

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.**

**S.O. Corpo Stradale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**NODO DI BARI**

**BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE**

**GALLERIE ARTIFICIALI**

**GA03 – GALLERIA ARTIFICIALE**

Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

SCALA:

-

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

IADR 00 D 29 CL GA0300 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per AI	M. Botta 	SETT '23	J. Amato-G. Giustino 	SETT '23	G. Dimaggio 	SETT '23	F. Arduini 29/09/2023  ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dipartimento Edilizia Arduini Ufficio Tecnico Via dei Forgiatelli, 155 00144 Roma

File: IADR00D29CLGA0300002A.doc

n. Elab.: X





GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	2 di 47

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	6
3	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	9
3.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	9
4	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
4.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	11
4.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	11
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	12
5.1	CALCESTRUZZO .....	12
5.2	ACCIAIO .....	12
5.2.1	<i>Acciaio per cemento armato</i> .....	12
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	13
7	CRITERI DI VERIFICA PARATIE .....	15
7.1	VERIFICHE SLU .....	15
7.2	VERIFICHE SLE .....	15
8	ANALISI DEI CARICHI .....	16
8.1	SPINTA DEL TERRENO .....	16
8.2	PESO PROPRIO .....	17
8.3	CARICHI PERMANENTI .....	17
8.4	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO STRADALE .....	17
8.5	AZIONE SISMICA .....	18
9	COMBINAZIONI DI CARICO .....	20
10	PROGETTO E VERIFICA DEI DIAFRAMMI .....	22
10.1	MODELLO DI CALCOLO .....	22



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	3 di 47

10.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	23
10.3	FASI DI CALCOLO.....	23
10.4	RISULTATI.....	29
10.4.1	<i>Mobilizzazione della spinta passiva</i> .....	29
10.4.2	<i>Sollecitazioni e spostamenti</i> .....	31
10.5	VERIFICHE STRUTTURALI .....	34
11	PROGETTO E VERIFICA DELLA SOLETTA DI COPERTURA .....	39
11.1	MODELLO DI CALCOLO .....	39
11.2	RISULTATI.....	40
11.3	VERIFICHE STRUTTURALI .....	40
12	RIEPILOGO INCIDENZE.....	47



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	4 di 47

## 1 PREMESSA

La linea ferroviaria Foggia – Bari attraversa a raso il territorio comunale di Bari nelle località Palese e Santo Spirito. La direttrice adriatica determina quindi una interruzione del tessuto urbano, con presenza di numerosi passaggi a livello, apportando pesanti ripercussioni sulla mobilità e sulla sicurezza degli abitanti.

Il progetto definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è parte di un più vasto complesso progettuale relativo all’evoluzione del Nodo ferroviario di Bari, volto alla razionalizzazione, riorganizzazione e ad un generale miglioramento del trasporto ferroviario, attraverso un organico inserimento delle reti ferroviarie nel territorio urbano della città di Bari e una riqualificazione urbanistica delle aree dismesse.

Nel dicembre 2005 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Puglia, il Comune di Bari e Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. siglarono un “Protocollo d’Intesa per il riassetto del nodo di Bari” finalizzato alla individuazione delle più efficaci soluzioni trasportistiche che rispondessero alle esigenze di riqualificazione urbana e di sviluppo economico del territorio al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Riduzione delle interferenze tra le linee ferroviarie ed il territorio comunale;
- Realizzazione di un sistema di trasporto integrato, intermodale e intramodale a elevata frequenza;
- Aumento della qualità dei servizi di trasporto offerti con riduzione dei tempi di percorrenza e aumento dei punti di accesso alla modalità ferroviaria;
- Recupero, riqualificazione e valorizzazione delle aree ferroviarie dismesse e da dismettere;
- Abbattimento dei livelli di inquinamento acustico ed atmosferico nelle aree della città di Bari.

A seguito di tale Protocollo e del “Tavolo Tecnico” istituito dalla Regione Puglia, furono sviluppati uno studio di pre-fattibilità e successivamente uno studio di fattibilità.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	5 di 47

Il progetto preliminare del Riassetto del Nodo di Bari sviluppato a seguito delle analisi sullo studio di fattibilità è stato assentito con Conferenza di Servizi Istruttoria indetta dalla Regione Puglia ai sensi dell'art. 14-bis della legge 241/1990 e approvato con verbale di CdS del 25 maggio 2009.

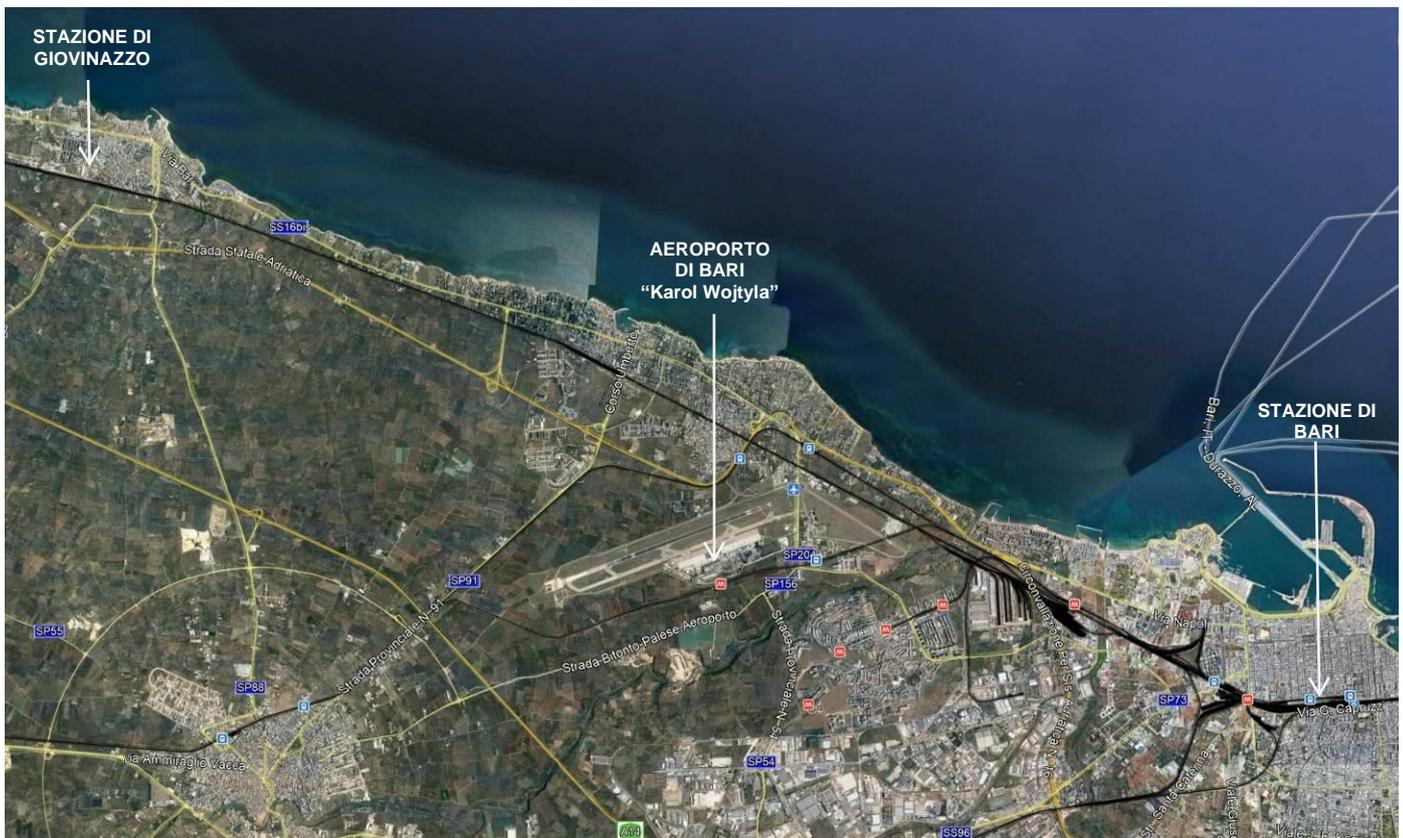
Il presente Progetto Definitivo del "Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese" è stato dunque sviluppato come soluzione di variante al Progetto Preliminare del 2009 oggetto di Parere VIA e sulla base delle prescrizioni e pareri ricevuti in fase di iter autorizzatorio del Progetto Preliminare del 2021.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	6 di 47

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area interessata dal progetto ricade nella zona a nord - ovest della città di Bari, nell'area compresa tra l'aeroporto internazionale di Bari e il comune di Giovinazzo.



**Figura 2-1 Inquadramento area di intervento**

Il tracciato ferroviario è sviluppato tenendo conto dei seguenti input:

- $V_c = 200 \text{ km/h}$  ( $V_t = 180 \text{ km/h}$ )
- Nuova stazione con marciapiede ad isola da 250m e modulo di precedenza 750

La nuova linea ha origine dopo Giovinazzo, all'incirca al km 632+000 della linea Adriatica, da dove sfiocca verso sud-est e prosegue in corretto tracciato per circa un chilometro mantenendosi pressoché a quota piano campagna.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	7 di 47



**Figura 2-2 Tracciato Rosso**

La variante di tracciato si sviluppa quasi nella sua interezza sotto il piano campagna, i primi 1.300 m circa si sviluppano quasi al piano campagna per poi iniziare a perdere quota fino ad entrare in galleria artificiale. L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 3 km e consente il sottoattraversamento della Strada Statale n. 16 e dei successivi assi viari.

Dopo circa 4,8 km il tracciato prosegue a cielo aperto, in trincea profonda, dove viene realizzato il nuovo impianto di stazione di S.Spirito – Enzitetto, costituito da due marciapiedi ad isola da 250m, ai quali si accede attraverso un sistema di scale mobili e ascensori che conducono al fabbricato di stazione posto al piano campagna. L'impianto di stazione garantisce sia per i binari di corsa sia per i binari di precedenza un modulo di 750m.

La trincea è interrotta da una galleria artificiale necessaria a creare aree a verde attrezzate, a servizio della nuova stazione, e a risolvere l'interferenza con via Nicholas Green.

In uscita dall'impianto di stazione il tracciato inizia a salire e prosegue in galleria artificiale verso sud-est parallelamente alla SS16, sotto attraversando la rampa di svincolo della statale e la SP91.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	8 di 47

Dopo un tratto allo scoperto, il tracciato entra nuovamente in galleria artificiale al km 6+625, così da consentire in sottoattraversamento di strada di Torre Bregiola e della linea ferroviaria Bari-Bitonto via Palese, gestita dalle Ferrovie del Nord Barese.

