

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO ESECUTIVO

## RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Idraulica

Relazione di calcolo 1° taglio - Lama San Marco

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali S.r.l. 	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. RASIMELLI	---

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

**IA3S    01    E    ZZ    CL    ID0002    005    D**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Continisio	Mag. 2021	F. Lomurno	Mag. 2021	M. Rasimelli	Mag. 2021	
B	REVISIONE	F. Continisio	Ott. 2021	F. Lomurno	Ott. 2021	M. Rasimelli	Ott. 2021	
C	REVISIONE	F. Continisio	Gen. 2022	F. Lomurno	Gen. 2022	M. Rasimelli	Feb. 2022	
D	REVISIONE	F. Continisio	Luglio 2022	F. Lomurno	Luglio 2022	M. Rasimelli	Luglio 2022	

File: IAS3S01EZZCLID0000005D

n. Elab.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	2 DI 66

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
3.1 CALCESTRUZZO C32/40 .....	7
3.2 ACCIAIO B450C .....	8
3.3 CALCOLO DEL COPRIFERRO.....	9
<b>4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>11</b>
4.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA .....	12
<b>5. DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA .....</b>	<b>14</b>
<b>6. MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>15</b>
6.1 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 – 10.2.....	15
6.2 ANALISI DEI CARICHI.....	18
6.2.1 Peso proprio della struttura.....	19
6.2.2 Carichi permanenti portati G2.....	19
6.2.3 Spinta a riposo del terreno.....	19
6.2.4 Spinta attiva del terreno.....	19
6.2.5 Pressioni idrostatiche.....	20
6.2.6 Pressioni idrodinamiche.....	20
6.2.7 Spinta a riposo da sovraccarichi .....	21
6.2.8 Azioni in presenza di sisma .....	21
6.2.9 Carichi sul muro.....	22
6.2.10 Carichi sul profilo del terreno .....	23
6.3 COMBINAZIONI DI CARICO.....	23
<b>7. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>29</b>
7.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	29
7.2 Verifica a scorrimento.....	29
7.3 Verifica al carico limite.....	30
7.4 Verifica alla stabilità globale .....	32
7.5 Cedimenti della fondazione .....	33
<b>8. SINTESI VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>35</b>
8.1 Verifica a scorrimento fondazione .....	35
8.2 Verifica a carico limite .....	36
8.3 Verifica a ribaltamento.....	39
8.4 Verifica stabilità globale muro + terreno .....	39
8.5 Cedimenti.....	43
<b>9. VERIFICHE STRUTTURALI – TAGLIONE .....</b>	<b>45</b>
9.1 Verifiche a flessione e pressoflessione.....	45

<b>APPALTATORE:</b> <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	<b>PROGETTO</b> <b>IA3S</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>ID0002 005</b>	<b>REV.</b> <b>D</b>	<b>FOGLIO</b> <b>3 DI 66</b>

9.2	Verifiche a taglio.....	46
9.3	SLE - Verifica di fessurazione ( <i>NTC 2008 4.1.2.2.4</i> ) .....	46
9.4	SLE - Verifica delle tensioni di esercizio ( <i>NTC 2008 4.1.2.2.5</i> ).....	49
<b>10.</b>	<b>SINTESI VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>50</b>
10.1	Verifiche a flessione .....	53
10.2	Verifiche a taglio.....	57
10.3	Verifica delle tensioni .....	60
10.4	Verifica a fessurazione .....	63
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>66</b>

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>				
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. FOGLIO D 4 DI 66

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto esecutivo della variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare, prevista nell'ambito del riassetto del Nodo di Bari – Tratta a Sud di Bari.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti è relativa ai taglioni presenti nel progetto di sistemazione idraulica di Lama San Marco.

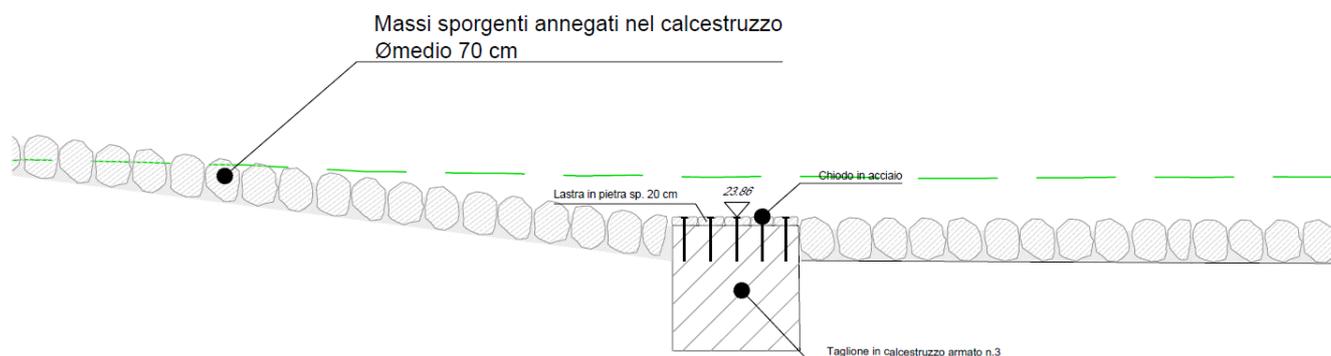
In particolare, la presente relazione è incentrata sull'analisi e sulle verifiche strutturali e geotecniche dei taglioni idraulici aventi dimensioni 2.0 m x 2.0 m in calcestruzzo armato.

Taglione	Dimensioni	Lunghezza	Progressiva Sistemazione lama
n. 1	2 m x 2 m	56.82 m	0+000.00
n. 2	2 m x 2 m	52.48 m	0+012.59
n. 3	2 m x 2 m	47.77 m	0+028.24

**Tabella 1 – Elenco taglioni**

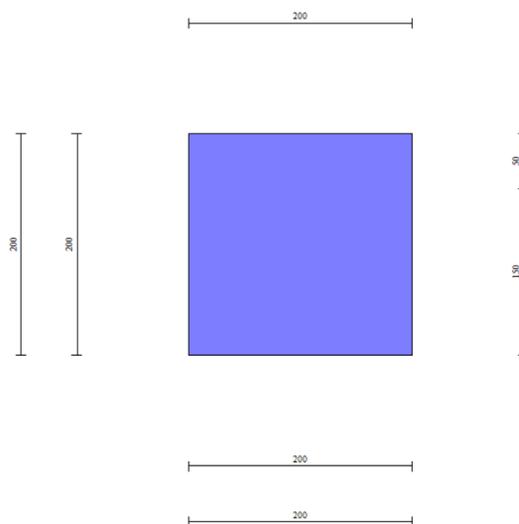
La sezione di calcolo analizzata è scelta in corrispondenza del taglione maggiormente caricato in modo che i carichi derivanti dalla copertura in pietra e dalla pendenza del profilo della lama in modo tale che massimizzino le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali.

L'analisi dell'opera viene effettuata con riferimento ad una fascia di larghezza pari a 1.0 m, rappresentativa della sezione tipo.



**Figura 1 – Sezione trasversale della struttura di progetto**

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	5 DI 66



**Figura 2 – Sezione trasversale schema di progetto**

Il modello di calcolo è realizzato agli elementi finiti mediante il software commerciale *MAX 16* sviluppato dalla Aztec Informatica.

Nei seguenti paragrafi sono riportate le normative di riferimento, le caratteristiche dei materiali impiegati, i metodi di analisi utilizzati ed i risultati delle verifiche effettuate.

La presente revisione del documento viene redatta recependo totalmente i rilievi, sia di tipo generale che di dettaglio, formulati in sede di verifica tecnica sulla prima emissione e riportati nel rapporto di verifica IA3S-RV-95 del 19/07/2021.

Come richiesto con successiva raccomandazione di ITALFERR, è stata anche aggiornata la classe di resistenza del calcestruzzo prevedendo l'impiego del materiale di classe C32/40 con classe di esposizione XC4-XS1.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	6 DI 66

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n.1086 – *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- Legge. 2 Febbraio 1974, n.64 – *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- D.M. 14 Gennaio 2008 – *“Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)”;*
- Circolare 2 Febbraio 2009, n.7 – *Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.*
- UNI EN 1992-1-1 – *Progettazione delle strutture di calcestruzzo;*
- UNI EN 206-1-2016 – *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità;*
- UNI EN 1997-1: 1994 – *Progettazione geotecnica.*

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni RFI (Rete Ferroviaria Italiana) delle quali si è tenuto conto:

- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A – *Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;*
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A – *Specifiche per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A – *Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia;*
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – *Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2: ponti e strutture;*
- REGOLAMENTO UE N.1299/2014 della COMMISSIONE del 18 novembre 2014 e successivo REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 7 DI 66

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali impiegati, si è scelto di usare un calcestruzzo di classe C32/40 e un acciaio per barre di armatura B450C.

