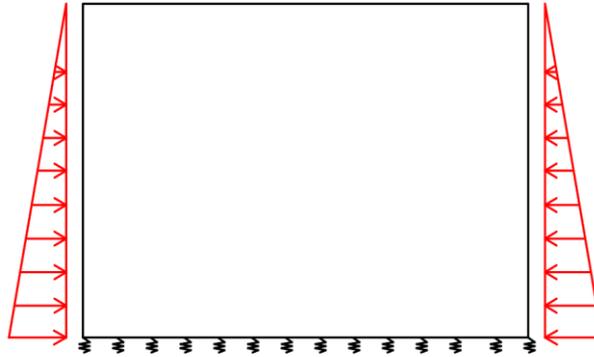
**SCHEMA B1**



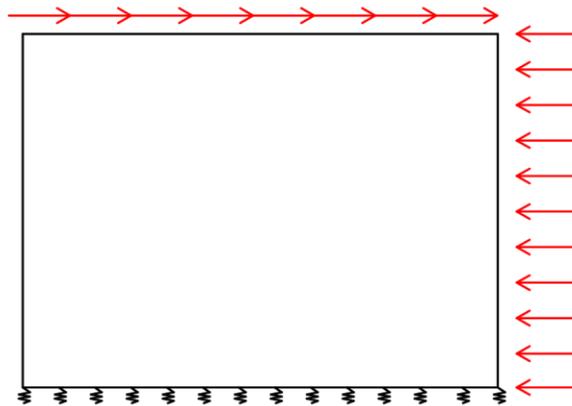
**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	29 di 46

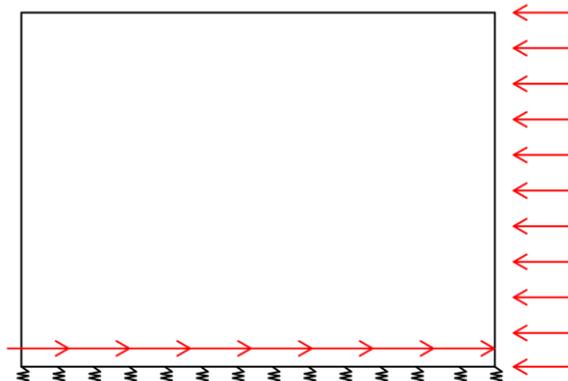
**SCHEMA B2**



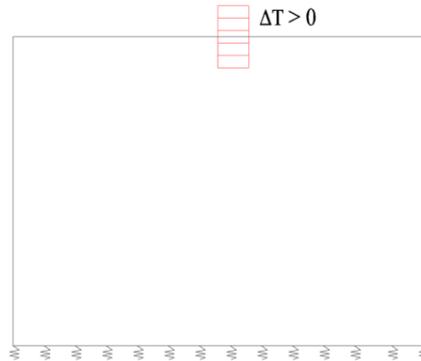
**SCHEMA C1**



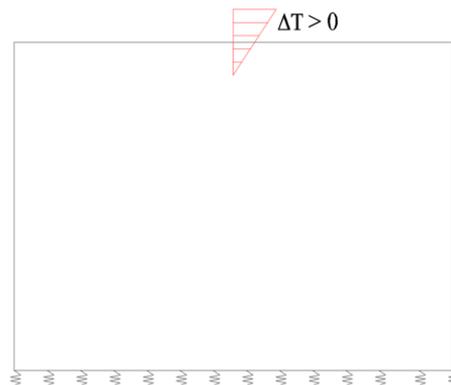
**SCHEMA C2**



### SCHEMA D1



### SCHEMA D2



Gli Schemi di Carico elementari vengono impiegati per l'analisi delle sollecitazioni sulla struttura elastica e poi combinati in funzione dei dettami della Normativa di riferimento.

Tabella 11 – Descrizione delle condizioni di carico per lo scatolare

Condizione di Carico	Descrizione
G1	Peso proprio
G2	Sovraccarichi Permanenti
G3	Spinta delle Terre
E2	Ritiro e Viscosità
E3	Variazioni Termiche
Q1	Sovraccarichi Mobili
Q2	Incremento Dinamico
Q3	Avviamento e Frenatura
SH	Sisma Orizzontale
SV	Sisma Verticale

## 7.2 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$  fornisce lo stato tensionale orizzontale, cosiddetto litostatico, presente in sito prima delle operazioni di scavo.

