

**Dott. FEDERICO MATTIOLI**  
**Geologo**

42034 CASINA (RE) Via Guglielmo Marconi n.15/1  
Tel.: +39 347 8628662  
Mail: f.mattioli63@gmail.com

**INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA,  
MODELLAZIONE GEOTECNICA E ANALISI DELL'AZIONE SISMICA  
REDATTA NEL FEBBRAIO 2023 DAL DR. GEOL. PAOLO BERETTI  
PER IL NUOVO PALAZZETTO DELLO SPORT "M. BONICELLI" A  
CASTELNOVO NE' MONTI (RE) - CUP D95B22000120005**



**OGGETTO:** Approfondimenti sismici e sulla stabilità locale a seguito del progetto definitivo ed esecutivo del nuovo Palazzetto dello Sport "M. Bonicelli"

Committente: Consorzio CAMAR

gennaio 2024

Comune di Castelnuovo ne' Monti (RE)

Committente : Consorzio CAMAR

Oggetto : Approfondimenti sismici e sulla stabilità locale a seguito del progetto definitivo ed esecutivo del nuovo Palazzetto dello Sport "M. Bonicelli"

**INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E ANALISI DELL'AZIONE SISMICA REDATTA NEL FEBBRAIO 2023 DAL DR. GEOL. PAOLO BERETTI PER IL NUOVO PALAZZETTO DELLO SPORT "M. BONICELLI" A CASTELNUOVO NE' MONTI (RE) - CUP D95B22000120005**

gennaio 2024

Dr. Geol. Federico Mattioli

---

## **INDICE**

1. Premessa .....	pag. 1
2. Categoria Topografica .....	pag. 2
3. Risposta Sismica Locale .....	pag. 2
4. Verifiche di stabilità locali e considerazioni finali .....	pag. 12

## **TAVOLE**

Tavola 1	Morfologia dell'area e pendenze locali
Tavole 2a, ..., 2d	Verifiche di stabilità (progetto) e relativo tabulato – Sezione EE

## **ALLEGATI**

- Relazione di Calcolo – Regularizzazione Spettri di Risposta

## 1. PREMESSA

Su incarico della Consorzio CAMAR di Castelnovo ne' Monti (appaltatore dell'opera e del progetto definitivo ed esecutivo) è stata eseguita un'integrazione alla relazione di fattibilità geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica redatta nel febbraio 2023 dal Dr. Geol. Paolo Beretti per il nuovo Palazzetto dello Sport "M. Bonicelli" a Castelnovo ne' Monti (RE). Questa integrazione è stata elaborata per approfondire gli aspetti dell'azione sismica e della stabilità locale dell'area d'intervento a seguito dell'elaborazione del progetto definitivo ed esecutivo del nuovo Palazzetto dello Sport, redatto dal R.T.P. con a capo lo Studio dell'Ing. Stefano Spadaccini per conto della Ditta appaltatrice, a cui si rimanda per ogni dettaglio. Tale progetto definitivo-esecutivo prevede in particolare lo sbancamento totale dell'area d'intervento di circa 4,0 m, non previsto nella fase preliminare di progettazione (vedi relazione del Dr. Geol. Paolo Beretti). Inoltre è confermata l'esecuzione di una palificata (berlinese) a monte per sostenere la scarpata ed il versante e l'adozione di pali come opere fondali per la realizzazione del Palazzetto dello Sport. Con tale consistente abbassamento del sedime d'intervento verranno asportati gran parte dei terreni di riporto presenti nell'area e perciò vengono minimizzate o rimosse le relative problematiche tecniche che essi comportano, in particolare per la stabilità della scarpata di valle e del piede del rilevato, come descritte dal Geol. Beretti. Inoltre, per la presenza di abbondanti acque sotterranee nell'area, si dovrà realizzare un'adeguata rete drenante, ad almeno -3,0 m rispetto al nuovo piano di sbancamento previsto, in tutta l'area d'intervento e lungo tutto il fronte di valle della palificata-berlinese prevista, in modo da abbassare il battente idrico in tutto il sedime e raccogliere le acque sotterranee che con ogni probabilità percoleranno dal versante di monte. Chiaramente, le acque raccolte da tale rete drenante sotterranea, così come quelle raccolte dalla scoline superficiali, dai pluviali e dalle future aree cortilive pavimentate, dovranno essere recapitati in idonei collettori, che a detta del progettista e della ditta appaltatrice, sono già esistenti nell'area.

Al di là degli aspetti sismici (Risposta Sismica Locale) e della stabilità del sito d'intervento (in particolare della scarpata di valle, del piede del rilevato e del dimensionamento della palificata-berlinese di monte) che risentono fortemente della scelta progettuale di abbassare di circa 4,0 m il sedime d'intervento, per quanto riguardano gli altri aspetti geologici e geotecnici si rimanda alla relazione redatta nel febbraio 2023 dal Dr. Geol. Paolo Beretti. In particolare, occorre far riferimento a tale elaborato del Dr. Geol. Paolo Beretti per quanto riguarda la fattibilità geologica dell'intervento, la stabilità globale dell'area e dell'intorno (attuale e futura), i risultati dell'indagine effettuata, la caratterizzazione e modellazione stratigrafica-geotecnica del sottosuolo e per ogni altro aspetto non citato nella presente integrazione.

Di seguito si è pertanto proceduto a rielaborare la Risposta Sismica Locale (RSL) del sito d'intervento ed ad effettuare le verifiche locali di stabilità riferite allo stato di progetto della zona di valle e della zona di monte (sostenuta dalla palificata), a seguito della scelta operata nel progetto definitivo-esecutivo di abbassare di circa 4,0 m il sedime d'intervento. Oltre a ciò, si è ridefinita la categoria topografica e relativo coefficiente. Si ricorda che la struttura in progetto avrà *classe d'uso III* (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) e *vita nominale  $V_N = 50$  anni*, da cui si ottiene un *tempo di ritorno  $T_R$*  dell'azione sismica di riferimento pari a **712 anni**.

## 2. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Il Dr. Geol. Paolo Beretti per quanto riguarda la categoria topografica ed il relativo coefficiente da adottare per l'area d'intervento, afferma nella relazione del febbraio 2023: *"l'area in esame presenta assetto originario a media acclività, con presenza di vecchie incisioni e potenti riporti antropici; si consiglia, quindi, di considerare un coefficiente  $S_T$  pari a 1,200"*. Il sottoscritto ha valutato in modo più analitico la morfologia dell'area d'intervento e le pendenze dei versanti circostanti, come riportato nella Tavola 1 in allegato. Come si nota da tale Tavola, le pendenze dei versanti circostanti l'area d'intervento non superano quasi mai i 15°. Inoltre, il sito d'intervento è posto in un'originaria zona impluviale a bassa pendenza (6°-8°), che come noto insieme hai fondo valle, piedi dei versanti e dei pendii, risentono in modo minore degli effetti sismici di tipo topografico. I riporti effettuati nel tempo, seppur di entità elevata, non posso contribuire in modo significativo all'amplificazione sismica di tipo topografico, essendo un fenomeno che si manifestano a scala molto più grande, come creste, cime, interi versanti e pendii. Pertanto, secondo il parere del sottoscritto, l'area d'intervento è classificabile nella categoria topografica T1 (*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ) che prevede un coefficiente di amplificazione topografico  $S_t$  pari a 1,00 (vedi Tabella 3.2.VI del D.M.17/01/2018). Ciò è avvalorato dal fatto che il progetto definitivo-esecutivo prevede l'asporto di quasi tutto il riporto presente nell'area d'intervento, facendo decadere in buona parte i presupposti cautelativi adottati dal Dr. Geol. Paolo Beretti. Si rimanda comunque ai Tecnici Progettisti delle opere la scelta del coefficiente topografico che ritengono più idoneo da adottare per il caso in esame.

## 3. RISPOSTA SISMICA LOCALE

A seguito della scelta operata nel progetto definitivo-esecutivo di abbassare di circa 4,0 m il sedime d'intervento, si è proceduto a ridefinire l'azione sismica tramite Risposta Sismica Locale (RSL), ricalcolando il *fattore di amplificazione stratigrafico di III livello* e lo *spettro di risposta relativo al sito*. A tal scopo si è utilizzato lo stesso programma (STRATA) e sostanzialmente gli stessi dati di input utilizzati dal Dr. Geol. Paolo Beretti nella relazione del febbraio 2023. Ovviamente come stratigrafia di input si sono tolti i primi 4,0 m di sottosuolo. La principale differenza adottata è stata nella scelta degli accelerogrammi di input: mentre il Dr. Geol. Paolo Beretti gli ha estratti dalla banca data ITACA dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) tramite il software on-line REXELweb, il sottoscritto ha utilizzato quelli estratti dalla piattaforma WebGIS della Regione Emilia-Romagna (RER), realizzata da EUCENTRE. Preliminarmente, comunque, ho effettuato un'analisi con gli stessi dati di input (compreso la stratigrafia a p.c. attuale) e gli stessi accelerogrammi utilizzati dal Dr. Geol. Paolo Beretti (estratti da REXELweb), notando comunque una discrepanza nei risultati (in particolare per quanto riguarda i picchi dello spettro di risposta). Al di là di un possibile confronto sui diversi risultati ottenuti con il Dr. Geol. Paolo Beretti (professionista che stimo ma non conosco bene direttamente), al momento non intrapreso per mancanza di tempo ed occasioni d'incontro, le differenze riscontrate non eccedono comunque i limiti di tolleranza ed incertezza del metodo di analisi utilizzato.

Di seguito si è perciò proceduto a ridefinire l'azione sismica di progetto tramite Risposta Sismica Locale (RSL), utilizzando la procedura di analisi numerica monodimensionale (1D) con accelerogrammi (che a livello urbanistico coincide praticamente con il terzo livello di approfondimento sismico). Per la valutazione della Risposta Sismica Locale (RSL) del sito in oggetto mediante analisi numerica ci si è attenuti a quanto prescritto nelle Normativa Tecnica per le Costruzioni. (D.M. 17/01/2018) e relativa Circolare (Circ. 21/01/2019 n.7 C.S.LL.PP.) nonché nei citati indirizzi regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica (D.G.R. 476-564/2021).

Dai risultati delle prospezioni sismiche effettuate in situ dal Dr. Geol. Paolo Beretti o suoi collaboratori (vedi relazione del febbraio 2023), in base all'approccio semplificato della Norma Tecnica per le Costruzioni (Cap. 3.2.2 del D.M. 17/01/2018), l'area in oggetto è classificabile nella categoria C di sottosuolo (*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) con valori di velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s,30}$  dell'ordine dei **320-350 m/sec.***

Nel 2004, a seguito dell'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003 n.3274, un gruppo dell'INGV ha stilato un documento denominato "Redazione della mappa della pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20/03/2003 n.3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile". Questo documento è a tutt'oggi il punto di riferimento di ogni valutazione di pericolosità sismica sul territorio nazionale.

Il gruppo di lavoro INGV ha creato un nuovo modello sismogenetico denominato ZS9 sulla base di precedenti modelli (ZS4 – Scandone – 1996 – 2000), delle più recenti conoscenze neotettoniche e del catalogo storico dei terremoti. L'elaborazione ed il confronto dei dati di diversa natura ha portato all'individuazione di diverse zone sismogenetiche sul territorio nazionale (vedi Figura 1a).

Il Comune di Castelnovo ne' Monti (RE) risente dei terremoti che si verificano nelle zone 913 (e in parte nella zona 915), mentre quelli che si verificano in altre zone, seppur di magnitudo elevata, sortiscono effetti trascurabili sul suo territorio (vedi Figura 1b). Alla zona 913 sono assegnati terremoti di profondità epicentrale compresa tra i 12 ed i 20 Km, con meccanismo di faglia indeterminato. L'indeterminatezza è dovuta al fatto che la zona è intermedia tra la 912 a Nord-Est, caratterizzata da regime compressivo e faglie inverse, e la 915 a Sud, a regime distensivo e fagliazione diretta. Alla zona 915 sono assegnati terremoti di magnitudo più elevata e di profondità epicentrale compresa tra 8 e 12 Km. Storicamente, i terremoti più risentiti nell'area di Castelnovo ne' Monti sono quelli della fascia pedeappenninica (Castelvetto – anno 1501 – intensità Scala Mercalli IX) e soprattutto quelli con epicentro in Garfagnana (anno 1920 – intensità scala Mercalli X). L'episodio più violento registrato ad oggi risale appunto al settembre 1920 (Magnitudo momento  $M_w = 6,5$ ) ed è stato risentito in tutti i Comuni dell'appennino reggiano, soprattutto dell'alto appennino, con consistenti danni agli edifici e innesco di movimenti franosi, tra cui il più vasto e conosciuto è quello che coinvolse gli abitati dell'alta Val d'Asta.



Nella zona sismogenetica 913 sono previsti, sulla base dei dati geologici e sismologici, valori di massima magnitudo pari a  $M_{wmax1} = 5,91$ . Il gruppo di lavoro dell'INGV ha però adottato in via maggiormente cautelativa il valore  $M_{wmax2} = 6,14$  per la zona 913, valore che verrà utilizzato nella presente analisi.



Fig. 1a - Zonizzazione sismogenetica ZS9

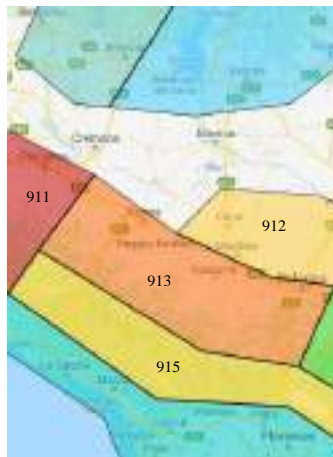


Fig. 1b - Dettaglio

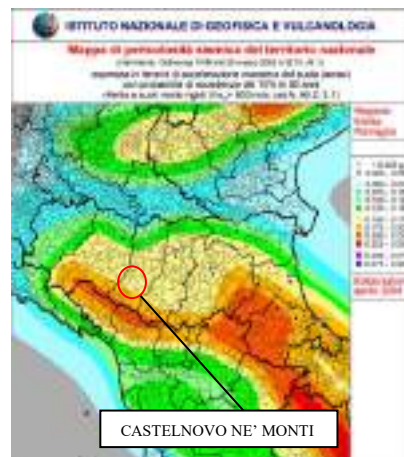


Fig. 2 - Mappa di pericolosità sismica dell'Emilia-Romagna

Ogni zona sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico e da relazioni d'attenuazione della massima accelerazione prevista al suolo in funzione della distanza epicentrale. Su questa base è stata costruita la "Mappa di pericolosità sismica" che individua diverse zone a seconda del valore massimo di accelerazione sismica prevista (vedi Figura 2).

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia riportata nel catalogo sismico e che viene espressa in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia (substrato sismico caratterizzato da *velocità delle onde di taglio*  $V_s > 800$  m/sec) ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration), con associato un periodo di ritorno di 475 anni (valore convenzionale che rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non ritorno in un periodo di 50 anni). Sulla base di questa mappa di pericolosità sismica il territorio italiano è stato suddiviso in quattro categorie sulla base dei valori di PGA (vedi Tabella 7).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1 - Valori di PGA per le quattro zone sismiche

Il sito d'intervento ha un valore di *accelerazione orizzontale massima al sito*  $a_g$  relativa al suolo di riferimento pari a circa **0,162 g** (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e *tempo di ritorno*  $T_R = 475$  anni) ottenuto interpolando i punti della griglia con passo 0,05 gradi forniti sia dall'INGV nell'ambito del progetto S1 (in

ottemperanza agli allegati A e B del D.M. 14/01/2008) che dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (vedi allegato A4 della D.G.R. 476/2021). Essendo la struttura in oggetto da porre in *classe d'uso III* (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), con *vita nominale*  $V_N = 50$  anni (che determinano un *coefficiente d'uso*  $C_U = 1,5$  ed un *periodo di riferimento*  $V_R = 75$  anni), il valore di *accelerazione massima orizzontale*  $a_g$  al suolo di riferimento risulta pari a circa **0,185 g** (Stato Limite della Vita SLV con probabilità di superamento del 10% in 75 anni e *tempo di ritorno*  $T_R = 712$  anni) che corrisponde al valore corretto dell'*accelerazione di picco al suolo* **PGA** da utilizzare nella presente analisi.

Per valutare gli effetti di Risposta Sismica Locale (RSL), sia in termini di amplificazione orizzontale di picco PGA (e di intensità spettrale SA e SI nei vari intervalli di periodo) che soprattutto ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (spettri di risposta in accelerazione), si è utilizzato il software STRATA, al quale sono stati forniti sette gruppi di accelerogrammi, così come prevede la norma (D.M.17/01/2018). I sette accelerogrammi sono stati estratti dalla piattaforma WebGIS della Regione Emilia-Romagna (RER), realizzata da EUCENTRE per la stima della risposta sismica locale negli studi di microzonazione sismica di terzo livello di approfondimento (vedi Allegato A4 delle citate D.G.R. 476-564/2021). Dalla piattaforma è possibile scaricare l'input sismico selezionato per ciascun nodo del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia-Romagna considerato dalle N.T.C. 2008 (D.M. 14-01-2008) e N.T.C. 2018 (D.M. 17-01-2018). L'input sismico è disponibile per i periodi di ritorno di 101, 475 e 975 anni ed è espresso in termini di un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle N.T.C. 2008. Tali gruppi di accelerogrammi, ricavabili dal database regionale, risultano pertanto estremamente utili ed affidabili anche per analisi dinamiche di strutture e sistemi geotecnici. Essi sono un riferimento fondamentale e garantiscono sicuramente una descrizione attendibile ed oggettiva del moto atteso su substrato rigido nel sito d'intervento ed in generale in tutto il territorio regionale. In via cautelativa, per avere risultati a favore della sicurezza, si sono utilizzati accelerogrammi con periodo di ritorno di 975 anni.

