



LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE ITINERARIO S'ISCALA - MUDOLAU - OROLO - SA COA E SU LAVRU - NEL COMUNE DI BORTIGALI

Accordo di Programma per il Progetto di Sviluppo Territoriale denominato  
"Marghine al Centro: Turismo, Sport, Cultura e Natura"

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Studio geologico e geotecnico predisposto ai sensi dell'art.  
61 del DPR 6 giugno 2001 n°380, ex art. 2 legge 2 febbraio  
1974 n°64

# ALL 2a

APRILE 2021

IL PROGETTISTA  
ING. ALFREDO VACCA

IL R.U.P.  
GEOM. MARIA ANTONIETTA PALA

IL RESPONSABILE C.U.C.  
ING. ELIO CUSCUSA

IL GEOLOGO  
DAVIDE BONEDDU

## Sommario

1 Premessa.....	3
2 Descrizione dell'intervento.....	3
2.1 Interventi previsti.....	3
3 Inquadramento topografico.....	6
4 Riferimenti Normative e Standards.....	9
5 Caratterizzazione sismica del territorio.....	10
5.1 Sismicità storica.....	12
5.2 Pericolosità sismica di base.....	12
5.3 Vita nominale.....	13
5.4 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	14
5.5 Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	16
5.6 Determinazione parametri di risposta.....	16
6 Assetto geologico di inquadramento.....	17
7 Caratteri geologici generali.....	18
7.1 La Catena del Marghine.....	18
7.2 Altopiano di Abbasanta.....	19
7.3 Altopiano di Campeda.....	19
8 Modello Geologico di Riferimento.....	20
9 Idrogeologia.....	20
10 Geomorfologia.....	22
11 Piano per l'Assetto Idrogeologico PAI della Regione Sardegna.....	23
12 Indagini in sito.....	24
13 Risultati della campagna indagini geognostiche.....	26
13.1 Prove di Taglio.....	26
13.2 Analisi Granulometriche.....	26
13.3 Modulo edometrico.....	27
14 Caratterizzazione degli ammassi rocciosi.....	27
15 Modello Geotecnico.....	28
16 Conclusioni.....	30
17 Allegati.....	31

## 1 Premessa

Il Comune di Bortigali risulta beneficiario di un finanziamento Regionale ottenuto tramite l'Accordo di Programma per il Progetto di Sviluppo Territoriale denominato "Marghine al Centro: Turismo, Sport, Cultura e Natura", di cui al CRP PT 13.01.1.4 affidato al Comune di Bortigali, con il supporto e la compartecipazione dell'Unione di Comuni del Marghine.

In tale quadro, il presente studio geologico e geotecnico è stato predisposto ai sensi dell'art. 61 del DPR 6 giugno 2001 n°380, ex art. 2 legge 2 febbraio 1974 n°64 dai sottoscritti Geol. Davide Boneddu e Ing. Alfredo Vacca, e ne costituisce parte integrante degli elaborati di progetto.

## 2 Descrizione dell'intervento

Il progetto prevede la riqualificazione di un itinerario costituito da strade comunali esistenti nell'agro del comune di Bortigali. L'itinerario è suddiviso in tre tratti principali:

- **tratto A-B**, collega la strada provinciale n. 62 Bortigali-Mulargia, posta ad una quota di circa 532 m s.l.m. con l'incrocio per la strada che conduce ai nuraghi Carrarzu-Iddia e Orolo, posto ad una quota di circa 565 m s.l.m. Il tratto ha una lunghezza complessiva di circa 1045 m e un dislivello di circa 33 m.
- **tratto B-D**, inizia dall'incrocio sopradetto e passando in prossimità dei siti nuragici di Coattos, Pranu e Ruos, Tintiriollos, Carrarzu Iddia arriva in prossimità del nuraghe di Orolo ad una quota di circa 785 m s.l.m. Il tratto ha una lunghezza di circa 2750 m e un dislivello di circa 220 m.
- **tratto B-C**, parte dall'incrocio con la strada per il nuraghe Tintiriollos e arriva presso lo stabilimento della ditta Lacesa in località Orosai ad una quota di circa 533 m s.l.m., in prossimità della SS 129. Il tratto ha una lunghezza complessiva di circa 650 m e un dislivello di circa 32 m.
- **Stato di fatto**
- **I tratti A-B e B-C** presentano una sede stradale con una larghezza variabile delimitata da muri a secco, banchine in terra e piano viabile con larghezza di 2,5 - 3 m realizzato in alcuni tratti in calcestruzzo, e altri con strato di usura in conglomerato bituminoso. Sono presenti vari tratti del piano viabile con un mediocre stato di conservazione. Le cunette laterali in terra sono ricoperte da cespugli e parzialmente interrato. I muri a secco che delimitano la strada presentano in più punti parziali crolli del pietrame, e in alcuni punti stringono la sede stradale fino a 2,5 m.
- **Il tratto B-D** presenta una sede stradale con una larghezza variabile, banchine in terra e piano viabile con larghezza di circa 3 m realizzato in conglomerato bituminoso, generalmente in buono stato. Anche in questo tratto, seppure in misura minore rispetto al precedente, sono presenti cunette laterali ricoperte da cespugli e parzialmente interrato, sono presenti inoltre delle caditoie di raccolta acque ai margini della carreggiata prive di griglie di protezione.

### 2.1 Interventi previsti

Gli interventi previsti, compatibilmente con le risorse disponibili, sono riassumibili con le seguenti lavorazioni:

- tratti AB-BC e BD: pulizia banchine laterali, cunette e muri da siepi e vegetazione infestante;

- tratti AB-BC: risagomatura delle cunette per il corretto smaltimento delle acque del piano viabile;
- tratti AB-BC: demolizione di una parte dei muri a secco, in particolare nelle zone dove viene ristretta la carreggiata e loro rifacimento traslato, in maniera da garantire una maggiore visibilità e un franco di sicurezza tra carreggiata e muro. Il rifacimento dei muri comporta l'abbattimento di alcuni arbusti e alberelli, mentre gli alberi più grandi saranno mantenuti, se necessario con aggiustamenti planimetrici dei nuovi muri. Il comune ha la disponibilità, tramite accordi con i privati, delle aree confinanti necessarie per lo spostamento dei muri;
- tratti AB-BC: realizzazione di tratti di allargamento della carreggiata nelle curve più strette con banchine in calcestruzzo transitabili/cunette alla francese;
- tratti AB-BC: realizzazione di zanelle a doppia pendenza in corrispondenza in particolare negli incroci con altre strade rurali monte, per garantire la continuità delle cunette;
- tratti AB-BC e BD posizionamento di cartellonistica stradale;
- tratti AB-BC: rifacimento del manto di usura del piano viabile, in alcuni tratti del sottofondo in cls;
- tratto B-D piccoli interventi circoscritti per il ricoprimento di alcune buche con conglomerato bituminoso spurgo di alcune caditoie e tombini stradali e copertura con griglie metalliche;
- tratti AB-BC e BD: trasporti dei materiali di risulta a discarica e oneri di discarica



*Foto 1: Ripresa della viabilità e opere di confine presenti*



*Foto 2: Opere in muratura a secco da sottoporre a manutenzione*



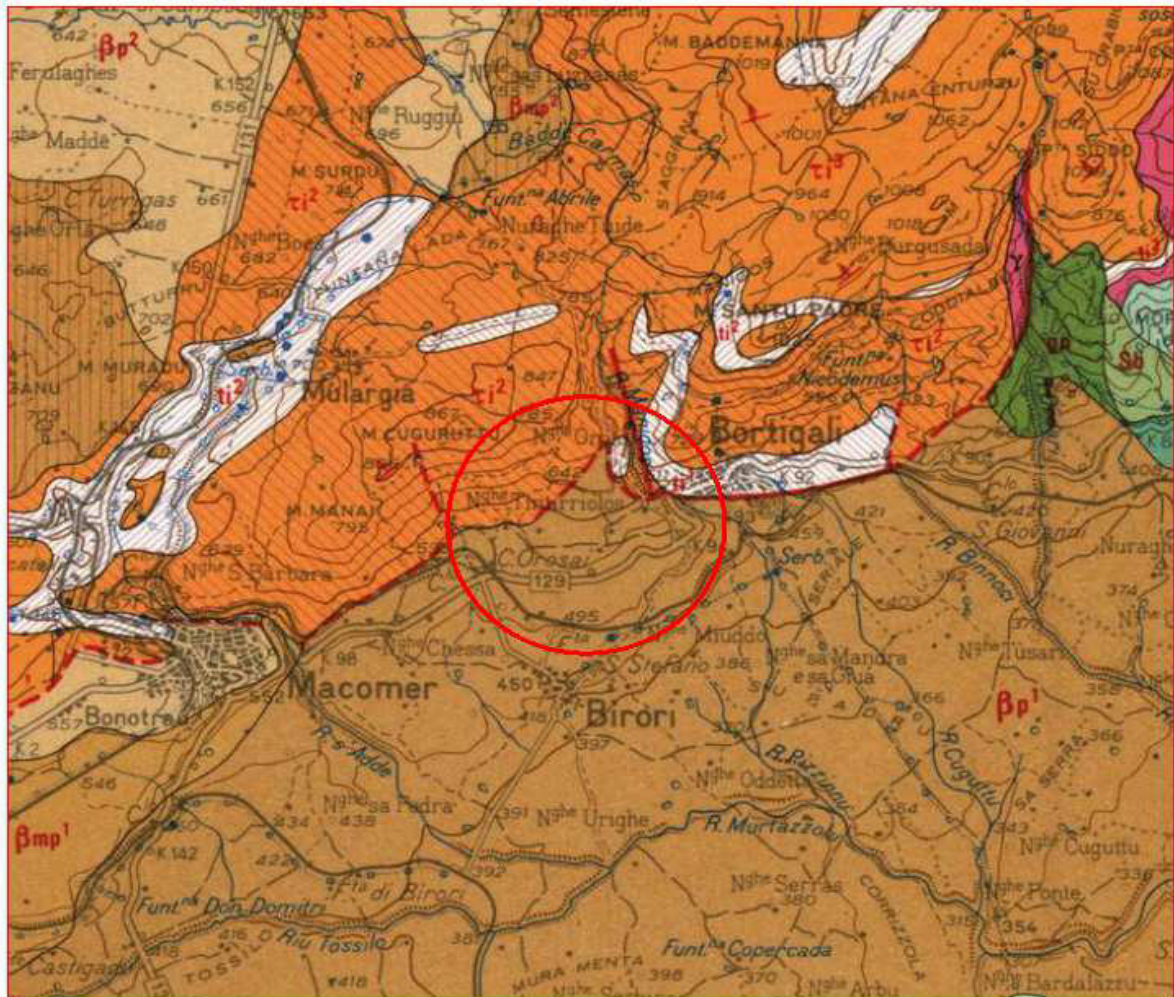


*Foto 3: Viabilità da ripristinare*

### **3 Inquadramento topografico**

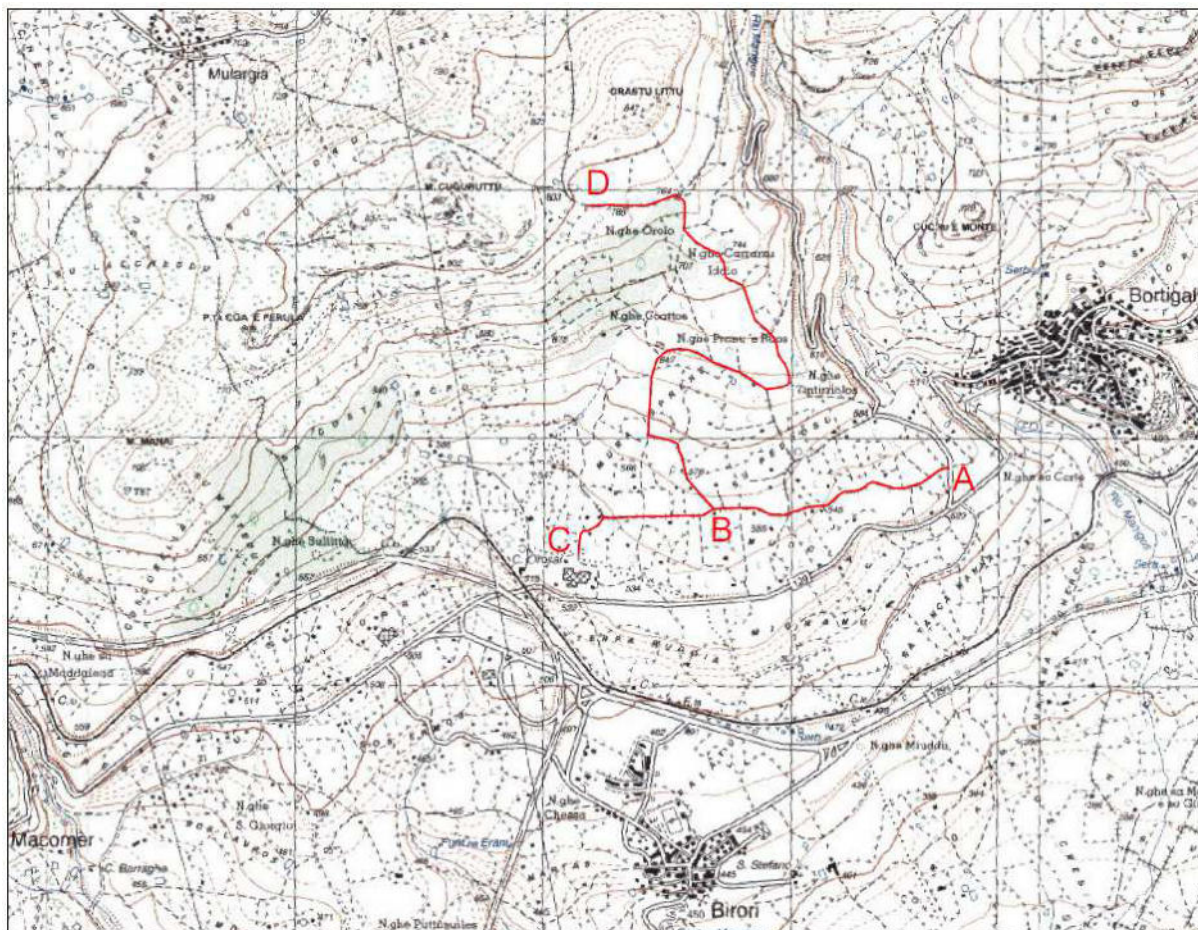
L'inquadramento cartografico del settore è così definito:

- 1:100.000, Foglio 498 - Macomer;
- 1:100.000, Foglio 498 - Macomer della Carta Geologica d'Italia edita dal Servizio Geologico d'Italia e dalla Regione Sardegna;
- Tavoleta 498 sez II "Silanus" dell' I.G.M.I. in scala 1: 25.000;
- Foglio CTR regionale sezione numerica 498110.



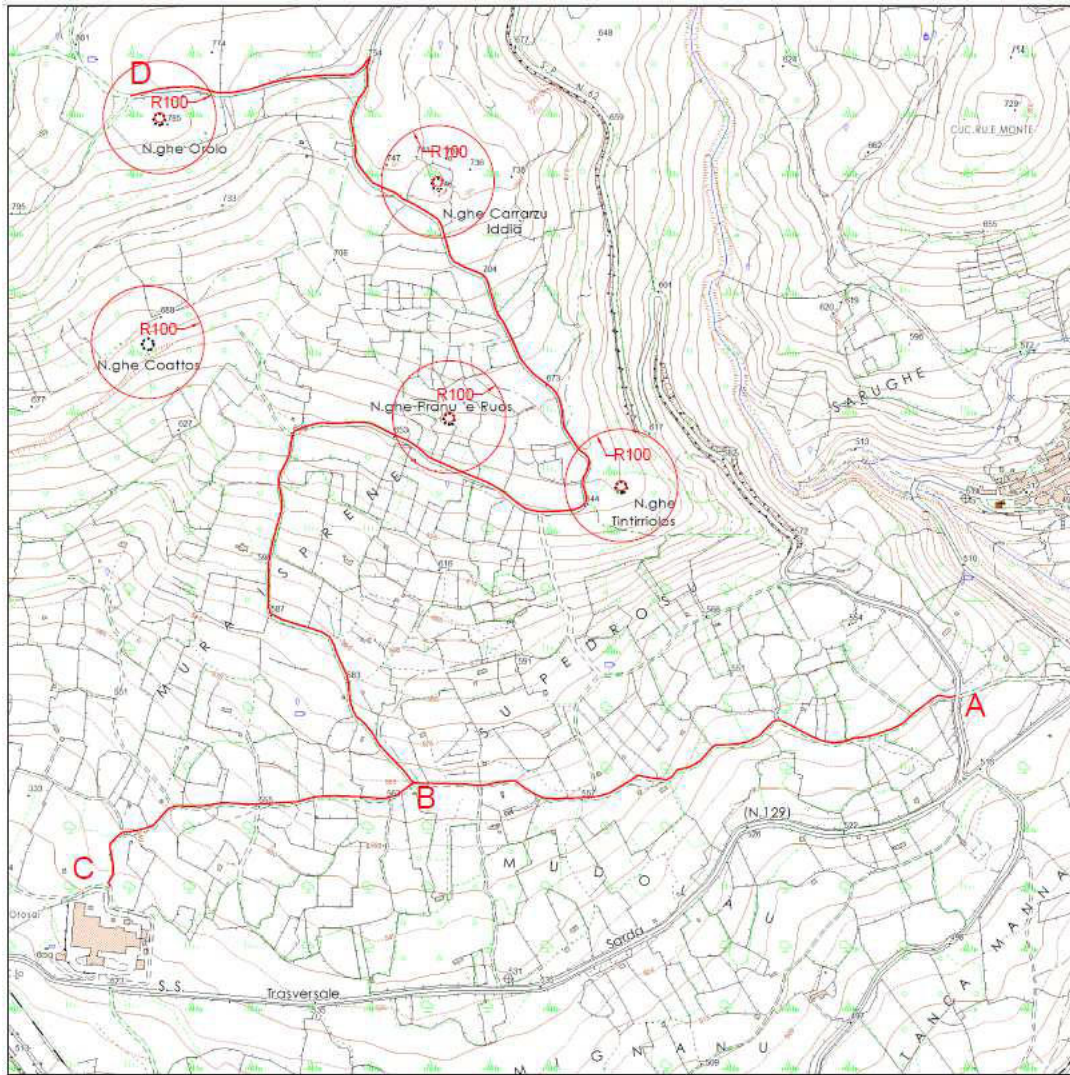
Stralcio Carta Geologica d'Italia scala foglio 498 Macomer





Stralcio Tavoletta 498 sez II "Silanus" dell' I.G.M.I. in scala 1: 25.000





Stralcio CTR scala 1:10.000 498110

#### 4 Riferimenti Normative e Standards

Il presente elaborato è stato predisposto in osservanza alle presenti norme:

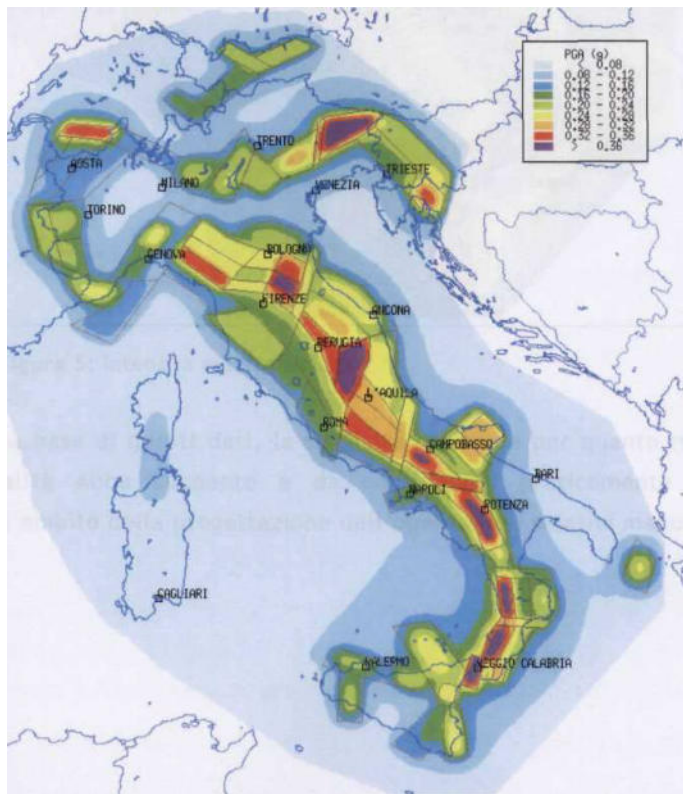
- Dlgs n. 64 del 2 febbraio 1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 18/05/1989 n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".
- Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (Legge 18/05/89 art. 17 comma 6 tar e D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni)
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- I.F.F.I. - Repertorio Fenomeni Franosi della Sardegna
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, Delibera n. 2 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna.
- D. M. 17 gennaio 2018 Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

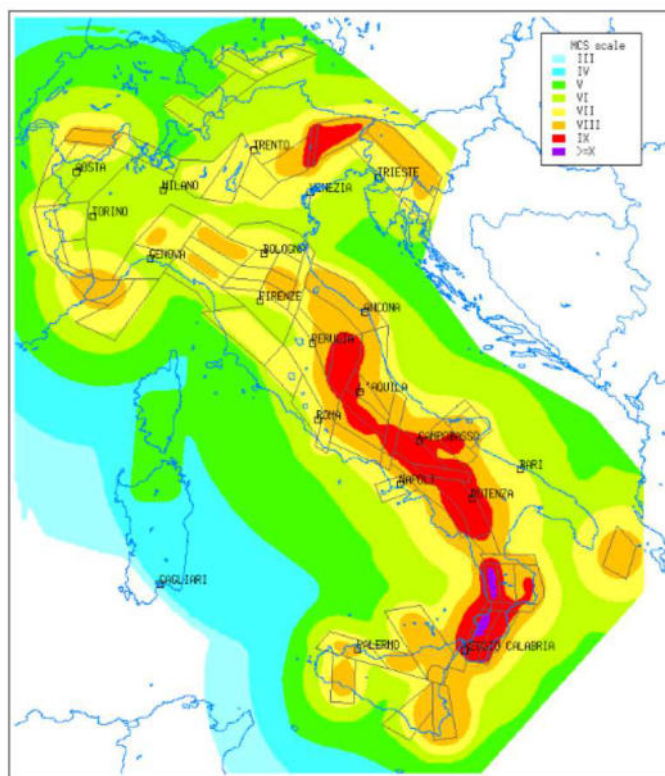
## **5 Caratterizzazione sismica del territorio**

Le seguenti considerazioni, sulla sismicità dell'area di intervento, sono state redatte sulla base di una ricerca presso il NEIC (National Earthquake Information e sulla consultazione dei risultati del "Progetto del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale per la Difesa del Territorio" (al sito [www.ogs.trieste.it](http://www.ogs.trieste.it)) dai quali gli autori hanno definito due indicatori di pericolosità: l'accelerazione orizzontale di picco (utilizzata nella progettazione degli edifici in zone sismiche) e l'intensità macrosismica (che rappresenta in un certo senso il grado di possibile danneggiamento causato dai terremoti).

Come si può constatare dalle figure 1 e 2 per la Sardegna, i valori di scuotimento sismico che possono essere attesi sono inferiori a 0.08 g con un'intensità sismica di IV grado sulla scala Mercalli.



*Carta dell'Accelerazione orizzontale di picco*



*Carta dell'Intensità macrosismica*

Le NTC 2018 fissa i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e aggiorna le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

L'art. 2 dell'Ordinanza OPCM 3274 del 2003 prevede che siano le Regioni, sulla base dei Criteri generali indicati dallo Stato ad individuare, formare ed aggiornare l'elenco delle zone sismiche.



Le Zone Sismiche sono fissate in numero di quattro, in funzione di quattro valori significativi delle accelerazioni sismiche di progetto.

Tutta la Sardegna appartiene alla Zona Sismica 4.

L'assegnazione a tutto il territorio regionale della Sardegna a questa zona è stata in seguito confermata nell'Ordinanza del 2006 (OPCM 3519).

## **5.1 Sismicità storica**

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

Attualmente la sismicità di una certa porzione di territorio italiano viene definita sulla base di determinati coefficienti organizzati e definiti sulla base di alcune leggi che hanno cercato di dare ordine ad un insieme disordinato e pur vasto di un insieme di elementi che non sempre permettevano di esprimere con esattezza e completezza la sismicità di un certo territorio.

Questa è in funzione della distribuzione geografica dei terremoti, frequenza, intensità, energia, natura, e la loro correlazione con gli elementi geologici.

L'acquisizione e l'elaborazione di tutti questi fattori rimane assai difficile e complessa, quindi l'elemento principale su cui ci si basa per definire la sismicità di un territorio è l'attitudine di una regione ad essere soggetta ai terremoti in relazione agli effetti prodotti dalle scosse.

Una ricostruzione su base storica della sismicità di una certa regione presenta dei limiti tangibili, in particolar modo per la Sardegna dove gli eventi tettonici si sono susseguiti su scale di tempo sicuramente molto più dilatate rispetto ad altre zone d'Italia o del Mediterraneo.

Vediamo come gli studi basati sulla sismicità storica, per quanto parziali e incompleti sulla Sardegna quantomeno individuano nell'Isola settori soggetti a possibili eventi tellurici di una certa consistenza, ma in tempi più recenti sia con l'emanazione dell'O.P.C.M. 3274, poi con il D.M. 14 gennaio 2008 e oggi con le NTC 2018, la Sardegna viene nella sua totalità classificata in zona 4, pur non essendo stato effettuato uno studio specifico sul picco di accelerazione PGA atteso.

## **5.2 Pericolosità sismica di base**

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) già con il D.M. 14/01/2008, recentemente sostituito dal DM del 17/01/2018, si introduceva il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno ( $T_r$ ) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- *ag* accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in  $g/10$ );
- *Fo* valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- *Tc\** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (*ag*) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera.

In particolare la classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro *ag*= accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

La Sardegna è classificata come categoria 4.

I valori convenzionali di *ag* espressi come frazione dell'accelerazione di gravità *g*, da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ <i>ag/g</i> ]
1	>0.25
2	0.15÷0.25
3	0.05÷0.15
4	<0.05 g

Tabella 1 -

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno ( $T_r$ ) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (*PVr*) nel periodo di riferimento dell'opera (*Vr*).

Il periodo di riferimento dell'opera (*Vr*) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (*Vn*), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (*Cu*), funzione della Classe d'uso della costruzione.

### 5.3 Vita nominale

La vita nominale di progetto *VN* di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel

quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I.

Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

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

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

Tabella 2

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :  $V_R = V_N \cdot C_U$ .

**L'intervento in esame è codificato nella Classe d'uso II.**

#### 5.4 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate in conformità a quanto precisato nel capitolo § 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al Capitolo § 6.2.2 delle NTC 2018.

I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Nella determinazione delle categorie di sottosuolo vengono utilizzati nel calcolo:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.



Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II

**Tab. 3.2.II** – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 3**

Nel caso in esame viene selezionata la categoria B.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tab. 3.2.V** – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

**Tabella 4**

Nell'ambito del progetto in esame viene utilizzata la categoria T3

### 5.5 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \cdot CU$$

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

*Tabella 5 - Nel caso in esame viene selezionata la classe d'uso II*

### 5.6 Determinazione parametri di risposta

Le NTC 2018 stabiliscono il principio per cui le azioni sismiche sulle costruzioni si stabiliscono in relazione alla pericolosità del sito definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag su roccia (suolo tipo A) e del corrispondente spettro di risposta elastico.

Per accelerazione massima attesa si intende il picco del segnale che ha una probabilità PVR di essere superato in un periodo di riferimento VR.

L'azione sismica, per il sito di edificazione e per la tipologia di costruzione definita (vita nominale, coefficiente d'uso), deve essere valutata relativamente allo Stato Limite da considerare.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in tabella:

Stati limite	PVR	
	Probabilità di superamento nei periodi di riferimento Vr	
Stati limite di esercizio (SLE)	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi (SLU)	SLV	10%
	SLC	5%

*Tabella 6*

Fissata la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR per ciascun Stato Limite considerato, va determinato il periodo di ritorno dell'evento sismico da considerare.