Dopo aver sotto-attraversato via Modugno, il tracciato prosegue in direzione est sotto attraversando la Strada provinciale n 201.

Al fine di evitare interferenze con l'aeroporto internazionale di Bari "Karol Wojtyla" il tracciato piega verso nord-est risolvendo l'interferenza della rotatoria di collegamento tra la SP201 e la SP204 in galleria, per proseguire nell'area dell'aeroporto militare Bari Palese.

Superata l'area militare la livelletta inizia a prendere quota uscendo allo scoperto al km 9+780 ca e proseguendo in trincea fino a riallacciarsi sul sedime della linea storica in corrispondenza del km 642+537.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	9 di 47

### 3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione viene riportato il calcolo delle opere provvisorie necessarie per la realizzazione della galleria artificiale GA03 sezione E relativa al Progetto Definitivo della linea ferroviaria Bari – Barletta, lungo la tratta ferroviaria Bari Nord Santo Spirito – Bari Palese.



**Figura 3-1: planimetria del tracciato in oggetto - Google Earth.**

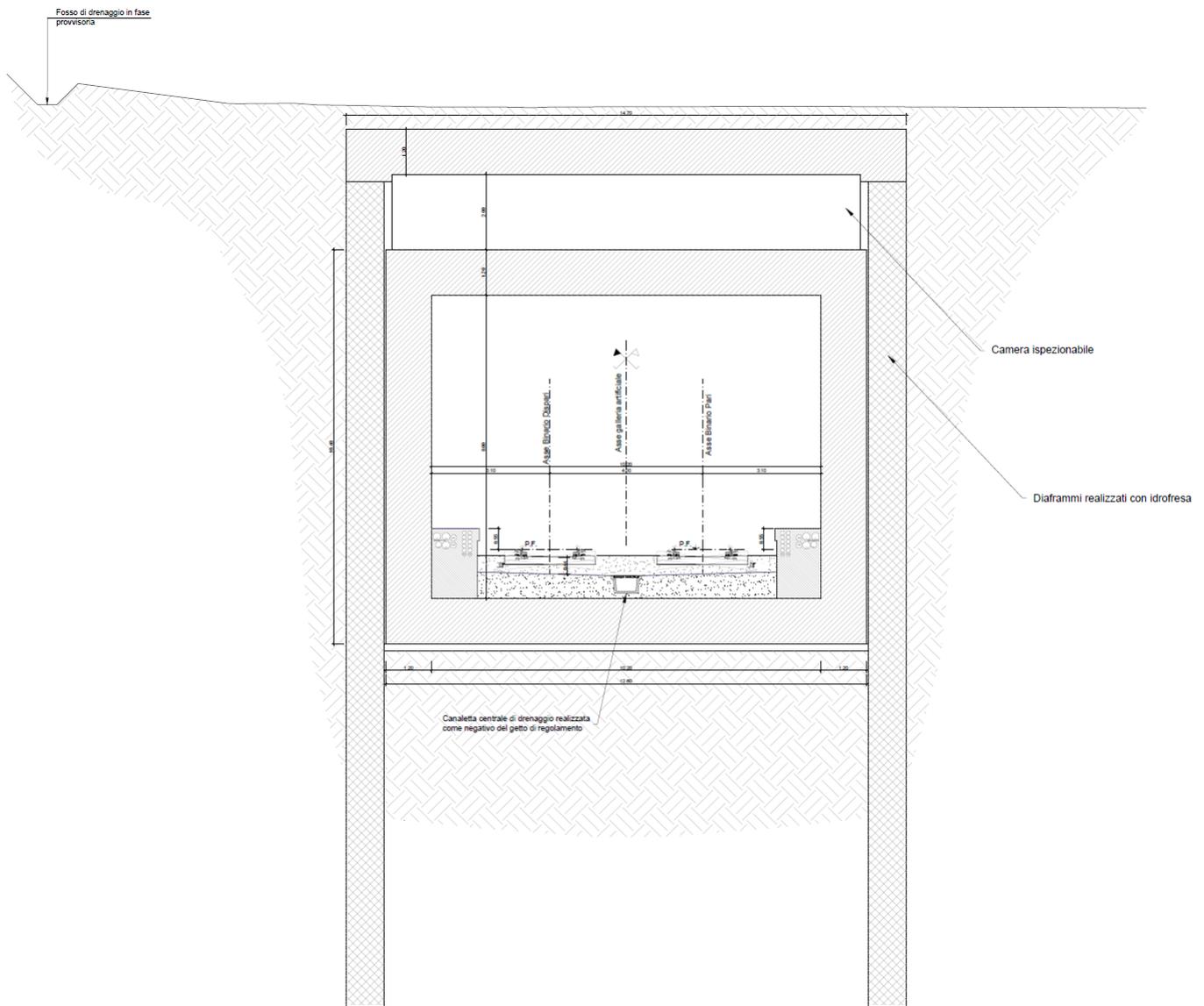
#### 3.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria GA03 è realizzata tramite una struttura scatolare in c.a., e ha uno sviluppo complessivo pari rispettivamente a circa 650 m. Il tratto d'opera di interesse, da pk 5+889 a pk 5+929, viene realizzato con l'ausilio di opere provvisorie installate con metodo Milano. Questo prevede la realizzazione dei diaframmi e della soprastante soletta di copertura, il ripristino dell'esercizio stradale e la conseguente esecuzione dello scavo fino alla quota finale di fondo scavo.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	10 di 47

Si riporta di seguito la sezione tipo E di interesse.



**Figura 3-2: GA03 - Sezione tipo E**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	11 di 47

## 4 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 4.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore del Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2022 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- [5] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [6] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 4.2 **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento all’elenco elaborati allegato.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	12 di 47

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel presente capitolo vengono riportate le principali caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture.

### 5.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C25/30
- Classe minima di consistenza S4
- Classe di esposizione ambientale XC2
- Copriferro 60 mm
- $R_{ck} = 30$  MPa Resistenza cubica caratteristica a compressione
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.9$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza caratteristica a compressione;
- $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cd} / \gamma_c = 14.11$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza di calcolo a compressione del cls;
- $E_{cm} = 31447.2$  N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico del calcestruzzo

### 5.2 ACCIAIO

#### 5.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- acciaio B450C
- tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450$  N/mm<sup>2</sup>
- tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540$  N/mm<sup>2</sup>
- resistenza di calcolo a trazione  $f_{yd} = 391.30$  N/mm<sup>2</sup>
- modulo elastico  $E_s = 206000$  N/mm<sup>2</sup>

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

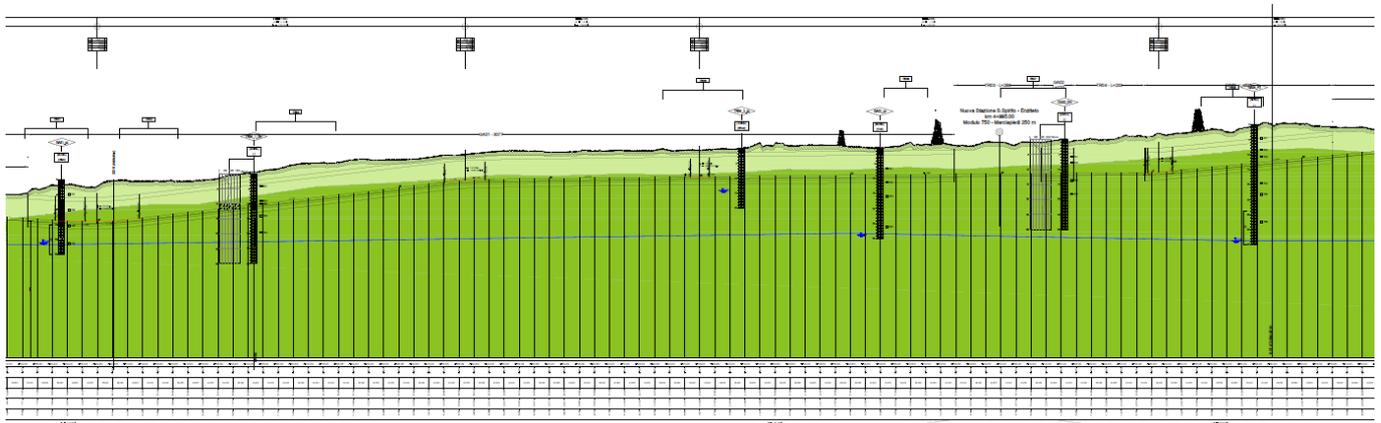
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	13 di 47

## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

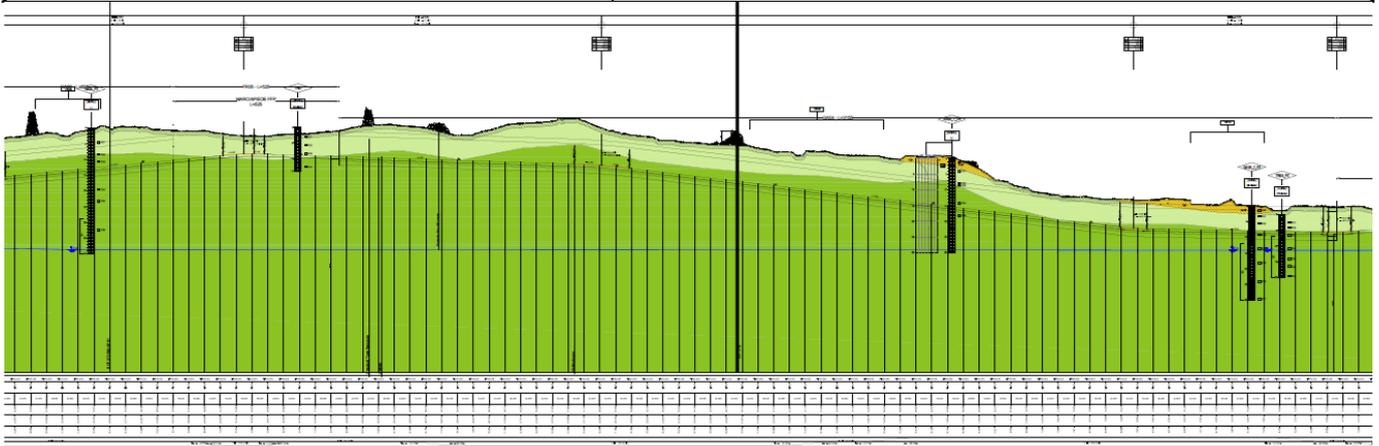
Unità Geotecnica	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	GSI	$\sigma_{ci}$	$m_i$	$E_{op}$	$k$
	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)					
<b>TC</b>	19.0	29	2.5				10	
<b>CAL</b> <b>Calt</b>	20.0	36	5				50	1E-03 ÷ 1E-05
<b>C1a</b> (da inizio a 5+000 da 8+000 a fine)	24.0	43	40	30	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
<b>C1b</b> (da 5+500 a 8+000)	24.0	41	20	20	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
<b>C2</b>	24.0	43	100	35	70	9	1000	1E-04 ÷ 1E-6

La falda si trova ad una quota di circa -33 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	14 di 47



**Figura 6-1: profilo geotecnico**

Nel modello di calcolo è stata analizzata la seguente stratigrafia, relativa alla pk 7+891 km.