#### 3.1 CALCESTRUZZO C32/40

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.1 delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame, come detto, si utilizza calcestruzzo C32/40. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato. [NTC – 4.1.2.1.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  $f_{cd}$  è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{32 \cdot 0.85}{1.50} = 18.13 \text{ MPa}$$

dove:

- $\alpha_{cc}$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- $\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.50;
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[ \frac{40}{10} \right]^{0.3} = 33346 \text{ MPa}$$

dove  $f_{cm}$  è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32 + 8 = 40 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.41 \text{ MPa}$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

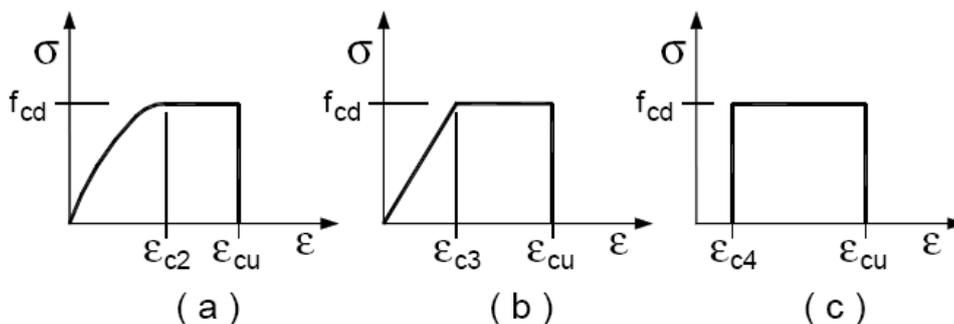
- $f_{ctk}$  è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo;
- $f_{ctm}$  è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3.02 \text{ MPa}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo  $f_{cd}$  ed alla deformazione ultima  $\epsilon_{cu}$ . Nella seguente figura sono riportati i diagrammi di calcolo  $\sigma$ - $\epsilon$ .

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	8 DI 66



**Figura 3 – Modelli rappresentativi del comportamento del calcestruzzo presenti in normativa: a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)**

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  deve rispettare le seguenti limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.1]:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2 \text{ MPa} , \text{ per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa} , \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

In funzione delle condizioni ambientali, la classe d'esposizione del calcestruzzo utilizzata è la XA1 (*calcestruzzo destinato ad esterni riparati dalla pioggia o interni con umidità da moderata ad alta*), in accordo con la tabella 4.1.III delle NTC.

Considerando le normative RFI [MA IFS 001 A, cap. 2.5.1.8.3.2.1], le limitazioni sono più stringenti, quindi verranno considerate le seguenti:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} = 17.6 \text{ MPa} , \text{ per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} = 12.8 \text{ MPa} , \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

### 3.2 ACCIAIO B450C

Come prescritto dalle norme, per il calcestruzzo armato deve essere utilizzato acciaio B450C. La resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd}$  è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da [NTC – 4.1.6]:

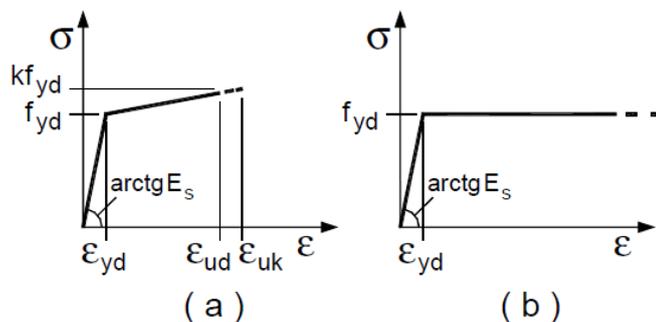
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.30 \text{ N/mm}^2$$

dove:

- $\gamma_s$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC – 11.3.2].

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale. Di seguito sono rappresentati i modelli  $\sigma$ - $\epsilon$  per l'acciaio

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 9 DI 66



**Figura 4 – Modelli rappresentativi del comportamento dell'acciaio proposti dalla normativa**

[NTC – 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di trazione dell'acciaio  $\sigma_s$  deve rispettare la seguente limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.2]:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa} , \text{ per combinazione caratteristica (rara).}$$

Come per il calcestruzzo, anche per l'acciaio la normativa RFI definisce una limitazione più rigorosa della tensione massima, quindi verrà considerata essa. Il capitolo 2.5.1.8.3.2.1 definisce tale valore:

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa} , \text{ per combinazione caratteristica (rara).}$$

### 3.3 CALCOLO DEL COPRIFERRO

Il copriferro nominale è uguale al copriferro minimo aumentato di un margine di sicurezza

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

Il copriferro minimo è il massimo valore che rispetta i requisiti relativi all'aderenza  $C_{min,b}$  e alle condizioni ambientali  $C_{min,dur}$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur}, \gamma - \Delta c_{dur}, st - \Delta c_{dur}, add; 10 \text{ mm} \}$$

In accordo con EC2, risulta:

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 10 DI 66

<b>CALCOLO DEL COPRIFERRO - EC2</b>			
Classe di esposizione ambientale		<b>XC4-XS1</b>	<b>[-]</b>
copr. min. necessario per aderenza armature	$C_{min\_b}$	30	[mm]
copr. min. (cl. strutt; cl.esp.) - <b>Prosp. 4.4N-EC2 - 4.5N-EC2 - VN=75 anni</b>	$C_{min\_dur}$	40	[mm]
valore agg. copriferro legato alla sicurezza	$\Delta C_{dur\_y}$	0	[mm]
riduz. copriferro connessa all'uso acciaio inox	$\Delta C_{dur\_st}$	0	[mm]
riduz. copriferro per protezione aggiuntiva	$\Delta C_{dur\_add}$	0	[mm]
tolleranza di esecuzione $(\Delta c_{dev}=10 \text{ mm})$	$\Delta C_{dev\_}$	10	[mm]
valore minimo del copriferro $C_{min}=\max\{C_{min,b};C_{min,dur}+\Delta C_{dur,y}-\Delta C_{dur,st}-\Delta C_{dur,add};10\text{mm}\}$	$C_{min\_}$	40	[mm]
valore nominale del copriferro	$C_{nom\_}$	50	[mm]

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC2, che si riferiscono a strutture con vita nominale di 50 e 100 anni.

CLASSE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ( $c_{min,dur}$ )			
	VITA NOMINALE 50 ANNI		VITA NOMINALE 100 ANNI	
	C.A.	C.A.P.	C.A.	C.A.P.
XC1	15	25	25	35
XC2, XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1, XD1	35	45	45	55
XS2, XD2	40	50	50	60
XS3, XD3	45	55	55	65

Spessori minimi del copriferro per garantire la durabilità secondo i prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC 2:2005.

Il copriferro nominale delle armature è verificato per uno spessore pari a 5 cm.

Il copriferro di calcolo tenendo in conto della presenza di legature, spilli e staffe risulta essere di 7,3 cm.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 11 DI 66

#### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia ed i parametri geotecnici sono stati ricavati dalla relazione geotecnica a cui si rimanda per ogni ulteriore dettaglio. La zona geotecnica è caratterizzata da rocce calcaree; in particolare il terreno di fondazione è costituito da un primo strato di Coltre alluvionale, che si trova nei pressi delle lame e al di sotto da Calcere di Bari (CBA). I parametri geotecnici assunti in fase di progetto, in via cautelativa, sono:

4	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm q]	ca [kg/cm q]	Cesp	$\tau_l$ [kg/cm q]
1	Calcere di bari	2200,00	2200,00	33.000	24.000	0,40	0,00	---	---
2	Coltre alluvionale	1850,00	1900,00	30.000	22.000	0,00	0,00	---	---

**Tabella 2 – Parametri geotecnici**

Il regime delle spinte presenti sull'opera non è influenzato dalla falda.

Si precisa che, come indicato nella relazione specialistica di riferimento (IA3S01EZZRHGE0005002) la falda in corrispondenza di Lama San Marco si trova a circa 2,00 m s.l.m.. La quota del piano di posa dei taglioni di progetto è di circa 21,50 m s.l.m.. Si ritiene pertanto che l'influenza della falda in questo caso sia trascurabile.