I sette accelerogrammi spettro-compatibili ottenuti dalla WebGIS RER (con tempo di ritorno di 975 anni) sono riferiti al nodo [ID16939](#) del reticolo di riferimento, quello più prossimo al sito d'intervento (vedi Tabella 2). La magnitudo media degli eventi utilizzati è pari a circa 6,32 (Mw), la distanza epicentrale media è pari a circa 35 Km, mentre il fattore di scala (FS) medio è risultato pari a circa 1,94 (Min = 0,90 e Max = 2,92).

Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.2	29.90	2.92	ESM	EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC
5.74	12.57	1.92	NGA	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
6.93	83.53	2.12	NGA	RSN804_LOMAP_SSF205.AT2
6.69	38.07	1.61	NGA	RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2
6.60	31.00	0.90	KiKnet	SMNH100010061330.EW2
6.60	37.00	1.73	KiKnet	SAGH010503201053.NS2
5.50	13.20	2.38	ESM	IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC

Tabella 2 – Caratteristiche dei sette accelerogrammi spettro-compatibili ottenuti dalla WebGIS RER

Il software STRATA elabora l'accelerogramma che diffonde dal substrato nel suo percorso verso la superficie, ipotizzando uno smorzamento o un'amplificazione derivante dagli strati che incontra nel suo tragitto. E' stato usato il metodo Equivalent

Linear (EQL) – con input una serie temporale – dove le proprietà elastiche e lo smorzamento vengono fatti variare in funzione del livello deformativo. È un metodo lineare che permette l'approssimazione dei più significativi effetti di un terreno non lineare ed elastico, oltre ad essere relativamente semplice ed applicabile in ambito professionale. Tale metodo ha dimostrato di provvedere ragionevoli stime della risposta sismica locale in molte condizioni di importanza pratica (L. Nori e P. Di Marcantonio, 2014). La profondità del substrato sismico e le *velocità delle onde di taglio*  $V_s$  dei vari strati al di sopra di esso, sono state desunte dai risultati delle indagini geofisiche effettuate nel sito d'intervento dal Dr. Geol. Paolo Beretti o sui collaboratori (vedi relazione del febbraio 2023). Il substrato sismico "rigido" o bedrock sismico (con  $V_s \cong 850$  m/s) è stato posto in alla profondità di circa 31 m dal piano di sbancamento in progetto (circa 35 m dal piano campagna attuale)<sup>1</sup>. L'assunzione del bedrock sismico a tale profondità, non rilevato direttamente dalle prove riportate nella relazione del Dr. Geol. Paolo Beretti, è un'ipotesi che restituisce risultati cautelativi a favore della sicurezza. Si è quindi costruita la stratigrafia di input da inserire in STRATA supponendo che gli accelerogrammi propagassero inizialmente dalla profondità di circa 31 m dal piano di sbancamento in progetto (substrato sismico "rigido").

La stratigrafia e la parametrizzazione utilizzate sono riportate nella seguente tabella, ricavate dal sondaggio a carotaggio continuo S1 e dalla prova geofisica in foro (Down-Hole), così come descritte nella relazione del Dr. Geol. Paolo Beretti:

Profondità (m)	Spessore strato (m)	Tipo di Terreno (vedi relazione del febbraio 2023 del Dr. Geol. Paolo Beretti)	Vs (m/sec)	Densità (KN/m <sup>3</sup> )
0.00	0.00	Suolo (asportato)	200.00	18.00
0.00	0.00	RIP1 (asportato)	200.00	18.00
0.00	0.00	RIP2 (asportato)	220.00	18.00
0.00	3.00	RIP2bis	200.00	18.00
3.00	3.00	UGT1-UGT2	150.00	18.80
6.00	4.00	UT2-UGT3-UGT4	200.00	20.00
10.00	4.00	UGT5a	550.00	21.00
14.00	4.00	UTG5b	650.00	21.00
18.00	13.00	UTG5b	780.00	21.00
31	∞	Substrato rigido ( $V_s > 800$ m/s)	850.00	22.00

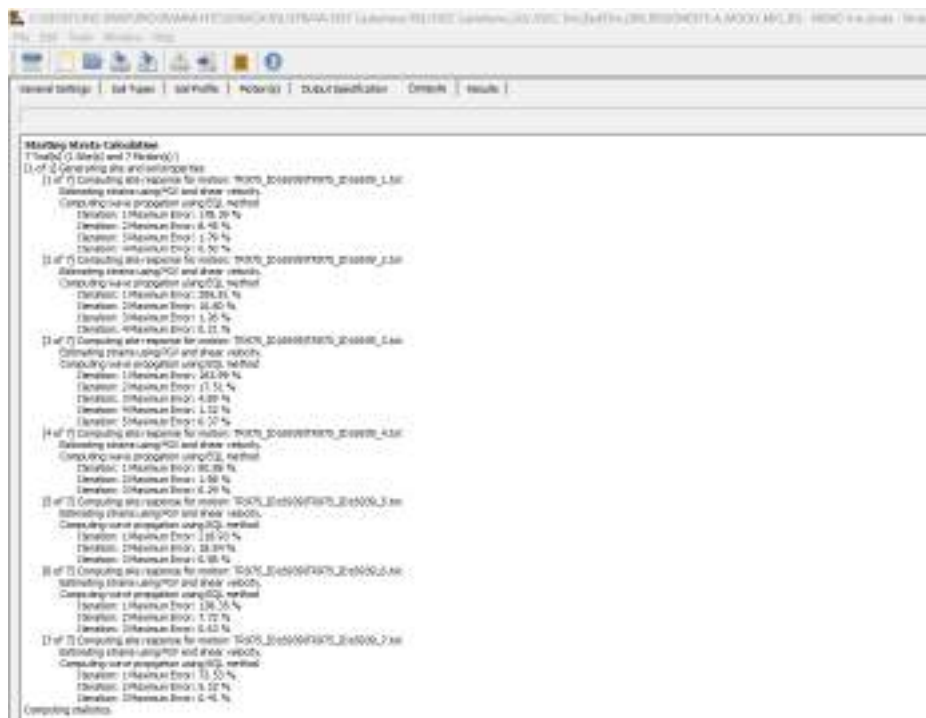
Tabella 3 - Input stratigrafico-geofisico in STRATA

I modelli di smorzamento e decadimento del modulo di taglio utilizzati per le varie tipologie di terreno sono quelli proposti dalla Regione Emilia-Romagna (2012) – "Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana di Maggio-Giugno 2012", da Idriss (1990) ed EPRI ROCK (1993)

La sintesi della qualità dei risultati ottenuti con STRATA è riportata nella seguente schermata; essa pertanto certifica la bontà dell'elaborazione effettuata.

<sup>1</sup> Il Dr. Geol. Paolo Beretti ha posto il substrato sismico "rigido" (con  $V_s \cong 850$  m/s) a 26 m dal piano campagna attuale quando, invece, la prova Down-Hole effettuata nel foro di sondaggio S1 è stata spinta fino a 35 m ed ha restituito valori di  $V_s$  pari a 780 m/s nell'ultima decina di metri (da -22 m a -35 m dal p.c.); per i dettagli della prova vedi allegato alla relazione del febbraio 2023 - risultati della prova Down-Hole effettuata dal Dr. Geol. Marco Ugolotti della Ditta MemoGeo di Montechiarugolo (PR).





In Figura 3 sono riportati gli spettri di risposta in accelerazione rispetto al periodo (tempo) ottenuti dall'analisi (*spettri RSL*). Le linee grigio chiare mostrano gli spettri di risposta relativi ad ogni singolo accelerogramma (7) elaborati dal software STRATA con il metodo Equivalent Linear (EQL), mentre la linea blu continua indica il valore medio (le due blu tratteggiate le mediane).

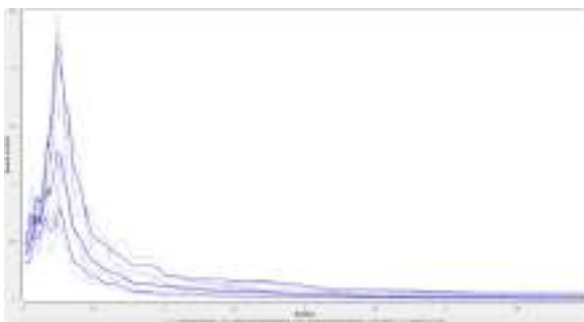


Fig. 3 – Spettri di risposta in accelerazione (spettri RSL)

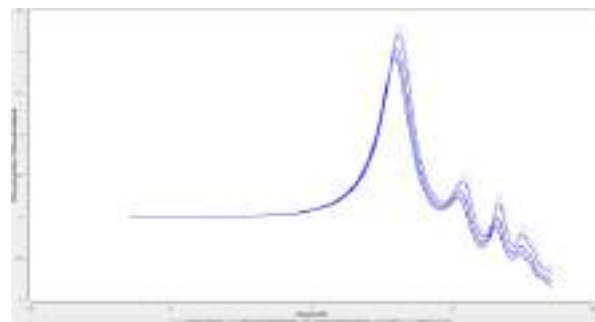


Fig. 4 – Funzione di trasferimento dell'accelerazione

In Figura 4 è riportata la funzione di trasferimento dell'accelerazione (sia di ognuno dei 7 accelerogrammi in grigio, che la media con linea blu continua e le due mediane con linee blu tratteggiate). La funzione di trasferimento non viene utilizzata direttamente nelle verifiche di strutture e opere geotecniche, ma può servire ad indicare il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo del sito indagato amplifica il segnale sismico. Dal confronto tra la funzione di trasferimento calcolata con la RSL ed i picchi di frequenze/ampiezza derivate dalle misure di H/V (sismica passiva HVSR) effettuata nel sito d'intervento (vedi analisi HVSR nella relazione del Dr. Geol. Paolo Beretti) si ottiene una buona congruenza, che valida il lavoro fatto.

Di seguito (Figura 5) viene riproposto in veste più chiara lo *spettro medio di risposta elastico in accelerazione (spettro medio RSL, indicato in grigio chiaro)* ottenuto come

media degli spettri di risposta relativi ai 7 accelerogrammi elaborati da STRATA. Esso, come già detto, è riferito allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con associato un periodo di ritorno di 975 anni (cautelativo rispetto al periodo di 712 anni).

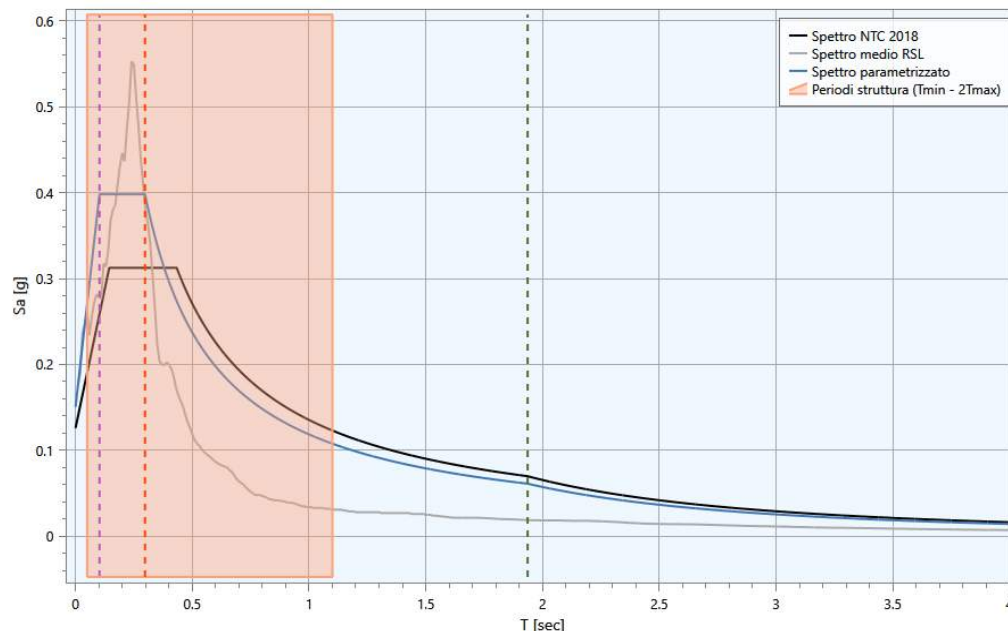
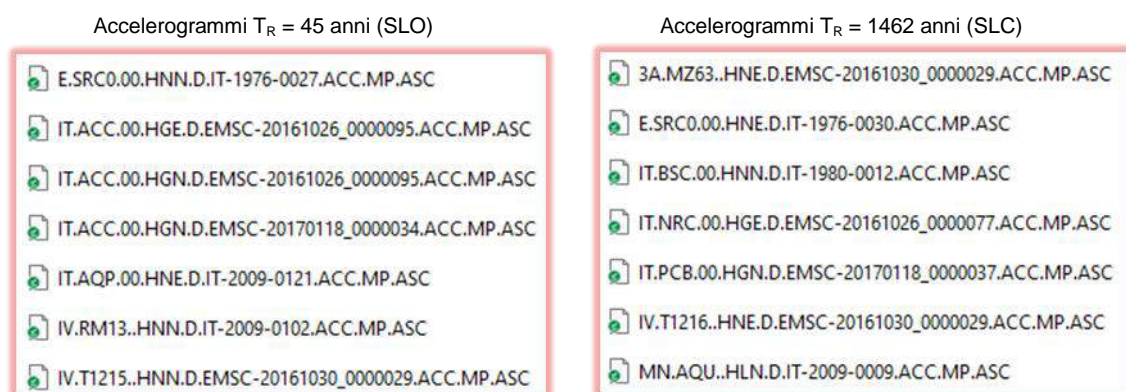


Fig. 5 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLV

La "normalizzazione" o "regolarizzazione" dello spettro medio RSL è stata effettuata seguendo il metodo indicato nell'Appendice 1 dell'Ordinanza n. 55 del 24/04/2018 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016, utilizzando il software ReSp (Stacec). Nella stessa Figura 5 viene riportato, oltre allo spettro medio RSL, lo spettro medio di risposta elastico RSL "normalizzato" (indicato in legenda come Spettro parametrizzato) e quello semplificato ottenuto dalle N.T.C. 2018 (Spettro NTC 2018 che nel caso è riferito alla categoria C di sottosuolo). In base ai criteri riportati nell'allegato 1 della citata Ordinanza n. 55 del 24/4/2018 (sinteticamente indicati come rapporto puntuale in % e rapporto integrale in %), nel caso in esame NON è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica (categoria C) al fine di definire lo spettro elastico di progetto SLV in quanto il confronto con lo spettro medio RSL ottenuto dall'analisi numerica monodimensionale (1D) non ha dato esito positivo (con qualsiasi combinazione di  $T_{min}$  e  $T_{max}$ )<sup>2</sup>. Si rimanda pertanto al progettista la possibilità di utilizzare il solo spettro medio di risposta elastica in accelerazione (spettro medio RSL) tale e quale o "normalizzato". A tal proposito, per la scelta più opportuna, si consiglia di valutare attentamente l'ampiezza dello spettro medio RSL (allo SLV) in corrispondenza dei periodi di vibrazione T delle strutture in progetto e confrontarla poi con le analoghe ampiezze dello spettro "normalizzato". Infine, per avere valori a favore della sicurezza, lo spettro RSL è stato determinato utilizzando un set di accelerogrammi con periodo di ritorno  $T_R$  di 975 anni (estratti dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna).

<sup>2</sup> Nel caso il periodo di vibrazione massimo ( $T_{max}$ ) delle nuove strutture previste sia maggiore di 0,55 sec, l'approccio semplificato della normativa non è comunque applicabile (vedi punto 3.2 dell'Allegato 1 all'ordinanza n. 55 del 24/04/2018).

Come per lo spettro allo SLV, si è proceduto al confronto tra gli spettri medi RSL “normalizzati” allo SLC, allo SLD ed allo SLO con quelli semplificati delle N.T.C. 2018 (categoria C di sottosuolo). Per determinare gli spettri medi di risposta elastico in accelerazione (spettri medi RSL) e “normalizzati” allo SLC, allo SLD ed allo SLO, si è usata la medesima metodologia utilizzata con lo SLV. Per lo spettro SLD si sono utilizzati i sette accelerogrammi spettro-compatibili ottenuti sempre dalla WebGIS RER con tempo di ritorno di 101 anni (più cautelativo rispetto al tempo di ritorno di 75 anni dello SLD) riferiti sempre al nodo ID16939 del reticolo di riferimento, mentre per gli spettri allo SLC ed allo SLO si sono utilizzati sette accelerogrammi spettro-compatibili ottenuti con REXELweb nella banca dati Itaca dell’INGV con tempo di ritorno rispettivamente di 1462 anni e 45 anni in quanto non ottenibili dalla banca dati regionale. I gruppi dei sette accelerogrammi spettro-compatibili utilizzati per ottenere gli spettri allo SLC ed allo SLO sono riportati di seguito (quelli ricavati dalla banca dati regionale - WebGIS RER - sono facilmente identificabili tramite il riferimento al nodo della griglia e relativo tempo di ritorno).



Si sono quindi caricati i tre set di accelerogrammi così ottenuti, composti ognuno da sette accelerogrammi spettro-compatibili (con  $T_R = 45$  anni,  $T_R = 101$  anni e  $T_R = 1462$  anni), in STRATA ed utilizzando le stesse impostazioni usate per lo SLV, si sono ricavati gli spettri medi RSL per ogni strato limite considerato (SLC, SLD e SLO).

