



COMUNE DI MONTALCINO

INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA AI SENSI DELL'ART.134 L.R. 65/2014 PER AMPLIAMENTO DI STRUTTURA RICETTIVA - LOCALITÀ CASTIGLION DEL BOSCO -

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE
RELAZIONE GEOLOGICA D.M. 14/01/2008

Committente:

Castiglion del Bosco Hotel s.r.l.

Località Castiglion del Bosco - 53021 Montalcino (SI)

Siena, giugno 2016

GEOSOL s.r.l.

Dott. Geol. Paolo Bosco



GEOSOL s.r.l.

Viale Europa 31
53100 Siena
Tel. 0577.44470
Fax 0577.222011
e-mail: studio@geosol.it
Partita IVA IT 00707530523
CCIAA Siena n. 85428
Isc. Trib. Siena n.6345 Vol.8133

numero archivio:

5874

INDICE

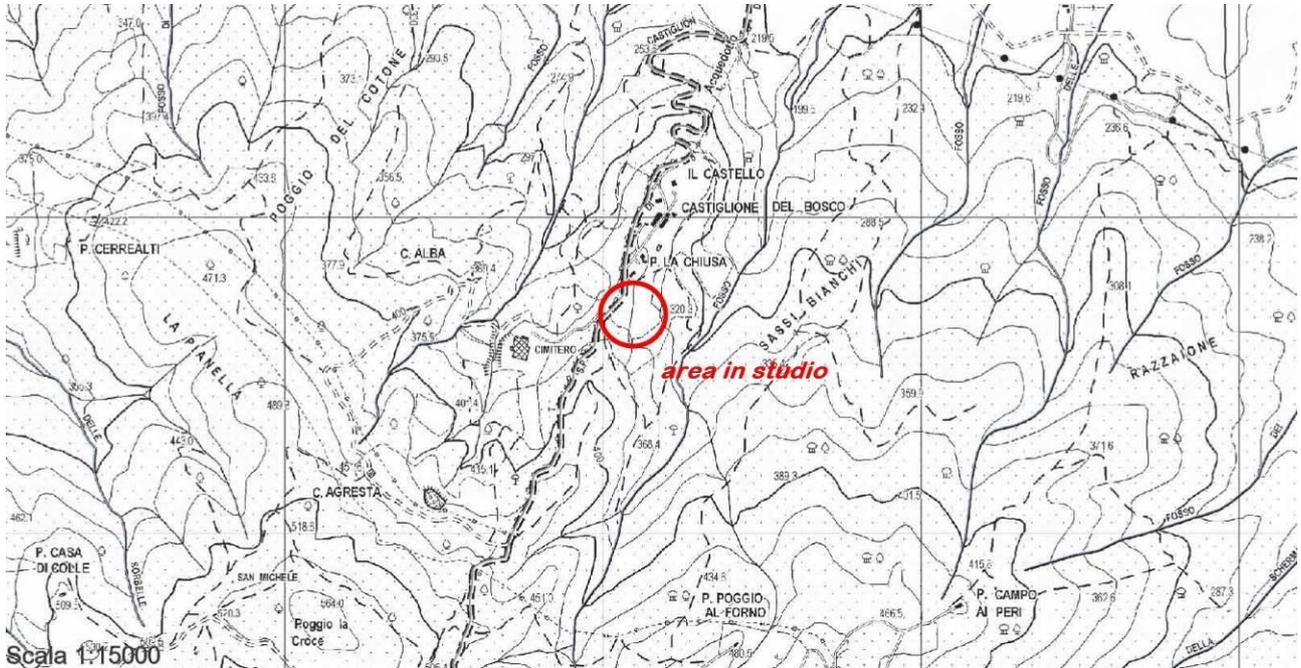
1	PREMESSA	4
1.1	VINCOLISTICA.....	5
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
1.3	INTERVENTO IN PROGETTO	7
1.4	CLASSE D'INDAGINE	7
1.5	TIPO DI COSTRUZIONE E CLASSE DI USO.....	7
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	8
2.1	COMPLESSO DEI TERRENI DI FACIES LIGURE ESTERNA - UNITÀ DI SANTA FIORA	8
2.1.1	FORMAZIONE DI SANTA FIORA (FIA)	8
2.1.2	FORMAZIONE DELLE ARGILLE VARICOLORI (AVA)	8
3	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE.....	8
4	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	10
4.1	TUTELA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI: VERIFICA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI ESISTENTI	10
4.1.1	PIANO STRUTTURALE VIGENTE.....	10
4.1.2	PTC 2010.....	11
5	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	12
6	CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	13
6.1	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	13
6.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	14
6.3	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON I PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DI BACINO.....	15
6.4	CONSIDERAZIONI FINALI SULLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA IN RELAZIONE ALLE NTA	17
6.5	FATTIBILITÀ.....	17
6.5.1	ASPETTI GEOLOGICI.....	17
6.5.2	ASPETTI IDRAULICI.....	17
6.5.3	TUTELA DEGLI ACQUIFERI.....	17
6.5.4	CONSIDERAZIONI FINALI SULLA FATTIBILITÀ	18
7	INDAGINE GEOGNOSTICA	18
7.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	18
7.1.1	INDAGINE GENNAIO 2007	18
7.1.2	INDAGINE GIUGNO 2016.....	19
7.2	STANDARD PENETRATION TEST.....	23
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO.....	24
8.1	STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI	25
8.2	ELABORAZIONE STATISTICA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	26
8.2.1	ELABORAZIONE STATISTICA - STANDARD PENETRATION TEST.....	26
8.3	UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPOSTI.....	27
8.4	UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA	28
8.5	UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI	29
8.6	UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI	29
8.7	RIEPILOGO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE UNITÀ.....	30
9	INDAGINE SISMICA	30
9.1	METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'ANALISI DEI DATI	30
9.1.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	31
9.1.2	SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI 31	31
9.1.3	GEOMETRIA DEI RILIEVI	31
9.2	RISULTATI OTTENUTI	31
9.2.1	SISMICA A RIFRAZIONE	31
9.2.2	MASW.....	32
9.2.3	H/V.....	32
10	CONSIDERAZIONI GENERALI IN CONDIZIONI SISMICHE	35
10.1	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO.....	35

10.2	CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO.....	36
10.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE ED AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	36
10.4	STIMA DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	37
10.5	STIMA DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	37
10.6	STIMA DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA E DEL COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE KH.....	37
11	VALUTAZIONI DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI.....	39
11.1	ESAME DELLE CIRCOSTANZE PER CUI PUÒ ESSERE OMESSA LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE	40
11.2	ADDENSAMENTO DI TERRENI A GRANA GROSSA	42
11.3	SUBSIDENZA DI TERRENI MOLLI A GRANA FINE.....	42
11.4	SCORRIMENTO DI FAGLIA	42
12	SCAVI DI SBANCAMENTO - OPERE DI CONTENIMENTO.....	42
13	DISPOSIZIONI TECNICHE INERENTI L'ESECUZIONE DEI LAVORI	43
14	VERIFICHE DI STABILITA'	43
14.1	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	44
□	UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI	45
□	UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA	45
□	UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI.....	45
□	UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI.....	45
□	UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI	45
□	UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA	45
□	UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI.....	45
□	UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI.....	45
14.2	VERIFICA STATO ATTUALE	45
	VERIFICA DEL VERSANTE STATO ATTUALE	46
14.3	VERIFICA STATO FINALE	46
	VERIFICA DEL VERSANTE STATO FINALE	47
15	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	47

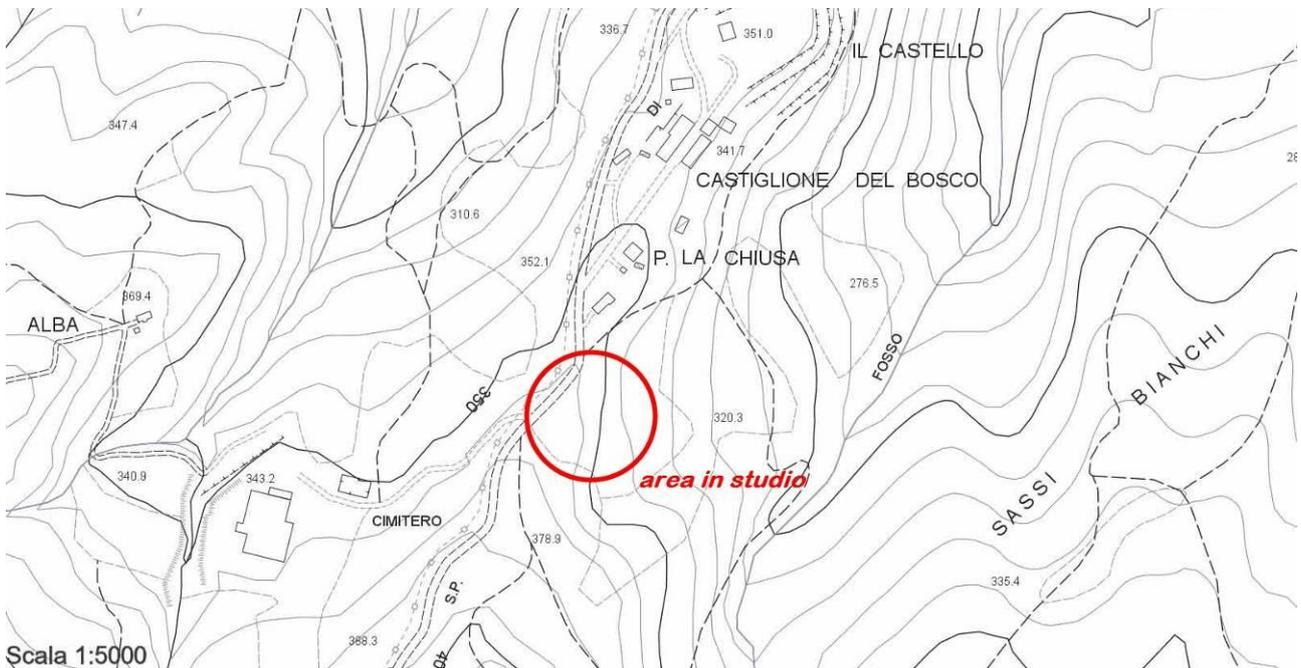
1 PREMESSA

Su incarico della Castiglion del Bosco Hotel s.r.l., è stato redatto il presente studio geologico a supporto del progetto di una struttura ricettiva.

Il terreno in studio è localizzato in prossimità del nucleo ricettivo alberghiero di Castiglion del Bosco, a nord-ovest di Montalcino, come mostrano le seguenti cartografie in scala 1:15.000, 1:10.000 e la foto aerea in scala 1:2.000.



Corografia (inquadramento su CTR)

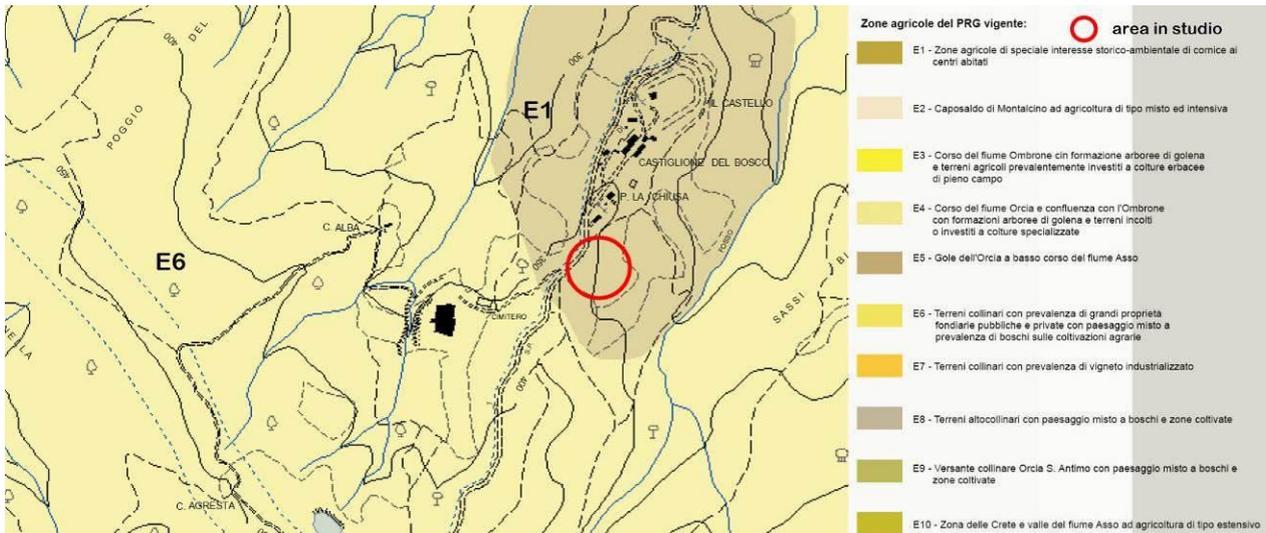


Planimetria generale



Foto aerea

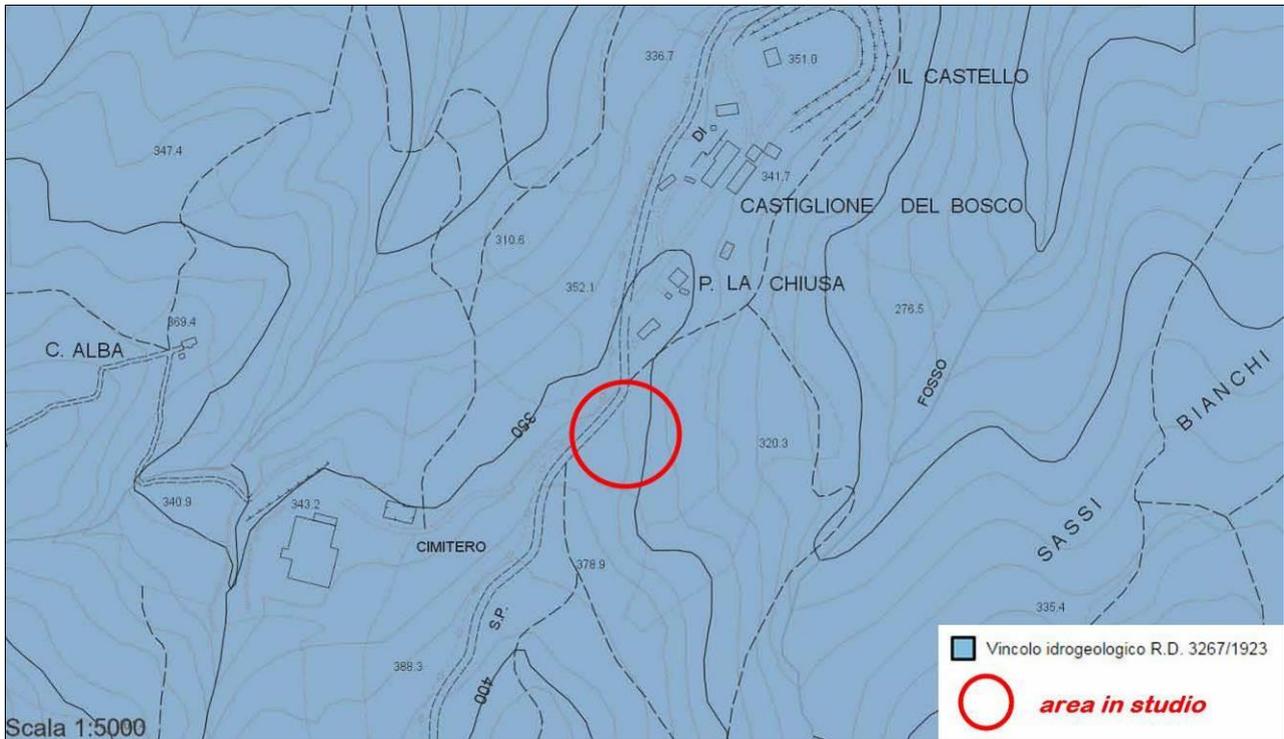
L'area in studio è inserita nel PRG nella zona E1 "zone agricole di speciale interesse storico-ambientale di cornice ai centri abitati" (si veda l'immagine seguente).



Estratto di PRG - non in scala

1.1 VINCOLISTICA

Il terreno in esame **ricade** all'interno delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923 e successive modifiche, come si vede dal seguente estratto della carta dei vincoli del SIT della Provincia di Siena.



Carta del vincolo idrogeologico – SIT Provincia di Siena (non in scala)

La relazione geologica è stata redatta secondo il Regolamento d'attuazione della L.R.T. 39/2000, emanato con D.P.G.R. 48/2003, titolo III, sezione II, ai sensi dei seguenti articoli:

Art.74 – Regimazione delle acque

Art.75 – Indagini geologiche

Art.76 – Scavi e riporti terreno

Art.77 – Materiale di risulta

1.2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata effettuata secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008: Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;**
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 - Circolare del 2 febbraio 2009;**
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale – Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;**
- **Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;**
- **Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali;**
- **Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002);**
- **Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002).**
- **D.P.G.R. del 09.07.2009 n. 36/R – Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2, della Legge Regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.**



- **Piano Strutturale** del Comune di Montalcino.

- **Piano Territoriale di Coordinamento** della Provincia di Siena.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici la presente relazione si attiene al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 in attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 ed alla **Del. GRT n° 878 del 8/10/2012** (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136); in base a tale normativa tutto il territorio regionale viene considerato sismico e distinto in differenti zone sulla base del differente grado di pericolosità di base.

1.3 INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto prevede l'ampliamento della limitrofa struttura ricettiva. Come visibile dalla tavola allegata, le strutture avranno forma irregolare in pianta. L'ampliamento in totale avrà una volumetria pari a 4798.54 m³.

1.4 CLASSE D'INDAGINE

L'intervento in progetto ricade nella seguente classe di indagine definita dal D.P.G.R. del 09/07/09 n. 36/R:

- classe d'indagine n.3, riferita alle opere di volume lordo inferiore a seimila metri cubi con altezza in gronda inferiore a venti metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, eseguite nel sito oggetto di studio. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio basate su sondaggi geognostici. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici;

1.5 TIPO DI COSTRUZIONE E CLASSE DI USO

L'intervento in progetto ricade nel seguente tipo di costruzione e classe d'uso definita dal Decreto Ministeriale 14.01.2008: Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni:

- Tipo di costruzione 2: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale (**Vita Nominale $V_N \geq 50$ anni**);

- Classe d'uso II: Costruzioni con normali affollamenti Ambienti ad uso residenziale ...

- Coefficiente d'uso $C_u = 1$;

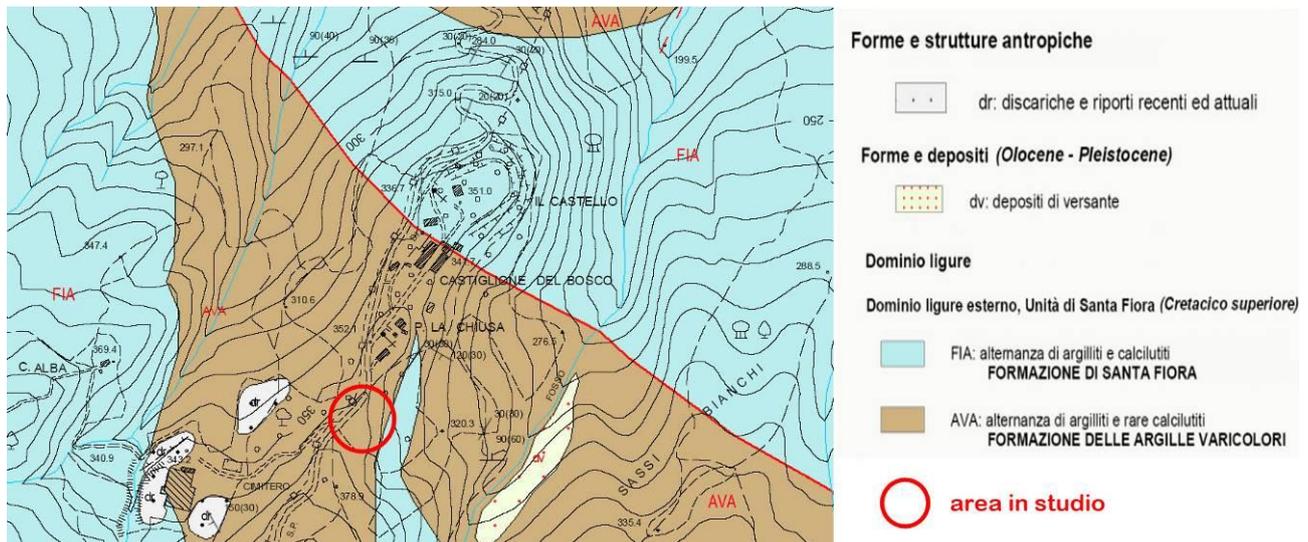
- Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N * C_u = 50$ anni.



RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA

2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche, è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato il sito in studio: tale rilevamento ha evidenziato la successione stratigrafica qui di seguito descritta ed indicata nel seguente estratto della carta geologica del PS vigente:



Estratto della carta geologica – PS - Cartografia non in scala

2.1 COMPLESSO DEI TERRENI DI FACIES LIGURE ESTERNA - UNITÀ DI SANTA FIORA

2.1.1 FORMAZIONE DI SANTA FIORA (FIA)

La formazione è costituita prevalentemente da alternanze di argilliti e siltiti di colore grigio scuro-marrone spesso manganesifere. Le argilliti, predominanti rispetto alle siltiti, hanno un colore grigio-verdastro fino a verde scuro in frattura fresca, colore ocra sulla superficie alterata; sono sempre stratificate con strati potenti da pochi centimetri fino a 1.50 m. Una pronunciata fissilità favorisce la loro suddivisione in piccole scaglie. Le siltiti presentano in frattura fresca un colore verdastro con alcune sfumature rosse, mentre nella superficie d'alterazione sono di colore marrone-rossastro; risultano disposte in strati di spessore variabile da 10 a 30 cm nei quali è bene evidente una laminazione ondulata e pianoparallela. Ai litotipi precedentemente descritti sono associate calcareniti grigio-marroni gradate, con alla base grossolane controimpronte da corrente e parzialmente deformate da carico, calcari a grana fine di colore nocciola, marne calcaree e calcari marnosi grigi (età Cretaceo sup.).

2.1.2 FORMAZIONE DELLE ARGILLE VARICOLORI (AVA)

E' costituita prevalentemente da argilliti fittamente laminate, con intercalati rari livelli lapidei di calcari marnosi, di calcareniti e calcilutiti (età Cretaceo sup.).

