Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573/365967 – Fax 0573/34714 – bizzarri@dream-italia.it

p. I.V.A. 00930120472

COMUNE DI MARLIANA
Provincia di Pistoia
AT 3.1 - Piano Attuativo in località Giampierone

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOLOGICO TECNICA

Progettista: Arch. Matteo LAMBERTI

Richiedente: ELAIA SpA - Piazzale Cadorna 5 - Milano

Il Geologo: Dott. Andrea BIZZARRI

Aprile 2016

Sommario

1. *Premessa* 3
2. *Inquadramento geologico d'area vasta* 5
3. *Ubicazione, morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area di studio* 6
4. *Inquadramento all'interno degli Strumenti Urbanistici* 7
   - *4.1.Piano Strutturale del Comune di Marliana* 7
   - *4.2.Autorità di Bacino del Fiume Arno* 9
   - *4.3.Regolamento Urbanistico del Comune di Marliana* 9
   - *4.4.Fattibilità degli interventi* 10
5. *Indagini geognostiche di supporto alla fattibilità degli interventi* 13
   - *5.1.Sondaggio a carotaggio continuo* 13
   - *5.2.Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)* 16
   - *5.3.Indagine sismica a rifrazione e parametri sismici sitospecifici* 17
6. *Rilievo geomeccanico* 30
7. *Modello litostratigrafico e geotecnico dei terreni di fondazione* 33
   - *7.1.Considerazioni circa la posizione del substrato* 39
8. *Verifiche di stabilità in condizioni di progetto* 39
9. *Relazione di calcolo* 40
   - *9.1.Definizione* 40
   - *9.2.Introduzione all'analisi di stabilità* 40
   - *9.3.Valutazione dell'azione sismica* 43
   - *9.4.Ricerca della superficie di scorrimento critica* 43
   - *9.5.Elemento Rinforzo* 44
   - *9.6.Analisi di stabilità dei pendii* 46
10. *Verifiche terra rinforzata* 75
    - *10.1.Relazione di calcolo* 75
    - *10.2.Verifica terra rinforzata sezione di progetto n* 84
11. *Calcolo invarianza idraulica delle opere in progetto* 96
12. *Vincolo idrogeologico* 99
13. *Terre e rocce di scavo* 99
14. *Viabilità pedonale* 101
15. *Conclusioni* 102
16. *Allegato 1 : Tabulati prove penetrometriche* 103

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

1. Premessa

Nella presente relazione, si illustrano le indagini geologiche svolte di supporto al "Piano Attuativo in località Giampierone AT3.1 - Comune di Marliana (PT)" che prevede la realizzazione di fabbricati residenziali, parcheggi, viabilità e verde pubblico, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente in materia, in particolare dall'art.62 della L.R. n. 1 del 3.1.2005 "Norme per il governo del territorio" e dalle seguenti leggi e strumenti di governo del territorio sovraordinati:

- Legge Regionale 3 gennaio 2005 n.1 "Norme per il governo del territorio" • D.P.G.R. n.53/R del 25 ottobre 2011 "Regolamento di Attuazione dell' Art.62 della LR n.
- 1/2005 in materia di indagini geologiche";
- Piano stralcio "Assetto Idrogeologico" Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) approvato con D.P.C.M. del 06.05.2005;
- DPCM 5/11/99 - ex norma 13
- Piano stralcio "Riduzione rischio idraulico" Autorità di Bacino del Fiume Arno approvato con D.P.C.M. del 05.11.1999 e succ. mod. ed int.;
- Piano stralcio "Bilancio idrico" Autorità di Bacino del Fiume Arno adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 204 del 21/02/2008 e adottato in via definitiva con Delibera del Comitato Istituzionale n. 222 del 18 luglio 2012. In attesa dell'approvazione sono prorogate le misure di salvaguardia relative al medesimo Piano;
- "Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Pistoia"; approvato con Del. C.P. n°123 del 21.04.2009;
- Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio "Assetto Idrogeologico"; approvato con D.P.C.M. 06/05/2005
- Piano Strutturale Comune di Marliana;
- Regolamento Urbanistico Comune di Marliana:
- Comune di Marliana - Variante n°4 al Regolamento Urbanistico ai sensi dell'Art. 222 della L.R. del 10/11/2004. Adozione ai sensi dell'Art. 19 della L.R. N. 65/2014. DCC 23 del 30/06/2016
- Decreto Ministeriale 14.01.2008, Testo Unitario – Norme Tecniche delle Costruzioni;
- Consiglio superiore dei lavori pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche delle Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, circolare 2 febbraio 2009;
- D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/2009 "Regolamento di attuazione dell'art. 117 commi 1 e 2 della L.R. n. 1 del 03/01/2005 (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".
- Del. G.R.T. n. 431 del 19.06.06, "Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006".
- Il DPGR del 9 luglio 2009, **n. 36/R**[1] individua, in funzione delle tipologie edilizie, delle classi d'indagine geognostica minime. Le opere in progetto ricadono:

  - 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

[1] " Regolamento di attuazione dell'articolo 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."

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;

- D.P.G.R. n.53/R del 25.10.2011.



Ubicazione, su foto aerea estratta da Google Earth™, dei luoghi d'indagine

Le indagini sono consistite in uno studio geologico e idrogeologico della zona in cui ricade l'area oggetto di Piano Attuativo e di un suo intorno significativo, volto a definire il grado di pericolosità ambientale in ordine alle problematiche esaminate e la fattibilità geologica, sismica e idraulica degli interventi previsti supportato dalla seguente campagna geognostica condotta sull'area di intervento.

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinti a profondità dal piano di campagna di 5 m;
- esecuzione di una prova SPT in avanzamento nel foro di sondaggio;
- esecuzione di 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte fino al rifiuto strumentale;
- realizzazione di stendimento sismico a rifrazione per la definizione dei parametri sismici sitospecifici.

2. Inquadramento geologico d'area vasta

L'Appennino Settentrionale è costituito, come le altre catene del sistema alpino-himalaiano, da falde tettoniche di notevole spessore ed estensione orizzontale, che durante l'orogenesi alpina si sono spostate di centinaia di chilometri accavallandosi le une sulle altre.

L'Appennino tosco-emiliano può essere diviso in vari domini: dominio delle *Liguridi interne* ed *esterne*, *Dominio Toscano, Umbro-Romagnolo e Marchigiano e Dominio Sub-Ligure*, che si formavano in vari bacini posti da ovest verso est e che hanno portato alla sedimentazione prima ed alla trasposizione poi, delle formazioni che si ritrovano attualmente nell'area in studio. Il territorio toscano è compreso all'interno del Dominio Toscano.

Dominio Toscano

Le unità torbiditiche del Domino Toscano si sono depositate circa dieci milioni di anni fa (tra l'Oligocene ed il Miocene) e rappresentano le rocce più diffuse del Dominio costituendo l'ossatura della catena montuosa e molti dei suoi rilievi più alti (M.te Cimone). Si estendono dall'Appennino parmense fino al lago Trasimeno con spessori che raggiungono i 3000 m.

Le torbiditi presentano caratteristiche litologiche, sedimentologiche e petrografiche poco variabili: sono infatti costituite da banchi che vanno da pochi centimetri a qualche metro di arenarie grossolane che sfumano verso l'alto ad arenaria fine, silt, argilliti e marne. Gli strati arenacei mostrano diverse forme dovute a controimpronte scavate dalle correnti altre dovute ad organismi marini. E' inoltre possibile notare in ogni spessore fino a cinque intervalli caratterizzati ognuno da proprie strutture. Questa sequenza (sequenza di Bouma) inizia dal basso con arenaria per passare ad arenaria e silt fino a pelite.

Per quanto riguarda i rapporti stratigrafici tra le varie formazioni, si deve considerare per prima cosa due grandi allineamenti strutturali che si estendono, parallelamente alla catena appenninica, in corrispondenza dei quali le formazioni torbiditiche sono coinvolte in sovrascorrimenti e parti rovesciate.

La parte torbiditica della Falda Toscana ha spessori variabili dai 1500 ai 3000 m e poggia sugli Scisti Policromi o Scaglia Toscana con la formazione arenacea del Macigno e termina con la formazione arenaceo-marnosa delle Arenarie di M.te Modino e con le Marne di Pievepelago. All'interno si ritrovano lembi di terreni del Dominio Ligure, costituiti da olistostromi all'interno del macigno e delle arenarie di M.te Modino e M.te Cervarola.

Tettonica

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla chiusura dell'oceano Ligure Piemontese e alla successiva collisione della placca europea con quella adriatica. Durante ciò si possono distinguere una fase oceanica ed una fase intracontinentale:

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inf. e il Cretaceo sup., e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma di accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri).

Segue, nell'Eocene medio-sup. la collisione tra il margine continentale europeo e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso ovest delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro Marchigiane, poi, sotto le unità precedentemente impilate.

L'Appennino Toscano è caratterizzato dall'accavallamento della Falda Toscana (Successione Toscana non metamorfica) sull'Unità Cervarola Falterona. In alcuni casi il sovrascorrimento non si realizza direttamente ma con l'interposizione dell'Unità di Canetolo.

Dopo le ultime fasi compressive responsabili degli impilamenti delle principali unità tettoniche (dall'Oligocene superiore al Pliocene superiore) inizia nel Quaternario un regime distensivo che porta al parziale smembramento dell'edificio strutturale precedentemente costituito con l'origine di una serie di depressioni tettoniche. Nelle parti più

depresse si impiantano dei bacini chiusi che diventano in seguito sede di deposizione lacustre, come ad esempio il bacino di Firenze – Prato – Pistoia che inizia ad essere attivo dal Pleistocene inferiore.

Assetto Tettonico attuale

L'assetto strutturale attuale dell'Appennino settentrionale è inserito all'interno di un dominio geodinamico distensivo responsabile dei rilievi morfostrutturali e delle pronunciate depressioni tettoniche (graben) della Toscana. Il sistema di bacini distensivi si propaga dalla fascia tirrenica verso la catena appenninica, essenzialmente durante il Messiniano-Pliocene Inferiore, durante il Pliocene e il Pleistocene (bacino di Firenze-Pistoia).

Per quanto riguarda la fase compressiva dell'Appennino settentrionale, avvenuta con il sovrascorrimento delle formazione liguri verso est, una riattivazione di tale fase si è avuta con la duplicazione delle successioni sinorogeniche (Macigno e Arenarie di M.te Cervarola) sulle Unità Liguri delle zone degli alti rilievi del crinale tosco emiliano (fronte della Falda Toscana) e sulla successione Umbra (Marnoso-Arenacea) del settore Tosco-Emiliano.

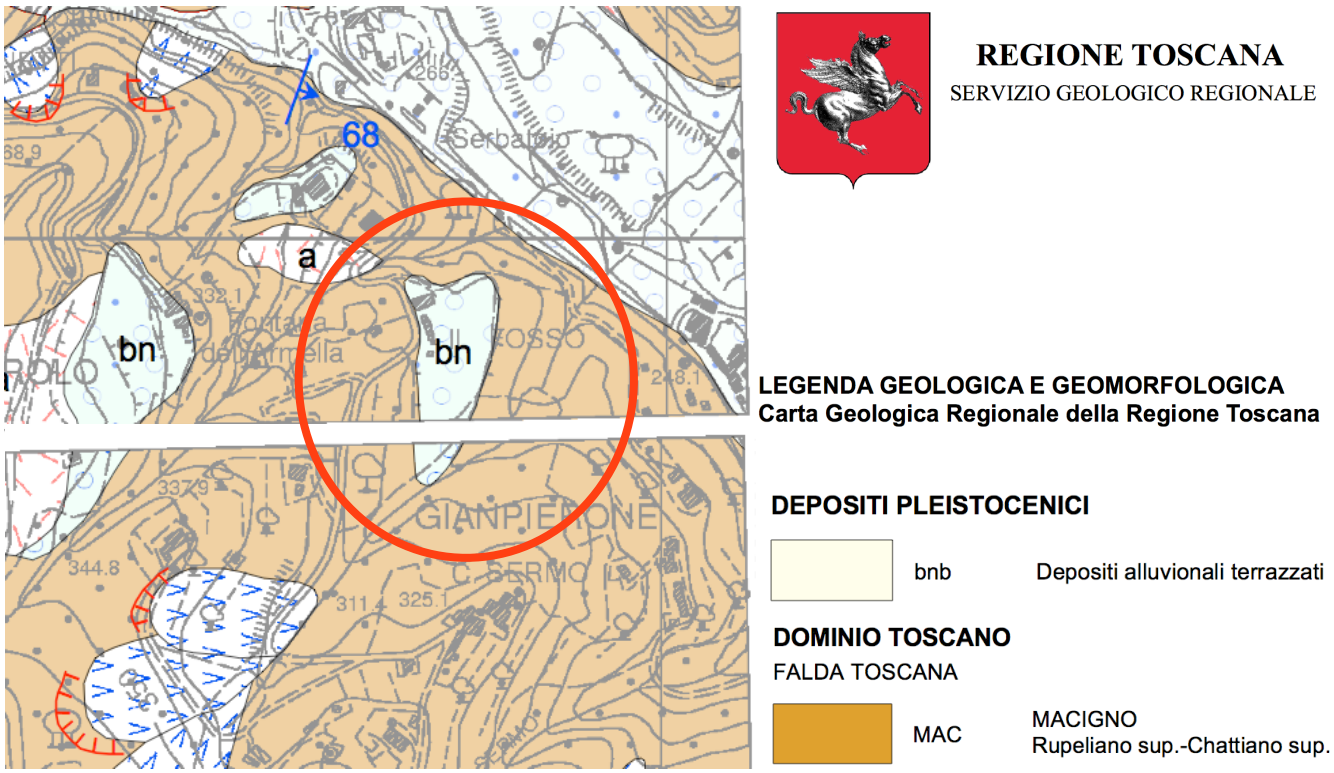
3. Ubicazione, morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area di studio

L'area in esame è situata immediatamente a monte dell'abitato di Giampiero su un versante immergente verso Nord - Nord-Est, ad una quota media di circa di circa 280 m s.l.m.