Unità Geotecnica	Profondità da p.c.	
	da (m)	a (m)
<b>TC</b>	0	4.3
<b>Calt</b>	4.3	5.3
<b>C1b</b>	5.3	12.3
<b>C2</b>	12.3	-



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	15 di 47

## 7 CRITERI DI VERIFICA PARATIE

### 7.1 VERIFICHE SLU

Le verifiche delle paratie sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1), mentre per le verifiche strutturali l'analisi è stata condotta con la combinazione 1 (A1+M1+R1). È stata altresì considerato anche il caso sismico.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Paratie Plus, un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da una paratia e permette di valutare il comportamento delle pareti durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (§6.5.2.2 DM 17/01/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle è diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

$$\Delta h = \min (0.5; 10\% \Delta t)$$

in cui  $\Delta t$  è la differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo.

La verifica strutturale è stata condotta in maniera speditiva, per assicurarsi il corretto funzionamento dell'elemento strutturale. Tali verifiche sono cautelative e conservative, in quanto non si è considerato il contributo delle pareti interne.

### 7.2 VERIFICHE SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo  $E_d$  e  $C_d$  rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, dovranno essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	16 di 47

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo dell'opera, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

### 8.1 SPINTA DEL TERRENO

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo Paratie Plus, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_p$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

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

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\varphi'$ , e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

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

Dove

- $K_{0,NC} = 1 - \tan \varphi'$  è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ),
- $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi'/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi'/2)$$

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	17 di 47

## 8.2 PESO PROPRIO

Il carico dovuto al peso proprio è rappresentato dal solo peso dei diaframmi e delle solette. Come prassi nel calcolo delle paratie, il peso proprio non ha influenza sul comportamento dell'opera, ma viene considerato ai fini della valutazione degli sforzi assiali sui diaframmi.

## 8.3 CARICHI PERMANENTI

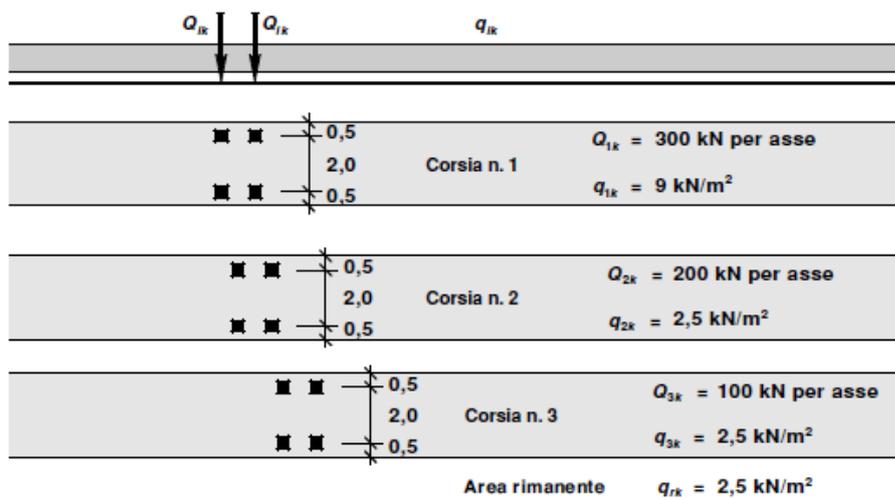
I carichi permanenti considerati sono quelli dovuti al peso totale del pacchetto stradale, caratterizzato da uno spessore di 32 cm ed un peso medio pari a 20 kN/m<sup>3</sup>, e del ricoprimento pari ad 1.5 m sulla soletta di copertura ( $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>)

## 8.4 CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO STRADALE

Le azioni da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico di seguito elencati (D. Min. 14/01/2008).

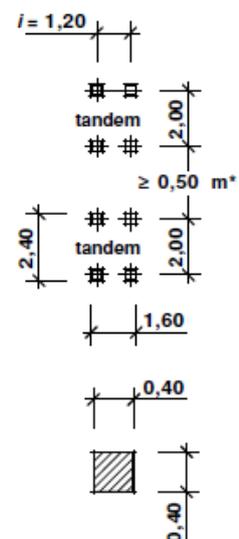
### Schema 1

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



Schema di carico 1 (dimensioni in [m])

Carico tandem 2  $Q_{rk}$



\* per  $w_r \leq 2,90$  m

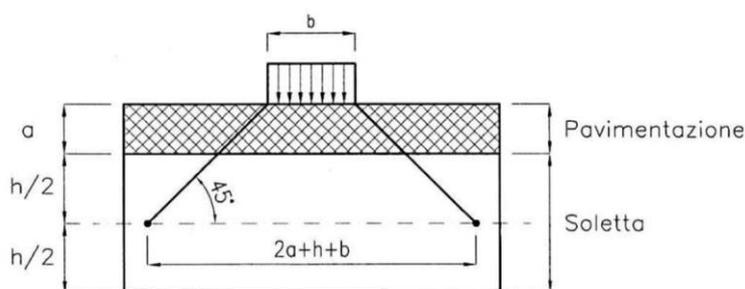
GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	18 di 47

In senso trasversale i carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

La condizione più gravosa in termini di sollecitazioni è stata ottenuta disponendo la corsia convenzionale n.1 in direzione ortogonale allo sviluppo dell'opera, con il carico tandem applicato secondo due configurazioni differenti per la verifica dei diaframmi e della soletta di copertura. Queste verranno illustrate nei successivi capitoli nei rispettivi modelli di calcolo. In entrambi i casi i carichi sono stati diffusi fino alla quota di ciascun elemento modellato secondo il seguente schema riportato nelle NTC2018.



**Figura 8-1: Diffusione dei carichi concentrati nelle solette**

## 8.5 AZIONE SISMICA

Per la paratia di diaframmi si è considerata una vita nominale di 35 anni e una classe d'uso III, con  $C_U = 1.5$ , pertanto si ottiene una vita di riferimento pari a  $V_R = 52.5$  anni.

Considerando una Categoria di sottosuolo B e una categoria topografica pari a T1, si ottengono i seguenti parametri sismici  $a_{max} = a_g \cdot S = 0.077 \cdot 1.2 = 0.092$  g.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla sola configurazione finale dell'opera. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudo-statico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e  $\beta$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	19 di 47

Considerando l'opera come struttura che non ammette spostamenti, l'incremento di spinta del terreno dovuto all'azione sismica è stato calcolato attraverso la trattazione di Wood valida per pareti che accettano piccoli spostamenti e come una sollecitazione uniformemente distribuita:

$$\Delta F_E = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot H^2$$

### Coefficienti sismici

 Tipo Paratie NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 20  0.1

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,48	1,41	1,25	1,24
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.016	0.020	0.045	0.060
kv	--	--	--	--
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.326	0.403	0.908	1.221
Beta	0.520	0.520	0.520	0.520

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	20 di 47

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC2018 al par.2.5.3:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_F$ ,  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$  (relativi alle resistenze dei pali), nonché i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni sono dati dalle tabelle NTC2018 5.2.V, 5.2.VI e 6.2.II che vengono riportate nel seguito.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	21 di 47

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{F1}$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{F2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{F3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{F4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

Tab. 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	22 di 47

## 10 PROGETTO E VERIFICA DEI DIAFRAMMI

### 10.1 MODELLO DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o inserimento degli elementi di contrasto) è opportuno l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo si impiega il programma di calcolo "PARATIEPLUS" v.23.0 della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodo, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di fornire informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

I parametri che caratterizzano il modello, dunque possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno che compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	23 di 47

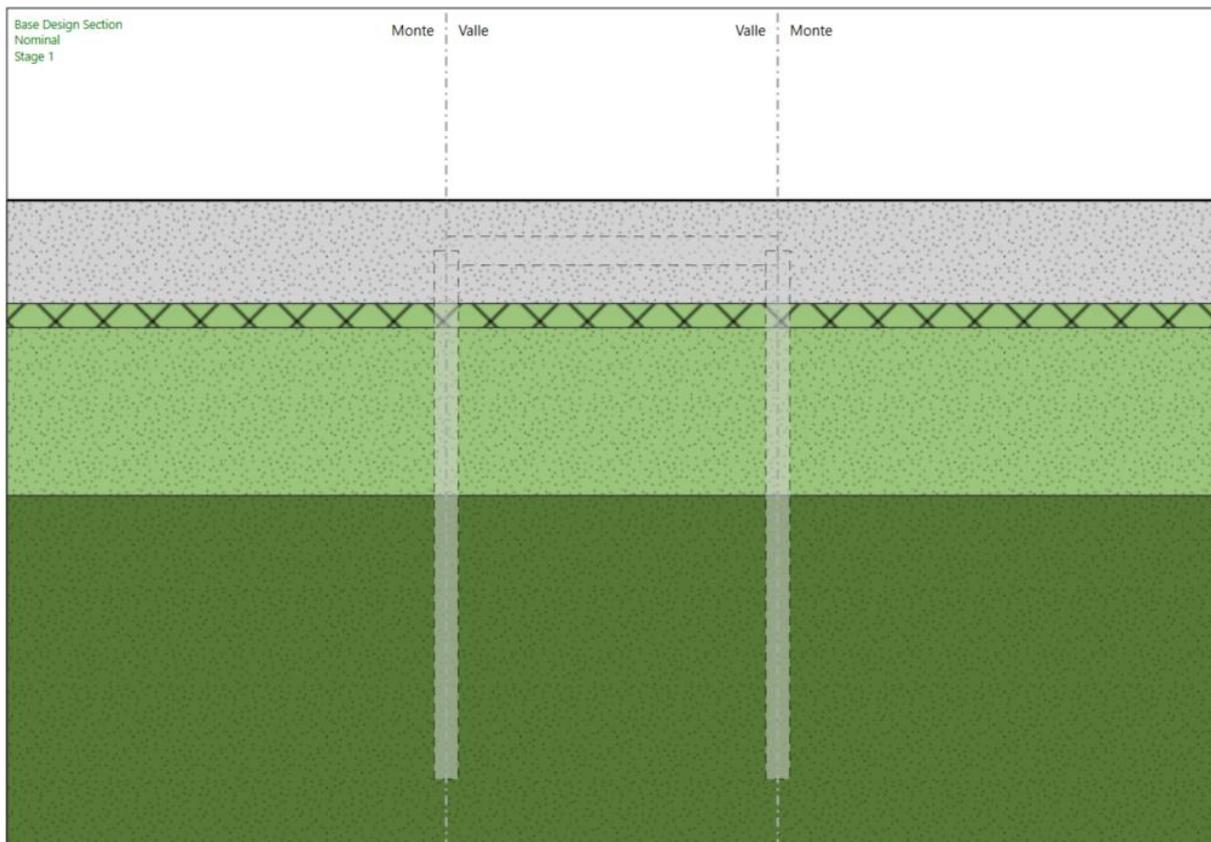
## 10.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La paratia è costituita da diaframmi di spessore 1000mm lunghi 22 m.