Il terreno di riporto è considerato avente le stesse caratteristiche della coltre alluvionale poiché si prevede di riutilizzare il materiale scavato.

#### Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
v	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [kg/cmq]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [kg/cmq]	v	Ed [kg/cmq]	CR	RR	OCR
1	Calcere di bari	21414,00	0.300	28826,53	0.000	0.000	1.000
2	Coltre alluvionale	815,77	0.250	1098,15	0.000	0.000	1.000

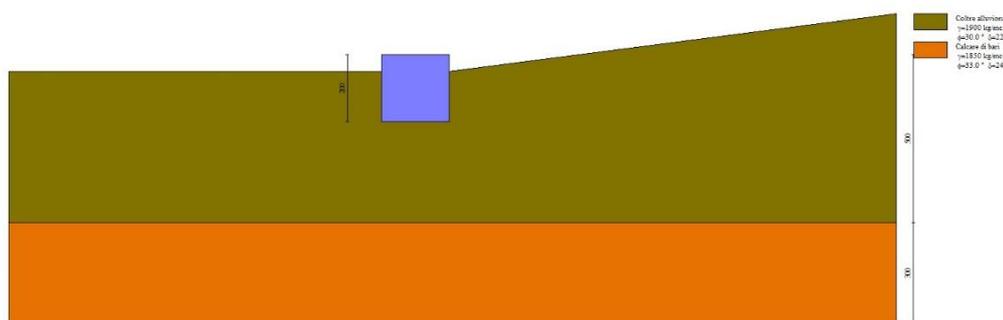
#### Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>				
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. FOGLIO <b>D 12 DI 66</b>

n°	H [m]	α [°]	Terreno
1	5,00	0.000	Coltre alluvionale
2	3,00	0.000	Calcere di bari



**Figura 4 – Stratigrafia**

#### 4.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Nel presente paragrafo sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Il terreno di base è stato modellato come un mezzo elastico omogeneo a cui si è assegnata un'apposita costante di sottofondo. Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

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

dove:

- $s$  = cedimento elastico totale;
- $B$  = lato minore della fondazione;
- $c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles (1960):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B) \text{ per fondazione rettangolare con } L/B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089(L/B) \text{ per fondazione rettangolare con } L/B > 10$$

- $L$  = lato maggiore della fondazione;
- $q$  = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);
- $E$  = modulo elastico medio del terreno sottostante l'opera

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

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	13 DI 66

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

Il valore di  $k_w$  da utilizzare nelle analisi per il dimensionamento dell'opera può essere determinato considerando che i carichi applicati alla struttura sono di natura impulsiva e di breve durata; la risposta del terreno di fondazione in condizioni dinamiche è notevolmente più rigida rispetto a quella usualmente considerata per carichi statici di lunga durata. Sulla base di indicazioni di letteratura, si possono pertanto indicare moduli operativi per la valutazione dei parametri d'interazione considerano moduli del terreno almeno 3÷5 volte superiori rispetto a quelli adottabili per problemi statici. Come si evince dalla relazione geotecnica, per il terreno sottostante l'opera in esame, si è deciso di considerare un valore del modulo elastico pari a 1000 MPa, dal quale risulta, considerando la lunghezza del muro, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore approssimato della costante di sottofondo pari a circa 120000 kN/m<sup>3</sup>.

<b>Costante di sottofondo</b>		
<b><math>C_t</math></b>	<b><math>E</math></b>	<b><math>K_{w,v}</math></b>
-	<b>[MPa]</b>	<b>[kN/m<sup>3</sup>]</b>
2.23	815.77	19711.68

**Tabella 3 – Costante di sottofondo**

Nelle elaborazioni riportate nei paragrafi successivi, il valore della costante di sottofondo adoperato per le analisi è stato posto pari a 20000 kN/m<sup>3</sup>.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	14 DI 66

## 5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC 2008 – 3.2]. L'opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 75 anni [manuale RFI, MA IFS 001 A – cap.2.5.1.1.1] relativa a “*altre opere nuove a velocità < 250 Km/h*” e rientra nella classe d'uso III [manuale RFI, MA IFS 001 A – cap.2.5.1.1.2] relativa a “*opere d'arte del sistema di grande viabilità ferroviaria*”.

Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso [definito in NTC – 2.4.3] si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l'opera, si definisce una probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento. Per il progetto dell'opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una  $P_{VR}$  pari al 10% [NTC – Tabella 3.2.I]. Nota le probabilità di superamento è possibile valutare il periodo di ritorno  $T_R$ , come previsto nell'allegato A delle norme:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{ anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica [NTC – 7.11.6.2.1] in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ , dipendente dall'accelerazione massima al sito  $a_g$  in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce. Nel caso in esame, risulta:

$$a_g = 0.092 \text{ g}$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento. Nel caso in esame, la categoria di suolo di fondazione è stata definita sulla base della conoscenza di  $V_{s,30}$ , ricavato dalle indagini sismiche eseguite nelle campagne geognostiche. In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo A. Per quanto riguarda le condizioni topografiche, si può far riferimento ad una superficie pianeggiante (categoria T1). In definitiva, il sito in esame non è caratterizzato da amplificazioni stratigrafiche e/o topografiche e per tale motivo, in fase di progetto, i coefficienti stratigrafico e topografico previsti dalla norma possono essere considerati unitari [NTC – Tabelle 3.2.V e 3.2.VI]:

$$S_S = 1.0$$

$$S_T = 1.0$$

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	15 DI 66

## 6. MODELLO DI CALCOLO

### 6.1 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 – 10.2

Le analisi della struttura sono state condotte mediante un modello di calcolo implementato nel software MAX v.16. della *Aztec Informatica Srl*.

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Prima di procedere all'analisi del modello si rilasciano le dichiarazioni previste dalle NTC al paragrafo 10.2.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX – Muri di sostegno
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica.
Utente	Geoatlas s.r.l
Utente	AILS0064FF

#### Tipo di analisi svolta

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno sull'opera e valutazione di tutti i carichi agenti sulla stessa (pesi propri, sovraccarichi, azioni sismiche, etc.);
- Verifiche di equilibrio del muro (ribaltamento e scorrimento) e di rottura del terreno di fondazione (capacità portante);
- Verifica di stabilità del complesso muro-terreno (rotazione circolare della superficie instabile);
- Calcolo delle sollecitazioni in elevazione e in fondazione, a secondo della tipologia di muro scelta:
  - Muro senza contrafforti con fondazione superficiale e senza tiranti
- Calcolo a mensola classico considerando una striscia di un metro sia per il paramento del muro che per la fondazione di monte e di valle.
  - Muro senza contrafforti con fondazione su pali e senza tiranti
- Calcolo a mensola classico per il paramento, mentre per la fondazione calcolo a piastra FEM.

<b>APPALTATORE:</b> <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> Mandataria: Mandante: <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	16 DI 66

- Muro senza contrafforti con fondazione superficiale e con tiranti
- Calcolo a mensola classico per la fondazione, mentre per il paramento calcolo a piastra FEM.
- Muro con contrafforti
- Calcolo a piastra FEM sia per la fondazione che per il paramento, ovvero si implementano due modelli a piastra separati.
- Calcolo a mensola classico

Il paramento viene considerato caricato dal diagramma delle pressioni dovuto alla spinta (in condizioni statiche ed in condizioni sismiche) dalla forza d'inerzia del paramento stesso e dalla componente tangenziale della spinta (se l'angolo d'attrito terra-muro è diverso da zero). Il calcolo delle armature viene eseguito considerando la sezione alla generica quota soggetta a pressoflessione. Nel calcolo delle sollecitazioni per la fondazione di valle, questa viene considerata caricata dal basso dalla reazione del terreno (diagramma di tipo lineare) e dall'alto dal peso proprio e dall'eventuale terreno posto sopra la fondazione stessa. Nel calcolo delle sollecitazioni per la fondazione di monte questa viene considerata caricata dal basso dalla reazione del terreno (diagramma di tipo lineare) e dall'alto dal peso proprio e dal carico dovuto al terrapieno e agli eventuali sovraccarichi sul terrapieno.

### **Affidabilità dei codici di calcolo**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### **Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati se viene svolta la verifica strutturale con esso. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	17 DI 66

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Il software tiene conto del vincolo esercitato dal terreno di fondazione e di rinfiacco, modellato con molle di rigidità pari alla costante di sottofondo.