La morfologia è caratterizzata dalla presenza di un ripiano delimitato verso Nord da un impluvio, a Nord Est da un versante terrazzato e boscato in prossimità della Provinciale e verso Sud da un impluvio con un'area boscata prevalentemente a Robinia.

Verso monte il pendio presenta un'acclività media ed è stato, recentemente, oggetto d'interventi d'urbanizzazione residenziale.

I rilievi geologici non hanno evidenziato la presenza di fenomeni erosivi d'importanza significativa e neppure si sono rilevate forme che facciano presupporre la presenza di fenomeni franosi attivi e/o quiescenti. Tali indicazioni trovano sostegno e conforto dalle varie carte tematiche allegate agli SU e ai rilievi condotti per la redazione del CARG.



Estratto rilievi CARG sezione 262020 -262060

L'idrografia superficiale è caratterizzata da due impluvi, di cui la toponomastica non fornisce il nome, che delimitano l'area verso Nord e Sud. Le sponde del fosso settentrionale presentano, localmente, elevate acclività che conducono a locali fenomeni d'instabilità circoscritti, tuttavia, al ristretto ambito torrentizio (sponde). I rilievi geologici condotti lungo il percorso del fosso meridionale non hanno individuato fenomeni erosivi e/o franosi d'importanza significativa. Nella porzione di valle, in corrispondenza della viabilità d'accesso ad un piccolo borgo, l'alveo è in roccia.

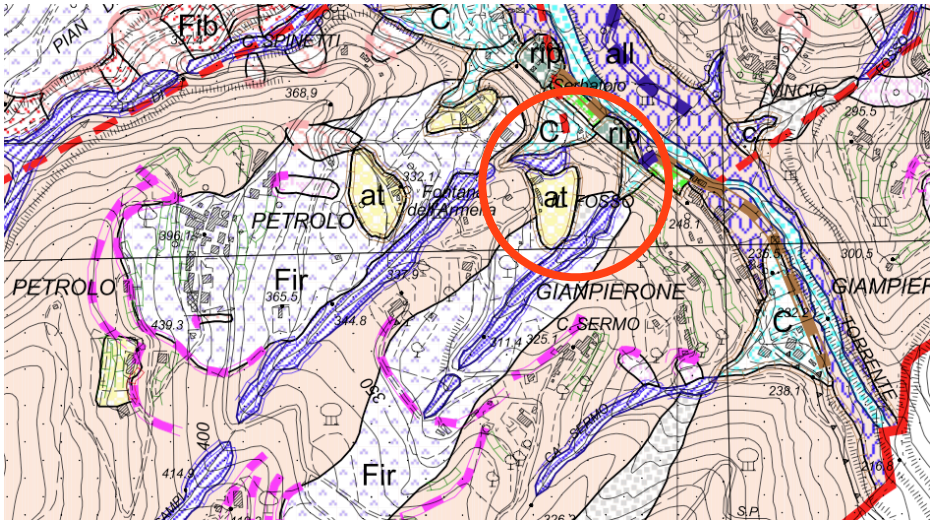
Sui versanti indagati non si sono rinvenute venute d'acqua, sorgenti o aree di ristagno che facciano presupporre una circolazione d'acqua ipogea d'importanza significativa. Tuttavia la presenza di specie vegetali igrofile (canneti) e, sopratutto la presenza di un'ampia area pianeggiante porta a ritenere che l'acqua, nel sottosuolo, sia un elemento da dover considerare specie per la porzione d'intervento che maggiormente si avvicina la versante occidentale.

Dal punto di vista geologico si rinvengono terreni detritici d'origine alluvionale di antica deposizione che vanno a formare l'ampio ripiano costituente la maggior parte della superficie fondiaria della lottizzazione. I versanti, terrazzati di raccordo con il fondovalle, hanno, probabilmente, anch'essi un'origine alluvionale ma, le condizioni morfologiche hanno favorito un'evoluzione eluvio colluviale del deposito qualunque sia stata la sua origine primaria.

4. Inquadramento all'interno degli Strumenti Urbanistici

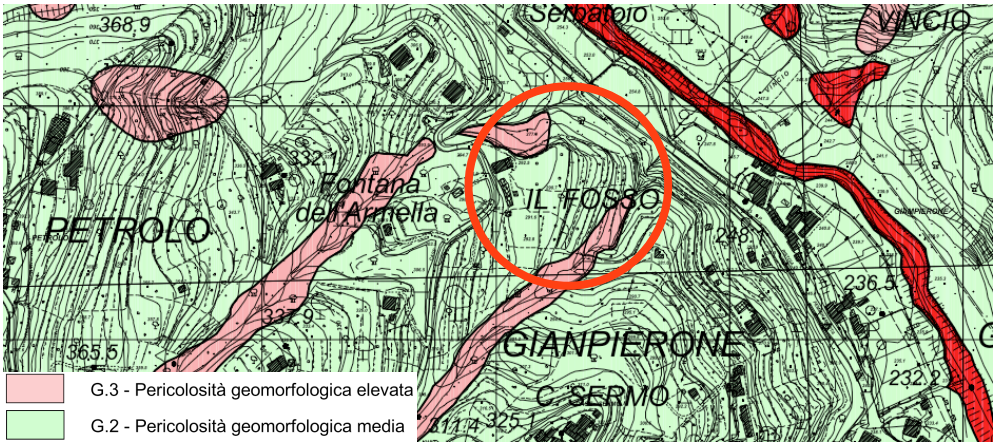
4.1. Piano Strutturale del Comune di Marliana

Carta Geomorfologica (Tav. QCG1): l'area in oggetto è caratterizzata da depositi detritici di origine alluvionale di antica deposizione su substrato arenaceo.



Dove: at = depositi alluvionali di antica deposizione (Olocene); Fir = frana inattiva relitta (Olocene); Area marrone = terreni arenacei (Macigno - Oligocene Medio Superiore) - Rigato viola = erosione di sponda;

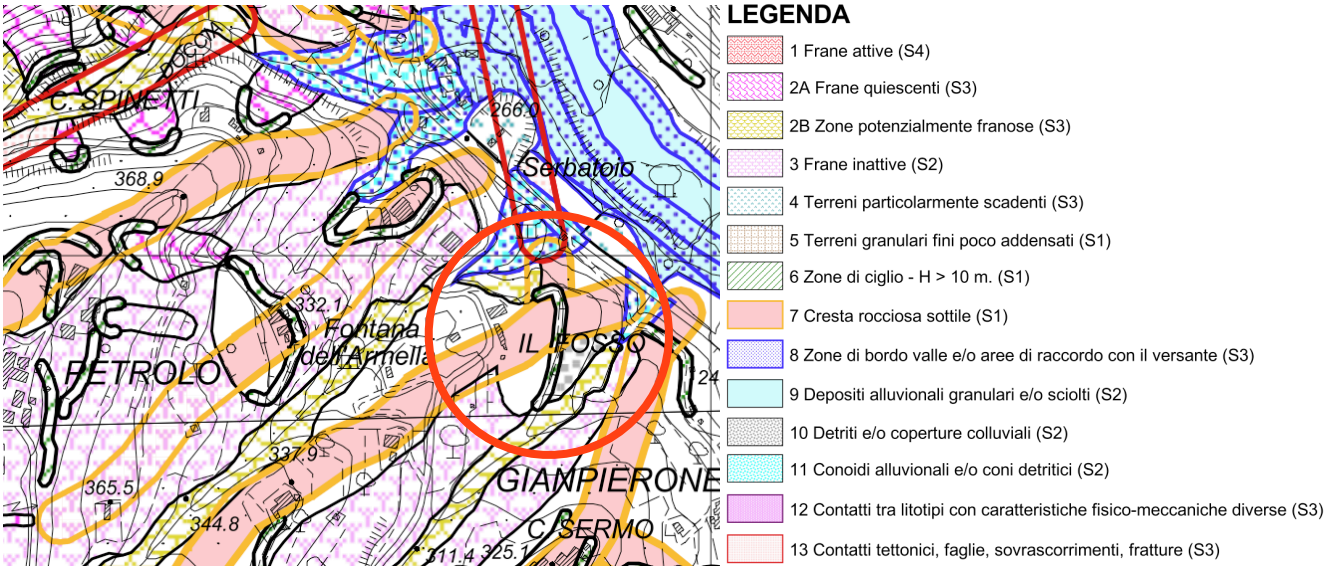
Carta di pericolosità per fattori geomorfologici (Tav. PG1): l'area è classificata in G.2 - pericolosità geomorfologica media e in G.3 pericolosità geomorfologica elevata per aree marginali non soggetta ad urbanizzazione.



Carta di pericolosità per fattori Idraulici: l'area di collina non è soggetta a problematiche di tipo idraulico.

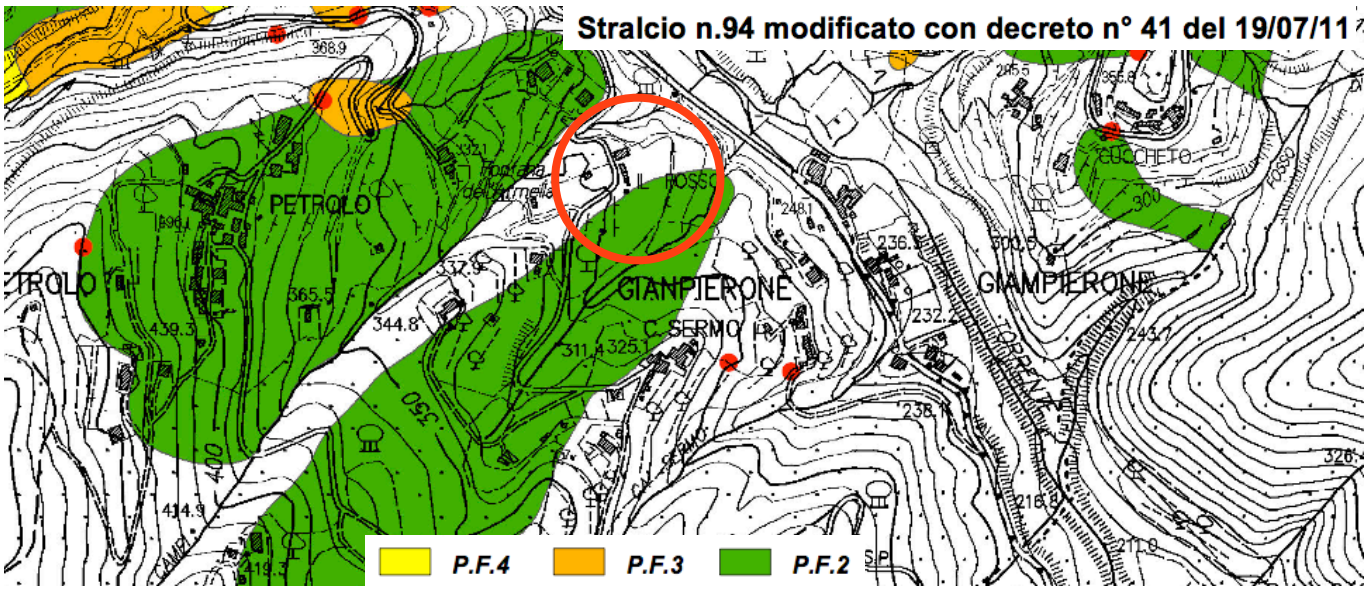
Carta delle Zone a maggior pericolosità sismica locale (Tav. Pg2): l'area è inquadrata, in maniera assai complessa,prevalentemente in classe di pericolosità S3 (al punto 7, in legenda, si deve considerare S2 e non S1 - all. 2 alle direttive DPGR 26r del 27/04/2007).