La “normalizzazione” o “regolarizzazione” degli spettri medi RSL allo SLC, allo SLD ed allo SLO è stata effettuata, come per lo SLV, seguendo il metodo indicato nell’Appendice 1 dell’Ordinanza n. 55 del 24/04/2018 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016, utilizzando il software ReSp (Stacec). Nelle seguenti Figure viene riportato, oltre allo spettro medio RSL, lo spettro medio di risposta elastico RSL “normalizzato” (indicato in legenda come Spettro parametrizzato) e quello semplificato ottenuto delle N.T.C. 2018 (Spettro NTC 2018 che nel caso è riferito alla categoria C di sottosuolo) per lo SLC (Figura 6), lo SLD (Figura 7) ed allo SLO (Figura 8). In tali figure vengono riportati anche i parametri base per costruire gli spettri medi di risposta elastico RSL “normalizzati” (parametrizzati) e l’esito del confronto per ogni stato limite considerato. Nel caso richiesti, verranno forniti i punti degli spettri di risposta “normalizzati” ottenuto dalle simulazioni numeriche e quelli degli spettri medi di risposta elastica RLS riferiti allo SLC, allo SLD ed allo SLO (ottenuti con il programma STRATA).

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.365	1.59	2.76	0.10	0.31	2.52

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	62.42	1.70	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

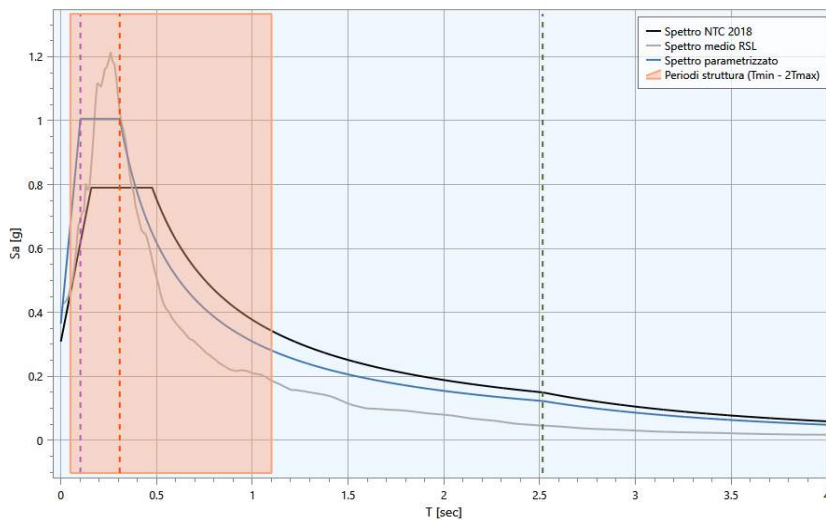


Fig. 6 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLC

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.15	1.79	2.65	0.10	0.30	1.94

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	53.83	4.29	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

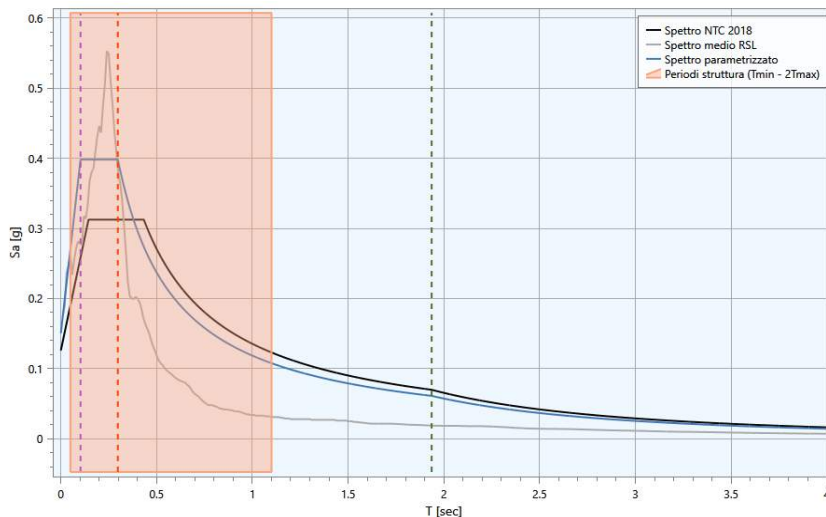


Fig. 7 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLD

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.113	1.66	3.11	0.09	0.28	1.87

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	72.65	11.28	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

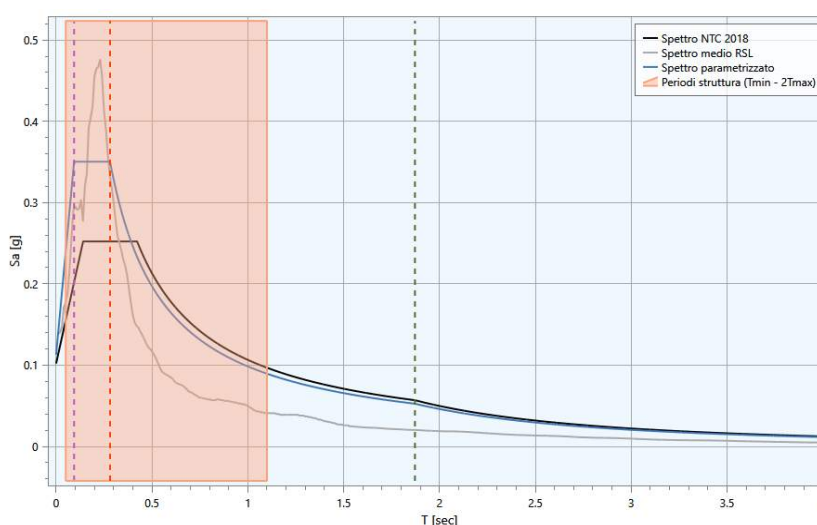


Fig. 8 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLO

In base ai criteri riportati nell'allegato 1 della citata Ordinanza n. 55 del 24/4/2018 (sinteticamente indicati come rapporto puntuale in % e rapporto integrale in %), anche per gli SLC, SLD e SLO non è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica (categoria C di sottosuolo) al fine di definire gli spettri elastici di progetto, in quanto il confronto con i rispettivi spettri medi RSL ottenuti dall'analisi numerica monodimensionale (1D) non ha dato esito positivo (utilizzando qualsiasi combinazione di  $T_{min}$  e  $T_{max}$ ). Anche per questi stati limite si rimanda pertanto al progettista la possibilità di utilizzare i soli spettri medi di risposta elastica in accelerazione (spettri medi RSL) tali e quali o "normalizzati". A tal proposito, come per lo SLV, per la scelta più opportuna si consiglia di valutare attentamente le ampiezze degli spettri medi RSL per ogni stato limite considerato (SLC, SLD e SLO) in corrispondenza dei periodi di vibrazione  $T$  delle strutture in progetto e confrontarla poi con le analoghe ampiezze dei relativi spettri "normalizzati".

La procedura di normalizzazione degli spettri medi RSL, così come i valori puntuali degli spettri stessi (quelli medi RSL tali e quali e quelli "normalizzati") sono riportati, con le relative precisazioni, nella relazione di calcolo (regolarizzazione degli spettri di risposta) in allegato alla presente relazione.



#### 4. VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE E CONSIDERAZIONI FINALI

A seguito della scelta operata nel progetto definitivo-esecutivo di abbassare di circa 4,0 m il sedime d'intervento, si è proceduto a rivalutare le condizioni teoriche d'equilibrio del sito tramite una serie di verifiche di stabilità locale (post-intervento). A questo scopo è stato utilizzato il programma SSAP 2010 (Slope Stability Analysis Program) del Dr. Geol. Lorenzo Borselli dell'Università Autonoma de San Luis Potosì (Messico), nella sua versione 5.2.2 aggiornata al luglio del 2023. Tale programma di stabilità è stato utilizzato anche dal Dr. Geol. Paolo Beretti nella relazione del febbraio 2023.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite lungo la stessa traccia EE utilizzate dal Dr. Geol. Paolo Beretti. Anche lo schema stratigrafico e geotecnico utilizzato è quello riportato nella relazione del febbraio 2023 dal Dr. Geol. Paolo Beretti, a cui si rimanda per ogni dettaglio (tale schema è comunque riportato anche negli elaborati grafici e relativo tabulato delle verifiche effettuate dal sottoscritto).

Non si è considerato l'influenza del nuovo Palazzetto dello Sport in progetto, come fatto dal Dr. Geol. Paolo Beretti, in quanto verrà realizzato su pali; in tal modo i carichi del fabbricato verranno trasferiti in profondità, sul substrato roccioso, senza aggravare gli orizzonti superficiali. Si è considerata invece l'influenza di un sovraccarico in tutta l'area d'intervento, sia nell'impronta del fabbricato che nelle zone cortilive circostanti, compresa l'area a monte della palificata, dovuto alle pavimentazioni previste (e relativi sottofondi) e soprattutto ai mezzi che circoleranno o saranno in sosta (parcheggi). In via cautelativa, su indicazioni dell'Ing. Stefano Spadaccini, è stato considerato un carico uniformemente distribuito pari a circa 1 ton/m<sup>2</sup>, equivalente a circa 10 kPa (10 kN/m<sup>2</sup>).

Si è assunto la presenza di una falda idrica continua a -3,0 m dal piano sbancamento previsto, dato che si dovrà realizzare un'adeguata rete drenante in tutta l'area d'intervento che tenga il livello piezometrico della falda idrica a tale profondità di progetto.

Per la berlinese, su indicazione dell'Ing. Stefano Spadaccini, si è ipotizzato l'esecuzione di pali trivellati con diametro di 0,8 m ed interasse di 1,0 m. La lunghezza della palificata prevista è di 15 m, ammorsata nel substrato roccioso (orizzonte UGT5a).

Per le verifiche di stabilità in condizioni sismiche occorre definire i coefficienti dell'azione sismica. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici ed utilizzando metodi pseudostatici, si ha:

$$K_h = \beta_s a_{g \max} / g$$
$$K_v = \pm 0.5 K_h$$

dove:

$K_H$  = *coefficiente dell'azione sismica orizzontale*

$K_V$  = *coefficiente dell'azione sismica verticale*

$\beta_s$  = *coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, variabile in base alla categoria di sottosuolo ed al valore di  $a_g$*

$a_{g \max}$  = *accelerazione orizzontale massima attesa al sito*

$g$  = *accelerazione di gravità*

Nel caso in oggetto, con un'accelerazione orizzontale massima attesa al sito  $a_g \max$  pari a circa **0.325 g** allo SLV (vedi analisi di Risposta Sismica Locale) ed il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $\beta_s$  più cautelativo, pari a **0,38**, da utilizzare per fronti di scavo e rilevati (vedi Cap. 7.11.4 del D.M.17/01/2018), si ottiene:

*coefficiente dell'azione sismica orizzontale*  $K_h \cong \mathbf{0,1235}$

*coefficiente dell'azione sismica verticale*  $K_v \cong \pm \mathbf{0,0618}$

Questi coefficienti sono da adottare nelle verifiche di stabilità in condizioni sismiche dei fronti di scavo, rilevati e per quelle relative ad opere da realizzare lungo un pendio nello stato limite ultimo (SLV). Inoltre, il valore di *coefficiente dell'azione sismica orizzontale*  $K_h$  corrisponde al valore del *fattore d'inerzia del suolo*  $K_{hk}$  e può essere utilizzato nella verifica allo Stato Limite Ultimo delle fondazioni in condizioni sismiche (vedi Capitolo C7.11.5.3.1 della Circolare 21/01/2019 n.7 C.S.LL.PP.).

Le verifiche di stabilità sono state effettuate sia in situazione statica che dinamica (con sisma), nelle sole condizioni di progetto post-intervento; quelle riferite allo stato attuale sono già state approntate dal Dr. Geol. Paolo Beretti che ha certificato la stabilità globale dell'area e la fattibilità geologica dell'intervento. Per le verifiche si è seguita la metodologia indicata dalle N.T.C. (D.M. 17/01/2018).

Nelle presenti verifiche dopo la realizzazione dell'opera (post-intervento o di progetto) si è utilizzato l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I della normativa. Coerentemente con le indicazioni contenute nelle norme, nelle verifiche in situazione statica i valori dell'angolo d'attrito efficace e della coesione efficace sono stati ridotti (vedi Tabella 6.2.II del D.M.17/01/2018), mentre in situazione dinamica i coefficienti parziali delle azioni e dei parametri geotecnici si devono porre pari a 1 (vedi Capitolo 7.11.1 del D.M.17/01/2018), adottando altresì il cautelativo *coefficiente dell'azione sismica orizzontale*  $K_h$  prima determinato, pari a **0,1235** ed il relativo *coefficiente dell'azione sismica verticale*  $K_v$ , pari a circa **0,0618**. Il grado minimo di sicurezza che garantisca la stabilità teorica del versante (rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio, solitamente denominato *coefficiente di sicurezza*  $f_s$ ) deve essere rapportato a R2; in altre parole deve essere eguale o maggiore a **1,1** (vedi Tabella 6.8.I. del D.M.17/01/2018) oppure, in caso di fronti di scavo, rilevati ed opere di sostegno in situazione dinamica, deve essere eguale o maggiore a **1,2** (vedi Capitolo 7.11.4 del D.M.17/01/2018).

I valori ridotti dei parametri geotecnici drenati ottenuti dall'applicazione dei coefficienti parziali della Tabella 6.2.II della normativa, sono riportati negli elaborati grafici delle verifiche (e relativo tabulato) e nella relazione del Dr. Geol. Paolo Beretti.

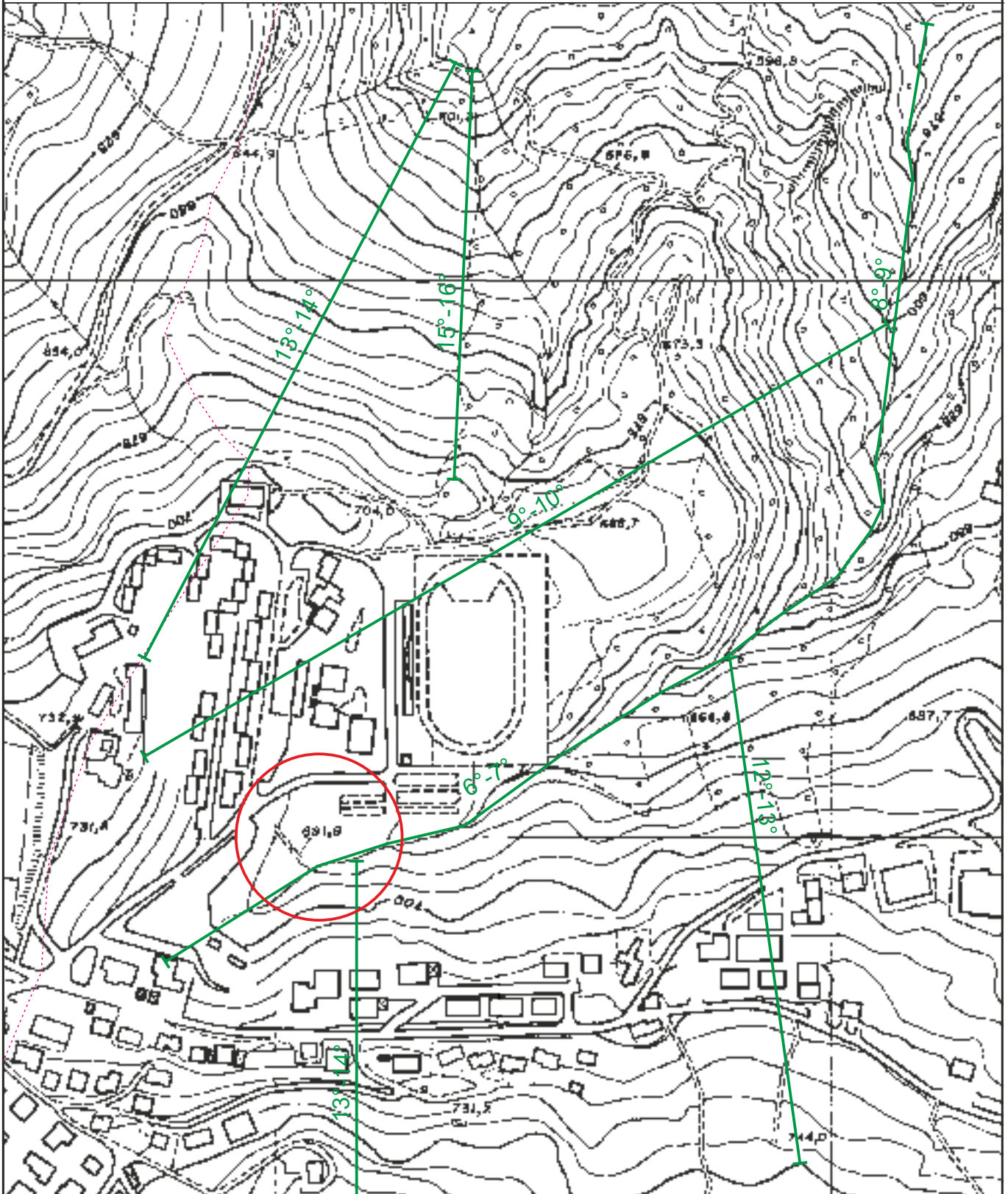
Tutte le verifiche sono state effettuate utilizzando l'algoritmo di calcolo creato da Borselli nel 2016 ed il motore di ricerca casuale delle superfici critiche Sniff Random Search (SRS) elaborato sempre da Borselli nel 1997 (aggiornato/integrato fino al 2021). Inoltre, si sono utilizzati i valori positivi dei *coefficiente dell'azione sismica verticale*  $K_v$ , quelli che restituiscono valori più restrittivi (come prevede la norma). I particolari geometrici, geotecnici e sismici di dettaglio delle verifiche, così come i parametri di ricerca adottati, sono riportati nelle Tavole 2a, ... 2d e nel sintetico tabulato al seguito

(che riporta anche le forze applicate/resistenti sulla palificata-berlinese in situazione statica e dinamica, utili al tecnico che opererà il preciso dimensionamento della stessa e le relative verifiche strutturali). Nelle stesse Tavole sono disegnate le 10 superfici critiche, cioè quelle che presentano i valori minimi del *coefficiente di sicurezza*  $f_s$ .