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

Il coefficiente  $K_0$  dipende sia dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$ , sia dalla sua storia geologica.

Si assume che:

$$K_0 = K_{0NC} \cdot (OCR)^m$$

dove

$$K_{0NC} = 1 - \text{sen } \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato, ossia per  $OCR=1$ .

$OCR$  è il grado di sovraconsolidazione ed “ $m$ ” è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

In conseguenza dello scavo, l'equilibrio del terreno viene alterato e l'intensità dell'azione esercitata dal terreno sulla struttura è funzione della rigidezza di quest'ultima

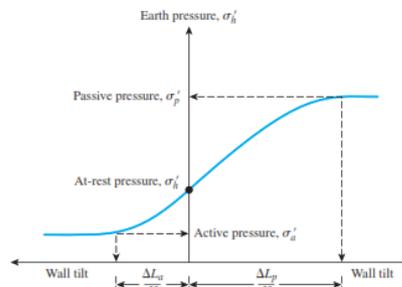


Figure 13.2 Variation of the magnitude of lateral earth pressure with wall tilt

Table 13.1 Typical Values of  $\Delta L_a/H$  and  $\Delta L_p/H$

Soil type	$\Delta L_a/H$	$\Delta L_p/H$
Loose sand	0.001–0.002	0.01
Dense sand	0.0005–0.001	0.005
Soft clay	0.02	0.04
Stiff clay	0.01	0.02

Lo scatolare in esame si sviluppa per circa i 6/11 della sua altezza all'interno del rilevato ferroviario, e per la rimanente parte all'interno del terreno di sedime individuato con la sigla TGC2. La sua rigidezza, inoltre, è tale da poter ipotizzare agente un regime di spinta a riposo.

Considerando il prodotto  $K_0 \cdot \gamma$  dei due strati e pesandone l'entità in funzione dell'altezza di contatto con il paramento dello scatolare, si evince che l'integrale delle pressioni è bene approssimato dall'adozione di un unico angolo di attrito equivalente pari a  $\phi'=36^\circ$  da estendere per tutta l'altezza dell'opera:

$$S = [1 - \sin(38)] \cdot 20.0 \cdot 6/11 H + [1 - \sin(37..30)] \cdot 18.5 \cdot 5/11 H = (5.12 + 2.46 \cdot 3.09) \cdot H = 7.54 \cdot 8.39 \cdot H$$

$$Seq = [1 - \sin(36)] \cdot 20.0 \cdot H = 8.24 \cdot H$$

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>32 di 46</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	32 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	32 di 46								

$$K_o = 1 - \sin(36) = 0.412$$

L'incertezza sul valore da assumere per l'angolo di attrito del terreno di sedime comporta dunque un errore trascurabile sull'approssimazione delle spinte da applicare ( $\pm 5\%$ ).

Per le strutture flessibili, quali possono essere alcuni considerati alcuni muri, per tener conto delle condizioni di spinta attiva si utilizza la formulazione di Coulomb:

dove:

- Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.**
- $\phi'$ : angolo di attrito del terreno;
  - $\beta$ : angolo d'inclinazione del paramento rispetto alla verticale;
  - $\delta$ : angolo di attrito muro-terreno;
  - $\varepsilon$ : angolo d'inclinazione del terreno a monte del paramento rispetto all'orizzontale.

Con  $\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau;

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato dalle espressioni seguenti:

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$c'$ : coesione drenata del terreno.

La falda risulta posizionata al di sotto della quota del piano di fondazione dello scatolare e, quindi, non influenza il dimensionamento dell'opera.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>33 di 46</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	33 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	33 di 46								

### 7.3 MODELLAZIONE SISMICA

La valutazione delle spinte del terreno in condizioni sismiche è stata eseguita assumendo il metodo pseudo-statico applicato alla formulazione di Wood nel caso di spinte a riposo o a quella di Mononobe-Okabe nel caso di spinte attive.

La spinta dinamica di progetto esercitata dal terreno ed agente sull'opera che non ammette spostamenti (Wood) è data da:

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$a_{\max} / g = S_s \cdot S_T \cdot a_g / g = 1.385 \cdot 1.00 \cdot 0.209 = 0.289$$

Tale azione è applicata ai piedritti in modo simmetrico rispetto all'asse dello scatolare e con direzione orizzontale secondo lo Schema di Carico "B1".