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*



4.2.Autorità di Bacino del Fiume Arno

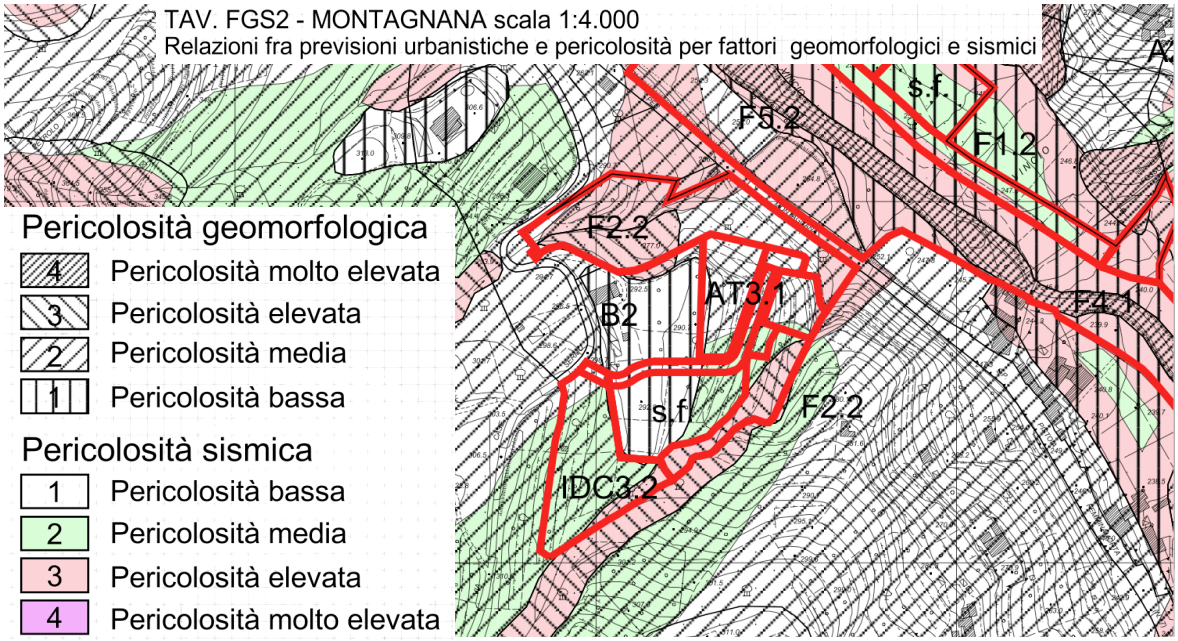
Piano di Bacino del Fiume Arno - Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario fenomeni franosi - livello di dettaglio - stralcio n°65 (2011): l'area si colloca, per una porzione, in P.F.2 .



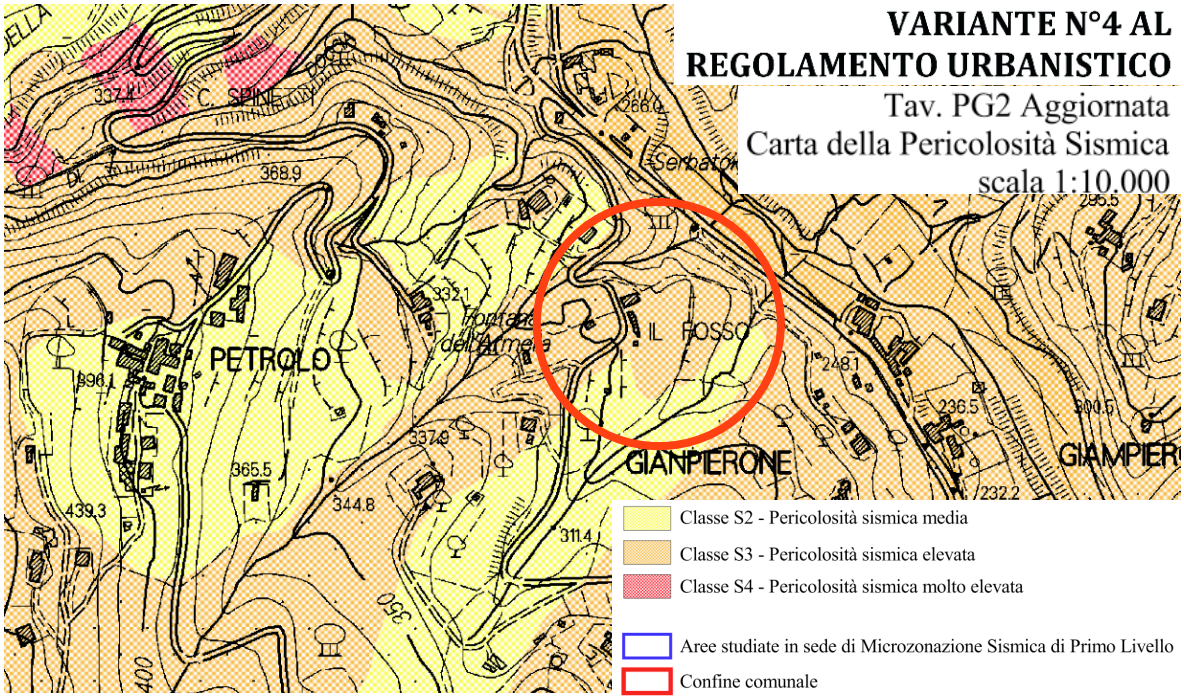
4.3.Regolamento Urbanistico del Comune di Marliana

Il RU nel comune di Marliana ha subito un complesso iter che ha condotto ad una parziale modifica della pericolosità geologica e sismica, con introduzione di aree a pericolosità bassa in corrispondenza, perlopiù, dell'area pianeggiante oggetto d'urbanizzazione.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*



La recente variante al RU ha riportato la pericolosità sismica, sostanzialmente in classe di pericolosità 3 (vedi estratto in testo:



4.4.Fattibilità degli interventi

In ordine alle recenti NTA approvate con DCC del 30/06/2016 la fattibilità per fattori morfologici e sismici è determinata dai seguenti articoli:

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Art. 57 - Fattibilità per fattori morfologici:

CLASSE F 3g: Fattibilità condizionata

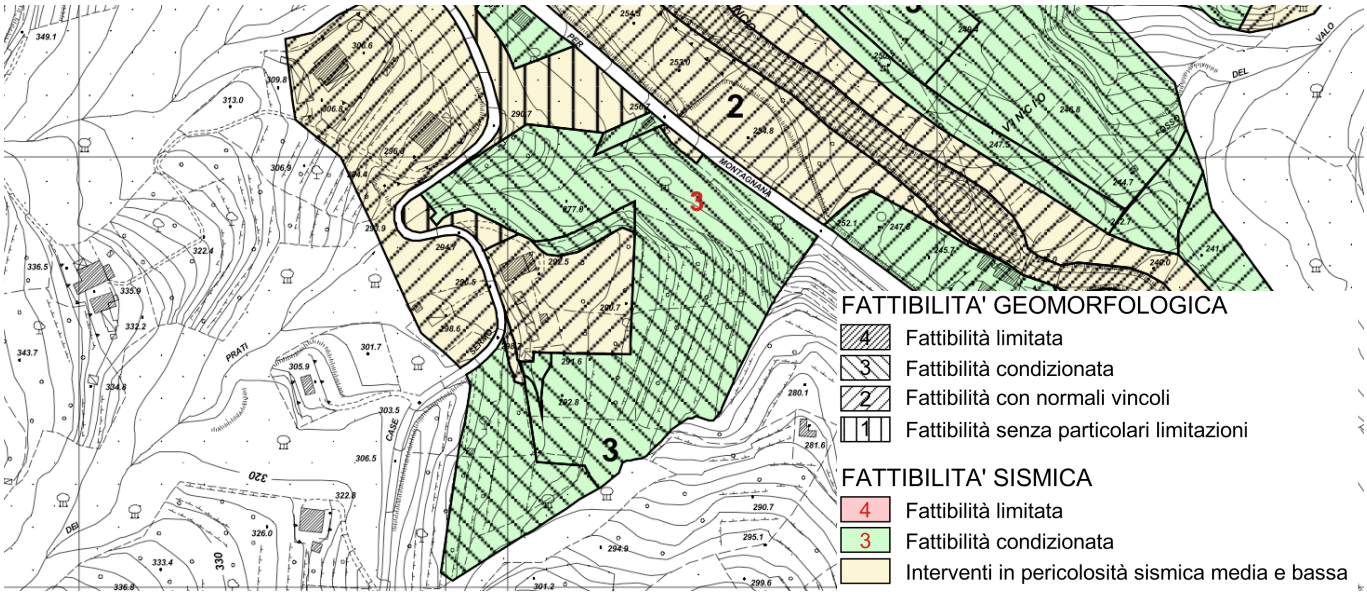
Ricadono in questa classe gli interventi che ricadono in classe di pericolosità G2 e G3 che sono soggetti a strumento urbanistico intermedio (piano attuativo). Dovrà essere verificata adeguatamente la stabilità del versante in cui si trova l'area di intervento prima e dopo la realizzazione delle opere tenendo conto delle condizioni sismiche; a questo scopo le indagini geognostiche, estese ad un'area sufficientemente ampia, dovranno definire lo spessore e le caratteristiche geotecniche dei depositi detritici presenti e le qualità geomeccaniche degli eventuali affioramenti rocciosi

Per questa classe di fattibilità gli studi e le indagini prescritti dovranno essere eseguiti già in fase di formazione dello strumento urbanistico intermedio.

Art. 58-Fattibilità per fattori sismici

CLASSE F 3s: Fattibilità condizionata

Questa classe comprende gli interventi che, ricadendo nelle classi S2 ed S3 di pericolosità sismica, per la loro attuazione devono passare attraverso uno strumento urbanistico intermedio (piano attuativo). Anche in questo caso le condizioni cui attenersi sono contenute nel rispetto del DM 14/1/08 e nel Regolamento regionale 36/R; gli studi e le indagini prescritti dovranno essere eseguiti già in fase di formazione del piano attuativo.



Cartografia relativa alle condizioni di fattibilità descritte nel RU

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Per l'intervento oggetto del presente lavoro sono presenti prescrizioni geologico ambientali descritte all'allegato 2 - vedi estratto:

Norme Tecniche di Attuazione - Allegato 2 - Prescrizioni geologiche e ambientali

22. AT3.1 – Piano attuativo in Loc.Giampierone	S.I. n°**3**	Tavola **2**
SUPERFICIE TERRITORIALE	MQ	14.0003
AREE FONDIARIE	MQ	4.381
SUPERFICIE UTILE LORDA	MQ	2.100
SUPERFICIE COPERTA	MQ	1.200
NUMERO DI PIANI FUORI TERRA	N	2
ALTEZZA MASSIMA	ML	6,50
TIPOLOGIA EDILIZIA	----------	
DESTINAZIONE D'USO	Residenziale	

FATTIBILITÀ GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA DEGLI INTERVENTI			
PERICOLOSITÀ PER FATTORI GEOMORFOLOGICI:	**G2/3**	FATTIBILITÀ PER FATTORI GEOMORFOLOGICI	**3**
PERICOLOSITÀ PER FATTORI SISMICI:	**S2/3**	FATTIBILITÀ PER FATTORI SISMICI	**3**
PERICOLOSITÀ PER FATTORI IDRAULICI:	**I1**	FATTIBILITÀ PER FATTORI IDRAULICI:	**1**

PRESCRIZIONI CONDIZIONI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE	
QUALITÀ DEI TERRENI PREVISTA:	Da scadente a buona Possibili effetti dovuti a fattori sismici
APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE:	A livello complessivo: la previsione ricade in gran parte in PG2 ma è anche in parte interessata dalla porzione sommitale di una estesa aera in dissesto, presso il versante est, per cui si inserisce in F3. Le indagini geologiche e le prospezioni geognostiche dovranno chiarire le caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura e del substrato, determinandone il grado di fratturazione. Verifica condizioni stratigrafiche profonde (>30m.). Verifica stabilità del versante: con particolare riferimento al margine ovest.
OPERE DI MESSA IN SICUREZZA:	Regimazione del corso d'acqua limite nord Bonifica della scarpata fronte nord Opere di strutturali: riguarderanno l'area in dissesto localizzata presso il margine nord della previsione, quali muri di contenimento, palificate, tiranti, terre armate. Potranno essere previste fondazioni speciali. Regimazione delle acque superficiali
TIPOLOGIA DELLE PROSPEZIONI GEOGNOSTICHE:	Sondaggi geognostici a carotaggio continuo e prove in situ (SPT) Prelievo e analisi fisico meccaniche di campioni indisturbati di terre Prove penetrometriche DPSH integrative Indagini geofisiche in foro
PRESCRIZIONI CONDIZIONI IDRAULICHE	
APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI:	Verifica delle condizioni di drenaggio superficiale delle acque
OPERE DI MESSA IN SICUREZZA:	Non previste
OPERE DI ADEGUAMENTO E MITIGAZIONE:	Adeguamento del sistema di drenaggio superficiale delle acque
OPERE IN SOTTOSUOLO:	Ammesse con riserva, condizionate ai risultati delle indagini geologiche di dettaglio.
MODIFICHE MORFOLOGICHE:	Ammesse con riserva, condizionate ai risultati delle indagini geologiche di dettaglio.