A tal fine si utilizza la seguente formula e la relativa tabella:

$$TR = -VR / \ln(1-PVR) = -C, VR / \ln(1-PVR)$$

per una vita nominale dell'opera di 50 anni si ottengono i seguenti tempi di ritorno TR

Stati limite	Tempi di ritorno TR (anni)	
SLE	SLO	30
	SLD	50
SLU	SLV	475
	SLC	975

*Tabella 7*

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "relazione generale di calcolo del muro e Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.

## **6 Assetto geologico di inquadramento**

L'assetto strutturale dell'area è stato impostato dall'azione della Tettonica associata all'Orogenesi Ercinica, avvenuta nel Carbonifero medio superiore e dal ciclo Oligo-miocenico che grossomodo può essere suddiviso in tre fasi di cui una compressiva e due estensive (fase compressiva (Eocene medio-Miocene inferiore) legata allo scontro del blocco Sardo-Corso con gli Appennini settentrionali (Cattiano-Aquitano-Burdigalliano)

- fase estensionale del Miocene medio-superiore;
- fase estensionale del Miocene superiore–Pleistocene (neotettonica plio-quadernaria);

E' comunque l'Orogenesi Ercinica quella che marca i caratteri principali del settore, questa ha infatti interessato tutto il basamento della Sardegna con intense deformazioni, un metamorfismo sin-cinemato e un importante magmatismo post-collisionale.

Il segmento sardo della catena ercinica è diretto NW-SE, ed è caratterizzato da falde di ricoprimento e da una "zonazione" tettonometamorfica e raccorciamenti analoghi a quelli dei margini continentali delle catene di collisione (Carmignani 1981).

La polarità della catena è marcata da un netto gradiente del metamorfismo regionale fino a facies anfibolitica di pressione intermedia nell'estremità Nord Est dell'isola (Di Simplicio et alii 1974).

I caratteri strutturali e metamorfici permettono di separare tre fasce parallele dirette NW-SE: la fascia sud occidentale, la fascia centrale e quella nord orientale.

Tra i lineamenti tettonici regionali più importanti dell'area in studio vanno citati:

- la linea Posada-Asinara, la quale rappresenta una fascia fortemente deformata, caratterizzata dalla presenza di corpi di limitata estensione di anfiboliti con relitti di paragneiss granulitica e altri corpi con tessitura milonitica tipica di condizioni metamorfiche di alto grado
- la faglia trascorrente sinistra di Nuoro, attivata durante il rift oligomiocenico

In particolare quest'ultimo lineamento è riconducibile ad una fase compressiva che originò una serie di grandi faglie di cui alcune ricalcano l'andamento delle fratture legate all'evoluzione tardo-Ercinica (Faglie del Cedrino e di Posada).

Se la linea Posada-Stintino ha andamento circa Est-Ovest le altre fratture principali (Faglia di Nuoro per l'appunto, dell'Isola di Tavolara e di Olbia) sono faglie trascorrenti sinistre con andamento Nord Est – Sud Ovest .

La linea Posada Asinara, secondo molti autori divide due fasce saldate assieme durante l'Orogenesi Ercinica e rappresenta una paleo-sutura oceanica compresa tra un basamento cristallino pre-Cambriano appartenente alla Placca di Armonica (complesso migmatitico) e le coperture del margine continentale del Gondwana metamorfosate durante l'orogenesi e impilate nella zona a falde della catena.

Successivamente la tettonica Plio-quadernaria, interagendo insieme agli agenti esogeni, ha dato al settore in studio l'aspetto definitivo.

Il Batolite ercinico ha quindi la propria ossatura fondamentale nella Sardegna centro-settentrionale, solo localmente sono presenti singoli plutoni o intrusioni composite ma di dimensioni nettamente



minori.

E' possibile riconoscere nel batolite una sequenza di eventi intrusivi che sono rappresentati da iniziali masse tonalitico-granodioritiche, seguite da vasti plutoni granodiotitici-monzogranitici, ed infine da plutoni leucogranitici (Grezzo 1972).

Le età radiometriche collocano l'evento magmatico in un intervallo compreso tra 310 m.a. e 290 m.a. (Del Moro 1975).

La distribuzione delle unità intrusive più antiche (tonalitiche, monzogranitiche e granodioritiche) individua una fascia principale con andamento NW-SE, ubicata nella Sardegna centro settentrionale, mentre le unità intrusive tardive leucogranitiche hanno una distribuzione più uniforme e spesso delineano allineamenti diretti NE-SW.

Il complesso filoniano d'altro canto è costituito prevalentemente da porfidi granitici e da porfiriti e diabasi, con subordinate idrotermaliti, interseca le plutoniti secondo direzioni prevalenti NE-SW nell'estremità settentrionale dell'isola N-S o NW-SE nelle zone più meridionali.

Il magmatismo tardo-ercinico mostra quindi una distribuzione che almeno inizialmente ricalca la zonazione tettono-metamorfica della catena ercinica.

Vulcaniti permiane invece affiorano in settori limitati e sono costituite da ignimbriti e lave riodacitiche-riolitiche con subordinate andesiti (Lombardi et alii 1977).

## **7 Caratteri geologici generali**

Il territorio del comune di Bortigali è caratterizzato da tre regioni principali omogenee per caratteristiche geologiche e morfologiche:

- *L'Altopiano di Campeda;*
- *L'Altopiano di Abbasanta;*
- *La Catena del Marghine;*

I primi due sono importanti plateau basaltici imposti nel quaternario, formati attraverso centri di emissione prevalentemente lineari, mentre l'ultima, la catena montuosa è nata in conseguenza di un'importante dislocazione tettonica OSO – ENE che ha determinato il basculamento verso NO delle coltri ignimbritiche dell'Oligo-Miocene.

Gli eventi geologici a carattere regionale che hanno determinato la formazione del substrato litologico di questo settore sono essenzialmente rappresentati dal vulcanismo Oligo – Miocenico che ha prodotto ignimbriti, tufi e piroclastici e dal vulcanismo del Plio-Quaternario che ha imposto basalti in espandimenti e colate.

Per una più agevole descrizione, gli elementi geologici e morfologici, sono stati sintetizzati in termini di Unità di Paesaggio, definibile come un complesso di fattori ambientali e paesaggistici tali da comporre un unicum.

### **7.1 La Catena del Marghine**

Il Marghine è una catena montuosa nata in conseguenza del movimento di un'importante faglia regionale con direzione OSO – ENE che ha distinto una parte ribassata, successivamente ricoperta da depositi continentali e vulcanici, ed una rialzata, che rappresenta la Catena è che risulta basculata

verso NO.

Questo movimento ha fatto sì che le cime principali del Marghine siano rivolte verso SE, con importanti pendenze nei versanti meridionale e un degradare più dolce nel versante settentrionale.

La parte più antica della catena è costituita da uno zoccolo cristallino di rocce intrusive e metamorfiche risalenti al Paleozoico che affiorano in prossimità di Bolotana e la cui messa in posto è attribuibile all'orogenesi ercinica. Al di sopra delle rocce paleozoiche si ritrovano le vulcaniti terziarie (affioranti presso Bortigali) dovute a fenomeni vulcanici altamente esplosivi che hanno dato come prodotto litico l'ignimbrite caratterizzata da una tipica geometria a bancate e riconoscibile in campagna per le caratteristiche "fiamme" di colore chiaro generatesi per collassamento a caldo delle pomici e in modo subordinato e alternato dei fenomeni parossistici più "tranquilli" caratterizzati da attività eiettiva di ceneri e pomici.

Il risultato finale è costituito da un'alternanza di rocce dure di colore rossastro, le ignimbriti, e di rocce più tenere rappresentate dai tufi, di colore grigio, grigio verde e rosa.

Le vulcaniti terziarie, inclinate verso NO, occupano tutta la parte sommitale della catena e caratterizzano il profilo della montagna con rotture di pendio dovute alle testate delle bancate ignimbritiche, alternate a pendenze più dolci dovute alle rocce più tenere.

Durante il movimento tettonico, dalle faglie primarie e secondarie, sono fuoriusciti consistenti colate di lave fluide a chimismo basaltico da centri di emissione localizzabili nel settore ovest della catena.

## **7.2 Altopiano di Abbasanta**

La parte ribassata dalla faglia è stata colmata da depositi continentali con sedimenti di origine alluvionale e fluvio lacustre prodotti dallo smantellamento dell'importante catena sopra descritta.

Al di sopra dei sedimenti, durante il Plio - Quaternario, si sono messe in posto lave basaltiche in espandimenti che hanno dato origine all'Altopiano di Abbasanta.

Le lave basaltiche hanno la caratteristica di essere, al momento della messa in posto, molto fluide e pertanto vanno a colmare paleo depressioni lasciando al tetto una morfologia tabulare. L'erosione poi incide ai bordi dell'espandimento in modo selettivo, soprattutto se il substrato è tenero o addirittura sciolto come in questo caso, attuando così l'inversione del rilievo (ciò che prima era fondovalle diventa area sommitale e viceversa).

## **7.3 Altopiano di Campeda**

Con le stesse modalità e nello stesso periodo geologico, vi è stata la messa in posto delle lave basaltiche dell'Altopiano di Campeda, che si segnalano a quote medie più elevate rispetto a quelle di Abbasanta e poggianti su un substrato diverso rappresentato da depositi marini e transizionali.

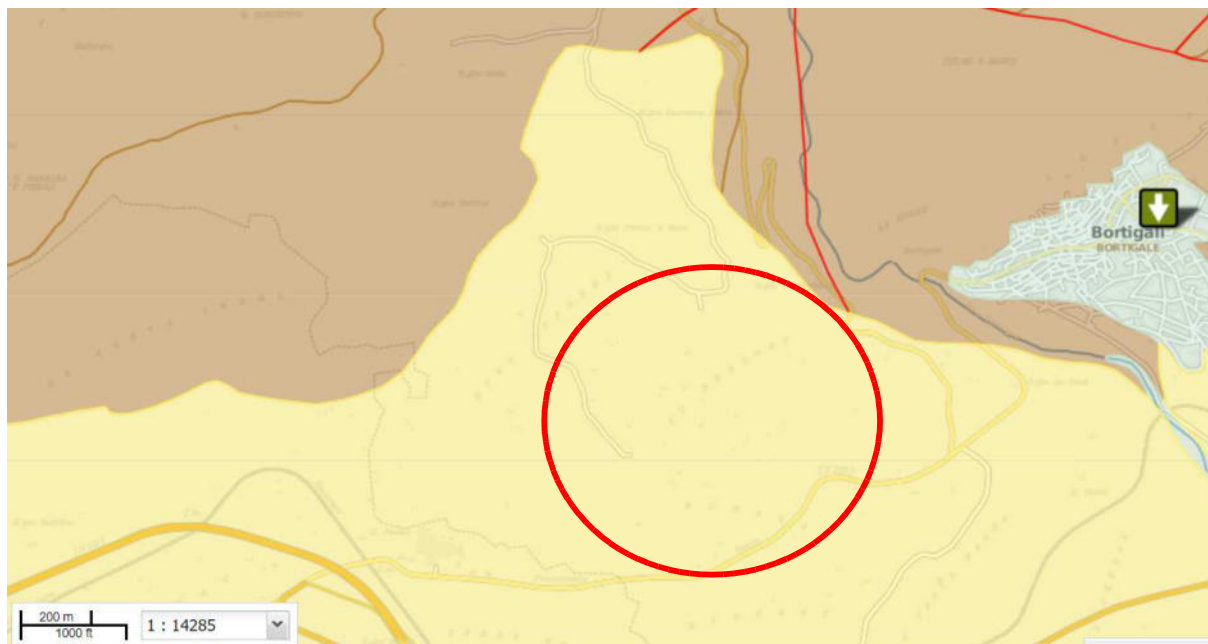
Nel quaternario recente si sono completati i fenomeni di modellamento dei versanti, con l'accumulo dei depositi detritici. Dai rilievi vulcano-tettonici appena sollevati si sono innescati i fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione. I detriti così formati si sono accumulati al piede dei versanti, colmando concavità del terreno oppure accumulandosi nel fondo valle.

In genere questi sedimenti sono classificati in relazione all'azione morfogenetica che li ha determinati, all'entità e al tipo di trasporto.

## 8 Modello Geologico di Riferimento

In relazione alle indagini effettuate il Modello Geologico di Riferimento è stato così strutturato:

- Detrito di versante: Risulta composto da sabbie e ciottoli in matrice limo-argillosa, risultano essere dei depositi scarsamente rielaborati e localmente negli alti morfologici tendono ad annullare potenza e presenza. Lo spessore rilevato non supera i 100 cm. Quaternario
- Al letto del detrito di versante sono state rilevati i Basalti, nello specifico i Basalti dei Plateaux appartenenti alla sub unità di Dualchi composti da andesiti basaltiche sub-alcaline porfiriche per fenocristalli, trachibasalti e basalti debolmente alcalini. La facies è francamente lapidea e la potenza, rilevata in sezioni naturali, non è mai inferiore ai 20 metri. Plio-Pleistocene



*Carta Geologica Geoportale Sardegna: La carta evidenzia che il settore di intervento è in modo omogeneo interessato dalla presenza delle vulcaniti basaltiche ed andesitiche plio-pleistoceniche (colore Giallo)*

## 9 Idrogeologia

Il pendio del Santu Padre su cui sorge l'abitato di Bortigali è ricompreso nell'ambito di due bacini idrografici appartenenti al Rio Manigos e al Rio Cuguttu.

L'idrografia del settore, ha un carattere prettamente stagionale e torrentizio, ossia secco durante il periodo estivo e di comunque modeste portate in quello invernale, con i massimi corrispondenti con il verificarsi di eventi pluviometrici intensi.

Il reticolo idrografico risulta essere di tipo dendritico e tettonico, con le aste che spesso si raccordano formando angoli di 90°, non è eccessivamente sviluppato, segno questo che una parte delle acque segue il percorso sotterraneo, imposto dallo schema di fratture di genesi tettonica che si estendono nel sottosuolo (le osservazioni sono state ovviamente estese a scala regionale).

Il reticolo idrografico locale è quindi strettamente governato dagli elementi tettonici regionali e locali che sono, prevalentemente, diretti secondo le direttici N-S e le coniugate NW-SE e NE-SW.

Le caratteristiche geologico-strutturale delle vulcaniti terziarie influenza in modo marcato la permeabilità, la quale è di tipo secondario, per fratturazione, a medie e alte profondità e di tipo primario, per porosità, in superficie, in particolare laddove si registra un elevato grado di alterazione. Il carattere torrentizio dei corsi d'acqua del settore, i contenuti tempi di corrivazione evidenziano spesso fenomeni di erosione concentrata che determinano la formazione di profondi solchi di erosione, andando ad asportare la coltre detritico/eluviale superficiale posta al tetto dei livelli lapidei più compatti e/o arenizzati.

Le coltri superficiali di disfacimento delle rocce vulcaniche possono essere sede di acquiferi ricaricati per permeabilità per porosità; la permeabilità risulta infatti moderatamente elevata, in considerazione di una porosità efficace stimata pari circa al 2 %.

Nel sito studiato, in funzione del rilevamento effettuato, si può affermare che non sono visibili problemi derivanti dall'eventuale deflusso di acque meteoriche, inoltre non sono state individuate emergenze sorgentizie.

Per poter esaminare al meglio gli afflussi nel bacino imbrifero di partenza si è proceduto all'esame dei valori relativi alle precipitazioni ed alle temperature, parametri che prioritariamente definiscono il clima di una zona.

A tal scopo si è fatto riferimento ai dati rilevati nella stazione climatica di Mulargia, questo in base alle informazioni che questo punto di osservazione dà per la sua posizione rispetto all'area interessata dallo studio.

I valori sono stati desunti dagli annali dell'Istituto Idrografico, questi dati forniscono informazioni statistiche sugli ultimi 42 anni.

L'altezza media annua delle precipitazioni è risultata pari a 748 mm.

Una valutazione sufficientemente attendibile dell'evapotraspirazione reale può essere ricavata tramite la formula di L. Turc:

$$Er = (P/0.9 + P^2 / L^2) 0.5$$

dove:

*Er: evapotraspirazione*

*P: altezza di pioggia media annua in millimetri*

$$L: 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

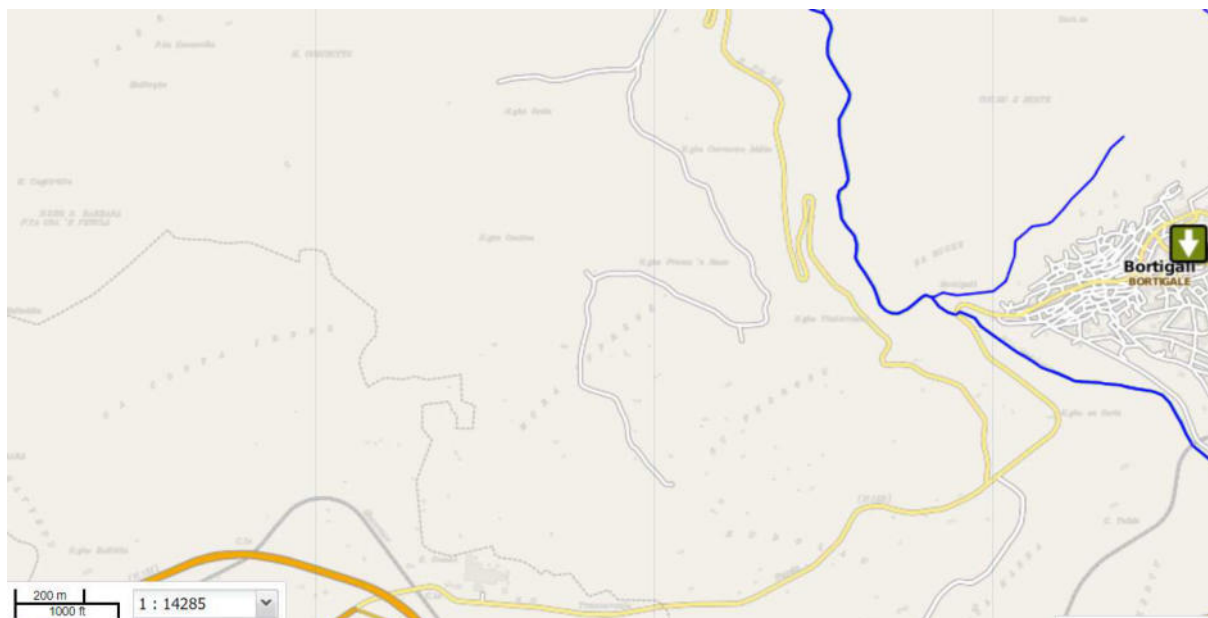
Nel nostro caso introducendo nella formula i valori delle pluviometrie sopra riportati e le temperature medie annue della stazione di Nuoro che sono risultate di essere di 14.8 C° si ottiene che:

$$Er: 572 \text{ mm/annuo}$$

La formula di Turc offre dei valori indicativi, cioè fornisce un ordine di grandezza, per cui possiamo ritenere che tale quantità non si discosti molto dalla realtà.

Da quanto sopra esposto risulta che circa il 77% (602 mm /anno) delle precipitazioni viene perso per evapotraspirazione.





*Carta del sistema idrografico tratta dal sito del Geoportale Sardegna – Non emergono nel settore in studio corpi idrici o sorgenti*

## 10 Geomorfologia

L'evoluzione paesaggistica dell'area è stata determinata dalla diffusa alterazione delle litologie granitiche, a seguito delle condizioni di continentalità che sul finire del Paleozoico interessarono tutta la Sardegna determinando una generale erosione dei maggiori rilievi, con la formazione di estese superfici peneplanate, prive di creste molto elevate, ma con valli e pendii degradanti dolcemente. In generale tutti i rilievi del settore sono interessati da un processo geomorfologico legato soprattutto all'azione erosiva delle acque superficiali, che da un lato determinano un generale addolcimento della morfologia originaria e dall'altro, soprattutto alle quote più elevate, producono processi di denudazione.

Nel settore di studio si riscontra una morfologia caratterizzata dalla relativa giovinezza dei litotipi e degli avvenimenti tettonici con processi tipici delle aree vulcaniche e dei versanti immediatamente adiacenti, dove si evidenzia l'erosione selettiva sulle differenti litologie.

Si descrivono unità morfologiche omogenee che possono essere così riassunte:

- aree pianeggianti degli espandimenti basaltici;
- profili a "cuestas" nella formazione ignimbratica caratterizzate da diverse pendenze del terreno in relazione alla diversa erodibilità;
- cornici delle arre basaltiche poggianti su litologie diversamente erodibili;
- gole, legate ad episodi di ringiovanimento del rilievo e successiva erosione delle aste fluviali.

Mentre in generale negli espandimenti basaltici si hanno condizioni di stabilità geomorfologica caratterizzata da profili sub pianeggianti, le evoluzioni morfogenetiche si riscontrano in corrispondenza dei versanti ignimbrici e dei bordi basaltici dove il cambio improvviso del profilo del versante favorisce il manifestarsi dei fenomeni gravitativi e di trasporto solido con relativa erosione delle acque superficiali. Il fenomeno macroscopico evidenzia un generale arretramento dei versanti con sviluppo di pareti ad alte pendenze legate a litologie più competenti.

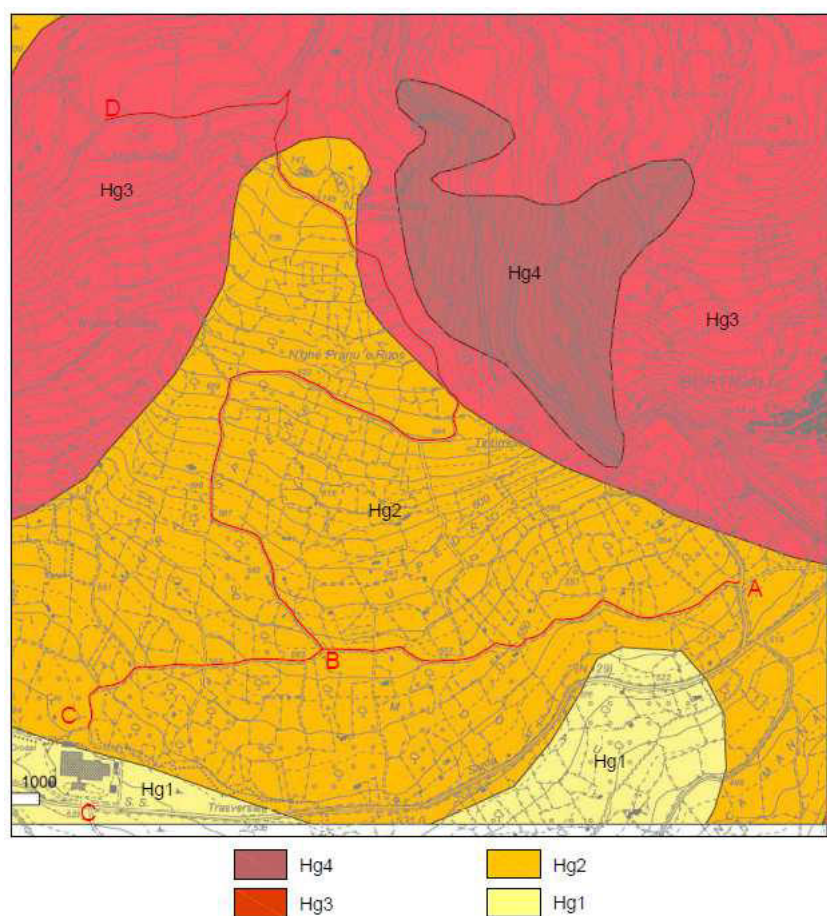
In questo contesto sono da considerare i processi antropici legati agli insediamenti agricoli che hanno dato luogo ad arboricoltura e orticoltura ottenuti attraverso la gradonatura dei versanti, che va agevolando, almeno nei luoghi ove non c'è stato un successivo abbandono, una generale stabilizzazione degli stessi.

L'attività pastorale invece ha determinato una diminuzione della copertura vegetale, fattore che unito all'incostante regime delle piogge provoca un aumento del dilavamento e quindi dell'erosione del suolo.

## 11 Piano per l'Assetto Idrogeologico PAI della Regione Sardegna

L'area di intervento è individuata dal P.A.I. come zona di pericolosità idrogeologica; in particolare, in base alla pericolosità e al rischio frana sono presenti le seguenti classi:

- Hg3 pericolosità da frana elevata (Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale di frane quiescenti; zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti potenziali; frane di neoformazione presumibilmente in tempi pluriennali o pluridecennali), in questo caso parte del percorso più a nord e nello specifico una porzione del segmento B-D;
- Hg2 Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi, in tale mappatura è inquadrato il percorso a Sud ed in particolare i tratti A-B-C e parte del percorso B-D



## **12 Indagini in sito**

Per quanto concerne le indagini in sito e laboratorio è stata organizzata una campagna di indagini in sito e laboratorio finalizzata alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati agli interventi proposti.

Le indagini hanno permesso, vista anche la tipologia delle opere in progetto, di caratterizzare i litotipi più superficiali che sono poi quelli più in particolare interessati alla interazione con le opere di confine e perimetrazione della viabilità con le proprietà pubbliche e private, tali interventi prevalentemente caratterizzati da murature in pietra a secco in misura molto limitata svolgono una funzione di contenimento di esigue porzioni di settori in scavo o rilevato (non oltre i 50 cm di dislivello trasversale tra piano campagna e piano viabilità).

In sito sono state eseguiti dei pozzetti geognostici per la definizione delle caratteristiche sub-superficiali dei litotipi e campionare i materiali per sottoporli a successiva indagine di laboratorio geotecnico, i parametri così ricavati sono stati utilizzati per la ricostruzione del modello geotecnico.

Dai tre pozzetti eseguiti è stata rilevata una stratigrafia limitata ai primi 50 cm di approfondimento, si tratta in prevalenza di sabbie e ciottoli di varia natura e dimensione immersi in una matrice da francamente argillosa limo-sabbiosa.

A seguire l'elenco dei campioni prelevati e i livelli di campionamento

- Pz 1 C1 profondità 0,50 metri
- Pz 2 C1 profondità 0,50 metri
- Pz 3 C1 profondità 0,50 metri

Localmente è stato rilevata la presenza delle vulcaniti in affioramento e pertanto anche nei punti di indagine eseguiti si presume un suo posizionamento non distante dal piano campagna, la stima porta a circa 1,00 metri la potenza dei materiali sciolti detritici sub superficiali posti al tetto delle vulcaniti.





*Pozzetto geognostico n°1*



*Pozzetto geognostico n°2*





*Pozzetto geognostico n°3*

### **13 Risultati della campagna indagini geognostiche**

I materiali campionati in sito sono stati sottoposti a delle prove di laboratorio geotecnico di cui:

- *Prove di taglio per la definizione dell'angolo di attrito e della coesione*
- *Prove di compressibilità edometrica*
- *Analisi Granulometriche*

#### **13.1 Prove di Taglio**

I valori riscontrati dalle indagini eseguite hanno evidenziato dei parametri nel quale emerge chiaramente il contributo della frazione sabbiosa nella definizione dell'angolo di attrito e della coesione.

Trattandosi di prove in modalità ricostruita (sul passante al setaccio da 2 mm), chiaramente viene abbattuto il contributo della frazione coesiva fine, comunque limitato nella composizione percentuale del campione analizzato.

Come parametro di riferimento per la definizione del Modello Geotecnico è stato assunto quello del campione PZ1 C1, risultato il più scadente sotto questo profilo, il quale ha evidenziato i seguenti valori:

- Angolo di attrito: 30,55°
- Coesione: 0,18
- Peso di Volume naturale: 1850 Kg/mc

#### **13.2 Analisi Granulometriche**

Sul campione PZ1 C1 è stata eseguita una analisi granulometrica finalizzata alla discretizzazione del

fuso di composizione ed alla determinazione dell'indice di plasticità.