Nelle condizioni post-intervento (dopo la realizzazione dell'opera come da progetto definitivo-esecutivo elaborato per conto del Consorzio CAMAR) i *coefficienti di sicurezza*  $f_s$  minimi riscontrati sono risultati pari a circa 1,39 (scarpata a valle del fabbricato / piede rilevato) e circa 2,09 (zona di monte con palificata di sostegno) in situazione statica e pari a circa 1,23 (scarpata a valle del fabbricato / piede rilevato) e circa 1,79 (zona di monte con palificata di sostegno) in situazione dinamica (vedi Tavole 2a, ..., 2d). Considerando quindi che, operando in base a ipotesi cautelative, si sono ottenuti coefficienti di sicurezza accettabili in base alla normativa vigente, che richiede un *coefficiente di sicurezza*  $f_s$  minimo di 1,1 o 1,2 (solo per fronti di scavo, rilevati ed opere di sostegno in situazione dinamica), si può dichiarare che l'intervento prospettato non inciderà negativamente sulla stabilità locale dell'area d'intervento. Pertanto, dalle verifiche effettuate in base al progetto definitivo-esecutivo (che sostanzialmente prevede un di abbassare di circa 4,0 m il sedime d'intervento e di confinare poi la falda idrica a -3,0 m dal nuovo piano campagna), non occorrerà realizzare un'opera di contenimento sul bordo orientale e settentrionale della scarpata antropica, come consigliato dal Dr. Geol. Paolo Beretti nella relazione del febbraio 2023. Si prescrive comunque di prevedere opere di ingegneria naturalistica su tale scarpata a valle del fabbricato e/o un adeguato inerbimento/piantumazione della stessa che la protegga da eventuali processi di alterazione od erosione superficiale. Ovviamente, andranno seguite tutte le prescrizioni dettate dalla presente relazione integrativa e soprattutto quelle impartite nella relazione del febbraio 2023 dal Dr. Geol. Paolo Beretti. A tal proposito, visto che con l'abbassamento dell'area d'intervento di circa 4,0 m verranno in gran parte rimossi i terreni di riporto, le prescrizioni impartite dal Dr. Geol. Paolo Beretti per l'esecuzione delle pavimentazioni strutturali del manufatto e soprattutto per i pacchetti stradali previsti nelle aree adiacenti al fabbricato, deputate al passaggio di autoveicoli, rimangono valide in particolar modo per la sola parte centro-orientale dell'area d'intervento.

Si fa presente infine che per la palificata di sostegno prevista (berlinese) è necessario sempre accoppiare la analisi e le verifiche sopra descritte con un'analisi strutturale, per verificare che gli sforzi mobilitati dalla palificata allo scopo di incrementare il valore complessivo *coefficiente di sicurezza*  $f_s$  non mettano in crisi la struttura. In particolare è necessario che le sollecitazioni associate alla superficie di scivolamento non mettano in crisi le resistenze limite (flessionali e di taglio dei pali singoli o della palificata). A tal proposito sono state effettuate varie verifiche ed elaborazioni, in collaborazione con il tecnico strutturista Ing. Stefano Spadaccini, per determinare le forze reagenti che la palificata (berlinese) dovrà supportare per la stabilità della porzione di versante a monte. In particolare, sono state effettuate una serie di verifiche, oltre a quelle qui riportate, con o senza l'inserimento della palificata o inserendo la palificata stessa come un lente-elemento con una data resistenza, in modo tale da ricercare le forze applicate/resistenti sulla palificata, le forze reagenti necessarie alla stabilità della porzione di versante di monte e/o il deficit/surplus di resistenze. Tali elaborazioni, di supporto all'attività del tecnico strutturista, non sono state allegate alla presente relazione in quanto funzionali alle sole verifiche strutturali.

Estratto C.T.R. - scala 1:5.000  
Elementi n. 218 131 - 218 144 Castelnovo ne' Monti - Campolungo



13°-14°

Tracce calcolo  
pendenze e valori

..... Spartiacque

**MORFOLOGIA DELL'AREA  
E PENDENZE LOCALI**

data: gennaio 2024

comm: Consorzio CAMAR

dis:

**TAVOLA  
1**



SSAP 5.2.2 (2023) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

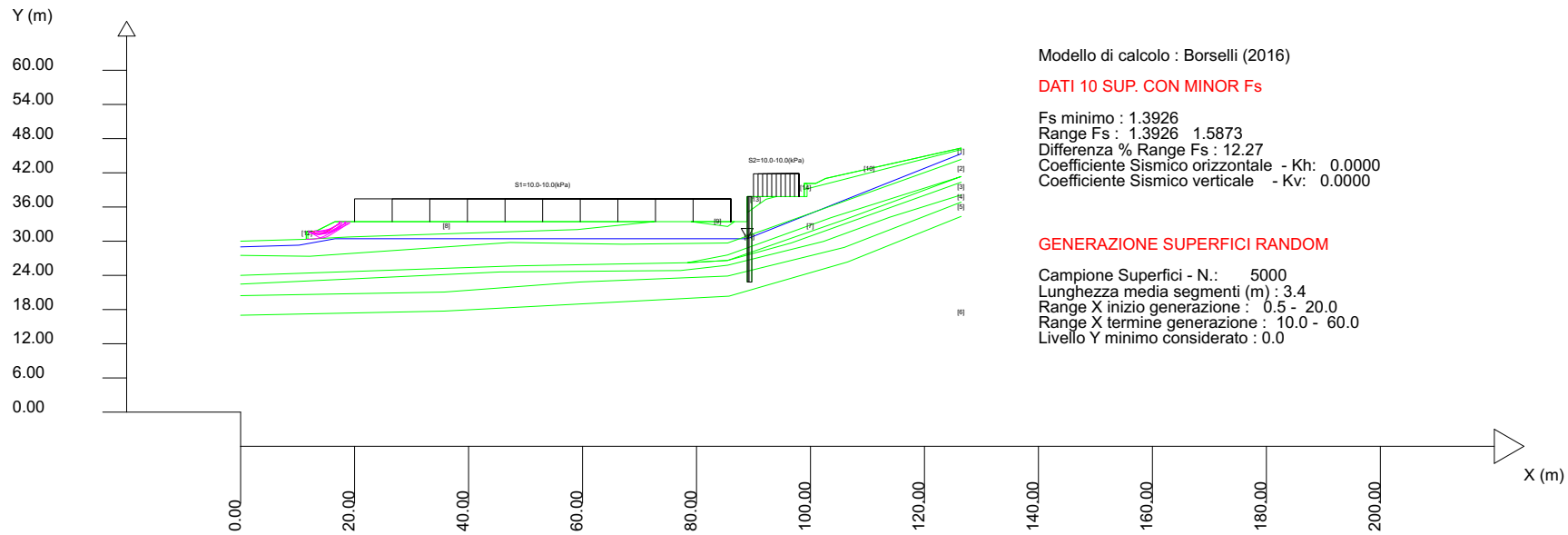
Data : 17/9/2023  
 Localita' : Castelnuovo ne' Monti (RE)  
 Descrizione : nuovo palazzetto dello sport  
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

# Parametri Geotecnici degli strati #

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	17.91	9.60	0	19.90	20.70	0	0	0	0
2	17.07	6.40	0	19.70	20.50	0	0	0	0
3	20.46	11.20	0	19.70	20.50	0	0	0	0
4	24.79	40.00	0	20.70	21.50	0	0	0	0
5	30.17	60.00	0	22.00	22.80	0	0	0	0
6	29.26	48.00	0	21.50	22.30	0	0	0	0
7	15.40	2.40	0	19.30	20.10	0	0	0	0
8	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
9	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
10	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
11	0	0	457.14	23.00	23.00	0	0	0	0
12	0	0	714.29	25.00	25.00	0	0	0	0
13	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
14	0	0	714.29	25.00	25.00	0	0	0	0



Modello di calcolo : Borselli (2016)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.3926  
 Range Fs : 1.3926 1.5873  
 Differenza % Range Fs : 12.27  
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000  
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000  
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.4  
 Range X inizio generazione : 0.5 - 20.0  
 Range X termine generazione : 10.0 - 60.0  
 Livello Y minimo considerato : 0.0

**VERIFICA DI STABILITA' IN SITUAZIONE STATICA**  
**PROGETTO - Sezione EE (valle)**

data: gennaio 2024

comm: Consorzio CAMAR

dis.:

**TAVOLA**  
**2a**



SSAP 5.2.2 (2023) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

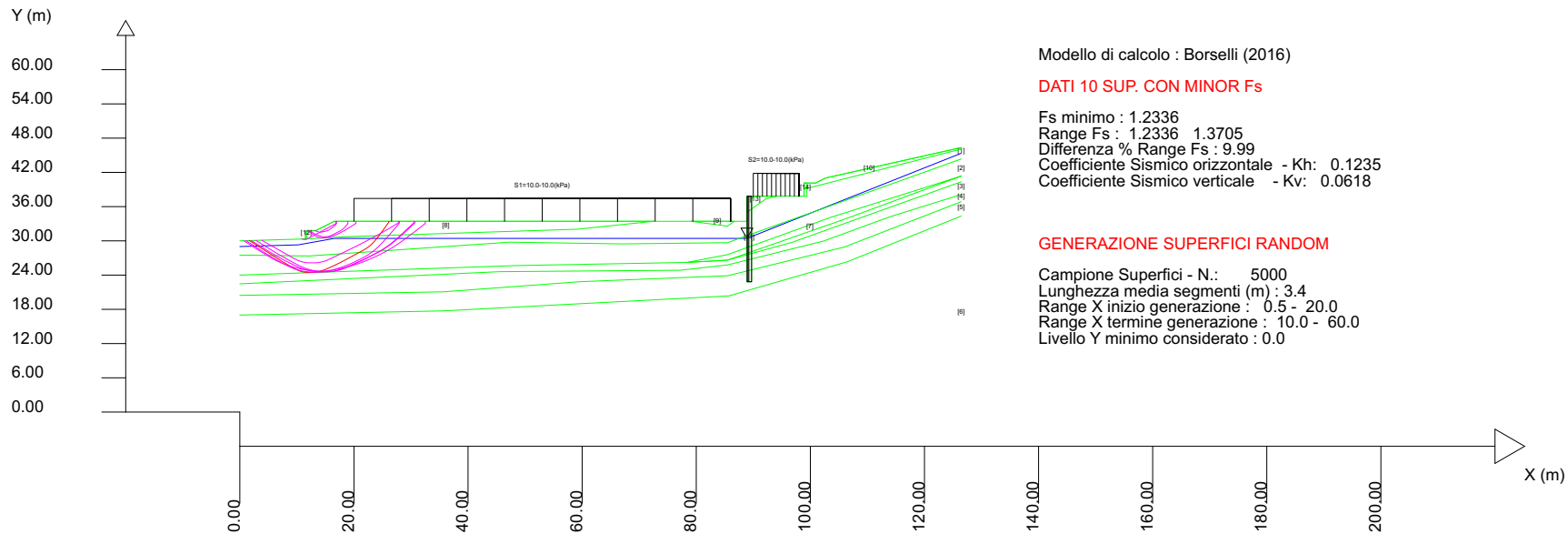
Data : 17/9/2023  
 Localita : CastelH...the M...hti (RE)  
 Descriz...the : ...v... palazzett... delH... sp...rt  
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

# Parametri Geotecnici degli strati #

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	22.00	12.00	0	19.90	20.70	0	0	0	0
2	21.00	8.00	0	19.70	20.50	0	0	0	0
3	25.00	14.00	0	19.70	20.50	0	0	0	0
4	30.00	50.00	0	20.70	21.50	0	0	0	0
5	36.00	75.00	0	22.00	22.80	0	0	0	0
6	35.00	60.00	0	21.50	22.30	0	0	0	0
7	19.00	3.00	0	19.30	20.10	0	0	0	0
8	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
9	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
10	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
11	0	0	640.00	23.00	23.00	0	0	0	0
12	0	0	1000.00	25.00	25.00	0	0	0	0
13	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
14	0	0	1000.00	25.00	25.00	0	0	0	0



**VERIFICA DI STABILITA' IN SITUAZIONE DINAMICA**  
**PROGETTO - Sezione EE (valle)**

data: gennaio 2024  
 comm: Consorzio CAMAR  
 dis.:

**TAVOLA**  
**2b**

SSAP 5.2.2 (2023) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

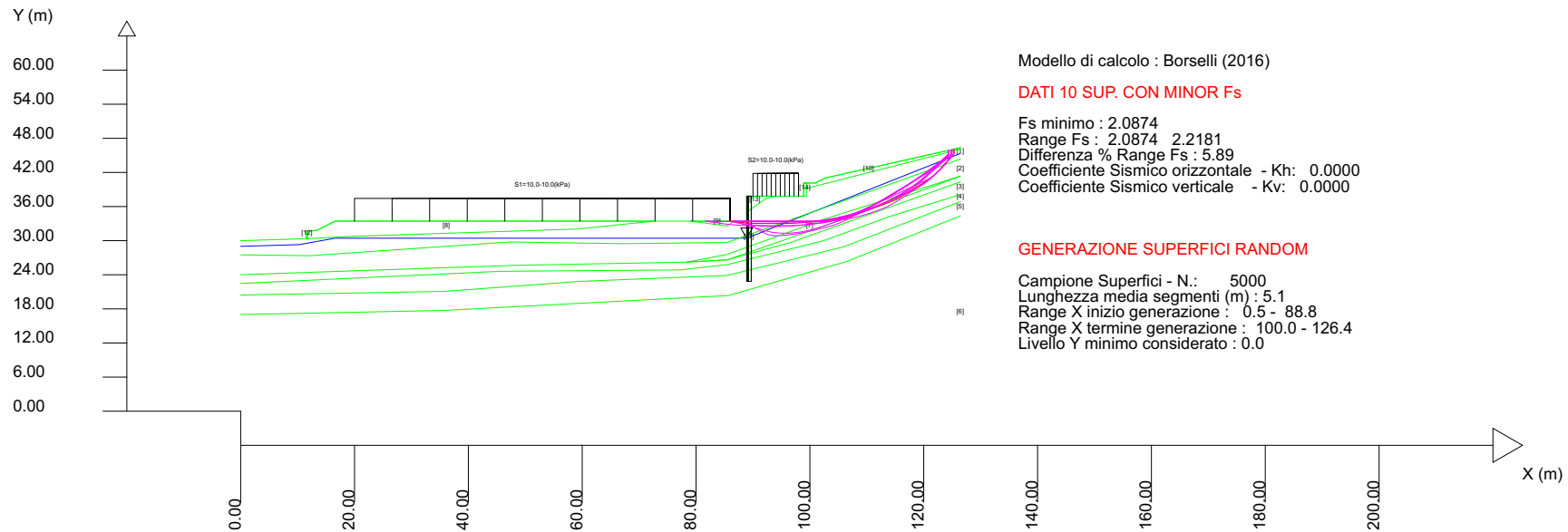
Data : 17/9/2023  
 Localita : Castel...  
 Descrizione : palazzetti del...  
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

# Parametri Geotecnici degli strati #

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	17.91	9.60	0	19.90	20.70	0	0	0	0
2	17.07	6.40	0	19.70	20.50	0	0	0	0
3	20.46	11.20	0	19.70	20.50	0	0	0	0
4	24.79	40.00	0	20.70	21.50	0	0	0	0
5	30.17	60.00	0	22.00	22.80	0	0	0	0
6	29.26	48.00	0	21.50	22.30	0	0	0	0
7	15.40	2.40	0	19.30	20.10	0	0	0	0
8	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
9	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
10	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
11	0	0	457.14	23.00	23.00	0	0	0	0
12	0	0	714.29	25.00	25.00	0	0	0	0
13	16.23	2.40	0	18.70	19.50	0	0	0	0
14	0	0	714.29	25.00	25.00	0	0	0	0



Modello di calcolo : Borselli (2016)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.0874  
 Range Fs : 2.0874 - 2.2181  
 Differenza % Range Fs : 5.89  
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000  
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000  
 Lunghezza media segmenti (m) : 5.1  
 Range X inizio generazione : 0.5 - 88.8  
 Range X termine generazione : 100.0 - 126.4  
 Livello Y minimo considerato : 0.0

**VERIFICA DI STABILITA' IN SITUAZIONE STATICA**  
**PROGETTO - Sezione EE (monte berlinese)**

data: gennaio 2024  
 comm: Consorzio CAMAR  
 dis.:

**TAVOLA**  
**2c**

SSAP 5.2.2 (2023) - Slope Stability Analysis Program

SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

Data : 17/9/2023

Localita : CastelH...the M...ti (RE)