Al fine di ottemperare a quanto indicato nella scheda di RU si è proceduto variando, parzialmente, la tipologia delle prospezioni geognostiche previste nella scheda di RU sopra riportata.

In particolare abbiamo eseguito un'indagine costituita, prevalentemente, da prove penetrometriche dinamiche (DPSH). La ragione di questa variazione è da ricercarsi nelle difficoltà d'accesso all'area dovuta, fondamentalmente, al divieto d'ingresso con le sonde, da parte dei proprietari dei terreni limitrofi alla lottizzazione.

E all'esecuzione, in accordo con le specifiche descritte nel DPGR 36r del9 luglio 2009, di uno stendimento sismico a rifrazione ricadendo in classe d'indagine 3 (volume lordo inferiore a 6.000 m^3).

L'indagine geognostica sebbene modificata, come vedremo, ha permesso di parametrizzare, dal punto di vista geotecnico e sismico, i livelli detritici, valutare lo spessore dei terreni di copertura, e calcolare la stabilità dei terreni interessati dagli interventi edilizi in condizioni attuali e di progetto.

5. Indagini geognostiche di supporto alla fattibilità degli interventi

L'area di lottizzazione è stata indagata, come detto in premessa, mediante l'esecuzione di:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinti a profondità dal piano di campagna di 5 m;
- esecuzione di una prova SPT in avanzamento nel foro di sondaggio;
- esecuzione di 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte fino al rifiuto strumentale;
- realizzazione di stendimento sismico a rifrazione per la definizione dei parametri sismici sitospecifici



Ubicazione indagini geognostiche

5.1. Sondaggio a carotaggio continuo

Nella porzione occidentale del lotto abbiamo eseguito un sondaggio a carotaggio continuo al fine di "chiudere" la ricostruzione stratigrafica dei terreni permessa dalle prove DPSH 3, 2 e 7.

Il sondaggio ha permesso di individuare la posizione del substrato lapideo e di indagare il suo grado di fratturazione. In avanzamento si e eseguita una prova SPT a 1,50 m di profondità che ha dato rifiuto.

Il sondaggio si è arrestato alla profondità di 5,00 m dal p.c. Interpretando che il substrato rinvenuto appartenga alla formazione delle arenarie del Macigno che, nella zona, ha una potenza maggiore di 50 m.

GEOLOGIA & AMBIENTE S.n.c.
Indagini Ambientali Geotecniche Geofisiche

Geologia e Ambiente S.n.c.
Via Panciatichi 11, 51100 Pistoia
Tel. 0573 366497 Fax 0573 994838 P.IVA/C.F. 014207880479
info@geologiaeambiente.com www.geologiaeambiente.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Andrea Bizzarri	CANTIERE: Località Giampierone (PT)	SONDAGGIO: S1	PROFONDITA': 5.0 m
TIPO DI SONDA: COMACCHIO GEO 205	METODO DI PERFORAZIONE e INCLINAZIONE: ROTAZIONE-VERTICALE	TIPO DI RIVESTIMENTO: 127 mm	
DATA DI INIZIO/FINE: 14/07/2016	**Legenda:** Piez. Ciechi, Piez. Fessurati, Bentonite, Cementazione, Drenaggio; Campione Shelby, Campione Osterberg, Campione Denison, Campione disturbato		

Prof. dal p.c.m	Stratigrafia (disegno)	Descrizione	Profondità (m)	Recupero %	Campioni	SPT N	Pocket Penet. Kg/cmq	Vane test Kg/cmq	R.Q.D. %	Acqua m da p.c.	Piezometri diam. 4"
1		Clasti arenacei con dimensioni da centimetriche a decimetriche in matrice sabbiosa				SPT 1,5 mt 27- Rif.			15		
2			1,6								
3		Roccia arenaria fratturata							25		
4			4.0						/		
5			5.0						35		
6											
7											
8											
9											
10											

NOTE

GEOLOGIA & AMBIENTE S.n.c.
Indagini Ambientali Geotecniche Geofisiche

Geologia e Ambiente S.n.c.
Via Panciatichi 11, 51100 Pistoia
Tel. 0573 366497 Fax 0573 994838 P.IVA/C.F. 014207880479
info@geologiaeambiente.com www.geologiaeambiente.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Andrea Bizzarri	CANTIERE: Località Giampierone (PT)	SONDAGGIO: S1	PROFONDITA': 5.0 m





5.2.Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)

Nell'area della lottizzazione si sono eseguite 9 prove penetrometriche dinamiche per indagare lo spessore e le caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura. Per le caratteristiche della strumentazione, standard, utilizzata si rimanda all'apposita scheda posta in allegato assieme ai relativi certificati di ciascuna prova.

Le prove sono state condotte fino al rifiuto strumentale che è stato ottenuto a profondità variabili (vedi tabella).

Prova n°	Profondità (rifiuto) da piano campagna
1	6,80
2	6,00
3	10,80
4	4,00
5	6,80
6	6,20
7	12,80
8	9,20
9	6,80

Il rifiuto strumentale della prova penetrometrica non è un indicazione certa del raggiungimento del substrato, in questo caso, arenaceo ma indica, certamente, che questo non è presente per tutta la profondità che è stato possibile indagare con la penetrometria.

Per posizionare il substrato ci siamo, pertanto, affidati ad una interpretazione geologico stratigrafica attingendo informazioni: dallo stendimento sismico, dal sondaggio e dai rilievi geologici di superficie.

Tale lavoro trova compendio nella sezione TT riportata in testo e nelle ulteriori specifiche riportate nel capitolo 6.

5.3.Indagine sismica a rifrazione e parametri sismici sitospecifici

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1ª, 2ª e 3ª categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (*accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico*) attraverso la seguente relazione: C = S - 2/100 dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.
L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).
La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

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

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T. N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.
In base, infine, alla Delibera N 878 del 08-10-2012 di Giunta della Regione Toscana con oggetto: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006.
Il territorio comunale di Marliana (PT) rientra nella Classe 2 con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0,25 g.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*



Categoria di suolo

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Tabella 3.2.II	Categorie di sottosuolo
Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
Tabella 3.2.III	Categorie aggiuntive di sottosuolo

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità, ed è calcolata con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Indagine geofisica

Al fine di acquisire dati di supporto alla fase progettuale abbiamo eseguito uno stendimento sismico a rifrazione nei terreni posti immediatamente a monte del fabbricato esistente.

Principi

La sismica attiva utilizza le onde sismiche (sonore), la cui propagazione dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo e quindi i principi di tale metodologia si fondano sulla teoria dell'elasticità. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità attraverso i diversi litotipi e subiscono sulle superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. A seconda che si utilizzino le onde riflesse o le onde rifratte (che subiscono solo rifrazioni secondo l'angolo critico) si hanno i due metodi di prospezione sismica: quello a riflessione e quello a rifrazione.

Tutte le metodologie della sismica si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una mazza battente, etc.) e di rilevarne l'arrivo, mediante sensori (geofoni), in altri punti. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti al di sotto della zona di indagine.

Un'onda può essere definita come un disturbo elastico che si propaga da punto a punto attraverso un materiale, o sulla sua superficie senza che ciò implichi uno spostamento definitivo di materiale. Tranne che nelle immediate vicinanze di una sorgente sismica naturale, solitamente una faglia, le rocce tornano nella posizione di partenza, dopo il passaggio dei moti transienti prodotti dalla stessa sorgente. Vibrazioni di questo tipo producono piccole deformazioni elastiche, in risposta alle forze agenti all'interno delle rocce (stress).
La teoria dell'elasticità lineare fornisce le relazioni matematiche per descrivere, mediante deformazioni e stress, il moto del materiale (chiamato di solito impropriamente suolo o terreno) causato da una sorgente sismica. Applicate le giuste condizioni al contorno tale moto è descrivibile attraverso funzioni oscillanti del tempo (onde).

Nello studio di un mezzo solido un concetto estremamente utile è quello di continuo; la materia è descritta come una quantità distribuita continuamente nello spazio ed omogeneamente lungo le tre dimensioni. La sismologia considera inoltre fenomeni che producono deformazioni piccole avvenute in piccoli periodi di tempo (nel caso specifico pochi millisecondi). In questo modo è possibile applicare, per la descrizione dei nostri fenomeni, la teoria della deformazione infinitesima.

Programma di calcolo utilizzato.

InterSism è un programma che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismica utilizzando il metodo della rifrazione. Il programma è in grado di eseguire ogni fase dell'elaborazione in modo completamente automatico, pur lasciando la possibilità di intervenire manualmente per garantire un completo controllo del processo di calcolo.

Il programma InterSism estrae i dati di campagna direttamente da file in formato compatibile oppure permette di inserire direttamente i valori dei Primi Arrivi, richiedendone l'eventuale completamento qualora alcune informazioni, ad esempio la posizione dei geofoni o degli spari, non fossero state memorizzate nello strumento.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei Primi Arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I Primi Arrivi possono quindi essere verificati ed eventualmente corretti manualmente operando direttamente sui segnali originali.

La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; InterSism può elaborare fino a nove spari, di cui tre interni allo stendimento, ed utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati.
E' importante sottolineare che per poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.

Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, InterSism passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergo in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

Analisi dei risultati

Le sezioni individuano uno spessore di terreno ad omogenee caratteristiche geofisiche, che in base al risultato delle indagini geognostiche attribuiamo costituito da una coltre detritica di origine alluvionale.

All’interno dell’Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 per le costruzioni in zona sismica, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, sono definite le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

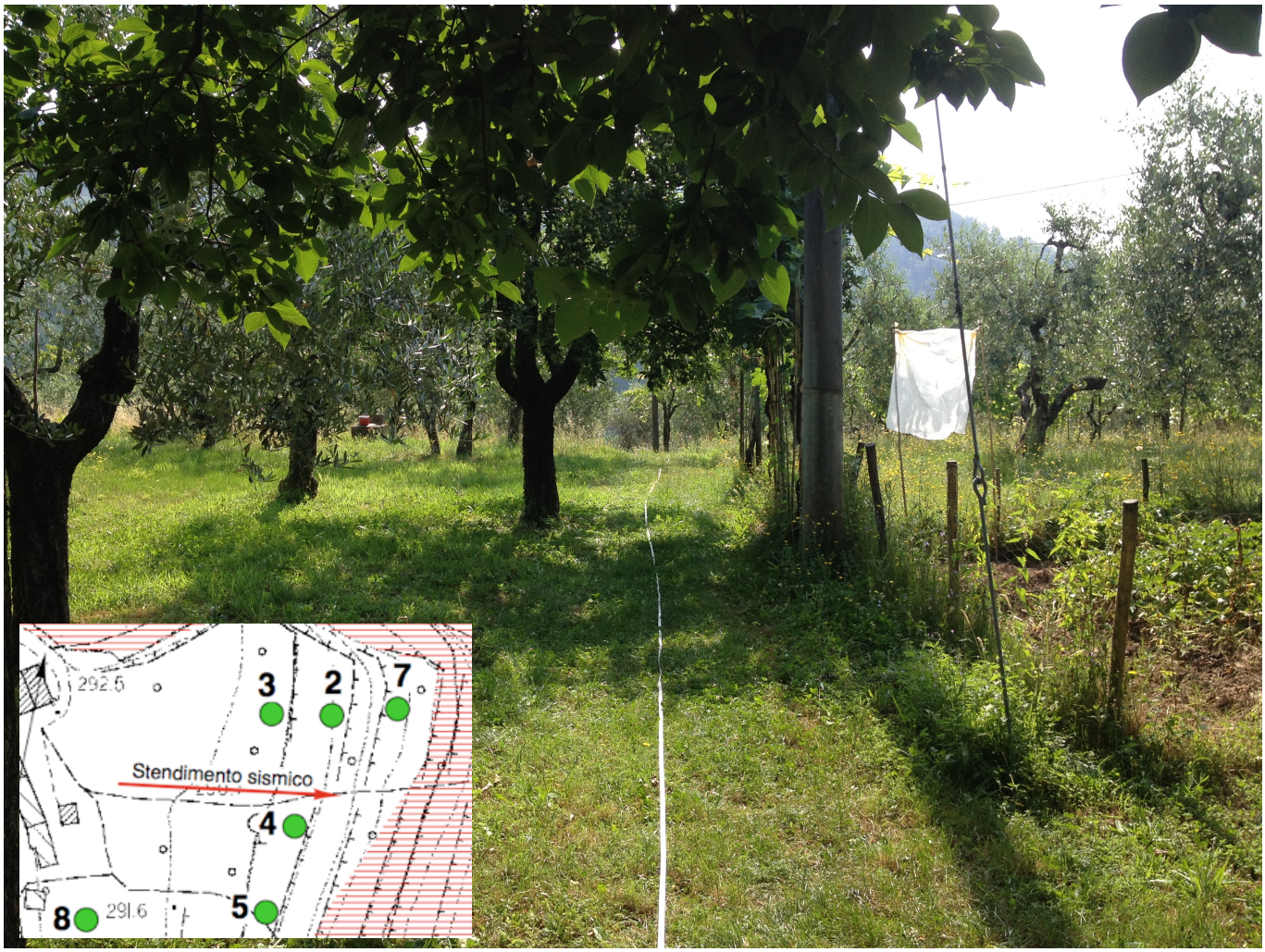
Per la definizione dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica si è eseguita una campagna geofisica a rifrazione composta da uno stendimento a rifrazione ubicato come riportato nella figura allegata. Lo stendimento è stato attrezzato con geofoni orizzontali per la lettura delle onde trasversali (Onde S).