3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

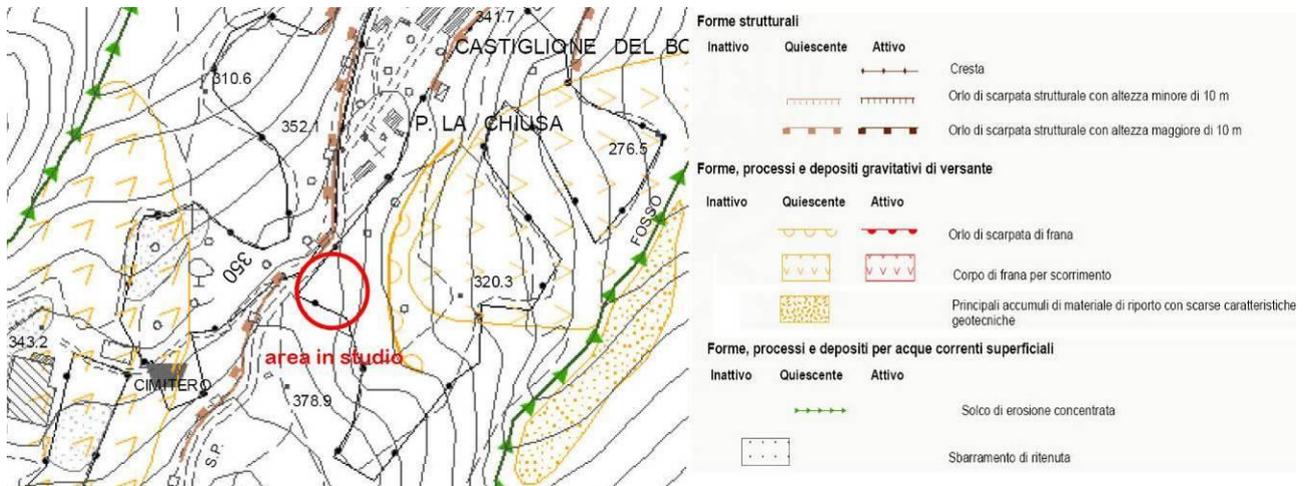
Dal punto di vista morfologico, il sito si trova in una zona di alta collina in corrispondenza di un crinale orientato in direzione nord-est sud-ovest su cui sorge il piccolo nucleo storico di Castiglion del Bosco e su cui si trova la Strada Comunale che collega Buonconvento a Montalcino.

In particolare, nell'area il rilievo morfologico raggiunge la quota di 365 m s.l.m., ed è caratterizzato da pendenze blande in corrispondenza della linea di cresta e generalmente più accentuate (dell'ordine del 20% e maggiori) sui versanti scendendo verso valle nelle direzioni nord,



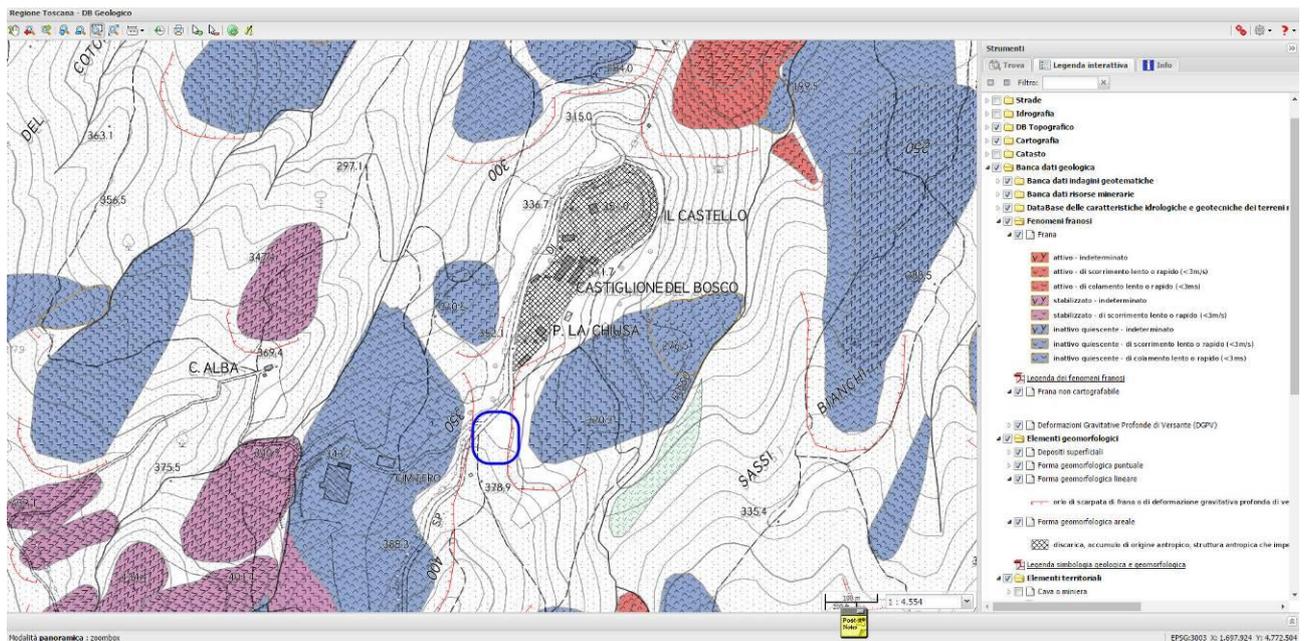
est ed ovest.

La zona in studio non è interessata da fenomeni franosi attivi (si veda a tale proposito anche la carta geomorfologica del P.S. vigente qui allegata): si sottolinea comunque che il versante posto ad est sono interessati, data la pendenza e la natura argillosa, da creep e forme erosive piuttosto pronunciate.



Carta geomorfologica (estratto PS non in scala)

La presenza di una frana quiescente viene indicata anche nel database geologico della Regione Toscana.



Estratto DB geologico Regione Toscana (non in scala)

Proprio per la presenza di tali forme geomorfologiche quiescenti e poiché gli interventi sul versante hanno dimensioni non trascurabili sono state eseguite nei paragrafi successivi una serie di verifiche di stabilità con le quali sono state ipotizzate una serie di opere per eseguire l'intervento in condizioni di sicurezza.

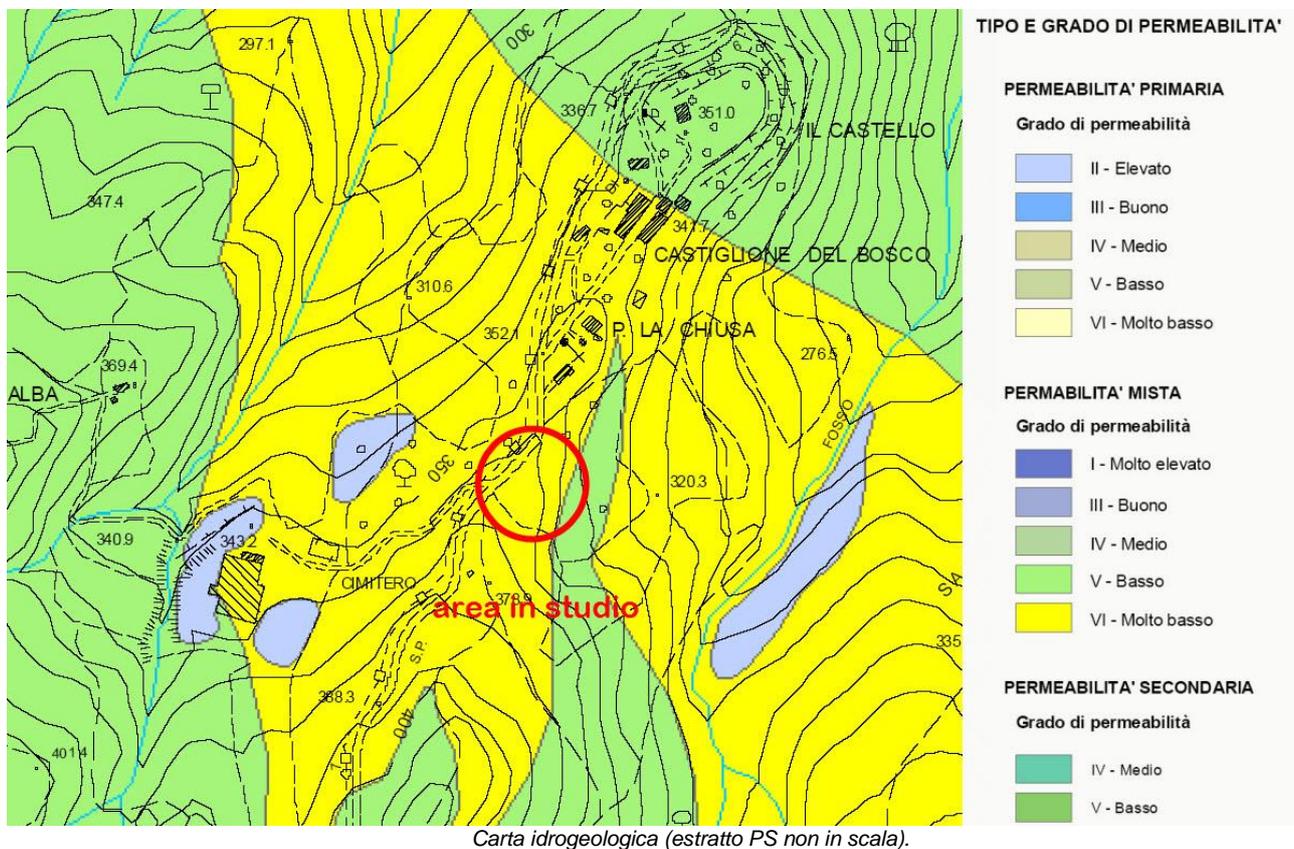
4 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Sotto il profilo idrologico, la zona interessata dagli interventi, essendo posta in territorio aperto, è regolarmente drenata da fossetti esistenti che raccolgono le acque meteoriche superficiali e le convogliano nel corso d'acqua principale del fondovalle presente ad est (il Fosso Inferno) senza generare particolari forme di erosione.

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche i terreni affioranti costituiti da alternanze di materiale argillocistoso con strati di calcare e marne, sono prevalentemente dotati di permeabilità secondaria per fratturazione: come si vede dal sottostante estratto della carta della permeabilità del PS vigente, la formazione possiede permeabilità mista molto bassa.

Tale assetto idrogeologico è scarsamente predisponente alla formazione di falde acquifere, che tuttavia si possono avere attraverso la fessurazione delle argille, limitatamente all'interno di strati lapidei maggiormente fratturati.

Nel corso della campagna geognostica eseguita nell'area durante la realizzazione di carotaggi non è stata rilevata la presenza di falda acquifera; tuttavia, in base alla conoscenza della zona, è presente nelle vicinanze un pozzo profondo 150 m, il cui livello statico è posto alla profondità di 35 m dal p.c.



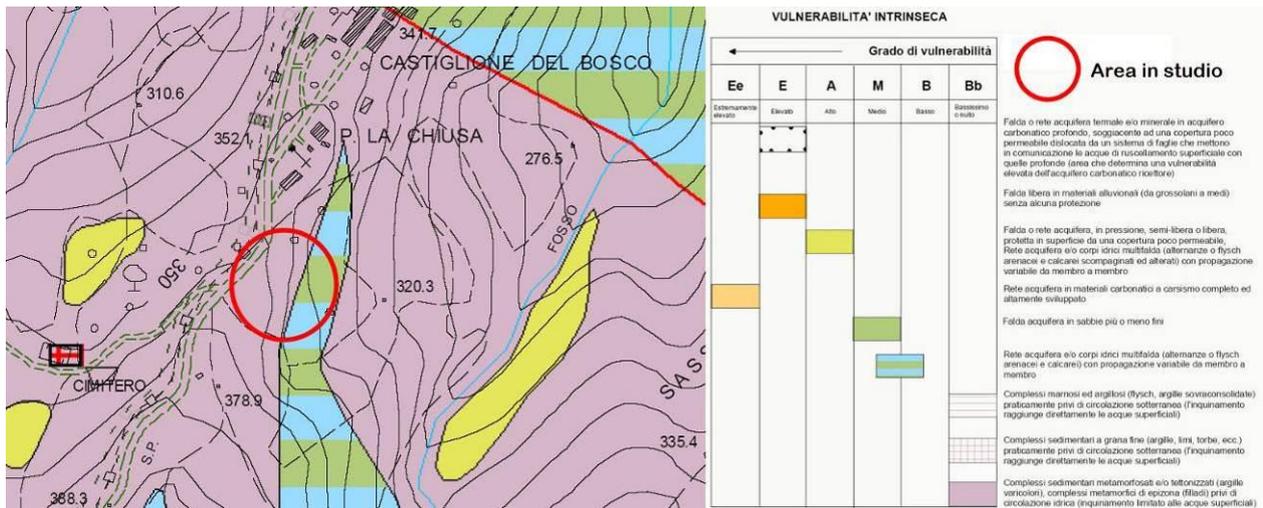
4.1 TUTELA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI: VERIFICA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI ESISTENTI

Per quanto concerne la tutela dei complessi idrogeologici e delle falde acquifere profonde è stata valutata qui di seguito la compatibilità con gli strumenti urbanistici esistenti.

4.1.1 PIANO STRUTTURALE VIGENTE

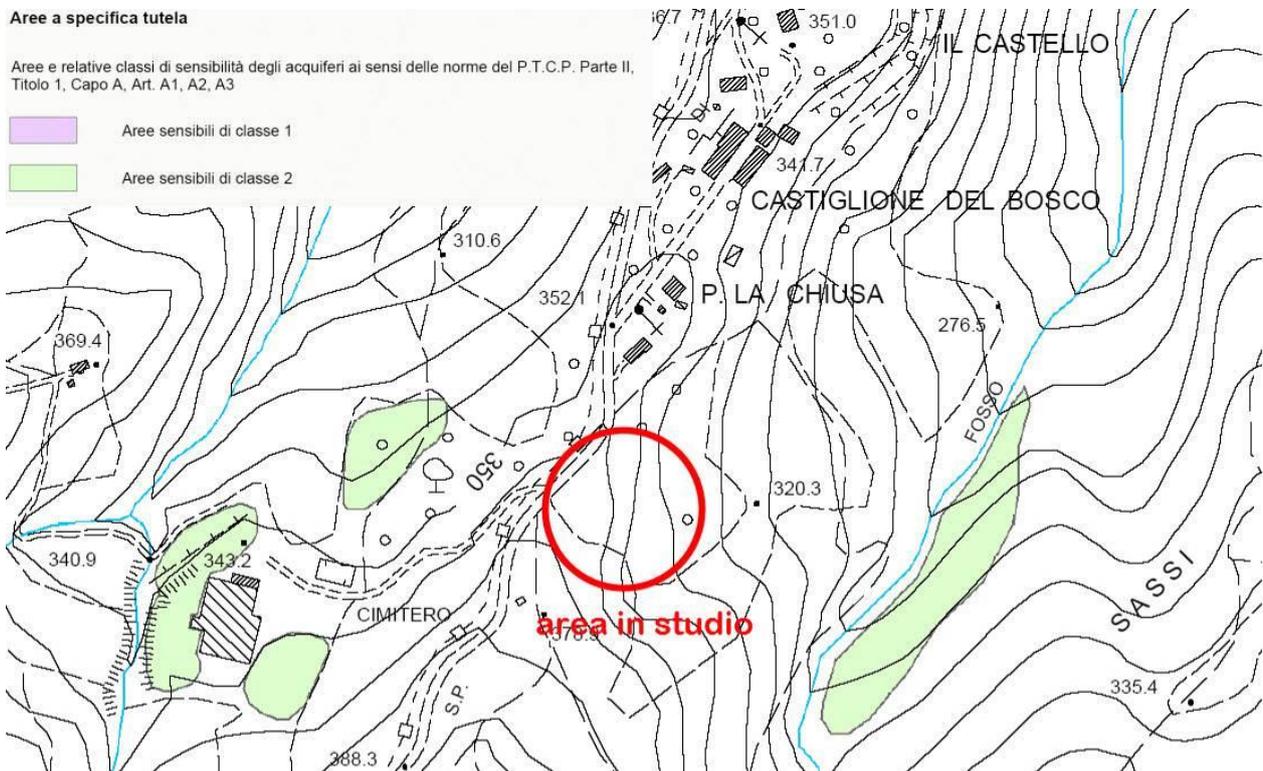
In base alla carta della vulnerabilità degli acquiferi del P.S. vigente, di cui se ne riporta un estratto qui di seguito, l'area in studio è ubicata in corrispondenza di una formazione idrogeologica composta da complessi sedimentari metamorfosati e/o tettonizzati con grado di vulnerabilità bassissimo o nullo, prossima ad una formazione idrogeologica (alternanze di arenarie e calcari)

con rete acquifera multifalda e con grado di vulnerabilità medio-basso.



Carta della vulnerabilità degli acquiferi (estratto PS non in scala).

In base alla vulnerabilità individuata, il P.S. **non inserisce** i terreni in studio in classe di sensibilità 1 o 2 (si veda il seguente estratto della carta delle aree sensibili del P.S.).



Carta delle aree sensibili (estratto PS non in scala).

4.1.2 PTC 2010

Di seguito si esegue la valutazione di compatibilità di quanto in progetto con le indicazioni del PTC della Provincia di Siena relativamente al PTC 2010 approvato con D.C.P. n. 124 del 14/12/2011.

In materia di acquiferi, il PTC 2010 è teso alla tutela degli acquiferi strategici della Provincia di Siena (in particolare quelli dell'Amiata e della zona Monte Maggio/Montagnola senese, che racchiudono risorse idropotabili fondamentali per la provincia di Siena, nonché quelli della dorsale Rapolano-M. Cetona, che costituiscono le aree di ricarica dei sistemi termali) e dei corpi idrici sotterranei mediante discipline differenziate in funzione del loro grado di vulnerabilità, nonché alla



tutela delle aree di alimentazione delle opere di captazione per uso idropotabile e termale.

Come visibile dall'estratto qui riportato, l'area oggetto di studio non ricade all'interno delle aree a vincolo medio o elevato del Piano di Coordinamento della Provincia di Siena 2010 e quindi **non è interessata da Grado di Sensibilità 1 o 2.**



Carta della sensibilità (estratto PTCP non in scala).

In base alla valutazione elaborata si evince che l'area non è soggetta alle normative del PTCP e del PS per le classi di sensibilità 1 o 2.

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

5 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Per il sito, in base al sopralluogo ed alle indagini geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche eseguite si propone il seguente modello geologico:

Modello stratigrafico da piano campagna parcheggio:

Profondità in metri		Litologia
0.00	1.00	Terreni di riporto piazzale
1.00	5.00	Argilliti alterate con livelli litoidi
> 5.00		Argilliti non alterate con livelli e lenti litoidi

Modello idrogeologico:

Stillicidi superficiali e falda a circa 35 m dal piano campagna

Considerazioni geomorfologiche:

pendenza media dell'area: 25%

fenomeni franosi attivi: non presenti nell'area in studio

INDAGINI GEOGNOSTICHE INDICATE IN BASE ALLE CONSIDERAZIONI ESEGUITE



- Realizzazione di campagna geognostica per la determinazione degli spessori e della consistenza dei terreni alterati e dei terreni di imposta delle fondazioni.
- Realizzazione indagini sismiche per la valutazione della sequenza stratigrafica, della profondità del substrato e per la determinazione della categoria di suolo.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED URBANISTICA - QUADRO CONOSCITIVO

6 CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

6.1 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

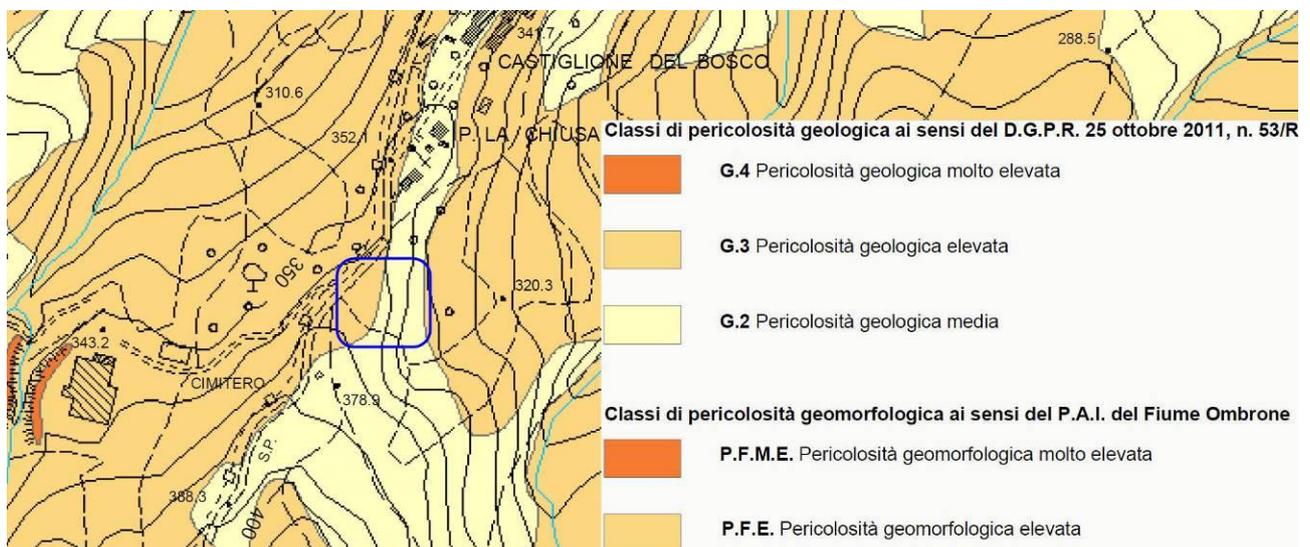
Di seguito si riporta un estratto della carta della pericolosità geologica della Variante al P.S. del Comune di Montalcino, in cui si nota che l'area oggetto dei lavori è interessata dalla seguente classe di pericolosità:

- **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA: CLASSE G.2**

Sono aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente), aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto e corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

- **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA ELEVATA: CLASSE G.3**

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.



Tali zone a pericolosità 2 e 3 sono disciplinate nelle NTA comunali vigenti dai seguenti articoli:

Art. 66 Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica media (G.2)

1. Sono le aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente) e le aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

2. Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologia media le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello di singolo intervento, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

Art. 65 Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata (G.3)

1. Sono le aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti, le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico e le aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.

2. Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologica elevata sono rispettati i seguenti principi generali:

a. l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;

b. gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;

c. in presenza di interventi di messa in sicurezza dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;

d. l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, devono essere certificati;

e. possono essere attuati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

L'intervento in progetto, che consiste esclusivamente nell'ampliamento in contiguità all'edificio esistente non implica un aumento delle condizioni di pericolosità (vedi paragrafo successivo "Considerazioni finali sulle condizioni di pericolosità e fattibilità geomorfologica in relazione alle NTA"; pertanto si ritiene che quanto in progetto rispetti le prescrizioni sopra riportate (articolo 65 e 66 N.T.A.).