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal paramento e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo "ε", di inclinazione del terreno a monte rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

$$\text{tg } \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

con  $K_h$  : coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$  : coefficiente sismico verticale definiti di seguito.

Per terreni impermeabili sotto falda, la spinta idrodinamica viene assunta nulla, ossia  $E_{WD} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

**Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.**

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

**Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.**

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0100 001</td> <td>A</td> <td>34 di 46</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	34 di 46
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	34 di 46								

Per la simulazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse inerziali lo stesso metodo pseudo-statico prevede l'applicazione azioni statiche equivalenti proporzionali al peso, ovvero all'intensità del carico secondo quanto di seguito indicato:

$$F_h = K_h \cdot W \quad \text{azione sismica orizzontale}$$

$$F_v = K_v \cdot W \quad \text{azione sismica verticale}$$

con:

W : Peso della massa coinvolta / intensità del carico

Per le opere contro terra, i coefficienti sismici  $K_h$  e  $K_v$  sono definiti al punto 7.11.6.3.1 della NTC08, risultando in particolare:

$$K_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

- $\beta$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti ( $u_s$ ) senza cadute di resistenza.
- $\alpha$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera, ricavabile dall'abaco riportato di seguito, in funzione dell'altezza complessiva dell'opera H e del tipo di sottosuolo.

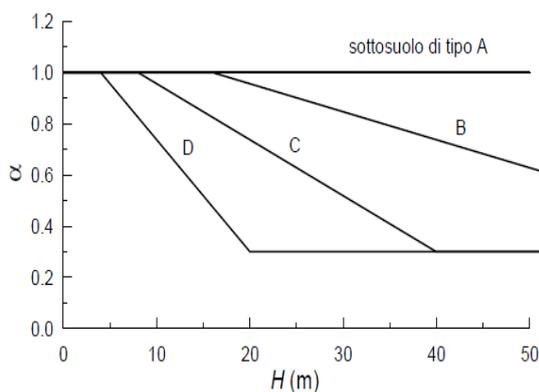


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

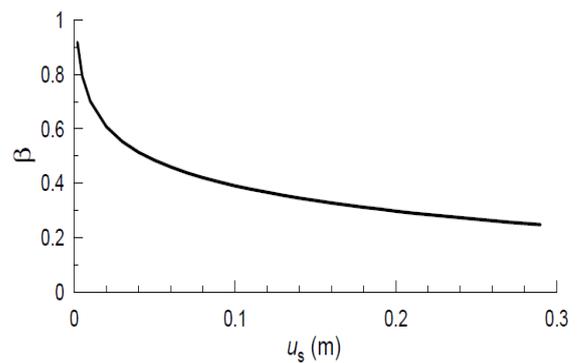


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$ .

Figura 20: Diagrammi per la valutazione dei coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$ .

H =	11.30 m	Altezza Totale del paramento
$\alpha$ =	0,90	assunto, a favore di sicurezza, pari a $\alpha$ = 1.00
$\beta$ =	1,00	

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	35 di 46

Nel caso in esame, per quanto detto in precedenza,

$$K_h = S_s * S_T * a_g * \alpha * \beta = 1.385 * 1.00 * 0.209 * 1.00 * 1.00 = 0.289$$

$$K_v = K_h / 2 = 0.145$$

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	36 di 46

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni nominali descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari Stati Limite di verifica previsti (SLE, SLU, SIS) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC08:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Le Tabelle che seguono meglio specificano i valori dei coefficienti da attribuire ai carichi nominali analizzati separando le opere sottobinario dalle opere stradali e/o non soggette a carichi ferroviari e differenziando in funzione dello stato limite:

SLU Opere Ferroviarie:

### 5.2.3.3.1 Requisiti concernenti gli SLU

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.V e i coefficienti di combinazione  $\psi$  in Tab. 5.2.VI.

**Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica**

		Coefficiente	EQI <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> I componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali.

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_B$  coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- $\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Figura 21: Tabella 5.2.V – NTC 2008

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	37 di 46

SLU Opere Stradali:

**Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

		Coefficiente	FQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Figura 22: Tabella 5.1.V – NTC 2008

SLE Opere Ferroviarie:

**Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	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

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

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 23: Tabella 5.2.VI – NTC 2008

**Tabella 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

	Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	(2)(3)	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 24: Tabella 5.2.VII – NTC 2008

SLE Opere Stradali:

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento $q_5$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

Figura 25: Tabella 5.1.VI – NTC 2008

Le combinazioni allo Stato Limite Ultimo sono di seguito descritte ed analizzate in dettaglio.