La classe granulometrica rilevata ai sensi della CNR 10006 è la A1-b con indice di plasticità pari a 5, valori, come già anticipato, di materiali certamente rielaborati ma con una limitata componente limo-argillosa nella matrice.

Prevale pertanto la componente ciottolosa e sabbiosa, con scarse evidenze di processi di rielaborazione, i clasti infatti presentano spigoli vivi, la matrice limo-argillosa è limitata nella sua presenza ad una percentuale inferiore al 23%.

In relazione ai parametri ricavati e considerati i lavori proposti, si ritiene compatibile tale tipologia di materiali per la regolarizzazione di alcune porzioni dell'asse stradale o nella definizione delle cunette.

### 13.3 Modulo edometrico

Su una zolla di materiale è stata eseguita una prova di compressibilità edometrica al fine di verificare come tali litotipi, rilevati nelle porzioni più superficiali della sequenza stratigrafica rilevata, rispondono alle, seppure limitate, sollecitazioni indotte dall'appoggio delle opere murarie a secco.

La prova nello specifico è stata eseguita sul Campione PZ3 C1 ed il modulo edometrico identificato alla pressione di 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> è pari a 41 Kg/cm<sup>2</sup>.

## 14 Caratterizzazione degli ammassi rocciosi

Al fine di produrre una caratterizzazione delle vulcanoclastiti presenti nel sito di intervento, è stata realizzata una classificazione degli ammassi rocciosi con il metodo di Hoek-Brown, si riporta a seguire la sintesi della classificazione eseguita su un sito prossimo all'area in esame.

### Classificazione ammasso roccioso:

- *Resistenza alla compressione uniassiale (sigi)* 66 Mpa
- *Geological Strength Index (GSI)* 58
- *Costante Ammasso Roccioso (mi)* 10
- *Fattore di disturbo (D)* 0
- *Modulo di elasticità (E)* 155 Kg/cm<sup>2</sup>

### Criterio Hoek Brown

- *Valore ridotto di mi (mb)* 2,005
- *Costanti ammasso roccioso (s)* 0,067 Kg/cm<sup>2</sup>
- *Constant rock mass (a)* 5,04 Kg/cm<sup>2</sup>
- *Tensione confinamento ( sig3 max)* 165 Kg/cm<sup>2</sup>

### Parametri dell'ammasso roccioso

- *Sigt* 2 Kg/cm<sup>2</sup>
- *Sigc* 53 Kg/cm<sup>2</sup>
- *Sigcm* 128 Kg/cm<sup>2</sup>
- *Erm* 1 88 Kg/cm<sup>2</sup>

## Parametri geotecnici ammasso roccioso

- *Peso di Volume* 2400 Kg/cm<sup>q</sup>
- *Angolo di attrito* 38°
- *Coesione* 0,46Kg/cm<sup>q</sup>
- *Modulo elastico* 155 Kg/cm<sup>q</sup>

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX per rocce fratturate (Hoek & Marinos 2000). Dalla litologia, e condizioni della superficie delle discontinuità stimare il valore medio GSI.		CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'				
		MOLTO BUONE	BUONE	MEDIOCRI	SCADENTI	MOLTO SCADENTI
		QUALITA' DECRESCENTE →				
	INTATTA o Massiva- roccia sana con poche discontinuità ad ampia spaziatura.	90	80	70	N/A	N/A
	FRATTURATA – ammasso roccioso non disturbato, con tre sistemi di famiglie di giunto che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica.		60	50		
	MOLTO FRATTURATA – ammasso parzialmente disturbato con quattro o più famiglie di giunto a formare blocchi angolari a più facce.			40	30	
	PIEGATA – ammasso disturbato tettonicamente, a pieghe, con diverse famiglie di giunti. Piani di stratificazione o di sci scistosità a grande persistenza.				20	
	DISINTEGRATA – ammasso molto fratturato con debole interconnessione fra i blocchi, frammenti di roccia angolari e arrotondati.					10
	LAMINATA/FAGLIATA – ammasso non suddiviso in blocchi, piani di scistosità a fitta spaziatura, piani di taglio/faglie.	N/A	N/A			

Tabella GSI

## 15 Modello Geotecnico

La scelta dei parametri geotecnici e quindi del dimensionamento del Modello Geotecnico deriva dall'interazione tra i professionisti che hanno elaborato il presente Studio, sia sulla scorta dell'esperienza maturata e dell'acquisizione dei dati delle indagini geotecniche eseguite nel sito oggetto del presente studio, così schematizzano la parametrizzazione del Modello:

Livello superficiale – Detrito di versante

- *Angolo di attrito:* 30,55°
- *Coesione:* 0,18 Kg/cm<sup>q</sup>

- *Peso di volume: 1850 Kg/mc*
- *Modulo edometrico: 51 Kg/cm<sup>q</sup>*

Livello inferiore- Vulcaniti terziarie

- *Angolo di attrito: 38,00°*
- *Coesione: 0,46 Kg/cm<sup>q</sup>*
- *Peso di volume: 2400 Kg/mc*
- *Modulo elasticità: 155 Kg/cm<sup>q</sup>*



## 16 Conclusioni

Il Comune di Bortigali risulta beneficiario di un finanziamento Regionale ottenuto tramite l'Accordo di Programma per il Progetto di Sviluppo Territoriale denominato "Marghine al Centro: Turismo, Sport, Cultura e Natura", di cui al CRP PT 13.01.1.4 affidato al Comune di Bortigali, con il supporto e la compartecipazione dell'Unione di Comuni del Marghine.

In tale quadro, il presente studio geologico e geotecnico è stato predisposto ai sensi dell'art. 61 del DPR 6 giugno 2001 n°380, ex art. 2 legge 2 febbraio 1974 n°64 dai sottoscritti Geol. Davide Boneddu e Ing. Alfredo Vacca, e ne costituisce parte integrante degli elaborati di progetto.

A seguito del lavoro di rilevamento, della valutazione del materiale cartografico e fotografico disponibile, delle analisi in sito compiute si è giunti alle seguenti conclusioni:

- ✓ Per quanto concerne la natura geologica dei litotipi interessati, si può affermare che nel sito risultano presenti dei depositi quaternari con caratteristiche granulometriche eterogenee e alla base le ignimbriti del ciclo vulcanico terziario in facies prettamente lapidea.
- ✓ Dal punto di vista morfologico non sono stati rilevati fenomeni di instabilità in atto o potenziali. Si può affermare pertanto che le opere in progetto non generano direttamente o indirettamente un aumento del pericolo da frana.
- ✓ Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea si può affermare che avviene sia lungo le linee di frattura e debolezza e sia per porosità. L'idrografia del settore, peraltro molto limitata o assente, ha un carattere prettamente stagionale e torrentizio, il reticolo idrografico risulta essere di tipo dendritico e tettonico, con le aste che si raccordano formando angoli di 90.
- ✓ Le campagne indagini geotecniche in considerazione dello stato delle conoscenze geologiche e geotecniche acquisite nell'area in esame, è stata realizzata una modellazione geologica e geotecnica codificata sui due litotipi individuati, i depositi di versante e le vulcaniti terziarie, nei paragrafi dedicati sono dettagliate tutte le specifiche informazioni;
- ✓ Le opere che si intendono realizzare non sono di aggravio o pregiudizio alle situazioni di instabilità del suolo per le quali il comune, nel cui territorio esse ricadono, sia stato da consolidare.
- ✓ Le opere che si intende realizzare non sono pregiudicate dalle situazioni di instabilità per le quali il comune, nel cui territorio esse ricadono, sia stato dichiarato da consolidare.
- ✓ Le opere che si intende realizzare non sono pregiudizievoli alla stabilità di quelle eseguite dallo Stato (o dalla regione) per contenere i fenomeni di instabilità del suolo per le quali queste ultime furono preordinate.
- ✓ La stesura del presente progetto è conforme alle norme tecniche contenute negli articoli n°4 della L.1684/82 e n°1 della L. 64/74 e s.m.i.

## **17      Allegati**

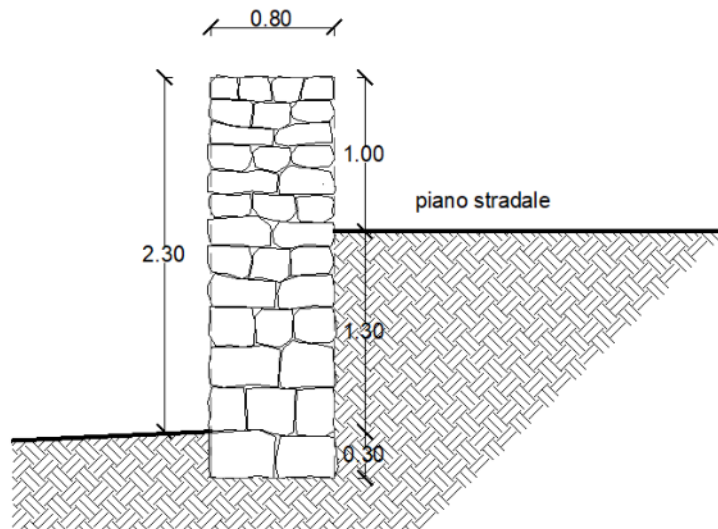
- Relazione generale di calcolo del muro
- Tabulati di calcolo del muro
- Indagini di laboratorio

## Relazione generale di calcolo del muro

### 1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

I lavori in oggetto prevedono la ricostruzione traslata di alcuni muri esistenti che contengono la sede di una stradina rurale, di larghezza media variabile da 3 a 4,5 m. La tipologia di muro impiegata è quella di muro a gravità, in pietrame basaltico locale, posato a secco. I tratti da ricostruire sono 4, indicati nelle tavole con M1, M2, M3, M4, aventi lunghezza variabile da 30 a 75 m circa. Le altezze medie del terrapieno da contenere variano da circa 40 cm per il muro M2 a circa 90 cm per il M4. Localmente, in qualche piccolo tratto, l'altezza del terrapieno arriva a un massimo di 1,30 m. Il muro ha uno spessore di 80 cm e sporge sul piano stradale di 1 m.

*schema*



### 2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni"
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

### 3 - MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

- Muratura in blocchi lapidei basaltici: Peso Specifico 22 kN/m<sup>3</sup> ipotizzando una percentuale di vuoti pari al 20%

### 4 - TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini effettuate, permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **B [Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.]**.

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei tabulati di calcolo, nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

## 5 - METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA DEL TERRAPIENO

La pressione esercitata da un terreno contro un muro è simile alla spinta idrostatica; infatti, essa aumenta in funzione della profondità **h** e può essere così espressa:

$$p = K \cdot h \cdot \gamma$$

dove  $\gamma$  è il peso dell'unità di volume del terreno e **K** è un coefficiente che dipende dall'angolo di attrito interno, dagli angoli di inclinazione del terrapieno e del paramento del muro, dall'angolo di attrito terra-muro, nonché dal tipo di spinta che si vuole calcolare (attiva e passiva).

Esistono due modalità di calcolo della spinta:

- Spinta attiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, verso l'esterno (valle).
- Spinta passiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, premendo contro il terrapieno (monte).

Tra le varie ipotesi che si utilizzano per il calcolo della spinta, si è utilizzata quella dovuta al **Coulomb**, opportunamente modificata ed ampliata per tener conto di tutte le eventualità che possono presentarsi:

- Attrito terra-muro.
- Paramento inclinato.
- Profilo del piano di campagna di forma generica.
- Carichi distribuiti/concentrati disposti in maniera arbitraria sul profilo.
- Stratigrafia
- Falda acquifera, eventualmente inclinata.

Il metodo di Coulomb presuppone una linea di rottura piana del terreno che parte dalla base del muro; la spinta è l'integrale delle pressioni agenti calcolate lungo la verticale del cuneo di spinta.

Vengono esaminate tutte le possibili superfici di scorrimento per individuare in automatico quella per la quale la spinta è massima.

Il calcolo della distribuzione delle pressioni lungo l'altezza del paramento del muro avviene col metodo delle strisce dovuto a **Huntington**, che consiste nel considerare tante ipotetiche linee di frattura lungo l'altezza parallele a quella della superficie di scorrimento. Costruito il diagramma delle pressioni sul muro è quindi possibile trovare la risultante ed il punto di applicazione della spinta.

Questo procedimento viene applicato:

- sul cuneo che parte dal vertice in basso a monte del paramento, ciò al fine di ottenere le azioni con cui si andranno a verificare le sezioni del paramento stesso.
- sul cuneo che parte dal vertice in basso della fondazione a monte, ciò al fine di ottenere le azioni massime necessarie per le verifiche allo scorrimento e al carico limite sulla fondazione stessa.

Nel caso di presenza di falda acquifera retrostante al muro e assenza di drenaggio, se ne tiene conto sia nel calcolo della spinta che nella verifica a carico limite della fondazione, considerando la sottospinta di galleggiamento.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, per ognuna delle strisce prima menzionate e per ogni spinta ad esse afferente, viene calcolato il corrispondente incremento sismico valutando la massa della striscia e moltiplicandola per il coefficiente sismico orizzontale **k<sub>h</sub>**.



## 6 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede il D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" al § 3.2.3 e al § 7.11.6.2.1, è stata eseguita utilizzando metodi *pseudo-statici*.

In particolare il procedimento per la definizione dei parametri sismici di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti d'amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

L'utilizzo di metodi pseudo-statici, consente di ricondurre l'azione sismica, che è un'azione dinamica variabile nel tempo e nello spazio, ad un insieme di forze statiche equivalenti, orizzontali e verticali, mediante l'utilizzo di coefficienti sismici, che dipendono dalla zona sismica, dalle condizioni locali e dall'entità degli spostamenti ammessi per l'opera considerata. Tali coefficienti vengono utilizzati, oltre che per valutare le forze di inerzia sull'opera, anche per determinare la spinta retrostante il muro, mediante l'utilizzo della teoria di Mononobe Okabe.

Come specificato al § 7.11.6.2.1, in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$ , devono essere calcolati come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

dove:  $a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima è valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

dove:

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al §3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:  $\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

Lo stato limite di ribaltamento è trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito ed i relativi dati di pericolosità sismica:

**Comune di Bortigali: Latitudine: 40° 17' 2" Longitudine: 8° 50' 12" Altitudine: 505 m**

### Dati generali analisi sismica

TP	$S_T$	$\beta_s$	$\beta_m$	$K_{Stbl}$ ( $K_{h,1}$ )	$K_{Muro}$ ( $K_{h,2}$ )	Latitudine	Longitudine	Altitudine
						[gradi]	[gradi]	[m]
B	1,20	0,20	0,38	0,0144	0,0274	40° 17' 2.00"	8° 50' 12.00"	505

Classe	Vita Nominale	Periodo di Riferimento
[adim]	[anni]	[anni]
2	50	50

SL	T <sub>r</sub>	a <sub>g</sub> /g	S <sub>s</sub>	F <sub>0</sub>	T <sup>*</sup> c
[adim]	[anni]	[adim]	[adim]	[adim]	[s]
SLO	30	0,0186	1,200	2,610	0,273
SLD	50	0,0235	1,200	2,670	0,296
SLV	475	0,0500	1,200	2,880	0,340
SLC	975	0,0603	1,200	2,980	0,372

LEGENDA Dati generali analisi sismica

<b>TP</b>	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione come definito al punto 3.2.2 delle Norme tecniche per le costruzioni. [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m.
<b>S<sub>T</sub></b>	Coefficiente di amplificazione topografica.
<b>β<sub>s</sub></b>	Coefficiente di riduzione di accelerazione massima per Verifica di stabilità'.
<b>β<sub>m</sub></b>	Coefficiente di riduzione di accelerazione massima per Muro di sostegno.
<b>K<sub>Stbl</sub> (K<sub>h,1</sub>)</b>	Coefficiente per il calcolo della spinta per Verifica di stabilità'.
<b>K<sub>Muro</sub> (K<sub>h,2</sub>)</b>	Coefficiente per il calcolo della spinta per Muro di sostegno.
<b>Latitudine</b>	Latitudine geografica del sito [gradi].
<b>Longitudine</b>	Longitudine geografica del sito [gradi].
<b>Altitudine</b>	Altitudine geografica del sito sul livello medio del mare [m].
<b>SL</b>	Stato limite.
<b>T<sub>r</sub></b>	Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni
<b>a<sub>g</sub>/g</b>	Coefficiente di accelerazione al suolo.
<b>S<sub>s</sub></b>	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.
<b>F<sub>0</sub></b>	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
<b>T<sup>*</sup>c</b>	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

## 7 - SCENARI DI CARICO

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte. Da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

La **verifica di stabilità globale** del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'**Approccio 1**, con la **Combinazione 2 (A2+M2+R2)**, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'**Approccio 2**, con la **combinazione (A1+M1+R3)**, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni

stabilizzanti.

**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	$\tan \varphi'$	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40

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

VERIFICA	Coefficiente parziale $\gamma_R$ (R3)
Capacità portante della fondazione	1.4
Scorrimento	1.1
Ribaltamento	1.5
Resistenza del terreno a valle	1.4

Nelle verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nella tabella 7.11.III.

**Tab. 7.11.III** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi (SLV) dei muri di sostegno.

VERIFICA	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Capacità portante della fondazione	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

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

dove:

$G_1$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

$G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;  $P$  rappresenta pretensione e precompressione;

$Q$  azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

$Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della  $i$ -esima azione variabile;

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$  coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 17 gennaio 2018;

$\psi_{0i}$  sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici

**Tab. 6.2.I D.M 17/01/2018**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G21}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
<sup>(1)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- $G_1$  rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P_k$  rappresenta pretensione e precompressione;
- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione delle azioni variabili  $Q_i$ ;
- $Q_{ki}$  valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ .

## 8 - VERIFICHE

### 8.1 Verifica a Ribaltamento

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro, del terreno su esso agente, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità ed ai tiranti.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante/Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato, considerando il sistema come un corpo rigido.

Lo stato limite di ribaltamento è trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli indicati nel §7.11.6.2.1 e comunque non superiori all'unità.

### 8.2 Verifica a Scorrimento

Nella verifica a scorrimento sono state prese in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito

e coesione, tenendo conto dell'inclinazione del piano di posa e dell'eventuale presenza di speroni.

La **Forza Agente** è la spinta con i suoi incrementi sismici ed eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

La **Forza Resistente** è rappresentata dall'attrito e dalla coesione agente sulla fondazione, dalla presenza di tiranti e di pali, da particolari costruttivi quali gli speroni che servono ad aumentare la resistenza allo scorrimento oltre ad eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Forza Resistente/Forza Agente. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Scorrimento.

### 8.3 Verifica a Carico Limite

È stato calcolato il carico limite secondo la metodologia di Brinch-Hansen nel caso generale, considerando la profondità d'interramento della fondazione costante, la stratigrafia degli strati sotto la fondazione, l'eventuale presenza della falda idrica, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione e l'eccentricità dei carichi esterni.

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $B = B_f - 2e$ );

L = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $L = L_f - 2e$ );

c = coesione dello strato di fondazione;

$c_u$  = coesione non drenata dello strato di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;  $N_y, N_c, N_q$  = fattori di capacità portante;

$s_y, s_c, s_q$  = fattori di forma della fondazione;

$d_y, d_c, d_q$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.  $i_y, i_c, i_q$  = fattori di inclinazione del carico;

$b_y, b_c, b_q$  = fattori di inclinazione della base della fondazione;

$g_y, g_c, g_q$  = fattori di inclinazione del piano campagna;

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

ca = aderenza alla base della fondazione;

$\eta$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\eta = 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità della fondazione.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Carico Limite / Carichi Agenti. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Carico Limite

### 8.4 Verifica di Stabilità Globale

Per la verifica di stabilità globale è stato assimilato tutto il complesso muro-terreno ad un pendio. Esso deve essere al sicuro da fenomeni d'instabilità che in genere si sviluppano su superfici di scorrimento assimilabili a circonferenze.

Sono state ipotizzate varie superfici di scorrimento in modo da interessare tutta la parte di terreno potenzialmente soggetta ad instabilità. Sono state escluse le superfici che intercettano il muro, i pali e i tiranti. Per ognuna di esse sono state calcolate le forze motrici e le forze resistenti.

Il calcolo è stato effettuato secondo i metodi classici di **Fellenius** o di **Bishop**, suddividendo il complesso terreno-muro incluso nel cerchio in esame in settori verticali sufficientemente piccoli, e calcolando le forze resistenti per attrito e coesione alla base, che si oppongono alla forza di



scorrimento del settore.

Il coefficiente di sicurezza in condizioni statiche (NON sismiche) è dato dal rapporto fra le forze resistenti e quelle motrici. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo. Le verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche, invece, si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

L'azione sismica è stata valutata come previsto dal D.M. 17.01.2018 al § 7.11.3.5.2.

## 9 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	<b>MB Muro</b>
Versione	3.03
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo e le verifiche delle opere di sostegno
Numero di serie	SN4M74649H
Intestatario Licenza	Ing. Alfredo Vacca
Produzione e Distribuzione	<b>Ing. Mauro BARALE</b> Via Scalenghe, 11/A - 10095 GRUGLIASCO (TO)

## 10 - TABULATI DI CALCOLO

**Riqualificazione itinerario s'Iscala - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali**  
**Verifica Muro a gravità**

=====  
\*\*\*\*\* DATI DI INPUT \*\*\*\*\*  
=====

\*\*\* MATERIALI COSTITUENTI LA STRUTTURA \*\*\*  
=====

\* Coordinate Geometriche \*

-----  
Mater. N. 1

X	Y
[m]	[m]
0.00	0.00
0.80	0.00
0.80	2.60
0.00	2.60
0.00	0.30
0.00	0.30

-----

Mater.N.	p.s.	Tipo Azione
-	[kN/m3]	
1	22.00	Perm. Strutt.

-----

\*\*\* STRATI DI TERRENO A TERGO DEL MURO \*\*\*  
=====

N.	h	p.s.	Coe	Phi	Incl
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[°]
1	1.60	18.50	0.00	30.00	0.00

-----

\*\*\* STRATI DI TERRENO DAVANTI AL MURO \*\*\*  
=====

N.	h	p.s.	Coe	Phi	Incl
	[m]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[°]
1	0.30	18.50	18.00	30.00	0.00

-----

\*\*\* CARATTERISTICHE TERRENO SOTTO LA FONDAZIONE \*\*\*  
=====

P.S. ....	(GammaB)=	18.50	[kN/m3]
Coesione ....	(COEB)=	18.00	[kN/m2]
Angolo di attrito ....	(PHIB)=	30.00	[°]
Inclinazione di Monte .....	(Alpha M)=	0.00	[°]
Inclinazione di Valle .....	(Alpha V)=	0.00	[°]

-----

Altezza della falda a Monte ... (Hw M)= -3.00 [m]

Altezza della falda a Valle ... (Hw V)= -3.00 [m]

\*\*\* SOVRACCARICO SUL TERRENO DI MONTE \*\*\*

```
=====
      Q      Tipo Azione
    [kN/m2]
-----
    20.00    Variabile
-----
```

\*\*\* SOVRACCARICO SUL TERRENO DI VALLE \*\*\*

```
=====
      Q      Tipo Azione
    [kN/m2]
-----
     0.00    Perm. Strutt.
-----
```

\*\*\* FORZE ESTERNE APPLICATE ALLA STRUTTURA \*\*\*

```
=====
Forze orizzontali ..... (NFX)= 1
-----
      x      y      Fx      Tipo Azione
    [m]    [m]    [kN/m]
-----
     0.00    0.00     0.00    Variabile
-----
```

Forze verticali ..... (NFY)= 0  
Coppie ..... (NCOPPIE)= 0

MAGLIA DEI CENTRI PER VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

```
=====
Origine Maglia (x):  -1.00 m
Origine Maglia (y):   1.60 m
N.ro centri in (x):   15
N.ro centri in (y):   15
Passo tra i centri:   0.20 m
```

Regime di calcolo delle Spinte ..... = Spinte attive (ka)

\*\*\* PARAMETRI SISMICI \*\*\*

```
=====
Accel. Sismica di riferimento      ag/g :    0.0500
Coeff. di amplificazione stratigrafica  Ss :    1.20
Coeff. di amplificazione topografica    St :    1.20
Categoria suolo                      :    B
```

Accelerazioni sismiche per stabilità LOCALE

```
-----
Coeff. di riduzione (NTC18- 7.11.6.2.1) Beta:    0.38
Acceler. Sismica orizzontale di calcolo  kH:    0.0274
Acceler. Sismica verticale di calcolo    kV:    0.0137
```

Accelerazioni sismiche per stabilità GLOBALE

-----

Coeff. di riduzione (NTC18-Tab.7.11.I)	Beta:	0.20
Acceler. Sismica orizzontale di calcolo	kH:	0.0144
Acceler. Sismica verticale di calcolo	kV:	0.0072

COEFFICIENTI PARZIALI SULLE AZIONI	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Perm. Favorevole	0.90	1.00	1.00
Perm. Sfavorevole	1.10	1.30	1.00
Perm. NON Struttur Favorevole	0.80	0.80	0.80
Perm. NON Struttur Sfavorevole	1.50	1.50	1.30
Variabile Favorevole	0.00	0.00	0.00
Variabile Sfavorevole	1.50	1.50	1.30
Custom Favorevole	1.00	1.00	1.00
Custom Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

COEFF. PARZIALI PARAMETRI GEOTECN.	M1 (STR)	M2 (GEO)
tan( $\phi$ )	1.00	1.25
c':	1.00	1.25
cu:	1.00	1.40
Gamma:	1.00	1.00

COEFF. DI SICUREZZA GLOBALI	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità Portante	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Ribaltamento	1.00	1.00	1.15
Resist.passiva Valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità Globale		1.10	

COEFF. DI SIC. GLOBALI IN CONDIZIONI SISMICHE	(R3)
Capacità Portante	1.20
Scorrimento	1.00
Ribaltamento	1.00
Resist.passiva Valle	1.20

\*\*\*\*\* RISULTATI ELABORAZIONE \*\*\*\*\*

**Verifiche svolte secondo l'Approccio n 2: (A1+M1+R3)**

MASSE STRUTTURALI

N.Mat	P.S. [kN/m3]	Area [m2]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	22.00	2.080	45.76	0.40	1.30	Perm. Strutt.