Descriz...he : ...palazzett... delH... sp...rt

[n] = N. strato o lente

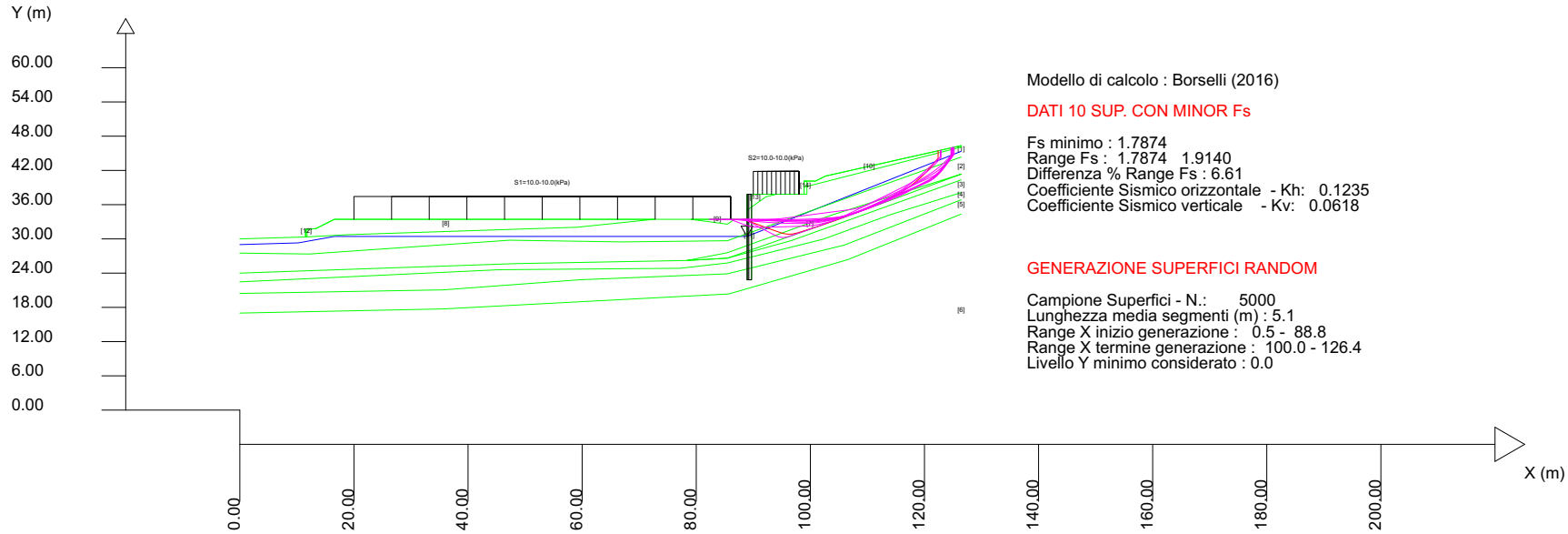
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu

Sn --> Sovraccarico

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

# Parametri Geotecnici degli strati #

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	22.00	12.00	0	19.90	20.70	0	0	0	0
2	21.00	8.00	0	19.70	20.50	0	0	0	0
3	25.00	14.00	0	19.70	20.50	0	0	0	0
4	30.00	50.00	0	20.70	21.50	0	0	0	0
5	36.00	75.00	0	22.00	22.80	0	0	0	0
6	35.00	60.00	0	21.50	22.30	0	0	0	0
7	19.00	3.00	0	19.30	20.10	0	0	0	0
8	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
9	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
10	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
11	0	0	640.00	23.00	23.00	0	0	0	0
12	0	0	1000.00	25.00	25.00	0	0	0	0
13	20.00	3.00	0	18.70	19.50	0	0	0	0
14	0	0	1000.00	25.00	25.00	0	0	0	0



Modello di calcolo : Borselli (2016)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.7874

Range Fs : 1.7874 1.9140

Differenza % Range Fs : 6.61

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.1235

Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0618

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m) : 5.1

Range X inizio generazione : 0.5 - 88.8

Range X termine generazione : 100.0 - 126.4

Livello Y minimo considerato : 0.0

**VERIFICA DI STABILITA' IN SITUAZIONE DINAMICA**  
**PROGETTO - Sezione EE (monte berlinese)**

data: gennaio 2024

comm: Consorzio CAMAR

dis.:

**TAVOLA**  
**2d**

# Report elaborazioni

SSAP 5.2.2 - Slope Stability Analysis Program (1991,2023)

WWW.SSAP.EU

Build No. 14046

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia, Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 3 luglio 2023

Data: 17/9/2023

Localita': **Nuovo Palazzetto dello Sport di Castelnuovo ne' Monti (RE)**  
 Descrizione: **Verifiche di stabilità lungo la sezione EE - Post-intervento**  
 Committente: **Consorzio CAMAR**

\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) \_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	30.00	0.00	27.51	0.00	24.00	0.00	22.47
11.53	30.34	12.13	27.35	13.15	24.46	45.51	24.60
11.53	31.67	47.27	29.77	48.47	25.67	77.18	24.85
11.80	31.67	67.04	29.47	78.39	26.22	85.46	25.78
13.34	31.81	85.46	29.68	85.46	26.62	102.29	29.96
16.57	33.43	126.44	44.35	96.66	29.70	113.89	34.20
72.58	33.43	-	-	126.44	40.35	126.44	38.12
79.05	33.43	-	-	-	-	-	-
86.66	33.43	-	-	-	-	-	-
88.89	33.43	-	-	-	-	-	-
88.90	35.02	-	-	-	-	-	-
88.90	37.83	-	-	-	-	-	-
89.70	37.83	-	-	-	-	-	-
90.03	37.83	-	-	-	-	-	-
94.03	37.83	-	-	-	-	-	-
98.90	37.83	-	-	-	-	-	-
98.90	39.07	-	-	-	-	-	-
98.90	40.13	-	-	-	-	-	-
99.40	40.13	-	-	-	-	-	-
100.90	40.13	-	-	-	-	-	-
102.65	41.01	-	-	-	-	-	-
126.44	46.35	-	-	-	-	-	-

SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	20.44	0.00	17.00	78.39	26.22	11.53	30.34
35.69	21.07	35.69	17.73	81.93	26.42	18.80	30.73
59.59	22.84	85.70	20.35	85.46	26.62	38.94	31.39
85.46	23.88	106.51	26.35	95.70	30.20	59.09	32.04
105.93	28.91	126.44	34.35	105.93	33.77	72.58	33.43
126.44	36.86	-	-	116.19	37.56	16.57	33.43
-	-	-	-	126.44	41.35	13.34	31.81
-	-	-	-	103.61	34.13	11.80	31.67
-	-	-	-	85.46	27.58	11.53	31.67
-	-	-	-	78.39	26.22	11.53	30.34

SUP 9		SUP 10		SUP 11		SUP 12	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
79.05	33.43	98.90	39.07	88.90	37.83	11.53	30.34
85.46	32.58	126.44	46.09	89.70	37.83	11.80	30.34
86.66	33.43	126.44	46.35	89.69	22.83	11.80	31.67
79.05	33.43	102.65	41.01	88.89	22.83	11.53	31.67
-	-	100.90	40.13	88.89	33.43	11.53	30.34
-	-	98.90	40.13	88.90	35.02	-	-
-	-	98.90	39.07	88.90	37.83	-	-

SUP 13		SUP 14		SUP 15		SUP 16	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
88.90	35.02	98.90	40.13	-	-	-	-
92.19	37.36	98.90	39.07	-	-	-	-
94.03	37.83	98.90	37.83	-	-	-	-
89.70	37.83	99.40	37.83	-	-	-	-
88.90	37.83	99.40	40.13	-	-	-	-
88.90	35.02	98.90	40.13	-	-	-	-

SUP FALDA	
X	Y
0.00	29.00
10.24	29.30
16.57	30.43
88.89	30.43
126.44	45.35

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA  
 EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.  
 Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.  
 La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
 Coefficiente K 0.000800  
 Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
 Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00  
 Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA  
 STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	22.00	12.00	0.00	19.90	20.70	1.593	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	21.00	8.00	0.00	19.70	20.50	1.357	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	25.00	14.00	0.00	19.70	20.50	1.921	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 4	30.00	50.00	0.00	20.70	21.50	5.339	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 5	36.00	75.00	0.00	22.00	22.80	11.013	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 6	35.00	60.00	0.00	21.50	22.30	7.454	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 7	19.00	3.00	0.00	19.30	20.10	1.039	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 8	20.00	3.00	0.00	18.70	19.50	1.108	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 9	20.00	3.00	0.00	18.70	19.50	1.108	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 10	20.00	3.00	0.00	18.70	19.50	1.108	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 11	0.00	0.00	640.00	23.00	23.00	1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 12	0.00	0.00	1000.00	25.00	25.00	1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 13	20.00	3.00	0.00	18.70	19.50	1.108	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 14	0.00	0.00	1000.00	25.00	25.00	1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)  
 ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-  
 sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)  
 GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)  
 mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)  
 D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

Nota Bene:

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	X1 (m)	X2 (m)	SX1 (kPa)	SX2 (kPa)	Alpha ( )	WsH1 (kN/m)	WsH2 (kN/m)	WsV1 (kN/m)	WsV2 (kN/m)
1	20.0000	86.0000	10.00	10.00	90.00	0.00	0.00	10.00	10.00
2	90.0000	98.0000	10.00	10.00	90.00	0.00	0.00	10.00	10.00

LEGENDA SIMBOLI

N. : NUMERO SOVRACCARICO  
 X1(m) : Posizione carico da X1  
 X2(m) : a X2  
 SX1(kPa) : Carico in X1 (Kpa)  
 SX2(kPa) : Carico in X2 (Kpa)  
 Alpha ( ) : Inclinazione carico (gradi):  
 Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
 WsH1, WsH2 (kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) : da X1 a X2 (vedasi cap.2 manuale)  
 WsV1, WsV2 (kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) : da X1 a X2 (vedasi Cap.2 manuale)

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Nota Bene:

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

TABELLA PALIFICATE

N. (-)	X (m)	Y (m)	L (m)	D (m)	D2 (m)	D1 (m)	fNTC (-)
1	89.7000	37.8300	15.00	0.80	0.20	1.00	3.00

LEGENDA SIMBOLI

N. (-) : Numero PALIFICATA  
 X(m) : Coordinata X Testa  
 Y(m) : Coordinata Y Testa  
 L(m) : Lunghezza pali L\*  
 D(m) : Diametro pali  
 D2(m) : Lunghezza apertura tra pali  
 D1(m) : Lunghezza interasse tra pali  
 fNTC : Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018)  
 \*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza, ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastrato).



----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: SNIFF RANDOM SEARCH - Borselli (1997,2021)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)\*: 3.4 (valle) 5.1 (monte) (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.50-20.00 (valle) 0.50-88.80 (monte)

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 10.00-60.00 (valle) 100.00-126.40 (monte)

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

\*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : BORSELLI (Borselli, 2016)

METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : B (piu' accurato)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.00 (statica) 0.1235 (dinamica)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000 (statica) 0.0618 (dinamica)

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\* (analisi statica palificata di monte)

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza, ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

PALIFICATA N.1-----

Coordinata X Testa (m): 89.7000

Coordinata Y Testa (m): 37.8300

Lunghezza pali L (m)\* : 15.00

Diametro pali D(m): 0.80

Interasse tra pali D1(m): 1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m): 0.20

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018): 3.00

Massima % mobilizzazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo: 33.33

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 4.76

PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : -3.23

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA

CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilizzazione massima assunta e spinta E(x) reale

MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO qz0 (kN/m) : 80.08

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO qzmax (kN/m) : 608.21

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza l m) SU PALIFICATA Fp (kN/m) : 1639.28

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza l m) SU PALIFICATA Fpm (kN/m) : 260.89

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) : 0.1591

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO qz0m (kN/m) : 12.75

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO qzmaxm (kN/m) : 96.80

SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO TAUpm (kPa) : 5.676

FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\* (analisi dinamica palificata di monte)

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza, ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

PALIFICATA N.1-----

Coordinata X Testa (m): 89.7000

Coordinata Y Testa (m): 37.8300

Lunghezza pali L (m)\* : 15.00

Diametro pali D(m): 0.80

Interasse tra pali D1(m): 1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m): 0.20

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018): 3.00

Massima % mobilizzazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo: 33.33

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 4.91

PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : -20.44

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA

CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilizzazione massima assunta e spinta E(x) reale

MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO qz0 (kN/m) : 126.84

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO qzmax (kN/m) : 971.07

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza l m) SU PALIFICATA Fp (kN/m) : 2693.83

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza l m) SU PALIFICATA Fpm (kN/m) : 500.13

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) : 0.1857

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO qz0m (kN/m) : 23.55

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO qzmaxm (kN/m) : 180.29

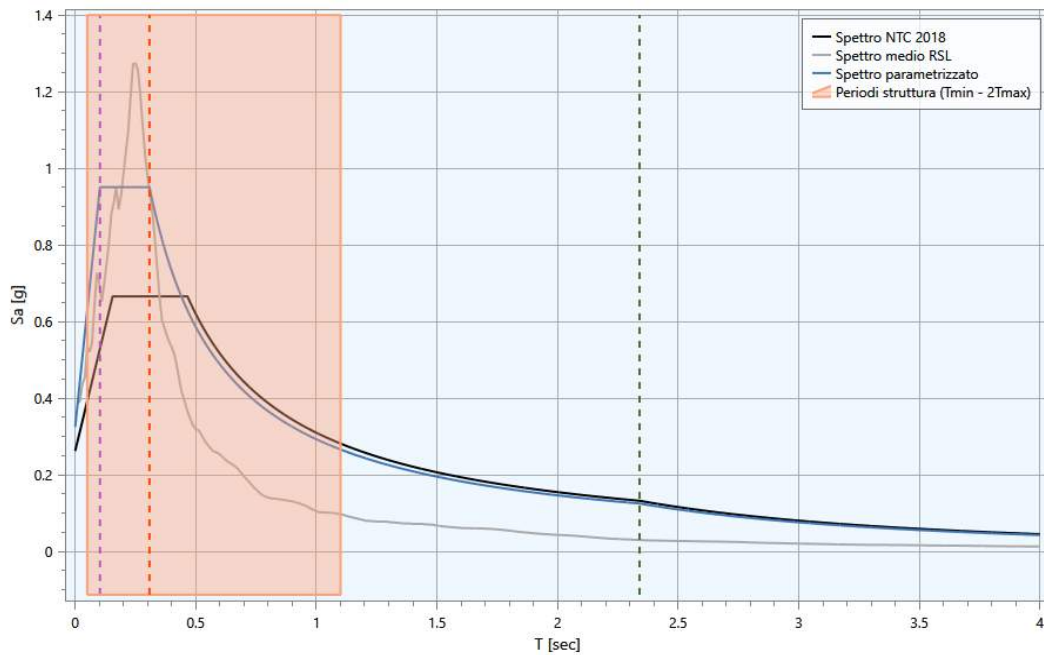
SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO TAUpm (kPa) : 24.140

**Ubicazione sito:** Via Fratelli Cervi, 42035 Castelnuovo ne' Monti Reggio Emilia, Italy  
**Coordinate (datum WGS84):** lon. 10.4139° lat. 44.4335°

Archivio: 1937\_CASTELNUOVO\_REGIONE-975-712\_D0m\_A\_MODO\_MIO\_BIS - MENO 4 m.rsp -  
Data : 12/07/2023

### RELAZIONE DI CALCOLO

## REGOLARIZZAZIONE SPETTRI DI RISPOSTA



**Oggetto:** Nuovo Palazzetto dello Sport "M. Bonicelli" - Elaborazione effettuata a -4,0 m dal piano campagna attuale

**Committente**

**Elaborazione effettuata da**

Consorzio CAMAR

Dr. Geol. Federico Mattioli

## Sommario

1 Introduzione .....	3
2 Normativa di riferimento.....	3
3 Parametri sismici di base.....	3
3.1 Pericolosità sismica del sito in esame .....	4
4 Spettro di risposta approccio semplificato NTC18 .....	5
4.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18 .....	6
5 Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL.....	6
6 Confronto tra gli spettri di risposta RSL e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018) .....	10
7 Spettri SLC, SLD e SLO .....	12
ALLEGATO 1 - VALORI NUMERICI DELLO SPETTRO MEDIO DI RISPOSTA ELASTICO RLS ALLO SLV .....	15

## 1 Introduzione

Di seguito vengono riportati i risultati del confronto tra gli spettri di risposta proposti dal nuovo testo unico sulle costruzioni (NTC18), mediante l'approccio semplificato, e quelli forniti dalle analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). Tali confronti vengono condotti secondo quanto indicato all'interno dell'**Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018**.

## 2 Normativa di riferimento

La normative di riferimento per lo studio del problema in esame sono:

- D.M. del 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni");
- Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018.

## 3 Parametri sismici di base

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed attraverso le ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{V_R}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. Tali forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{V_R}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  a partire dai seguenti parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori suddetti possono essere calcolati con riferimento a quattro diversi stati limite ai quali corrispondono le seguenti probabilità di superamento:

**Tab. 3.2.1** – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Stabilito il periodo di riferimento della costruzione mediante la seguente relazione:

$$V_R = V_N C_U$$

dove:

- $V_N$  vita nominale della costruzione;
- $C_U$  coefficiente d'uso della costruzione.

è possibile, per ciascuno stato limite, ricavare il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma utilizzando la seguente:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

In funzione del periodo di ritorno dell'evento  $T_R$  i parametri della pericolosità sismica di base sono forniti a partire da un reticolo di riferimento disponibile sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>; un punto (che individua la posizione del sito di interesse) interno a tale reticolo può essere processato mediante media pesata dei valori assunti dal generico parametro nei vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- $p$  valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- $p_i$  valore del parametro di interesse nell' $i$ -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo punto della maglia suddetta.