6.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, essendo l'area in studio situata in situazione di alto morfologico, non è interessata dalle dinamiche fluviali e pertanto ricade nella seguente classe di pericolosità idraulica (si veda estratto P.S. qui di seguito riportato):

• CLASSE 1 - PERICOLOSITÀ IDRAULICA IRRILEVANTE

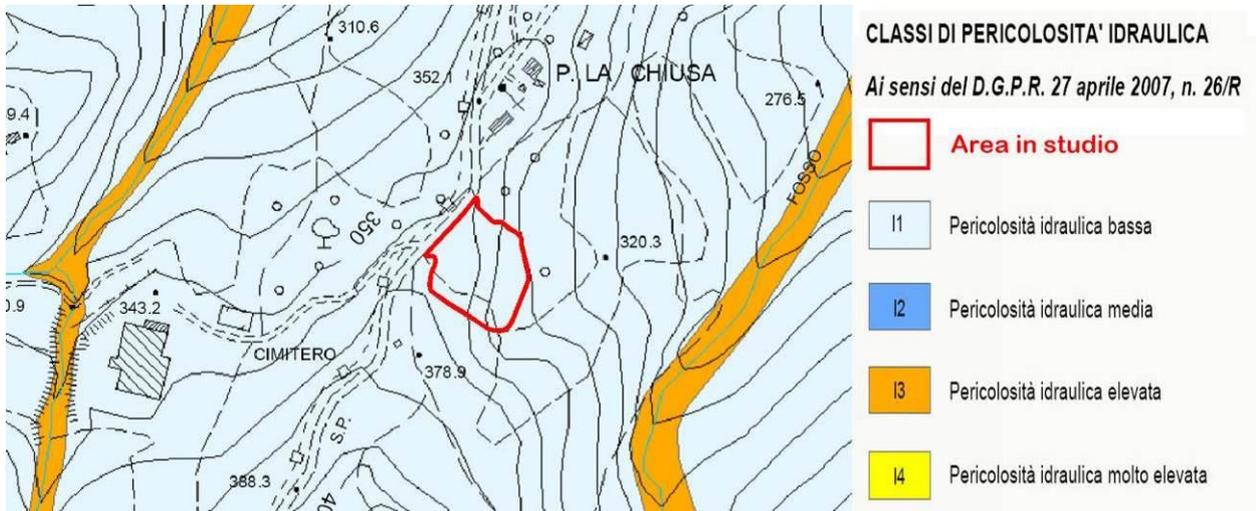
Aree prossime al fondovalle, per la quale ricorrono le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;

b) sono in situazioni favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a 2.00 m rispetto il piede esterno dell'argine o del ciglio di sponda del corso d'acqua più vicino.

In tali aree non sono necessarie considerazioni sulla riduzione del rischio idraulico.





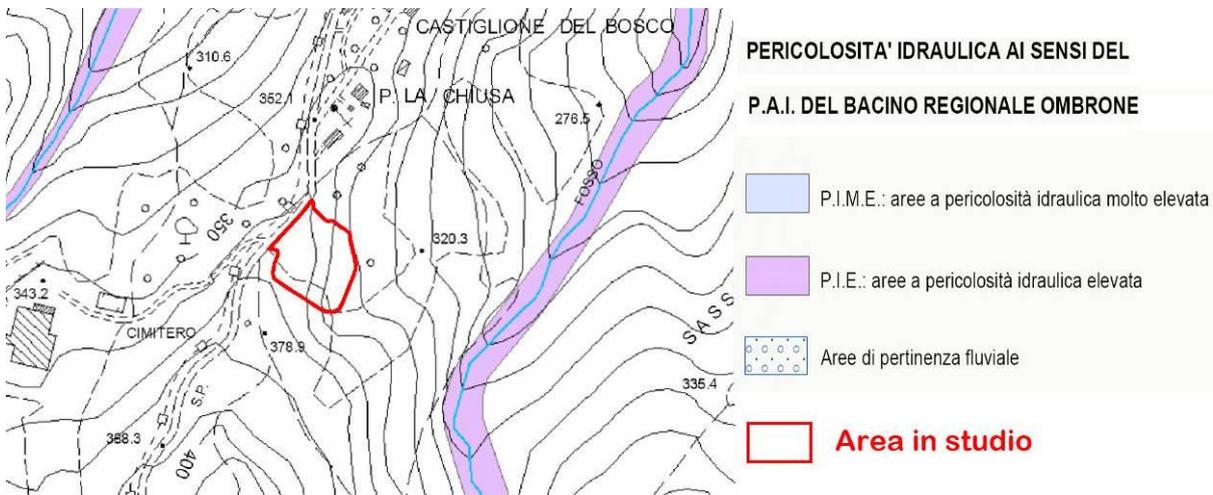
Carta della pericolosità idraulica PS vigente – Non in scala

6.3 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON I PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DI BACINO

Nel corso del presente studio, è stata valutata la compatibilità dell'intervento in progetto con quanto definito dai Piani di Assetto Idrogeologico di Bacino: in particolare, l'area in studio ricade all'interno del bacino idraulico del Fiume Ombrone.

A tale proposito, si allegano qui di seguito anche gli estratti delle Carte di adeguamento al PAI relativamente alla pericolosità geomorfologica ed idraulica del P.S. del Comune di Montalcino.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica di adeguamento al PAI come si evince dalla cartografia qui di seguito, l'area in studio non interessa né aree a pericolosità idraulica elevata (P.I.E.) né molto elevata (P.I.M.E.).



Carta della pericolosità idraulica ai sensi del PAI PS vigente – Non in scala

Per quanto riguarda la pericolosità per frana di adeguamento al PAI, come si evince dalla cartografia riportata nel paragrafo 6.1, l'area in studio ricade internamente alle aree contraddistinte da pericolosità geomorfologica elevata PFE.

Tali zone a pericolosità geomorfologica elevata del PAI sono disciplinate nelle NTA comunali vigenti dal seguente articolo:

Art. 70 Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.F.E.) - PAI fiume Ombrone

1. Sono da considerare come aree a pericolosità geomorfologia elevata tutte le aree di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico, le aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.

2. Nelle aree P.F.E. si applica la disciplina dell'art. 14 del PAI del Fiume Ombrone ed al riguardo sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica, sistemazione, protezione e prevenzione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare, prevenire e mitigare gli altri processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del Piano di Assetto Idrogeologico. Gli interventi dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi e dei diversi processi geomorfologici, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area.

3. Tali aree potranno essere oggetto di atti di pianificazione territoriale per previsioni edificatorie, subordinando l'attuazione delle stesse all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

4. Gli studi di cui al comma 2 devono attenersi ai criteri definiti dal Bacino il quale si esprime sulla coerenza degli stessi con gli atti di pianificazione del suddetto bacino, ed ove positivamente valutati, costituiscono implementazione del quadro conoscitivo del presente Piano.

5. Nelle aree P.F.E il Bacino si esprime sugli atti di Pianificazione di cui alla L.R. 5/95 in relazione alla coerenza degli stessi rispetto al presente Piano, nonché alla coerenza con il complesso degli strumenti di pianificazione di bacino delle valutazioni sugli effetti ambientali riferiti alle risorse acqua e suolo. I pareri di cui sopra si intendono espressi in senso favorevole decorsi 90 giorni dalla presentazione della relativa istanza istruttoria in assenza di determinazioni o di comunicazioni da parte del Bacino.

6. La realizzazione di nuovi interventi pubblici o privati, previsti dai vigenti strumenti di governo del territorio alla data di approvazione del presente Piano è subordinata alla verifica dello stato di stabilità dell'area sulla base di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnica ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area.

7. Qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza costituiscano elemento strutturale e sostanziale degli interventi previsti, la realizzazione di questi ultimi potrà essere contestuale alle opere di consolidamento e messa in sicurezza.

8. Il soggetto attuatore, pubblico o privato, degli interventi di messa in sicurezza di cui sopra è tenuto a trasmettere al Comune ed al Bacino dichiarazione, a firma di tecnico abilitato, relativa agli effetti conseguiti con la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza, all'eventuale sistema individuato per il monitoraggio ed alla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza.

9. Quanto sopra costituisce implementazione del quadro conoscitivo del presente Piano.

10. Nelle aree P.F.E., sono consentiti, oltre agli interventi di cui al comma 8 dell'articolo precedente, i seguenti interventi:

a. interventi di ampliamento fino ad un massimo del 30% una tantum del volume esistente alla data di adozione del progetto di piano;



b. opere che non siano qualificabili come volumi edilizi.

6.4 CONSIDERAZIONI FINALI SULLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA IN RELAZIONE ALLE NTA

In merito alla classificazione di pericolosità geomorfologica riportata nei precedenti paragrafi si riportano le seguenti considerazioni:

- La cartografia geomorfologica del Piano Strutturale Comunale e del database della regione Toscana non evidenzia alcun fenomeno attivo relativamente all'area di futura edificazione;
- Durante i rilievi di campagna ed i sopralluoghi è stata rilevata la presenza di fenomeni franosi quiescenti a valle dell'area e infatti l'area è cartografata G3. Le osservazioni di campagna effettuate in un'ampia zona intorno all'area in studio hanno evidenziato la presenza di una scarpata dotata di elevata acclività ad est rispetto alla zona di futura edificazione in ampliamento.
- Sono state eseguite una serie di verifiche di stabilità che hanno evidenziato che la realizzazione del nuovo volume con fondazioni su pali e la realizzazione di paratie di contenimento a protezione degli scavi implica un aumento delle condizioni di stabilità globale e locale del versante;
- L'intervento quindi non implica un aumento delle condizioni di pericolosità e sarà ininfluenti circa il grado di stabilità del versante;

Visto quanto espresso sopra relativamente alle condizioni di rischio frana, che implicano, l'assenza di pericolo per le persone e per i beni e visto che gli interventi in progetto saranno ininfluenti per le attuali condizioni di stabilità e non modificheranno negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area, si ritiene che quanto in progetto sia compatibile con quanto espresso dall'articolo 65 (Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata) e dall'articolo 70 (Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.F.E. - PAI fiume Ombrone) nelle Norme di Attuazione del Piano Strutturale del Comune di Montalcino.

6.5 FATTIBILITÀ

In relazione a tali classi di pericolosità assegnate dal Piano Strutturale ed alla tipologia progettuale prevista, si può assegnare la seguente classe di fattibilità alla realizzazione delle opere in progetto:

Pericolosità	Intervento	Fattibilità
Pericolosità geologica G.3 / G.2	Ampliamento struttura ricettiva	Fattibilità 3
Pericolosità idraulica I.1	Ampliamento struttura ricettiva	Fattibilità 1

6.5.1 ASPETTI GEOLOGICI

Per la realizzazione di tale intervento sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche in base alla classe di indagine degli interventi definita con il DPGR 36/R del 9 luglio 2009:

- n.6 sondaggi geognostici con prove SPT;
- esecuzione campagna geofisica;
- verifiche di stabilità stato attuale e stato finale;

6.5.2 ASPETTI IDRAULICI

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, quanto previsto è attuabile e non sussistono limitazioni di carattere idraulico; tutte le opere non devono comunque determinare aggravii di pericolosità.

6.5.3 TUTELA DEGLI ACQUIFERI

In base a quanto riportato nei precedenti paragrafi, si ritiene che l'intervento in progetto sia



compatibile con i requisiti ambientali disposti dalle normative vigenti.

6.5.4 CONSIDERAZIONI FINALI SULLA FATTIBILITÀ

In base a quanto fin qui riportato, in relazione alle classi di pericolosità assegnate dal P.S. del Comune di Montalcino ed alla tipologia progettuale, si ritiene che l'intervento in progetto rispetti i seguenti articoli delle NTA del P.S.:

- l'Art.39 "Disciplina delle acque sotterranee" delle NTA del Comune di Montalcino e con le prescrizioni definite dal Piano di Coordinamento della Provincia di Siena;
- l'Art.43 che determina prescrizioni generali rispetto agli interventi su suolo e sottosuolo;
- l'Art. 65 che regola le aree a pericolosità geologica 3;
- l'Art. 66 che regola le aree a pericolosità geologica 2;
- l' Art. 70 che Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.F.E.) - PAI fiume Ombrone;
- l'Art.56 che regola le aree a pericolosità idraulica 1.

Pertanto, si ritiene che gli interventi in progetto si inseriscano positivamente nel contesto geomorfologico, idraulico e idrogeologico dell'area senza aggravarne le condizioni di stabilità.

INDAGINE GEOGNOSTICA

7 INDAGINE GEOGNOSTICA

La natura dei terreni in studio è stata ricostruita attraverso l'esecuzione di n.6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove SPT; il prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio non è stato possibile data la natura litoide e semiltoide dei terreni indagati. Il sondaggio n.3 è in corso di esecuzione e pertanto i dati provenienti da tale indagine saranno inoltrati appena disponibili come integrazione alla presente nota.

7.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Di seguito vengono riportate le stratigrafie di massima dei sondaggi geognostici eseguiti nell'area in studio. Per una visione completa delle litologie riscontrate e delle annotazioni si vedano gli allegati.

7.1.1 INDAGINE GENNAIO 2007

Sondaggio S1		
Profondità in metri		Litologia
0.00	1.20	Massicciata piazzale
1.20	2.60	Argilliti marroni alterate
2.60	8.00	Calcere fine grigio chiaro con vene di calcite
8.00	10.00	Marnoscisti marroni laminati
10.00	11.80	Argiloscisti marroni
11.80	12.50	Calcere fine grigio chiaro
12.50	15.00	Argilliti marroni e rosse con livelli centimetrici di calcare grigio

Sondaggio S2		
Profondità in metri		Litologia
0.00	0.30	Terreno vegetale
0.30	7.80	Argillite rossa
7.80	11.20	Argillite marrone
11.20	15.00	Argillite grigia con livelli centimetrici di calcare grigio

7.1.2 INDAGINE GIUGNO 2016

Sondaggio n°4		
Profondità		Descrizione litologia
0.00	0.60	<i>Massicciata di piazzale</i>
0.60	1.00	<i>Argilliti marroni molto alterate</i>
1.00	5.00	<i>Alternanza di argilliti moderatamente alterate e calcari fratturati</i>
5.00	15.00	<i>Alternanza di argilliti non alterate e litoidi compatti</i>



SONDAGGIO 4 – PROFONDITÀ 0.00 – 5.00 M



SONDAGGIO 4 – PROFONDITÀ 5.00 – 10.00 M



SONDAGGIO 4 – PROFONDITÀ 10.00 – 15.00 M

Sondaggio n°5		
Profondità		Descrizione litologia
0.00	0.70	<i>Massicciata di piazzale</i>
0.70	2.10	<i>Argilliti marroni molto alterate</i>
2.10	5.40	<i>Alternanza di argilliti moderatamente alterate e calcari fratturati</i>
5.40	15.00	<i>Alternanza di argilliti non alterate e litoidi compatti</i>



SONDAGGIO 5 – PROFONDITÀ 0.00 – 5.00 M



SONDAGGIO 5 – PROFONDITÀ 5.00 – 10.00 M



SONDAGGIO 5 – PROFONDITÀ 10.00 – 15.00 M

Sondaggio n°6		
Profondità		Descrizione litologia
0.00	0.30	Terreno vegetale
0.30	0.70	Argilliti marroni molto alterate
0.70	3.40	Argilliti moderatamente alterate rosse con livelli centimetrici calcarei
3.40	10.00	Argilliti non alterate rosse con livelli di calcari centimetrici compatti



SONDAGGIO 6 – PROFONDITÀ 0.00 – 5.00 M



SONDAGGIO 6 – PROFONDITÀ 5.00 – 10.00 M

7.2 STANDARD PENETRATION TEST

Nel corso della campagna geognostica sono state eseguite n°13 prove in foro Standard Penetration Test (altre 3 SPT verranno eseguite nel sondaggio S3 in corso di realizzazione); nella tabella sottostante è riportato il risultato delle suddette prove e la validazione delle stesse:

VALIDAZIONE SPT									
Validazione $0 < (N1/N3) < (N2/N3) < 1$									
Sondaggio	Unità	Profondità m	N1	N2	N3	N _{SPT}	N1/N3	N2/N3	Validità
S1	C1	10,80	12	45	rifiuto	rifiuto	-	-	rifiuto
S2	B	3,60	18	21	20	41	0,90	1,05	valido
	C	6,40	21	35	37	72	0,57	0,95	valido
	C	9,30	8	9	10	19	0,80	0,90	valido
	C	12,10	36	38	18	56	2,00	2,11	valido
S4	B	5,00	19	34	rifiuto	rifiuto	-	-	rifiuto
	C	10,00	rifiuto	-	-	rifiuto	-	-	rifiuto
	C	14,50	rifiuto	-	-	rifiuto	-	-	rifiuto
S5	B	5,00	29	32	39	71	0,74	0,82	valido
	C	10,00	rifiuto	-	-	rifiuto	-	-	rifiuto
	C	14,00	rifiuto	-	-	rifiuto	-	-	rifiuto
S6	C	5,00	23	24	rifiuto	rifiuto	-	-	rifiuto
	C	9,00	31	rifiuto	-	rifiuto	-	-	rifiuto

CORREZIONE VALORE di N _{SPT}										
diametro perforazione sondaggio mm=115										
		N _{SPT}	Profondità m	peso volume γ t/m ³	pressione Kg/cm ²	cn	Err/60	cr	cd	N ₆₀
S1	C1	rifiuto	10,80	2,00	2,16	0,65	1,08	1	1	-
S2	B	41	3,60	2,00	0,72	1,20	1,08	0,75	1	40
	C	72	6,40	2,00	1,28	0,87	1,08	0,95	1	-
	C	19	9,30	2,00	1,86	0,71	1,08	0,95	1	14
	C	56	12,10	2,00	2,42	0,61	1,08	1	1	37
S4	B	rifiuto	5,00	2,00	1,00	1,00	1,08	0,85	1	-
	C	rifiuto	10,00	2,00	2,00	0,68	1,08	0,95	1	-
	C	rifiuto	14,50	2,00	2,90	0,55	1,08	1	1	-
S5	B	71	5,00	2,00	1,00	1,00	1,08	0,85	1	65
	C	rifiuto	10,00	2,00	2,00	0,68	1,08	0,95	1	-
	C	rifiuto	14,00	2,00	2,80	0,56	1,08	1	1	-
S6	C	rifiuto	5,00	2,00	1,00	1,00	1,08	0,85	1	-
	C	rifiuto	9,00	2,00	1,80	0,72	1,08	0,95	1	-

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

La scelta dei parametri affidati alle unità geotecniche è stata fatta in base alle istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici utilizzando i seguenti valori:

- valori ragionevolmente prossimi ai valori medi, come indicato nei casi in cui si voglia rappresentare elevati volumi di terreno; il modello proposto ha lo scopo di riassumere l'assetto litostratigrafico e geotecnico di tutta l'area nel suo insieme e potrà essere utilizzato per esempio per il calcolo di fondazioni di tipo superficiale quali travi rovesce e platee e verifiche di stabilità del complesso opera-pendio;
- valori sottoposti ad analisi statistica, come indicato nei casi in cui sono coinvolti puntualmente modesti volumi di terreno; si dovrà ricorrere alle relazioni indicate dall'Eurocodice 7 che fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X (frattile 5%) uguale a -1,645. Tali parametri dovranno essere utilizzati qualora si adottassero fondazioni indirette tipo pali. Dovranno esser applicate le seguenti relazioni ai parametri medi (m) per ottenere quelli caratteristici (k):

$$(1) \phi'k = \phi'm (1 + C.V\phi)$$

$$(2) c'k = c'm (1 + C.Vc)$$

diventeranno:

$$(3) \phi'k = \phi'm (1 - 1,645 V\phi)$$

$$(4) c'k = c'm (1 - 1,645 Vc)$$

V coefficiente di variazione = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori.

Ai valori caratteristici (f_k) e medi (f_m) trovati si applicheranno i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto in base alla NCT 2008.

Ai sensi delle istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici medi esclusivamente per calcoli geotecnici che coinvolgano un gran volume di terreno (verifiche di stabilità, calcoli strutturali per platee e travi rovesce, paratie e portanza laterale dei pali).

Ai sensi delle istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici caratteristici per calcoli geotecnici che coinvolgano un piccolo volume di terreno (calcoli strutturali per portanza alla punta dei pali, plinti non collegati e tiranti).

Ai sensi delle istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare il modulo edometrico per la valutazione dei cedimenti in relazione agli stati limite di esercizio.

In particolare nella zona di monte è stata notata la presenza al di sotto del terreno di riporto presente nel piazzale, di argilliti con grado di alterazione che diminuisce all'aumentare della profondità alternate a livelli decimetrici calcarei dotati di caratteristiche di compressibilità da mediocre a medie. I terreni presenti più in profondità sono caratterizzati da un'alternanza senza soluzione di continuità di argilliti varicolori foliate con medio/alte caratteristiche geotecniche e litotipi litoidi costituiti da calilutiti grigie, marne rosse e calcari marnosi dotati di caratteristiche geotecniche alte.

L'indagine sismica in onde P ed il MASW confermano quanto rilevato con i sondaggi; in particolare sono stati evidenziati 3 sismostrati con velocità crescenti con la profondità.



In base ai risultati delle indagini geognostiche eseguite, nell'area in studio è individuabile la seguente successione lito-stratigrafica:

→ **UNITÀ A:** TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI

→ **UNITÀ B:** ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA

→ **UNITÀ C:** ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI

→ **UNITÀ C1:** LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI

8.1 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la parametrizzazione geotecnica dei litotipi individuati nell'area in studio, sono state utilizzate le seguenti correlazioni empiriche:

Prove SPT

Correzione valore di N_{SPT}

I valori di resistenza alla penetrazione ricavati dalla prova SPT in situ verranno normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e delle caratteristiche granulometriche generali dei terreni secondo la seguente correlazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times (ERr/60) \times Cr \times Cd \times Cn$$

- $ERr/60$ = rendimento energetico di riferimento = 60% = 1.08
- Cr = coefficiente dipendente dalla lunghezza della batteria delle aste

n (m)	Cr
3-4	0.75
4-6	0.85
6-10	0.95
>10	1

- Cd = coefficiente dipendente dal diametro del foro di sondaggio

F_i (m)	Cd
65-115	1
150	1.05
200	1.15

- Cn = coefficiente dipendente dalla pressione litostatica (Jamolkowski 1985)

$$Cn = [P_{ef} \text{ (kg/cmq)}]^{0.56}$$

La pressione efficace è data dalla seguente formula:

$$P_{ef} \text{ (kg/cmq)} = [\gamma \text{ (t/mc)} h \text{ (m)}] \times 0.1$$

γ = peso di volume e h = profondità dal p.c.