## 10.3 FASI DI CALCOLO

Nel presente paragrafo vengono brevemente descritte e indicate in forma grafica le fasi assunte nel calcolo, nella fattispecie gli step prevedono:

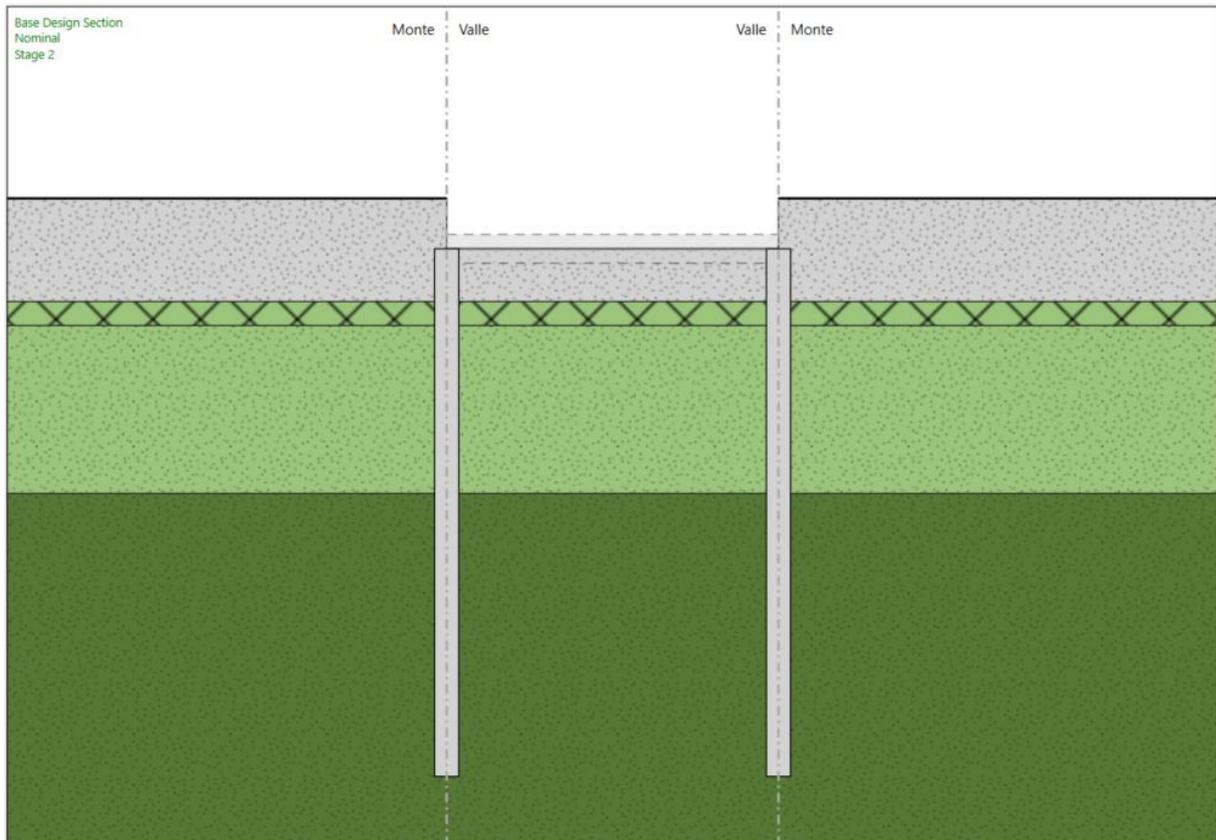
### 1) Condizione iniziale



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	24 di 47

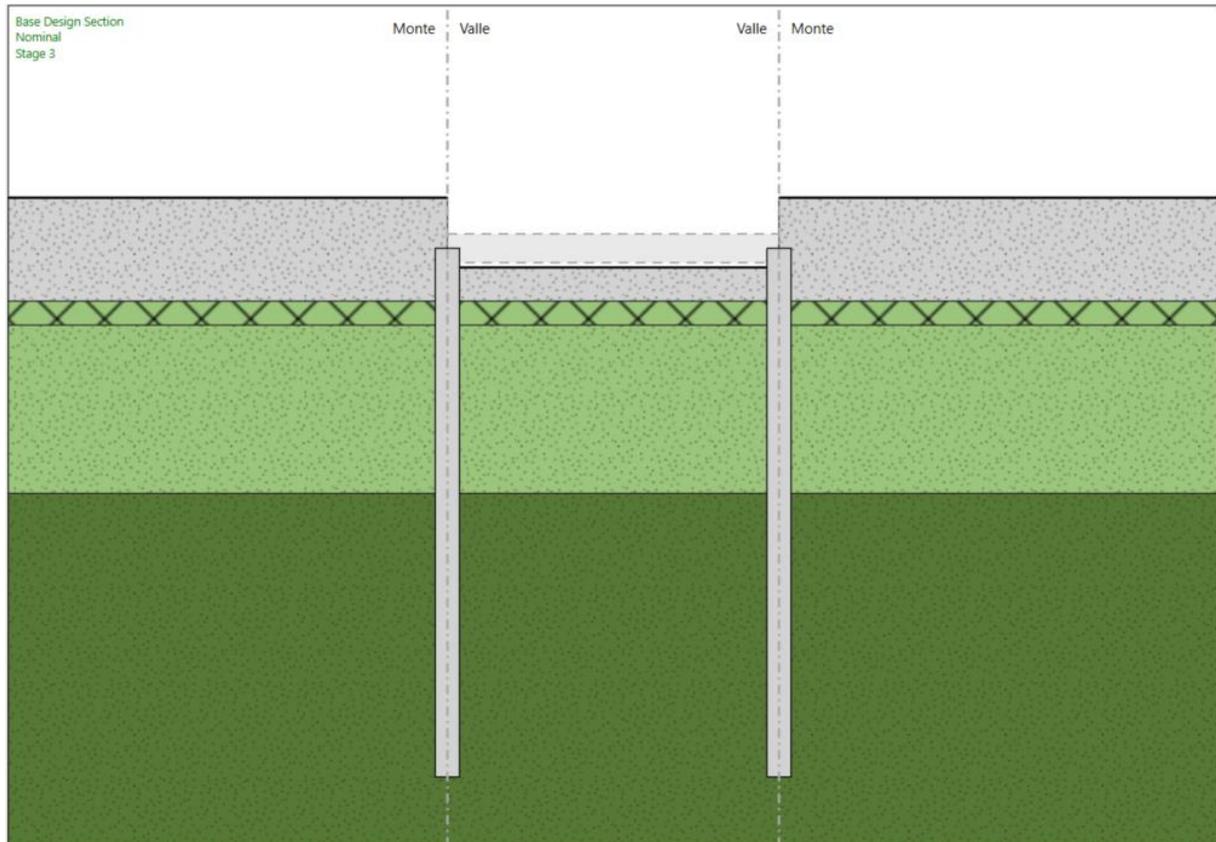
2) Esecuzione prescavo fino a quota  $z=-2.1\text{m}$  e realizzazione dei diaframmi di lunghezza pari a 22m e spessore 1.0m



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	25 di 47

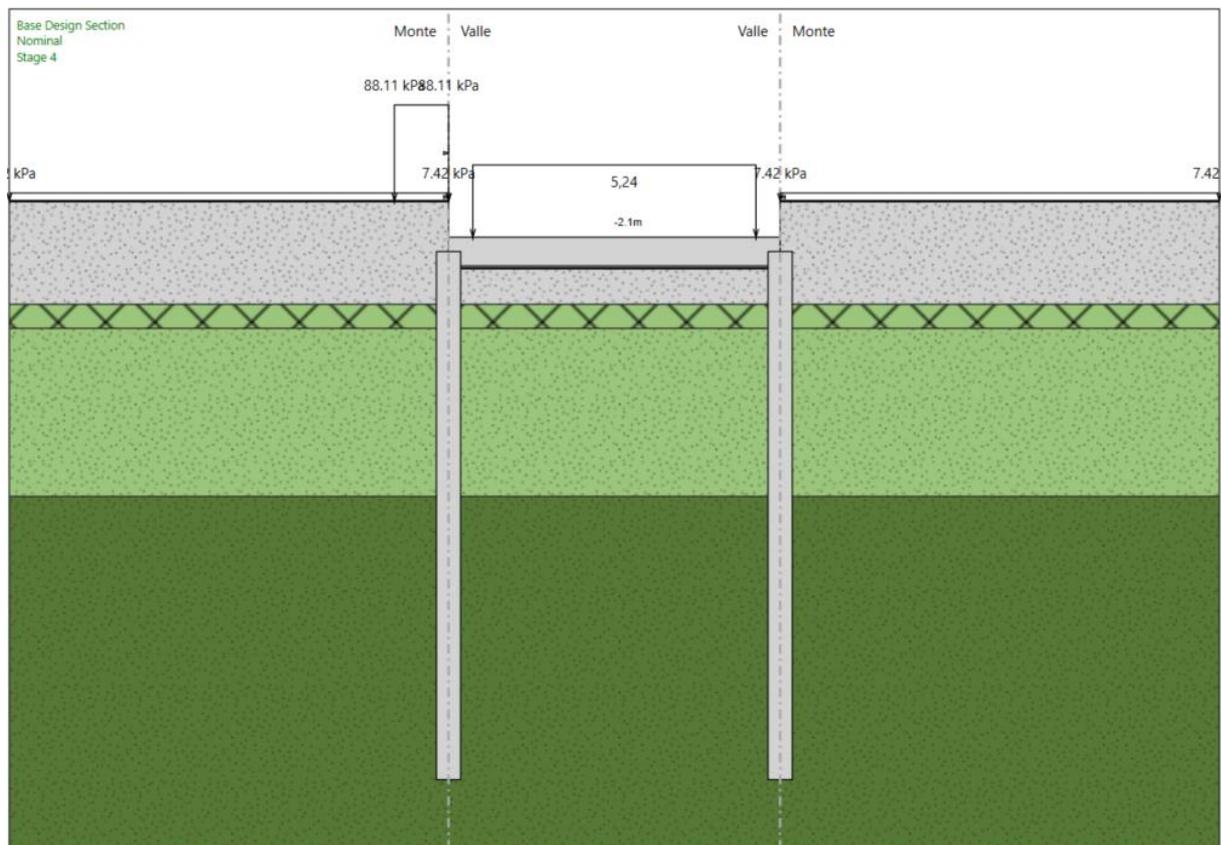
3) Esecuzione scavo fino a quota intradosso della soletta di copertura