Il simografo utilizzato è un DOLANG DBS 270 TK a 12 canali con possibilità di incremento e sovrapposizione del segnale di energizzazione, con cannone sismico, e frequenza di campionamento di 3.000 Hz.

Per lo stendimento abbiamo utilizzato un interasse tra i punti di registrazione, geofoni, di 3 m. A 3 m di distanza dai due estremi dello stendimento sono stati eseguiti gli scoppi di andata e ritorno; a 19,50 m di distanza dallo scoppio di andata abbiamo, infine, eseguito uno scoppio centrale alla stesa di geofoni.

L'interpretazione dei risultati è stata effettuata analizzando ciascun treno d'onde, registrato da ogni geofono, e misurando il tempo di primo arrivo dei fronti d'onda rifratti.

Nelle tabelle allegate sono riportati i principali dati che hanno permesso l'individuazione di una sezione sismica con individuati gli spessori di terreno caratterizzati da omogenee velocità delle onde orizzontali.



La foto mostra l'ubicazione dello stendimento sismico

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	GIAMP_DOL_A.adt
26.00	0.00	GIAMP_DOL_C.cdt
52.00	0.00	GIAMP_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 26 [ms]	FBP da 52 [ms]
1	4.00	0.00	13.32	61.79	95.83
2	8.00	-.25	65.86	56.98	91.02
3	12.00	-.50	72.94	52.54	88.80
4	16.00	-.75	83.62	45.88	85.47
5	20.00	-1.00	86.58	38.48	81.77
6	24.00	-1.43	92.87	15.17	75.48
7	28.00	-1.86	95.09	10.73	68.82
8	32.00	-2.29	102.12	47.73	63.21
9	36.00	-2.71	106.19	55.70	60.12
10	40.00	-3.14	110.63	61.00	55.25
11	44.00	-3.57	113.59	70.73	36.26
12	48.00	-4.00	115.81	76.91	13.32

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	3.2	12.9
2	3.3	12.3
3	3.5	10.9
4	3.7	10.4
5	3.5	11.1
6	3.4	10.5
7	2.8	11.6
8	2.7	11.1
9	2.7	10.4
10	2.6	9.6
11	1.7	11.8
12	1.5	11.6

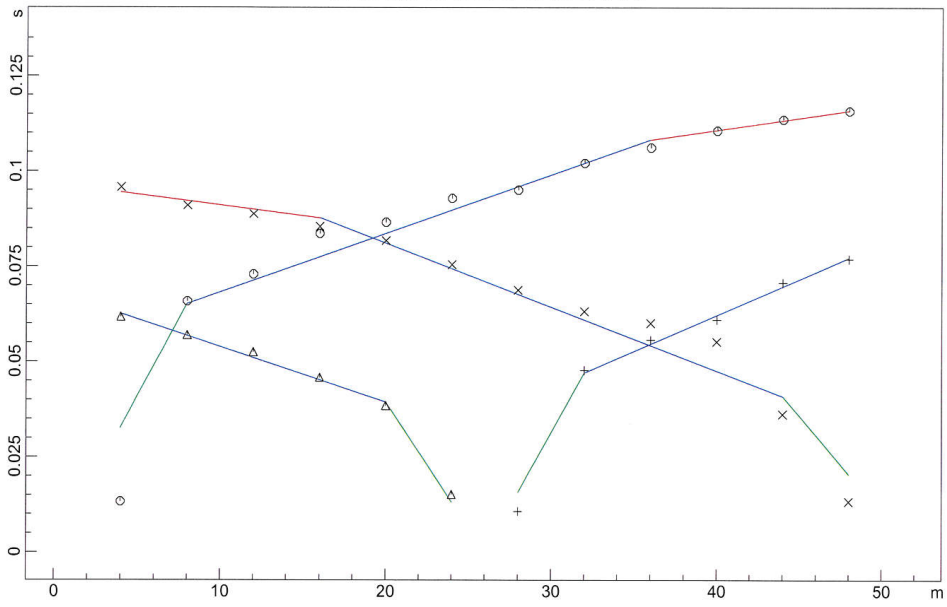
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	144.4
2	623.6
3	1200.8

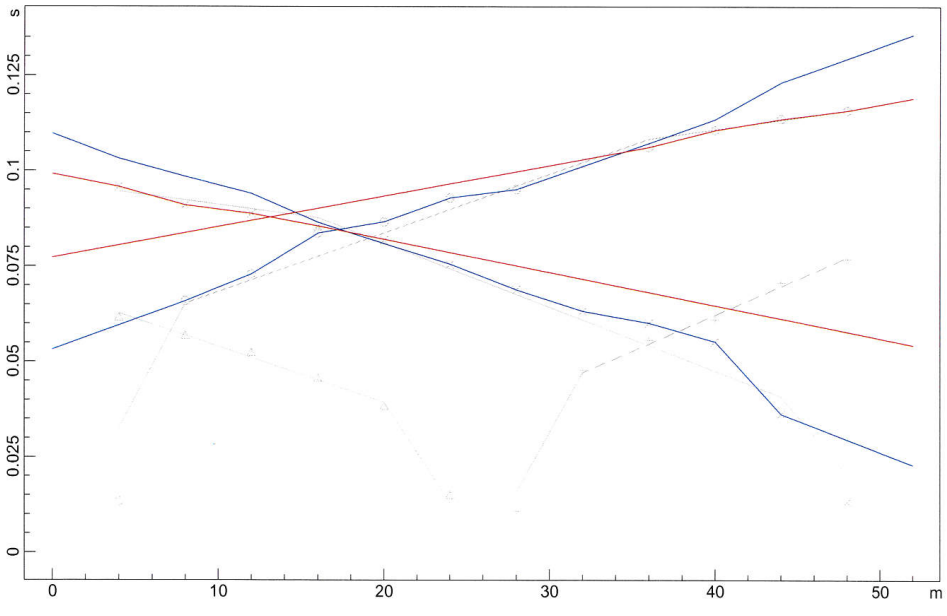
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)

DROMOCRONE ORIGINALI



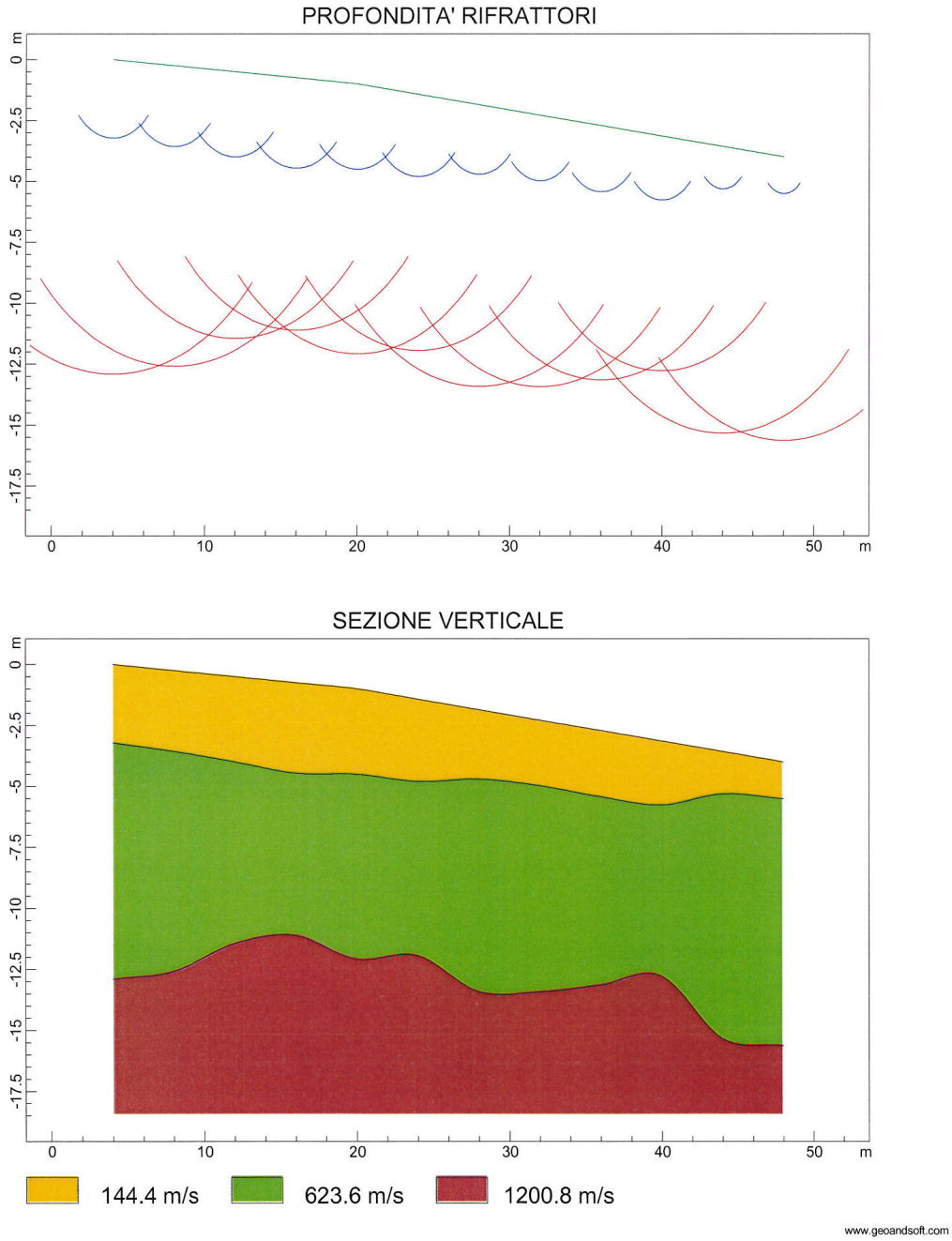
DROMOCRONE TRASLATE



www.geoandsoft.com

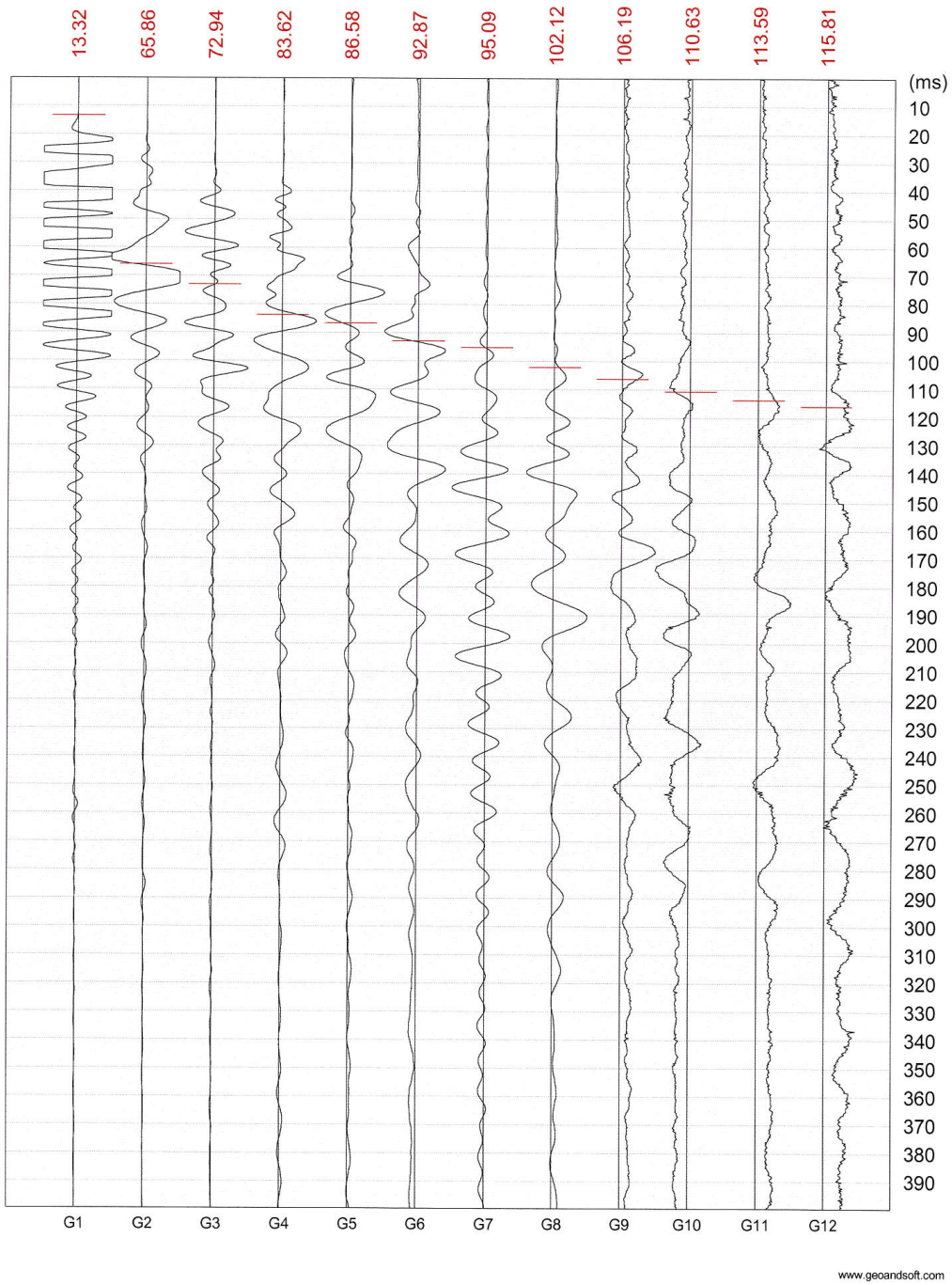
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)