Stima del valore dell'angolo di attrito

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore dell'angolo di attrito (Road Bridge Specification):

$$\phi = \sqrt{15 N_{SPT} + 15}$$

Stima della coesione non drenata

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore della coesione non drenata (SANGLERAT):

$$Cu = 0.5 \alpha N_{SPT}$$

in cui:

$\alpha = 2.50$ per argille;

$\alpha = 2.00$ per argille limose;

$\alpha = 1.33$ per argille limoso sabbiose.

Modulo di compressibilità del terreno

Mentre per la determinazione del modulo di compressibilità si è utilizzata la seguente formula (BUISMAN e SANGLERAT):

$$E_d = 6 N_{SPT}$$

Analisi statistica – Valori caratteristici

I valori caratteristici dell'angolo di attrito e della coesione, qualora si abbia a disposizione esclusivamente un elemento di caratterizzazione per ogni unità geotecnica, saranno stimati per mezzo della formula semplificata di Schneider (Schneider, H. R., Definition and determination of characteristic soil properties, Proceedings of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamburg 1997, Balkema, Rotterdam):

$$X_k = X_m \times [1 - (COV/2)]$$

X_k = valore caratteristico

X_m = valore medio

COV coefficiente di variazione => per angolo di attrito $\phi' = 10\%$ (0.10)

=> per coesione efficace $C' = 40\%$ (0.40)

Si ricorda che l'EC7, al punto 2.4.5.2 2, definisce che "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. In geotecnica è circostanza frequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati. Una obiezione frequente al trattamento statistico è che questo non può essere eseguito con pochi dati. Al contrario, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza a priori regionale e locale, un trattamento statistico è possibile anche nel caso estremo di un solo dato a disposizione (o, al limite, di nessun dato disponibile, in questo caso facendo affidamento esclusivamente sulla conoscenza pregressa). Quando ci troviamo in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

In base a quanto sopra esposto, i parametri geotecnici saranno determinati con formula semplificata di Schneider sui valori medi riscontrati.

8.2 ELABORAZIONE STATISTICA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Si riporta in tale paragrafo l'elaborazione statistica per determinare i valori medi e la deviazione standard dei parametri ricavati dalle indagini geotecniche eseguite.

8.2.1 ELABORAZIONE STATISTICA - STANDARD PENETRATION TEST

Per le prove SPT su sondaggio, riferiti ad un dato a carattere puntuale, si procederà ad un'analisi statistica in relazione a tutti i dati validi disponibili. In relazione all'elaborazione stratigrafica riportata nella tavola unica allegata, le prove SPT eseguite nei sondaggi possono essere associati alle seguenti unità litostratigrafiche:

- Unità A: nessuna SPT;
- Unità B: n.2 SPT valide;

N ₆₀		φ°	Cu(kg/cmq)	Ed(kg/cmq)
40		39,49	2,66	240,00
65		46,22	4,32	390,00
deviazione standard =		3,37	0,83	
VALORE MEDIO m=		42,86	3,49	390,00
VALORE CARATTERISTICO k=		37,32	2,12	

- Unità C/C1: n.2 SPT valide;

N ₆₀		φ°	Cu(kg/cmq)	Ed(kg/cmq)
14		29,49	0,93	84,00
37		38,56	2,46	222,00
deviazione standard =		4,53	0,76	
VALORE MEDIO m=		34,02	1,70	222,00
VALORE CARATTERISTICO k=		26,57	0,44	

8.3 UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI

- Litologia e granulometria unità geotecnica: terreni di alterazione dei depositi in posto. Terreno di riporto costituente il piazzale.
- Profondità minima/massima e spessore medio unità geotecnica: spessore medio 1.00 m;

Profondità		S 1		S 2		S3		S4		S5		S6	
Min	Max	0.00	1.20	0.00	0.30	-	-	0.00	1.00	0.00	1.70	0.00	0.75

- Presenza falda: non rilevata.
- Indicazioni e prescrizioni per posa opere fondali: tale terreno non è ritenuto idoneo come piano d'appoggio delle opere di fondazione poiché è caratterizzato da parametri geotecnici molto bassi ed estremamente suscettibile alle variazioni di umidità stagionali.

Si tratta del primo livello di materiale alterato presente nell'area in studio. I valori di resistenza rilevati durante le analisi manuali e visive delle carote del sondaggio mettono in evidenza caratteristiche di compressibilità assai variabili; si rileva che localmente sono presenti materiali maggiormente essiccati ed abbondante pietrosità. *Tale terreno, essendo caratterizzato da parametri geotecnici assai variabili ed estremamente suscettibile alle variazioni di umidità stagionali non risulta idoneo come piano d'appoggio delle strutture di nuova fondazione: pertanto, si ritiene necessario oltrepassare completamente questa unità in modo tale garantire l'imposta delle opere di fondazione.*

Al litotipo in oggetto, in relazione ad esperienze dirette su litologie simili, possono essere affidati i seguenti parametri geotecnici medi e caratteristici (il valore caratteristico dell'angolo di attrito sarà stimato per mezzo della formula semplificata di Schneider):

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- peso di volume $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$
- peso di volume $\gamma_w \text{ saturo} = 1.90 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito $\phi'm = 20^\circ$

ANGOLO DI ATTRITO	
Coefficiente di variazione COV	0,10
valore medio angolo di attrito	20,00°
valore caratteristico angolo di attrito	19,00°



PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

- peso di volume $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$
- peso di volume γ_w saturo = 1.90 t/m^3
- angolo di attrito $\phi'k = 19^\circ$

PARAMETRI GEOTECNICI PER CALCOLO CEDIMENTI (SLE)

- modulo edometrico $Edm = 15 \text{ kg/cm}^2$

8.4 UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA

- Litologia e granulometria unità geotecnica: i depositi si presentano come argilliti con grado di alterazione e consistenza scarsa e mediocre che diminuisce con la profondità con livelli di calcare fratturato estremamente consistente.
- Profondità minima/massima e spessore medio unità geotecnica: spessore medio 4.00 m;

Profondità		S 1		S 2		S 3		S 4		S 5		S 6	
Min	Max	1.20	2.60	0.30	4.00	-	-	1.00	5.20	1.70	5.50	0.75	3.50

- Presenza falda: non rilevata.
- Indicazioni e prescrizioni per posa opere fondali: tale terreno non è ritenuto idoneo come piano d'appoggio delle opere di fondazione delle strutture poiché è caratterizzato da parametri geotecnici assai variabili.

Per la definizione dei parametri geotecnici di tale unità disponiamo dei dati delle prove SPT; si riportano in seguito le tabelle riassuntive dei valori riscontrati nelle indagini eseguite:

N_{60}		ϕ°	Cu(kg/cmq)	Ed(kg/cmq)
40		39,49	2,66	240,00
65		46,22	4,32	390,00
deviazione standard =		3,37	0,83	
VALORE MEDIO $m=$		42,86	3,49	390,00
VALORE CARATTERISTICO $k=$		37,32	2,12	

In base ad conoscenze dirette su terreni simili, a causa dell'alterazione piuttosto spinta delle argilliti che potrebbe determinare una mobilitazione del deposito verso valle, sebbene denotino una resistenza molto alta all'infissione, si preferisce eseguire una parametrizzazione dell'unità litotecnica per mezzo di parametri di letteratura.

Al litotipo in oggetto, in relazione ad esperienze dirette su litologie simili, possono essere affidati i seguenti parametri geotecnici medi e caratteristici (il valore caratteristico dell'angolo di attrito sarà stimato per mezzo della formula semplificata di Schneider):

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$
- peso di volume γ_w saturo = 2.20 t/m^3
- angolo di attrito $\phi'm = 25^\circ$

ANGOLO DI ATTRITO	
Coefficiente di variazione COV	0,10
valore medio angolo di attrito	25,00°
valore caratteristico angolo di attrito	23,75°

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

- peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$
- peso di volume γ_w saturo = 2.20 t/m^3
- angolo di attrito $\phi'k = 23.75^\circ$

PARAMETRI GEOTECNICI PER CALCOLO CEDIMENTI (SLE)

- **modulo edometrico $Ed_m = 40 \text{ kg/cm}^2$**

8.5 UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI

8.6 UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI

- Litologia e granulometria unità geotecnica: l'unità si presenta come un'alternanza senza soluzione di continuità di argilliti varicolori foliate con medio/alte caratteristiche geotecniche e litotipi litoidi costituiti da calcilutiti grigie, marne rosse e calcari marnosi dotati di caratteristiche geotecniche alte.
- Profondità minima/massima e spessore medio unità geotecnica; spessore oltre 15 m;

Profondità		S 1	S 2	S3		S4	S5	S6
Min	Max	> 2.60	> 4.00	-	-	> 5.20	> 5.50	> 3.50

- Presenza falda: non rilevata per impermeabilità del litotipo.
- Indicazioni e prescrizioni per posa opere fondali: tale terreno è dotato di buone caratteristiche geotecniche; viene ritenuto idoneo sia come piano di appoggio delle fondazioni delle strutture;

Per la definizione dei parametri geotecnici dell'unità C disponiamo dei dati delle prove SPT; si riportano in seguito le tabelle riassuntive dei valori riscontrati nelle indagini eseguite:

N_{60}		ϕ°	$Cu(\text{kg/cm}^2)$	$Ed(\text{kg/cm}^2)$
14		29,49	0,93	84,00
37		38,56	2,46	222,00
deviazione standard =		4,53	0,76	
VALORE MEDIO $m=$		34,02	1,70	153,00
VALORE CARATTERISTICO $k=$		26,57	0,44	

L'unità in analisi si presenta come un'alternanza di argilloscisti stratificati e caratterizzati da una notevole anisotropia planare e litoidi estremamente competenti sia compatti a fratturati. Cautelativamente si procederà all'assimilazione dell'unità litotecnica in analisi come fosse esclusivamente composta da un ammasso di argilliti.

Le prove SPT eseguite su tale unità geotecnica hanno messo in luce una elevata resistenza all'infissione, tanto è che i valori di SPT sono quasi sempre superiori a 50; tale prova dimostra un'elevata resistenza a compressione uniassiale del litotipo in studio.

In base ad esperienze dirette su terreni simili, a causa della marcata anisotropia planare delle argilliti che determina superfici di scorrimento privilegiate e dell'elevato disturbo tettonico dell'area in studio, si preferisce eseguire una parametrizzazione dell'unità litotecnica per mezzo del valore minimo rilevato nelle SPT.

Al litotipo in oggetto possono essere affidati i seguenti parametri geotecnici medi e caratteristici (il valore caratteristico dell'angolo di attrito sarà stimato per mezzo della formula semplificata di Schneider):

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 2.30 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_m = 30^\circ$**

ANGOLO DI ATTRITO	
Coefficiente di variazione COV	0,10
valore medio angolo di attrito	30,00°
valore caratteristico angolo di attrito	28,50°



PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

- peso di volume $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$
- peso di volume γ_w saturo = 2.30 t/m^3
- angolo di attrito $\phi'k = 28.50^\circ$

PARAMETRI GEOTECNICI PER CALCOLO CEDIMENTI (SLE)

- modulo edometrico $Ed_m = 90 \text{ kg/cm}^2$

8.7 RIEPILOGO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE UNITÀ

Tramite l'interpretazione dei risultati dell'indagine geognostica sono state elaborate le sezioni geologico-tecniche riportate nella tavola allegata in cui è stato ricostruito l'assetto stratigrafico. I modelli stratigrafici con la profondità delle varie unità geotecniche da utilizzare per i calcoli strutturali sono direttamente desumibili dalle tavole allegate a seconda dell'intervento in progetto.

E' stata fornita una tabella con il riepilogo delle caratteristiche geotecniche delle varie unità con inseriti i valori geotecnici medi per calcoli geotecnici che coinvolgano un gran volume di terreno (verifiche di stabilità, calcoli strutturali per platee e travi rovesce, plinti collegati e paratie e portanza laterale dei pali) e con valori caratteristici per calcoli geotecnici che coinvolgano un piccolo volume di terreno (calcoli strutturali per portanza alla punta dei pali, plinti non collegati e tiranti).

Unità	PARAMETRI FISICI MEDI		PARAMETRI MEDI				PARAMETRI CARATTERISTICI				CALCOLO CEDIMENTI (SLE)
	γ (t/m^3)	γ_w (t/m^3)	Cum (Kg/cm^2)	ϕ_m	C'm (Kg/cm^2)	$\phi'm$	Cuk (Kg/cm^2)	ϕ_k	C'k (Kg/cm^2)	$\phi'k$	Ed (Kg/cm^2)
A	1.70	1.90	-	20°	-	-	-	19°	-	-	15
B	2.00	2.20	-	25°	-	-	-	23.75°	-	-	40
C	2.10	2.30	-	30°	-	-	-	28.50°	-	-	90
Falda acquifera: 35 m da piano campagna											
• γ = peso di volume			• Cu = coesione non drenata				• C' = coesione efficace				
Eed = modulo			• ϕ = angolo di attrito interno								

INDAGINE SISMICA**9 INDAGINE SISMICA**

In corrispondenza dell'area in studio, è stato effettuato dallo scrivente uno studio tramite un profilo sismico a rifrazione, un rilievo MASW ed una misurazione H/V.

9.1 METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'ANALISI DEI DATI

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente si sono utilizzati i seguenti metodi geofisici:

- SISMICA A RIFRAZIONE - Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda rifratta; in questo modo è possibile individuare spessori, velocità e geometrie dei vari sismostrati;
- MASW - Tramite lo studio della dispersione delle onde superficiali si è determinato un primo modello monodimensionale del suolo tramite spessori e velocità;
- H/V - Si ricava lo spettro di risposta di sito.

Se la sismica a rifrazione o il MASW riesce ad individuare il bedrock sismico, i dati dell'H/V (che rispetto alla sismica a rifrazione è una metodologia meno precisa) serviranno per confermare i dati acquisiti e per aggiungere alcune interessanti informazioni (spettro di risposta di sito).



In questo caso, con la rifrazione in onde P, la velocità dei primi livelli è indicata dal MASW e le geometrie (e gli spessori) dalla rifrazione.

Il modello sismostratigrafico ottenuto con il MASW viene applicato ai dati ottenuti dall'H/V, modellando quindi uno spettro sintetico e fittandolo con i dati dello spettro dell'H/V si potrà ricostruire una sismostratigrafia che soddisfi al meglio i risultati sperimentali ottenuti.

9.1.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 2010 Seismic Unit a 12 canali
- Geofoni da 14 hz (Masw)
- Generazione di onde P: massa battente (mazza da 8 kg)
- Geometria dei rilievi: distanza intergeofonica di 5 m per un totale di 60.00 m
- Tromino Micromed:



Number of channels	3+1 analog
Amplifiers	all channels with differential inputs
Noise	< 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Input impedance	10 ⁶ Ohm
Frequency range	DC - 360 Hz
Sampling frequency	16384 Hz per channel
Oversampling frequency	32x, 64x, 128x
A/D conversion	\geq 24 bit equivalent
Max analog input	51.2 mV (781 nV/digit)

9.1.2 SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI

Acquisizione dei dati

SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO

Elaborazione e filtraggio

Visual Sunt 20

Seismic Unix

WinMasw Pro

Grilla

Geopsy

Winsism 11.2

Rayfract

Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)

Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)

Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione

Tromino-H/V

Software Libero-H/V

Wgeosoft-sismica a rifrazione

Intelligent resource-sismica a rifrazione

Modelli 1 D e rischio sismico

Deep Soil

Rexel

Shake 2000

Ciclic 1D

software libero-Risposta di sito modellazione 1D

software libero-risposta di sito-terremoto di progetto

Geo Motions-risposta di sito-modellazione 1D-liquefazione

software libero-liquefazione

Sistemi di energizzazione

Generazione di onde P ed energizzazione per rilievo MASW: massa battente (mazza da 8 kg)

9.1.3 GEOMETRIA DEI RILIEVI

AA' = distanza intergeofonica 5 m per un totale di 60 metri, 5 energizzazioni.

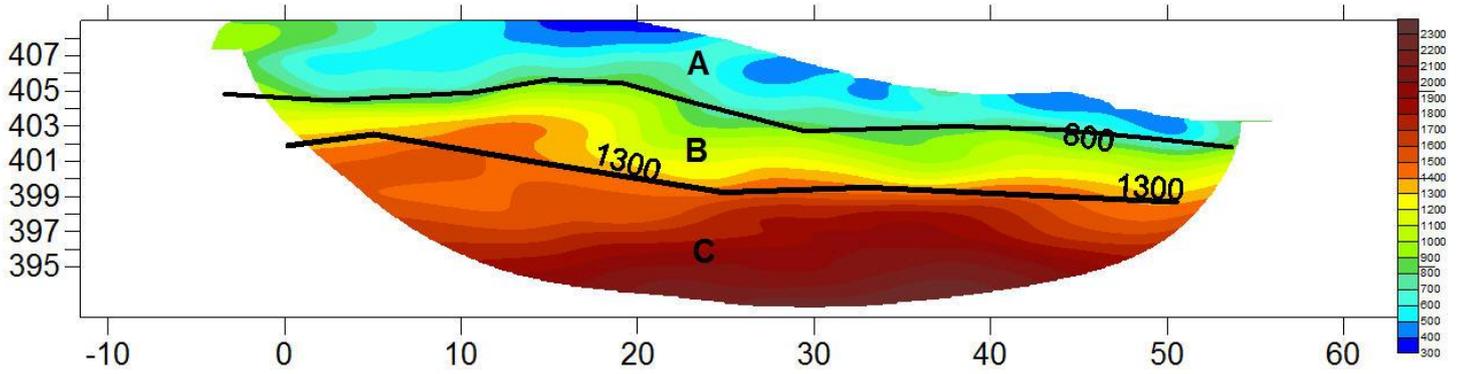
9.2 RISULTATI OTTENUTI

9.2.1 SISMICA A RIFRAZIONE

Si riconoscono i seguenti n. 3 principali sismostrati:

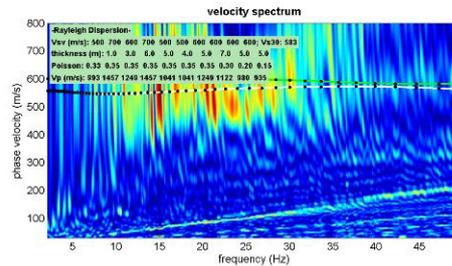
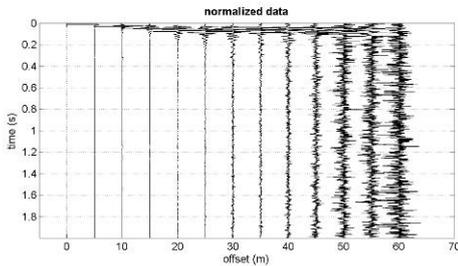
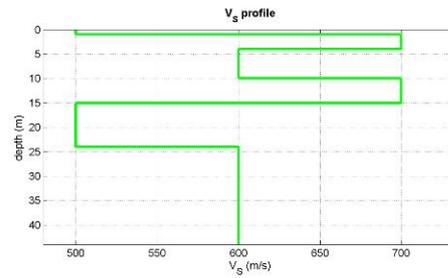


- sismostrato A --> livello formato da depositi sciolti: $V_p < 800$ m/sec;
- sismostrato B --> depositi mediamente addensati: 800 m/sec $< V_p < 1300$ m/sec;
- sismostrato C --> depositi addensati: $V_p > 1300$ m/sec.



9.2.2 MASW

Sono stati disposti 12 geofoni sul terreno da 14 hz alla distanza di 5 m quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.



Mean model

V_s (m/s): 500, 700, 600, 700, 500, 500, 600, 600, 600, 600
 Thickness (m): 1.0, 3.0, 6.0, 5.0, 4.0, 5.0, 7.0, 5.0, 5.0
 V_{s30} (m/s): 583

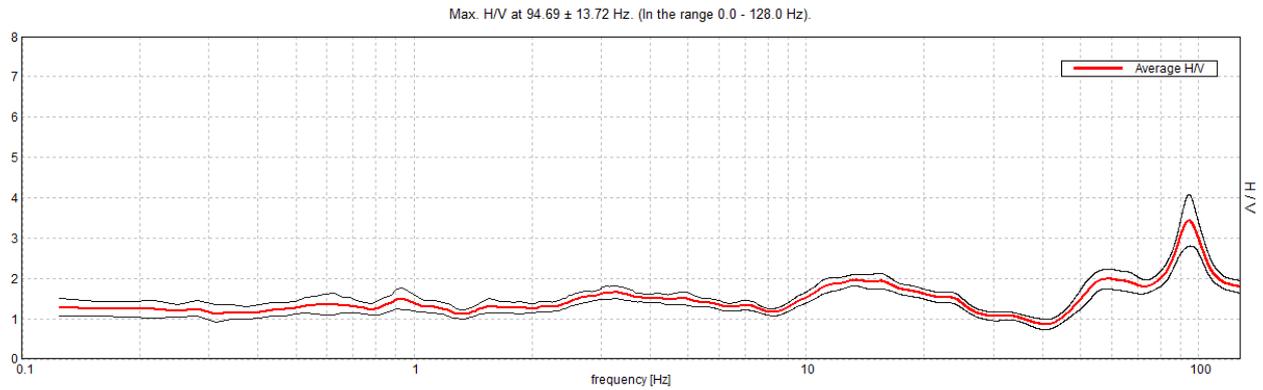
9.2.3 H/V

Strumento: TRZ-0135/01-11
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.