STRATI DI TERRENO LUNGO L'ELEVAZIONE

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)

Strato n.	P.S. [kN/m3]	Attrito [°]	Coe [kN/m2]
1	18.50	30.00	0.00

STRATI DI TERRENO IN AFFIANCAMENTO ALLA FONDAZIONE

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)

Strato n.	P.S. [kN/m3]	Attrito [°]	Coe [kN/m2]
1	18.50	30.00	18.00

STRATI DI TERRENO LUNGO L'ELEVAZIONE

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M2)

Strato n.	P.S. [kN/m3]	Attrito [°]	Coe [kN/m2]
1	18.50	24.79	0.00

STRATI DI TERRENO IN AFFIANCAMENTO ALLA FONDAZIONE

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M2)

Strato n.	P.S. [kN/m3]	Attrito [°]	Coe [kN/m2]
1	18.50	24.79	14.40

\*\*\*\*\* COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*\*\*  
( MONONOBE - OKABE )

Legenda:

z = Quote a partire dal piano fondazione  
Phi\_d = Angolo di attrito del terreno (di calcolo)  
Delta\_d = Angolo di attrito al contatto (di calcolo)  
Beta = Inclinazione dello strato  
Csi = Inclinazione parete di spinta  
ka\_Stat = Coeff. di spinta attiva Statica  
ka\_sis\_Up = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma SU)  
ka\_sis\_Dw = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma GIU')  
\*\* = Tratto parete sotto falda



## =====

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
1	0.00	1.60	1	30.00	20.01	0.00	90.00	0.297	0.315	0.314

## =====

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
1	0.00	1.60	1	24.79	16.54	0.00	90.00	0.364	0.383	0.383

## =====

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)

PER LE SOLE VERIFICHE A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE (NTC18 - 7.11.6.2.1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
1	0.00	1.60	1	30.00	20.01	0.00	90.00	0.297	0.324	0.323

## =====

COEFFICIENTI DI SPINTA PASSIVA (Coeff. parziali M1)

PER LE SOLE VERIFICHE A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE (NTC18 - 7.11.6.2.1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	kp_Stat [-]	kp_sis_Up [-]	kp_sis_Dw [-]
1	0.00	0.30	1	30.00	0.00	0.00	90.00	0.000	0.000	0.000

\*\*\* TENSIONI ATTIVE EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*  
( MONONOBE - OKABE )

## -----

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione

sig\_V = Tensione verticale efficace

ka = coefficiente di spinta attiva

sig\_a = Tensione attiva efficace

sig\_a = sig\_V \* ka - 2 c Radq(ka)

\*\* = Tratto parete sotto falda

## =====

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	29.60	0.297	8.80	29.19	0.315	9.19	30.01	0.314	9.43
	1.60	0.00	0.297	0.00	0.00	0.315	0.00	0.00	0.314	0.00

## =====

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	20.00	0.297	5.95	19.73	0.315	6.21	20.27	0.314	6.37
	1.60	20.00	0.297	5.95	19.73	0.315	6.21	20.27	0.314	6.37

\*\*\* TENSIONI ATTIVE EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*  
( MONONOBE - OKABE )

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione  
sig\_V = Tensione verticale efficace  
ka = coefficiente di spinta attiva  
sig\_a = Tensione attiva efficace  
sig\_a = sig\_V \* ka - 2 c Radq(ka)  
\*\* = Tratto parete sotto falda

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M2)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	29.60	0.364	10.77	29.19	0.383	11.19	30.01	0.383	11.48
	1.60	0.00	0.364	0.00	0.00	0.383	0.00	0.00	0.383	0.00

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M2)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	20.00	0.364	7.27	19.73	0.383	7.56	20.27	0.383	7.76
	1.60	20.00	0.364	7.27	19.73	0.383	7.56	20.27	0.383	7.76

\*\*\* TENSIONI ATTIVE EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*

PER LE SOLE VERIFICHE A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE (NTC18 - 7.11.6.2.1)

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione  
sig\_V = Tensione verticale efficace  
ka = coefficiente di spinta attiva  
sig\_a = Tensione attiva efficace  
sig\_a = sig\_V \* ka - 2 c Radq(ka)  
\*\* = Tratto parete sotto falda

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	29.60	0.297	8.80	28.99	0.324	9.40	30.21	0.323	9.76
	1.60	0.00	0.297	0.00	0.00	0.324	0.00	0.00	0.323	0.00

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	20.00	0.297	5.95	19.59	0.324	6.35	20.41	0.323	6.59
	1.60	20.00	0.297	5.95	19.59	0.324	6.35	20.41	0.323	6.59

\*\*\* PRESSIONI ATTIVE EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione  
 sig\_T = Componente di tensione efficace del Terreno  
 Gamma\_G1 = Coeff. di combinazione  
 sig\_Td = sig\_T \* Gamma\_G1 = Tensione di Calcolo del Terreno  
  
 sig\_Q = Componente di tensione efficace per Sovraccarico  
 Gamma\_Q = Coeff. di combinazione  
 sig\_Qd = sig\_Q \* Gamma\_Q = Tensione di Calcolo per Sovracc.  
  
 Sig\_eff = sig\_Td + sig\_Qd = Tensione Risultante efficace

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:

Spinta del terreno: Gamma\_G1 = 1,30 (Perm. Strutt. Sfav. )

Spinta del sovracc.: Gamma\_Q = 1,50 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	8.80	1.30	11.44	5.95	1.50	8.92	20.36
	1.60	0.00	1.30	0.00	5.95	1.50	8.92	8.92

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:

Spinta del terreno: Gamma\_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav. )

Spinta del sovracc.: Gamma\_Q = 0,30 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	9.19	1.00	9.19	6.21	0.30	1.86	11.05
	1.60	0.00	1.00	0.00	6.21	0.30	1.86	1.86

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:

Spinta del terreno: Gamma\_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav. )

Spinta del sovracc.: Gamma\_Q = 0,30 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	9.43	1.00	9.43	6.37	0.30	1.91	11.34
	1.60	0.00	1.00	0.00	6.37	0.30	1.91	1.91

\*\*\* PRESSIONI ATTIVE EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*  
 PER LE SOLE VERIFICHE A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE (NTC18 - 7.11.6.2.1)

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione  
 sig\_T = Componente di tensione efficace del Terreno  
 Gamma\_G1 = Coeff. di combinazione  
 sig\_Td = sig\_T \* Gamma\_G1 = Tensione di Calcolo del Terreno  
  
 sig\_Q = Componente di tensione efficace per Sovraccarico  
 Gamma\_Q = Coeff. di combinazione  
 sig\_Qd = sig\_Q \* Gamma\_Q = Tensione di Calcolo per Sovracc.  
  
 Sig\_eff = sig\_Td + sig\_Qd = Tensione Risultante efficace

COMBINAZIONE DI CARICO N. 8: Sisma Su RIB (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:

Spinta del terreno: Gamma\_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav. )

Spinta del sovracc.: Gamma\_Q = 0,30 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	9.40	1.00	9.40	6.35	0.30	1.90	11.30
	1.60	0.00	1.00	0.00	6.35	0.30	1.90	1.90

COMBINAZIONE DI CARICO N. 9: Sisma Giu RIB (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:

Spinta del terreno: Gamma\_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav. )

Spinta del sovracc.: Gamma\_Q = 0,30 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	9.76	1.00	9.76	6.59	0.30	1.98	11.74
	1.60	0.00	1.00	0.00	6.59	0.30	1.98	1.98

\*\*\* SPINTE ATTIVE EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE \*\*\*

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione  
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)  
 Delta = Angolo di attrito al contatto  
 Alpha = Angolo inclinazione Spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)  
 F\_T = Valore complessivo di Spinta  
 F\_x = Componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)  
 F\_y = Componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)  
 x\_P, y\_P = Coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.60	90.00	20.01	20.01	23.42	22.01	8.02	0.80	0.70

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.60	90.00	20.01	20.01	10.33	9.71	3.54	0.80	0.61

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.60	90.00	20.01	20.01	10.60	9.96	3.63	0.80	0.61

COMBINAZIONE DI CARICO N. 8: Sisma Su RIB (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.60	90.00	20.01	20.01	10.57	9.93	3.62	0.80	0.61

COMBINAZIONE DI CARICO N. 9: Sisma Giu RIB (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.60	90.00	20.01	20.01	10.97	10.31	3.75	0.80	0.61

\*\*\* DETTAGLIO CALCOLO RISULTANTE SUL PIANO DI FONDAZIONE \*\*\*

Legenda:

F = valore dell'azione  
 Coef = coefficiente di combinazione dell'azione  
 F\_Vd = Componente Verticale di calcolo dell'azione  
 F\_Hd = Componente Orizzont. di calcolo dell'azione  
 x,y = coordinate punto di applicazione dell'azione  
 Mrib = Momento ribaltante (rispetto estremo di valle fondazione)  
 Mstab = Momento Stabilizzante

N.B. Le spinte del terreno sono già quelle di combinazione con quelle dell'eventuale sovraccarico

(es.  $1.3 \cdot st + 1.5 \cdot sq$ )

N.B. Le spinte idrostatiche sono già quelle di combinazione

Le componenti verticali di spinta del terreno e dell'acqua sono legate a quelle orizzontali e,

se rivolte verso il basso, riducono il momento ribaltante anzichè aumentare lo stabilizzante

Eventuali forze e coppie esterne aggiuntive sono considerate Sfavorevoli se ribaltanti

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	45.76	1.00	45.76	0.00	0.40	1.30	0.00	18.30
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	23.42	1.00	8.02	22.01	0.80	0.70	8.90	0.00
Forze Esterne H: Fx n.01	Variabile	Sfav	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:

53.78 22.01 8.90 18.30



## COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	45.76	1.00	45.76	0.00	0.40	1.30	0.00	18.30
-sisma vertic.			-0.63	1.00	-0.63	0.00	0.40	1.30	0.00	-0.25
-sisma orizz.			1.25	1.00	0.00	1.25	0.40	1.30	1.63	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	10.33	1.00	3.54	9.71	0.80	0.61	3.10	0.00
Forze Esterne H: Fx n.01	Variabile	Sfav	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					48.67	10.96			4.73	18.05

## COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	45.76	1.00	45.76	0.00	0.40	1.30	0.00	18.30
-sisma vertic.			0.63	1.00	0.63	0.00	0.40	1.30	0.00	0.25
-sisma orizz.			1.25	1.00	0.00	1.25	0.40	1.30	1.63	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	10.60	1.00	3.63	9.96	0.80	0.61	3.18	0.00
Forze Esterne H: Fx n.01	Variabile	Sfav	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					50.02	11.22			4.81	18.55

## COMBINAZIONE DI CARICO N. 8: Sisma Su RIB (M1+R3)

Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	45.76	1.00	45.76	0.00	0.40	1.30	0.00	18.30
-sisma vertic.			-0.94	1.00	-0.94	0.00	0.40	1.30	0.00	-0.38
-sisma orizz.			1.88	1.00	0.00	1.88	0.40	1.30	2.44	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	10.57	1.00	3.62	9.93	0.80	0.61	3.17	0.00
Forze Esterne H: Fx n.01	Variabile	Sfav	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					48.44	11.81			5.61	17.93

## COMBINAZIONE DI CARICO N. 9: Sisma Giu RIB (M1+R3)

Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	45.76	1.00	45.76	0.00	0.40	1.30	0.00	18.30
-sisma vertic.			0.94	1.00	0.94	0.00	0.40	1.30	0.00	0.38
-sisma orizz.			1.88	1.00	0.00	1.88	0.40	1.30	2.44	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	10.97	1.00	3.75	10.31	0.80	0.61	3.29	0.00
Forze Esterne H: Fx n.01	Variabile	Sfav	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					50.45	12.19			5.73	18.68

\*\*\* V E R I F I C H E \*\*\*

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	18.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	18.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
$\phi$	30.00	[°]	attrito di calcolo
c	18.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	0.67	[-]	aliquota attrito
cc	0.67	[-]	aliquota coesione
$\phi_a$	20.01	[°]	attrito al contatto
ca	12.01	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	22.01 kN
Carico verticale:	Ned	53.78 kN
Resistenza attrito:	$R_a = Ned \cdot \tan(\phi_a)$	19.58 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	$R_c = ca \cdot B$	9.60 kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = R_a + R_c$	29.19 kN
Coeffic. parziale:	$G_R$	1.10 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza di Calcolo:	$H_{rd} = R_{tot} / G_R$	26.53 kN
Verifica:	$H_{rd} / Hed$	1.21 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	18.30 kNm
Coeffic. parziale:	$G_R$	1.15 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza a Ribaltamento:	$M_{rd} = M_{stab} / G_R$	15.92 kNm
Momento Ribaltante:	Med	8.90 kNm
Verifica:	$M_{rd} / Med$	1.79 ---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	53.78 kN
Azione orizzontale	Hed	22.01 kN
Sovraccarico laterale q		5.55 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.23 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	0.35 m
Fattore cap. port.	$N_q = \exp(\pi \cdot \tan \phi) \cdot \gamma \cdot (1 + \sin \phi)$	18.40
Fattore cap. port.	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$	30.14
Fattore cap. port.	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	22.40
coeff.inclin.carico	$i_g = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi)]^3$	0.29
coeff.inclin.carico	$i_q = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi)]^2$	0.44
coeff.inclin.carico	$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \phi)]$	0.40
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gq	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00

coeff. sismico	$kh=Ss*St*ag/g$	0.0000
coeff. sismico	$zc=1-0.32*kh$	1.00
coeff. sismico	$zq=(1-kh/tg\varnothing)^{0.35}$	1.00
coeff. sismico	$zg=zq$	1.00
pressione limite (1)	$qlim1=0.5*G'*Beff*Ng*ig*gg*zg$	20.80 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2=c*Nc*ic*gc*zc$	218.50 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3=q*Nq*iq*gg*zq$	44.45 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	283.75 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim * Beff$	99.22 kN
Coeffic. parziale	$G_R$	1.40 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	70.87 kN
Verifica	$Nrd/Ned$	1.32 ---> ok!

#### CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	$Ned$	53.78 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (Mstab - Mrib) / Ned$	0.23 m
Momento	$M = Ned *  e $	12.11 kNm
Base Fondazione	$B$	0.80 m
$ e  > B/6$ (base Parzializzata):		
Dist. Ned dal bordo	$d = B/2 -  e $	0.17 m
Tensione Max	$s_{max} = 2*Ned / 3d$	205.05 kPa
Tensione min	$s_{min}$	0.00 kPa

**Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali**

Verifica muro a gravità

**COMBINAZIONE DI CARICO N. 1:**  
**Statica (A1+M1+R3)****STRATI DI MONTE**

STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

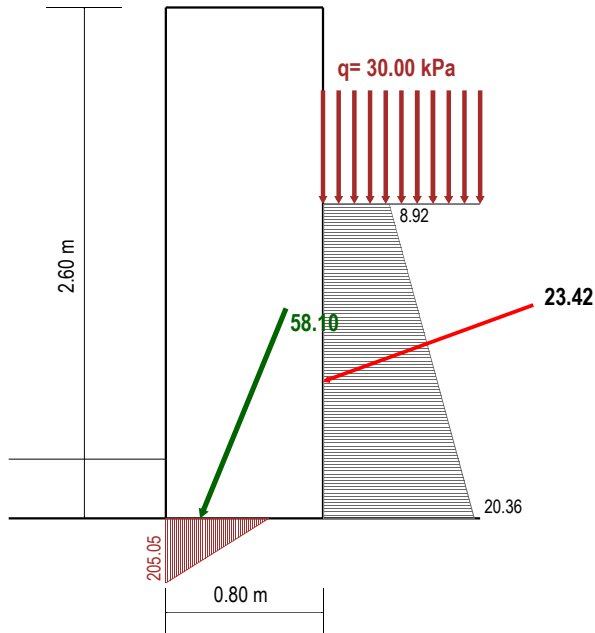
φ' = 30.00 °

c' = 0.00 kN/m<sup>2</sup>**STRATI DI VALLE**

STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

φ' = 30.00 °

c' = 18.00 kN/m<sup>2</sup>**STRATO FONDAZIONE**G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

φ' = 30.00 °

c' = 18.00 kN/m<sup>2</sup>**RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE****VERIFICA A SCORRIMENTO:**

Azione Orizzontale:	Hed	22.01 kN
Carico verticale:	Ned	53.78 kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg(φa)	19.58 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	9.60 kN
Resistenza Totale:	Rtot = Ra + Rc	29.19 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.10
Resistenza di Calcolo:	Hrd = Rtot/G_R	26.53 kN
Verifica:	Hrd/Bed	1.21 ---> ok!

**VERIFICA A RIBALTAMENTO:**

Momento Stabilizzante:	Mstab	18.30 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	15.92 kNm
Momento Ribaltante:	Med	8.90 kNm
Verifica:	Mrd/Med	1.79 ---> ok!

**VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:**

Azione verticale	Ned	53.78 kN
Azione orizzontale	Hed	22.01 kN
Sovraccarico laterale q		5.55 kPa
Eccentricita'	e = B/2 - (Mstab-Mrib)/Ned	0.23 m
Base efficace	Beff = B-2 e	0.35 m
Fattore cap. port.	Nq=exp(Pi*tgφ)*tg2(Pi/4+φ/2)	18.40
Fattore cap. port.	Nc=(Nq-1)*cotφ	30.14
Fattore cap. port.	Ng=2*(Ng+1)*tgφ	22.40
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^3	0.29
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^2	0.44
coeff.inclin.carico	ic=iq-[(1-iq)/(Nc*tgφ)]	0.40
Inclin. P.C.(≥0)		
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	kh=Ss*St*ag/g	0.00
coeff. sismico	zc=1-0.32*kh	1.00
coeff. sismico	zq=(1-kh/tgφ)^0.35	1.00
coeff. sismico	zq=zq	1.00
pressione limite (1)	qlim1=0.5*G'*Beff*Ng*ic*gg*zq	20.80 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (2)	qlim2=c*Nc*ic*gc*zc	218.50 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (3)	qlim3=q*Nq*ic*gg*zq	44.45 kN/m <sup>2</sup>
pressione lim. Tot.	qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3	283.75 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza totale	Qlim = qlim * Beff	99.22 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.40
Resistenza Calcolo	Nrd = Qlim / G_R	70.87 kN
Verifica	Nrd/Ned	1.32 ---> ok!

# COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

## Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	18.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	18.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
ø	30.00	[°]	attrito di calcolo
c	18.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

## Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	0.67	[-]	aliquota attrito
cc	0.67	[-]	aliquota coesione
øa	20.01	[°]	attrito al contatto
ca	12.01	[kN/m2]	coesione di aderenza

## VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	10.96 kN
Carico verticale:	Ned	48.67 kN
Resistenza attrito:	$Ra = Ned * tg(\delta a)$	17.72 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	$Rc = ca * B$	9.60 kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = Ra + Rc$	27.33 kN
Coeffic. parziale:	$G_R$	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza di Calcolo:	$Hrd = R_{tot} / G_R$	27.33 kN
Verifica:	$Hrd / Hed$	2.49 ---> ok!

## VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Per la presente combinazione di carico (sismica)  
la verifica a ribaltamento non é significativa  
Riferirsi alle combinazioni n. 8 e 9 'Sisma RIB'  
per le quali le azioni sismiche sono maggiorate (Cap.7.11.6.2.1)

## VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	48.67 kN
Azione orizzontale	Hed	10.96 kN
Sovraccarico laterale q		5.47 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.13 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	0.55 m
Fattore cap. port.	$Nq = \exp(Pi * tg\delta) * tg^2(Pi/4 + \delta/2)$	18.40
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) * cot\delta$	30.14
Fattore cap. port.	$Ng = 2 * (Nq + 1) * tg\delta$	22.40
coeff.inclin.carico	$ig = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\delta)]^3$	0.58
coeff.inclin.carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\delta)]^2$	0.69
coeff.inclin.carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc * tg\delta)]$	0.68
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gq	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = Ss * St * ag / g$	0.0720
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 * kh$	0.98
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\delta)^{0.35}$	0.95
coeff. sismico	zg = zq	0.95
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 * G' * B_{eff} * Ng * ig * gg * zg$	62.66 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c * Nc * ic * gc * zc$	358.68 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q * Nq * iq * gq * zq$	66.75 kN/m2



pressione lim. Tot.	$q_{lim} = q_{lim1} + q_{lim2} + q_{lim3}$	488.09 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza totale	$Q_{lim} = q_{lim} * B_{eff}$	267.30 kN
Coeffic. parziale	$G_R$	1.20 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza Calcolo	$N_{rd} = Q_{lim} / G_R$	222.75 kN
Verifica	$N_{rd}/N_{ed}$	4.58 ---> ok!

-----

#### CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	$N_{ed}$	48.67 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / N_{ed}$	0.13 m
Momento	$M = N_{ed} *  e $	6.14 kNm
Base Fondazione	$B$	0.80 m
$ e  \leq B/6$ (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = N_{ed}/B + 6 M /(B^2)$	118.41 kPa
Tensione min	$s_{min} = N_{ed}/B - 6 M /(B^2)$	3.27 kPa

-----

**Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali**

Verifica muro a gravità

**COMBINAZIONE DI CARICO N. 4:****Sisma Su (M1+R3)****STRATI DI MONTE**

STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

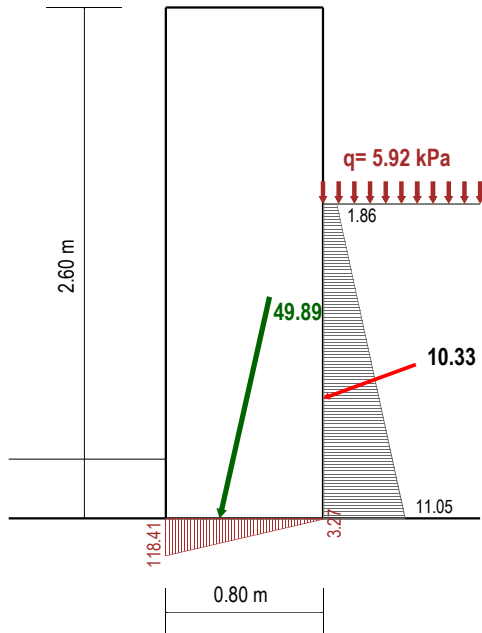
φ' = 30.00 °

c' = 0.00 kN/m<sup>2</sup>**STRATI DI VALLE**

STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

φ' = 30.00 °

c' = 18.00 kN/m<sup>2</sup>**STRATO FONDAZIONE**G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>

φ' = 30.00 °

c' = 18.00 kN/m<sup>2</sup>**RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE****VERIFICA A SCORRIMENTO:**

Azione Orizzontale:	Hed	10.96 kN
Carico verticale:	Ned	48.67 kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg(φa)	17.72 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	9.60 kN
Resistenza Totale:	Rtot = Ra + Rc	27.33 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza di Calcolo:	Hrd = Rtot/G_R	27.33 kN
Verifica:	Hrd/Bed	2.49 ---> ok!

**VERIFICA A RIBALTAMENTO:**

Per la presente combinazione di carico (sismica)  
la verifica a ribaltamento non è significativa  
Riferirsi alle combinazioni n. 8 e 9 'Sisma RIB'  
per le quali le azioni sismiche sono maggiorate (Cap.7.11.6.2.1)

**VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:**

Azione verticale	Ned	48.67 kN
Azione orizzontale	Hed	10.96 kN
Sovraccarico laterale q		5.47 kPa
Eccentricita'	e = B/2 - (Mstab-Mrib)/Ned	0.13 m
Base efficace	Beff = B-2 e	0.55 m
Fattore cap. port.	Nq=exp(Pi*tgφ)*tg2(Pi/4+φ/2)	18.40
Fattore cap. port.	Nc=(Nq-1)*cotφ	30.14
Fattore cap. port.	Ng=2*(Nq+1)*tgφ	22.40
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^3	0.58
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^2	0.69
coeff.inclin.carico	ic=iq-(1-iq)/(Nc*tgφ)	0.68
Inclin. P.C.(≥0)		
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	kh=Ss*St*ag/g	0.07
coeff. sismico	zc=1-0.32*kh	0.98
coeff. sismico	zq=(1-kh/tgφ)^0.35	0.95
coeff. sismico	zq=zq	0.95
pressione limite (1)	qlim1=0.5*G'*Beff*Ng*ic*gg*zq	62.66 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (2)	qlim2=c*Nc*ic*gc*zc	358.68 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (3)	qlim3=q*Nq*ic*gg*zq	66.75 kN/m <sup>2</sup>
pressione lim. Tot.	qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3	488.09 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza totale	Qlim = qlim * Beff	267.30 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20
Resistenza Calcolo	Nrd = Qlim / G_R	222.75 kN
Verifica	Nrd/Ned	4.58 ---> ok!

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	18.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	18.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
$\phi$	30.00	[°]	attrito di calcolo
c	18.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	0.67	[-]	aliquota attrito
cc	0.67	[-]	aliquota coesione
$\phi_a$	20.01	[°]	attrito al contatto
ca	12.01	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	11.22 kN
Carico verticale:	Ned	50.02 kN
Resistenza attrito:	$R_a = Ned \cdot \tan(\phi_a)$	18.21 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	$R_c = c_a \cdot B$	9.60 kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = R_a + R_c$	27.82 kN
Coeffic. parziale:	$G_R$	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza di Calcolo:	$H_{rd} = R_{tot} / G_R$	27.82 kN
Verifica:	$H_{rd} / H_{ed}$	2.48 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Per la presente combinazione di carico (sismica)  
la verifica a ribaltamento non é significativa  
Riferirsi alle combinazioni n. 8 e 9 'Sisma RIB'  
per le quali le azioni sismiche sono maggiorate (Cap.7.11.6.2.1)

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	50.02 kN
Azione orizzontale	Hed	11.22 kN
Sovraccarico laterale q		5.63 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.13 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	0.55 m
Fattore cap. port.	$N_q = \exp(\pi \cdot \tan \phi) \cdot \tan^2(\pi/4 + \phi/2)$	18.40
Fattore cap. port.	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$	30.14
Fattore cap. port.	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	22.40
coeff.inclin.carico	$i_g = [1 - H_{ed} / (N_{ed} + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi)]^3$	0.58
coeff.inclin.carico	$i_q = [1 - H_{ed} / (N_{ed} + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi)]^2$	0.69
coeff.inclin.carico	$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \phi)]$	0.68
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gq	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$k_h = S_s \cdot S_t \cdot a_g / g$	0.0720
coeff. sismico	$z_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$	0.98
coeff. sismico	$z_q = (1 - k_h / \tan \phi)^{0.35}$	0.95
coeff. sismico	$z_g = z_q$	0.95
pressione limite (1)	$q_{lim1} = 0.5 \cdot G' \cdot B_{eff} \cdot N_g \cdot i_g \cdot g_g \cdot z_g$	62.84 kN/m2
pressione limite (2)	$q_{lim2} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot z_c$	358.41 kN/m2
pressione limite (3)	$q_{lim3} = q \cdot N_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot z_q$	68.56 kN/m2

pressione lim. Tot.	$q_{lim} = q_{lim1} + q_{lim2} + q_{lim3}$	489.81 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza totale	$Q_{lim} = q_{lim} * B_{eff}$	269.26 kN
Coeffic. parziale	$G_R$	1.20 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza Calcolo	$N_{rd} = Q_{lim} / G_R$	224.38 kN
Verifica	$N_{rd}/N_{ed}$	4.49 ---> ok!

-----

# CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	$N_{ed}$	50.02 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / N_{ed}$	0.13 m
Momento	$M = N_{ed} *  e $	6.26 kNm
Base Fondazione	$B$	0.80 m
$ e  \leq B/6$ (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = N_{ed}/B + 6 M /(B^2)$	121.20 kPa
Tensione min	$s_{min} = N_{ed}/B - 6 M /(B^2)$	3.84 kPa

-----

**Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali**

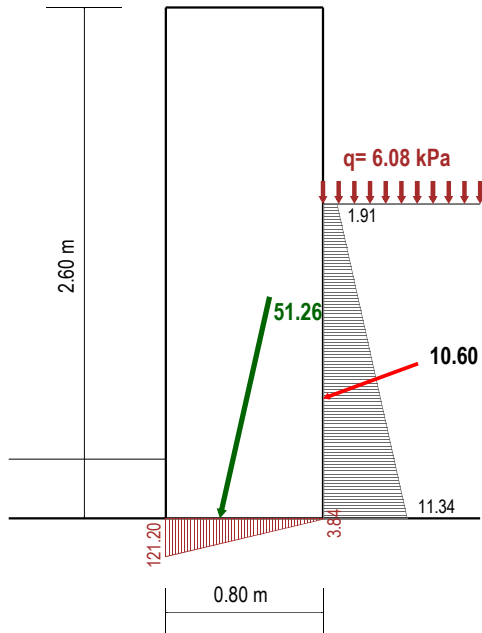
Verifica muro a gravità

**COMBINAZIONE DI CARICO N. 5:  
Sisma Giu (M1+R3)****STRATI DI MONTE**STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

**STRATI DI VALLE**STRATO N.1

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 18.00$  kN/m<sup>2</sup>

STRATO FONDAZIONE

G = 18.50 kN/m<sup>3</sup>  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 18.00$  kN/m<sup>2</sup>

**RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE****VERIFICA A SCORRIMENTO:**

Azione Orizzontale:	Hed	11.22 kN
Carico verticale:	Ned	50.02 kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg( $\phi_a$ )	18.21 kN
Base Fondazione:	B	0.80 m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	9.60 kN
Resistenza Totale:	Rtot = Ra + Rc	27.82 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza di Calcolo:	Hrd = Rtot/G_R	27.82 kN
Verifica:	Hrd/Bed	2.48 ---> ok!