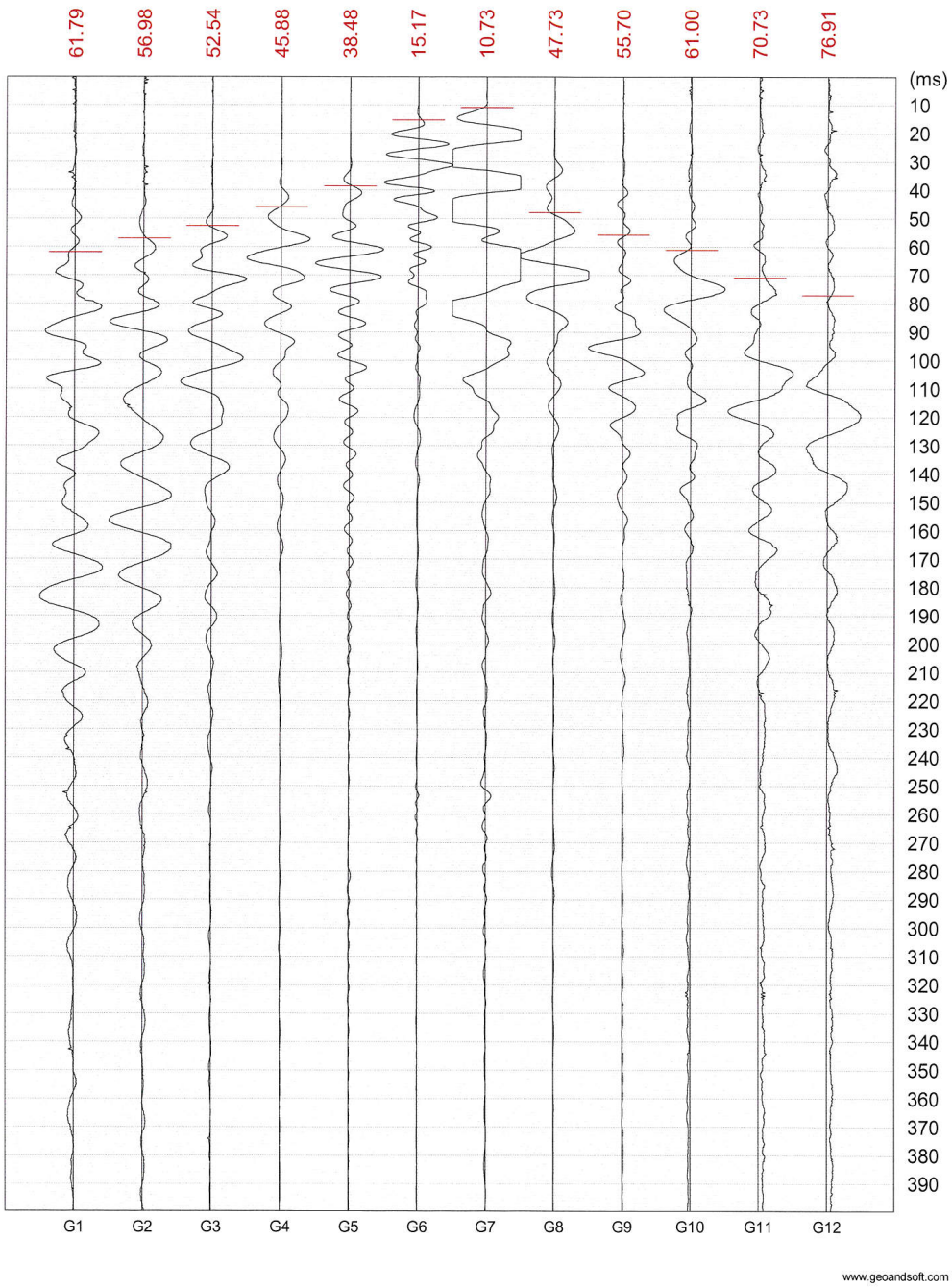
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)



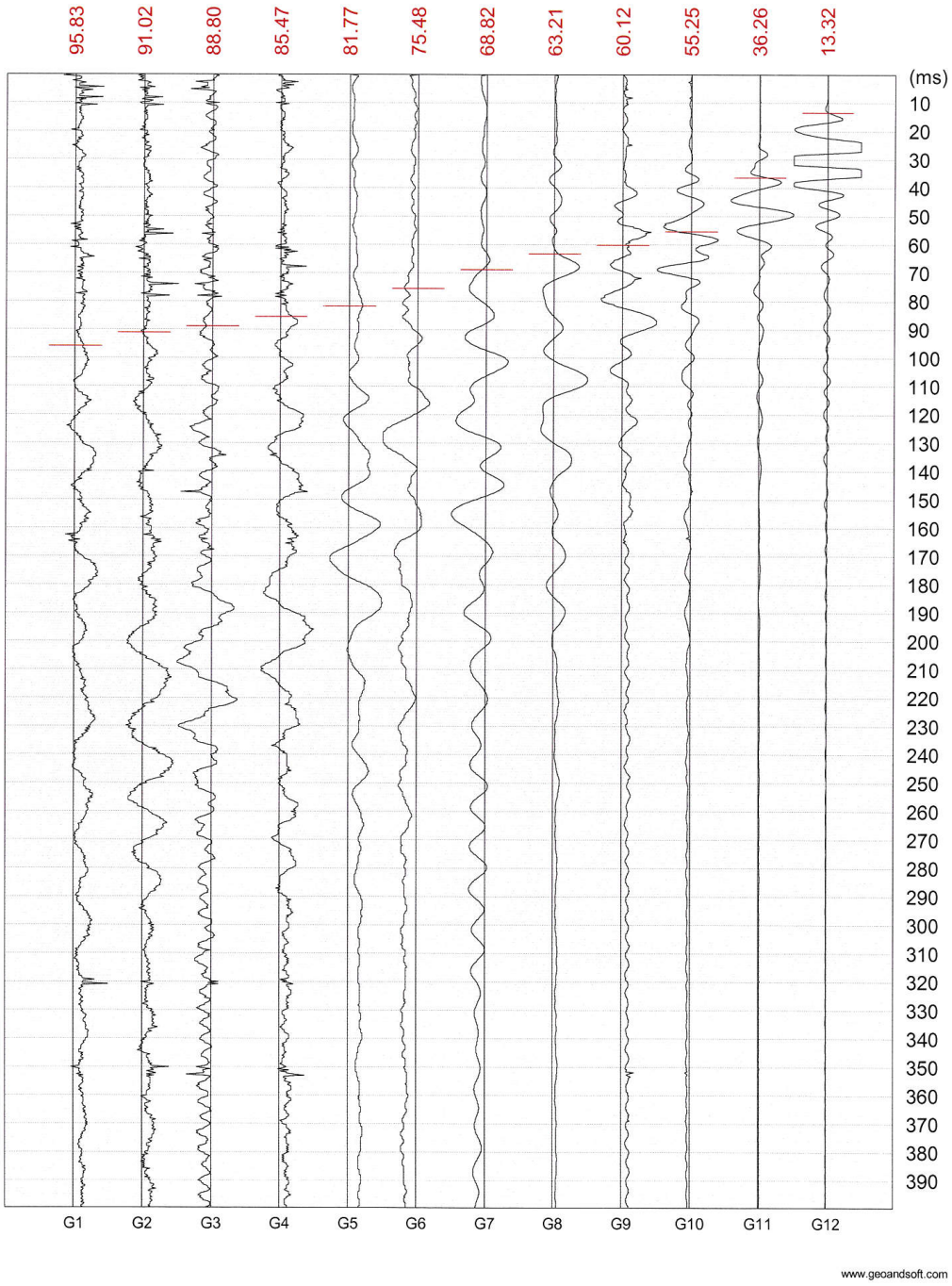
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)



Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

AT3.1 Piano Attuativo Giampierone
Comune di Marliana (PT)



Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Committente ELAIA SpA

Cantiere Comune di Marliana (PT)
AT3.1 - Piano Attuativo in località Giampierone

Data luglio 2016

Prof. liv. 1 (m)	Prof. liv. 2 (m)	Prof. liv. 3 (m)
3,20	12,90	
3,30	12,30	
3,50	10,90	
3,70	10,40	
3,50	11,10	
3,40	10,50	
2,80	11,60	
2,70	11,10	
2,70	10,40	
2,60	9,60	
1,70	11,80	
1,50	11,60	
Valori medi		
2,88	11,18	
Spessori "pesati"		
2,88	8,30	18,82	0,00
Vel. liv. 1 (m/sec)	Vel. liv. 2 (m/sec)	Vel. liv. 3 (m/sec)	Vel. liv. 4 (m/sec)
144,40	623,60	1.200,80	

Vs30 612,90

Nel caso in questione si ritiene che sia possibile inserire il profilo stratigrafico del sottosuolo nella:

Categoria di suolo di fondazione E

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

L'area di intervento appartiene alla Categoria **T2.**

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Parametri sismici sitospecifici

Via n°
Comune Cap
Provincia Cerca

WGS84 (°)
Latitudine 43.949763
Longitudine 10.829809 Cerca

Isole -- Seleziona --

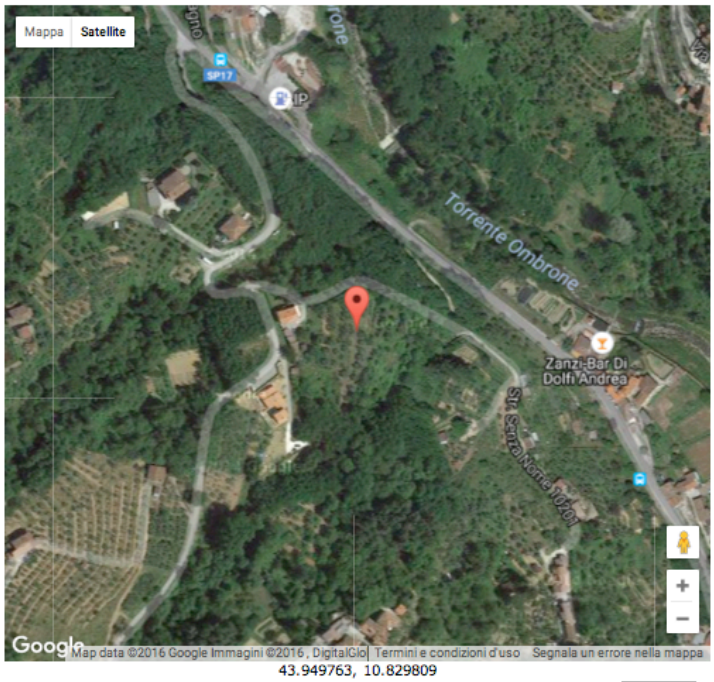
(1)* Coordinate WGS84 (°)
Latitudine 43.949763 Longitudine 10.829809

(1)* Coordinate ED50 (°)
Latitudine 43,950720 Longitudine 10,830804

Classe dell'edificio
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Cu = 1

Vita nominale 50
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50,
Grandi opere >=100)
Interpolazione Media ponderata
Calcola



43.949763, 10.829809

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
(2)* Il file creato con *"Salva file"* può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,052	2,494	0,246
Danno (SLD)	50	0,064	2,502	0,262
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,159	2,402	0,290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,204	2,377	0,298
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Muri di sostegno Paratie
Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) 1
us (m) 0.1

Categoria sottosuolo E
Categoria topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,58	1,47
Cc * Coeff. funz categoria	2,01	1,96	1,89	1,87
St * Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