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	26 di 47

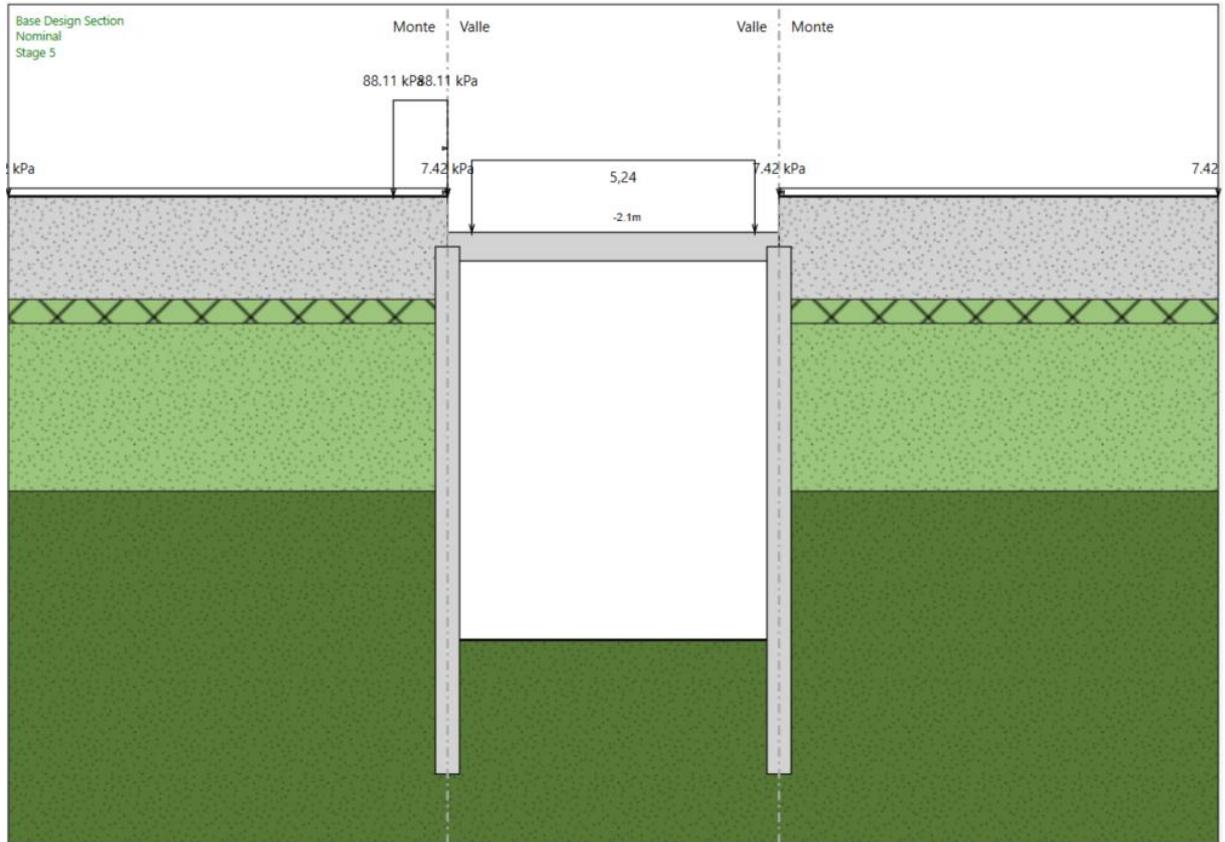
- 4) Realizzazione della soletta di copertura (asse a  $z=-2.1\text{m}$ ) di spessore 1.2m e applicazione dei carichi variabili da traffico (carichi distribuiti e concentrati diffusi nella condizione più sfavorevole per i diaframmi)



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	27 di 47

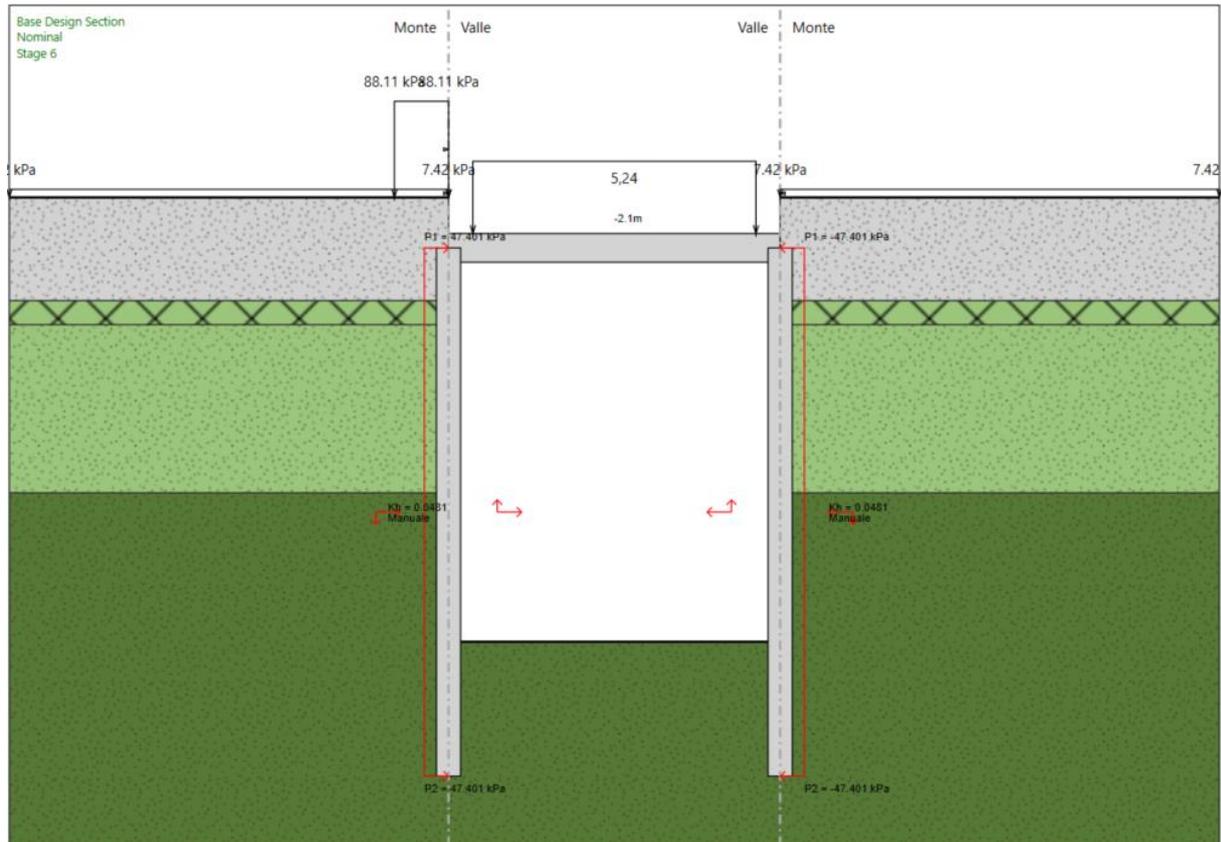
5) Esecuzione scavo fino a quota finale di fondo scavo a z=-18.5m



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	28 di 47

6) Azione sismica



GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

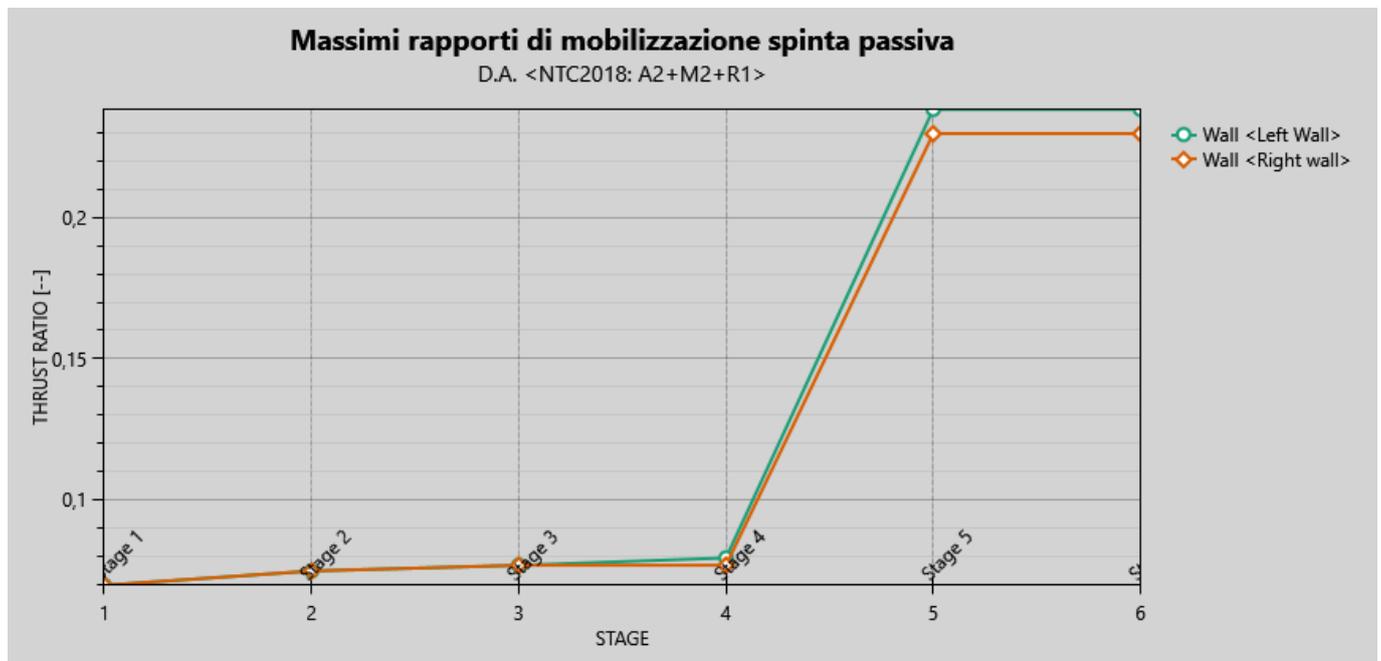
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	29 di 47

## 10.4 RISULTATI

### 10.4.1 Mobilitazione della spinta passiva

Di seguito si riporta il valore del grado di mobilitazione della resistenza passiva a valle dell'opera di sostegno per le combinazioni previste da Normativa (SLU-GEO). Il grado di mobilitazione risulta inferiore al 100%.