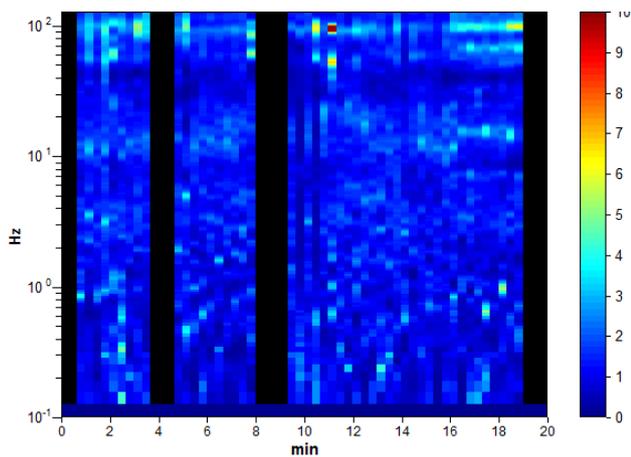


Inizio registrazione: 21/06/16 13:08:35 Fine registrazione: 21/06/16 13:28:35
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 256 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

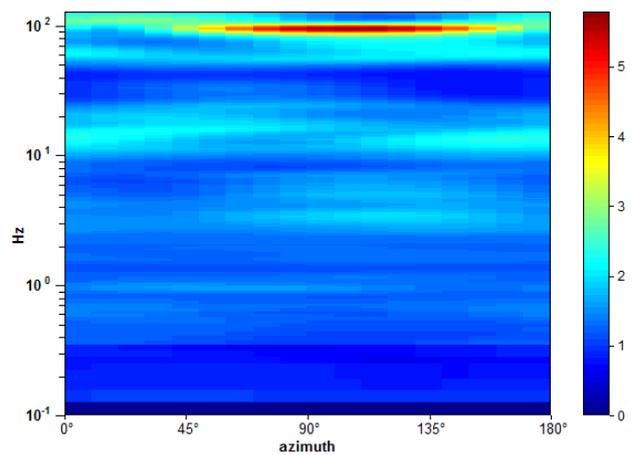
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



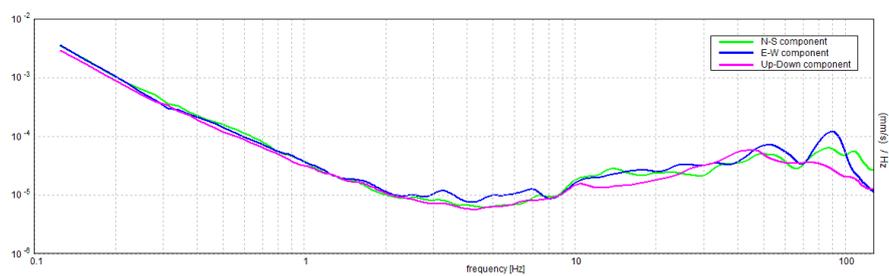
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 94.69 ± 13.72 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	94.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	90900.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2582	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	52.563 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.44 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14488 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	13.71814 < 4.73438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6359 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

10 CONSIDERAZIONI GENERALI IN CONDIZIONI SISMICHE

Il Comune di Montalcino, in base alla classificazione sismica della Toscana approvata con **Del. GRT n° 878 del 8/10/2012** (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136), è stato inserito in **Zona 3**.

In relazione alle Norme Tecniche per le Costruzioni sono individuate quattro zone (di cui le prime tre vengono suddivise in quattro intervalli caratterizzati da differenze di accelerazione pari a 0.025g, mentre la quarta, visti i bassi valori di accelerazione, non prevede ulteriori suddivisioni), sulla base di differenti valori dell'accelerazione a_g orizzontale massima convenzionale su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità) ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico; ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/sec, secondo lo schema seguente:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15g
4	$a_g \leq 0.05$	0.05g

10.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche (D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni"), in relazione alla possibile amplificazione sismica per effetti litologici, indicano delle categorie di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto.

Il parametro basilare per questa caratterizzazione è indicato nella velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (V_{s30}); V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} (h_i/V_i)}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di n strati presenti nei 30 m superiori.

I profili stratigrafici, definiti in relazione alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità che determinano l'amplificazione del moto sismico superficiale rispetto a quello indotto alla loro base, sono così indicati:

CATEGORIA A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.

CATEGORIA B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

CATEGORIA C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180



m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

CATEGORIA D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/sec (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

CATEGORIA E: *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/sec).

10.2 CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO

CATEGORIA S1: Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/sec (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ KPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.

CATEGORIA S2: Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{spt,30}$ è definita dalla seguente espressione:

$$N_{spt,30} = [\sum_{i=1,M} (h_i)] / [\sum_{i=1,M} (h_i/N_{spt,i})]$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dalla seguente espressione:

$$C_{u,30} = [\sum_{i=1,K} (h_i)] / [\sum_{i=1,K} (h_i/C_{u,i})]$$

10.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE ED AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le condizioni topografiche definiscono il coefficiente di amplificazione topografica S_t ; per situazioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si potrà adottare la seguente classificazione:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ($i \leq 26.7\%$)</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ($i > 26.7\%$)</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ($26.7\% \leq i \leq 57.7\%$)</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$ ($i > 57.7\%$)</i>

Le categorie topografiche sopra esposte si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t riportato nella seguente tabella in funzione dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento:

CATEGORIA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	S_t
T1	-----	1.0
T2	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	1.2
T3	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1.2
T4	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un



decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove S_t assume valore unitario.

10.4 STIMA DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Essendo l'area in studio caratterizzata da un profilo morfologico avente pendenza dell'ordine del 25%, in base alla precedente tabella appartiene alla categoria topografica **T2** (*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ($i > 26.7\%$)*).

Pertanto, si affida al terreno in studio, il seguente coefficiente topografico **ST** di amplificazione sismica:

$$ST = 1.20$$

10.5 STIMA DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

L'esito della prova sismica con MASW ed indagine tromometrica stima la categoria di sottosuolo in base alla velocità delle onde di taglio nei primi 30 m: **Vs30**.

Le conoscenze geologiche della zona ed i rilievi eseguiti mettono inoltre in evidenza la presenza di facies litoidi alternate a livello di substrato ed argilliti alterate più un superficie; l'elevata rigidità del suolo è confermata dalle prove SPT eseguite sui sondaggi con valori solitamente maggiori di 50.

L'indagine sismica ha determinato il valore: **Vs30 = 583 m/sec**;

Di conseguenza, i terreni in studio si possono ritenere appartenenti alla seguente categoria di suolo di fondazione:

CATEGORIA B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Quindi, è possibile riassumere per i terreni in studio le categorie individuate:

- Zona sismica: **3**;
- $V_{s30} = 583$ m/sec
- Categoria di sottosuolo: **B**;
- Categoria topografica: **T2**;
- Coefficiente di amplificazione topografica: **ST = 1.2**;

10.6 STIMA DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA E DEL COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE KH

Per ottenere il valore del coefficiente sismico orizzontale k_h , si deve prima valutare l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} :

$$a_{max} = S_s ST a_g$$

- in cui:
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
 - S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica, la cui espressione è riportata nella Tab. 3.2.V del D.M. 14.01.2008;
 - ST = coefficiente di amplificazione topografica.

Da qui si ottiene:

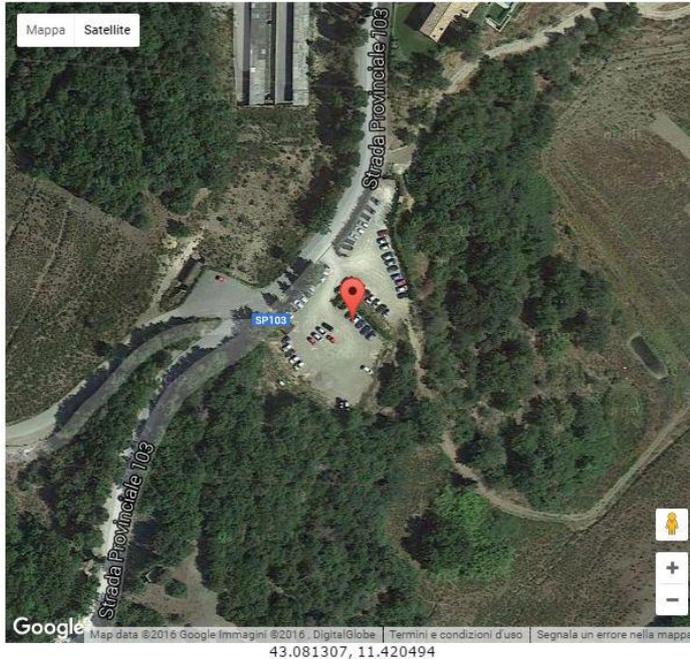
$$K_h = \beta_s a_{max}/g$$

in cui g è l'accelerazione di gravità e β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa del sito riportato nella seguente tabella:



	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Inoltre, per valutare la sismicit  dell'area mediante il metodo sito-dipendente,   necessario localizzare geograficamente il terreno in oggetto:



(1)* Coordinate WGS84 (�)			
Latitudine <input type="text" value="43,081307"/>	Longitudine <input type="text" value="11,420495"/>		
(1)* Coordinate ED50 (�)			
Latitudine <input type="text" value="43,082279"/>	Longitudine <input type="text" value="11,421463"/>		
Classe dell'edificio			
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...			
Cu = 1			
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)			
Interpolazione			
Media ponderata			
Calcola			
Stato Limite			
	Tr [anni]	a_g [g]	Fo Tc* [s]
Operativit� (SLO)	30	0,048	2,493 0,245
Danno (SLD)	50	0,060	2,533 0,253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,141	2,502 0,278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,529 0,284
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50			

Sito in esame

latitudine: 43,0822792707055
 longitudine: 11,4214630668651
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 23168	Lat: 43,0655	Lon: 11,3684	Distanza: 4697,575
Sito 2 ID: 23169	Lat: 43,0667	Lon: 11,4368	Distanza: 2134,165
Sito 3 ID: 22947	Lat: 43,1167	Lon: 11,4352	Distanza: 3983,560
Sito 4 ID: 22946	Lat: 43,1154	Lon: 11,3667	Distanza: 5776,950

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operativit  (SLO):

Probabilit  di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,048 g
 Fo: 2,493
 Tc*: 0,245 [s]

Danno (SLD):

Probabilit  di superamento: 63 %



Tr: 50 [anni]
 ag: 0,060 g
 Fo: 2,533
 Tc*: 0,253 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,141 g
 Fo: 2,502
 Tc*: 0,278 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,176 g
 Fo: 2,529
 Tc*: 0,284 [s]

Coefficienti Sismici - Verifiche di stabilità e fondazioni			
SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,460	Cc: 1,450	Cc: 1,420	Cc: 1,420
St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200
Kh: 0,014	Kh: 0,017	Kh: 0,049	Kh: 0,061
Kv: 0,007	Kv: 0,009	Kv: 0,024	Kv: 0,030
Amax: 0,683	Amax: 0,844	Amax: 1,988	Amax: 2,479
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240	Beta: 0,240

Dati relativi alla paratia (da adottare per le verifiche strutturali per l'opera di contenimento dello sbancamento una paratia)

Altezza: 18 [m] (NB altezza massima presunta)

us: 0.09 [m] (massimo spostamento che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza NB stimato come $us \leq 0.005 \times h$ cautelativamente viene considerato pari alla massima deformazione ammissibile)

Coefficienti Sismici - Paratia			
SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,460	Cc: 1,450	Cc: 1,420	Cc: 1,410
St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200
Kh: 0,029	Kh: 0,036	Kh: 0,084	Kh: 0,104
Kv: 0,000	Kv: 0,000	Kv: 0,000	Kv: 0,000
Amax: 0,692	Amax: 0,853	Amax: 1,997	Amax: 2,489
Beta: 0,410	Beta: 0,410	Beta: 0,410	Beta: 0,410

11 VALUTAZIONI DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

Tra gli effetti di amplificazione sismica locale, le tipologie di pericolo sismico da tenere in considerazione sono le seguenti:

- instabilità dei pendii;
- liquefazione di sabbie sature;
- addensamento di terreni a grana grossa;

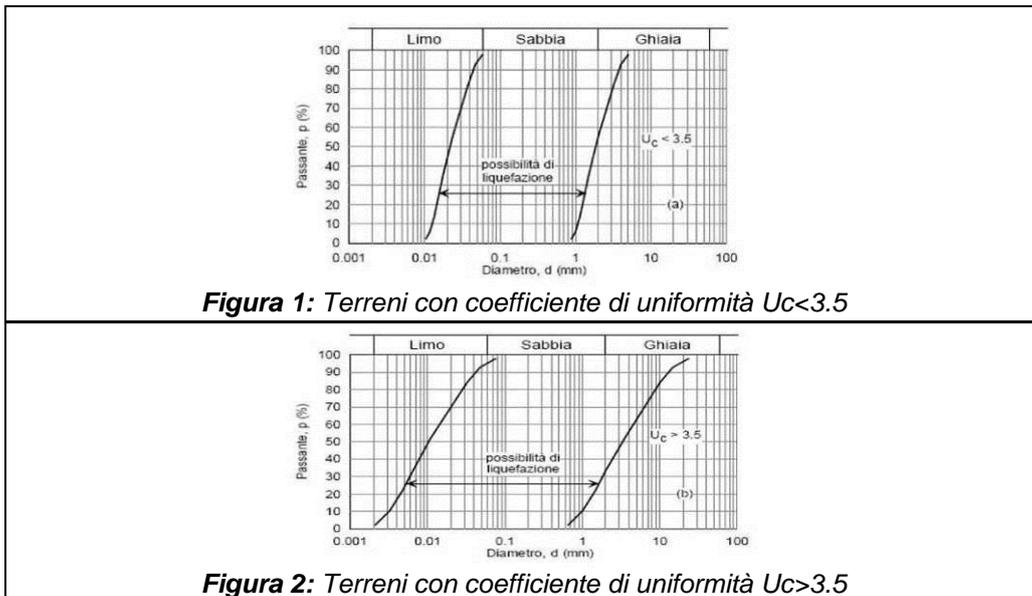


- *subsidenza di terreni molli a grana fine;*
- *scorrimento di faglia.*

Instabilità dei pendii: nel caso in esame l'opera in progetto si trova in un'area dotata di una pendenza superiore al 20%. Pertanto sono state eseguite una serie di verifiche di stabilità del versante (vedi paragrafi successivi).

Liquefazione di sabbie sature: denota una diminuzione di resistenza al taglio o rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Il rischio di liquefazione si presenta nel caso di falda freatica superficiale in presenza di terreni sabbiosi sciolti anche se contenenti una frazione fine limo argillosa; la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c. (con p.c. sub-orizzontale) e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure con $qc_{1N} > 180$ dove:
 - $(N_1)_{60}$ = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
 - qc_{1N} = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle seguenti figure:



11.1 ESAME DELLE CIRCOSTANZE PER CUI PUÒ ESSERE OMESSA LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine liquefazione indica tutti i fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi, sollecitati da azioni transitorie e ripetute che agiscono in condizioni non drenate (Kramer, 1996). Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni neutre che, se positive, causano una riduzione della tensione efficace media presente nel terreno e quindi una riduzione della resistenza a taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva. *L'avvenuta liquefazione si manifesta in presenza di manufatti attraverso la perdita di*

capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

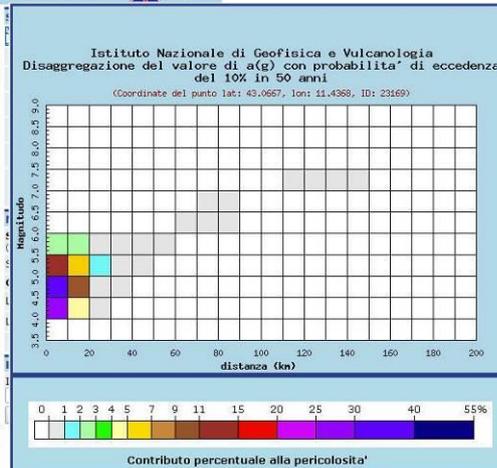
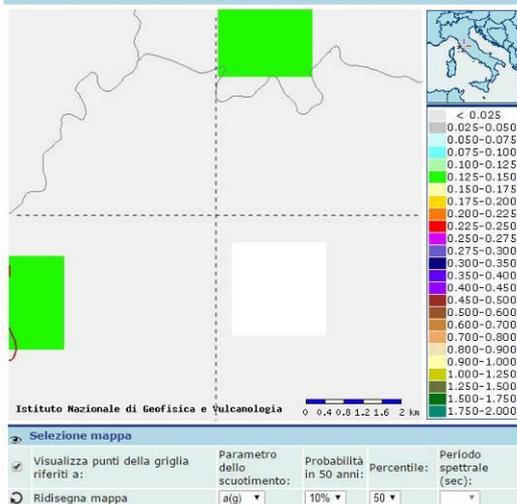
Circostanza	Valori	Valori sito	Omissione verifica
Eventi sismici	Magnitudo $M < 5$	4.78	SI
Amax attesa	Amax $< 0.1 \text{ g}$	0.125 g - 0.150 g	NO
Profondità falda	Profondità $> 15 \text{ m}$ da p.c.	35.00 m	SI
Resistenza penetrometrica	$(N_1)60 > 30$ o $qc1N > 180$	Superiore a 30	SI
Granulometria	Esterna ai diagrammi	Esterna	SI

Si ricorda che la verifica a liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle precedenti cinque circostanze, qui di seguito si procede all'analisi dettagliata di ciascuna di esse.

1) Massime intensità macrosismiche osservate

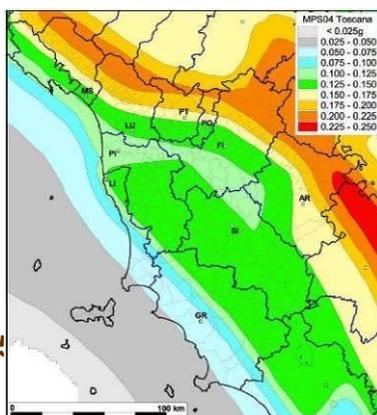
Per quanto riguarda la magnitudo da usare in analisi sulla liquefazione, il consiglio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è quello di usare la magnitudo massima attesa in ogni zona sismogenetica. Questo valore è ricavabile dalla consultazione delle mappe interattive di pericolosità sismica (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) e dall'elaborazione dei corrispettivi grafici dell'analisi di disaggregazione si evince che la **magnitudo attesa per gli eventi sismici relativamente al sito in analisi è pari a 4.78**. Si ricorda che la disaggregazione è l'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

Mappe interattive di pericolosità sismica



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza (Coordinate del punto lat: 43.0667, lon: 11.4368, ID: 23)									
	Magnitudo									
0-10	0.000	25.100	34.100	12.100	2.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0
10-20	0.000	4.430	9.680	6.080	2.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0
20-30	0.000	0.043	0.831	1.330	0.694	0.000	0.000	0.000	0.000	0
30-40	0.000	0.000	0.002	0.155	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
Valori medi										
Magnitudo	4.780	7.640	0.907							

2) Accelerazioni massime attese



Per la valutazione della massima accelerazione g attesa si farà riferimento alla proposta di riclassificazione sismica dei comuni della Regione Toscana (conseguente alla pubblicazione della nuova Mappa di Pericolosità Sismica nazionale con l' O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006). Qui sotto si allega la figura della tavola 2 che riassume la mappa della pericolosità sismica della Toscana sul



valore mediano.

- $0.125 \text{ g} < A_{\text{max}} < 0.150 \text{ g}$ -> circostanza non soddisfatta

3) Profondità della falda acquifera nella media stagionale

- Falda 35.00 m -> circostanza soddisfatta

4) Resistenza penetrometrica normalizzata

- I valori medi di N_{spt} rilevati sono superiori a 30 -> circostanza soddisfatta

5) Distribuzione granulometrica

- Terreni di fondazione a natura limo-argillosa e litoide. I terreni sottostanti rientrano solo parzialmente nei litotipi potenzialmente liquefacibili -> circostanza soddisfatta

Pertanto, come dimostrato in precedenza, sono verificate quattro delle cinque circostanze analizzate ed è possibile omettere la verifica a liquefazione.

11.2 ADDENSAMENTO DI TERRENI A GRANA GROSSA

Lo studio geologico e geotecnico della zona ha evidenziato che i terreni presenti, costituiti da materiale argillitico-calcareo stratificato, non possono generare cedimenti significativi per improvvisa compattazione del terreno relativa a terreni a grana grossa.

11.3 SUBSIDENZA DI TERRENI MOLLI A GRANA FINE

Anche per quanto riguarda l'effetto di amplificazione per subsidenza di terreni molli si ritiene che, essendo l'opera intestata su roccia, non sussista il pericolo di subsidenza dei terreni di fondazione.

11.4 SCORRIMENTO DI FAGLIA

Allo stato attuale delle conoscenze si esclude che l'area sia interessata, in superficie, da dislocazioni tettoniche attive.

SBANCAMENTI E DISPOSIZIONI TECNICHE

12 SCAVI DI SBANCAMENTO - OPERE DI CONTENIMENTO

Per la realizzazione delle opere in progetto, in relazione alla morfologia del sito caratterizzato da un profilo dotato di pendenze medie nell'area di intervento superiori al 20%, è previsto uno sbancamento per la creazione dei volumi interrati raggiungenti la profondità massima di circa 7.00 m nel settore di monte.

La litologia che si incontrerà durante lo sbancamento sarà costituita da terreni alterati e riporti fino alla profondità di 1.50 m nella zona di monte, seguita da argilliti alterate con livelli decimetrici calcarei fino a circa 6.00 m rispetto al piano campagna; più in profondità i terreni si presentano come un'alternanza senza soluzione di continuità di argilliti varicolori foliate con medio/alte caratteristiche geotecniche e litotipi litoidi costituiti da calcilutiti grigie, marne rosse e calcari marnosi dotati di caratteristiche geotecniche alte. Data l'elevato addensamento locale del deposito potrà essere necessario per l'esecuzione dello scavo, soprattutto nella zona di monte, l'ausilio sia escavatori meccanici di grandi dimensioni e di martello pneumatico qualora si attraversassero bancate estremamente competenti di litoidi rinvenuti a partire da una profondità superiore ad 8 m.

Le analisi di stabilità (vedi paragrafo successivo) hanno dimostrato che la realizzazione degli sbancamenti previsti, se opportunamente eseguiti e protetti da un'opera di contenimento preliminare nella parte di monte, non inducono a particolari situazioni di disequilibrio.

L'opera di contenimento precauzionale avrà dopo lo scavo uno scoperto massimo di 7.00 m.



Si dovrà inoltre tener conto degli aspetti idrogeologici connessi con tale opera e del fatto che i terreni soggetti allo scavo sono dotati di media permeabilità e, pertanto, potrebbero essere sede di stillicidi superficiali di modesta entità (anche se non sono stati rilevati durante l'esecuzione della campagna geognostica né durante il successivo monitoraggio piezometrico) ed umidità diffusa; in particolare si consiglia di creare un volume interstiziale fra l'opera precauzionale di contenimento e la parete del volume interrato per evitare infiltrazioni di umidità all'interno dei volumi interrati e di dotare l'opera di contenimento di un'adeguata rete di drenaggio che possa evitare l'innescarsi del cosiddetto "effetto diga".

Per quanto concerne le pareti perimetrali delle volumetrie interrate delle strutture, risulta indispensabile eseguire anche un'opera di drenaggio nella intercapedine fra la struttura ed il terreno che raccolga ed allontani le acque di infiltrazione; tale drenaggio dovrà essere spinto fino alla profondità del piano d'imposta delle fondazioni con un percorso continuo lungo il perimetro della struttura.