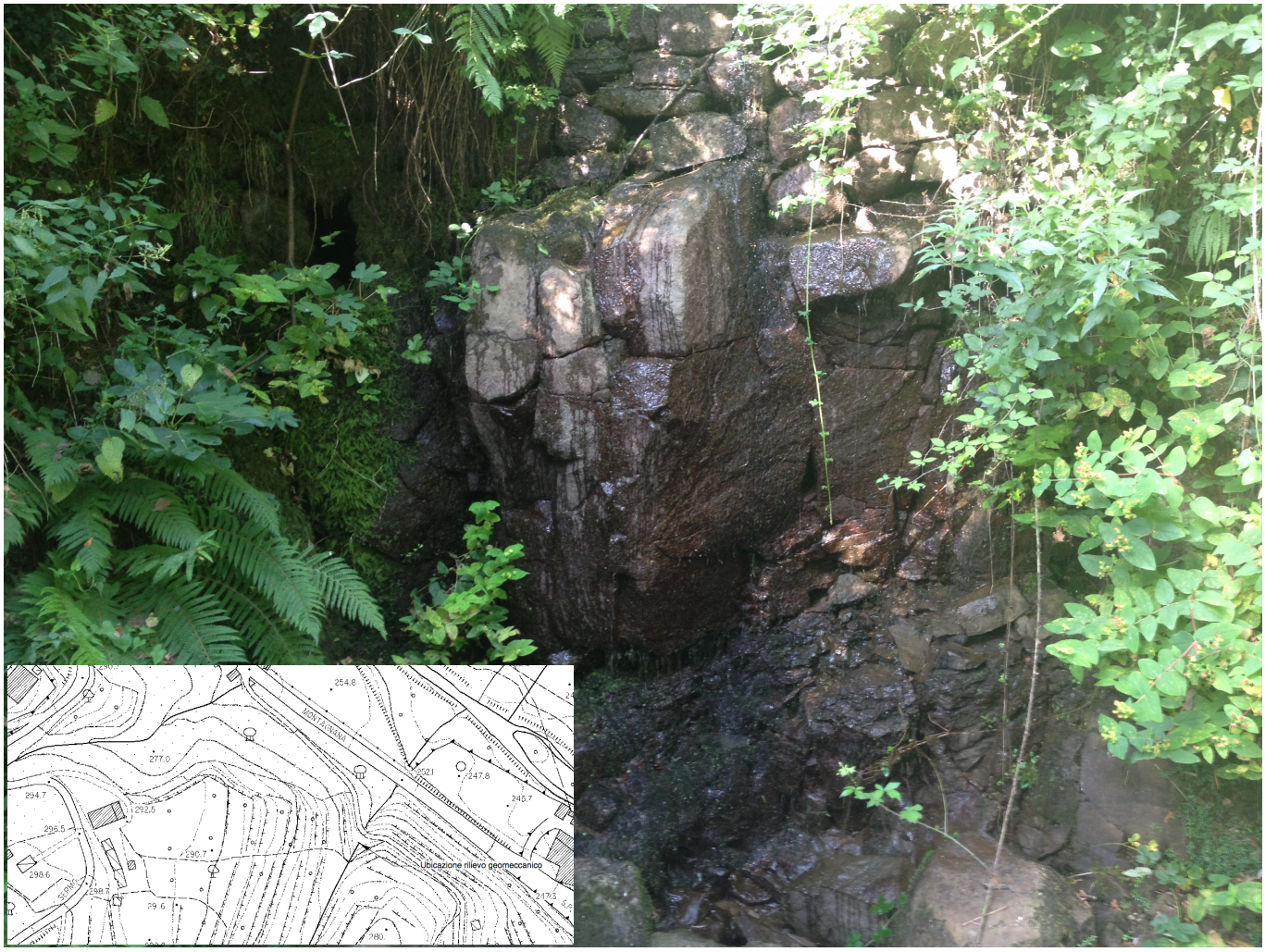
Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,020	0,025	0,072	0,101
kv	0,010	0,012	0,036	0,050
Amax [m/s²]	0,976	1,212	2,958	3,527
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

6. Rilievo geomeccanico

Su un affioramento posto in asse all'impluvio che delimita ad occidente l'area d'intervento si sono eseguite misure sulle superfici di strato e di fratturazione.

Gli strati arenacei (vedi foto) sono interessati da un'intensa fratturazione che conduce ad isolare cunei rocciosi instabili di dimensioni centimetriche. Il rilievo strutturale condotto sull'affioramento lapideo mostra (indicate da un punto marrone nel plot riportato di seguito) l'intersezione tra lineazioni (stratificazione e sistemi di fratturazione) che portano all'instabilità. Si riporta di seguito l'insieme delle misure effettuate, insieme delle intersezioni fra vari sistemi di fratturazione rilevate e il plot relativo ai cinematismi instabili secondo le direttive proposta da Markland (la ciclografica in nero, maggiormente marcata, rappresenta il versante, mentre il cerchio rappresenta l'angolo d'attrito (28°) assunto per i terreni detritici).



=== GeoID project ===

Project name : Giampierone

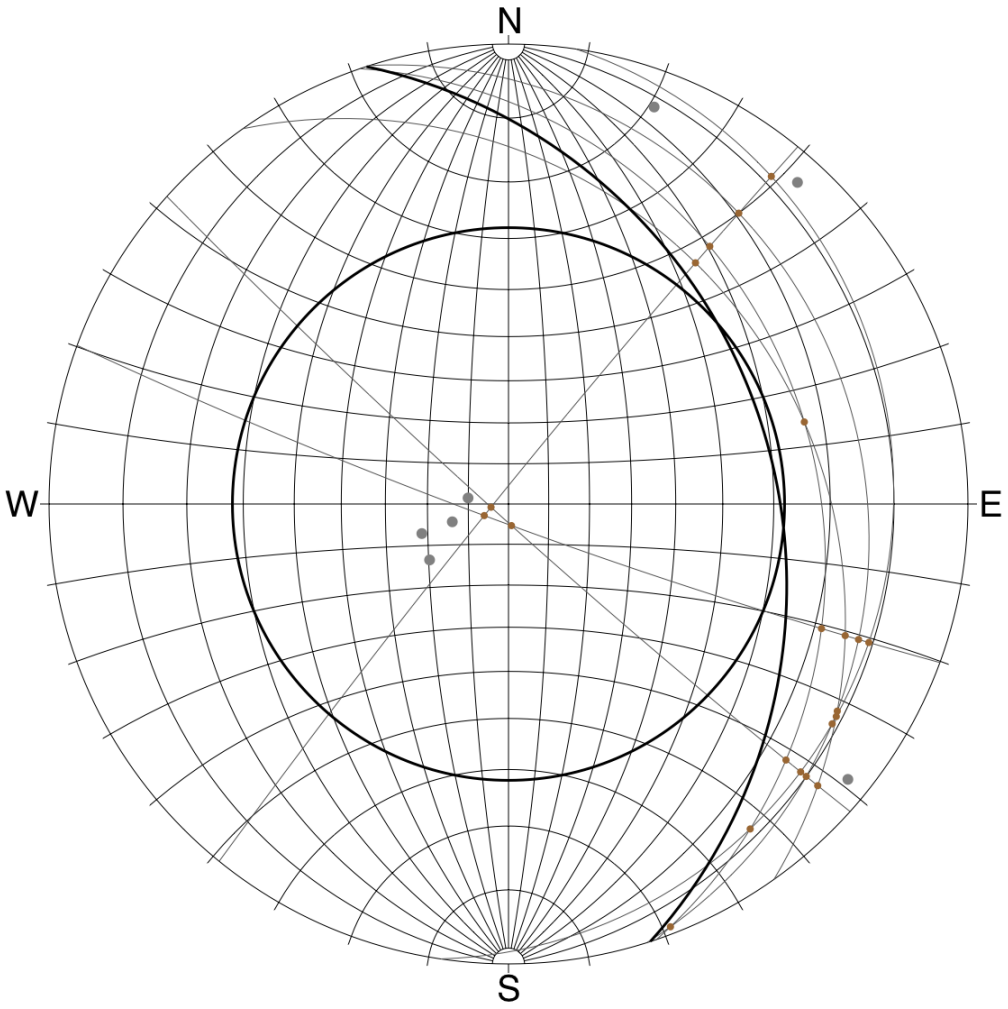
Date : 2016-07-21 09:03:25

Description : Misure di strato e lineazioni

No.	Date & time,	Type,	Direction / Dip,	Latitude,	Longitudine	Description
1,	2016-07-21 09:04:28	Plane,	071 / 22,	43.94976539,	10.83062480,	Strato
2	2016-07-21 09:04:31	Plane,	200 / 85,	43.94977201,	10.83063922,	Fratturazione
3	2016-07-21 09:04:33	Plane,	221 / 86,	43.94977385,	10.83065414,	Fratturazione
4	2016-07-21 09:04:37	Plane,	309 / 87,	43.94976669,	10.83065305,	Fratturazione
5	2016-07-21 09:04:50	Plane,	054 / 23,	43.94956615,	10.83071189,	Strato
6	2016-07-21 09:04:56	Plane,	072 / 14,	43.94950701,	10.83074341,	Strato
7	2016-07-21 09:05:23	Plane,	098 / 10,	43.94938971,	10.83080250,	Strato

Failure analysis result
==========
Analysis type : Wedge failure analysis
Analysis criteria
- Dip of slope : 30
- Dip direction of slope : 72
- Friction angle : 28
• There is no points in the envelope with the criteria above.
==========

List of the intersections
==========
1 : 111.683, 17.5121
2 : 132.666, 11.2034
3 : 38.0251, 19.1615
4 : 74.5186, 22.5048
5 : 159.021, 0.892332
6 : 143.333, 7.24579
7 : 172.155, 84.5672
8 : 244.476, 83.3074
9 : 111.33, 13.6152
10 : 111.145, 11.5095
11 : 111.008, 9.93306
12 : 259.613, 85.5684
13 : 132.302, 5.39898
14 : 132.429, 7.43605
15 : 132.493, 8.45666
16 : 37.8115, 22.8521
17 : 38.4044, 12.2002
18 : 38.7675, 5.17329
19 : 122.181, 9.57163
20 : 122.931, 9.27406
21 : 124.157, 9.1832
==========

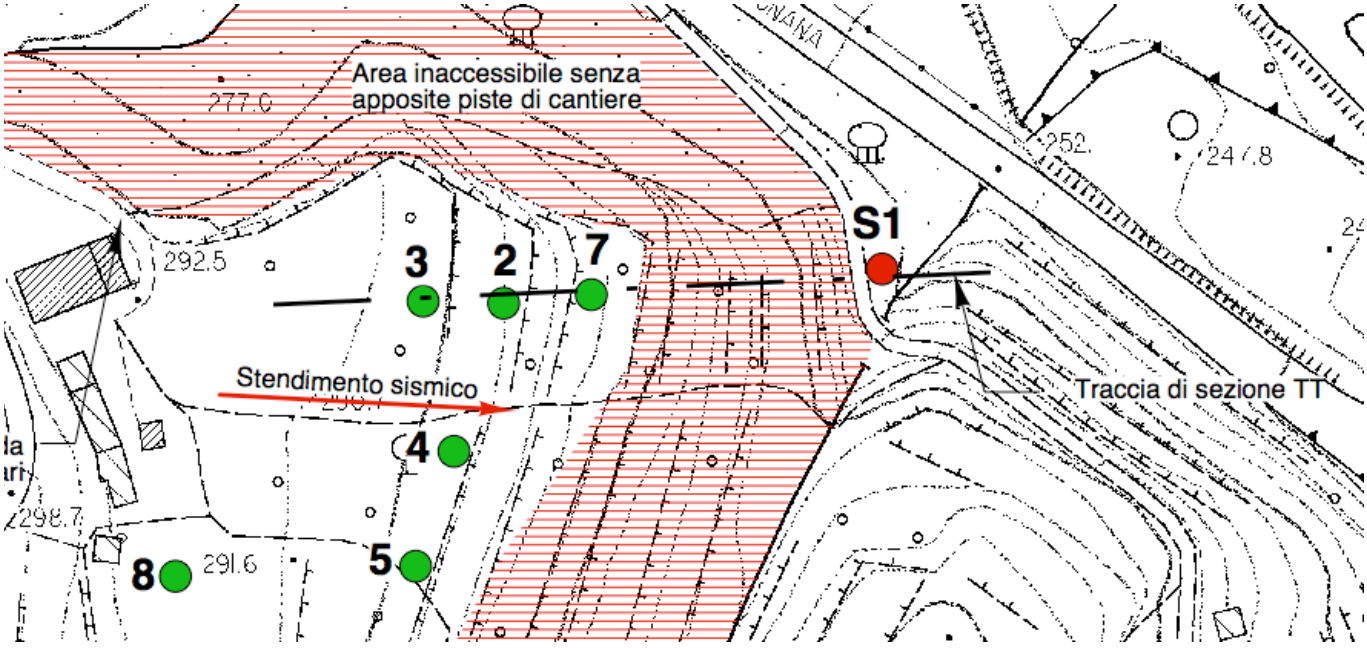


Il rilievo strutturale eseguito non evidenzia la presenza di cinematismi instabili.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

7. Modello litostratigrafico e geotecnico dei terreni di fondazione

Per la parametrizzazione geotecnica dei terreni si è scelto di operare in asse alla sezione TT in quanto su quest'asse si concentrano il maggiore numero di prove geognostiche eseguite e la morfologia appare particolarmente acclive.