### 3.1 Pericolosità sismica del sito in esame

Per il sito in esame si ottiene:

<b>Latitudine (Datum ED50) [°]</b>	44°.4345
<b>Longitudine (Datum ED50) [°]</b>	10°.4149
<b>Altitudine [s.l.m.]:</b>	694.00
<b>Tipo di opera</b>	Opere ordinarie
<b>Classe d'uso</b>	III
<b>Vita nominale [anni]</b>	50
<b>Coefficiente d'uso</b>	1.5

Sui quattro punti del reticolo di riferimento risulta:

<b>Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito</b>		
<b>Numero punto</b>	<b>Latitudine [°]</b>	<b>Longitudine [°]</b>
<b>16939</b>	44.4449	10.4097
<b>17162</b>	44.3967	10.4822
<b>17161</b>	44.3949	10.4123
<b>16940</b>	44.4467	10.4797



Da cui, attraverso l'interpolazione per il sito in esame, si ottiene:

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
<b>Tempo di ritorno</b>	712	1462	75	45
<b>Accelerazione sismica</b>	0.185	0.229	0.084	0.068
<b>Coefficiente Fo</b>	2.537	2.559	2.481	2.473
<b>Periodo T<sub>c</sub>*</b>	0.297	0.308	0.267	0.257

## 4 Spettro di risposta approccio semplificato NTC18

L'approccio semplificato proposto dall'NTC18 consente di ottenere degli spettri di risposta che tengano conto degli effetti di sito (§3.2.2 NTC18). In particolare, tali effetti vengono classificati in:

- Effetti stratigrafici;
- Effetti topografici.

Per entrambi la normativa consente di associare rispettivamente una categoria stratigrafica ed una categoria topografica. La prima, in base alla stratigrafia in esame, viene valutata in funzione del parametro:

$$V_{S,Eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  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, caratterizzato da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo che consentono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Tab. 3.2.H – 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.

Per valutare gli effetti topografici è possibile far riferimento, nel caso di configurazioni semplici (creste e dorsali allungati con altezza superiore a 30 m), alle seguenti categorie:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

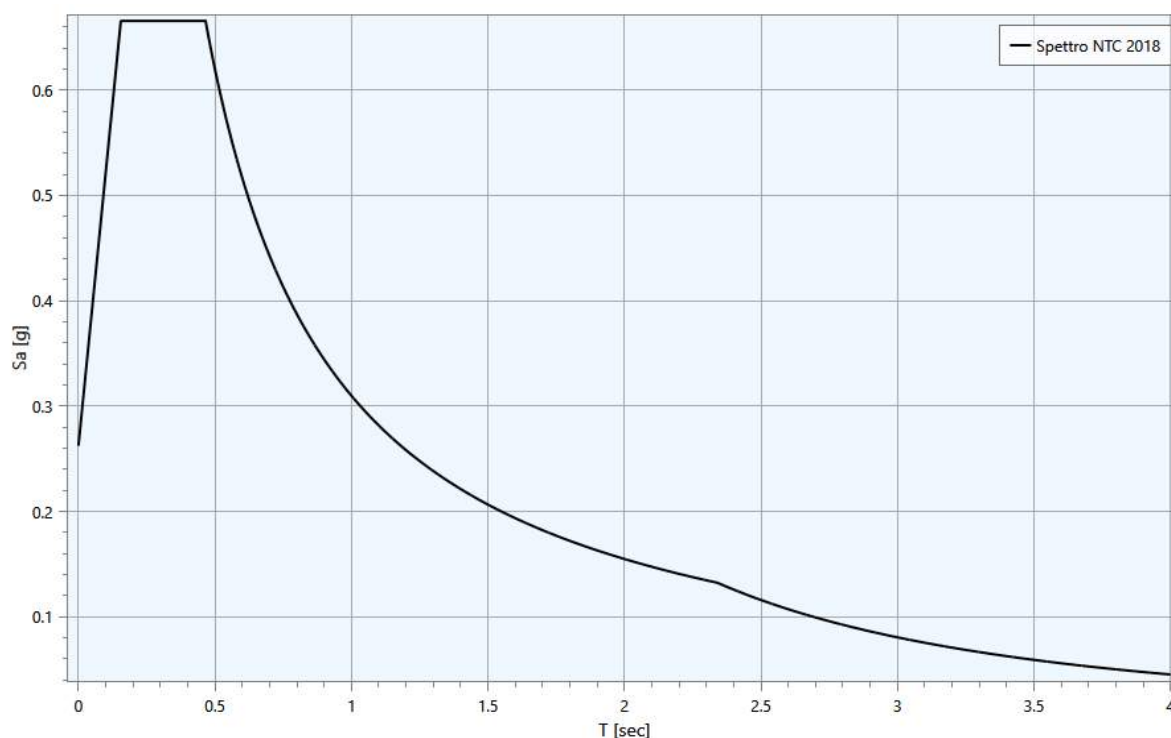
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq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

#### 4.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18

Nel caso specifico la categoria di sottosuolo considerata è la **C** (vedi i risultati dell'indagine sismica DOWN-HOLE effettuata nel dicembre 2022 dal Dr. Geol. Marco Ugolotti per conto del Dr. Geol. Paolo Beretti).

L'area in esame è classificabile nella categoria topografica **T1**, da cui si ottiene un *coefficiente di amplificazione topografico*  $S_t$  pari a **1,0**. Il Dr. Geol. Paolo Beretti, in via cautelativa, ha posta l'area nella categoria topografica **T2**, da cui si ottiene un *coefficiente di amplificazione topografico*  $S_t$  pari a **1,2**.

Lo spettro di risposta in pseudo-accelerazione per lo stato limite per lo stato limite **SLV** e per uno smorzamento di riferimento  $\xi = 5\%$  viene di seguito riportato.



#### 5 Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL

Mediante la procedura di regolarizzazione proposta nell'appendice 1 dell'ordinanza n.55 del 24 Aprile 2018 è possibile trasformare lo spettro di risposta allo SLV, risultato di simulazioni numeriche di risposta sismica locale, in uno spettro con forma standard (secondo NTC18). In particolare, tale procedura fornisce i parametri per l'inserimento dello spettro elastico all'interno di codici di calcolo per l'analisi strutturale finalizzati alla progettazione delle strutture in zona sismica. Tali parametri sono:

- $S$  coefficiente di amplificazione che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e delle condizioni topografiche da cui è possibile stimare  $a_{max} = S a_g$  dove  $a_{max}$  e  $a_g$  rappresentano rispettivamente l'accelerazione d'ancoraggio dello spettro di risposta con effetti di sito e l'accelerazione orizzontale massima su suolo di tipo A;
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;
- $F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

Di seguito vengono riportati i vari steps della procedura:

- a) Si calcola lo spettro di pseudoaccelerazione ( $S_A$ ) e si determina il periodo proprio ( $T_A$ ) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione;
- b) Si calcola il valore medio dello spettro ( $S_{A,m}$ ) nell'intorno di  $T_A$  tra  $0.5 T_A$  e  $1.5 T_A$ , questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$S_{A,m} = \frac{1}{T_A} \int_{0.5 T_A}^{1.5 T_A} S_A(T) dT$$

- c) Si determina lo spettro di pseudovelocità ( $S_V$ ) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare  $\omega = 2\pi/T$ :

$$S_V(T) = S_A(T) \frac{T}{2\pi}$$

e quindi si individua il periodo ( $T_V$ ) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità;

- d) Si calcola il valore medio dello spettro ( $S_{V,m}$ ) nell'intorno di  $T_V$  nell'intorno tra  $0.8 T_V$  e  $1.2 T_V$ :

$$S_{V,m} = \frac{1}{0.4 T_V} \int_{0.8 T_V}^{1.2 T_V} S_V(T) dT$$

- e) Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_C = 2\pi \frac{S_{V,m}}{S_{A,m}}$$

- f) Si determina  $T_B = \frac{1}{3} T_C$ ,  $T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$  ed  $S = \frac{a_{max}}{a_g}$  con  $a_{max}$  punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro di output. Poiché il valore di  $a_{max}$  non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left( \frac{S_e(T = 0.01s)}{S_{A,m}} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left( \frac{S_{A,m}}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

con  $S_e(T = 0.01s)$  ordinata dello spettro di accelerazione per  $T = 0.01s$ , primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

Infine, una volta stabilito lo smorzamento di riferimento  $\xi$ , le ordinate dello spettro in pseudo-accelerazione vengono ottenute mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

- $T$  periodo proprio di vibrazione;
- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $B$  diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$$

Di seguito si riportano i punti dello spettro di risposta allo SLV ottenuto dalle simulazioni numeriche:

	T [sec]	Sa [g]
1	0.00	0.325
2	0.1027	0.951
3	0.3081	0.951
4	0.3081	0.951
5	0.3185	0.92
6	0.3288	0.891
7	0.3391	0.864
8	0.3494	0.839
9	0.3597	0.814
10	0.37	0.792
11	0.3803	0.77
12	0.3906	0.75
13	0.401	0.731
14	0.4113	0.712
15	0.4216	0.695
16	0.4319	0.678
17	0.4422	0.663
18	0.4525	0.647
19	0.4628	0.633
20	0.4732	0.619
21	0.4835	0.606
22	0.4938	0.593
23	0.5041	0.581
24	0.5144	0.57
25	0.5247	0.558
26	0.535	0.548
27	0.5454	0.537
28	0.5557	0.527
29	0.566	0.518
30	0.5763	0.508
31	0.5866	0.499
32	0.5969	0.491
33	0.6072	0.482
34	0.6176	0.474
35	0.6279	0.467

36	0.6382	0.459
37	0.6485	0.452
38	0.6588	0.445
39	0.6691	0.438
40	0.6794	0.431
41	0.6898	0.425
42	0.7001	0.419
43	0.7104	0.412
44	0.7207	0.407
45	0.731	0.401
46	0.7413	0.395
47	0.7516	0.39
48	0.762	0.385
49	0.7723	0.379
50	0.7826	0.374
51	0.7929	0.37
52	0.8032	0.365
53	0.8135	0.36
54	0.8238	0.356
55	0.8342	0.351
56	0.8445	0.347
57	0.8548	0.343
58	0.8651	0.339
59	0.8754	0.335
60	0.8857	0.331
61	0.896	0.327
62	0.9064	0.323
63	0.9167	0.32
64	0.927	0.316
65	0.9373	0.313
66	0.9476	0.309
67	0.9579	0.306
68	0.9682	0.303
69	0.9785	0.299
70	0.9889	0.296
71	0.9992	0.293

72	1.0095	0.29
73	1.0198	0.287
74	1.0301	0.284
75	1.0404	0.282
76	1.0507	0.279
77	1.0611	0.276
78	1.0714	0.273
79	1.0817	0.271
80	1.092	0.268
81	1.1023	0.266
82	1.1126	0.263
83	1.1229	0.261
84	1.1333	0.259
85	1.1436	0.256
86	1.1539	0.254
87	1.1642	0.252
88	1.1745	0.249
89	1.1848	0.247
90	1.1951	0.245
91	1.2055	0.243
92	1.2158	0.241
93	1.2261	0.239
94	1.2364	0.237
95	1.2467	0.235
96	1.257	0.233
97	1.2673	0.231
98	1.2777	0.229
99	1.288	0.227
100	1.2983	0.226
101	1.3086	0.224
102	1.3189	0.222
103	1.3292	0.22
104	1.3395	0.219
105	1.3499	0.217
106	1.3602	0.215
107	1.3705	0.214

108	1.3808	0.212
109	1.3911	0.211
110	1.4014	0.209
111	1.4117	0.208
112	1.4221	0.206
113	1.4324	0.205
114	1.4427	0.203
115	1.453	0.202
116	1.4633	0.20
117	1.4736	0.199
118	1.4839	0.197
119	1.4943	0.196
120	1.5046	0.195
121	1.5149	0.193
122	1.5252	0.192
123	1.5355	0.191
124	1.5458	0.19
125	1.5561	0.188
126	1.5664	0.187
127	1.5768	0.186
128	1.5871	0.185
129	1.5974	0.183
130	1.6077	0.182
131	1.618	0.181
132	1.6283	0.18
133	1.6386	0.179
134	1.649	0.178
135	1.6593	0.177
136	1.6696	0.175
137	1.6799	0.174
138	1.6902	0.173
139	1.7005	0.172
140	1.7108	0.171
141	1.7212	0.17
142	1.7315	0.169
143	1.7418	0.168

144	1.7521	0.167
145	1.7624	0.166
146	1.7727	0.165
147	1.783	0.164
148	1.7934	0.163
149	1.8037	0.162
150	1.814	0.162
151	1.8243	0.161
152	1.8346	0.16
153	1.8449	0.159
154	1.8552	0.158
155	1.8656	0.157
156	1.8759	0.156
157	1.8862	0.155
158	1.8965	0.154
159	1.9068	0.154
160	1.9171	0.153
161	1.9274	0.152
162	1.9378	0.151
163	1.9481	0.15
164	1.9584	0.15
165	1.9687	0.149
166	1.979	0.148
167	1.9893	0.147
168	1.9996	0.147
169	2.01	0.146
170	2.0203	0.145
171	2.0306	0.144
172	2.0409	0.144
173	2.0512	0.143
174	2.0615	0.142
175	2.0718	0.141
176	2.0821	0.141
177	2.0925	0.14
178	2.1028	0.139
179	2.1131	0.139
180	2.1234	0.138
181	2.1337	0.137
182	2.144	0.137
183	2.1543	0.136
184	2.1647	0.135
185	2.175	0.135
186	2.1853	0.134
187	2.1956	0.133
188	2.2059	0.133
189	2.2162	0.132
190	2.2265	0.132
191	2.2369	0.131
192	2.2472	0.13
193	2.2575	0.13
194	2.2678	0.129
195	2.2781	0.129
196	2.2884	0.128
197	2.2987	0.127
198	2.3091	0.127
199	2.3194	0.126
200	2.3297	0.126
201	2.34	0.125
202	2.34	0.125
203	2.3484	0.124
204	2.3568	0.123
205	2.3652	0.123
206	2.3735	0.122
207	2.3819	0.121
208	2.3903	0.12
209	2.3987	0.119
210	2.4071	0.118
211	2.4155	0.118
212	2.4238	0.117

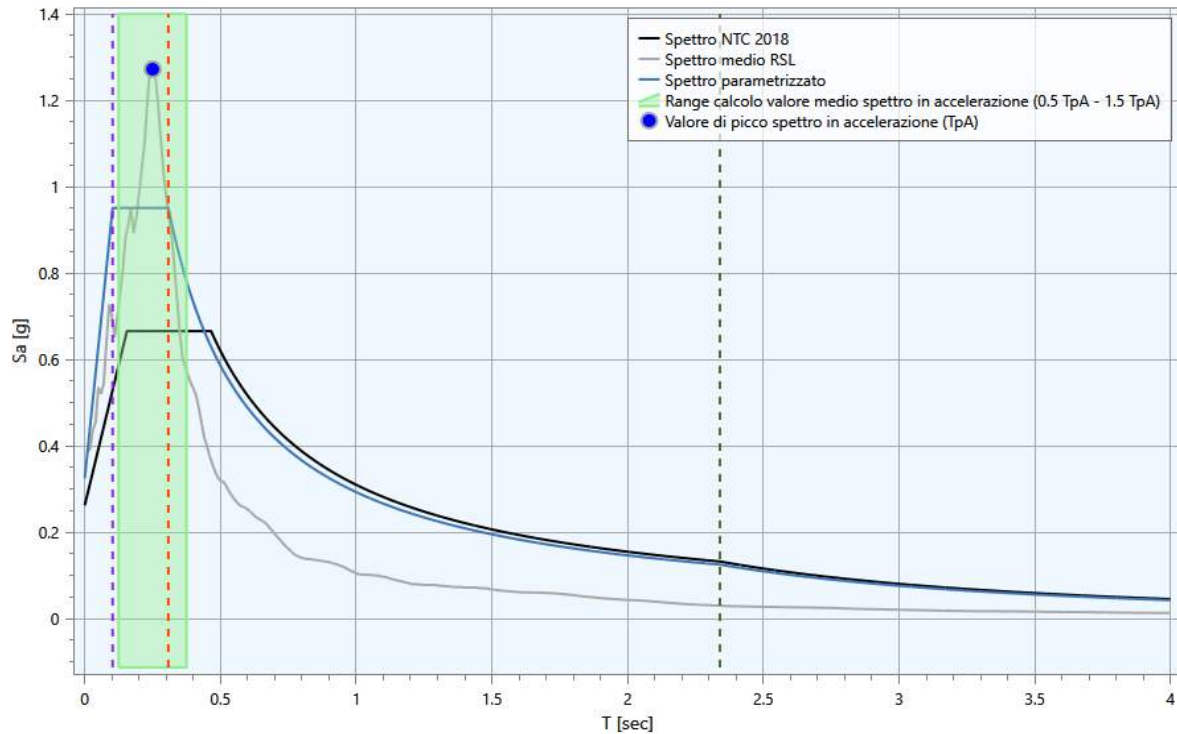
213	2.4322	0.116
214	2.4406	0.115
215	2.449	0.114
216	2.4574	0.114
217	2.4658	0.113
218	2.4741	0.112
219	2.4825	0.111
220	2.4909	0.11
221	2.4993	0.11
222	2.5077	0.109
223	2.5161	0.108
224	2.5244	0.108
225	2.5328	0.107
226	2.5412	0.106
227	2.5496	0.105
228	2.558	0.105
229	2.5664	0.104
230	2.5747	0.103
231	2.5831	0.103
232	2.5915	0.102
233	2.5999	0.101
234	2.6083	0.101
235	2.6167	0.10
236	2.6251	0.099
237	2.6334	0.099
238	2.6418	0.098
239	2.6502	0.098
240	2.6586	0.097
241	2.667	0.096
242	2.6754	0.096
243	2.6837	0.095
244	2.6921	0.095
245	2.7005	0.094
246	2.7089	0.093
247	2.7173	0.093
248	2.7257	0.092
249	2.734	0.092
250	2.7424	0.091
251	2.7508	0.091
252	2.7592	0.09
253	2.7676	0.09
254	2.776	0.089
255	2.7843	0.088
256	2.7927	0.088
257	2.8011	0.087
258	2.8095	0.087
259	2.8179	0.086
260	2.8263	0.086
261	2.8346	0.085
262	2.843	0.085
263	2.8514	0.084
264	2.8598	0.084
265	2.8682	0.083
266	2.8766	0.083
267	2.8849	0.082
268	2.8933	0.082
269	2.9017	0.081
270	2.9101	0.081
271	2.9185	0.08
272	2.9269	0.08
273	2.9353	0.08
274	2.9436	0.079
275	2.952	0.079
276	2.9604	0.078
277	2.9688	0.078
278	2.9772	0.077
279	2.9856	0.077
280	2.9939	0.076
281	3.0023	0.076