Combinazione A2+M2+R1:



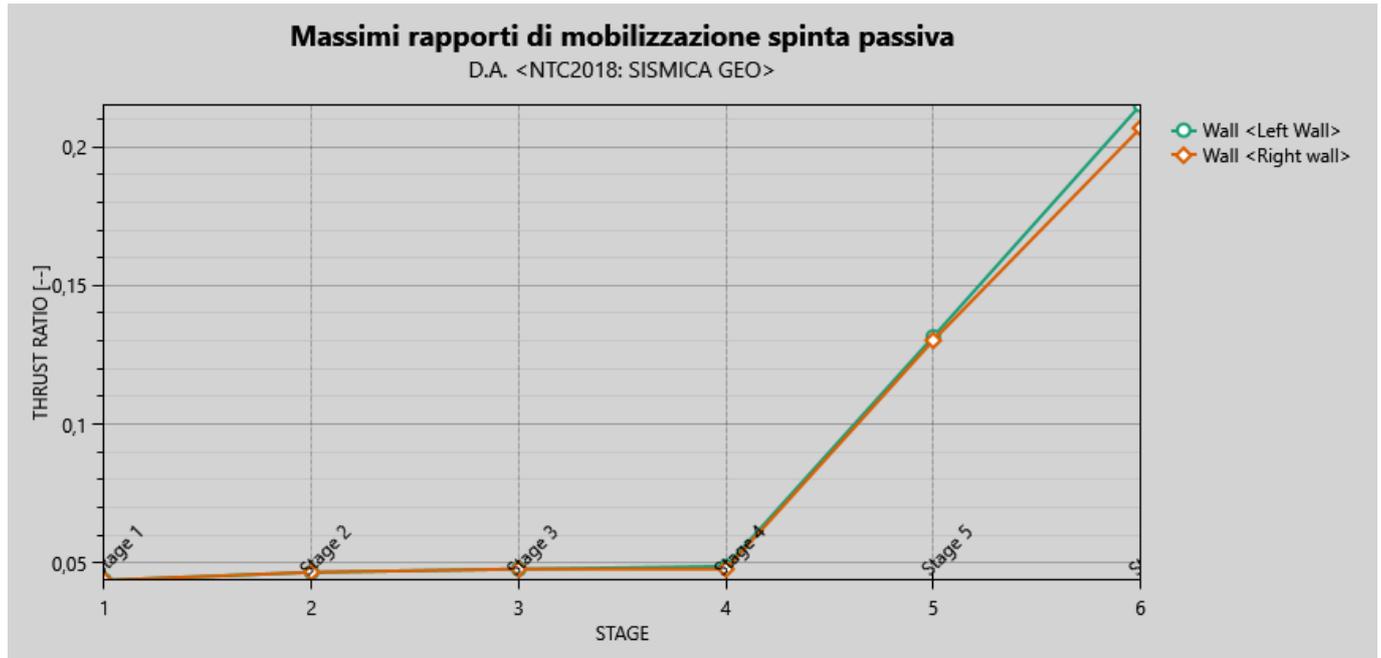
Parete <Left Wall>:

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.07	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.24	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	30 di 47

Combinazione SISMICA-GEO:



**Parete <Left Wall>:**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.04	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.22	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	31 di 47