**VERIFICA A RIBALTAMENTO:**

Per la presente combinazione di carico (sismica)  
 la verifica a ribaltamento non è significativa  
 Riferirsi alle combinazioni n. 8 e 9 'Sisma RIB'  
 per le quali le azioni sismiche sono maggiorate (Cap.7.11.6.2.1)

**VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:**

Azione verticale	Ned	50.02 kN
Azione orizzontale	Hed	11.22 kN
Sovraccarico laterale q		5.63 kPa
Eccentricita'	e = B/2 - (Mstab-Mrib)/Ned	0.13 m
Base efficace	Beff = B-2 e	0.55 m
Fattore cap. port.	Nq=exp(Pi*tg $\phi$ )*tg2(Pi/4+p/2)	18.40
Fattore cap. port.	Nc=(Nq-1)*cot $\phi$	30.14
Fattore cap. port.	Ng=2*(Nq+1)*tg $\phi$	22.40
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cot $\phi$ )]^3	0.58
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cot $\phi$ )]^2	0.69
coeff.inclin.carico	ic=iq-[(1-ic)/(Nc*tg $\phi$ )]	0.68
Inclin. P.C.(>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	kh=Ss*St*ag/g	0.07
coeff. sismico	zc=1-0.32*kh	0.98
coeff. sismico	zq=(1-kh/tg $\phi$ )^0.35	0.95
coeff. sismico	zq=zq	0.95
pressione limite (1)	qlim1=0.5*G'*Beff*Nq*ic*gg*zq	62.84 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (2)	qlim2=c*Nc*ic*gc*zc	358.41 kN/m <sup>2</sup>
pressione limite (3)	qlim3=q*Nq*ic*gg*zq	68.56 kN/m <sup>2</sup>
pressione lim. Tot.	qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3	489.81 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza totale	Qlim = qlim * Beff	269.26 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20
Resistenza Calcolo	Nrd = Qlim / G_R	224.38 kN
Verifica	Nrd/Ned	4.49 ---> ok!



# COMBINAZIONE DI CARICO N. 8: Sisma Su RIB (M1+R3)

## Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	18.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	18.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
ø	30.00	[°]	attrito di calcolo
c	18.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

## Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	0.67	[-]	aliquota attrito
cc	0.67	[-]	aliquota coesione
øa	20.01	[°]	attrito al contatto
ca	12.01	[kN/m2]	coesione di aderenza

## VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

## VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	17.93	kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00	(NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	17.93	kNm
Momento Ribaltante:	Med	5.61	kNm
Verifica:	Mrd/Med	3.19	---> ok!

## VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

# COMBINAZIONE DI CARICO N. 9: Sisma Giu RIB (M1+R3)

## Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	18.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	18.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
ø	30.00	[°]	attrito di calcolo
c	18.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

## Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	0.67	[-]	aliquota attrito
cc	0.67	[-]	aliquota coesione
øa	20.01	[°]	attrito al contatto
ca	12.01	[kN/m2]	coesione di aderenza

## VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	18.68 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	18.68 kNm
Momento Ribaltante:	Med	5.73 kNm
Verifica:	Mrd/Med	3.26 ---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

Riqualificazione itinerario s'Iscala - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali  
Verifica muro a gravità

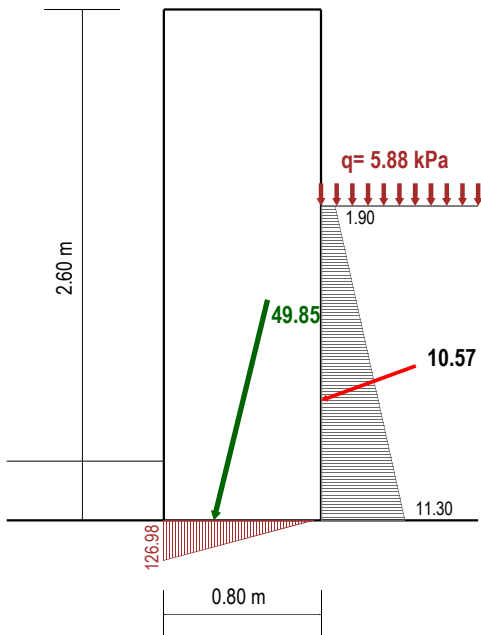
COMBINAZIONE DI CARICO N. 8:  
Sisma Su RIB (M1+R3)

STRATI DI MONTE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
c' = 0.00 kN/m2

STRATI DI VALLE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
c' = 18.00 kN/m2



STRATO FONDAZIONE  
G = 18.50 kN/m3  
 $\phi' = 30.00^\circ$   
c' = 18.00 kN/m2

RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	17.93 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	17.93 kNm
Momento Ribaltante:	Med	5.61 kNm
Verifica:	Mrd/Med	3.19 ---> ok!

Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali  
Verifica muro a gravità

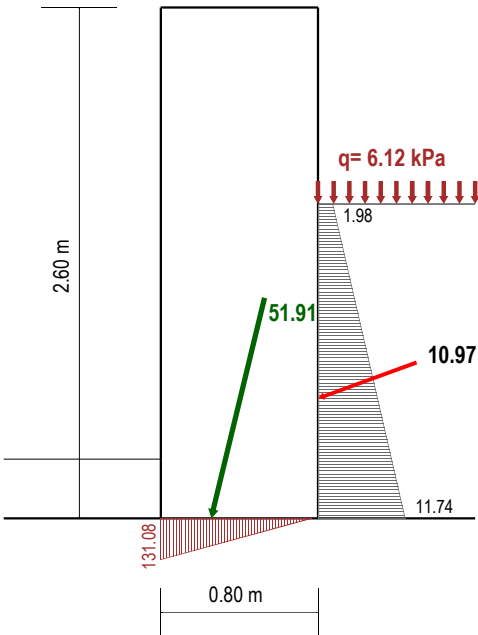
COMBINAZIONE DI CARICO N. 9:  
Sisma Giu RIB (M1+R3)

STRATI DI MONTE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 0.00 kN/m2

STRATI DI VALLE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 18.00 kN/m2



STRATO FONDAZIONE  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 18.00 kN/m2

RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico  
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	18.68 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	18.68 kNm
Momento Ribaltante:	Med	5.73 kNm
Verifica:	Mrd/Med	3.26 ---> ok!

```
*****
****                                     ****
****                                VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE                                ****
****                                     ****
*****
```

METODO DI FELLENIUS:

-----

METODO DI FELLENIUS: tabulati

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)

CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO e RELATIVI FATTORI DI SICUREZZA

Legenda:

i,j = indici numerazione centri  
Xc = Coordinata (X) del centro  
Yc = Coordinata (Y) del centro  
Xa = Coordinata (X) estremo Sx massa scivolante  
Xb = Coordinata (X) estremo Dx massa scivolante  
Fs = Fattore di sicurezza

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
01 01	-1.00	1.65	2.44	-3.03	1.44	2.225
01 02	-1.00	1.85	2.58	-3.06	1.57	2.082
01 03	-1.00	2.05	2.73	-3.09	1.69	2.012
01 04	-1.00	2.25	2.88	-3.12	1.81	1.965
01 05	-1.00	2.45	3.04	-3.15	1.92	1.934
01 06	-1.00	2.65	3.20	-3.18	2.03	1.914
01 07	-1.00	2.85	3.37	-3.20	2.13	1.898
01 08	-1.00	3.05	3.54	-3.23	2.23	1.894
01 09	-1.00	3.25	3.72	-3.26	2.33	1.895
01 10	-1.00	3.45	3.89	-3.28	2.42	1.900
01 11	-1.00	3.65	4.07	-3.31	2.52	1.907
01 12	-1.00	3.85	4.25	-3.34	2.61	1.916
01 13	-1.00	4.05	4.43	-3.36	2.69	1.928
01 14	-1.00	4.25	4.62	-3.39	2.78	1.942
01 15	-1.00	4.45	4.80	-3.41	2.86	1.956
02 01	-0.80	1.65	2.30	-2.66	1.50	2.019
02 02	-0.80	1.85	2.45	-2.69	1.63	1.903
02 03	-0.80	2.05	2.60	-2.72	1.76	1.851
02 04	-0.80	2.25	2.76	-2.75	1.88	1.818
02 05	-0.80	2.45	2.93	-2.78	2.00	1.798
02 06	-0.80	2.65	3.10	-2.81	2.11	1.784
02 07	-0.80	2.85	3.27	-2.84	2.22	1.782
02 08	-0.80	3.05	3.44	-2.87	2.32	1.786
02 09	-0.80	3.25	3.62	-2.90	2.42	1.793
02 10	-0.80	3.45	3.80	-2.93	2.52	1.803
02 11	-0.80	3.65	3.99	-2.96	2.62	1.815
02 12	-0.80	3.85	4.17	-2.99	2.71	1.829
02 13	-0.80	4.05	4.35	-3.01	2.80	1.845
02 14	-0.80	4.25	4.54	-3.04	2.89	1.862
02 15	-0.80	4.45	4.73	-3.07	2.97	1.879
03 01	-0.60	1.65	2.16	-2.29	1.56	1.816
03 02	-0.60	1.85	2.32	-2.33	1.71	1.753
03 03	-0.60	2.05	2.48	-2.36	1.84	1.716
03 04	-0.60	2.25	2.65	-2.39	1.97	1.695
03 05	-0.60	2.45	2.82	-2.43	2.09	1.682
03 06	-0.60	2.65	3.00	-2.46	2.21	1.681
03 07	-0.60	2.85	3.18	-2.49	2.32	1.687
03 08	-0.60	3.05	3.36	-2.52	2.43	1.696
03 09	-0.60	3.25	3.54	-2.55	2.53	1.709
03 10	-0.60	3.45	3.72	-2.58	2.63	1.723
03 11	-0.60	3.65	3.91	-2.61	2.73	1.740
03 12	-0.60	3.85	4.10	-2.64	2.82	1.758
03 13	-0.60	4.05	4.29	-2.67	2.92	1.776
03 14	-0.60	4.25	4.47	-2.70	3.01	1.796
03 15	-0.60	4.45	4.67	-2.73	3.09	1.816
04 01	-0.40	1.65	2.04	-1.93	1.64	1.682
04 02	-0.40	1.85	2.21	-1.97	1.79	1.634
04 03	-0.40	2.05	2.38	-2.01	1.93	1.608
04 04	-0.40	2.25	2.55	-2.04	2.07	1.594
04 05	-0.40	2.45	2.73	-2.08	2.19	1.594
04 06	-0.40	2.65	2.91	-2.11	2.31	1.600
04 07	-0.40	2.85	3.09	-2.15	2.43	1.612
04 08	-0.40	3.05	3.28	-2.18	2.54	1.626
04 09	-0.40	3.25	3.46	-2.22	2.65	1.642
04 10	-0.40	3.45	3.65	-2.25	2.75	1.661
04 11	-0.40	3.65	3.84	-2.28	2.85	1.680
04 12	-0.40	3.85	4.03	-2.31	2.95	1.701
04 13	-0.40	4.05	4.22	-2.34	3.04	1.722
04 14	-0.40	4.25	4.42	-2.37	3.13	1.745
04 15	-0.40	4.45	4.61	-2.40	3.22	1.767
05 01	-0.20	1.65	1.93	-1.58	1.73	1.583



05	02	-0.20	1.85	2.10	-1.62	1.89	1.546
05	03	-0.20	2.05	2.28	-1.66	2.04	1.530
05	04	-0.20	2.25	2.46	-1.70	2.17	1.524
05	05	-0.20	2.45	2.65	-1.74	2.31	1.530
05	06	-0.20	2.65	2.83	-1.78	2.43	1.541
05	07	-0.20	2.85	3.02	-1.82	2.55	1.557
05	08	-0.20	3.05	3.21	-1.86	2.66	1.574
05	09	-0.20	3.25	3.40	-1.89	2.77	1.594
05	10	-0.20	3.45	3.59	-1.93	2.88	1.615
05	11	-0.20	3.65	3.78	-1.96	2.98	1.639
05	12	-0.20	3.85	3.98	-1.99	3.08	1.661
05	13	-0.20	4.05	4.17	-2.03	3.18	1.684
05	14	-0.20	4.25	4.37	-2.06	3.27	1.707
05	15	-0.20	4.45	4.56	-2.09	3.36	1.731
06	01	0.00	1.65	1.83	-1.24	1.83	1.528
06	02	0.00	1.85	2.02	-1.29	2.00	1.496
06	03	0.00	2.05	2.20	-1.33	2.15	1.482
06	04	0.00	2.25	2.39	-1.38	2.30	1.484
06	05	0.00	2.45	2.58	-1.42	2.43	1.493
06	06	0.00	2.65	2.77	-1.46	2.56	1.507
06	07	0.00	2.85	2.96	-1.50	2.68	1.524
06	08	0.00	3.05	3.15	-1.54	2.80	1.544
06	09	0.00	3.25	3.35	-1.58	2.91	1.567
06	10	0.00	3.45	3.54	-1.62	3.02	1.590
06	11	0.00	3.65	3.74	-1.66	3.12	1.613
06	12	0.00	3.85	3.93	-1.69	3.22	1.637
06	13	0.00	4.05	4.13	-1.73	3.32	1.660
06	14	0.00	4.25	4.32	-1.76	3.42	1.684
06	15	0.00	4.45	4.52	-1.79	3.51	1.708
07	01	0.20	1.65	1.76	-0.92	1.95	1.518
07	02	0.20	1.85	1.94	-0.97	2.13	1.481
07	03	0.20	2.05	2.14	-1.02	2.29	1.470
07	04	0.20	2.25	2.33	-1.07	2.44	1.471
07	05	0.20	2.45	2.52	-1.12	2.57	1.480
07	06	0.20	2.65	2.72	-1.16	2.71	1.497
07	07	0.20	2.85	2.91	-1.21	2.83	1.515
07	08	0.20	3.05	3.11	-1.25	2.95	1.535
07	09	0.20	3.25	3.30	-1.29	3.06	1.557
07	10	0.20	3.45	3.50	-1.33	3.17	1.580
07	11	0.20	3.65	3.70	-1.37	3.28	1.603
07	12	0.20	3.85	3.90	-1.41	3.38	1.626
07	13	0.20	4.05	4.09	-1.44	3.48	1.650
07	14	0.20	4.25	4.29	-1.48	3.58	1.674
07	15	0.20	4.45	4.49	-1.51	3.67	1.698
08	01	0.40	1.65	1.70	-0.63	2.10	1.562
08	02	0.40	1.85	1.89	-0.69	2.28	1.515
08	03	0.40	2.05	2.09	-0.74	2.44	1.495
08	04	0.40	2.25	2.29	-0.79	2.59	1.494
08	05	0.40	2.45	2.48	-0.84	2.73	1.500
08	06	0.40	2.65	2.68	-0.89	2.87	1.512
08	07	0.40	2.85	2.88	-0.93	2.99	1.527
08	08	0.40	3.05	3.08	-0.98	3.11	1.546
08	09	0.40	3.25	3.27	-1.02	3.23	1.566
08	10	0.40	3.45	3.47	-1.06	3.34	1.587
08	11	0.40	3.65	3.67	-1.10	3.45	1.609
08	12	0.40	3.85	3.87	-1.14	3.55	1.632
08	13	0.40	4.05	4.07	-1.18	3.65	1.655
08	14	0.40	4.25	4.27	-1.22	3.75	1.678
08	15	0.40	4.45	4.47	-1.26	3.84	1.703
09	01	0.60	1.65	1.76	-0.52	2.35	2.020
09	02	0.60	1.85	1.94	-0.57	2.53	1.903
09	03	0.60	2.05	2.14	-0.62	2.69	1.847
09	04	0.60	2.25	2.33	-0.67	2.84	1.817
09	05	0.60	2.45	2.52	-0.72	2.97	1.801
09	06	0.60	2.65	2.72	-0.76	3.11	1.801
09	07	0.60	2.85	2.91	-0.81	3.23	1.805
09	08	0.60	3.05	3.11	-0.85	3.35	1.813
09	09	0.60	3.25	3.30	-0.89	3.46	1.825
09	10	0.60	3.45	3.50	-0.93	3.57	1.839
09	11	0.60	3.65	3.70	-0.97	3.68	1.855
09	12	0.60	3.85	3.90	-1.01	3.78	1.873
09	13	0.60	4.05	4.09	-1.04	3.88	1.891
09	14	0.60	4.25	4.29	-1.08	3.98	1.911
09	15	0.60	4.45	4.49	-1.11	4.07	1.930
10	01	0.80	1.65	1.83	-0.44	2.63	2.560
10	02	0.80	1.85	2.02	-0.49	2.80	2.378
10	03	0.80	2.05	2.20	-0.53	2.95	2.253
10	04	0.80	2.25	2.39	-0.58	3.10	2.189
10	05	0.80	2.45	2.58	-0.62	3.23	2.149
10	06	0.80	2.65	2.77	-0.66	3.36	2.122

10	07	0.80	2.85	2.96	-0.70	3.48	2.110
10	08	0.80	3.05	3.15	-0.74	3.60	2.106
10	09	0.80	3.25	3.35	-0.78	3.71	2.110
10	10	0.80	3.45	3.54	-0.82	3.82	2.115
10	11	0.80	3.65	3.74	-0.86	3.92	2.123
10	12	0.80	3.85	3.93	-0.89	4.02	2.134
10	13	0.80	4.05	4.13	-0.93	4.12	2.147
10	14	0.80	4.25	4.32	-0.96	4.22	2.161
10	15	0.80	4.45	4.52	-0.99	4.31	2.176
11	01	1.00	1.65	1.93	-0.38	2.93	3.199
11	02	1.00	1.85	2.10	-0.42	3.09	2.918
11	03	1.00	2.05	2.28	-0.46	3.24	2.744
11	04	1.00	2.25	2.46	-0.50	3.37	2.612
11	05	1.00	2.45	2.65	-0.54	3.51	2.539
11	06	1.00	2.65	2.83	-0.58	3.63	2.490
11	07	1.00	2.85	3.02	-0.62	3.75	2.457
11	08	1.00	3.05	3.21	-0.66	3.86	2.433
11	09	1.00	3.25	3.40	-0.69	3.97	2.420
11	10	1.00	3.45	3.59	-0.73	4.08	2.414
11	11	1.00	3.65	3.78	-0.76	4.18	2.415
11	12	1.00	3.85	3.98	-0.79	4.28	2.417
11	13	1.00	4.05	4.17	-0.83	4.38	2.422
11	14	1.00	4.25	4.37	-0.86	4.47	2.430
11	15	1.00	4.45	4.56	-0.89	4.56	2.440
12	01	1.20	1.65	2.04	-0.33	3.24	3.613
12	02	1.20	1.85	2.21	-0.37	3.39	3.265
12	03	1.20	2.05	2.38	-0.41	3.53	3.044
12	04	1.20	2.25	2.55	-0.44	3.67	2.876
12	05	1.20	2.45	2.73	-0.48	3.79	2.778
12	06	1.20	2.65	2.91	-0.51	3.91	2.709
12	07	1.20	2.85	3.09	-0.55	4.03	2.661
12	08	1.20	3.05	3.28	-0.58	4.14	2.627
12	09	1.20	3.25	3.46	-0.62	4.25	2.600
12	10	1.20	3.45	3.65	-0.65	4.35	2.585
12	11	1.20	3.65	3.84	-0.68	4.45	2.577
12	12	1.20	3.85	4.03	-0.71	4.55	2.573
12	13	1.20	4.05	4.22	-0.74	4.64	2.572
12	14	1.20	4.25	4.42	-0.77	4.73	2.576
12	15	1.20	4.45	4.61	-0.80	4.82	2.581
13	01	1.40	1.65	2.16	-0.29	3.56	4.284
13	02	1.40	1.85	2.32	-0.33	3.71	3.844
13	03	1.40	2.05	2.48	-0.36	3.84	3.557
13	04	1.40	2.25	2.65	-0.39	3.97	3.361
13	05	1.40	2.45	2.82	-0.43	4.09	3.201
13	06	1.40	2.65	3.00	-0.46	4.21	3.104
13	07	1.40	2.85	3.18	-0.49	4.32	3.032
13	08	1.40	3.05	3.36	-0.52	4.43	2.979
13	09	1.40	3.25	3.54	-0.55	4.53	2.940
13	10	1.40	3.45	3.72	-0.58	4.63	2.908
13	11	1.40	3.65	3.91	-0.61	4.73	2.888
13	12	1.40	3.85	4.10	-0.64	4.82	2.875
13	13	1.40	4.05	4.29	-0.67	4.92	2.866
13	14	1.40	4.25	4.47	-0.70	5.01	2.862
13	15	1.40	4.45	4.67	-0.73	5.09	2.859
14	01	1.60	1.65	2.30	-0.26	3.90	4.992
14	02	1.60	1.85	2.45	-0.29	4.03	4.258
14	03	1.60	2.05	2.60	-0.32	4.16	3.922
14	04	1.60	2.25	2.76	-0.35	4.28	3.688
14	05	1.60	2.45	2.93	-0.38	4.40	3.519
14	06	1.60	2.65	3.10	-0.41	4.51	3.376
14	07	1.60	2.85	3.27	-0.44	4.62	3.285
14	08	1.60	3.05	3.44	-0.47	4.72	3.216
14	09	1.60	3.25	3.62	-0.50	4.82	3.164
14	10	1.60	3.45	3.80	-0.53	4.92	3.124
14	11	1.60	3.65	3.99	-0.56	5.02	3.091
14	12	1.60	3.85	4.17	-0.59	5.11	3.069
14	13	1.60	4.05	4.35	-0.61	5.20	3.053
14	14	1.60	4.25	4.54	-0.64	5.29	3.042
14	15	1.60	4.45	4.73	-0.67	5.37	3.035
15	01	1.80	1.65	2.44	-0.23	4.24	5.651
15	02	1.80	1.85	2.58	-0.26	4.37	4.823
15	03	1.80	2.05	2.73	-0.29	4.49	4.434
15	04	1.80	2.25	2.88	-0.32	4.61	4.157
15	05	1.80	2.45	3.04	-0.35	4.72	3.953
15	06	1.80	2.65	3.20	-0.38	4.83	3.800
15	07	1.80	2.85	3.37	-0.40	4.93	3.665
15	08	1.80	3.05	3.54	-0.43	5.03	3.578
15	09	1.80	3.25	3.72	-0.46	5.13	3.509
15	10	1.80	3.45	3.89	-0.48	5.22	3.456
15	11	1.80	3.65	4.07	-0.51	5.32	3.414

15	12	1.80	3.85	4.25	-0.54	5.41	3.378
15	13	1.80	4.05	4.43	-0.56	5.49	3.353
15	14	1.80	4.25	4.62	-0.59	5.58	3.334
15	15	1.80	4.45	4.80	-0.61	5.66	3.320

Caratteristiche Superficie con Fs min:

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
07 03	0.20	2.05	2.14	-1.02	2.29	1.470

Verifica: Coeff. parz.(NTC18-Tab.6.8.I) [Gamma\_R=1.10] ok

Superficie di scivolamento con Fsmin

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CONCI SUDDIVISIONE MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 Mat. = Nro strato terreno costituente  
 x1 = Ascissa sx (inizio concio)  
 x2 = Ascissa dx (fine concio)  
 yli = quota inferiore sx tratto  
 yls = quota superiore sx tratto  
 y2i = quota inferiore dx tratto  
 y2s = quota superiore dx tratto  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto

Concio n.	TR n.	Mat. n.	x1 [m]	x2 [m]	yli [m]	yls [m]	y2i [m]	y2s [m]	xg [m]	yg [m]	Area [m2]	Peso [kN]
001	01	01	-1.02	-0.40	0.30	0.30	0.00	0.30	-0.71	0.23	0.09	1.73
002	01	00	-0.40	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	-0.20	-0.02	0.02	0.28
002	02	01	-0.40	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	-0.20	0.15	0.12	2.22
003	01	00	0.00	0.40	-0.08	0.00	-0.08	0.00	0.20	-0.04	0.03	0.57
004	01	00	0.40	0.80	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.60	-0.02	0.02	0.28
005	01	01	0.80	1.30	0.00	1.60	0.22	1.60	1.05	0.85	0.74	13.69
006	01	01	1.30	1.79	0.22	1.60	0.63	1.60	1.54	1.01	0.58	10.82
007	01	01	1.79	2.29	0.63	1.60	1.60	1.60	2.04	1.36	0.24	4.47

#### DETTAGLIO CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA

CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE

PESI PROPRI DEI CONCI DI SUDDIVISIONE DELLA MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto  
 kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Concio n.	TR n.	Xg [m]	Yg [m]	Peso [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
001	01	-0.71	0.23	1.73	0.0000	0.0000	1.73	-0.91	0.00	1.83	-1.58
002	01	-0.20	-0.02	0.28	0.0000	0.0000	0.28	-0.40	0.00	2.07	-0.11
002	02	-0.20	0.15	2.22	0.0000	0.0000	2.22	-0.40	0.00	1.90	-0.89
003	01	0.20	-0.04	0.57	0.0000	0.0000	0.57	0.00	0.00	2.09	0.00

004	01	0.60	-0.02	0.28	0.0000	0.0000	0.28	0.40	0.00	2.07	0.11
005	01	1.05	0.85	13.69	0.0000	0.0000	13.69	0.85	0.00	1.20	11.61
006	01	1.54	1.01	10.82	0.0000	0.0000	10.82	1.34	0.00	1.04	14.54
007	01	2.04	1.36	4.47	0.0000	0.0000	4.47	1.84	0.00	0.69	8.22

SOMMA: 31.90

#### SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE

##### Legenda:

DX = larghezza del concio  
Q = q\*DX sovraccarico complessivo  
kv = Coeff. sism. verticale  
kh = Coeff. sism. orizzontale  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Concio n.	DX [m]	Q [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
005	0.50	12.90	0.0000	0.0000	12.90	0.85	0.00	0.45	10.94
006	0.50	12.90	0.0000	0.0000	12.90	1.34	0.00	0.45	17.33
007	0.50	12.90	0.0000	0.0000	12.90	1.84	0.00	0.45	23.73

SOMMA: 52.00

#### PESI PROPRI MURO, TERRENO SU MURO ED EVENTUALE SOVRACCARICO SU MURO

##### Legenda:

F = Valore dell'azione  
kv = Coeff. sism. verticale  
kh = Coeff. sism. orizzontale  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Componente		F [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Muro:	Mat. n.01	45.76	0.0000	0.0000	45.76	0.20	0.00	0.75	9.15

SOMMA: 9.15

#### FORZE e COPPIE ESTERNE

##### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
Fy = Forza verticale  
Ce = Coppia  
F = Valore dell'azione  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy + Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Fx n. 01	0.00	0.00	-0.20	0.00	2.05	0.00

SOMMA: 0.00

#### CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:

PESI PROPRI DEI CONCI .....	31.90
SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	52.00
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	9.15

FORZE E COPPIE ESTERNE ..... 0.00  
 -----  
 MOMENTO RIBALTANTE TOTALE: 93.05 [kNm]

# CALCOLO MOMENTO RESISTENTE

## CARICO AGENTE SUI CONCI SOTTO FONDAZIONE MURO

Componente di carico	Valore	+/- kv	Azione
Muro: Mat. n.01	45.76	0.0000	45.76
Azione totale:			45.76 kN
Larghezza Fondazione:			0.80 m
Carico distribuito:			57.20 kN/m2

## RESISTENZE PER ATTRITO E COESIONE LUNGO LA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO

### Legenda:

kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 R = Raggio curva circolare di scivolamento  
 Dx = Larghezza del concio  
 DL = Lunghezza Base inclinata del concio  
 Alpha = Inclinazione Base concio  
 Phi = Angolo di attrito alla Base  
 Coe = Coesione alla Base  
 W = Peso del concio (di combinazione)  
 Q = Carico aggiuntivo soprastante (di combinazione)  
 N = Risultante Normale alla Base del concio  
 U = (u\*DL) Sottospinta idrostatica

$$\theta = \arctan \left( \frac{kh}{1 \pm kv} \right)$$

$$N = (W + Q) \cdot \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos(\theta)}$$

Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva

$$M_{stab} = [(N - u \cdot DL) \cdot \tan(\Phi) + Coe \cdot DL] \cdot R$$

Concio n.	Dx [m]	DL [m]	Alpha [°]	Phi [°]	Coe [kN/m2]	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	U [kN]	Mstab [kNm]
001	0.62	0.69	-25.65	24.79	0.00	1.73	0.00	1.56	0.00	1.54
002	0.40	0.41	-10.84	24.79	14.40	2.50	0.00	2.46	0.00	14.95
003	0.40	0.40	0.00	24.79	14.40	0.57	22.88	23.45	0.00	35.44
004	0.40	0.41	10.84	24.79	14.40	0.28	22.88	22.75	0.00	34.97
005	0.50	0.54	23.59	24.79	0.00	13.69	12.90	24.36	0.00	24.04
006	0.50	0.64	39.53	24.79	0.00	10.82	12.90	18.29	0.00	18.04
007	0.50	1.09	63.01	24.79	0.00	4.47	12.90	7.88	0.00	7.77

SOMMA: 136.76

## FORZE e COPPIE ESTERNE

### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
 Fy = Forza verticale  
 Ce = Coppia  
 F = Valore dell'azione  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva  
 Mstab = Fv\*dx + Fh\*dy + Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mstab [kNm]
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Fx n. 01	0.00	0.00	-0.20	0.00	2.05	0.00
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOMMA:						0.00

CALCOLO MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:

ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	136.76
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
-----	-----
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	136.76 [kNm]

**FATTORE DI SICUREZZA:  $F_s = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = 1.470$**   
**Verifica: Coeff. parz. (NTC18-Tab.6.8.I) [ $\Gamma_{R=1.10}$ ] ok**

Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali

Verifica muro a gravità

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2:  
Statica (A2 +M2+R2)

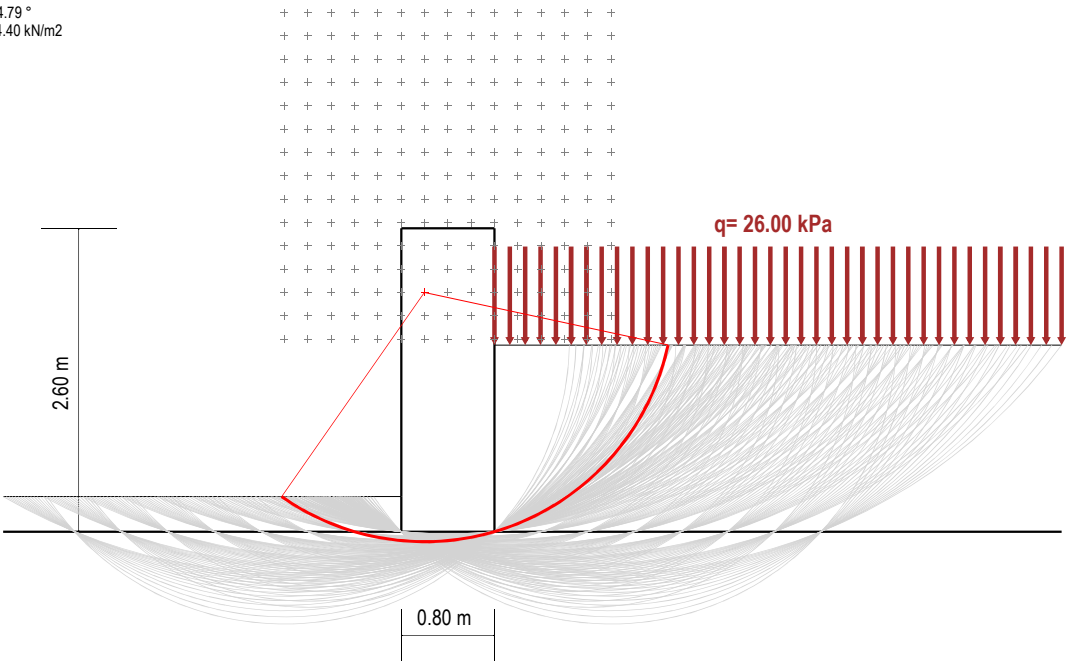
Fellenius: Fs min = 1.470

STRATI DI MONTE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 24.79 °  
c' = 0.00 kN/m2

STRATI DI VALLE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 24.79 °  
c' = 14.40 kN/m2



STRATO FONDAZIONE  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 24.79 °  
c' = 14.40 kN/m2

DETTAGLI CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA (Metodo di FELLENIUS )

MOMENTO RIBALTANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

PESI PROPRI DEI CONCI .....	31.90
SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	52.00
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	9.15
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:	M_Rib = 93.05 kNm

MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	136.76
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
RESISTENZA PALI DI FONDAZIONE .....	0.00
RESISTENZA TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	0.00
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	M_Stab = 136.76 kNm

VERIFICA:

Azione:	M_rib	93.05
Resistenza:	M_stab	136.76
Coeffic. parziale:	R	1.10 (NTC18 - Tab.6.8.I)
Verifica:	Fs = M_Stab / M_Rib	1.470 ---> ok!



# COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

## CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO e RELATIVI FATTORI DI SICUREZZA

### Legenda:

i,j = indici numerazione centri  
Xc = Coordinata (X) del centro  
Yc = Coordinata (Y) del centro  
Xa = Coordinata (X) estremo Sx massa scivolante  
Xb = Coordinata (X) estremo Dx massa scivolante  
Fs = Fattore di sicurezza

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
01 01	-1.00	1.65	2.44	-3.03	1.44	3.530
01 02	-1.00	1.85	2.58	-3.06	1.57	3.342
01 03	-1.00	2.05	2.73	-3.09	1.69	3.292
01 04	-1.00	2.25	2.88	-3.12	1.81	3.263
01 05	-1.00	2.45	3.04	-3.15	1.92	3.249
01 06	-1.00	2.65	3.20	-3.18	2.03	3.245
01 07	-1.00	2.85	3.37	-3.20	2.13	3.232
01 08	-1.00	3.05	3.54	-3.23	2.23	3.244
01 09	-1.00	3.25	3.72	-3.26	2.33	3.260
01 10	-1.00	3.45	3.89	-3.28	2.42	3.280
01 11	-1.00	3.65	4.07	-3.31	2.52	3.302
01 12	-1.00	3.85	4.25	-3.34	2.61	3.322
01 13	-1.00	4.05	4.43	-3.36	2.69	3.348
01 14	-1.00	4.25	4.62	-3.39	2.78	3.375
01 15	-1.00	4.45	4.80	-3.41	2.86	3.403
02 01	-0.80	1.65	2.30	-2.66	1.50	3.271
02 02	-0.80	1.85	2.45	-2.69	1.63	3.107
02 03	-0.80	2.05	2.60	-2.72	1.76	3.074
02 04	-0.80	2.25	2.76	-2.75	1.88	3.059
02 05	-0.80	2.45	2.93	-2.78	2.00	3.056
02 06	-0.80	2.65	3.10	-2.81	2.11	3.045
02 07	-0.80	2.85	3.27	-2.84	2.22	3.060
02 08	-0.80	3.05	3.44	-2.87	2.32	3.079
02 09	-0.80	3.25	3.62	-2.90	2.42	3.101
02 10	-0.80	3.45	3.80	-2.93	2.52	3.126
02 11	-0.80	3.65	3.99	-2.96	2.62	3.149
02 12	-0.80	3.85	4.17	-2.99	2.71	3.178
02 13	-0.80	4.05	4.35	-3.01	2.80	3.207
02 14	-0.80	4.25	4.54	-3.04	2.89	3.237
02 15	-0.80	4.45	4.73	-3.07	2.97	3.267
03 01	-0.60	1.65	2.16	-2.29	1.56	2.957
03 02	-0.60	1.85	2.32	-2.33	1.71	2.915
03 03	-0.60	2.05	2.48	-2.36	1.84	2.895
03 04	-0.60	2.25	2.65	-2.39	1.97	2.892
03 05	-0.60	2.45	2.82	-2.43	2.09	2.879
03 06	-0.60	2.65	3.00	-2.46	2.21	2.896
03 07	-0.60	2.85	3.18	-2.49	2.32	2.917
03 08	-0.60	3.05	3.36	-2.52	2.43	2.942
03 09	-0.60	3.25	3.54	-2.55	2.53	2.969
03 10	-0.60	3.45	3.72	-2.58	2.63	2.994
03 11	-0.60	3.65	3.91	-2.61	2.73	3.024
03 12	-0.60	3.85	4.10	-2.64	2.82	3.055
03 13	-0.60	4.05	4.29	-2.67	2.92	3.087
03 14	-0.60	4.25	4.47	-2.70	3.01	3.119
03 15	-0.60	4.45	4.67	-2.73	3.09	3.150
04 01	-0.40	1.65	2.04	-1.93	1.64	2.800
04 02	-0.40	1.85	2.21	-1.97	1.79	2.770
04 03	-0.40	2.05	2.38	-2.01	1.93	2.760
04 04	-0.40	2.25	2.55	-2.04	2.07	2.742
04 05	-0.40	2.45	2.73	-2.08	2.19	2.758
04 06	-0.40	2.65	2.91	-2.11	2.31	2.780
04 07	-0.40	2.85	3.09	-2.15	2.43	2.805
04 08	-0.40	3.05	3.28	-2.18	2.54	2.834
04 09	-0.40	3.25	3.46	-2.22	2.65	2.859
04 10	-0.40	3.45	3.65	-2.25	2.75	2.891
04 11	-0.40	3.65	3.84	-2.28	2.85	2.923
04 12	-0.40	3.85	4.03	-2.31	2.95	2.956
04 13	-0.40	4.05	4.22	-2.34	3.04	2.988
04 14	-0.40	4.25	4.42	-2.37	3.13	3.023
04 15	-0.40	4.45	4.61	-2.40	3.22	3.056
05 01	-0.20	1.65	1.93	-1.58	1.73	2.706
05 02	-0.20	1.85	2.10	-1.62	1.89	2.680
05 03	-0.20	2.05	2.28	-1.66	2.04	2.674
05 04	-0.20	2.25	2.46	-1.70	2.17	2.659

05	05	-0.20	2.45	2.65	-1.74	2.31	2.677
05	06	-0.20	2.65	2.83	-1.78	2.43	2.700
05	07	-0.20	2.85	3.02	-1.82	2.55	2.727
05	08	-0.20	3.05	3.21	-1.86	2.66	2.751
05	09	-0.20	3.25	3.40	-1.89	2.77	2.782
05	10	-0.20	3.45	3.59	-1.93	2.88	2.814
05	11	-0.20	3.65	3.78	-1.96	2.98	2.850
05	12	-0.20	3.85	3.98	-1.99	3.08	2.881
05	13	-0.20	4.05	4.17	-2.03	3.18	2.914
05	14	-0.20	4.25	4.37	-2.06	3.27	2.947
05	15	-0.20	4.45	4.56	-2.09	3.36	2.980
06	01	0.00	1.65	1.83	-1.24	1.83	2.702
06	02	0.00	1.85	2.02	-1.29	2.00	2.665
06	03	0.00	2.05	2.20	-1.33	2.15	2.624
06	04	0.00	2.25	2.39	-1.38	2.30	2.630
06	05	0.00	2.45	2.58	-1.42	2.43	2.645
06	06	0.00	2.65	2.77	-1.46	2.56	2.657
06	07	0.00	2.85	2.96	-1.50	2.68	2.682
06	08	0.00	3.05	3.15	-1.54	2.80	2.710
06	09	0.00	3.25	3.35	-1.58	2.91	2.743
06	10	0.00	3.45	3.54	-1.62	3.02	2.772
06	11	0.00	3.65	3.74	-1.66	3.12	2.801
06	12	0.00	3.85	3.93	-1.69	3.22	2.832
06	13	0.00	4.05	4.13	-1.73	3.32	2.864
06	14	0.00	4.25	4.32	-1.76	3.42	2.895
06	15	0.00	4.45	4.52	-1.79	3.51	2.926
07	01	0.20	1.65	1.76	-0.92	1.95	2.808
07	02	0.20	1.85	1.94	-0.97	2.13	2.697
07	03	0.20	2.05	2.14	-1.02	2.29	2.669
07	04	0.20	2.25	2.33	-1.07	2.44	2.659
07	05	0.20	2.45	2.52	-1.12	2.57	2.652
07	06	0.20	2.65	2.72	-1.16	2.71	2.670
07	07	0.20	2.85	2.91	-1.21	2.83	2.687
07	08	0.20	3.05	3.11	-1.25	2.95	2.708
07	09	0.20	3.25	3.30	-1.29	3.06	2.729
07	10	0.20	3.45	3.50	-1.33	3.17	2.754
07	11	0.20	3.65	3.70	-1.37	3.28	2.780
07	12	0.20	3.85	3.90	-1.41	3.38	2.807
07	13	0.20	4.05	4.09	-1.44	3.48	2.835
07	14	0.20	4.25	4.29	-1.48	3.58	2.863
07	15	0.20	4.45	4.49	-1.51	3.67	2.891
08	01	0.40	1.65	1.70	-0.63	2.10	3.030
08	02	0.40	1.85	1.89	-0.69	2.28	2.890
08	03	0.40	2.05	2.09	-0.74	2.44	2.811
08	04	0.40	2.25	2.29	-0.79	2.59	2.759
08	05	0.40	2.45	2.48	-0.84	2.73	2.739
08	06	0.40	2.65	2.68	-0.89	2.87	2.733
08	07	0.40	2.85	2.88	-0.93	2.99	2.735
08	08	0.40	3.05	3.08	-0.98	3.11	2.740
08	09	0.40	3.25	3.27	-1.02	3.23	2.754
08	10	0.40	3.45	3.47	-1.06	3.34	2.771
08	11	0.40	3.65	3.67	-1.10	3.45	2.789
08	12	0.40	3.85	3.87	-1.14	3.55	2.810
08	13	0.40	4.05	4.07	-1.18	3.65	2.832
08	14	0.40	4.25	4.27	-1.22	3.75	2.854
08	15	0.40	4.45	4.47	-1.26	3.84	2.880
09	01	0.60	1.65	1.76	-0.52	2.35	4.432
09	02	0.60	1.85	1.94	-0.57	2.53	3.945
09	03	0.60	2.05	2.14	-0.62	2.69	3.735
09	04	0.60	2.25	2.33	-0.67	2.84	3.600
09	05	0.60	2.45	2.52	-0.72	2.97	3.490
09	06	0.60	2.65	2.72	-0.76	3.11	3.441
09	07	0.60	2.85	2.91	-0.81	3.23	3.404
09	08	0.60	3.05	3.11	-0.85	3.35	3.380
09	09	0.60	3.25	3.30	-0.89	3.46	3.362
09	10	0.60	3.45	3.50	-0.93	3.57	3.356
09	11	0.60	3.65	3.70	-0.97	3.68	3.356
09	12	0.60	3.85	3.90	-1.01	3.78	3.361
09	13	0.60	4.05	4.09	-1.04	3.88	3.368
09	14	0.60	4.25	4.29	-1.08	3.98	3.377
09	15	0.60	4.45	4.49	-1.11	4.07	3.389
10	01	0.80	1.65	1.83	-0.44	2.63	6.304
10	02	0.80	1.85	2.02	-0.49	2.80	5.513
10	03	0.80	2.05	2.20	-0.53	2.95	4.920
10	04	0.80	2.25	2.39	-0.58	3.10	4.639
10	05	0.80	2.45	2.58	-0.62	3.23	4.445
10	06	0.80	2.65	2.77	-0.66	3.36	4.283
10	07	0.80	2.85	2.96	-0.70	3.48	4.187
10	08	0.80	3.05	3.15	-0.74	3.60	4.117
10	09	0.80	3.25	3.35	-0.78	3.71	4.071

10	10	0.80	3.45	3.54	-0.82	3.82	4.032
10	11	0.80	3.65	3.74	-0.86	3.92	3.999
10	12	0.80	3.85	3.93	-0.89	4.02	3.981
10	13	0.80	4.05	4.13	-0.93	4.12	3.968
10	14	0.80	4.25	4.32	-0.96	4.22	3.961
10	15	0.80	4.45	4.52	-0.99	4.31	3.957
11	01	1.00	1.65	1.93	-0.38	2.93	9.000
11	02	1.00	1.85	2.10	-0.42	3.09	7.497
11	03	1.00	2.05	2.28	-0.46	3.24	6.630
11	04	1.00	2.25	2.46	-0.50	3.37	5.940
11	05	1.00	2.45	2.65	-0.54	3.51	5.589
11	06	1.00	2.65	2.83	-0.58	3.63	5.337
11	07	1.00	2.85	3.02	-0.62	3.75	5.150
11	08	1.00	3.05	3.21	-0.66	3.86	4.985
11	09	1.00	3.25	3.40	-0.69	3.97	4.879
11	10	1.00	3.45	3.59	-0.73	4.08	4.796
11	11	1.00	3.65	3.78	-0.76	4.18	4.736
11	12	1.00	3.85	3.98	-0.79	4.28	4.679
11	13	1.00	4.05	4.17	-0.83	4.38	4.640
11	14	1.00	4.25	4.37	-0.86	4.47	4.609
11	15	1.00	4.45	4.56	-0.89	4.56	4.585
12	01	1.20	1.65	2.04	-0.33	3.24	12.510
12	02	1.20	1.85	2.21	-0.37	3.39	9.908
12	03	1.20	2.05	2.38	-0.41	3.53	8.479
12	04	1.20	2.25	2.55	-0.44	3.67	7.402
12	05	1.20	2.45	2.73	-0.48	3.79	6.843
12	06	1.20	2.65	2.91	-0.51	3.91	6.443
12	07	1.20	2.85	3.09	-0.55	4.03	6.145
12	08	1.20	3.05	3.28	-0.58	4.14	5.918
12	09	1.20	3.25	3.46	-0.62	4.25	5.716
12	10	1.20	3.45	3.65	-0.65	4.35	5.579
12	11	1.20	3.65	3.84	-0.68	4.45	5.469
12	12	1.20	3.85	4.03	-0.71	4.55	5.380
12	13	1.20	4.05	4.22	-0.74	4.64	5.308
12	14	1.20	4.25	4.42	-0.77	4.73	5.247
12	15	1.20	4.45	4.61	-0.80	4.82	5.199
13	01	1.40	1.65	2.16	-0.29	3.56	17.689
13	02	1.40	1.85	2.32	-0.33	3.71	13.247
13	03	1.40	2.05	2.48	-0.36	3.84	10.951
13	04	1.40	2.25	2.65	-0.39	3.97	9.563
13	05	1.40	2.45	2.82	-0.43	4.09	8.456
13	06	1.40	2.65	3.00	-0.46	4.21	7.848
13	07	1.40	2.85	3.18	-0.49	4.32	7.398
13	08	1.40	3.05	3.36	-0.52	4.43	7.055
13	09	1.40	3.25	3.54	-0.55	4.53	6.786
13	10	1.40	3.45	3.72	-0.58	4.63	6.546
13	11	1.40	3.65	3.91	-0.61	4.73	6.376
13	12	1.40	3.85	4.10	-0.64	4.82	6.238
13	13	1.40	4.05	4.29	-0.67	4.92	6.123
13	14	1.40	4.25	4.47	-0.70	5.01	6.027
13	15	1.40	4.45	4.67	-0.73	5.09	5.941
14	01	1.60	1.65	2.30	-0.26	3.90	33.645
14	02	1.60	1.85	2.45	-0.29	4.03	17.397
14	03	1.60	2.05	2.60	-0.32	4.16	13.880
14	04	1.60	2.25	2.76	-0.35	4.28	11.831
14	05	1.60	2.45	2.93	-0.38	4.40	10.501
14	06	1.60	2.65	3.10	-0.41	4.51	9.390
14	07	1.60	2.85	3.27	-0.44	4.62	8.752
14	08	1.60	3.05	3.44	-0.47	4.72	8.267
14	09	1.60	3.25	3.62	-0.50	4.82	7.888
14	10	1.60	3.45	3.80	-0.53	4.92	7.586
14	11	1.60	3.65	3.99	-0.56	5.02	7.314
14	12	1.60	3.85	4.17	-0.59	5.11	7.116
14	13	1.60	4.05	4.35	-0.61	5.20	6.952
14	14	1.60	4.25	4.54	-0.64	5.29	6.815
14	15	1.60	4.45	4.73	-0.67	5.37	6.698
15	01	1.80	1.65	2.44	-0.23	4.24	50.031
15	02	1.80	1.85	2.58	-0.26	4.37	22.724
15	03	1.80	2.05	2.73	-0.29	4.49	17.523
15	04	1.80	2.25	2.88	-0.32	4.61	14.601
15	05	1.80	2.45	3.04	-0.35	4.72	12.744
15	06	1.80	2.65	3.20	-0.38	4.83	11.468
15	07	1.80	2.85	3.37	-0.40	4.93	10.362
15	08	1.80	3.05	3.54	-0.43	5.03	9.700
15	09	1.80	3.25	3.72	-0.46	5.13	9.186
15	10	1.80	3.45	3.89	-0.48	5.22	8.776
15	11	1.80	3.65	4.07	-0.51	5.32	8.444
15	12	1.80	3.85	4.25	-0.54	5.41	8.142
15	13	1.80	4.05	4.43	-0.56	5.49	7.918
15	14	1.80	4.25	4.62	-0.59	5.58	7.729

15 15 1.80 4.45 4.80 -0.61 5.66 7.569

Caratteristiche Superficie con Fs min:

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
06 03	0.00	2.05	2.20	-1.33	2.15	2.624

Verifica: Coeff. parz. (NTC18-Tab.6.8.I) [Gamma\_R=1.10] ok

Superficie di scivolamento con Fsmin

# CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CONCI SUDDIVISIONE MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 Mat. = Nro strato terreno costituente  
 x1 = Ascissa sx (inizio concio)  
 x2 = Ascissa dx (fine concio)  
 y1i = quota inferiore sx tratto  
 y1s = quota superiore sx tratto  
 y2i = quota inferiore dx tratto  
 y2s = quota superiore dx tratto  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto

Concio n.	TR n.	Mat. n.	x1 [m]	x2 [m]	y1i [m]	y1s [m]	y2i [m]	y2s [m]	xg [m]	yg [m]	Area [m2]	Peso [kN]
001	01	01	-1.33	-0.80	0.30	0.30	0.00	0.30	-1.07	0.23	0.08	1.48
002	01	00	-0.80	-0.40	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.60	-0.03	0.02	0.42
002	02	01	-0.80	-0.40	0.00	0.30	0.00	0.30	-0.60	0.15	0.12	2.22
003	01	00	-0.40	0.00	-0.11	0.00	-0.15	0.00	-0.20	-0.07	0.05	0.98
003	02	01	-0.40	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	-0.20	0.15	0.12	2.22
004	01	00	0.00	0.40	-0.15	0.00	-0.11	0.00	0.20	-0.07	0.05	0.98
005	01	00	0.40	0.80	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.60	-0.03	0.02	0.42
006	01	01	0.80	1.25	0.00	1.60	0.24	1.60	1.03	0.86	0.67	12.36
007	01	01	1.25	1.70	0.24	1.60	0.66	1.60	1.48	1.02	0.52	9.62
008	01	01	1.70	2.15	0.66	1.60	1.60	1.60	1.93	1.36	0.21	3.94

DETTAGLIO CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA

CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE

PESI PROPRI DEI CONCI DI SUDDIVISIONE DELLA MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto  
 kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib =  $Fv \cdot dx + Fh \cdot dy$

Concio n.	TR n.	Xg [m]	Yg [m]	Peso [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
001	01	-1.07	0.23	1.48	-0.0072	0.0144	1.47	-1.07	0.02	1.83	-1.53
002	01	-0.60	-0.03	0.42	-0.0072	0.0144	0.42	-0.60	0.01	2.08	-0.24
002	02	-0.60	0.15	2.22	-0.0072	0.0144	2.20	-0.60	0.03	1.90	-1.26
003	01	-0.20	-0.07	0.98	-0.0072	0.0144	0.97	-0.20	0.01	2.12	-0.16
003	02	-0.20	0.15	2.22	-0.0072	0.0144	2.20	-0.20	0.03	1.90	-0.38
004	01	0.20	-0.07	0.98	-0.0072	0.0144	0.97	0.20	0.01	2.12	0.22
005	01	0.60	-0.03	0.42	-0.0072	0.0144	0.42	0.60	0.01	2.08	0.26
006	01	1.03	0.86	12.36	-0.0072	0.0144	12.27	1.03	0.18	1.19	12.80
007	01	1.48	1.02	9.62	-0.0072	0.0144	9.55	1.48	0.14	1.03	14.25
008	01	1.93	1.36	3.94	-0.0072	0.0144	3.91	1.93	0.06	0.69	7.58

SOMMA:

31.54

SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE

Legenda:

DX = larghezza del concio  
 Q =  $q \cdot DX$  sovraccarico complessivo  
 kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib =  $Fv \cdot dx + Fh \cdot dy$

Concio n.	DX [m]	Q [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
006	0.45	2.71	-0.0072	0.0144	2.69	1.03	0.04	0.45	2.78
007	0.45	2.71	-0.0072	0.0144	2.69	1.48	0.04	0.45	3.99
008	0.45	2.71	-0.0072	0.0144	2.69	1.93	0.04	0.45	5.20

SOMMA:

11.97

PESI PROPRI MURO, TERRENO SU MURO ED EVENTUALE SOVRACCARICO SU MURO

Legenda:

F = Valore dell'azione  
 kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib =  $Fv \cdot dx + Fh \cdot dy$

Componente		F [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Muro:	Mat. n.01	45.76	-0.0072	0.0144	45.43	0.40	0.66	0.75	18.67
SOMMA:									18.67

#### FORZE e COPPIE ESTERNE

##### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
 Fy = Forza verticale  
 Ce = Coppia  
 F = Valore dell'azione  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy +Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Fx n. 01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00
SOMMA:						0.00

#### CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:

PESI PROPRI DEI CONCI .....	31.54
SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	11.97
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	18.67
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:	62.17 [kNm]

#### CALCOLO MOMENTO RESISTENTE

#### CARICO AGENTE SUI CONCI SOTTO FONDAZIONE MURO

Componente di carico	Valore	+/- kv	Azione
Muro: Mat. n.01	45.76	-0.0072	45.43
Azione totale:			45.43 kN
Larghezza Fondazione:			0.80 m
Carico distribuito:			56.79 kN/m2

#### RESISTENZE PER ATTRITO E COESIONE LUNGO LA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO

##### Legenda:

kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 R = Raggio curva circolare di scivolamento  
 Dx = Larghezza del concio  
 DL = Lunghezza Base inclinata del concio  
 Alpha = Inclinazione Base concio  
 Phi = Angolo di attrito alla Base  
 Coe = Coesione alla Base  
 W = Peso del concio (di combinazione)  
 Q = Carico aggiuntivo sovrastante (di combinazione)  
 N = Risultante Normale alla Base del concio  
 U = (u\*DL) Sottospinta idrostatica

$$\theta = \arctan \left( \frac{kh}{1 \pm kv} \right)$$

$$N = (W + Q) * \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos(\theta)}$$

Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva

$$M\_Stab = [(N - u \cdot DL) \cdot \tan(\Phi) + Coe \cdot DL] \cdot R$$

Concio n.	Dx [m]	DL [m]	Alpha [°]	Phi [°]	Coe [kN/m2]	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	U [kN]	Mstab [kNm]
001	0.53	0.61	-29.32	30.00	0.00	1.47	0.00	1.29	0.00	1.64
002	0.40	0.42	-15.90	30.00	18.00	2.62	0.00	2.53	0.00	19.69
003	0.40	0.40	-5.24	30.00	18.00	3.18	0.00	3.17	0.00	19.93
004	0.40	0.40	5.24	30.00	18.00	0.97	22.72	23.56	0.00	45.84
005	0.40	0.42	15.90	30.00	18.00	0.42	22.72	22.16	0.00	44.62
006	0.45	0.51	27.99	30.00	0.00	12.27	2.69	13.11	0.00	16.65
007	0.45	0.61	42.67	30.00	0.00	9.55	2.69	8.88	0.00	11.28
008	0.45	1.05	64.45	30.00	0.00	3.91	2.69	2.76	0.00	3.51