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	39 di 46

**MATRICE COMBINAZIONI DEI CARICHI ALLO SLU**

Matrice MCC_SLU	SLU_01	SLU_02	SLU_03	SLU_04	SLU_05	SLU_06	Ψ
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
G2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
G3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
E2	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	1.00
E3a	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.60
E3b	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.60
Gr_01a	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.00
Gr_11b	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	1.00
Gr_13a	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	1.00
SIS_H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SIS_V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	SLU_07	SLU_08	SLU_09	SLU_10	SLU_11	SLU_12	Ψ
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
G2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
G3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
E2	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	1.00
E3a	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.60
E3b	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.60
Gr_01a	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.00
Gr_11b	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	1.00
Gr_13a	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	1.00
SIS_H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SIS_V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	SIS_01	SIS_02	SIS_03	SIS_04	SIS_05	SIS_06	Ψ
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
E3b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
Gr_01a	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
Gr_11b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Gr_13a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
SIS_H	1.00	1.00	1.00	0.30	0.00	-0.30	1.00
SIS_V	0.30	0.00	-0.30	1.00	1.00	1.00	1.00



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	41 di 46

Per le analisi Geotecniche, infine, i coefficienti parziali di sicurezza da applicare ai parametri caratterizzanti il terreno, sono riportati nelle seguenti Tabelle:

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Figura 26: Tabella 6.2.II

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Figura 27: Tabella 6.5.I

Mentre per le verifiche agli Stati Limite Ultimi di fondazioni superficiali si applica la seguente:

**Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI

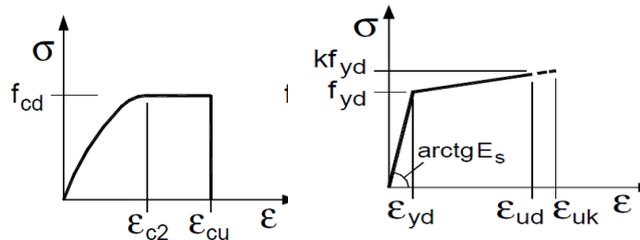
I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

### 9.1 VERIFICHE SLU

La verifica agli Stai Limite Ultimi per presso-flessione viene condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica, secondo i criteri di resistenza da normativa.

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

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione del 2‰ e rottura al 3.5‰, ( $\sigma_{max} = 0.85 \times f_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elasto-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura al 7.5‰, ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )



Legami costitutivi Calcestruzzo – Acciaio.

La verifica a taglio viene sempre eseguita secondo il seguente percorso.

Verifica della richiesta di armatura

$$V_{rd,c} = [0.18 * k * (100 \rho * f_{ck})^{1/3} / \gamma + 0.15 \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$k = 1 + \text{rad}q(200/d)$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

$$V_{rd,min} = (v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

Verifica Biella Compressa

$$V_{rzd} = \alpha_{cw} * v1 * f_{cd} * [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\text{teta})] / [1 + \text{ctg}^2(\text{teta})] * b_w * 0.9 * d$$

$$1.0 \leq \text{ctg}(\text{teta}) \leq 2.5 \quad \alpha = 90^\circ$$

$\alpha_{cw}$	$\sigma_{cp}$
1.000	$\sigma_{cp} \leq 0.00 * f_{cd}$
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	$0.00 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.25 * f_{cd}$
1.25	$0.25 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.50 * f_{cd}$
$2.50 * (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	$0.50 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 1.00 * f_{cd}$

$$v1 = 0.500$$

Verifica Armatura Trasversale

$$V_{rzd} = 0.9 * d * A_{sw}/s * f_{ywd} * [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\text{teta})] * \sin(\alpha)$$

$$V_{rd} = \min(V_{rzd}, V_{rzd}) \geq V_{sd}$$

con la limitazione

$$1.00 \leq \text{cotg}(\text{teta}) \leq 2.50$$

Per le sezioni circolari le verifiche a taglio vengono svolte adottando:

$$b_w = \Phi / 2 * \sqrt{\pi}$$

$$d = (\Phi - 2c) * (1/2 + 1/\pi)$$

Verifiche a Torsione

$$T_{rzd} = 2 * v1 * f_{cd} * A * t * \text{ctg}(\text{teta}) / [1 + \text{ctg}^2(\text{teta})]$$

$$v1 = 0.500$$

$$t = A_c/u \text{ per sezioni piene}$$

$$T_{rzd} = 2 * A * A_s/s * f_{yd} * \text{ctg}(\text{teta}) \quad \text{per le staffe}$$

$$T_{rld} = 2 * A * \sum A_l/u * f_{yd} / \text{ctg}(\text{teta}) \quad \text{per le arm. longitudinali}$$

$$T_{sd} / T_{rzd} + V_{sd}/V_{rzd} \leq 1$$

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IN01 Relazione Tecnica Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	44 di 46

## 9.2 VERIFICHE SLE

I criteri di verifica agli Stati Limite di Esercizio sono i seguenti:

Combinazione		Pali	Soletta Inf.	Soletta Sup.	
	fck	25	30	32	N/mm <sup>2</sup>
	Classe di Esp.	XC2	XA1	XC4	N/mm <sup>2</sup>
CARATTERISTICHE	sigma_b =	0.55	0.55	0.55	* fck
	sigma_b =	-13.75	-16.50	-17.60	N/mm <sup>2</sup>
	w =	0.200	0.200	0.200	mm
FREQUENTI	w =	NA	NA	NA	mm
QUASI PERM.	sigma_b =	0.40	0.40	0.40	* fck
	sigma_b =	-10.00	-12.00	-12.80	N/mm <sup>2</sup>
	w =	0.200	0.200	0.200	mm
FORM. FESS.	sigma_b =	NA	NA	NA	N/mm <sup>2</sup>

I valori riportati in Tabella sono stabiliti nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 30/12/2016*).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure  $\delta_f$  dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Figura 28: Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008.

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite

$$w_1 = 0.200 \text{ mm}$$

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	45 di 46

sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.

L'approccio adottato, in conclusione, riporta la verifica a fessurazione propria delle condizioni frequenti alla condizione caratteristica, facendo mancare, quindi, la necessità di analizzare le stesse condizioni frequenti.

L'analisi delle condizioni permanenti rimane immutato, salvo maggior penalizzazione del limite di apertura.

Analogamente per le armature si impone:

Combinazione		B450C	
		$f_{yk} =$	450 N/mm <sup>2</sup>
CARATTERISTICHE		$\sigma_{sr} = 0.75 * f_{yk} =$	XC2 N/mm <sup>2</sup>

Il calcolo dell'apertura della fessura è stato condotto con le relazioni:

$$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$S_{r,max} = k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{eq} / \rho_{p,eff}$$

In cui:

$$k_3 = 3.400$$

$$c = 40 \text{ mm}$$

ricoprimento dell'armatura;

$$k_1 = 0.800$$

barre ad aderenza migliorata

$$k_2 = 0.500$$

distribuzione delle deformazioni per flessione

$$k_4 = 0.425$$

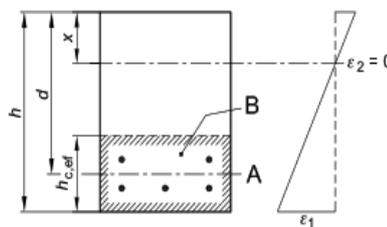
$$\phi_{eq} = \frac{\sum n_i * \phi_i^2}{\sum n_i * \phi_i}$$

diametro equivalente barre in zona tesa

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,ef}$$

Area efficace di calcestruzzo intorno all'armatura tesa

- A Livello del baricentro dell'acciaio
- B Area tesa efficace,  $A_{c,eff}$



$$h_{c,ef} = \min [ 2.5*(h-d) ; (h-x)/3 ; h/2 ]$$

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**IN01 Relazione Tecnica Generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0100 001	A	46 di 46

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) * E_s = \sigma_s - K_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \geq 0.6 * \sigma_s$$

$K_t = 0.40$  per carichi di lunga durata

$K_t = 0.60$  per carichi di breve durata ma assunto pari a 0.40 visti i rapporti tra sollecitazioni permanenti e dovuti a carico mobile

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$\sigma_s =$  tensione nell'armatura tesa in sezione fessurata

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} / 1.2$$