### 10.4.2 Sollecitazioni e spostamenti

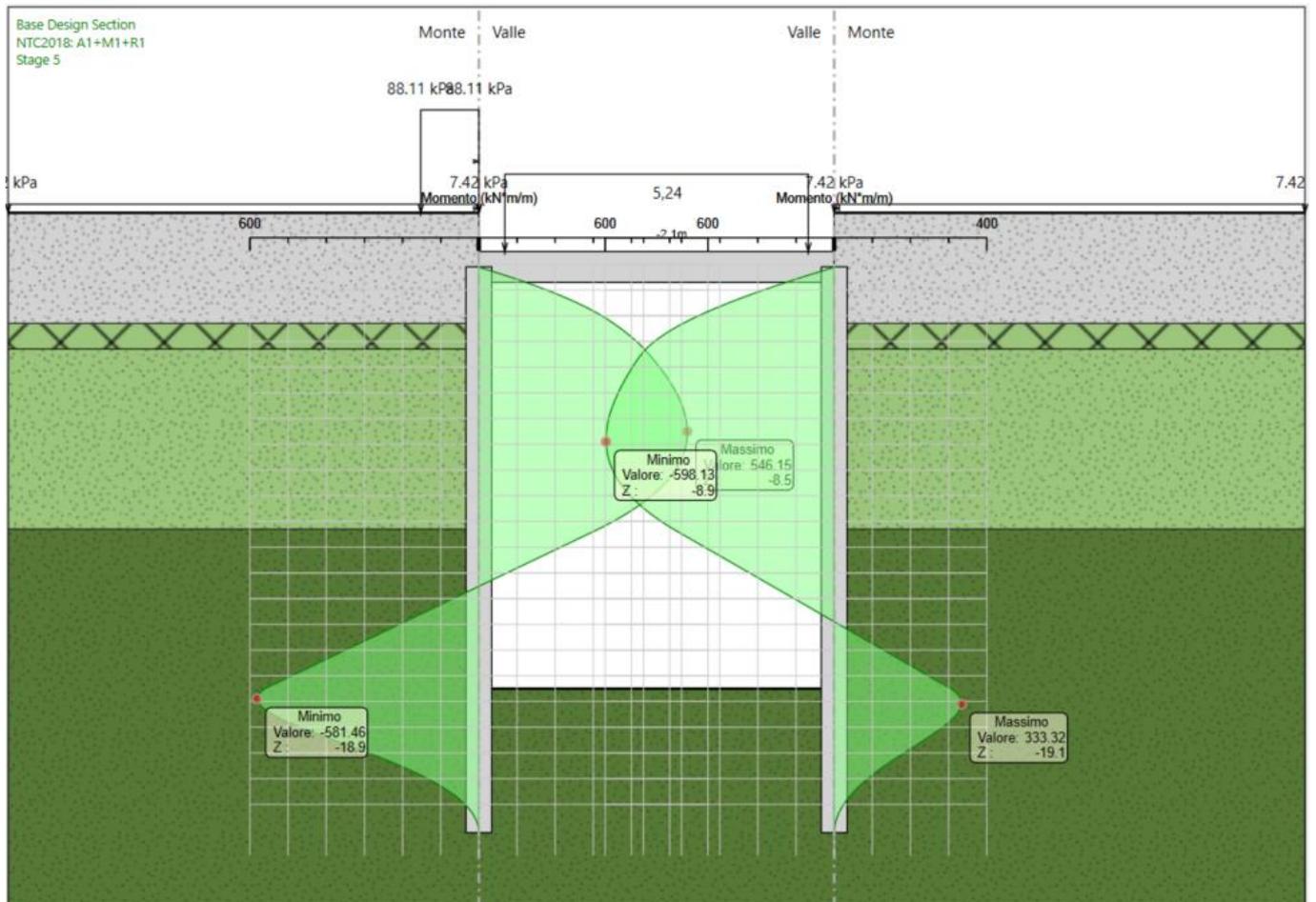


Figura 10-1: Momento in combinazione A1+M1+R1

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	32 di 47

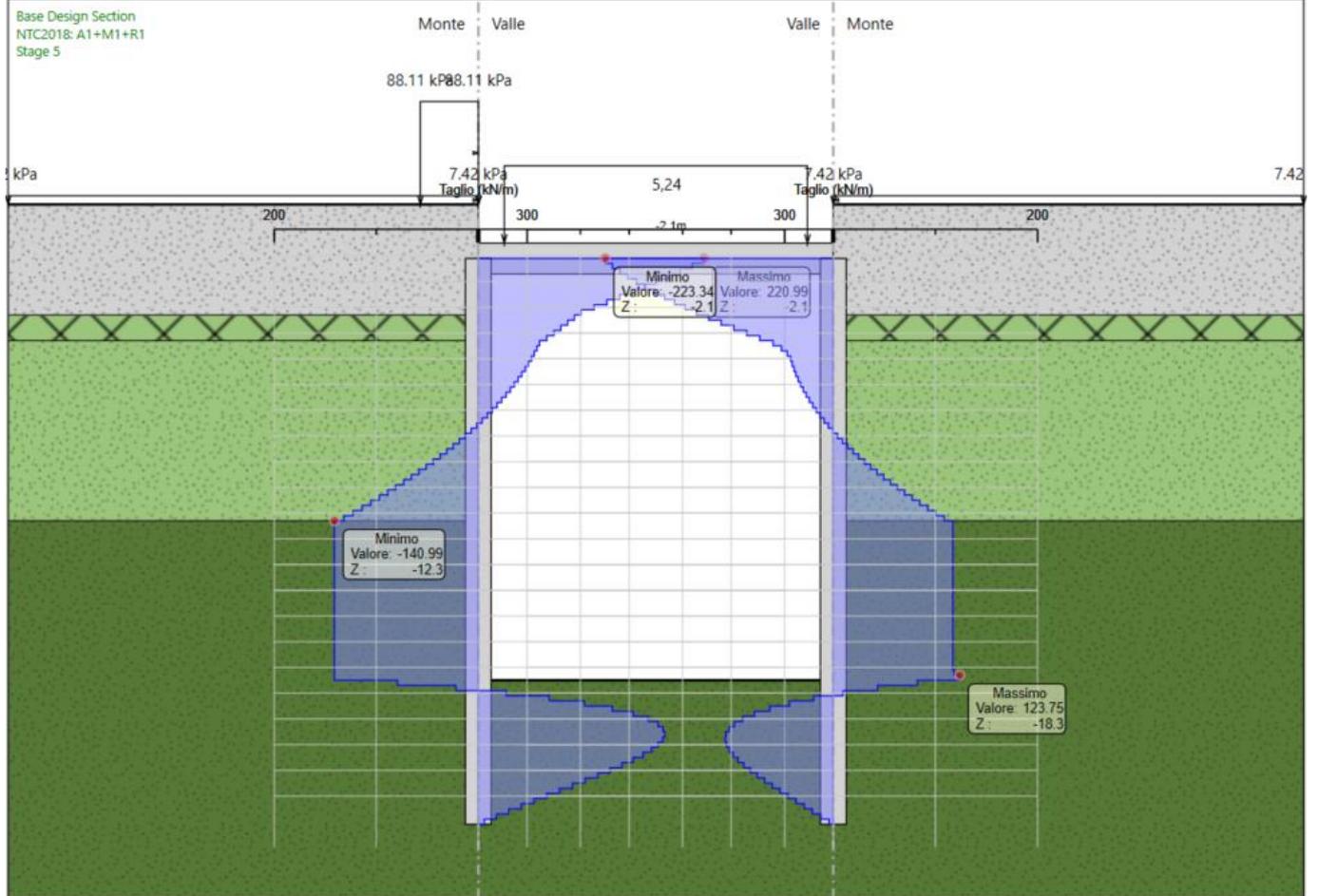


Figura 10-2: : Taglio in combinazione A1+M1+R1

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	33 di 47

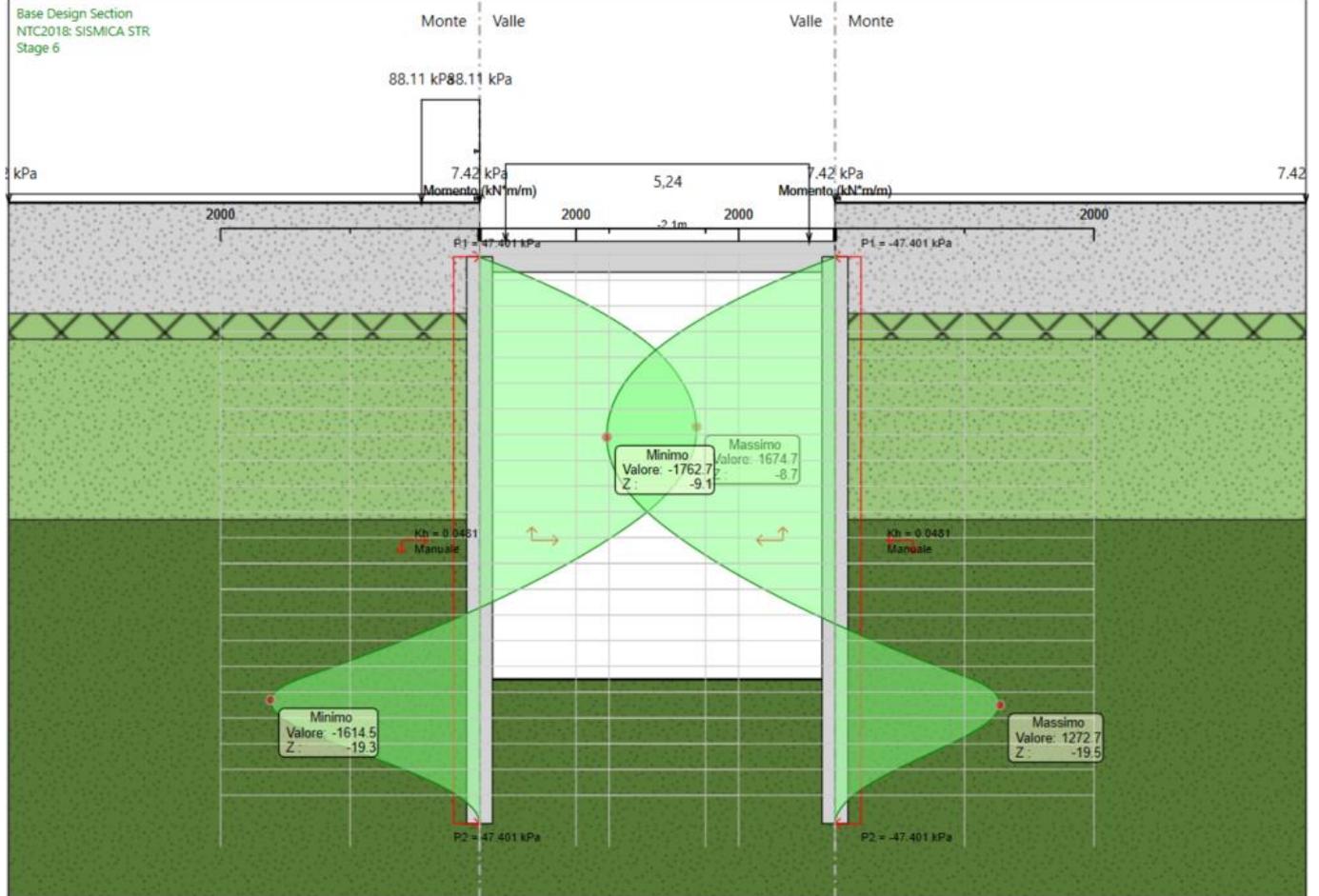
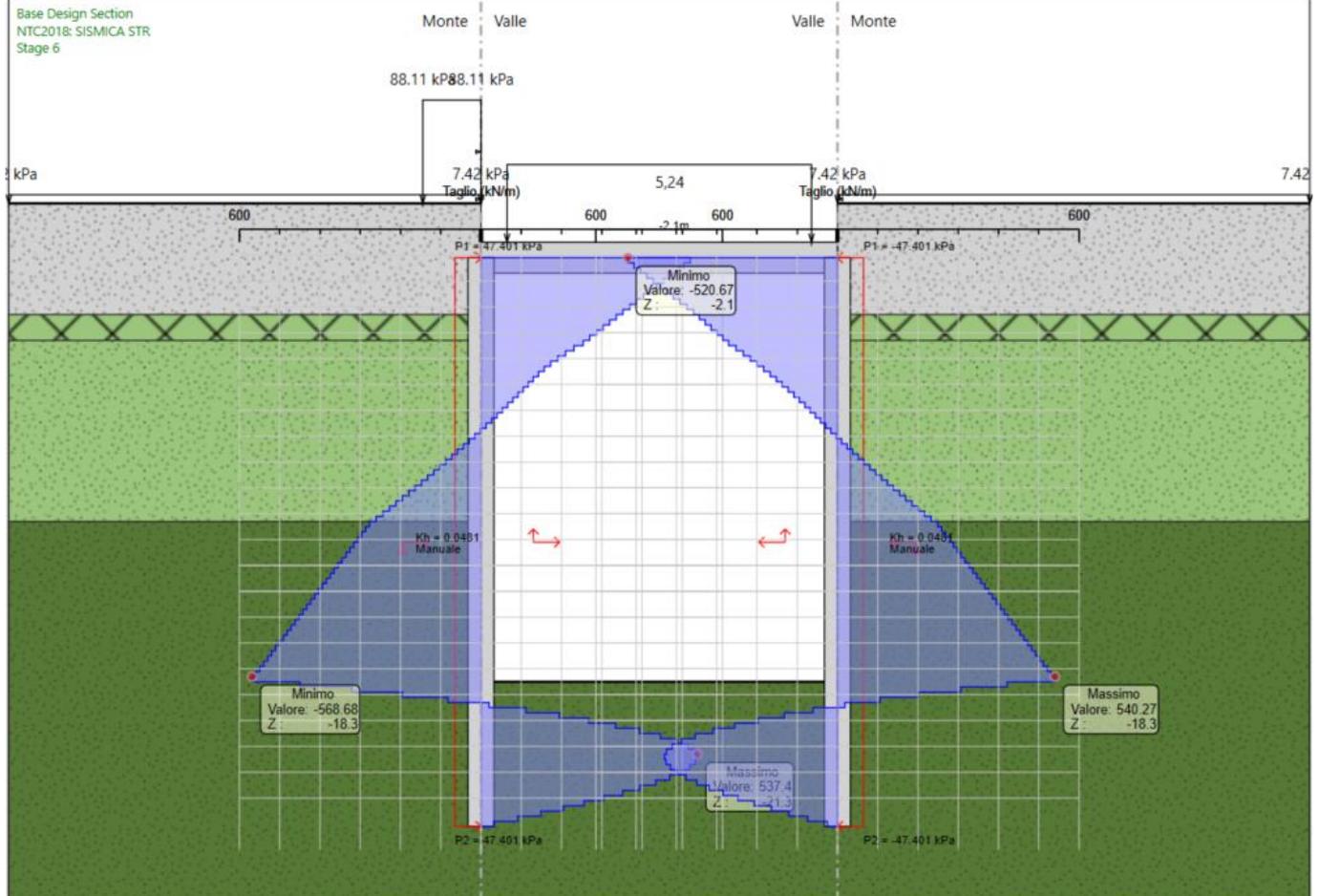


Figura 10-3: Momento in combinazione SISMICA STR

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	34 di 47



**Figura 10-4: : Taglio in combinazione SISMICA STR**

## 10.5 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali dei diaframmi sono state eseguite in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate nelle diverse combinazioni di carico considerate. I momenti flettenti e gli sforzi di taglio sono stati estrapolati dal modello di calcolo, mentre lo sforzo normale è pari al peso proprio del diaframma.

Si riportano di seguito i valori adottati per le verifiche.