282	3.0107	0.076
283	3.0191	0.075
284	3.0275	0.075
285	3.0359	0.074
286	3.0442	0.074
287	3.0526	0.074
288	3.061	0.073
289	3.0694	0.073
290	3.0778	0.072
291	3.0862	0.072
292	3.0945	0.072
293	3.1029	0.071
294	3.1113	0.071
295	3.1197	0.07
296	3.1281	0.07
297	3.1365	0.07
298	3.1448	0.069
299	3.1532	0.069
300	3.1616	0.069
301	3.17	0.068
302	3.1784	0.068
303	3.1868	0.068
304	3.1952	0.067
305	3.2035	0.067
306	3.2119	0.066
307	3.2203	0.066
308	3.2287	0.066
309	3.2371	0.065
310	3.2455	0.065
311	3.2538	0.065
312	3.2622	0.064
313	3.2706	0.064
314	3.279	0.064
315	3.2874	0.063
316	3.2958	0.063
317	3.3041	0.063
318	3.3125	0.062
319	3.3209	0.062
320	3.3293	0.062
321	3.3377	0.062
322	3.3461	0.061
323	3.3544	0.061
324	3.3628	0.061
325	3.3712	0.06
326	3.3796	0.06
327	3.388	0.06
328	3.3964	0.059
329	3.4047	0.059
330	3.4131	0.059
331	3.4215	0.059
332	3.4299	0.058
333	3.4383	0.058
334	3.4467	0.058
335	3.4551	0.057
336	3.4634	0.057
337	3.4718	0.057
338	3.4802	0.057
339	3.4886	0.056
340	3.497	0.056
341	3.5054	0.056
342	3.5137	0.056
343	3.5221	0.055
344	3.5305	0.055
345	3.5389	0.055
346	3.5473	0.054
347	3.5557	0.054
348	3.564	0.054
349	3.5724	0.054
350	3.5808	0.053

351	3.5892	0.053
352	3.5976	0.053
353	3.606	0.053
354	3.6143	0.052
355	3.6227	0.052
356	3.6311	0.052
357	3.6395	0.052
358	3.6479	0.052
359	3.6563	0.051
360	3.6646	0.051
361	3.673	0.051
362	3.6814	0.051
363	3.6898	0.05
364	3.6982	0.05
365	3.7066	0.05
366	3.7149	0.05
367	3.7233	0.049
368	3.7317	0.049
369	3.7401	0.049
370	3.7485	0.049
371	3.7569	0.049
372	3.7653	0.048
373	3.7736	0.048
374	3.782	0.048
375	3.7904	0.048
376	3.7988	0.048
377	3.8072	0.047
378	3.8156	0.047
379	3.8239	0.047
380	3.8323	0.047
381	3.8407	0.046
382	3.8491	0.046
383	3.8575	0.046
384	3.8659	0.046
385	3.8742	0.046
386	3.8826	0.045
387	3.891	0.045
388	3.8994	0.045
389	3.9078	0.045
390	3.9162	0.045
391	3.9245	0.045
392	3.9329	0.044
393	3.9413	0.044
394	3.9497	0.044
395	3.9581	0.044
396	3.9665	0.044
397	3.9748	0.043
398	3.9832	0.043
399	3.9916	0.043
400	4.00	0.043

Dalla procedura di regolarizzazione risulta (per lo SLV):

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.325	1.76	2.93	0.10	0.31	2.34



## 6 Confronto tra gli spettri di risposta RSL e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018)

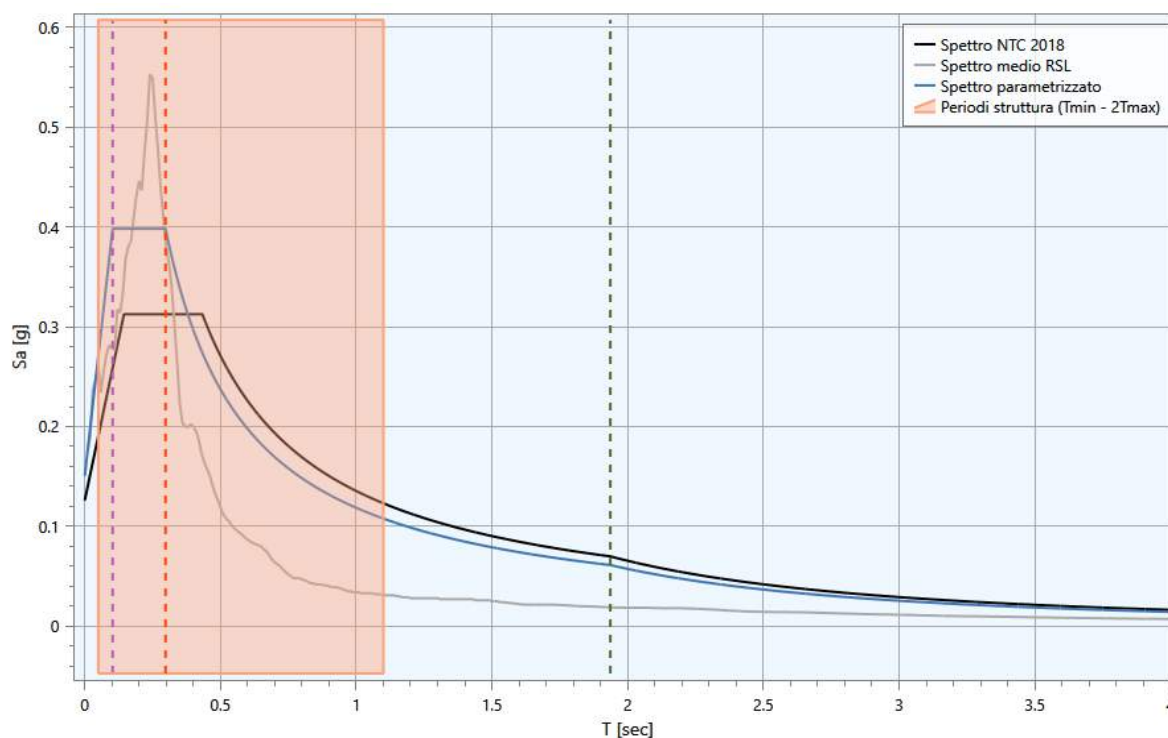
Al fine di definire lo spettro elastico di progetto allo SLV, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1 dell'Ordinanza n. 55 24/4/2018) ottenuto dallo studio di Risposta Sismica Locale (RSL) di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno  $T_R$  di 712 anni (classe d'uso III; lo spettro RSL allo SLV, in via cautelativa, è stato determinato con  $T_R$  di 975 anni). L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro RSL e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore,  $T_{min}$  e il maggiore,  $T_{max}$ , dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra  $T_{min}$  e  $2 T_{max}$ .

In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di RSL supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di RSL è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Nel caso specifico (SLV) risulta (ipotizzando valori estremi di  $T_{min} = 0,05$  sec e  $T_{max} = 0,55$  sec)<sup>1</sup>:

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	79.41	15.45	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>



Lo spettro NTC 2018 utilizzato per il confronto è quello derivante dalla categoria di sottosuolo C (così come ottenuta dall'indagine sismica DOWN-HOLE effettuata nel dicembre 2022 dal Dr. Geol. Marco Ugolotti per conto del Dr. Geol. Paolo Beretti).

Si ricorda che allo spettri allo SLV così ottenuti (spettro NTC2018, spettro medio RSL e spettro parametrizzato o normalizzato), secondo il sottoscritto, non occorrerà applicare il *coefficiente di amplificazione topografico*  $S_t$  in quanto pari a 1,0 (categoria topografica T1). Il Dr. Geol. Paolo Beretti, in via cautelativa, ha invece consigliato di porre l'area nella categoria topografica T2 per la presenza di vecchie incisioni e potenti riporti antropici, da cui si ottiene un *coefficiente di amplificazione topografico*  $S_t = 1,2$ .

Si rimanda pertanto al progettista la possibilità di utilizzare il solo spettro medio di risposta elastica in accelerazione (spettro medio RSL allo SLV) tale e quale o "normalizzato" ottenuto dall'analisi numerica monodimensionale (1D), in quanto il confronto con lo spettro di risposta da procedura semplificata (categoria C) non ha dato esito positivo (con qualsiasi combinazione di  $T_{min}$  e  $T_{max}$ )<sup>1</sup>. A tal proposito, per la scelta più opportuna, si consiglia di valutare attentamente l'ampiezza dello spettro medio RSL in corrispondenza dei periodi di vibrazione T delle strutture in progetto e confrontarla poi con le analoghe ampiezze dello spettro "normalizzato". Infine, per avere valori a favore della sicurezza, lo spettro RSL è stato determinato utilizzando un set di accelerogrammi con periodo di ritorno  $T_R$  di 975 anni (estratti dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna).

<sup>1</sup> Nel caso il periodo di vibrazione massimo ( $T_{max}$ ) delle nuove strutture previste sia maggiore di 0,55 sec, l'approccio semplificato della normativa non è comunque applicabile (vedi punto 3.2 dell'Allegato 1 all'ordinanza n. 55 del 24/04/2018).



## 7 Spettri SLC, SLD e SLO

Come per lo spettro allo SLV, si è proceduto al confronto tra gli spettri medi RSL “normalizzati” allo SLC, allo SLD ed allo SLO con quelli semplificati delle N.T.C. 2018 (categoria C di sottosuolo).

La “normalizzazione” o “regolarizzazione” degli spettri medi RSL allo SLC, allo SLD ed allo SLO è stata effettuata, come per lo SLV, seguendo il metodo indicato nell’Appendice 1 dell’Ordinanza n. 55 del 24/04/2018 del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016. Nelle seguenti Figure viene riportato, oltre allo spettro medio RSL, lo spettro medio di risposta elastico RSL “normalizzato” (indicato in legenda come Spettro parametrizzato) e quello semplificato ottenuto delle N.T.C. 2018 (Spettro NTC 2018 che nel caso è riferito alla categoria C di sottosuolo) per lo SLC (Figura 1), lo SLD (Figura 2) ed allo SLO (Figura 3). In tali figure vengono riportati anche i parametri base per costruire gli spettri medi di risposta elastico RSL “normalizzati” (parametrizzati) e l’esito del confronto per ogni stato limite considerato. Nel caso richiesti, verranno forniti i punti degli spettri di risposta “normalizzati” ottenuto dalle simulazioni numeriche e quelli degli spettri medi di risposta elastica RLS riferiti allo SLC, allo SLD ed allo SLO (ottenuti con il programma STRATA).

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B [sec]$	$T_C [sec]$	$T_D [sec]$
0.365	1.59	2.76	0.10	0.31	2.52

$T_{min} [sec]$	$T_{max} [sec]$	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	62.42	1.70	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

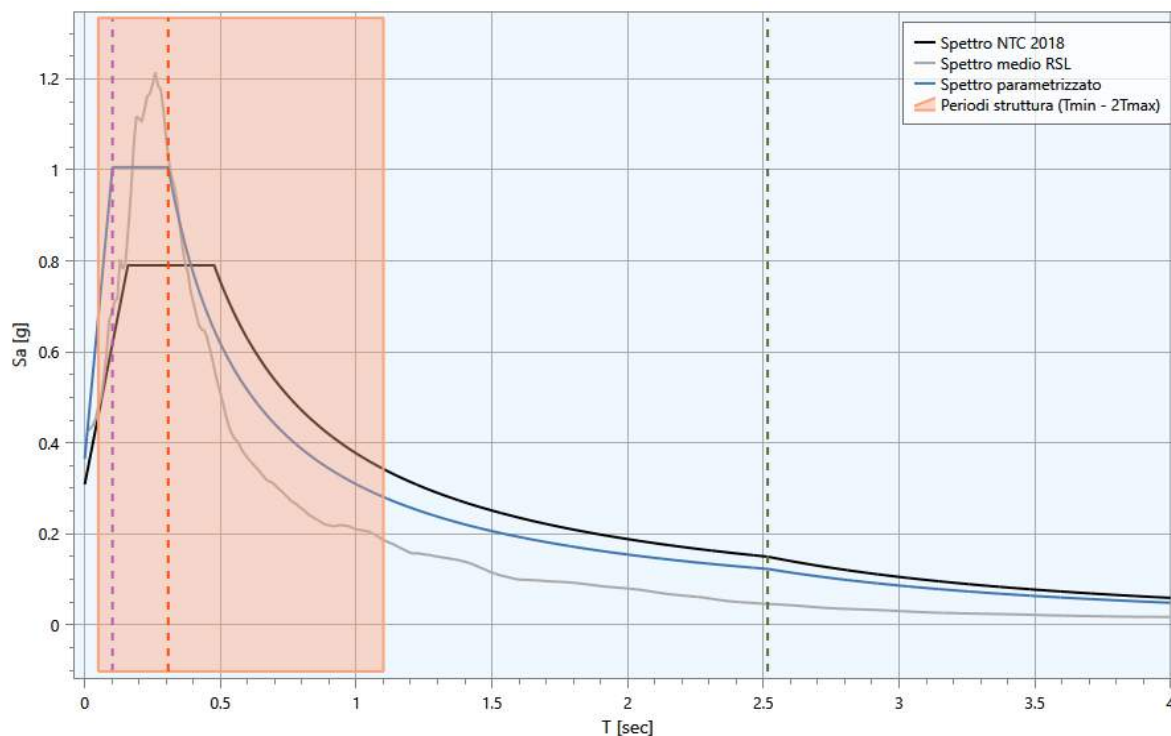


Fig. 1 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e “normalizzato” della componente orizzontale per lo SLC

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.15	1.79	2.65	0.10	0.30	1.94

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	53.83	4.29	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

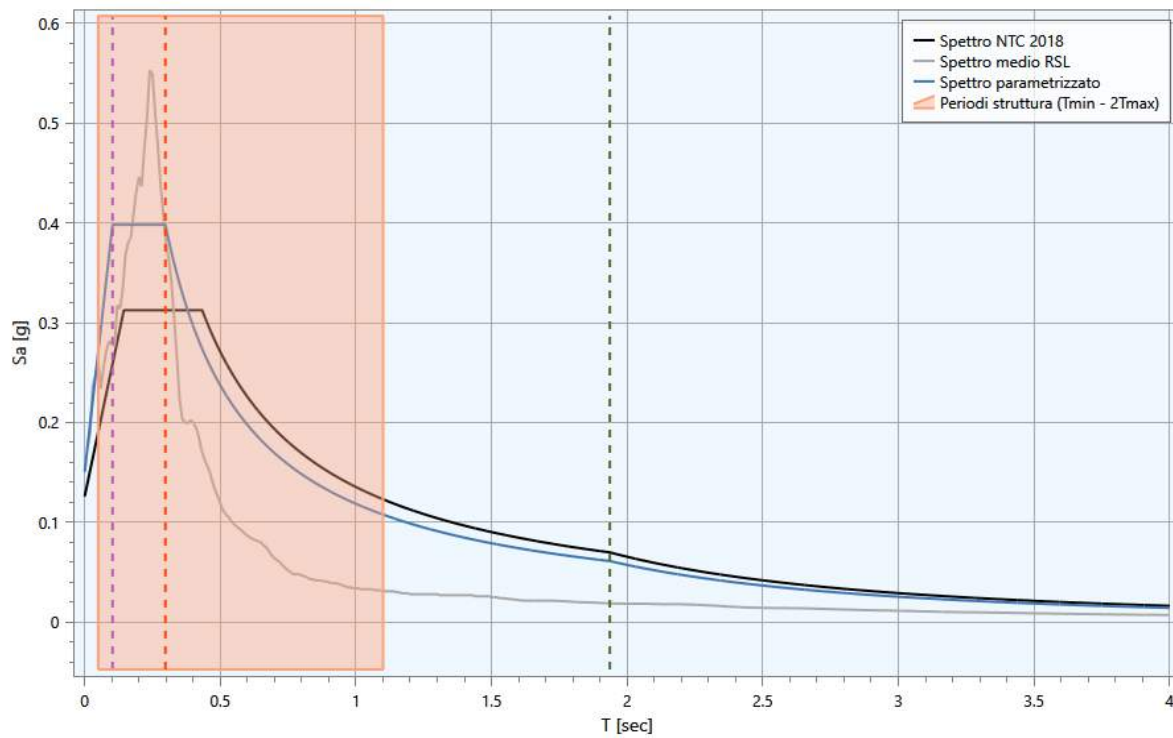


Fig. 2 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLD

$A_{max}$	$S$	$F_0$	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
0.113	1.66	3.11	0.09	0.28	1.87

$T_{min}$ [sec]	$T_{max}$ [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.55	72.65	11.28	<b>E' necessaria un'analisi di RSL.</b>