SOMMA: 163.17

#### FORZE e COPPIE ESTERNE

##### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
 Fy = Forza verticale  
 Ce = Coppia  
 F = Valore dell'azione  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva  
 Mstab = Fv\*dx + Fh\*dy + Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mstab [kNm]
Fx n. 01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00
SOMMA:						0.00

#### CALCOLO MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:

ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	163.17
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	163.17 [kNm]

**FATTORE DI SICUREZZA:  $F_s = M_{STAB} / M_{RIB} = 2.624$**   
**Verifica: Coeff. parz. (NTC18-Tab.6.8.I) [ $\Gamma_R=1.10$ ] ok**



Riqualificazione itinerario s'Iscale - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali  
Verifica muro a gravità

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4:  
Sisma Su (M1+R3)

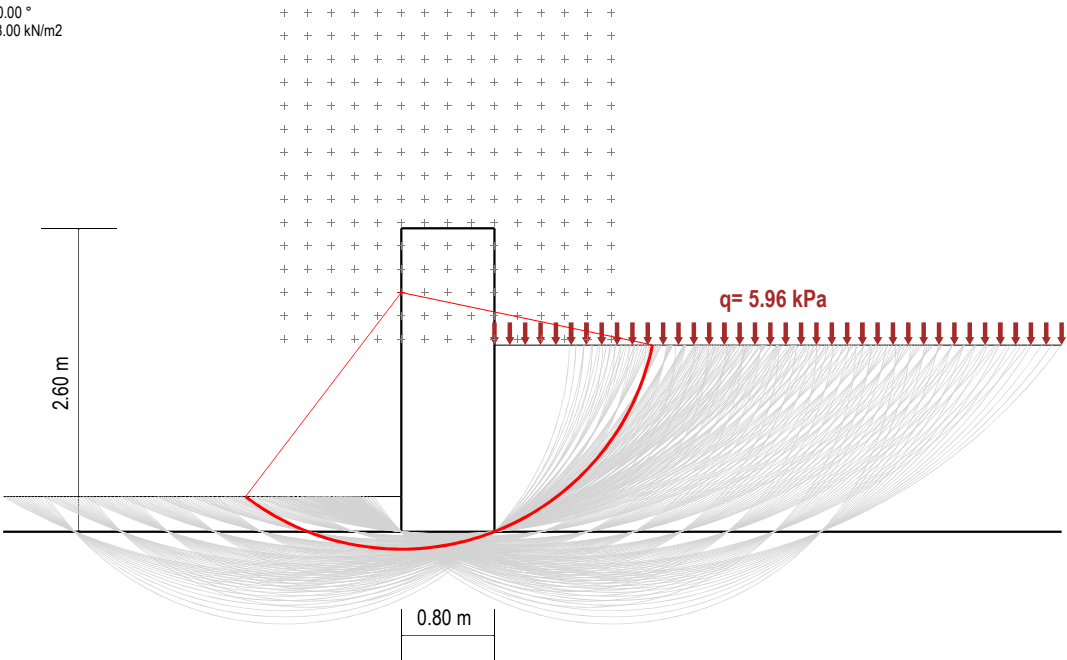
Fellenius:  $F_s \text{ min} = 2.624$

STRATI DI MONTE

STRATO N.1  
 $G = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

STRATI DI VALLE

STRATO N.1  
 $G = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 18.00 \text{ kN/m}^2$



STRATO FONDAZIONE  
 $G = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi' = 30.00^\circ$   
 $c' = 18.00 \text{ kN/m}^2$

DETTAGLI CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA (Metodo di FELLENIUS)

MOMENTO RIBALTANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

PESI PROPRI DEI CONCI .....	31.54
SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	11.97
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	18.67
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:	$M_{\text{Rib}} = 62.17 \text{ kNm}$

MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	163.17
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
RESISTENZA PALI DI FONDAZIONE .....	0.00
RESISTENZA TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	0.00
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	$M_{\text{Stab}} = 163.17 \text{ kNm}$

VERIFICA:

Azione:	$M_{\text{rib}}$	62.17
Resistenza:	$M_{\text{stab}}$	163.17
Coeffic. parziale:	R	1.10 (NTC18 - Tab.6.8.I)
Verifica:	$F_s = M_{\text{Stab}} / M_{\text{Rib}}$	2.624 ---> ok!

# COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

## CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO e RELATIVI FATTORI DI SICUREZZA

### Legenda:

i,j = indici numerazione centri  
Xc = Coordinata (X) del centro  
Yc = Coordinata (Y) del centro  
Xa = Coordinata (X) estremo Sx massa scivolante  
Xb = Coordinata (X) estremo Dx massa scivolante  
Fs = Fattore di sicurezza

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
01 01	-1.00	1.65	2.44	-3.03	1.44	3.502
01 02	-1.00	1.85	2.58	-3.06	1.57	3.315
01 03	-1.00	2.05	2.73	-3.09	1.69	3.267
01 04	-1.00	2.25	2.88	-3.12	1.81	3.238
01 05	-1.00	2.45	3.04	-3.15	1.92	3.224
01 06	-1.00	2.65	3.20	-3.18	2.03	3.220
01 07	-1.00	2.85	3.37	-3.20	2.13	3.209
01 08	-1.00	3.05	3.54	-3.23	2.23	3.221
01 09	-1.00	3.25	3.72	-3.26	2.33	3.237
01 10	-1.00	3.45	3.89	-3.28	2.42	3.257
01 11	-1.00	3.65	4.07	-3.31	2.52	3.279
01 12	-1.00	3.85	4.25	-3.34	2.61	3.299
01 13	-1.00	4.05	4.43	-3.36	2.69	3.325
01 14	-1.00	4.25	4.62	-3.39	2.78	3.352
01 15	-1.00	4.45	4.80	-3.41	2.86	3.380
02 01	-0.80	1.65	2.30	-2.66	1.50	3.245
02 02	-0.80	1.85	2.45	-2.69	1.63	3.083
02 03	-0.80	2.05	2.60	-2.72	1.76	3.051
02 04	-0.80	2.25	2.76	-2.75	1.88	3.036
02 05	-0.80	2.45	2.93	-2.78	2.00	3.034
02 06	-0.80	2.65	3.10	-2.81	2.11	3.023
02 07	-0.80	2.85	3.27	-2.84	2.22	3.038
02 08	-0.80	3.05	3.44	-2.87	2.32	3.058
02 09	-0.80	3.25	3.62	-2.90	2.42	3.080
02 10	-0.80	3.45	3.80	-2.93	2.52	3.105
02 11	-0.80	3.65	3.99	-2.96	2.62	3.128
02 12	-0.80	3.85	4.17	-2.99	2.71	3.157
02 13	-0.80	4.05	4.35	-3.01	2.80	3.186
02 14	-0.80	4.25	4.54	-3.04	2.89	3.216
02 15	-0.80	4.45	4.73	-3.07	2.97	3.247
03 01	-0.60	1.65	2.16	-2.29	1.56	2.934
03 02	-0.60	1.85	2.32	-2.33	1.71	2.893
03 03	-0.60	2.05	2.48	-2.36	1.84	2.874
03 04	-0.60	2.25	2.65	-2.39	1.97	2.871
03 05	-0.60	2.45	2.82	-2.43	2.09	2.859
03 06	-0.60	2.65	3.00	-2.46	2.21	2.876
03 07	-0.60	2.85	3.18	-2.49	2.32	2.897
03 08	-0.60	3.05	3.36	-2.52	2.43	2.922
03 09	-0.60	3.25	3.54	-2.55	2.53	2.950
03 10	-0.60	3.45	3.72	-2.58	2.63	2.975
03 11	-0.60	3.65	3.91	-2.61	2.73	3.005
03 12	-0.60	3.85	4.10	-2.64	2.82	3.037
03 13	-0.60	4.05	4.29	-2.67	2.92	3.068
03 14	-0.60	4.25	4.47	-2.70	3.01	3.100
03 15	-0.60	4.45	4.67	-2.73	3.09	3.132
04 01	-0.40	1.65	2.04	-1.93	1.64	2.780
04 02	-0.40	1.85	2.21	-1.97	1.79	2.750
04 03	-0.40	2.05	2.38	-2.01	1.93	2.741
04 04	-0.40	2.25	2.55	-2.04	2.07	2.724
04 05	-0.40	2.45	2.73	-2.08	2.19	2.741
04 06	-0.40	2.65	2.91	-2.11	2.31	2.762
04 07	-0.40	2.85	3.09	-2.15	2.43	2.788
04 08	-0.40	3.05	3.28	-2.18	2.54	2.816
04 09	-0.40	3.25	3.46	-2.22	2.65	2.842
04 10	-0.40	3.45	3.65	-2.25	2.75	2.874
04 11	-0.40	3.65	3.84	-2.28	2.85	2.906
04 12	-0.40	3.85	4.03	-2.31	2.95	2.939
04 13	-0.40	4.05	4.22	-2.34	3.04	2.972
04 14	-0.40	4.25	4.42	-2.37	3.13	3.007
04 15	-0.40	4.45	4.61	-2.40	3.22	3.040
05 01	-0.20	1.65	1.93	-1.58	1.73	2.688
05 02	-0.20	1.85	2.10	-1.62	1.89	2.662
05 03	-0.20	2.05	2.28	-1.66	2.04	2.657
05 04	-0.20	2.25	2.46	-1.70	2.17	2.643

05	05	-0.20	2.45	2.65	-1.74	2.31	2.661
05	06	-0.20	2.65	2.83	-1.78	2.43	2.685
05	07	-0.20	2.85	3.02	-1.82	2.55	2.712
05	08	-0.20	3.05	3.21	-1.86	2.66	2.736
05	09	-0.20	3.25	3.40	-1.89	2.77	2.768
05	10	-0.20	3.45	3.59	-1.93	2.88	2.800
05	11	-0.20	3.65	3.78	-1.96	2.98	2.836
05	12	-0.20	3.85	3.98	-1.99	3.08	2.867
05	13	-0.20	4.05	4.17	-2.03	3.18	2.900
05	14	-0.20	4.25	4.37	-2.06	3.27	2.933
05	15	-0.20	4.45	4.56	-2.09	3.36	2.966
06	01	0.00	1.65	1.83	-1.24	1.83	2.686
06	02	0.00	1.85	2.02	-1.29	2.00	2.650
06	03	0.00	2.05	2.20	-1.33	2.15	2.610
06	04	0.00	2.25	2.39	-1.38	2.30	2.617
06	05	0.00	2.45	2.58	-1.42	2.43	2.632
06	06	0.00	2.65	2.77	-1.46	2.56	2.645
06	07	0.00	2.85	2.96	-1.50	2.68	2.670
06	08	0.00	3.05	3.15	-1.54	2.80	2.697
06	09	0.00	3.25	3.35	-1.58	2.91	2.731
06	10	0.00	3.45	3.54	-1.62	3.02	2.761
06	11	0.00	3.65	3.74	-1.66	3.12	2.790
06	12	0.00	3.85	3.93	-1.69	3.22	2.821
06	13	0.00	4.05	4.13	-1.73	3.32	2.852
06	14	0.00	4.25	4.32	-1.76	3.42	2.883
06	15	0.00	4.45	4.52	-1.79	3.51	2.914
07	01	0.20	1.65	1.76	-0.92	1.95	2.795
07	02	0.20	1.85	1.94	-0.97	2.13	2.685
07	03	0.20	2.05	2.14	-1.02	2.29	2.657
07	04	0.20	2.25	2.33	-1.07	2.44	2.648
07	05	0.20	2.45	2.52	-1.12	2.57	2.641
07	06	0.20	2.65	2.72	-1.16	2.71	2.660
07	07	0.20	2.85	2.91	-1.21	2.83	2.677
07	08	0.20	3.05	3.11	-1.25	2.95	2.698
07	09	0.20	3.25	3.30	-1.29	3.06	2.719
07	10	0.20	3.45	3.50	-1.33	3.17	2.745
07	11	0.20	3.65	3.70	-1.37	3.28	2.771
07	12	0.20	3.85	3.90	-1.41	3.38	2.799
07	13	0.20	4.05	4.09	-1.44	3.48	2.826
07	14	0.20	4.25	4.29	-1.48	3.58	2.854
07	15	0.20	4.45	4.49	-1.51	3.67	2.882
08	01	0.40	1.65	1.70	-0.63	2.10	3.020
08	02	0.40	1.85	1.89	-0.69	2.28	2.881
08	03	0.40	2.05	2.09	-0.74	2.44	2.802
08	04	0.40	2.25	2.29	-0.79	2.59	2.751
08	05	0.40	2.45	2.48	-0.84	2.73	2.732
08	06	0.40	2.65	2.68	-0.89	2.87	2.726
08	07	0.40	2.85	2.88	-0.93	2.99	2.729
08	08	0.40	3.05	3.08	-0.98	3.11	2.734
08	09	0.40	3.25	3.27	-1.02	3.23	2.748
08	10	0.40	3.45	3.47	-1.06	3.34	2.765
08	11	0.40	3.65	3.67	-1.10	3.45	2.784
08	12	0.40	3.85	3.87	-1.14	3.55	2.804
08	13	0.40	4.05	4.07	-1.18	3.65	2.826
08	14	0.40	4.25	4.27	-1.22	3.75	2.849
08	15	0.40	4.45	4.47	-1.26	3.84	2.875
09	01	0.60	1.65	1.76	-0.52	2.35	4.413
09	02	0.60	1.85	1.94	-0.57	2.53	3.930
09	03	0.60	2.05	2.14	-0.62	2.69	3.721
09	04	0.60	2.25	2.33	-0.67	2.84	3.587
09	05	0.60	2.45	2.52	-0.72	2.97	3.478
09	06	0.60	2.65	2.72	-0.76	3.11	3.430
09	07	0.60	2.85	2.91	-0.81	3.23	3.393
09	08	0.60	3.05	3.11	-0.85	3.35	3.370
09	09	0.60	3.25	3.30	-0.89	3.46	3.352
09	10	0.60	3.45	3.50	-0.93	3.57	3.347
09	11	0.60	3.65	3.70	-0.97	3.68	3.347
09	12	0.60	3.85	3.90	-1.01	3.78	3.351
09	13	0.60	4.05	4.09	-1.04	3.88	3.359
09	14	0.60	4.25	4.29	-1.08	3.98	3.369
09	15	0.60	4.45	4.49	-1.11	4.07	3.381
10	01	0.80	1.65	1.83	-0.44	2.63	6.275
10	02	0.80	1.85	2.02	-0.49	2.80	5.489
10	03	0.80	2.05	2.20	-0.53	2.95	4.899
10	04	0.80	2.25	2.39	-0.58	3.10	4.620
10	05	0.80	2.45	2.58	-0.62	3.23	4.428
10	06	0.80	2.65	2.77	-0.66	3.36	4.267
10	07	0.80	2.85	2.96	-0.70	3.48	4.172
10	08	0.80	3.05	3.15	-0.74	3.60	4.102
10	09	0.80	3.25	3.35	-0.78	3.71	4.056

10	10	0.80	3.45	3.54	-0.82	3.82	4.018
10	11	0.80	3.65	3.74	-0.86	3.92	3.986
10	12	0.80	3.85	3.93	-0.89	4.02	3.968
10	13	0.80	4.05	4.13	-0.93	4.12	3.956
10	14	0.80	4.25	4.32	-0.96	4.22	3.948
10	15	0.80	4.45	4.52	-0.99	4.31	3.945
11	01	1.00	1.65	1.93	-0.38	2.93	8.957
11	02	1.00	1.85	2.10	-0.42	3.09	7.463
11	03	1.00	2.05	2.28	-0.46	3.24	6.600
11	04	1.00	2.25	2.46	-0.50	3.37	5.914
11	05	1.00	2.45	2.65	-0.54	3.51	5.566
11	06	1.00	2.65	2.83	-0.58	3.63	5.315
11	07	1.00	2.85	3.02	-0.62	3.75	5.129
11	08	1.00	3.05	3.21	-0.66	3.86	4.965
11	09	1.00	3.25	3.40	-0.69	3.97	4.860
11	10	1.00	3.45	3.59	-0.73	4.08	4.778
11	11	1.00	3.65	3.78	-0.76	4.18	4.719
11	12	1.00	3.85	3.98	-0.79	4.28	4.662
11	13	1.00	4.05	4.17	-0.83	4.38	4.623
11	14	1.00	4.25	4.37	-0.86	4.47	4.593
11	15	1.00	4.45	4.56	-0.89	4.56	4.569
12	01	1.20	1.65	2.04	-0.33	3.24	12.449
12	02	1.20	1.85	2.21	-0.37	3.39	9.860
12	03	1.20	2.05	2.38	-0.41	3.53	8.439
12	04	1.20	2.25	2.55	-0.44	3.67	7.368
12	05	1.20	2.45	2.73	-0.48	3.79	6.813
12	06	1.20	2.65	2.91	-0.51	3.91	6.415
12	07	1.20	2.85	3.09	-0.55	4.03	6.119
12	08	1.20	3.05	3.28	-0.58	4.14	5.893
12	09	1.20	3.25	3.46	-0.62	4.25	5.692
12	10	1.20	3.45	3.65	-0.65	4.35	5.556
12	11	1.20	3.65	3.84	-0.68	4.45	5.447
12	12	1.20	3.85	4.03	-0.71	4.55	5.359
12	13	1.20	4.05	4.22	-0.74	4.64	5.287
12	14	1.20	4.25	4.42	-0.77	4.73	5.228
12	15	1.20	4.45	4.61	-0.80	4.82	5.180
13	01	1.40	1.65	2.16	-0.29	3.56	17.608
13	02	1.40	1.85	2.32	-0.33	3.71	13.185
13	03	1.40	2.05	2.48	-0.36	3.84	10.901
13	04	1.40	2.25	2.65	-0.39	3.97	9.520
13	05	1.40	2.45	2.82	-0.43	4.09	8.417
13	06	1.40	2.65	3.00	-0.46	4.21	7.813
13	07	1.40	2.85	3.18	-0.49	4.32	7.366
13	08	1.40	3.05	3.36	-0.52	4.43	7.024
13	09	1.40	3.25	3.54	-0.55	4.53	6.757
13	10	1.40	3.45	3.72	-0.58	4.63	6.518
13	11	1.40	3.65	3.91	-0.61	4.73	6.350
13	12	1.40	3.85	4.10	-0.64	4.82	6.212
13	13	1.40	4.05	4.29	-0.67	4.92	6.099
13	14	1.40	4.25	4.47	-0.70	5.01	6.004
13	15	1.40	4.45	4.67	-0.73	5.09	5.918
14	01	1.60	1.65	2.30	-0.26	3.90	33.527
14	02	1.60	1.85	2.45	-0.29	4.03	17.320
14	03	1.60	2.05	2.60	-0.32	4.16	13.818
14	04	1.60	2.25	2.76	-0.35	4.28	11.778
14	05	1.60	2.45	2.93	-0.38	4.40	10.454
14	06	1.60	2.65	3.10	-0.41	4.51	9.348
14	07	1.60	2.85	3.27	-0.44	4.62	8.713
14	08	1.60	3.05	3.44	-0.47	4.72	8.231
14	09	1.60	3.25	3.62	-0.50	4.82	7.854
14	10	1.60	3.45	3.80	-0.53	4.92	7.554
14	11	1.60	3.65	3.99	-0.56	5.02	7.283
14	12	1.60	3.85	4.17	-0.59	5.11	7.087
14	13	1.60	4.05	4.35	-0.61	5.20	6.924
14	14	1.60	4.25	4.54	-0.64	5.29	6.787
14	15	1.60	4.45	4.73	-0.67	5.37	6.671
15	01	1.80	1.65	2.44	-0.23	4.24	49.925
15	02	1.80	1.85	2.58	-0.26	4.37	22.634
15	03	1.80	2.05	2.73	-0.29	4.49	17.450
15	04	1.80	2.25	2.88	-0.32	4.61	14.539
15	05	1.80	2.45	3.04	-0.35	4.72	12.689
15	06	1.80	2.65	3.20	-0.38	4.83	11.418
15	07	1.80	2.85	3.37	-0.40	4.93	10.317
15	08	1.80	3.05	3.54	-0.43	5.03	9.659
15	09	1.80	3.25	3.72	-0.46	5.13	9.146
15	10	1.80	3.45	3.89	-0.48	5.22	8.739
15	11	1.80	3.65	4.07	-0.51	5.32	8.408
15	12	1.80	3.85	4.25	-0.54	5.41	8.108
15	13	1.80	4.05	4.43	-0.56	5.49	7.885
15	14	1.80	4.25	4.62	-0.59	5.58	7.697

15 15 1.80 4.45 4.80 -0.61 5.66 7.538

Caratteristiche Superficie con Fs min:

Centro i j	Xc [m]	Yc [m]	Raggio [m]	Xa [m]	Xb [m]	Fs Fellenius
06 03	0.00	2.05	2.20	-1.33	2.15	2.610

Verifica: Coeff. parz. (NTC18-Tab.6.8.I) [Gamma\_R=1.10] ok

Superficie di scivolamento con Fsmin

# CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CONCI SUDDIVISIONE MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 Mat. = Nro strato terreno costituente  
 x1 = Ascissa sx (inizio concio)  
 x2 = Ascissa dx (fine concio)  
 y1i = quota inferiore sx tratto  
 y1s = quota superiore sx tratto  
 y2i = quota inferiore dx tratto  
 y2s = quota superiore dx tratto  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto

Concio n.	TR n.	Mat. n.	x1 [m]	x2 [m]	y1i [m]	y1s [m]	y2i [m]	y2s [m]	xg [m]	yg [m]	Area [m2]	Peso [kN]
001	01	01	-1.33	-0.80	0.30	0.30	0.00	0.30	-1.07	0.23	0.08	1.48
002	01	00	-0.80	-0.40	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.60	-0.03	0.02	0.42
002	02	01	-0.80	-0.40	0.00	0.30	0.00	0.30	-0.60	0.15	0.12	2.22
003	01	00	-0.40	0.00	-0.11	0.00	-0.15	0.00	-0.20	-0.07	0.05	0.98
003	02	01	-0.40	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	-0.20	0.15	0.12	2.22
004	01	00	0.00	0.40	-0.15	0.00	-0.11	0.00	0.20	-0.07	0.05	0.98
005	01	00	0.40	0.80	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.60	-0.03	0.02	0.42
006	01	01	0.80	1.25	0.00	1.60	0.24	1.60	1.03	0.86	0.67	12.36
007	01	01	1.25	1.70	0.24	1.60	0.66	1.60	1.48	1.02	0.52	9.62
008	01	01	1.70	2.15	0.66	1.60	1.60	1.60	1.93	1.36	0.21	3.94

# DETTAGLIO CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA

CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE

PESI PROPRI DEI CONCI DI SUDDIVISIONE DELLA MASSA SCIVOLANTE

Legenda:

TR = Tratto di suddivisione verticale del concio  
 xg = Ascissa baricentro tratto  
 yg = Ordin. baricentro tratto  
 kv = Coeff. sism. verticale  
 kh = Coeff. sism. orizzontale  
 Fv = Componente verticale  
 Fh = Componente orizzontale  
 dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
 dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
 Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
 Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Concio n.	TR n.	Xg [m]	Yg [m]	Peso [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
001	01	-1.07	0.23	1.48	0.0072	0.0144	1.49	-1.07	0.02	1.83	-1.55
002	01	-0.60	-0.03	0.42	0.0072	0.0144	0.42	-0.60	0.01	2.08	-0.24
002	02	-0.60	0.15	2.22	0.0072	0.0144	2.24	-0.60	0.03	1.90	-1.28
003	01	-0.20	-0.07	0.98	0.0072	0.0144	0.99	-0.20	0.01	2.12	-0.17
003	02	-0.20	0.15	2.22	0.0072	0.0144	2.24	-0.20	0.03	1.90	-0.39

004	01	0.20	-0.07	0.98	0.0072	0.0144	0.99	0.20	0.01	2.12	0.23
005	01	0.60	-0.03	0.42	0.0072	0.0144	0.42	0.60	0.01	2.08	0.27
006	01	1.03	0.86	12.36	0.0072	0.0144	12.45	1.03	0.18	1.19	12.98
007	01	1.48	1.02	9.62	0.0072	0.0144	9.69	1.48	0.14	1.03	14.45
008	01	1.93	1.36	3.94	0.0072	0.0144	3.97	1.93	0.06	0.69	7.69

SOMMA: 31.99

#### SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE

##### Legenda:

DX = larghezza del concio  
Q = q\*DX sovraccarico complessivo  
kv = Coeff. sism. verticale  
kh = Coeff. sism. orizzontale  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Concio n.	DX [m]	Q [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
006	0.45	2.71	0.0072	0.0144	2.73	1.03	0.04	0.45	2.82
007	0.45	2.71	0.0072	0.0144	2.73	1.48	0.04	0.45	4.05
008	0.45	2.71	0.0072	0.0144	2.73	1.93	0.04	0.45	5.28

SOMMA: 12.14

#### PESI PROPRI MURO, TERRENO SU MURO ED EVENTUALE SOVRACCARICO SU MURO

##### Legenda:

F = Valore dell'azione  
kv = Coeff. sism. verticale  
kh = Coeff. sism. orizzontale  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy

Componente		F [kN]	kv [-]	kh [-]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Muro:	Mat. n.01	45.76	0.0072	0.0144	46.09	0.40	0.66	0.75	18.93

SOMMA: 18.93

#### FORZE e COPPIE ESTERNE

##### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
Fy = Forza verticale  
Ce = Coppia  
F = Valore dell'azione  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva  
Mrib = Momento (Azione) Ribaltante rispetto al centro della curva  
Mrib = Fv\*dx + Fh\*dy + Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mrib [kNm]
Fx n. 01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00

SOMMA: 0.00

#### CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:

PESI PROPRI DEI CONCI ..... 31.99

SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	12.14
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	18.93
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
-----	
MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:	63.06 [kNm]

# CALCOLO MOMENTO RESISTENTE

## CARICO AGENTE SUI CONCI SOTTO FONDAZIONE MURO

Componente di carico	Valore	+/- kv	Azione
Muro: Mat. n.01	45.76	+0.0072	46.09
-----			
Azione totale:			46.09 kN
Larghezza Fondazione:			0.80 m
Carico distribuito:			57.61 kN/m2

## RESISTENZE PER ATTRITO E COESIONE LUNGO LA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO

### Legenda:

kv = Coeff. sism. verticale  
kh = Coeff. sism. orizzontale  
R = Raggio curva circolare di scivolamento  
Dx = Larghezza del concio  
DL = Lunghezza Base inclinata del concio  
Alpha = Inclinazione Base concio  
Phi = Angolo di attrito alla Base  
Coe = Coesione alla Base  
W = Peso del concio (di combinazione)  
Q = Carico aggiuntivo sovrastante (di combinazione)  
N = Risultante Normale alla Base del concio  
U = (u\*DL) Sottospinta idrostatica

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

$$N = (W + Q) \cdot \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos(\theta)}$$

Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva

$$M_{Stab} = [(N - u \cdot DL) \cdot \tan(\Phi) + Coe \cdot DL] \cdot R$$

Concio n.	Dx [m]	DL [m]	Alpha [°]	Phi [°]	Coe [kN/m2]	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	U [kN]	Mstab [kNm]
001	0.53	0.61	-29.32	30.00	0.00	1.49	0.00	1.31	0.00	1.67
002	0.40	0.42	-15.90	30.00	18.00	2.66	0.00	2.57	0.00	19.74
003	0.40	0.40	-5.24	30.00	18.00	3.22	0.00	3.21	0.00	19.99
004	0.40	0.40	5.24	30.00	18.00	0.99	23.04	23.90	0.00	46.27
005	0.40	0.42	15.90	30.00	18.00	0.42	23.04	22.48	0.00	45.03
006	0.45	0.51	27.99	30.00	0.00	12.45	2.73	13.30	0.00	16.90
007	0.45	0.61	42.67	30.00	0.00	9.69	2.73	9.01	0.00	11.45
008	0.45	1.05	64.45	30.00	0.00	3.97	2.73	2.80	0.00	3.56