COMBINAZIONE	FASE	z	N (kN)	M (kN/m)	T (kN)
--------------	------	---	--------	----------	--------

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	35 di 47

A1 + M1 +R1	Stage 5	8.9	854.34	598.13	12.71
	Stage 5	2.7	699.34	125.76	197.83
SISMICA STR	Stage 6	9.1	708.05	1762.70	29.33
	Stage 6	18.3	938.05	1291.20	568.68

Si prevede un'armatura principale costituita da:

- Sezione di calcolo: **1m x 1,00 m**
- Armatura inferiore: **10  $\phi$ 26**
- Armatura superiore: **10  $\phi$ 26**
- Armatura di ripartizione:  **$\phi$ 16/100**
- Armatura a taglio:  **$\phi$ 14/100**

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME SEZIONE:** diaframmi

Descrizione Sezione:	soletta superiore s=120cm
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>	



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia,  
 diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	36 di 47

Diagramma tensione-deformaz.:

Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	26
2	-42.1	92.1	26
3	42.1	92.1	26
4	42.1	7.9	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
---------	---	----	----	----	----



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	37 di 47

1	854.34	598.13	0.00	12.71	0.00
2	699.34	125.76	0.00	197.83	0.00
3	708.05	1762.70	0.00	29.33	0.00
4	938.05	1291.20	0.00	568.68	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	854.34	598.13	0.00	854.25	2163.30	0.00	3.62	106.2(30.0)
2	S	699.34	125.76	0.00	699.24	2099.01	0.00	16.69	106.2(30.0)
3	S	708.05	1762.70	0.00	708.32	2102.79	0.00	1.19	106.2(30.0)
4	S	938.05	1291.20	0.00	938.07	2198.00	0.00	1.70	106.2(30.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	100.0	0.00111	-42.1	92.1	-0.02442	-42.1	7.9
2	0.00350	-50.0	100.0	0.00102	-42.1	92.1	-0.02543	-42.1	7.9
3	0.00350	-50.0	100.0	0.00102	-42.1	92.1	-0.02537	-42.1	7.9
4	0.00350	-50.0	100.0	0.00115	-42.1	92.1	-0.02387	-42.1	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

**GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI**

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	38 di 47

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000303103	-0.026810268	----	----
2	0.000000000	0.000314152	-0.027915197	----	----
3	0.000000000	0.000313478	-0.027847824	----	----
4	0.000000000	0.000297151	-0.026215133	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	12.71	4298.46	702.60	95.4  87.5	100.0	1.000	1.045	0.4	20.5(0.0)
2	S	197.83	4272.48	703.91	95.5  87.6	100.0	1.000	1.037	5.8	20.5(0.0)
3	S	29.33	4273.92	703.83	95.5  87.6	100.0	1.000	1.038	0.9	20.5(0.0)
4	S	568.68	4312.20	701.86	95.3  87.4	100.0	1.000	1.050	16.6	20.5(0.0)

## 11 PROGETTO E VERIFICA DELLA SOLETTA DI COPERTURA

### 11.1 MODELLO DI CALCOLO

Per la verifica della soletta di copertura è stato sviluppato un modello di calcolo con l'ausilio del codice SAP2000, nel quale la soletta è stata modellata come una trave semplicemente appoggiata, avente un'altezza di 1,20 m, una larghezza di 1m ed una luce di 13,70 m (rappresentativa della distanza tra gli assi dei diaframmi).



**Figura 11-1: Modello di calcolo SAP2000**

Nel modello sono stati applicati alla trave i carichi illustrati al capitolo 8. I carichi variabili da traffico sono stati definiti nel seguente modo.

#### Carico tandem

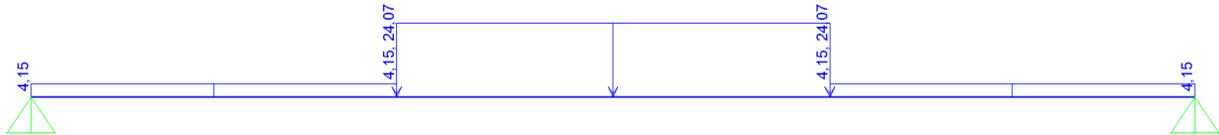
L diffusione x (da NTC2018)	$L_x$	<b>1,6</b> m	
L diffusione y (da NTC2018)	$L_y$	<b>2,4</b> m	
Larghezza di diffusione nel pacchetto stradale	$L_{db}$	0,64 m	
Larghezza di diffusione nel rinterro ( $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ )	$L_{dr}$	1,7 m	
Larghezza di diffusione nel cls	$L_{dc}$	1,2 m	
Impronta di carico x	$L_{dQ,x}$	5,10 m	$L_x + L_{db} + L_{dr} + L_{dc}$
Impronta di carico y	$L_{dQ,y}$	5,90 m	$L_y + L_{db} + L_{dr} + L_{dc}$
Impronta sulla soletta	$A_{dQ}$	30,12 m	$L_{dx} * L_{dy}$
Carico concentrato 1° corsia convenzionale	$Q_{1k}$	<b>600</b> kN	
Carico concentrato 1° corsia convenzionale ripartito	$Q_{1k}$	<b>19,92</b> kN/m <sup>2</sup>	

#### Carico distribuito

Larghezza 1° corsia convenzionale	$w_1$	<b>3</b> m	
Larghezza diffusione carico distribuito	$L_{d,q1}$	6,50 m	$w_1 + L_{db} + L_{dr} + L_{dc}$
Carico distribuito 1° corsia convenzionale	$q_1$	<b>9,00</b> kN/m <sup>2</sup>	
Carico distribuito 1° corsia convenzionale ripartito	$q_{1k}$	<b>4,15</b> kN/m <sup>2</sup>	$(q_1 * w_1) / L_{d,q1}$

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	40 di 47

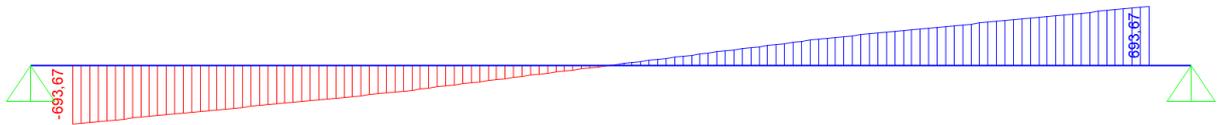


## 11.2 RISULTATI

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni ottenuti in combinazione SLU fondamentale.



**Figura 11-2: Diagramma del momento flettente SLU**



**Figura 11-3: Diagramma del taglio SLU**

## 11.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito i valori adottati per le verifiche.

COMBINAZIONE		M (kNm/m)	T (kN/m)
SLU	mezzeria	2691,68	0
	appoggi	359,14	693,67

Si prevede un'armatura principale costituita da:

- Sezione di calcolo: **1m x 1,20 m**
- Armatura inferiore: **10+10  $\varnothing$ 26**
- Armatura superiore: **10  $\varnothing$ 26**
- Armatura di ripartizione:  **$\varnothing$ 20/100**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	41 di 47

Poiché la verifica per elementi non armati a taglio non è soddisfatta ovunque, è necessario prevedere un'armatura specifica per il taglio nelle zone intorno agli appoggi.

Facendo riferimento alle figure precedenti:

- $0 < x < 1,50\text{m}$ ;  $12,20 < x < 13,70\text{m}$  sezione armata a taglio con staffe  $\phi 12/100$
- $1,50 \text{ m} < x < 12,20 \text{ m}$  sezione non armata a taglio

In corrispondenza della sezione a  $x=1,5 \text{ m}$ , si ha una sollecitazione di taglio allo SLU pari a  $595,23 \text{ kN}$ , valore minore rispetto al taglio resistente  $V_{Rd} = 603,85 \text{ kN}$  nella stessa sezione dell'elemento privo di armatura a taglio.

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisoriale (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	42 di 47

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

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

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:		$V_{Ed}$	595,23 kN	
		$N_{Ed}$	0 kN	
Calcestruzzo	<b>C32/40</b>	$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>	
		$f_{ck}$	33,2 N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		$f_{cd}$	18,81 N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		$\gamma_c$	1,5	
Altezza sezione		h	1200 mm	
Copriferro		c	79 mm	
Larghezza minima della sezione (in mm)		$b_w$	1000 mm	
Altezza utile della sezione (in mm)		d	1121 mm	
Area Calcestruzzo		$A_c$	1200000 mm <sup>2</sup>	
Armatura longitudinale tesa	n 20	$\emptyset$	26 mm	
		$A_{sI}$	10613,2 mm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		$\rho_1$	0,0095 ≤ 0.02	ok
Tensione media di compressione nella sezione		$\sigma_{cp}$	0,0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1,42 ≤ 2	ok
$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$		$v_{\min}$	0,26	
		$V_{Rd}$	603,85 kN	
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$		<b>VERIFICATA</b>

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: sol copertura\_1.5m**

Descrizione Sezione:	soletta superiore s=120cm
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	43 di 47

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.8 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.4 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33642.8 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.10 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	112.1	26
3	45.0	112.1	26
4	45.0	7.9	26
5	-45.0	13.1	26
6	45.0	13.1	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

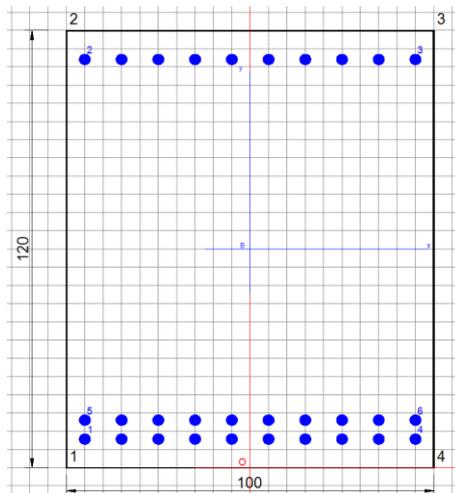
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	8	26

**ARMATURE A TAGLIO**

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	44 di 47

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale



### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2691.68	0.00	0.00	0.00
2	0.00	359.14	0.00	693.67	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

**GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI**

Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia, diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	45 di 47

As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	2691.68	0.00	0.00	4256.48	0.00	1.58	106.2(20.1)
2	S	0.00	359.14	0.00	0.00	4256.48	0.00	11.85	106.2(20.1)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.137	-50.0	120.0	0.00170	-45.0	112.1	-0.02197	-45.0	7.9
2	0.00350	0.137	-50.0	120.0	0.00170	-45.0	112.1	-0.02197	-45.0	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000227216	-0.023765894	0.137	0.700
2	0.000000000	0.000227216	-0.023765894	0.137	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezione di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lunghezza legatura, proiezione sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
--------	-----	-----	-----	-----	------	----	-----	-----	-----	-------



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 Relazione di calcolo delle opere provvisionali (paratia,  
 diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	46 di 47

1	S	0.00	4741.83	892.98	112.1	100.0	1.000	1.000	0.0	22.6(0.0)
2	S	693.67	4741.83	892.98	112.1	100.0	1.000	1.000	17.6	22.6(0.0)



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA03 - GALLERIE ARTIFICIALI  
Relazione di calcolo delle opere provvisorie (paratia,  
diaframmi e soletta) pk 5+900

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 03 00 025	A	47 di 47

## 12 RIEPILOGO INCIDENZE

Diaframmi: 165 kg/m<sup>2</sup>

Soletta di copertura: 175 kg/m<sup>2</sup>