Per quanto concerne la spinta che si verrà a creare sulla suddetta opera di contenimento una volta che sarà realizzata, al terreno addossato all'opera di contenimento potranno essere affidati i seguenti parametri geotecnici minimi per verifiche a lungo termine in condizioni drenate:

Unità	γ_m (t/m ³)	C'm(Kg/cm ²)	ϕ' m
A	1.70	0.00	20°

13 DISPOSIZIONI TECNICHE INERENTI L'ESECUZIONE DEI LAVORI

In ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento n.48/r del 08 agosto 2003, l'esecuzione dei lavori dovrà essere eseguita nel rispetto delle seguenti disposizioni tecniche:

1. i movimenti di terreno dovranno essere contenuti al minimo indispensabile ed interessare unicamente lo scavo delle fondazioni nell'area di pertinenza dei lavori;
2. i materiali di risulta derivanti dalle operazioni di scavo per la preparazione del piano di posa delle fondazioni delle strutture dovranno essere riutilizzati in loco per le sistemazioni esterne dell'area oggetto dei lavori e per il livellamento dei terreni di proprietà;
3. il riutilizzo dei materiali sopra indicati dovrà essere effettuato secondo le modalità previste dalle vigenti normative ed in particolare in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge n. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni;
4. durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi lapidei devono essere effettuati ad opportuna distanza del ciglio di scavo e in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque;
5. dovrà essere posta particolare attenzione alla regimazione idrica delle acque al fine evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi.

ASPETTI GEOTECNICI

14 VERIFICHE DI STABILITA'

La verifica è stata effettuata considerando la sezione f-f' ritenuta, in base alla geometria dell'area ed alle trasformazioni in progetto, la più rappresentativa degli interventi; si riportano i risultati completi nella relazione di calcolo allegata alla presente nota.

Il grado di stabilità del complesso versante-opera, è stato verificato relativamente alle seguenti condizioni:

- *Stato attuale;*



➤ *Stato di fine lavori con strutture realizzate;*

Il modello geologico-tecnico utilizzato per impostare il calcolo è stato ricavato dalla correlazione dei dati stratigrafici e geotecnici derivanti dalle indagini geonostiche effettuate.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando un programma di calcolo automatico, denominato "SLOPE 2012", adottando il metodo di Bishop modificato ritenuto il più rappresentativo per le scarpate oggetto delle valutazioni.

Le verifiche di stabilità, secondo le istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sono state eseguite con simulazione di sisma.

Le verifiche hanno tenuto conto delle seguenti ipotesi:

- 1) per semplificazione il problema è considerato bidimensionale;
- 2) si esaminano le condizioni d'equilibrio limite confrontando la forza "franante", costituita dal peso della massa di terreno delimitato da una potenziale superficie di scorrimento, con la forza "resistente" costituita dalla resistenza al taglio dovuta alle caratteristiche geotecniche del terreno lungo la superficie di scorrimento;
- 3) si ipotizzano superfici di scorrimento regolari il cui andamento risulta essere dato da un cerchio formato da una linea spezzata formata da segmenti;
- 4) il terreno considerato viene suddiviso in conci con superficie di base piana;
- 5) si tiene conto delle azioni sismiche corrispondenti alla Classificazione sismica della Regione Toscana secondo l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28/04/2006. Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

Tali componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica da adottare nelle verifiche di stabilità sono state indicate nel paragrafo 13 della presente nota.

14.1 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

La scelta dei parametri affidati alle seguenti unità geotecniche è stata fatta utilizzando dei valori ragionevolmente prossimi ai valori medi, come indicato nei casi in cui si voglia rappresentare elevati volumi di terreno, dalle istruzioni sulle NTC 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il modello proposto ha infatti lo scopo di riassumere l'assetto litostratigrafico e geotecnico nel suo insieme; per i terreni in oggetto, si assume inoltre che i valori medi (f_m) corrispondano ai valori caratteristici (f_k).

Ai fini del calcolo della stabilità del versante, ai valori caratteristici (f_k) si applicano i coefficienti di sicurezza parziali (γ_M) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto (APPROCCIO1-COMBINAZIONE2: A2+M2+R2), così come definito dalle NTC 2008, e si ottengono i valori di progetto (f_d) secondo le formule qui di seguito riportate:

- valore della tangente dell'angolo d'attrito di progetto: $\tan(\Phi'd) = [\tan(\Phi'k)] / 1,25$;



- valore del peso di volume di progetto: $\gamma_d = \gamma_k / 1$;
- valore della coesione efficace di progetto: $c'd = c'k / 1,25$;
- valore della coesione non drenata di progetto: $cud = cuk / 1,40$;
- valore della resistenza a compressione uniassiale $qud = quk / 1,60$.

Pertanto, riassumendo, nell'area in studio sono presenti i seguenti litotipi a cui vengono affidati i seguenti parametri geotecnici medi, corrispondenti ai parametri caratteristici ($f_k = f_m$):

- **UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 1.90 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_m = 20^\circ$**

- **UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 2.20 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_m = 25^\circ$**

- **UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI**

- **UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 2.30 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_d = 30^\circ$**

Pertanto, applicando quanto fin qui riportato, si ottengono i seguenti parametri di progetto (f_d) qui di seguito riassunti:

- **UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 1.90 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_d = 16.23^\circ$**

- **UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 2.20 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_d = 20.46^\circ$**

- **UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI**

- **UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI**

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

- **peso di volume $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$**
- **peso di volume γ_w saturo = 2.30 t/m^3**
- **angolo di attrito $\phi_m = 24.79^\circ$**

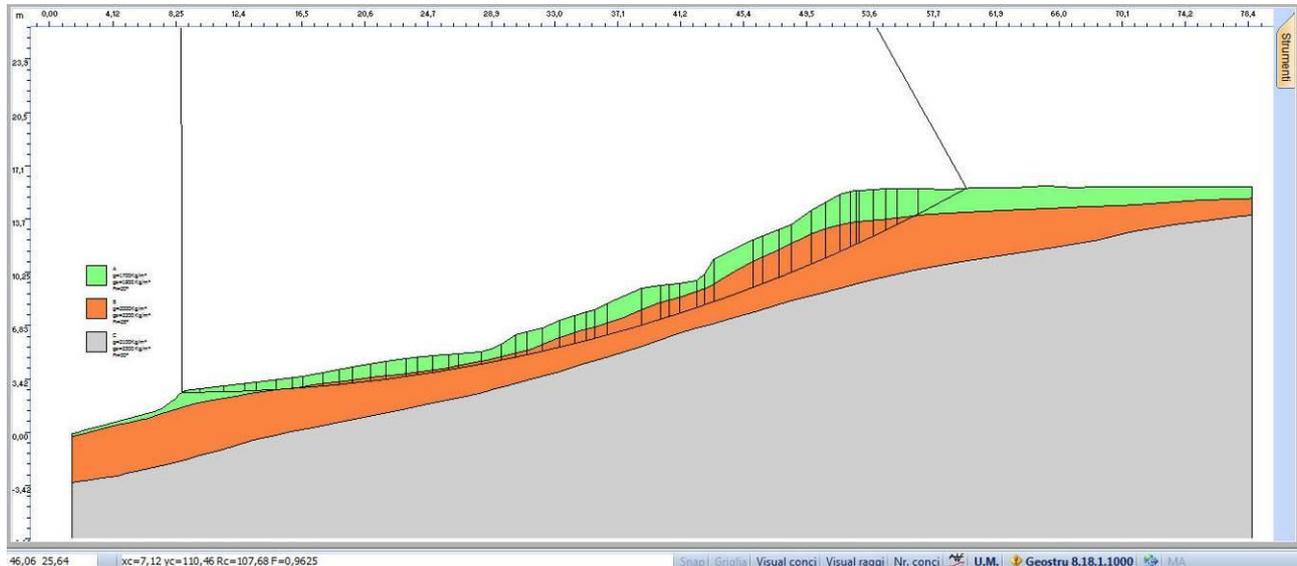
14.2 VERIFICA STATO ATTUALE

I calcoli eseguiti in corrispondenza dello stato attuale per la sezione verificata, confrontate con il coefficiente di sicurezza suggerito dalle vigenti NTC 2008, indica che attualmente il versante si trova in condizioni di limite di equilibrio soprattutto in caso di sisma poiché, come si può notare dalla tabella qui di seguito, il valore del coefficiente di sicurezza minimo ottenuto è molto vicino se



non inferiore a (R2) $\gamma_R = 1.10$ (NTC 2008):

<u>Stato attuale</u>	Sisma	Verifica stabilità
	SI	$\gamma_R = 0.96$
	NO	$\gamma_R = 1.15$



Verifica del versante stato attuale

14.3 VERIFICA STATO FINALE

Le verifiche effettuate allo stato finale tenendo conto dell'intervento di contenimento dello scavo proposto, confrontate con il coefficiente di sicurezza suggerito dalle vigenti NTC 2008, indicano che il valore del coefficiente di sicurezza minimo ottenuto è superiore a (R2) $\gamma_R = 1.10$ (NTC 2008):

<u>Stato di massimo scavo</u>	Sisma	Verifica stabilità
	SI	$\gamma_R = 2.00$
	NO	$\gamma_R = 2.66$

L'opera di contenimento dello scavo proposta da eseguire eventualmente preventivamente all'esecuzione dello sbancamento inserita nelle simulazioni ha le seguenti caratteristiche tecniche:

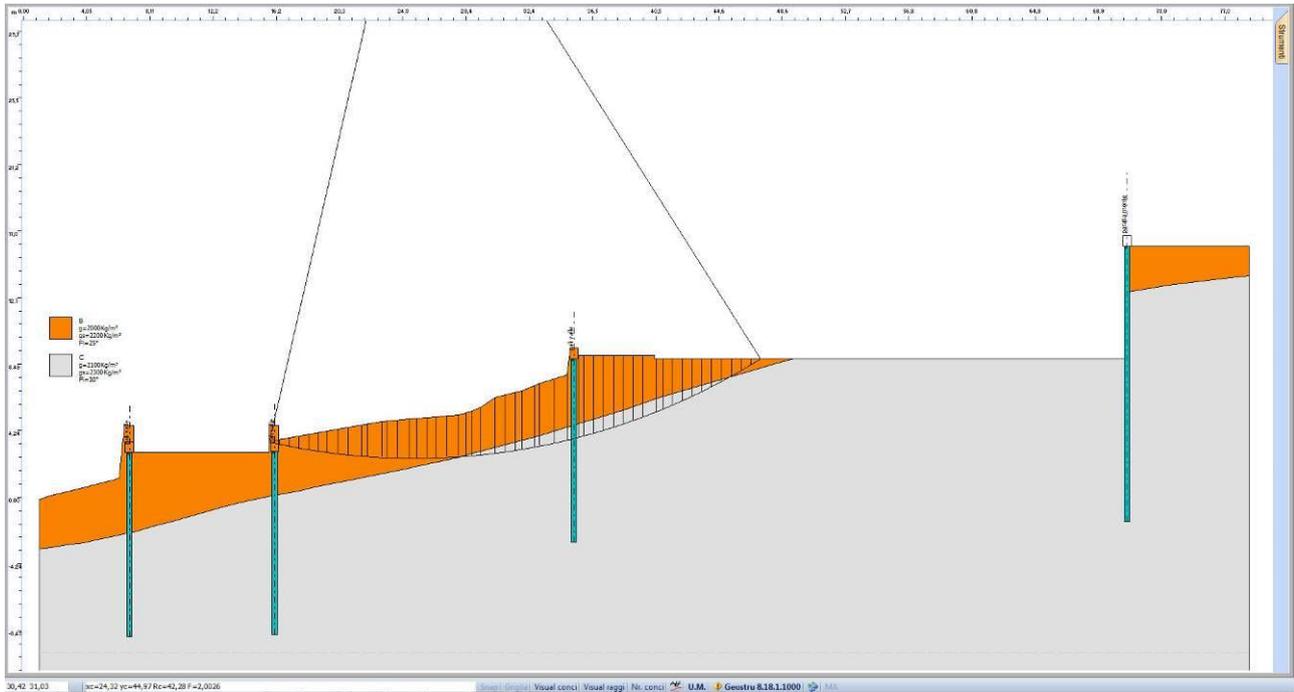
- diametro pali $\Phi = 330$ mm;
- interasse pali = 600 mm;
- disposizione pali: lineare;
- lunghezza palo singolo = 18 m;
- resistenza al taglio palo = 5 kg/cmq;

Le opere di fondazione dei fabbricati e della piscina su pali inserite nelle simulazioni ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- diametro pali $\Phi = 330$ mm;
- interasse pali = 2000 mm;
- disposizione pali: lineare;
- lunghezza palo singolo = 12 m;
- resistenza al taglio palo = 5 kg/cmq;

Il sovraccarico dovuto alle opere sul versante viene considerato nullo in quanto l'adozione di fondazioni profonde su pali consentirà la trasmissione dei carichi verso gli strati profondi di terreno.





Verifica del versante Stato finale

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

15 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme delle indagini geologico geomorfologiche eseguite nell'area in studio, non hanno messo in luce elementi contrari alla realizzazione dei nuovi volumi.

In particolare nella zona di monte è stata notata la presenza al di sotto del terreno di riporto presente nel piazzale, di argilliti con grado di alterazione che diminuisce all'aumentare della profondità alternate a livelli decimetrici calcarei dotati di caratteristiche di compressibilità da mediocre a medie. I terreni presenti più in profondità sono caratterizzati da un'alternanza senza soluzione di continuità di argilliti varicolori foliate con medio/alte caratteristiche geotecniche e litotipi litoidi costituiti da calcilutiti grigie, marne rosse e calcari marnosi dotati di caratteristiche geotecniche alte.

L'indagine sismica in onde P ed il MASW confermano quanto rilevato con i sondaggi; in particolare sono stati evidenziati 3 sismostrati con velocità crescenti con la profondità.

In base ai risultati delle indagini geognostiche eseguite, nell'area in studio è individuabile la seguente successione lito-stratigrafica:

→ **UNITÀ A: TERRENI SUPERFICIALI ALTERATI E RIPORTI**

→ **UNITÀ B: ARGILLITI MARRONI CHIARO E ROSSE ALTERATE DI MEDIOCRE CONSISTENZA**

→ **UNITÀ C: ARGILLITI GRIGIE E ROSSE FOLIATE MOLTO CONSISTENTI**

→ **UNITÀ C1: LITOTIPI LAPIDEI COSTITUITI DA CALCILUTITI GRIGIE, MARNE ROSSE E CALCARI MARNOSI**

In base ai dati geotecnici elaborati si consiglia di adottare i seguenti tipi di fondazione per gli edifici e i sistemazioni esterne :

- Tipo profondo su pali con idoneo incastro nell'unità C.

Per la realizzazione delle opere in progetto, in relazione alla morfologia del sito caratterizzato da un profilo dotato di pendenze medie nell'area di intervento superiori al 20%, è previsto uno sbancamento per la creazione dei volumi interrati raggiungenti la profondità massima di circa 7.00 m nel settore di monte. Le analisi di stabilità (vedi paragrafi precedenti) hanno dimostrato che la realizzazione degli sbancamenti previsti, se opportunamente eseguiti e protetti da un'opera di contenimento preliminare nella parte di monte, non inducono a particolari situazioni di disequilibrio.

Per il dimensionamento delle opere fondali e di contenimento delle strutture previste dal progetto possono essere utilizzati i parametri geotecnici riassunti nelle tabelle sottostanti:

Unità	PARAMETRI FISICI MEDI		PARAMETRI MEDI				PARAMETRI CARATTERISTICI				CALCOLO CEDIMENTI (SLE)
	γ (t/m ³)	γ_w (t/m ³)	Cum (Kg/cm ²)	ϕ_m	C'm (Kg/cm ²)	$\phi'm$	Cuk (Kg/cm ²)	ϕ_k	C'k (Kg/cm ²)	$\phi'k$	Ed (Kg/cm ²)
A	1.70	1.90	-	20°	-	-	-	19°	-	-	15
B	2.00	2.20	-	25°	-	-	-	23.75°	-	-	40
C	2.10	2.30	-	30°	-	-	-	28.50°	-	-	90

Falda acquifera: 35 m da piano campagna

• γ = peso di volume	• Cu = coesione non drenata	• C' = coesione efficace
Eed = modulo	• ϕ = angolo di attrito interno	

L'indagine sismica ha determinato il valore: **$V_{s30} = 583$ m/sec;**

Di conseguenza, i terreni in studio si possono ritenere appartenenti alla seguente categoria di suolo di fondazione:

CATEGORIA B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Quindi, è possibile riassumere per i terreni in studio le categorie individuate:

- Zona sismica: **3**;
- $V_{s30} = 583$ m/sec
- Categoria di sottosuolo: **B**;
- Categoria topografica: **T2**;
- Coefficiente di amplificazione topografica: **ST = 1.2**;

Il dimensionamento e le verifiche, in base al D.M. 14.01.2008, dovranno essere fatte allo stato limite ultimo ed allo stato limite d'esercizio in condizioni statiche e sotto sisma, e saranno effettuate in fase esecutiva nella specifica relazione geotecnica che potrà ricorrere a tutti i parametri stratigrafici, idrogeologici, sismici e geotecnici indicati nella presente relazione geologica.

In base a quanto fin qui riportato, in relazione alle classi di pericolosità assegnate dal P.S. del Comune di Montalcino ed alla tipologia progettuale, si ritiene che l'intervento in progetto rispetti i seguenti articoli delle NTA del P.S.:

- l'Art.39 "Disciplina delle acque sotterranee" delle NTA del Comune di Montalcino e con le prescrizioni definite dal Piano di Coordinamento della Provincia di Siena;
- l'Art.43 che determina prescrizioni generali rispetto agli interventi su suolo e sottosuolo;
- l'Art. 65 che regola le aree a pericolosità geologica 3;
- l'Art. 66 che regola le aree a pericolosità geologica 2;
- l' Art. 70 che Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.F.E.) - PAI fiume Ombrone;



- *l'Art.56 che regola le aree a pericolosità idraulica 1.*

Pertanto, si ritiene che gli interventi in progetto si inseriscano positivamente nel contesto geomorfologico, idraulico e idrogeologico dell'area senza aggravarne le condizioni di stabilità.

Inoltre, vista la litologia dei terreni affioranti, caratterizzati generalmente da permeabilità bassa, dovrà essere predisposta un'adeguata regimazione idrica mediante canalette di raccolta e smaltimento, in modo tale da limitare le infiltrazioni delle acque superficiali in prossimità delle fondazioni dei fabbricati in progetto; le porzioni dei manufatti che risulteranno interrati rispetto al p.c. dovranno essere protette da drenaggi profondi perimetrali.

Siena, giugno 2016

GEOSOL s.r.l.

Dott. Geol. Paolo Bosco



Stratigrafie



GEOSOL s.n.c.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n. 1

Data: 29/01/2007

Ditta esecutrice: Tecna s.n.c.

Supervisore: dott. Paolo Bosco

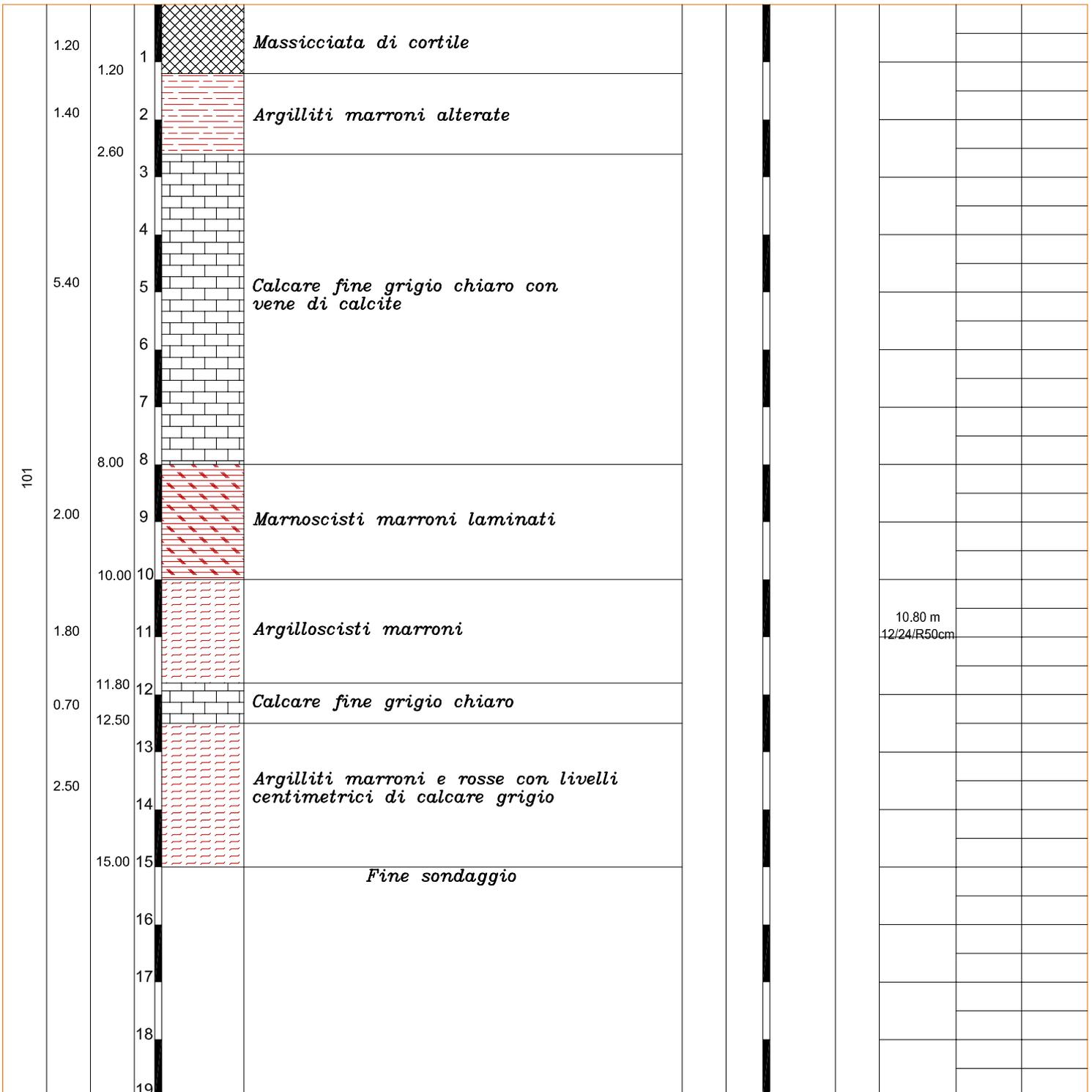
Committente: Castiglion del Bosco Società Agricola a r.l.

Numero archivio: 3535

Località: Castiglion del Bosco - Montalcino (SPA - Vinoterapia)

Quota: 351 m s.l.m.