## Strategia di soluzione

### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo A2-M2 nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### *Combinazioni statiche*

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate, secondo Approccio 2, combinazione (A1+M1+R3) e coefficienti di Tab. 6.5.I, almeno le seguenti verifiche agli stati limite:

#### SLU di tipo geotecnico

- scorrimento sul piano di posa (SLU GEO)
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno (SLU GEO)
- ribaltamento (SLU EQU)
- SLU di tipo strutturale
- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (SLU STR)

#### SLU di tipo strutturale

- raggiungimento della resistenza negli elementi (SLU STR)

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	18 DI 66

**Tabella 4 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche statiche (NTC 2018) – Muri di sostegno**

Inoltre, deve essere eseguita la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno secondo Approccio 1, combinazione (A2+M2+R2) e coefficienti di Tab. 6.8.I, come per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo:

SLU di tipo geotecnico

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (SLU GEO)

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

**Tabella 5 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche (NTC 2018) – Opere in materiali sciolti**

*Combinazioni sismiche*

Si ripetono le stesse tipologie di verifiche di sicurezza statiche, in combinazione allo stato limite ultimo SLV e con coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§ 7.11.1) pari all'unità e con coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nella tabella 7.11.III per le resistenze di progetto (R).

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

**Tabella 6 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche (NTC 2018) – Opere in materiali sciolti**

Nello stesso modo deve inoltre essere eseguita la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno, in accordo al §7.11.3.5 e §7.11.4, ponendo i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§7.11.1) pari all'unità e un coefficiente parziale  $\gamma_R = 1.2$  sulle resistenze di progetto (R). In aggiunta devono essere condotte verifiche per lo stato limite di esercizio SLD, dove in particolare gli spostamenti permanenti indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

## 6.2 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito sono riportate le analisi dei carichi elementari utilizzate ai fini delle combinazioni di carico impiegate per l'analisi dell'elemento strutturale.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	19 DI 66

### 6.2.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura è calcolato, in automatico, dal programma di calcolo.

Elemento	spessore	Peso
Taglione	2 m	50 kN/m <sup>2</sup>

**Tabella 6 – Peso proprio degli elementi strutturali G1**

### 6.2.2 Carichi permanenti portati G2

### 6.2.3 Spinta a riposo del terreno

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{Spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0 \quad \text{Pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin \varphi' \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{Grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin \varphi' \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{Angolo di inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

### 6.2.4 Spinta attiva del terreno

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente



APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 21 DI 66

$$q_{wd}(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma \cdot \sqrt{H' \cdot z}$$

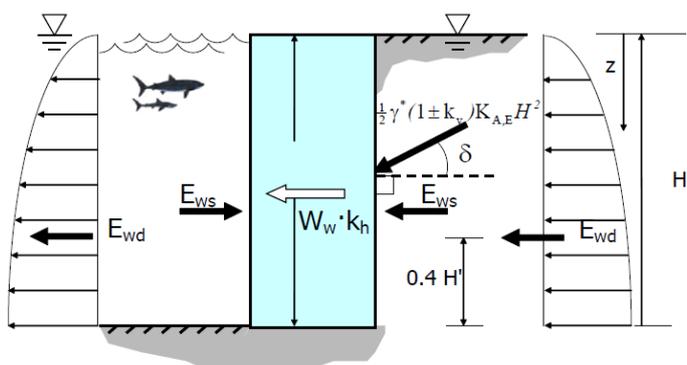
Pressione idrodinamica

$k_h$

Coefficiente sismico orizzontale

$H'$

Altezza di muro soggetta a spinta dell'acqua



**Figura5 Schema di calcolo delle forze idrodinamiche sulla parete**

### 6.2.7 Spinta a riposo da sovraccarichi

Nel caso in esame, il programma valuta automaticamente la spinta dovuta ai sovraccarichi in quanto questi sono applicati sulla superficie esterna del terreno di rinfranco, secondo un'espressione del tipo:

$$\sigma = q * K_0$$

### 6.2.8 Azioni in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. <b>D</b>	FOGLIO <b>22 DI 66</b>

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1. Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

### 6.2.9 Carichi sul muro

I carichi permanenti da fornire come input al software sono costituiti dal rivestimento in pietra sulla facciata superiore del taglione.

Il rivestimento di 0.20 m in pietrame previsto per la facciata superiore del taglione è stato considerato come carico permanente inserito nella condizione 1. La valutazione di questa forza è stata considerata come il peso di una lastra di 0.20 m x 2 m x 1 m, ovvero Calcarea di Bari proveniente dagli scavi, applicata nel punto centrale della facciata superiore.

Elemento	spessore	Peso
Rivestimento in pietra	0.20 m	5.2 kN/m <sup>2</sup>

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 23 DI 66

### 6.2.10 Carichi sul profilo del terreno

I carichi permanenti da fornire come input al software sono costituiti dal rivestimento in massi cementati ricoprenti la savanella di Lama San Marco.

I massi cementati previsto come rivestimento del fondo di Lama San Marco sono stati considerati come carico permanente inserito nella condizione 1. La valutazione di questa forza è stata considerata come il peso di uno strato di cemento di 0.50 m di spessore sommato ad uno strato di pietre in Calcarea di Bari di 0.70 m di spessore. A questo carico è stato aggiunto il peso dell'acqua che si avrebbe considerando il tirante idrico calcolato per un tempo di ritorno di 300 anni.

Elemento	spessore	Peso
Cemento	0.50 m	12.5 kN/m <sup>2</sup>
Pietra calcarea di Bari	0.70 m	18.2 kN/m <sup>2</sup>
Peso dell'acqua (TR300)	0.23 m	2.3 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>		<b>33 kN/m<sup>2</sup></b>

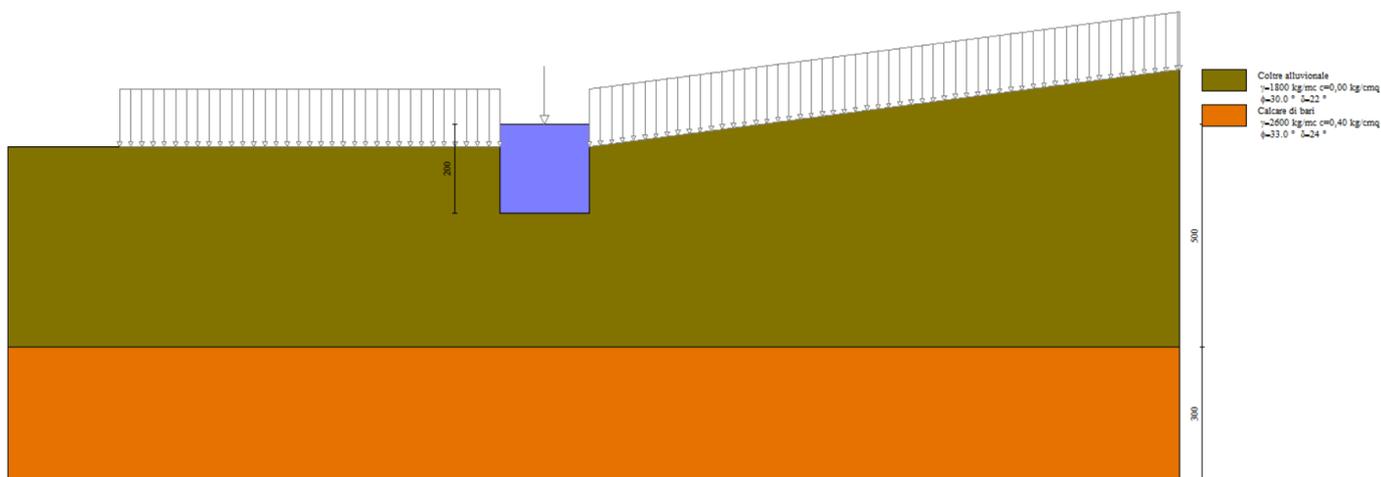


Figura 5 – Grafico dei carichi

### 6.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>				
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV.    FOGLIO D        24 DI 66

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

- **Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

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

in cui vengono opportunamente combinati gli effetti della componente sismica verticale ed orizzontale.

Si specifica che si è scelto di operare attraverso l'Approccio 1 prescritto dalla norma [NTC – 2.6.1] dunque con i coefficienti A1 e M1 (STR) rispettivamente per le azioni e per i materiali, e con i coefficienti A2 e M2 (GEO).