SOMMA:	164.61
--------	--------

## FORZE e COPPIE ESTERNE

### Legenda:

Fx = Forza orizzontale  
Fy = Forza verticale  
Ce = Coppia  
F = Valore dell'azione  
Fv = Componente verticale  
Fh = Componente orizzontale  
dx = distanza orizz. di Fv dal centro curva  
dy = distanza vertic. di Fh dal centro curva



Mstab = Momento (Resistenza) Stabilizzante rispetto al centro della curva  
Mstab = Fv\*dx + Fh\*dy +Ce

Componente	F [kN]	Fv [kN]	dx [m]	Fh [kN]	dy [m]	Mstab [kNm]
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Fx n. 01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOMMA:						0.00

CALCOLO MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:

-----	-----
ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	164.61
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
-----	-----
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	164.61 [kNm]

**FATTORE DI SICUREZZA: Fs = MSTAB/MRIB = 2.610**  
**Verifica: Coeff. parz. (NTC18-Tab.6.8.I) [Gamma\_R=1.10] ok**

Riqualificazione itinerario s'Iscala - Mudolau - Orolo - sa Coa e su Lavru - Bortigali

Verifica muro a gravità

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5:  
Sisma Giu (M1+R3)

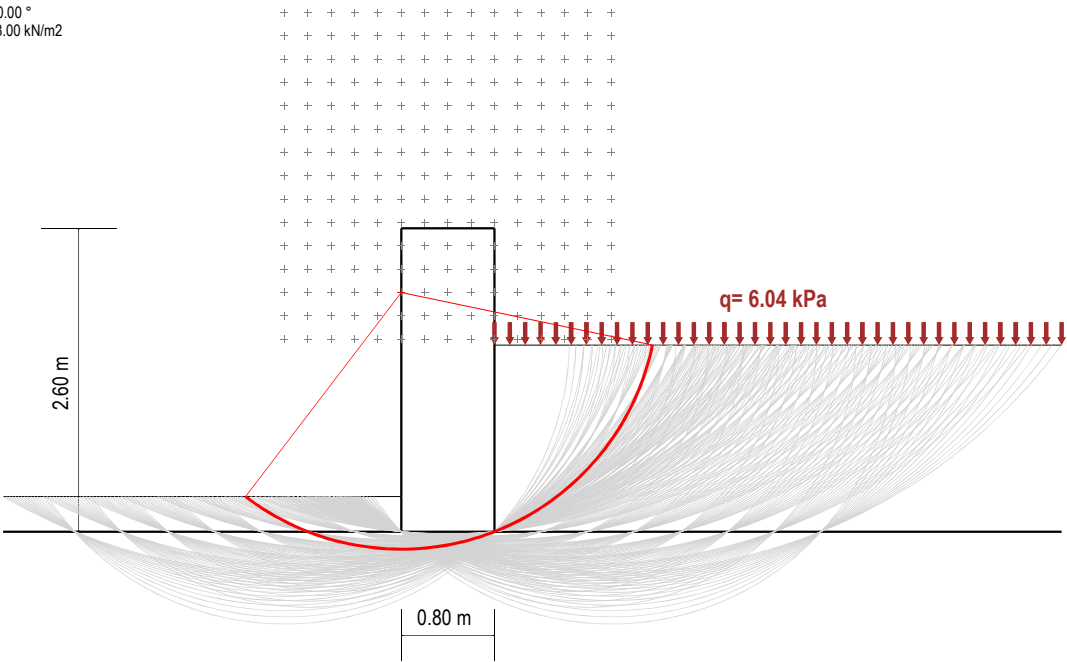
Fellenius: Fs min = 2.610

STRATI DI MONTE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 0.00 kN/m2

STRATI DI VALLE

STRATO N.1  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 18.00 kN/m2



STRATO FONDAZIONE  
G = 18.50 kN/m3  
ø' = 30.00 °  
c' = 18.00 kN/m2

DETTAGLI CALCOLO FATTORE DI SICUREZZA (Metodo di FELLENIUS )

MOMENTO RIBALTANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

PESI PROPRI DEI CONCI .....	31.99
SOVRACCARICO SULLA SUPERFICIE .....	12.14
P.P. MURO, TERRENO E SOVRACC. SU MURO .....	18.93
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
MOMENTO RIBALTANTE TOTALE:	M_Rib = 63.06 kNm

MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE (Rispetto al centro curva):

ATTR. e COES. LUNGO LA SUP. DI SCIVOL. ....	164.61
FORZE E COPPIE ESTERNE .....	0.00
RESISTENZA PALI DI FONDAZIONE .....	0.00
RESISTENZA TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	0.00
MOMENTO STABILIZZANTE TOTALE:	M_Stab = 164.61 kNm

VERIFICA:

Azione:	M_rib	63.06
Resistenza:	M_stab	164.61
Coeffic. parziale:	R	1.10 (NTC18 - Tab.6.8.I)
Verifica:	Fs = M_Stab / M_Rib	2.610 ---> ok!

## INDAGINI DI LABORATORIO TERRE

<b>ENGINEERING SERVICE</b> International promoter manager NUORO - ITALY	<b>ENGINEERING SERVICE</b> Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it	Denominazione prova: Analisi granulometrica CNR UNI 10006
---	---	---

certificato n°475/20

Committente: Amministrazione Comunale di Bortigali

Progetto: Lavori di riqualificazione itinerario S'Iscala- Mudolau - Orolo - Sa Coa e Su Lavru

Campione: Denominato "Pz1 C1" campionato dal pozzetto geognostico n°1 alla profondità di 0,50 metri dal p.c.

Campionamento: A cura del responsabile del laboratorio

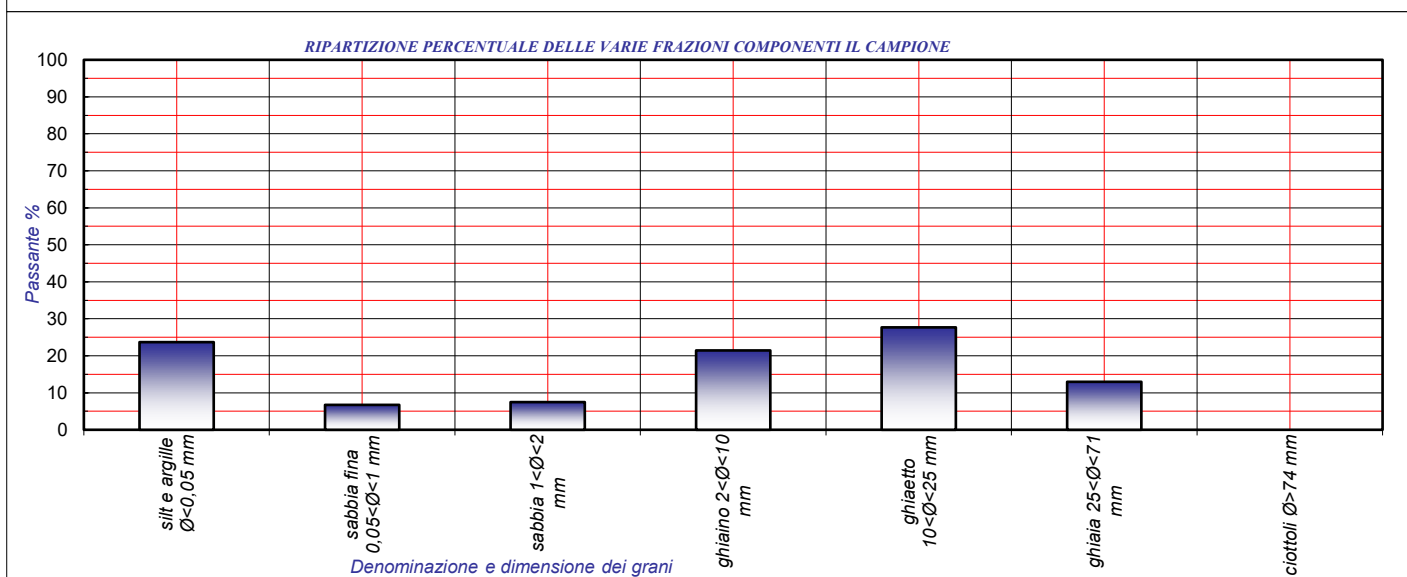
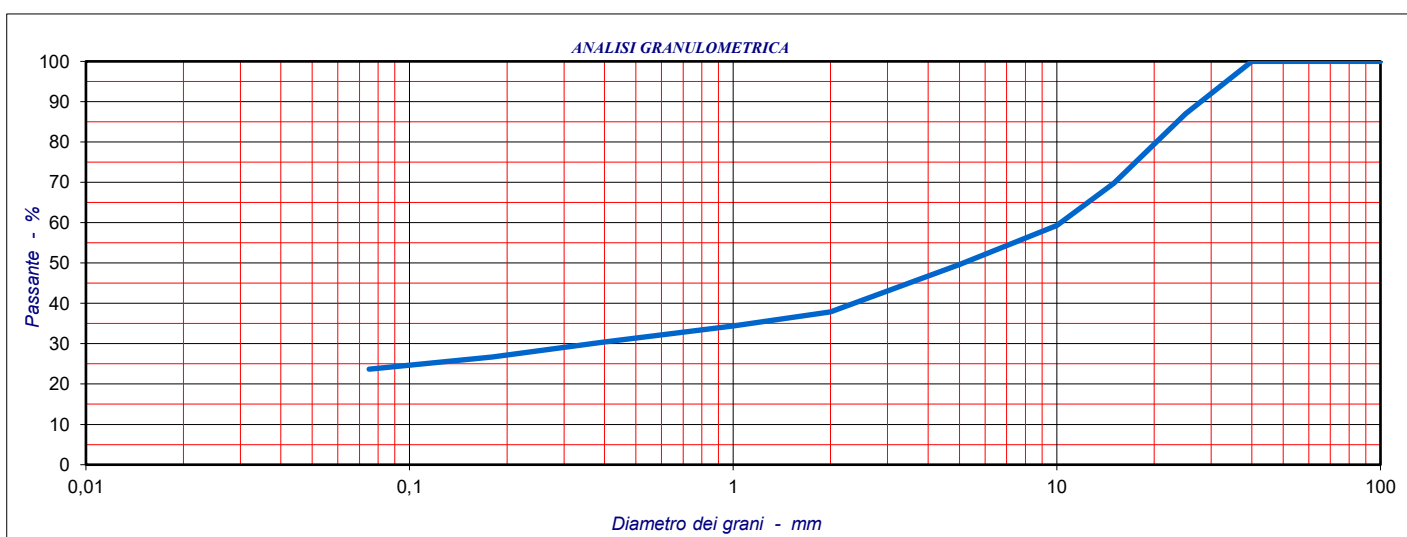
## CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

### ANALISI GRANULOMETRICA (CNR-B.U. n° 23)

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	87,0	69,8	59,4	49,6	37,9	34,4	30,4	26,7	23,7

### LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

LIMITE LIQUIDO (%)	41	INDICE DI PLASTICITA	5	INDICE DI GRUPPO (CNR-UNI 10006)	0
LIMITE PLASTICO (%)	36	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	CLASSIFICAZIONE (CNR-UNI 10006)	A 1-b
				CLASSIFICAZIONE (U.S.C.S.)	n.d.



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 9 dicembre 2020



NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.

AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

Committente: Amministrazione Comunale di Bortigali

Progetto: Lavori di riqualificazione itinerario S'Iscala- Mudolau - Orolo - Sa Coa e Su Lavru

Campione: Denominato "Pz3 C1" campionato dal pozzetto geognostico n°1 alla profondità di 0,50 metri dal p.c.

Campionamento: A cura del responsabile del laboratorio

### PROVA DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA

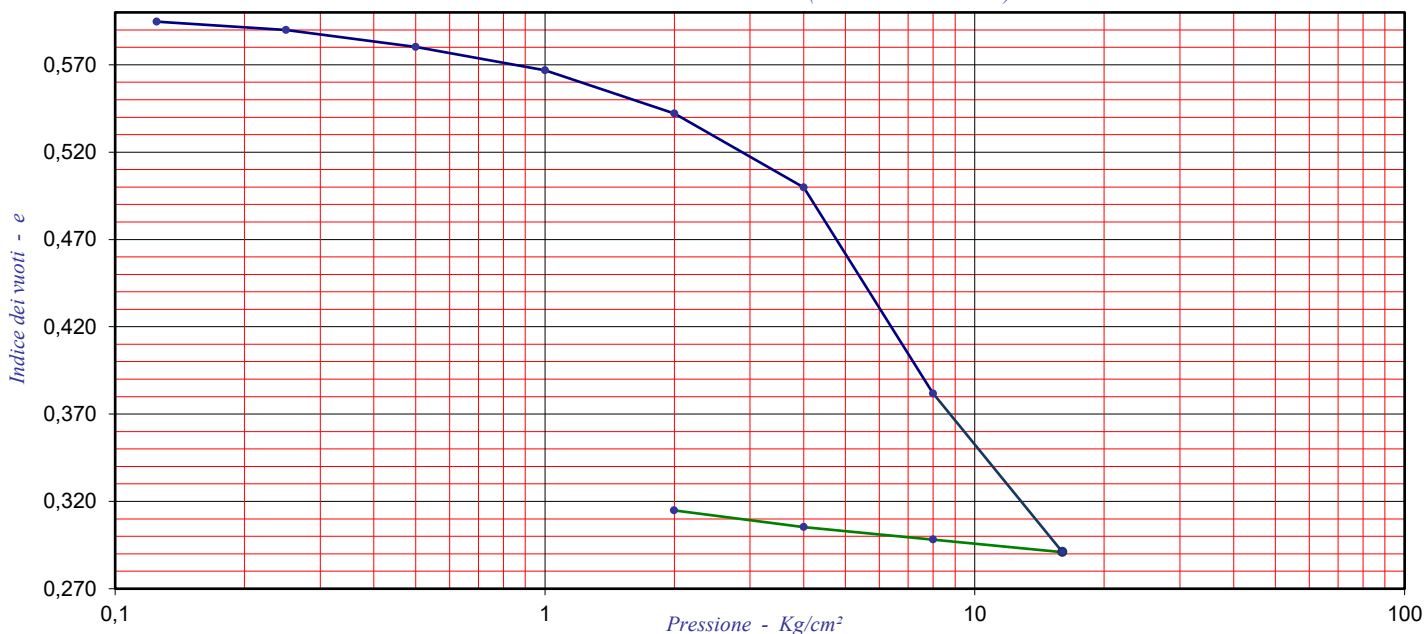
#### CARATTERISTICHE INIZIALI DEL PROVINO

Altezza iniziale	mm	20,00	Peso di volume saturo	g/cmc	2,069
Umidità naturale	%	8,20	Peso di volume secco	g/cmc	1,696
Peso di volume naturale	g/cmc	1,848	Grado di saturazione	%	40,63
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,705	Indice dei vuoti	e	0,595

#### CICLI DI CARICO

Pressione	Cedimento	Cedimento	Indice dei vuoti	Densità secca	Coeff. di Consolidazione	Indice di compressibilità	Coeff. di Compressibilità	Modulo Edometrico	Coeff. di permeabilità
Kg/cm <sup>2</sup>	mm	%	e	g/cm <sup>3</sup>	Cv = cm <sup>2</sup> /sec	av = Kg/cm <sup>2</sup>	mv = Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>ed</sub> = Kg/cm <sup>2</sup>	K=cm/sec
0,125	0,00	0,00	0,595	1,696					
0,250	0,06	0,30	0,590	1,701		0,038	0,024	41,67	1,888E-07
0,500	0,18	0,91	0,580	1,712	4,558E-03	0,039	0,024	41,32	1,519E-07
1,000	0,35	1,75	0,567	1,726	5,207E-03	0,027	0,017	59,17	1,436E-07
2,000	0,66	3,30	0,542	1,754	5,281E-03	0,025	0,015	64,52	1,269E-07
4,000	1,19	5,95	0,500	1,804	5,310E-03	0,021	0,013	75,47	1,968E-07
8,000	2,67	13,35	0,382	1,958	5,435E-03	0,030	0,019	54,05	7,586E-08
16,000	3,81	19,05	0,291	2,095	5,081E-03	0,011	0,007	140,35	3,121E-09

DIAGRAMMA "PRESSIONE-INDICE DEI VUOTI" - (CARICO E SCARICO)



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 9/12/20



<b>ENGINEERING SERVICE</b> International promoter manager <b>NUORO - ITALY</b>	<b>ENGINEERING SERVICE</b> Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it	Denominazione prova: Prova di taglio Diretto ASTM D3080
--	--	---

certificato n° 471/20

Committente: Amministrazione Comunale di Bortigali

Progetto: Lavori di riqualificazione itinerario S'Iscala- Mudolau - Orolo - Sa Coa e Su Lavru

Campione: Denominato "Pz1 C1" campionato dal pozzetto geognostico n°1 alla profondità di 0,50 metri dal p.c.

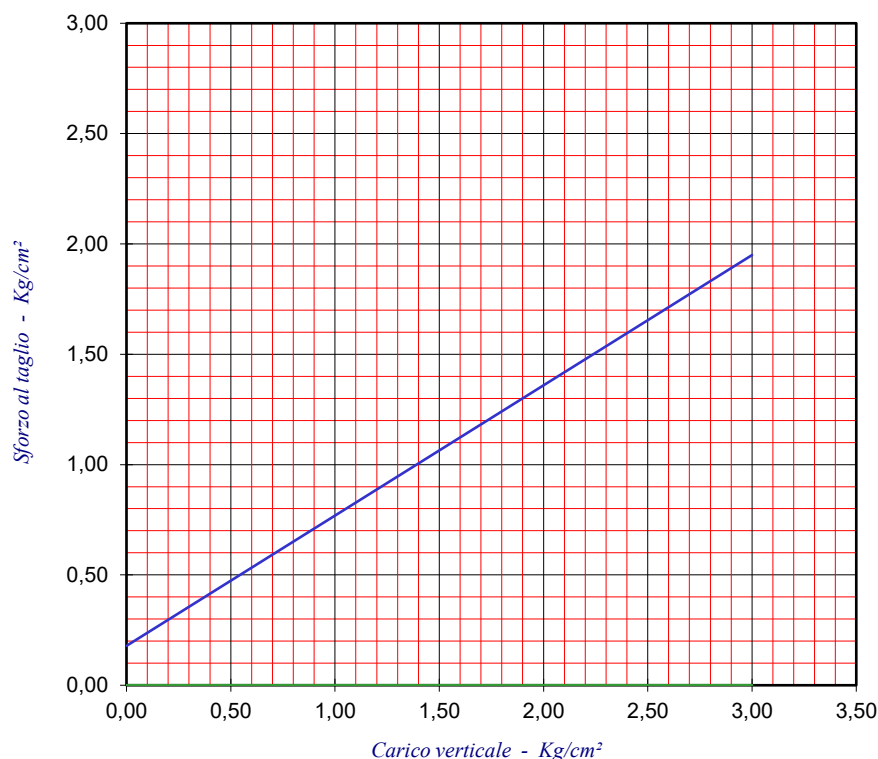
Campionamento: A cura del responsabile del laboratorio

Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min					Superficie scatola cm² 36				
<b>CARATTERISTICHE INIZIALI</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>CONSOLIDAZIONE</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Umidità naturale	%	8,20	8,20	8,20	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
Peso di volume iniziale	g/cm³	1,844	1,858	1,849	Variazione di volume	%	2,17	2,90	3,47
Peso di volume secco	g/cm³	1,692	1,706	1,698	Peso di volume secco	g/cm³	1,730	1,756	1,759
Peso specifico dei grani	g/cm³	2,705	2,705	2,705	Indice dei vuoti	e	0,564	0,540	0,538
Grado di saturazione	%	40,40	41,24	40,73	Peso di volume saturo	g/cm³	2,090	2,107	2,108
Indice dei vuoti	e	0,598	0,586	0,593	<b>ROTTURA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
			MAX	RES	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
ANGOLO DI ATTRITO	° sess.		30,55	n.d.	Scorrimento orizzontale	%	16,67	16,67	16,67
COESIONE	Kg/cm²		0,18	n.d.	Sforzo al taglio massimo	Kg/cm²	0,713	1,471	1,894

#### ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 09/12/20



NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.

AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

<b>ENGINEERING SERVICE</b> International promoter manager <b>NUORO - ITALY</b>	<b>ENGINEERING SERVICE</b> Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it	Denominazione prova: Prova di taglio Diretto ASTM D3080
--	--	---

certificato n° 472/20

Committente: Amministrazione Comunale di Bortigali

Progetto: Lavori di riqualificazione itinerario S'Iscala- Mudolau - Orolo - Sa Coa e Su Lavru

Campione: Denominato "Pz2 C1" campionato dal pozzetto geognostico n°1 alla profondità di 0,50 metri dal p.c.

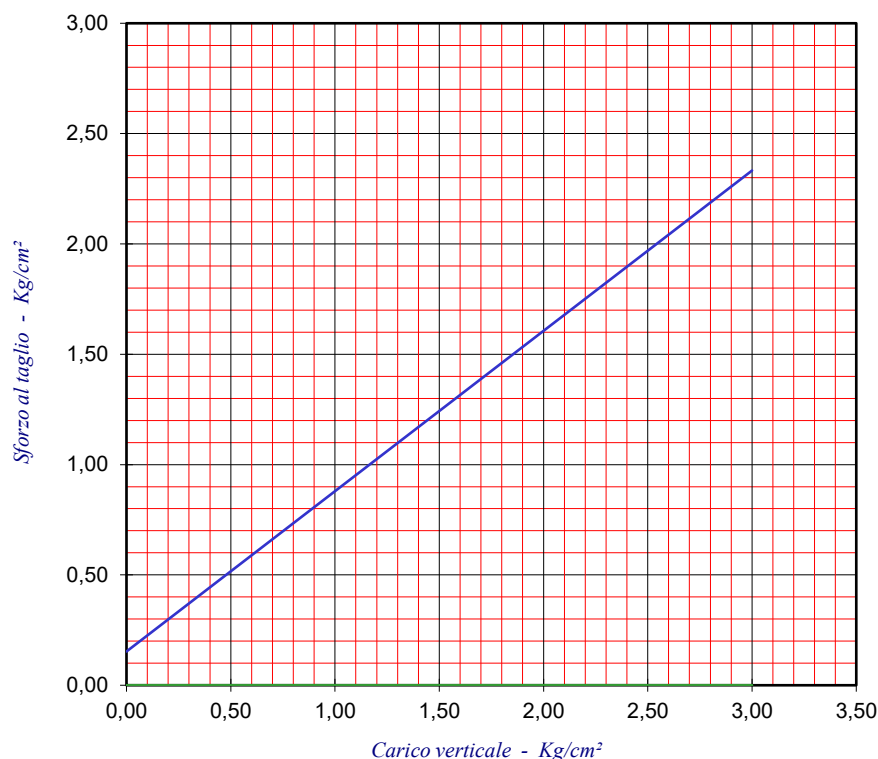
Campionamento: A cura del responsabile del laboratorio

Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min					Superficie scatola cm² 36				
<b>CARATTERISTICHE INIZIALI</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>CONSOLIDAZIONE</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Umidità naturale	%	3,94	3,94	3,94	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
Peso di volume iniziale	g/cm³	1,742	1,773	1,747	Variazione di volume	%	1,47	2,03	2,83
Peso di volume secco	g/cm³	1,673	1,703	1,679	Peso di volume secco	g/cm³	1,698	1,739	1,728
Peso specifico dei grani	g/cm³	2,683	2,683	2,683	Indice dei vuoti	e	0,580	0,543	0,553
Grado di saturazione	%	18,23	19,13	18,39	Peso di volume saturo	g/cm³	2,065	2,091	2,084
Indice dei vuoti	e	0,603	0,575	0,598	<b>ROTTURA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
			MAX	RES	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
ANGOLO DI ATTRITO	° sess.		<b>36,00</b>	n.d.	Scorrimento orizzontale	%	16,67	16,67	16,67
COESIONE	Kg/cm²		<b>0,15</b>	n.d.	Sforzo al taglio massimo	Kg/cm²	0,852	1,661	2,305

#### ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 09/12/20



NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.

AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE International promoter manager NUORO - ITALY	ENGINEERING SERVICE Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it	Denominazione prova: Prova di taglio Diretto ASTM D3080

certificato n° 473/20

Committente: Amministrazione Comunale di Bortigali

Progetto: Lavori di riqualificazione itinerario S'Iscala- Mudolau - Orolo - Sa Coa e Su Lavru

Campione: Denominato "Pz3 C1" campionato dal pozzetto geognostico n°1 alla profondità di 0,50 metri dal p.c.

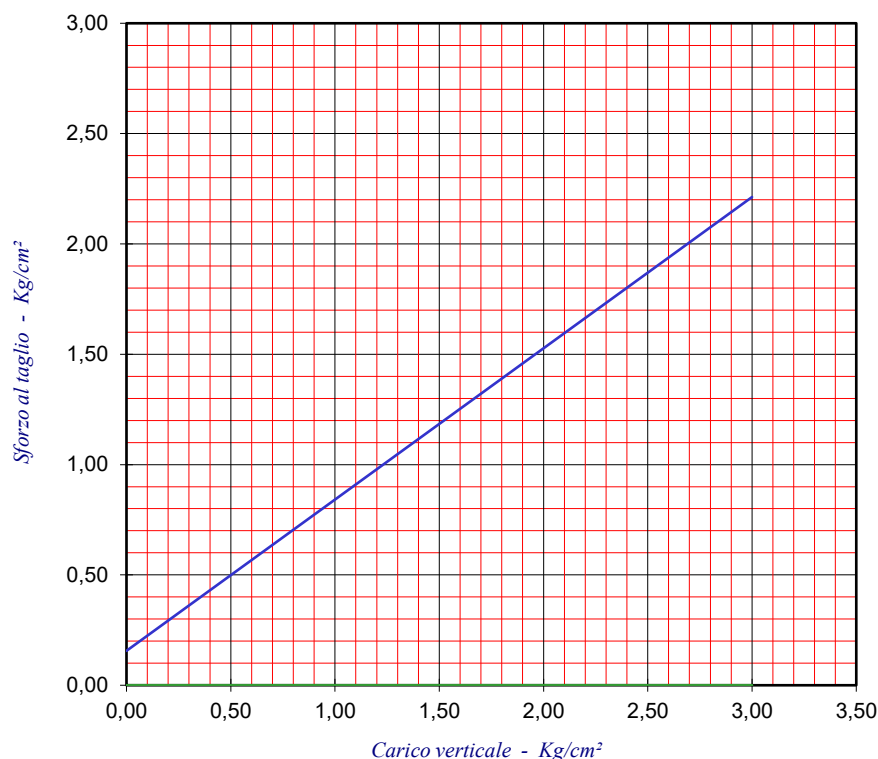
Campionamento: A cura del responsabile del laboratorio

Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min					Superficie scatola cm² 36				
CARATTERISTICHE INIZIALI		1	2	3	CONSOLIDAZIONE		1	2	3
Umidità naturale	%	9,97	9,97	9,97	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
Peso di volume iniziale	g/cm³	1,725	1,738	1,736	Variazione di volume	%	2,23	3,17	4,40
Peso di volume secco	g/cm³	1,553	1,565	1,563	Peso di volume secco	g/cm³	1,588	1,616	1,635
Peso specifico dei grani	g/cm³	2,671	2,671	2,671	Indice dei vuoti	e	0,682	0,653	0,634
Grado di saturazione	%	41,09	41,86	41,72	Peso di volume saturo	g/cm³	1,994	2,011	2,023
Indice dei vuoti	e	0,720	0,707	0,709	ROTTURA		1	2	3
			MAX	RES	Carico verticale	Kg/cm²	1,00	2,00	3,00
ANGOLO DI ATTRITO	° sess.		34,43	n.d.	Scorrimento orizzontale	%	16,67	16,67	16,67
COESIONE	Kg/cm²		0,16	n.d.	Sforzo al taglio massimo	Kg/cm²	0,803	1,604	2,174

#### ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 09/12/20



NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.

AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.