Perforazione	Spessore strati	Profondità'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	% Carotaggio	% R.Q.D.	ind. sem. ind. rim.	Quota falda	SPT	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	--------------	----------	---------------------	-------------	-----	-----------------------	-----------------





GEOSOL s.n.c.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n. 2

Data: 31/01/2007

Ditta esecutrice: Tecna s.n.c.

Supervisore: dott. Paolo Bosco

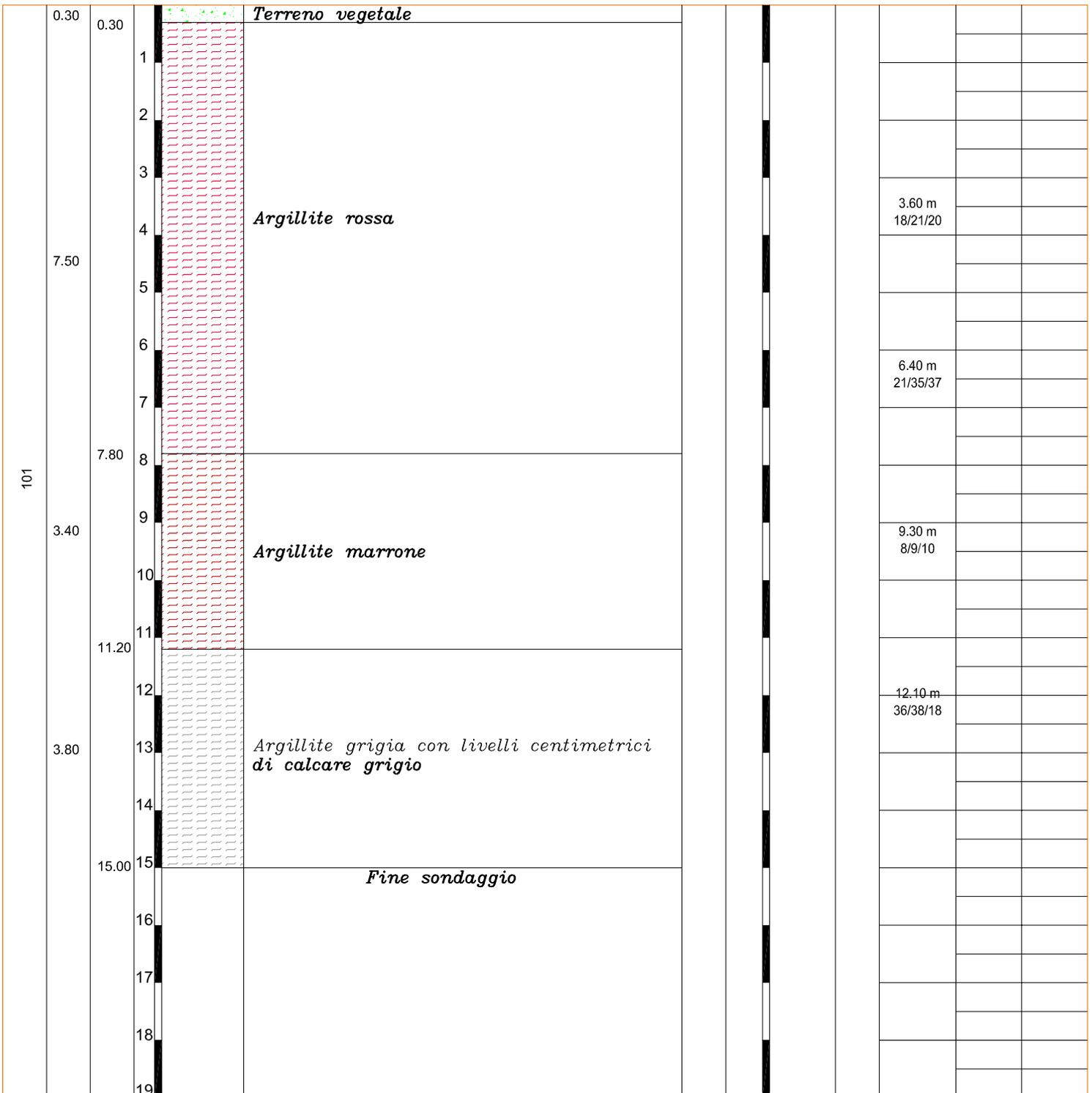
Committente: Castiglion del Bosco Società Agricola a r.l.

Numero archivio: 3535

Località: Castiglion del Bosco - Montalcino (SPA - Vinoterapia)

Quota: 338 m s.l.m.

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	% Carotaggio	% R.Q.D.	Quota falda	SPT	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	--------------	----------	-------------	-----	-----------------------	-----------------





GEOSOL s.r.l.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n°4

Data: 22/06/2016

Ditta esecutrice: Gamma Geoservizi

Supervisore: dott. geol. Paolo Bosco

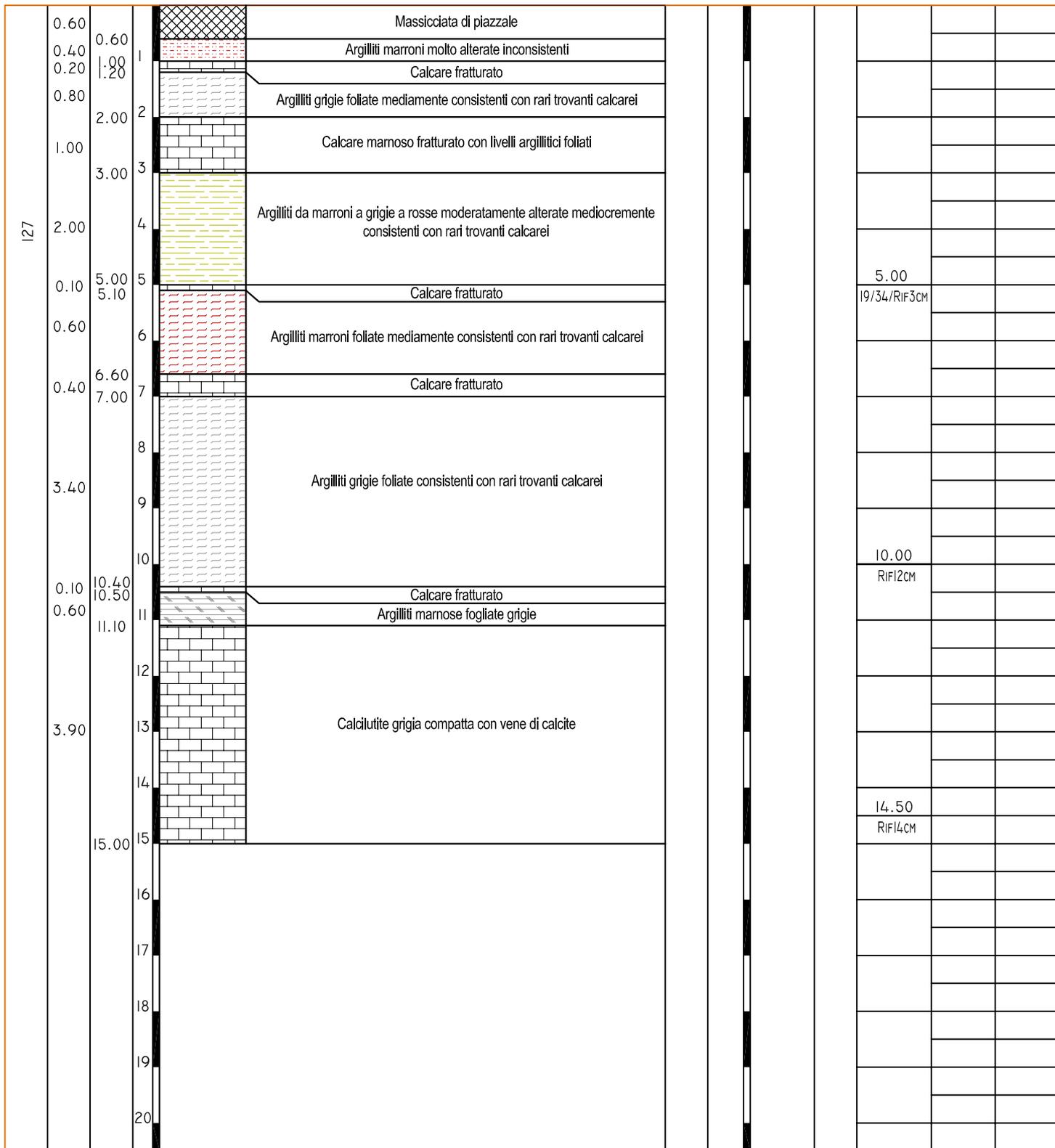
Committente: Castiglion del Bosco Hotel s.r.l.

Numero archivio:5874

Località: Strada Provinciale 103 - Castiglion del Bosco

Comune di Montalcino (SI)

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	Quota falda	SPT	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------------	----------	-------------	-----	-----------------------	-----------------





GEOSOL s.r.l.

Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA

Sondaggio n°6

Data: 21/06/2016

Ditta esecutrice: Gamma Geoservizi

Supervisore: dott. geol. Paolo Bosco

Committente: Castiglion del Bosco Hotel s.r.l.

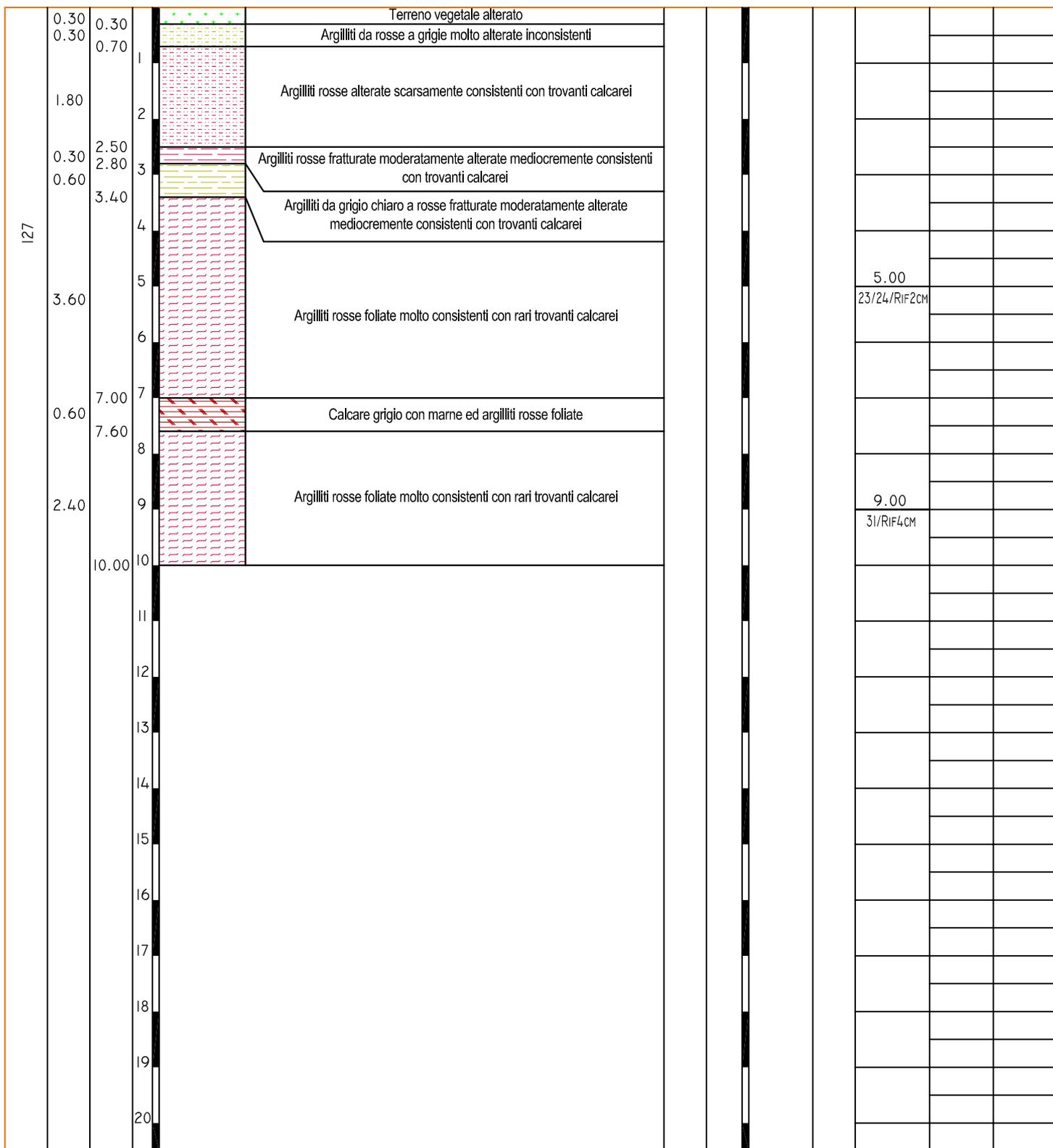
Numero archivio: 5874

Località: Strada Provinciale 103 - Castiglion del Bosco

Comune di Montalcino (SI)

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	Quota falda	SPT	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------------	----------	-------------	-----	-----------------------	-----------------

■ ind. sem.
 ■ ind.
 ▨ rim.



5.00
23/24/RIF2CM

9.00
31/RIF4CM

Verifiche di stabilità

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

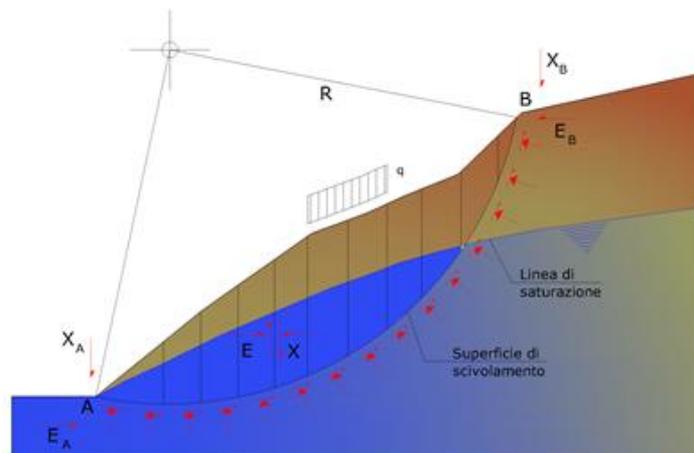
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;

- (n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- (n-1) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F.

Complessivamente le incognite sono (6n-2).
Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n;
- equazioni relative al criterio di rottura n.

Totale numero di equazioni 4n.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

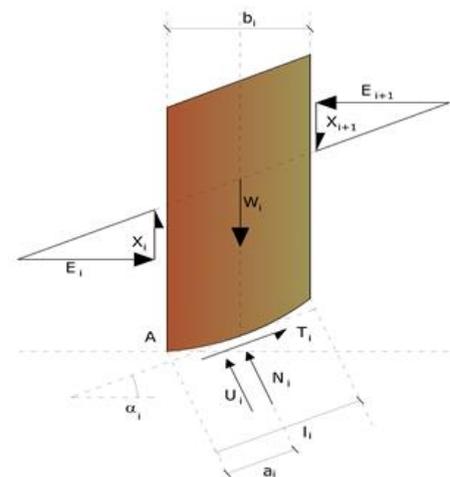
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



danno
porre
noto

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

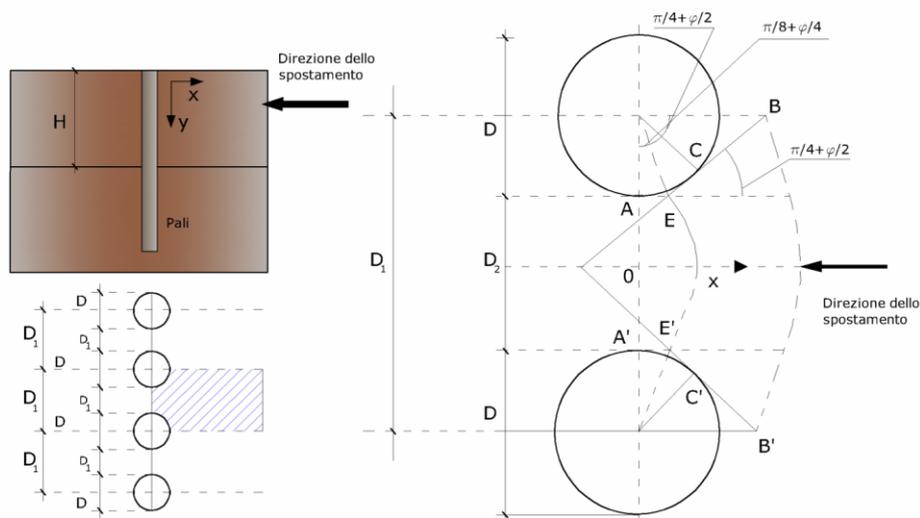
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';

- I pali sono dotati di elevata rigidità a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[1 / (N_\varphi \tan \varphi) \left(e^{K_2} - 2(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\varphi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D₁ = interasse tra i pali;

D₂ = spazio libero fra due pali consecutivi;

N _{φ} = $\tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1 / (N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $C = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\varphi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(Z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z (D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0$ $P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1$ $P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata

dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Con tale metodo possono essere affrontati diversi casi:

- Mezzo puramente coesivo, palo libero di ruotare in testa;
 - o Meccanismo di palo corto;
 - o Meccanismo di palo lungo;
- Mezzo puramente coesivo, palo impedito di ruotare in testa;
 - o Meccanismo di palo corto;
 - o Meccanismo di palo intermedio;
 - o Meccanismo di palo lungo;
- Mezzo incoerente, palo impedito di ruotare in testa;
 - o Meccanismo di palo corto;
 - o Meccanismo di palo lungo;
- Mezzo incoerente, palo libero di ruotare in testa;
 - o Meccanismo di palo corto;
 - o Meccanismo di palo intermedio;
 - o Meccanismo di palo lungo.

STATO ATTUALE - VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,081307/11,420495
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	50,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4,83 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	53,77 m
Ascissa vertice destro superiore xs	74,81 m
Ordinata vertice destro superiore ys	113,44 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,59	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,38	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,73	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8496	0,2	0,0173	0,0087
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,4912	0,24	0,061	0,0305

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,049

Coefficiente azione sismica verticale 0,024

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	0,03	0,01
3	0,09	0,03
4	0,15	0,05
5	0,2	0,06
6	0,3	0,1
7	0,41	0,13
8	0,68	0,22
9	1,18	0,35
10	1,74	0,5
11	4,81	1,3
12	5,31	1,46
13	5,96	1,67
14	6,56	2,13
15	6,84	2,34
16	7,15	2,61
17	7,5	2,92
18	8,51	3,04
19	10,14	3,23
20	12,25	3,47
21	15,38	3,88
22	18,68	4,47
23	20,92	4,86
24	22,22	5,09
25	24,01	5,24
26	25,74	5,4
27	27,24	5,53
28	28,09	5,78
29	28,61	6,0
30	29,57	6,64
31	31,32	7,11
32	32,49	7,58
33	34,27	8,15
34	34,83	8,3
35	35,62	8,76
36	37,94	9,76
37	39,19	9,93
38	40,46	10,09
39	41,61	10,28
40	42,14	10,71
41	42,74	11,71
42	45,34	13,0
43	47,92	14,03
44	49,26	14,96
45	51,15	16,03
46	51,85	16,24

47	52,23	16,29
48	52,42	16,32
49	53,39	16,37
50	54,17	16,4
51	54,97	16,44
52	56,38	16,41
53	58,37	16,39
54	60,16	16,46
55	61,33	16,48
56	62,75	16,51
57	63,76	16,55
58	64,95	16,59
59	66,67	16,52
60	68,18	16,52
61	69,5	16,53
62	70,96	16,54
63	72,26	16,54
64	73,38	16,54
65	74,75	16,55
66	75,5	16,55
67	76,14	16,56
68	77,08	16,56
69	77,78	16,56
70	78,56	16,57

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,22
2	0,13	-0,18
3	0,41	-0,1
4	1,07	0,1
5	1,78	0,31
6	2,56	0,48
7	3,32	0,65
8	3,79	0,76
9	4,77	0,98
10	4,91	1,01
11	5,98	1,38
12	6,43	1,53
13	7,09	1,72
14	8,09	2,0
15	9,04	2,18
16	9,8	2,33
17	10,92	2,54
18	11,83	2,68
19	13,17	2,88
20	14,2	3,0
21	15,0	3,09
22	15,68	3,21
23	16,42	3,34
24	18,15	3,55
25	20,42	3,82
26	21,88	4,0
27	23,68	4,21
28	24,74	4,38
29	26,25	4,66
30	27,89	5,01
31	29,41	5,38
32	30,6	5,72
33	32,29	6,37
34	33,79	6,89
35	35,0	7,24

36	36,72	7,8
37	37,73	8,21
38	38,98	8,73
39	40,6	9,18
40	42,38	9,84
41	44,18	10,88
42	45,56	11,64
43	47,0	12,33
44	48,29	12,94
45	49,35	13,46
46	50,28	13,73
47	51,47	14,08
48	52,3	14,18
49	53,8	14,36
50	55,44	14,55
51	57,05	14,74
52	58,39	14,8
53	60,67	14,91
54	63,3	15,03
55	65,07	15,12
56	67,57	15,24
57	69,84	15,29
58	71,79	15,39
59	73,5	15,52
60	75,23	15,66
61	76,1	15,68
62	76,7	15,7
63	77,24	15,72
64	77,81	15,74
65	78,17	15,75
66	78,35	15,75
67	78,56	15,76

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,24
2	0,34	-3,19
3	0,81	-3,12
4	1,28	-3,05
5	2,01	-2,94
6	2,57	-2,86
7	3,07	-2,79
8	3,66	-2,66
9	4,27	-2,52
10	5,44	-2,27
11	6,29	-2,08
12	6,84	-1,92
13	7,57	-1,72
14	8,15	-1,56
15	8,81	-1,37
16	9,85	-1,08
17	11,09	-0,73
18	12,32	-0,37
19	13,63	-0,08
20	14,6	0,14
21	16,02	0,41
22	16,99	0,6
23	17,85	0,78
24	18,49	0,91
25	20,06	1,24
26	21,98	1,64
27	23,72	1,99

28	24,65	2,17
29	25,9	2,45
30	27,13	2,73
31	27,97	2,96
32	28,73	3,17
33	30,33	3,6
34	32,46	4,18
35	34,01	4,65
36	35,75	5,18
37	38,01	5,89
38	40,13	6,63
39	41,57	7,07
40	42,65	7,38
41	43,67	7,66
42	45,66	8,25
43	47,7	8,85
44	49,76	9,39
45	52,08	10,0
46	53,84	10,44
47	56,12	10,95
48	57,1	11,14
49	59,23	11,56
50	61,67	11,92
51	63,35	12,19
52	65,78	12,58
53	68,41	13,01
54	69,86	13,37
55	70,75	13,59
56	73,34	14,03
57	75,49	14,27
58	77,31	14,49
59	78,56	14,62