Come detto precedentemente, la direzione dei carichi è definita all'interno di ogni combinazione. Le combinazioni sismiche rispettano invece la seguente formulazione:

$$\pm E_x \pm 0.3E_z ; \pm E_z \pm 0.3E_x$$

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$         Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$         Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	25 DI 66

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	26 DI 66

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 27 DI 66

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

#### Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

N Componente normale al piano di posa, espressa in [kg]

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 28 DI 66

- T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kg]  
M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kgm]  
M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kgm]  
ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

<b>Ic</b>	<b>N</b> [kg]	<b>T</b> [kg]	<b>M<sub>r</sub></b> [kgm]	<b>M<sub>s</sub></b> [kgm]	<b>ecc</b> [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	12773	2807	1901	13907	0,060
2 - STR (A1-M1-R3)	12270	2478	1748	13188	0,068
3 - STR (A1-M1-R3)	12071	2439	1820	13064	0,068
4 - STR (A1-M1-R3)	15773	2807	1901	16907	0,049
5 - STR (A1-M1-R3)	12773	2807	1901	13907	0,060
6 - STR (A1-M1-R3)	15773	2807	1901	16907	0,049
7 - GEO (A2-M2-R2)	12148	2745	1858	13035	0,080
8 - GEO (A2-M2-R2)	12270	2478	1748	13188	0,068
9 - GEO (A2-M2-R2)	12071	2439	1820	13064	0,068
10 - EQU	12792	3568	2416	13945	0,099
11 - EQU	12270	2478	1748	13188	0,068
12 - EQU	12071	2439	1820	13064	0,068
13 - SLER	12133	2159	1462	13005	0,049
14 - SLEF	12133	2159	1462	13005	0,049
15 - SLEQ	12133	2159	1462	13005	0,049
16 - SLEQ	12196	2305	1593	13089	0,057
17 - SLEQ	12104	2287	1626	13032	0,058

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	29 DI 66

## 7. VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel successivo paragrafo si riportano le verifiche geotecniche effettuate sul taglione in oggetto.

### 7.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ . Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 7.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 30 DI 66

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento. Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

### 7.3 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale  $\phi > 0$

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

- N fattori di capacità portante
- s fattori di forma
- d fattori di profondità
- i fattori di inclinazione del carico
- b fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con  $\eta$  inclinazione del piano di posa
- g fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con  $\beta$  pendenza del pendio

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: <u>Mandante:</u> <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. <b>D</b>	FOGLIO <b>31 DI 66</b>

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_y = 1.5(N_q - 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_y = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_y = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 0.5 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$	$i_y = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta = 0$ $i_y = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^{\circ}/450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta > 0$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^{\circ}}{147^{\circ}}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^{\circ}}{147^{\circ}}$	$b_q = e^{-2\eta \tan \varphi}$	$b_y = e^{-2.7\eta \tan \varphi}$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^{\circ}}{147^{\circ}}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^{\circ}}{147^{\circ}}$	$g_q = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$	$g_y = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left( 45^{\circ} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff.  $k$  e  $m$  assumono le seguenti espressioni:

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. <b>D</b>	FOGLIO <b>32 DI 66</b>

$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$	$k = \arctan \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$ ,  $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

Per poter applicare la formula di Vesic devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$H < V \tan \delta + A_f c_a$	$\beta \leq \varphi$	$i_q, i_\gamma > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	---------------------	------------------------------

#### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

#### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

## 7.4 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ .

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 33 DI 66

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## 7.5 Cedimenti della fondazione

### Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta \sigma$  è la tensione indotta nel terreno, alla profondità  $z$ , dalla pressione di contatto della fondazione;

$E_{ed}$  è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato  $i$ -esimo;

<b>APPALTATORE:</b> <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. <b>D</b>	FOGLIO <b>34 DI 66</b>

$\Delta z$  rappresenta lo spessore dello strato i-esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato impostato al valore  $H_s = 20.00$ .

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 35 DI 66

## 8. SINTESI VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel successivo paragrafo si riportano delle sintesi dei risultati delle verifiche geotecniche effettuate sul taglione in oggetto.

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)

FS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento

FS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento

FS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite

FS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

FS<sub>HYD</sub> Coeff. di sicurezza a sifonamento

FS<sub>SUPL</sub> Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.838		6.059			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.000		6.583			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.000		6.682			
4 - STR (A1-M1-R3)		2.270		5.706			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.838		6.059			
6 - STR (A1-M1-R3)		2.270		5.706			
7 - GEO (A2-M2-R2)					8.952		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				8.891		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				8.857		
10 - EQU			5.772				
11 - EQU	H + V		7.546				
12 - EQU	H - V		7.180				

### 8.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante:	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 36 DI 66

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kg]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kg]	Rpt [kg]	Rps [kg]	Rp [kg]	Rt [kg]	R [kg]	T [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	5161	0	0	--	--	5161	2807	1.838
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	4957	0	0	--	--	4957	2478	2.000
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	4877	0	0	--	--	4877	2439	2.000
4 - STR (A1-M1-R3)	6373	0	0	--	--	6373	2807	2.270
5 - STR (A1-M1-R3)	5161	0	0	--	--	5161	2807	1.838
6 - STR (A1-M1-R3)	6373	0	0	--	--	6373	2807	2.270

## 8.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kg]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kg]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limie e carico agente al piano di posa)

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	12773	77389	55278	6.059
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	12270	80777	57698	6.583
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	12071	80655	57610	6.682

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 37 DI 66

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
4 - STR (A1-M1-R3)	15773	90006	64290	5.706
5 - STR (A1-M1-R3)	12773	77389	55278	6.059
6 - STR (A1-M1-R3)	15773	90006	64290	5.706

### Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$N_c, N_q, N_\gamma$  Fattori di capacità portante

$i_c, i_q, i_\gamma$  Fattori di inclinazione del carico

$d_c, d_q, d_\gamma$  Fattori di profondità del piano di posa

$g_c, g_q, g_\gamma$  Fattori di inclinazione del profilo topografico

$b_c, b_q, b_\gamma$  Fattori di inclinazione del piano di posa

$s_c, s_q, s_\gamma$  Fattori di forma della fondazione

$p_c, p_q, p_\gamma$  Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic

$R_e$  Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof

$I_r, I_{rc}$  Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic

$r_\gamma$  Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_\gamma N_\gamma$  viene moltiplicato per questo fattore

$D$  Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

$B'$  Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

$H$  Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

$\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]

$\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

$c$  Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm<sup>2</sup>]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	$N_c$ $N_q$ $N_\gamma$	$i_c$ $i_q$ $i_\gamma$	$d_c$ $d_q$ $d_\gamma$	$g_c$ $g_q$ $g_\gamma$	$b_c$ $b_q$ $b_\gamma$	$s_c$ $s_q$ $s_\gamma$	$p_c$ $p_q$ $p_\gamma$	$I_r$	$I_{rc}$	$R_e$	$r_\gamma$
1	30.14 0 18.40 1 15.07 0	0.533 0.559 0.434	1.300 1.217 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.827	1.000
2	30.14 0	0.564 0.587	1.300 1.217	1.000 1.000	1.000 1.000	-- --	-- --	--	--	0.816	1.000

APPALTATORE:  
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
 GENERALI s.r.l.**

**RIASSETTO NODO DI BARI**

PROGETTISTA:

**TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE**

Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	38 DI 66

**Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San  
 Marco**

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
	18.40 1 15.07 0	0.467	1.000	1.000	1.000	--	--				
3	30.14 0 18.40 1 15.07 0	0.563 0.587 0.467	1.300 1.217 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.815	1.000
4	30.14 0 18.40 1 15.07 0	0.606 0.628 0.514	1.300 1.217 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.844	1.000
5	30.14 0 18.40 1 15.07 0	0.533 0.559 0.434	1.300 1.217 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.827	1.000
6	30.14 0 18.40 1 15.07 0	0.606 0.628 0.514	1.300 1.217 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.844	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kg/ mc]	c [kg/c mq]
1	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00
2	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00
3	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00
4	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00
5	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00
6	1,50	2,00	1,73	1850	30,00	0,00

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	39 DI 66

### 8.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°      Indice combinazione

Ms      Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

Mr      Momento ribaltante, espresso in [kgm]

FS      Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kgm]	[kgm]	
10 - EQU	13945	2416	5.772
11 - EQU H + V	13188	1748	7.546
12 - EQU H - V	13064	1820	7.180

### 8.4 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic      Indice/Tipo combinazione

C      Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R      Raggio, espresso in [m]

FS      Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,50	6,81	8.952
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	6,81	8.891
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,50	6,81	8.857

### Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W      peso della striscia espresso in [kg]