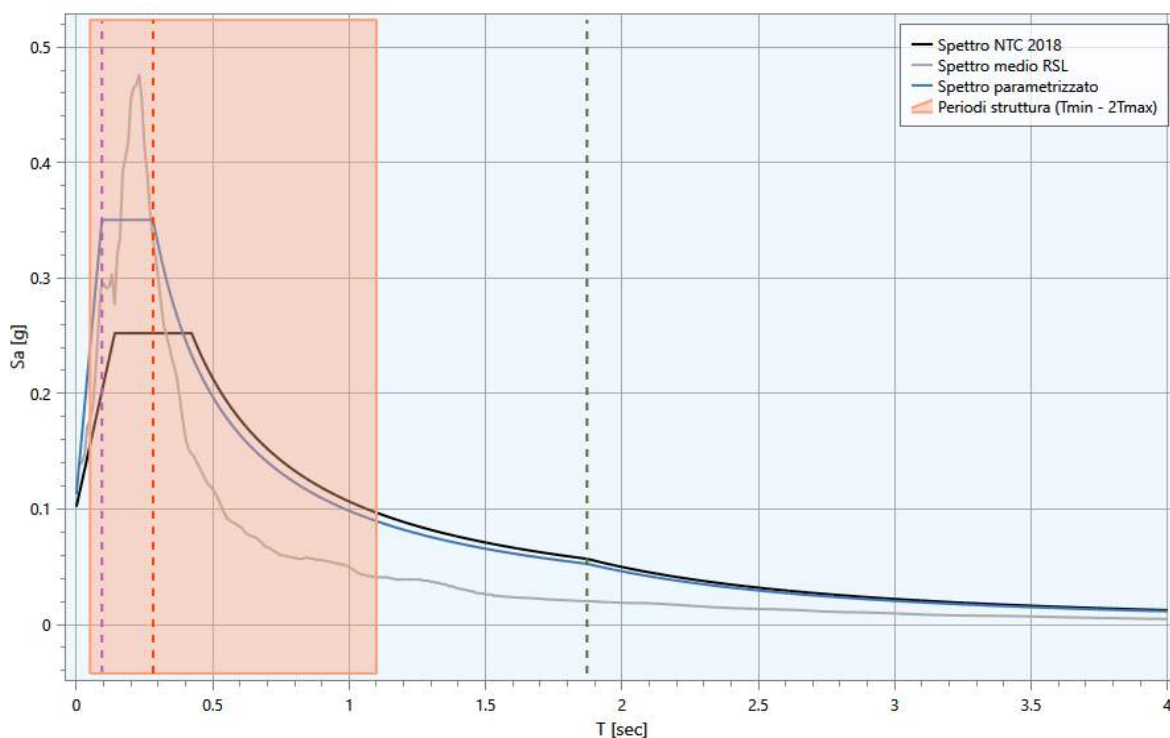


Fig. 3 - Spettro medio di risposta elastico in accelerazione RSL e "normalizzato" della componente orizzontale per lo SLO

In base ai criteri riportati nell'allegato 1 della citata Ordinanza n. 55 del 24/4/2018 (sinteticamente indicati come rapporto puntuale in % e rapporto integrale in %), anche per gli SLC, SLD e SLO non è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica (categoria C di sottosuolo) al fine di definire gli spettri elastici di progetto, in quanto il confronto con i rispettivi spettri medi RSL ottenuti dall'analisi numerica monodimensionale (1D) non ha dato esito positivo (utilizzando qualsiasi combinazione di  $T_{min}$  e  $T_{max}$ ). Pertanto, anche per questi stati limite si rimanda al progettista la possibilità di utilizzare i soli spettri medi di risposta elastica in accelerazione (spettri medi RSL) tali e quali o "normalizzati". A tal proposito, come per lo SLV, per la scelta più opportuna si consiglia di valutare attentamente le ampiezze degli spettri medi RSL per ogni stato limite considerato (SLC, SLD e SLO) in corrispondenza dei periodi di vibrazione  $T$  delle strutture in progetto e confrontarla poi con le analoghe ampiezze dei relativi spettri "normalizzati".

Si rimane a disposizione.

Casina, 23 gennaio 2024

Dr. Geol. Federico Mattioli

## ALLEGATO 1

### VALORI NUMERICI DELLO SPETTRO MEDIO DI RISPOSTA ELASTICO RLS ALLO SLV

Periodo (s)	Spetral Accel. (g) – media	Log Deviazione Standard (+/-)
0.01	0.38593	0.21016
0.02	0.39356	0.20792
0.03	0.43740	0.30734
0.04	0.45425	0.21562
0.05	0.53530	0.33498
0.06	0.52091	0.17736
0.07	0.54435	0.13090
0.08	0.64051	0.18282
0.09	0.72712	0.19904
0.10	0.70053	0.23886
0.11	0.65118	0.24525
0.12	0.69852	0.21022
0.13	0.75114	0.17272
0.14	0.80552	0.20111
0.15	0.88197	0.21293
0.16	0.91019	0.28786
0.17	0.95101	0.35663
0.18	0.89286	0.38232
0.19	0.92846	0.46695
0.20	0.98437	0.49636
0.21	1.04156	0.52776
0.22	1.09713	0.58858
0.23	1.18854	0.59023
0.24	1.27209	0.55344
0.25	1.27400	0.48949
0.26	1.25671	0.47889
0.27	1.19380	0.49089
0.28	1.11245	0.50098
0.29	1.03420	0.50890
0.30	0.97672	0.52872
0.31	0.93279	0.55271
0.32	0.88405	0.59194
0.33	0.81833	0.60991
0.34	0.74123	0.61304
0.35	0.66294	0.61816
0.36	0.60375	0.64298
0.37	0.58343	0.63143
0.38	0.56357	0.62673
0.39	0.54711	0.61398
0.40	0.53352	0.60288
0.41	0.51692	0.59909
0.42	0.48864	0.60333
0.43	0.45377	0.60147
0.44	0.41996	0.57958
0.45	0.39995	0.58183
0.46	0.37745	0.58902
0.47	0.35821	0.59718
0.48	0.34172	0.57153
0.49	0.32721	0.54285
0.50	0.31959	0.52959
0.51	0.31727	0.52509
0.52	0.30833	0.53082
0.53	0.29673	0.54453
0.54	0.28622	0.55730
0.55	0.27768	0.56782
0.56	0.27014	0.57895
0.57	0.26297	0.59724
0.58	0.25994	0.60045
0.59	0.25737	0.59491
0.60	0.25315	0.58706
0.61	0.24770	0.58038

0.62	0.24137	0.57506
0.63	0.23560	0.57207
0.64	0.23129	0.56998
0.65	0.22777	0.56822
0.66	0.22379	0.57191
0.67	0.21861	0.57826
0.68	0.21133	0.58847
0.69	0.20359	0.60665
0.70	0.19552	0.62295
0.71	0.18917	0.62636
0.72	0.18239	0.62532
0.73	0.17456	0.62944
0.74	0.16826	0.64468
0.75	0.16223	0.66055
0.76	0.15579	0.68041
0.77	0.15035	0.69302
0.78	0.14626	0.69829
0.79	0.14324	0.71310
0.80	0.14095	0.72824
0.81	0.13924	0.73854
0.82	0.13835	0.74487
0.83	0.13762	0.75031
0.84	0.13702	0.75499
0.85	0.13629	0.75987
0.86	0.13519	0.76664
0.87	0.13406	0.77498
0.88	0.13315	0.78357
0.89	0.13210	0.79055
0.90	0.13079	0.79390
0.91	0.12912	0.79445
0.92	0.12743	0.79581
0.93	0.12551	0.79808
0.94	0.12321	0.79803
0.95	0.12067	0.79636
0.96	0.11766	0.79483
0.97	0.11441	0.79044
0.98	0.11120	0.78016
0.99	0.10836	0.76047
1.00	0.10549	0.73742
1.01	0.10310	0.71905
1.02	0.10226	0.70758
1.03	0.10198	0.69975
1.04	0.10173	0.69816
1.05	0.10121	0.70189
1.06	0.10074	0.70938
1.07	0.10030	0.71795
1.08	0.09952	0.72447
1.09	0.09845	0.72756
1.10	0.09712	0.72669
1.11	0.09553	0.72243
1.12	0.09363	0.71658
1.13	0.09158	0.71246
1.14	0.08989	0.71470
1.15	0.08865	0.71692
1.16	0.08735	0.72221
1.17	0.08590	0.73041
1.18	0.08436	0.73987
1.19	0.08281	0.74911
1.20	0.08134	0.75712
1.21	0.08044	0.76897
1.22	0.07967	0.77833
1.23	0.07902	0.78441
1.24	0.07864	0.78663
1.25	0.07843	0.78636
1.26	0.07831	0.78387
1.27	0.07831	0.78092
1.28	0.07816	0.77941
1.29	0.07777	0.78053
1.30	0.07715	0.78475

1.31	0.07633	0.79172
1.32	0.07582	0.80128
1.33	0.07535	0.81129
1.34	0.07478	0.82121
1.35	0.07414	0.83020
1.36	0.07345	0.83763
1.37	0.07280	0.84304
1.38	0.07260	0.84664
1.39	0.07252	0.84876
1.40	0.07241	0.84834
1.41	0.07228	0.84534
1.42	0.07214	0.83992
1.43	0.07198	0.83264
1.44	0.07177	0.82447
1.45	0.07146	0.81673
1.46	0.07103	0.81086
1.47	0.07044	0.80802
1.48	0.06972	0.80861
1.49	0.06887	0.81243
1.50	0.06793	0.81888
1.51	0.06699	0.82748
1.52	0.06604	0.83720
1.53	0.06528	0.84901
1.54	0.06464	0.86095
1.55	0.06404	0.87265
1.56	0.06346	0.88364
1.57	0.06299	0.89481
1.58	0.06252	0.90485
1.59	0.06203	0.91333
1.60	0.06151	0.92025
1.61	0.06104	0.92582
1.62	0.06077	0.93211
1.63	0.06068	0.93963
1.64	0.06067	0.94417
1.65	0.06062	0.94664
1.66	0.06053	0.94723
1.67	0.06041	0.94638
1.68	0.06022	0.94471
1.69	0.05997	0.94296
1.70	0.05961	0.94184
1.71	0.05924	0.94226
1.72	0.05901	0.94510
1.73	0.05866	0.94947
1.74	0.05822	0.95510
1.75	0.05770	0.96168
1.76	0.05712	0.96876
1.77	0.05648	0.97587
1.78	0.05584	0.98328
1.79	0.05518	0.99071
1.80	0.05448	0.99737
1.81	0.05375	1.00328
1.82	0.05299	1.00847
1.83	0.05223	1.01298
1.84	0.05145	1.01676
1.85	0.05082	1.02243
1.86	0.05019	1.02772
1.87	0.04957	1.03291
1.88	0.04895	1.03739
1.89	0.04831	1.04091
1.90	0.04767	1.04398
1.91	0.04706	1.04653
1.92	0.04656	1.04836
1.93	0.04615	1.04933
1.94	0.04573	1.04894
1.95	0.04530	1.04699
1.96	0.04485	1.04335
1.97	0.04442	1.03798
1.98	0.04402	1.03098
1.99	0.04365	1.02239

2.00	0.04332	1.01242
2.01	0.04302	1.00138
2.02	0.04275	0.98964
2.03	0.04248	0.97765
2.04	0.04219	0.96589
2.05	0.04186	0.95484
2.06	0.04148	0.94494
2.07	0.04104	0.93651
2.08	0.04056	0.92976
2.09	0.04005	0.92474
2.10	0.03954	0.92198
2.11	0.03903	0.92067
2.12	0.03851	0.92039
2.13	0.03800	0.92088
2.14	0.03748	0.92178
2.15	0.03695	0.92282
2.16	0.03642	0.92376
2.17	0.03588	0.92449
2.18	0.03534	0.92502
2.19	0.03484	0.92620
2.20	0.03438	0.92783
2.21	0.03393	0.92920
2.22	0.03351	0.93102
2.23	0.03317	0.93463
2.24	0.03290	0.93978
2.25	0.03263	0.94474
2.26	0.03237	0.94946
2.27	0.03210	0.95388
2.28	0.03182	0.95793
2.29	0.03154	0.96156
2.30	0.03125	0.96475
2.31	0.03095	0.96752
2.32	0.03065	0.96990
2.33	0.03034	0.97192
2.34	0.03003	0.97366
2.35	0.02973	0.97515
2.36	0.02942	0.97651
2.37	0.02921	0.98066
2.38	0.02904	0.98572
2.39	0.02889	0.99082
2.40	0.02875	0.99585
2.41	0.02860	1.00068
2.42	0.02845	1.00529
2.43	0.02829	1.00970
2.44	0.02813	1.01395
2.45	0.02798	1.01805
2.46	0.02783	1.02202
2.47	0.02771	1.02655
2.48	0.02761	1.03138
2.49	0.02752	1.03598
2.50	0.02744	1.04027
2.51	0.02735	1.04416
2.52	0.02727	1.04752
2.53	0.02718	1.05025
2.54	0.02709	1.05237
2.55	0.02699	1.05434
2.56	0.02689	1.05595
2.57	0.02678	1.05708
2.58	0.02665	1.05782
2.59	0.02651	1.05826
2.60	0.02636	1.05850
2.61	0.02622	1.05908
2.62	0.02614	1.06208
2.63	0.02606	1.06513
2.64	0.02598	1.06826
2.65	0.02589	1.07150
2.66	0.02581	1.07482
2.67	0.02572	1.07817
2.68	0.02563	1.08144

2.69	0.02553	1.08455
2.70	0.02542	1.08745
2.71	0.02529	1.09000
2.72	0.02515	1.09222
2.73	0.02502	1.09441
2.74	0.02486	1.09611
2.75	0.02468	1.09738
2.76	0.02450	1.09830
2.77	0.02430	1.09892
2.78	0.02409	1.09931
2.79	0.02388	1.09956
2.80	0.02366	1.09974
2.81	0.02345	1.09992
2.82	0.02325	1.10017
2.83	0.02305	1.10052
2.84	0.02287	1.10070
2.85	0.02270	1.10096
2.86	0.02253	1.10121
2.87	0.02237	1.10138
2.88	0.02220	1.10137
2.89	0.02208	1.10328
2.90	0.02197	1.10585
2.91	0.02186	1.10827
2.92	0.02174	1.11042
2.93	0.02162	1.11222
2.94	0.02148	1.11364
2.95	0.02134	1.11475
2.96	0.02119	1.11581
2.97	0.02106	1.11705
2.98	0.02093	1.11812
2.99	0.02080	1.11892
3.00	0.02066	1.11950
3.01	0.02053	1.11993
3.02	0.02039	1.12027
3.03	0.02026	1.12056
3.04	0.02013	1.12085
3.05	0.02001	1.12117
3.06	0.01989	1.12154
3.07	0.01977	1.12195
3.08	0.01965	1.12239
3.09	0.01953	1.12283
3.10	0.01941	1.12324
3.11	0.01929	1.12357
3.12	0.01916	1.12375
3.13	0.01902	1.12376
3.14	0.01887	1.12353
3.15	0.01872	1.12306
3.16	0.01856	1.12232
3.17	0.01839	1.12144
3.18	0.01830	1.12366
3.19	0.01820	1.12585
3.20	0.01810	1.12804
3.21	0.01800	1.13029
3.22	0.01790	1.13275
3.23	0.01780	1.13532
3.24	0.01771	1.13803
3.25	0.01762	1.14088
3.26	0.01753	1.14388
3.27	0.01745	1.14703
3.28	0.01737	1.15032
3.29	0.01730	1.15373
3.30	0.01724	1.15726
3.31	0.01720	1.16158
3.32	0.01717	1.16601
3.33	0.01714	1.17039
3.34	0.01712	1.17469
3.35	0.01709	1.17886
3.36	0.01706	1.18286
3.37	0.01703	1.18666



3.38	0.01700	1.19053
3.39	0.01697	1.19442
3.40	0.01693	1.19802
3.41	0.01688	1.20135
3.42	0.01683	1.20440
3.43	0.01676	1.20721
3.44	0.01669	1.20980
3.45	0.01662	1.21222
3.46	0.01654	1.21450
3.47	0.01645	1.21670
3.48	0.01636	1.21885
3.49	0.01628	1.22100
3.50	0.01619	1.22316
3.51	0.01610	1.22537
3.52	0.01602	1.22764
3.53	0.01594	1.23000
3.54	0.01586	1.23244
3.55	0.01579	1.23498
3.56	0.01572	1.23761
3.57	0.01565	1.24031
3.58	0.01559	1.24308
3.59	0.01554	1.24589
3.60	0.01548	1.24891
3.61	0.01544	1.25211
3.62	0.01539	1.25531
3.63	0.01535	1.25846
3.64	0.01530	1.26155
3.65	0.01525	1.26455
3.66	0.01520	1.26743
3.67	0.01514	1.27016
3.68	0.01508	1.27274
3.69	0.01502	1.27524
3.70	0.01496	1.27688
3.71	0.01490	1.27814
3.72	0.01483	1.27923
3.73	0.01475	1.28013
3.74	0.01468	1.28089
3.75	0.01460	1.28147
3.76	0.01452	1.28190
3.77	0.01443	1.28220
3.78	0.01433	1.28240
3.79	0.01424	1.28253
3.80	0.01416	1.28264
3.81	0.01408	1.28272
3.82	0.01399	1.28278
3.83	0.01391	1.28285
3.84	0.01383	1.28293
3.85	0.01376	1.28306
3.86	0.01368	1.28326
3.87	0.01361	1.28395
3.88	0.01355	1.28472
3.89	0.01349	1.28559
3.90	0.01344	1.28661
3.91	0.01339	1.28771
3.92	0.01335	1.28888
3.93	0.01330	1.29010
3.94	0.01327	1.29137
3.95	0.01323	1.29266
3.96	0.01320	1.29397
3.97	0.01317	1.29528
3.98	0.01314	1.29657
3.99	0.01311	1.29781
4.00	0.01308	1.29900