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		20	1700	1900	0,00	A
2	0		25	2000	2200	0,00	B
3	0		30	2100	2300	0,00	C

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	0,96
Ascissa centro superficie	7,12 m
Ordinata centro superficie	110,46 m
Raggio superficie	107,68 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=29) xc = 7,117 yc = 110,457 Rc = 107,676 Fs=0,962

Nr.B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
10,16	0,2	0,16	18,61	0,91	0,45	0,0	16,2	0,0	18,6	5,6
21,01	0,5	1,01	335,44	16,44	8,05	0,0	16,2	0,0	334,6	101,2
31,64	1,2	1,64	919,11	45,04	22,06	0,0	16,2	0,0	913,6	276,4
41,38	2,0	1,38	1088,65	53,34	26,13	0,0	16,2	0,0	1078,0	326,1
50,73	2,5	0,73	676,78	33,16	16,24	0,0	16,2	0,0	668,5	202,2
61,36	3,1	1,36	1444,6	70,79	34,67	0,0	16,2	0,0	1423,4	430,6
71,05	3,7	1,05	1254,52	61,47	30,11	0,0	16,2	0,0	1232,8	373,0
80,73	4,2	0,73	942,64	46,19	22,62	0,0	20,5	0,0	919,0	356,2
91,36	4,8	1,37	2008,79	98,43	48,21	0,0	20,5	0,0	1952,6	756,8
101,05	5,4	1,05	1751,82	85,84	42,04	0,0	20,5	0,0	1697,3	657,9
110,88	5,9	0,89	1601,55	78,48	38,44	0,0	20,5	0,0	1547,9	600,0
121,21	6,5	1,22	2340,75	114,7	56,18	0,0	20,5	0,0	2256,4	874,6
131,04	7,1	1,05	2123,17	104,04	50,96	0,0	20,5	0,0	2041,2	791,1
141,29	7,7	1,31	2758,25	135,15	66,2	0,0	20,5	0,0	2644,6	1025,0
150,8	8,3	0,81	1707,09	83,65	40,97	0,0	20,5	0,0	1633,0	632,9
161,0	8,8	1,01	2013,54	98,66	48,32	0,0	20,5	0,0	1922,5	745,1
171,1	9,3	1,11	2076,07	101,73	49,83	0,0	20,5	0,0	1978,0	766,7
180,63	9,8	0,64	1123,28	55,04	26,96	0,0	20,5	0,0	1068,4	414,1
191,5	10,4	1,53	2435,91	119,36	58,46	0,0	20,5	0,0	2312,4	896,3
201,36	11,1	1,39	2230,26	109,28	53,53	0,0	20,5	0,0	2111,9	818,6
210,96	11,8	0,98	2153,63	105,53	51,69	0,0	20,5	0,0	2035,5	788,9
220,77	12,2	0,78	2041,13	100,02	48,99	0,0	20,5	0,0	1926,6	746,7
230,98	12,7	1,01	2712,94	132,93	65,11	0,0	20,5	0,0	2557,4	991,3
241,18	13,3	1,21	3533,59	173,15	84,81	0,0	20,5	0,0	3326,1	1289,2
250,98	13,9	1,01	3192,34	156,42	76,62	0,0	20,5	0,0	3000,8	1163,1
260,8	14,4	0,83	2722,38	133,4	65,34	0,0	20,5	0,0	2556,3	990,8
270,55	14,8	0,57	1916,91	93,93	46,01	0,0	20,5	0,0	1798,6	697,1
280,79	15,1	0,82	2916,89	142,93	70,01	0,0	20,5	0,0	2735,0	1060,1
292,32	16,0	2,41	9724,59	476,5	233,39	0,0	20,5	0,0	9104,7	3529,0
301,25	17,0	1,31	5448,36	266,97	130,76	0,0	20,5	0,0	5093,8	1974,3
310,55	17,5	0,58	2263,91	110,93	54,33	0,0	20,5	0,0	2115,3	819,9
320,72	17,8	0,75	2787,22	136,57	66,89	0,0	20,5	0,0	2603,3	1009,0
331,15	18,4	1,21	4133,45	202,54	99,2	0,0	20,5	0,0	3858,8	1495,6
340,53	18,8	0,56	1944,11	95,26	46,66	0,0	20,5	0,0	1814,2	703,2
350,6	19,2	0,64	2723,44	133,45	65,36	0,0	20,5	0,0	2541,0	984,9
362,6	20,1	2,77	14612,96	716,04	350,71	0,0	20,5	0,0	13627,9	5282,1
370,67	21,0	0,72	4014,73	196,72	96,35	0,0	20,5	0,0	3743,4	1450,9
381,05	21,5	1,12	6300,54	308,73	151,21	0,0	20,5	0,0	5874,8	2277,0
390,86	22,0	0,93	5223,7	255,96	125,37	0,0	20,5	0,0	4871,2	1888,0
401,34	22,7	1,45	8543,31	418,62	205,04	0,0	20,5	0,0	7968,5	3088,6
410,94	23,3	1,02	6377,49	312,5	153,06	0,0	20,5	0,0	5950,5	2306,4
420,96	23,9	1,04	6667,84	326,72	160,03	0,0	20,5	0,0	6224,0	2412,4
430,7	24,3	0,77	4864,2	238,35	116,74	0,0	20,5	0,0	4542,3	1760,6
440,38	24,7	0,42	2536,03	124,27	60,86	0,0	20,5	0,0	2369,0	918,2
450,2	24,8	0,22	1274,11	62,43	30,58	0,0	20,5	0,0	1190,4	461,4
460,96	25,2	1,07	5834,57	285,89	140,03	0,0	20,5	0,0	5453,4	2113,7
470,78	25,7	0,87	4159,27	203,8	99,82	0,0	20,5	0,0	3890,1	1507,8
480,8	26,1	0,89	3720,93	182,33	89,3	0,0	20,5	0,0	3482,5	1349,8
491,41	26,8	1,58	5071,65	248,51	121,72	0,0	20,5	0,0	4751,7	1841,7
503,22	28,2	3,66	4605,4	225,66	110,53	0,0	16,2	0,0	4496,3	1360,3

STATO ATTUALE - VERIFICA IN ASSENZA DI SISMA

Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato	1,15
Ascissa centro superficie	7,12 m
Ordinata centro superficie	110,46 m
Raggio superficie	107,68 m

(ID=29) xc = 7,117 yc = 110,457 Rc = 107,676 Fs=1,153

Nr.B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
10,16	0,2	0,16	18,61	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	18,6	4,7
21,01	0,5	1,01	335,44	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	334,8	84,6
31,64	1,2	1,64	919,11	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	914,6	231,0
41,38	2,0	1,38	1088,65	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	1079,9	272,8
50,73	2,5	0,73	676,78	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	669,9	169,2
61,36	3,1	1,36	1444,6	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	1427,2	360,5
71,05	3,7	1,05	1254,52	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	1236,8	312,4
80,73	4,2	0,73	942,64	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	923,2	298,7
91,36	4,8	1,37	2008,79	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1962,8	635,1
101,05	5,4	1,05	1751,82	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1707,3	552,5
110,88	5,9	0,89	1601,55	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1557,8	504,1
121,21	6,5	1,22	2340,75	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2272,2	735,3
131,04	7,1	1,05	2123,17	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2056,8	665,6
141,29	7,7	1,31	2758,25	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2666,6	862,9
150,8	8,3	0,81	1707,09	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1647,5	533,1
161,0	8,8	1,01	2013,54	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1940,5	627,9
171,1	9,3	1,11	2076,07	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1997,7	646,5
180,63	9,8	0,64	1123,28	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1079,6	349,4
191,5	10,4	1,53	2435,91	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2337,9	756,5
201,36	11,1	1,39	2230,26	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2136,9	691,5
210,96	11,8	0,98	2153,63	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2060,9	666,9
220,77	12,2	0,78	2041,13	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1951,6	631,5
230,98	12,7	1,01	2712,94	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2591,9	838,7
241,18	13,3	1,21	3533,59	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3372,9	1091,5
250,98	13,9	1,01	3192,34	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3044,8	985,3
260,8	14,4	0,83	2722,38	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2595,1	839,8
270,55	14,8	0,57	1916,91	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1826,6	591,1
280,79	15,1	0,82	2916,89	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2778,5	899,1
292,32	16,0	2,41	9724,59	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	9257,5	2995,7
301,25	17,0	1,31	5448,36	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	5184,4	1677,7
310,55	17,5	0,58	2263,91	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2154,0	697,0
320,72	17,8	0,75	2787,22	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2651,8	858,1
331,15	18,4	1,21	4133,45	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3932,8	1272,6
340,53	18,8	0,56	1944,11	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1849,9	598,6
350,6	19,2	0,64	2723,44	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2591,7	838,7
362,6	20,1	2,77	14612,96	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	13912,7	4502,1
370,67	21,0	0,72	4014,73	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3825,1	1237,8
381,05	21,5	1,12	6300,54	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	6006,0	1943,5
390,86	22,0	0,93	5223,7	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	4982,7	1612,4
401,34	22,7	1,45	8543,31	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	8156,0	2639,3
410,94	23,3	1,02	6377,49	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	6094,6	1972,2
420,96	23,9	1,04	6667,84	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	6378,1	2063,9
430,7	24,3	0,77	4864,2	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	4657,1	1507,0
440,38	24,7	0,42	2536,03	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2429,6	786,2
450,2	24,8	0,22	1274,11	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1221,1	395,1
460,96	25,2	1,07	5834,57	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	5595,7	1810,8
470,78	25,7	0,87	4159,27	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3993,7	1292,3
480,8	26,1	0,89	3720,93	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3576,9	1157,5
491,41	26,8	1,58	5071,65	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	4883,8	1580,4
503,22	28,2	3,66	4605,4	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	4602,3	1162,4

STATO FINALE - VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,081307/11,420495
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	50,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-24,49 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	41,15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	83,98 m
Ordinata vertice destro superiore ys	117,45 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,59	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,38	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,73	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8496	0,2	0,0173	0,0087
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,4912	0,24	0,061	0,0305

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,049
Coefficiente azione sismica verticale	0,024

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0

2	0,03	0,01
3	0,09	0,03
4	0,15	0,05
5	0,2	0,06
6	0,3	0,1
7	0,41	0,13
8	0,68	0,22
9	1,18	0,35
10	1,74	0,5
11	4,81	1,3
12	5,2	1,42
13	5,23	1,76
14	5,27	2,15
15	5,31	2,61
16	5,35	3,02
17	5,41	3,58
18	5,46	4,14
19	5,51	4,62
20	5,53	4,83
21	6,15	4,83
22	6,15	3,08
23	14,93	3,08
24	14,93	4,83
25	15,55	4,83
26	15,55	3,9
27	18,68	4,47
28	20,92	4,86
29	22,22	5,09
30	24,01	5,24
31	25,74	5,4
32	27,24	5,53
33	28,09	5,78
34	28,61	6,0
35	29,57	6,64
36	31,32	7,11
37	32,49	7,58
38	34,27	8,15
39	34,47	9,91
40	34,97	9,91
41	34,97	9,44
42	39,97	9,44
43	39,97	9,19
44	68,3	9,19
45	70,48	9,19
46	70,48	12,74
47	70,46	16,53
48	70,96	16,54
49	72,26	16,54
50	73,38	16,54
51	74,75	16,55
52	75,5	16,55
53	76,14	16,56
54	77,08	16,56
55	77,78	16,56
56	78,56	16,57

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,24
2	0,34	-3,19
3	0,81	-3,12
4	1,28	-3,05

5	2,01	-2,94
6	2,57	-2,86
7	3,07	-2,79
8	3,66	-2,66
9	4,27	-2,52
10	5,44	-2,27
11	6,29	-2,08
12	6,84	-1,92
13	7,57	-1,72
14	8,15	-1,56
15	8,81	-1,37
16	9,85	-1,08
17	11,09	-0,73
18	12,32	-0,37
19	13,63	-0,08
20	14,6	0,14
21	16,02	0,41
22	16,99	0,6
23	17,85	0,78
24	18,49	0,91
25	20,06	1,24
26	21,98	1,64
27	23,72	1,99
28	24,65	2,17
29	25,9	2,45
30	27,13	2,73
31	27,97	2,96
32	28,73	3,17
33	30,33	3,6
34	32,46	4,18
35	34,01	4,65
36	35,75	5,18
37	38,01	5,89
38	40,13	6,63
39	41,57	7,07
40	42,65	7,38
41	43,67	7,66
42	45,66	8,25
43	47,7	8,85
44	48,98	9,19
45	68,3	9,19
46	70,48	9,19
47	70,48	12,74
48	70,48	13,52
49	70,75	13,59
50	73,34	14,03
51	75,49	14,27
52	77,31	14,49
53	78,56	14,62

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
--------	----------------------------	-----------------------------	-----------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------

1	0		25	2000	2200	0,00	B	
2	0		30	2100	2300	0,00	C	

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)
1	70,47022	16,55581	0,33	18	90	0,6
2	5,68507	3,052215	0,33	12	90	2
3	15,1217	3,150513	0,33	12	90	2
4	34,53561	9,195862	0,33	12	90	2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,0
Ascissa centro superficie	24,32 m
Ordinata centro superficie	44,97 m
Raggio superficie	42,28 m

(ID=2) xc = 24,319 yc = 44,967 Rc = 42,277 Fs=2,003

Nr.B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
10,65	-12,3	0,67	1507,21	73,85	36,17	0,0	20,5	0,0	1608,3	299,6
20,62	-11,5	0,64	532,92	26,11	12,79	0,0	20,5	0,0	565,2	105,3
30,64	-10,6	0,65	848,3	41,57	20,36	0,0	20,5	0,0	894,2	166,6
40,64	-9,7	0,65	1142,73	55,99	27,43	0,0	20,5	0,0	1197,6	223,1
50,64	-8,8	0,65	1424,34	69,79	34,18	0,0	20,5	0,0	1484,5	276,5
60,54	-8,0	0,55	1416,7	69,42	34,0	0,0	20,5	0,0	1469,4	273,7
70,74	-7,2	0,74	2221,77	108,87	53,32	0,0	20,5	0,0	2293,0	427,1
80,64	-6,2	0,64	2182,49	106,94	52,38	0,0	20,5	0,0	2241,1	417,5
90,87	-5,2	0,88	3347,45	164,02	80,34	0,0	20,5	0,0	3419,3	636,9
100,4	-4,3	0,4	1679,75	82,31	40,31	0,0	20,5	0,0	1708,7	318,3
110,89	-3,5	0,89	3994,25	195,72	95,86	0,0	20,5	0,0	4047,1	753,9
120,38	-2,6	0,38	1819,92	89,18	43,68	0,0	20,5	0,0	1837,3	342,2
130,64	-1,9	0,64	3104,51	152,12	74,51	0,0	20,5	0,0	3125,5	582,2
140,78	-0,9	0,78	3901,23	191,16	93,63	0,0	20,5	0,0	3913,7	729,0
150,5	-0,1	0,5	2572,88	126,07	61,75	0,0	20,5	0,0	2573,5	479,4
160,64	0,7	0,64	3344,89	163,9	80,28	0,0	20,5	0,0	3337,6	621,7
170,59	1,5	0,59	3140,08	153,86	75,36	0,0	20,5	0,0	3125,7	582,2
180,69	2,4	0,69	3704,18	181,51	88,9	0,0	20,5	0,0	3678,8	685,3
190,82	3,4	0,82	4452,56	218,18	106,86	0,0	20,5	0,0	4411,5	821,8
200,46	4,3	0,46	2562,2	125,55	61,49	0,0	24,8	0,0	2525,8	582,5
210,39	4,9	0,39	2238,52	109,69	53,72	0,0	24,8	0,0	2203,4	508,2
220,52	5,5	0,52	3132,69	153,5	75,18	0,0	24,8	0,0	3079,0	710,1
230,96	6,5	0,97	6483,06	317,67	155,59	0,0	24,8	0,0	6358,2	1466,4
240,68	7,6	0,69	5055,56	247,72	121,33	0,0	24,8	0,0	4948,1	1141,2
250,64	8,5	0,64	4823,29	236,34	115,76	0,0	24,8	0,0	4714,3	1087,3
260,43	9,2	0,43	3283,27	160,88	78,8	0,0	24,8	0,0	3206,2	739,5
270,85	10,1	0,86	6732,04	329,87	161,57	0,0	24,8	0,0	6568,1	1514,8
280,33	10,9	0,33	2669,14	130,79	64,06	0,0	24,8	0,0	2602,6	600,2
290,95	11,8	0,97	7940,97	389,11	190,58	0,0	24,8	0,0	7739,5	1785,0
300,83	13,0	0,85	7104,35	348,11	170,5	0,0	24,8	0,0	6922,6	1596,6
310,75	14,1	0,77	8944,29	438,27	214,66	0,0	24,8	0,0	8717,3	2010,5
320,34	14,9	0,35	3600,54	176,43	86,41	0,0	24,8	0,0	3510,4	809,6
330,64	15,6	0,66	6680,76	327,36	160,34	0,0	24,8	0,0	6516,5	1503,0
340,64	16,5	0,67	6447,97	315,95	154,75	0,0	24,8	0,0	6294,7	1451,8
350,64	17,4	0,67	6200,48	303,82	148,81	0,0	24,8	0,0	6059,7	1397,6
360,64	18,3	0,67	5938,21	290,97	142,52	0,0	24,8	0,0	5811,2	1340,3
370,64	19,2	0,68	5661,48	277,41	135,88	0,0	24,8	0,0	5549,3	1279,9
380,64	20,1	0,68	5370,52	263,16	128,89	0,0	24,8	0,0	5274,0	1216,4
390,84	21,2	0,9	6585,6	322,69	158,05	0,0	24,8	0,0	6483,5	1495,3

400,44	22,1	0,47	3001,31	147,06	72,03	0,0	24,8	0,0	2962,1	683,2
410,64	22,9	0,69	4082,41	200,04	97,98	0,0	24,8	0,0	4038,4	931,4
420,64	23,9	0,7	3725,6	182,55	89,41	0,0	24,8	0,0	3696,6	852,6
430,64	24,8	0,7	3351,04	164,2	80,43	0,0	24,8	0,0	3336,0	769,4
440,64	25,8	0,71	2959,02	144,99	71,02	0,0	24,8	0,0	2956,5	681,9
450,64	26,7	0,71	2549,32	124,92	61,18	0,0	24,8	0,0	2557,2	589,8
460,64	27,7	0,72	2121,87	103,97	50,92	0,0	24,8	0,0	2137,6	493,0
470,64	28,7	0,73	1676,23	82,14	40,23	0,0	24,8	0,0	1696,5	391,3
480,64	29,7	0,73	1218,28	59,7	29,24	0,0	20,5	0,0	1267,5	236,1
490,64	30,7	0,74	745,51	36,53	17,89	0,0	20,5	0,0	780,5	145,4
500,64	31,7	0,75	253,45	12,42	6,08	0,0	20,5	0,0	267,1	49,8

STATO FINALE - VERIFICA IN ASSENZA DI SISMA

Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato	2,66
Ascissa centro superficie	24,32 m
Ordinata centro superficie	44,97 m
Raggio superficie	42,28 m

(ID=2) xc = 24,319 yc = 44,967 Rc = 42,277 Fs=2,665

Nr.B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
10,65	-12,3	0,67	1507,21	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1591,5	222,8
20,62	-11,5	0,64	532,92	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	559,7	78,4
30,64	-10,6	0,65	848,3	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	886,3	124,1
40,64	-9,7	0,65	1142,73	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1187,9	166,3
50,64	-8,8	0,65	1424,34	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1473,6	206,3
60,54	-8,0	0,55	1416,7	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1459,6	204,3
70,74	-7,2	0,74	2221,77	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2279,4	319,1
80,64	-6,2	0,64	2182,49	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2229,6	312,1
90,87	-5,2	0,88	3347,45	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3404,7	476,7
100,4	-4,3	0,4	1679,75	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1702,6	238,4
110,89	-3,5	0,89	3994,25	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	4035,7	565,0
120,38	-2,6	0,38	1819,92	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1833,4	256,7
130,64	-1,9	0,64	3104,51	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3120,7	436,9
140,78	-0,9	0,78	3901,23	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3910,7	547,5
150,5	-0,1	0,5	2572,88	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	2573,4	360,3
160,64	0,7	0,64	3344,89	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3339,5	467,5
170,59	1,5	0,59	3140,08	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3129,5	438,1
180,69	2,4	0,69	3704,18	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	3685,9	516,0
190,82	3,4	0,82	4452,56	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	4423,5	619,3
200,46	4,3	0,46	2562,2	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	2536,5	439,7
210,39	4,9	0,39	2238,52	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	2214,0	383,8
220,52	5,5	0,52	3132,69	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3095,6	536,6
230,96	6,5	0,97	6483,06	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6398,8	1109,1
240,68	7,6	0,69	5055,56	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4985,1	864,1
250,64	8,5	0,64	4823,29	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4753,7	824,0
260,43	9,2	0,43	3283,27	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3235,2	560,8
270,85	10,1	0,86	6732,04	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6633,2	1149,8
280,33	10,9	0,33	2669,14	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	2630,4	455,9
290,95	11,8	0,97	7940,97	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	7828,9	1357,0
300,83	13,0	0,85	7104,35	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	7010,9	1215,3
310,75	14,1	0,77	8944,29	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	8837,8	1531,9
320,34	14,9	0,35	3600,54	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3561,5	617,3
330,64	15,6	0,66	6680,76	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6615,9	1146,8
340,64	16,5	0,67	6447,97	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6396,2	1108,7

350,64	17,4	0,67	6200,48	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6162,8	1068,2
360,64	18,3	0,67	5938,21	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	5915,3	1025,3
370,64	19,2	0,68	5661,48	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	5653,8	980,0
380,64	20,1	0,68	5370,52	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	5378,1	932,2
390,84	21,2	0,9	6585,6	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	6618,5	1147,2
400,44	22,1	0,47	3001,31	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3026,5	524,6
410,64	22,9	0,69	4082,41	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	4129,5	715,8
420,64	23,9	0,7	3725,6	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3783,5	655,8
430,64	24,8	0,7	3351,04	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3417,8	592,4
440,64	25,8	0,71	2959,02	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	3031,9	525,5
450,64	26,7	0,71	2549,32	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	2625,1	455,0
460,64	27,7	0,72	2121,87	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	2196,5	380,7
470,64	28,7	0,73	1676,23	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	1745,1	302,5
480,64	29,7	0,73	1218,28	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	1298,5	181,8
490,64	30,7	0,74	745,51	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	800,3	112,0
500,64	31,7	0,75	253,45	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	274,1	38,4