Qy      carico sulla striscia espresso in [kg]

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 40 DI 66

- $Q_f$  carico acqua sulla striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 $c$  coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]  
 $b$  larghezza della striscia espressa in [m]  
 $u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]  
 $T_x; T_y$  Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Q <sub>y</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]	u [kg/cm <sup>q</sup> ]	T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub> [kg]
1	139	1335	0	5,29 - 0,40	47.356	24.791	0,00	0,000	
2	398	1335	0	0,40	43.566	24.791	0,00	0,000	
3	617	1335	0	0,40	39.110	24.791	0,00	0,000	
4	799	1335	0	0,40	34.922	24.791	0,00	0,000	
5	950	1335	0	0,40	30.939	24.791	0,00	0,000	
6	1074	1335	0	0,40	27.117	24.791	0,00	0,000	
7	1174	1335	0	0,40	23.422	24.791	0,00	0,000	
8	1252	1335	0	0,40	19.828	24.791	0,00	0,000	
9	1309	1335	0	0,40	16.313	24.791	0,00	0,000	
10	1347	1335	0	0,40	12.861	24.791	0,00	0,000	
11	1366	1335	0	0,40	9.456	24.791	0,00	0,000	
12	1368	1335	0	0,40	6.085	24.791	0,00	0,000	
13	1353	1335	0	0,40	2.735	24.791	0,00	0,000	
14	1931	425	0	0,40	-0.606	24.791	0,00	0,000	
15	2198	0	0	0,40	-3.949	24.791	0,00	0,000	
16	2170	1261	0	0,40	-7.306	24.791	0,00	0,000	
17	2123	0	0	0,40	- 10.688	24.791	0,00	0,000	
18	2059	0	0	0,40	- 14.108	24.791	0,00	0,000	
19	1410	857	0	0,40	- 17.581	24.791	0,00	0,000	
20	991	1335	0	0,40	- 21.122	24.791	0,00	0,000	
21	868	1335	0	0,40	- 24.750	24.791	0,00	0,000	
22	722	1335	0	0,40	- 28.488	24.791	0,00	0,000	
23	550	1335	0	0,40	- 32.364	24.791	0,00	0,000	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 41 DI 66

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm q]	u [kg/cm q]	Tx; Ty [kg]
24	350	1335	0	0,40	- 36.416	24.791	0,00	0,000	
25	118	1335	0	-4,64 - 0,40	- 39.818	24.791	0,00	0,000	

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm q]	u [kg/cm q]	Tx; Ty [kg]
1	139	1335	0	5,29 - 0,40	47.356	30.000	0,00	0,000	
2	398	1335	0	0,40	43.566	30.000	0,00	0,000	
3	617	1335	0	0,40	39.110	30.000	0,00	0,000	
4	799	1335	0	0,40	34.922	30.000	0,00	0,000	
5	950	1335	0	0,40	30.939	30.000	0,00	0,000	
6	1074	1335	0	0,40	27.117	30.000	0,00	0,000	
7	1174	1335	0	0,40	23.422	30.000	0,00	0,000	
8	1252	1335	0	0,40	19.828	30.000	0,00	0,000	
9	1309	1335	0	0,40	16.313	30.000	0,00	0,000	
10	1347	1335	0	0,40	12.861	30.000	0,00	0,000	
11	1366	1335	0	0,40	9.456	30.000	0,00	0,000	
12	1368	1335	0	0,40	6.085	30.000	0,00	0,000	
13	1353	1335	0	0,40	2.735	30.000	0,00	0,000	
14	1931	425	0	0,40	-0.606	30.000	0,00	0,000	
15	2198	0	0	0,40	-3.949	30.000	0,00	0,000	
16	2170	1261	0	0,40	-7.306	30.000	0,00	0,000	
17	2123	0	0	0,40	- 10.688	30.000	0,00	0,000	
18	2059	0	0	0,40	- 14.108	30.000	0,00	0,000	
19	1410	857	0	0,40	- 17.581	30.000	0,00	0,000	
20	991	1335	0	0,40	- 21.122	30.000	0,00	0,000	
21	868	1335	0	0,40	- 24.750	30.000	0,00	0,000	
22	722	1335	0	0,40	- 28.488	30.000	0,00	0,000	
23	550	1335	0	0,40	- 32.364	30.000	0,00	0,000	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 42 DI 66

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm q]	u [kg/cm q]	Tx; Ty [kg]
24	350	1335	0	0,40	- 36.416	30.000	0,00	0,000	
25	118	1335	0	-4,64 - 0,40	- 39.818	30.000	0,00	0,000	

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm q]	u [kg/cm q]	Tx; Ty [kg]
1	139	1335	0	5,29 - 0,40	47.356	30.000	0,00	0,000	
2	398	1335	0	0,40	43.566	30.000	0,00	0,000	
3	617	1335	0	0,40	39.110	30.000	0,00	0,000	
4	799	1335	0	0,40	34.922	30.000	0,00	0,000	
5	950	1335	0	0,40	30.939	30.000	0,00	0,000	
6	1074	1335	0	0,40	27.117	30.000	0,00	0,000	
7	1174	1335	0	0,40	23.422	30.000	0,00	0,000	
8	1252	1335	0	0,40	19.828	30.000	0,00	0,000	
9	1309	1335	0	0,40	16.313	30.000	0,00	0,000	
10	1347	1335	0	0,40	12.861	30.000	0,00	0,000	
11	1366	1335	0	0,40	9.456	30.000	0,00	0,000	
12	1368	1335	0	0,40	6.085	30.000	0,00	0,000	
13	1353	1335	0	0,40	2.735	30.000	0,00	0,000	
14	1931	425	0	0,40	-0.606	30.000	0,00	0,000	
15	2198	0	0	0,40	-3.949	30.000	0,00	0,000	
16	2170	1261	0	0,40	-7.306	30.000	0,00	0,000	
17	2123	0	0	0,40	- 10.688	30.000	0,00	0,000	
18	2059	0	0	0,40	- 14.108	30.000	0,00	0,000	
19	1410	857	0	0,40	- 17.581	30.000	0,00	0,000	
20	991	1335	0	0,40	- 21.122	30.000	0,00	0,000	
21	868	1335	0	0,40	- 24.750	30.000	0,00	0,000	
22	722	1335	0	0,40	- 28.488	30.000	0,00	0,000	
23	550	1335	0	0,40	- 32.364	30.000	0,00	0,000	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>				
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV.    FOGLIO D      43 DI 66

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm q]	u [kg/cm q]	Tx; Ty [kg]
24	350	1335	0	0,40	- 36.416	30.000	0,00	0,000	
25	118	1335	0	-4,64 - 0,40	- 39.818	30.000	0,00	0,000	

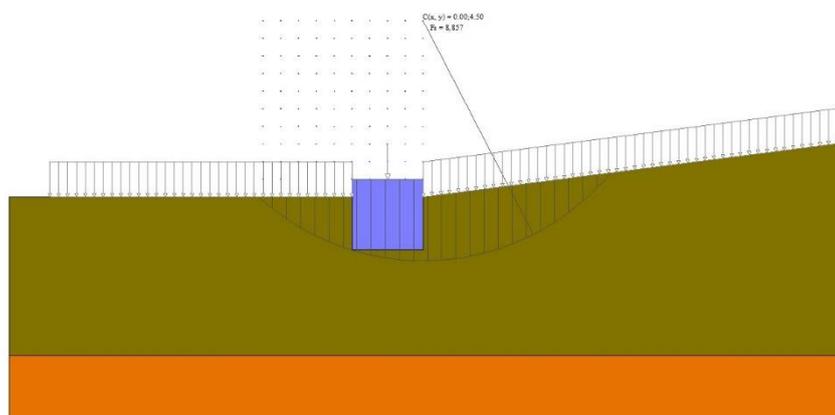


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 9)

## 8.5 Cedimenti

Simbologia adottata

Ic      Indice combinazione

X, Y    Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]

w      Cedimento, espressa in [cm]

dw     Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-2,00; -2,00	0,059	0,008
13	-1,00; -2,00	0,092	0,041
13	0,00; -2,00	0,051	0,000
14	-2,00; -2,00	0,059	0,008
14	-1,00; -2,00	0,092	0,041
14	0,00; -2,00	0,051	0,000
15	-2,00; -2,00	0,059	0,008

<b>APPALTATORE:</b> <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 44 DI 66

<b>Ic</b>	<b>X; Y</b>	<b>w</b>	<b>dw</b>
	<i>[m]</i>	<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
15	-1,00; -2,00	0,092	0,041
15	0,00; -2,00	0,051	0,000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglio – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	45 DI 66

## 9. VERIFICHE STRUTTURALI – TAGLIONE

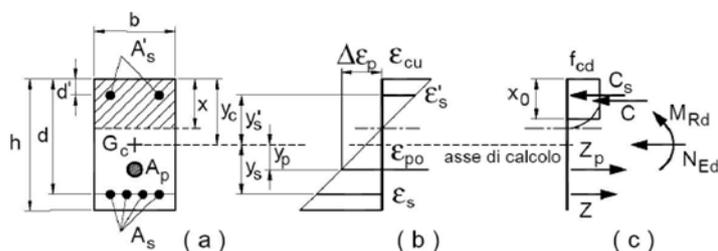
Le verifiche sono state eseguite allo Stato Limite Ultimo per i vari elementi strutturali verificando che per ciascuna combinazione delle azioni, prese in esame, risulti la resistenza di calcolo ( $R_d$ ) maggiore delle sollecitazioni di calcolo ( $E_d$ ).

$$R_d \geq E_d$$

### 9.1 Verifiche a flessione e pressoflessione

La verifica alle sollecitazioni che provocano tensioni normali (sforzo normale, flessione semplice e composta) è stata fatta con uno specifico programma in cui, inserendo le caratteristiche geometriche della sezione, delle armature e delle sollecitazioni desunte dai precitati tabulati di calcolo, si ottiene, per i materiali ipotizzati, il momento resistente che dovrà risultare maggiore del momento agente.

Con riferimento alla sezione pressoinflessa retta, la capacità, in termini di resistenza e duttilità, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli  $\sigma$ - $\epsilon$ :



Le verifiche si eseguono confrontando la capacità, espressa in termini di resistenza e, quando richiesto al § 7.4 delle presenti norme, di duttilità, con la corrispondente domanda, secondo le relazioni:

- $M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$
- $\mu\phi = \mu\phi(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed}$

Nel caso di pressoflessione deviata la verifica della sezione può essere posta nella forma:

$$\left( \frac{M_{E_{yd}}}{M_{R_{yd}}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{E_{zd}}}{M_{R_{zd}}} \right)^\alpha \leq 1$$

- $M_{E_{yd}}, M_{E_{zd}}$  sono i valori di progetto delle due componenti di flessione retta della sollecitazione attorno agli assi  $y$  e  $z$ ;
- $M_{R_{yd}}, M_{R_{zd}}$  sono i valori di progetto dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti a  $N_{Ed}$  valutati separatamente attorno agli assi  $y$  e  $z$ .

Il copriferro netto assunto è pari a 50 mm. Quindi per conseguenza il valore della distanza "d" e "d'" delle barre longitudinali superiori ed inferiori dovrà essere definita come somma di copriferro, diametro armatura di taglio e raggio dell'armatura longitudinale definita nella relativa verifica.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 46 DI 66

## 9.2 Verifiche a taglio

Per la verifica di resistenza allo SLU con riferimento alle sollecitazioni taglianti deve risultare:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

In accordo con le NTC, il taglio  $V_{Ed}$  non dovrebbe essere pari a quello risultante dalle analisi in virtù del criterio di gerarchia delle resistenze tra elementi strutturali trasverso-piedritto (assimilabili a dei comuni elementi trave-pilastro). Tuttavia le sollecitazioni determinate in condizioni sismiche non sono dimensionanti per la struttura; questo vuol dire che la condizione per il calcolo del taglio sollecitante in condizioni di plasticizzazione alle estremità delle solette, non è rappresentativa per la struttura esaminata.

Nel caso in esame, dunque, il taglio  $V_{Ed}$  è pari ai massimi valori del taglio sollecitante derivante dall'analisi per i vari elementi strutturali. Per tutti gli elementi strutturali il massimo taglio si riscontra in corrispondenza della sezione di attacco tra l'elemento stesso e quello ad esso ortogonale. Verrà analizzata anche la sezione di mezzeria.

La resistenza a taglio in assenza di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$ ;
- $\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0.02$  (rapporto geometrico di armatura longitudinale);
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0.02 f_{cd}$  (tensione media di compressione nella sezione);
- $d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

## 9.3 SLE - Verifica di fessurazione (NTC 2008 4.1.2.2.4)

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

### Definizione degli stati limite di fessurazione (4.1.2.2.4.1)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	47 DI 66

In ordine di severità decrescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad (4.1.37)$$

dove  $f_{ctm}$  è definito nel § 11.2.10.2;

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

#### **Combinazioni di azioni (4.1.2.2.4.2)**

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

#### **Condizioni ambientali (4.1.2.2.4.3)**

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato 62 nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

**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

#### **Sensibilità delle armature alla corrosione (4.1.2.2.4.4)**

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 48 DI 66

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

#### **Scelta degli stati limite di fessurazione (4.1.2.2.4.5)**

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

**Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

#### **Verifica allo stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4.6)**

##### **Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure**

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

##### **Stato limite di apertura delle fessure**

Il valore di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV.

Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m \quad (4.1.38)$$

dove  $w_m$ , rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm} \quad (4.1.39)$$

Per il calcolo di  $\epsilon_{sm}$ , e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	49 DI 66

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura.

#### **9.4 SLE - Verifica delle tensioni di esercizio (NTC 2008 4.1.2.2.5)**

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### ***Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio (4.1.2.2.5.1)***

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_c < 0,60 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara) (4.1.40)

$\sigma_c < 0,45 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente. (4.1.41)

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

##### ***Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio (4.1.2.2.5.2)***

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima,  $\sigma_s$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:  $\sigma_s < 0,8 f_{yk}$ . (4.1.42)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl						TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 50 DI 66

## 10. SINTESI VERIFICHE STRUTTURALI

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°      Indice della sezione

X      Posizione della sezione, espresso in [m]

N      Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.

T      Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle

M      Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

*Paramento*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	1639	0	0
2	-0,10	2139	0	0
3	-0,20	2639	0	0
4	-0,30	3139	0	0
5	-0,40	3639	0	0
6	-0,50	4139	0	0

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	1261	23	0
2	-0,10	1765	32	3
3	-0,20	2270	41	6
4	-0,30	2774	51	11
5	-0,40	3279	60	17
6	-0,50	3783	69	23

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	1261	23	0
2	-0,10	1756	32	3
3	-0,20	2251	41	6

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOLGIO 51 DI 66

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
4	-0,30	2747	51	11
5	-0,40	3242	60	17
6	-0,50	3738	69	23

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1639	0	0
2	-0,10	2289	0	0
3	-0,20	2939	0	0
4	-0,30	3589	0	0
5	-0,40	4239	0	0
6	-0,50	4889	0	0

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1639	0	0
2	-0,10	2139	0	0
3	-0,20	2639	0	0
4	-0,30	3139	0	0
5	-0,40	3639	0	0
6	-0,50	4139	0	0

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1639	0	0
2	-0,10	2289	0	0
3	-0,20	2939	0	0
4	-0,30	3589	0	0
5	-0,40	4239	0	0
6	-0,50	4889	0	0

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1261	0	0

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 52 DI 66

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
2	-0,10	1761	0	0
3	-0,20	2261	0	0
4	-0,30	2761	0	0
5	-0,40	3261	0	0
6	-0,50	3761	0	0

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1261	0	0
2	-0,10	1761	0	0
3	-0,20	2261	0	0
4	-0,30	2761	0	0
5	-0,40	3261	0	0
6	-0,50	3761	0	0

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1261	0	0
2	-0,10	1761	0	0
3	-0,20	2261	0	0
4	-0,30	2761	0	0
5	-0,40	3261	0	0
6	-0,50	3761	0	0

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1261	11	0
2	-0,10	1763	15	1
3	-0,20	2265	19	3
4	-0,30	2767	23	5
5	-0,40	3269	27	8
6	-0,50	3771	32	11

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	53 DI 66

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	1261	11	0
2	-0,10	1758	15	1
3	-0,20	2256	19	3
4	-0,30	2754	23	5
5	-0,40	3252	27	8
6	-0,50	3750	32	11

## 10.1 Verifiche a flessione

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

### Paramento

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1639	0	0	100000 .000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	2139	0	0	100000 .000
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2639	0	0	100000 .000
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	3139	0	0	100000 .000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>												
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA3S</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>ID0002 005</td> <td>D</td> <td>54 DI 66</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	54 DI 66
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	54 DI 66								

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	3639	0	0	100000 .000
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	4139	0	0	100000 .000

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0	0	100000 .000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	3	1765	4913	313361	4 1775.3 38
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	6	2270	8906	313361	4 1380.6 54
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	11	2774	12481	313361	4 1129.5 40
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	17	3279	15831	313361	4 955.71 4
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	23	3783	19046	313361	4 828.25 4

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0	0	100000 .000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	3	1756	4938	313361	4 1784.5 99

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 55 DI 66

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	6	2251	8978	313361	4 1391.88
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	11	2747	12606	313361	4 1140.84
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	17	3242	16010	313361	4 966.514
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	23	3738	19279	313361	4 838.403

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1639	0	0	100000.000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	2289	0	0	100000.000
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2939	0	0	100000.000
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	3589	0	0	100000.000
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	4239	0	0	100000.000
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	4889	0	0	100000.000

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

APPALTATORE: <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: <b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 56 DI 66

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1639	0	0	100000 .000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	2139	0	0	100000 .000
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2639	0	0	100000 .000
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	3139	0	0	100000 .000
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	3639	0	0	100000 .000
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	4139	0	0	100000 .000

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1639	0	0	100000 .000
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	2289	0	0	100000 .000
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2939	0	0	100000 .000
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	3589	0	0	100000 .000
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	4239	0	0	100000 .000
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	4889	0	0	100000 .000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 57 DI 66

## 10.2 Verifiche a taglio

Simbologia adottata

$n^\circ$  (o  $I_s$ ) indice sezione

$Y$  ordinata sezione espressa in [m]

$B$  larghezza sezione espresso in [cm]

$H$  altezza sezione espressa in [cm]

$A_{sw}$  area ferri a taglio espresso in [cm<sup>2</sup>]

$\cot\theta$  inclinazione delle bielle compresse,  $\theta$  inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

$V_{Rcd}$  resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

$V_{Rsd}$  resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

$V_{Rd}$  resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ( $A_{sw} > 0.0$ )  $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ .

$T$  taglio agente espressa in [kg]

$FS$  fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

### Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

$n^\circ$	$Y$ [m]	$B$ [cm]	$H$ [cm]	$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	$s$ [cm]	$\cot\theta$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$T$ [kg]	$FS$
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61711	0	100.00 0
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61784	0	100.00 0
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61857	0	100.00 0
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61930	0	100.00 0
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62003	0	100.00 0
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62076	0	100.00 0

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 58 DI 66

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61655	23	2670.0 25
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61729	32	1913.9 98
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61803	41	1492.4 23
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61877	51	1223.5 65
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61950	60	1037.1 66
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62024	69	900.33 4

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61655	23	2670.0 25
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61728	32	1913.9 57
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61800	41	1492.3 58
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61873	51	1223.4 85
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61945	60	1037.0 76
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62017	69	900.23 7

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 59 DI 66

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61711	0	100.00 0
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61806	0	100.00 0
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61901	0	100.00 0
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61996	0	100.00 0
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62091	0	100.00 0
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62186	0	100.00 0

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61711	0	100.00 0
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61784	0	100.00 0
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61857	0	100.00 0
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61930	0	100.00 0
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62003	0	100.00 0

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 60 DI 66

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62076	0	100.00 0

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	0,00	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61711	0	100.00 0
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61806	0	100.00 0
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61901	0	100.00 0
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	--	0	0	61996	0	100.00 0
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62091	0	100.00 0
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	--	0	0	62186	0	100.00 0

### 10.3 Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- A<sub>fi</sub> area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- A<sub>fs</sub> area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kg]
- σ<sub>c</sub> tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
- σ<sub>fi</sub> tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
- σ<sub>fs</sub> tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 61 DI 66

## Combinazioni SLER

### Paramento

#### Combinazione n° 13 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	$\sigma_c$ [kg/cm q]	$\sigma_{fi}$ [kg/cm q]	$\sigma_{fs}$ [kg/cm q]
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0,06	0,93	0,93
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	1761	0,09	1,30	1,30
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2261	0,11	1,68	1,68
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	2761	0,14	2,05	2,05
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	3261	0,16	2,42	2,42
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	3761	0,19	2,79	2,79

## Combinazioni SLEF

### Paramento

#### Combinazione n° 14 - SLEF

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 338,54 [kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	$\sigma_c$ [kg/cm q]	$\sigma_{fi}$ [kg/cm q]	$\sigma_{fs}$ [kg/cm q]
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0,06	0,93	0,93
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	1761	0,09	1,30	1,30
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2261	0,11	1,68	1,68
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	2761	0,14	2,05	2,05
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	3261	0,16	2,42	2,42
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	3761	0,19	2,79	2,79

## Combinazioni SLEQ

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 62 DI 66

## Paramento

### Combinazione n° 15 - SLEQ

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34[kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cm q]	σfi [kg/cm q]	σfs [kg/cm q]
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0,06	0,93	0,93
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	0	1761	0,09	1,30	1,30
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	0	2261	0,11	1,68	1,68
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	0	2761	0,14	2,05	2,05
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	0	3261	0,16	2,42	2,42
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	0	3761	0,19	2,79	2,79

### Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34[kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cm q]	σfi [kg/cm q]	σfs [kg/cm q]
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0,06	0,93	0,93
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	1	1763	0,09	1,30	1,31
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	3	2265	0,11	1,67	1,68
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	5	2767	0,14	2,04	2,06
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	8	3269	0,16	2,41	2,44
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	11	3771	0,19	2,77	2,82

### Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34[kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 63 DI 66

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cm q]	[kg/cm q]	[kg/cm q]
1	0,00	100	200	8,04	8,04	0	1261	0,06	0,93	0,93
2	-0,10	100	200	8,04	8,04	1	1758	0,09	1,30	1,31
3	-0,20	100	200	8,04	8,04	3	2256	0,11	1,67	1,68
4	-0,30	100	200	8,04	8,04	5	2754	0,14	2,03	2,05
5	-0,40	100	200	8,04	8,04	8	3252	0,16	2,39	2,43
6	-0,49	100	200	8,04	8,04	11	3750	0,19	2,76	2,80

#### 10.4 Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
$\varepsilon$	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

#### Combinazioni SLER

Paramento

Combinazione n° 13 - SLER

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO ID0002 005	REV. D	FOGLIO 64 DI 66

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	0	0	0,0000 00	0,00	0,000
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000

### Combinazioni SLEF

Paramento

Combinazione n° 14 - SLEF

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	0,00	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	0	0	0,0000 00	0,00	0,000
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000

### Combinazioni SLEQ

Paramento

Combinazione n° 15 - SLEQ

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	0,00	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
2	-0,10	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
3	-0,20	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
4	-0,30	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
5	-0,40	100	200	0,00	0,00	0	0	0,0000 00	0,00	0,000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ CL	ID0002 005	D	65 DI 66

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
6	-0,49	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
2	-0,10	100	200	8,04	1450,00	1	261517	0,000000	0,00	0,000
3	-0,20	100	200	8,04	1450,00	3	261690	0,000000	0,00	0,000
4	-0,30	100	200	8,04	1450,00	5	261849	0,000000	0,00	0,000
5	-0,40	100	200	8,04	1450,00	8	262023	0,000000	0,00	0,000
6	-0,49	100	200	8,04	1450,00	11	262198	0,000000	0,00	0,000

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	200	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000
2	-0,10	100	200	8,04	1450,00	1	261517	0,000000	0,00	0,000
3	-0,20	100	200	8,04	1450,00	3	261683	0,000000	0,00	0,000
4	-0,30	100	200	8,04	1450,00	5	261849	0,000000	0,00	0,000
5	-0,40	100	200	8,04	1450,00	8	262023	0,000000	0,00	0,000
6	-0,49	100	200	8,04	1450,00	11	262190	0,000000	0,00	0,000

<b>APPALTATORE:</b> <b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b>	<b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo 1° taglione – Lama San Marco</b>	PROGETTO <b>IA3S</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 005</b>	REV. <b>D</b>	FOGLIO <b>66 DI 66</b>

## 11. CONCLUSIONI

In via conclusiva si può affermare che il taglione in oggetto risulta essere verificato per gli scopi richiesti sia per quanto riguarda le verifiche strutturali che geotecniche, considerando:

- la classe di esposizione di calcestruzzo XC4-XS1;
- Copriferro nominale di 5 cm
- Armatura a maglia quadrata 20\*20cm con ferri orizzontali e verticali Ø16 e spilli Ø10 (incidenza di circa 50 kg/m<sup>3</sup>).