Ubicazione della traccia di sezione TT utilizzata per l'interpretazione stratigrafica dei terreni

Le prove penetrometriche coinvolte sono, partendo da monte verso valle, la DPSH 3, DPSH 2, DPSH 7 e, ancora più a valle, il sondaggio 1. Si riportano di seguito le interpretazioni coesivo/granulare dei terreni per ciascuna delle citate prove penetrometriche:

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 2,20	Media	2	1,51	3	18,0	16,1	92	29	0,90	Coes./Gran.	
2	2,20 : 4,20	Media	5	1,51	8	47,4	43,0	134	63	2,37	Coes./Gran.	
3	4,20 : 10,60	Media	9	1,51	14	69,7	61,3	173	99	3,48	Coes./Gran.	

		NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 2,20	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	- - -
2	2,20 : 4,20	8	0,50	1,87	34,98	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	161	- - -
3	4,20 : 10,60	14	0,88	1,95	29,45	0,80	57	41	31	299	1,96	1,53	230	- - -

DPSH 3

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 1,20	Media	2	1,51	3	19,8	18,2	82	29	0,99	Coes./Gran.	
2	1,20 : 5,20	Media	8	1,51	12	71,5	65,3	143	88	3,58	Coes./Gran.	
3	5,20 : 6,00	Media	34	1,51	51	266,5	237,4	224	279	13,33	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 1,20	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	- - -
2	1,20 : 5,20	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	- - -
3	5,20 : 6,00	51	3,19	2,10	20,20	0,55	132	85	41	584	2,15	1,85	556	- - -

DPSH 2

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 3,00	Media	7	1,51	11	73,6	67,6	122	82	3,68	Coes./Gran.	
2	3,00 : 7,40	Media	9	1,51	14	77,8	69,7	162	99	3,89	Coes./Gran.	
3	7,40 : 8,80	Media	4	1,51	6	30,1	27,7	152	50	1,50	Coes./Gran.	
4	8,80 : 11,80	Media	12	1,51	18	77,8	69,8	193	121	3,89	Coes./Gran.	
5	11,80 : 12,80	Media	28	1,51	43	165,7	151,0	253	243	8,29	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 3,00	11	0,69	1,91	32,11	0,87	50	37	30	276	1,94	1,51	196	- - -
2	3,00 : 7,40	14	0,88	1,95	29,45	0,80	57	41	31	299	1,96	1,53	230	- - -
3	7,40 : 8,80	6	0,38	1,85	37,04	1,00	36	22	28	238	1,89	1,43	139	- - -
4	8,80 : 11,80	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	32	330	1,98	1,57	275	- - -
5	11,80 : 12,80	43	2,69	2,10	20,20	0,55	116	78	39	523	2,11	1,79	488	- - -

DPSH 7

La seguente tabella mostra, per ciascuna prova penetrometrica, l'interpretazione della profondità di passaggio tra il livello superficiale (livello 1) e quello interposto al substrato arenaceo/rifiuto strumentale (livello 2) mentre a profondità maggiori s'interpreta la presenza del substrato arenaceo fratturato e/o regolite/substrato (livello 3)

Il sondaggio presenta il passaggio tra terreni detritici e substrato alterato a 1,50 m dal p.c. e a 2,00 m dal p.c. si passa al substrato lapideo fratturato. Una prova SPT eseguita a 1,50 m dal p.c. ha dato rifiuto.

La seguente tabella condensa ulteriormente i dati geognostici dando una parametrizzazione semplificata da utilizzare nelle verifiche di stabilità globale del pendio.

da mt. a mt.	descrizione	Parametri geotecnici γ = *Peso di volume* ϕ = *angolo d'attrito interno* *C'* = *coesione efficace* *Cu* = *Coesione non drenata*
Livello R Da 0.00 a 0,60	Terreno agrario	γ = 17 kN/m^3
Livello 1	Copertura detritica mediamente addensata	γ = 18 kN/m^3 ϕ = 28 ° C' = ?? kN/m^2 Cu = 30 kN/m^2
Livello 2	Copertura detritica addensata	γ = 19 kN/m^3 ϕ = 32 ° C' = ?? kN/m^2 Cu = 50 kN/m^2

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Livello 3	Arenaria Macigno	γ = 20 kN/m^3 ϕ = 35 ° C' = ?? kN/m^2 Cu = 100 kN/m^2

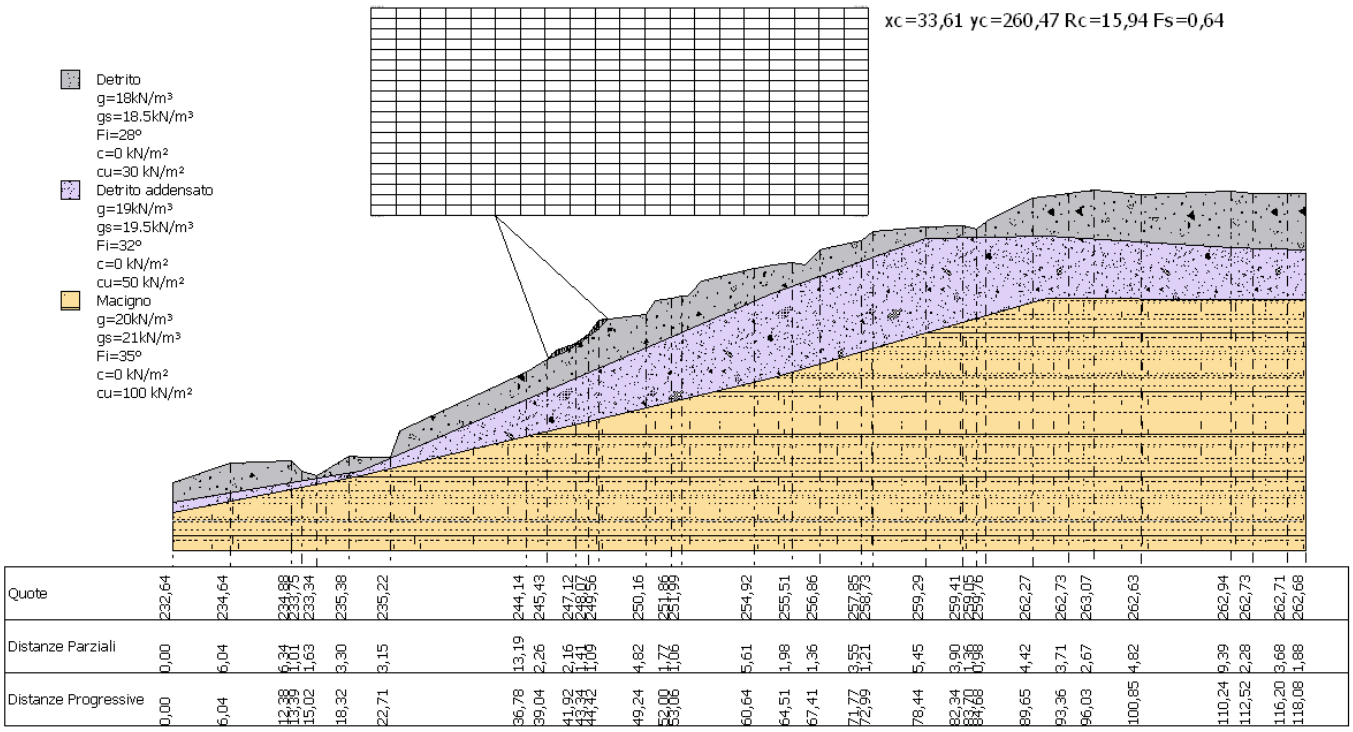
Dalla lettura dei parametri posti all'interno della tabella si nota la presenza del parametro “Coesione efficace” definito con due punti interrogativi ad indicare che, per questo parametro non non abbiamo alcun elemento quantitativo per la sua determinazione.

La coesione efficace corrisponde al contributo offerto, ad esempio come nel caso in esame, alla stabilità di un pendio, in condizioni drenate (lungo termine). La valutazione di questo parametro efficace si può ottenere da prove di laboratorio mediante un taglio lento eseguito su un campione di terreno indisturbato non ottenibile sulle coltri detritiche a granulometria grossolana presenti nel sito in esame. E qualora questo fosse possibile avrebbe una dubbia rappresentatività dell’intero ammasso.

In genere, in mancanza di prove geotecniche specifiche atte alla sua determinazione, si attribuisce a questo parametro il valore di zero operando in condizioni cautelative.

Nel caso in esame ciò non è stato possibile agire in questa maniera, in quanto la condizione (C’=0) appare cautelativa oltre la ragionevolezza delle osservazioni di campagna. Impostando, infatti, una verifica di stabilità globale, in asse alla sezione AA, si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo (Fs=0,80) che rimane pari al valore di (Fs=0,80) in condizioni sismiche senza riduzione dei parametri geotecnici introdotti nelle NTC 2008 e di (Fs=0,64) applicando le riduzione alle caratteristiche geotecniche dei terreni come da normativa vigente.

Si riporta in testo la verifica di stabilità globale condotta in queste ultime condizioni al contorno:



Verifica di stabilità in condizioni sismiche (NTC 2008) in assenza di coesione drenata (C’=0)

Considerato che sul versante oggetto d’analisi non si sono rinvenute forme che facciano presupporre la presenza di fenomeni franosi in atto e sul quale nessuna carta tematica, dal CARG alle varie carte allegate agli SU Comunali, indicano la presenza di fenomeni franosi in atto e/o quiescenti si può ragionevolmente dedurre che vi sia un contributo geotecnico atto a favorirne la stabilità.

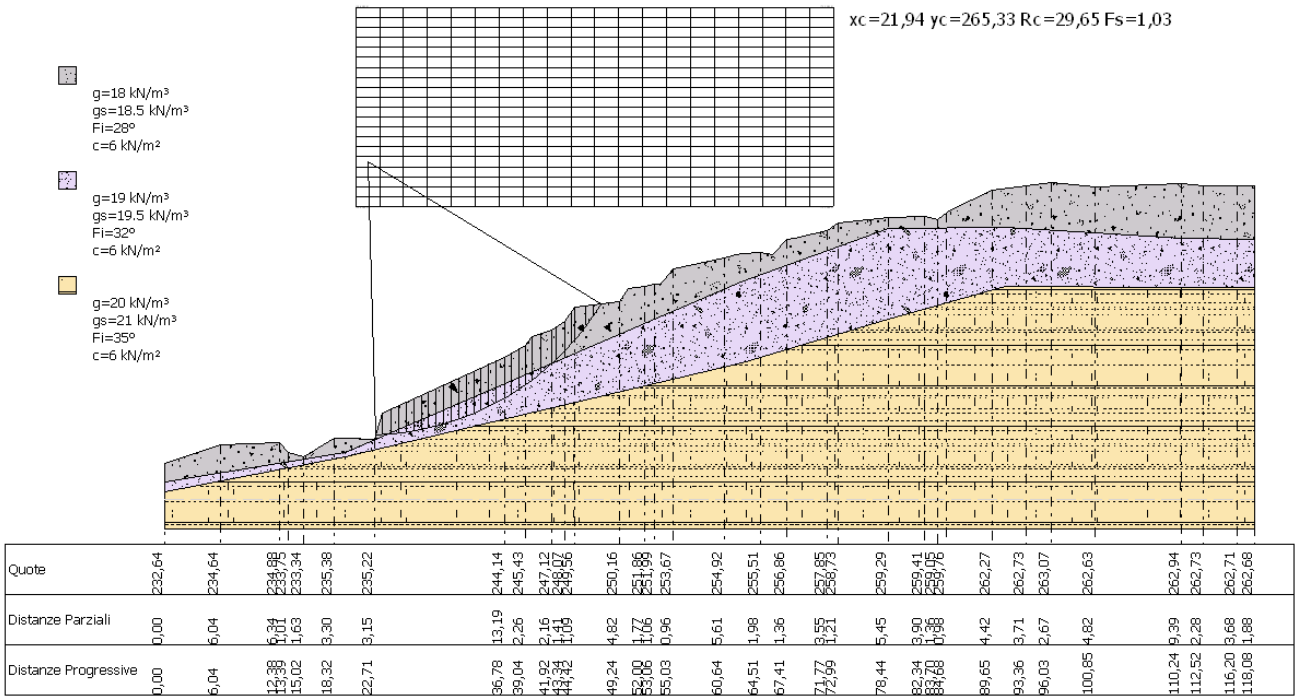
Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Dato che l'angolo d'attrito viene valutato efficacemente mediante le prove penetrometriche non resta che pensare d'introdurre un valore diverso da zero alla coesione efficace al fine di rappresentare in maniera oggettiva lo stato di stabilità del versante studiato alle condizioni attuali.

Ciò detto si è proceduto a ritroso introducendo il valore di coesione efficace appena sufficiente per mantenere in condizioni d'equilibrio il versante (nel condizioni sismiche descritte dalle NTC 2008). Tale valore corrisponde a:

C'= 6 kN/m² - 0,061 kg/cm²;

La verifica di stabilità globale con l'introduzione della descritta coesione conduce a valore minimo cercato pari a **(Fs=1,03)** - valore depurato del coefficiente di sicurezza pari a 1,1.



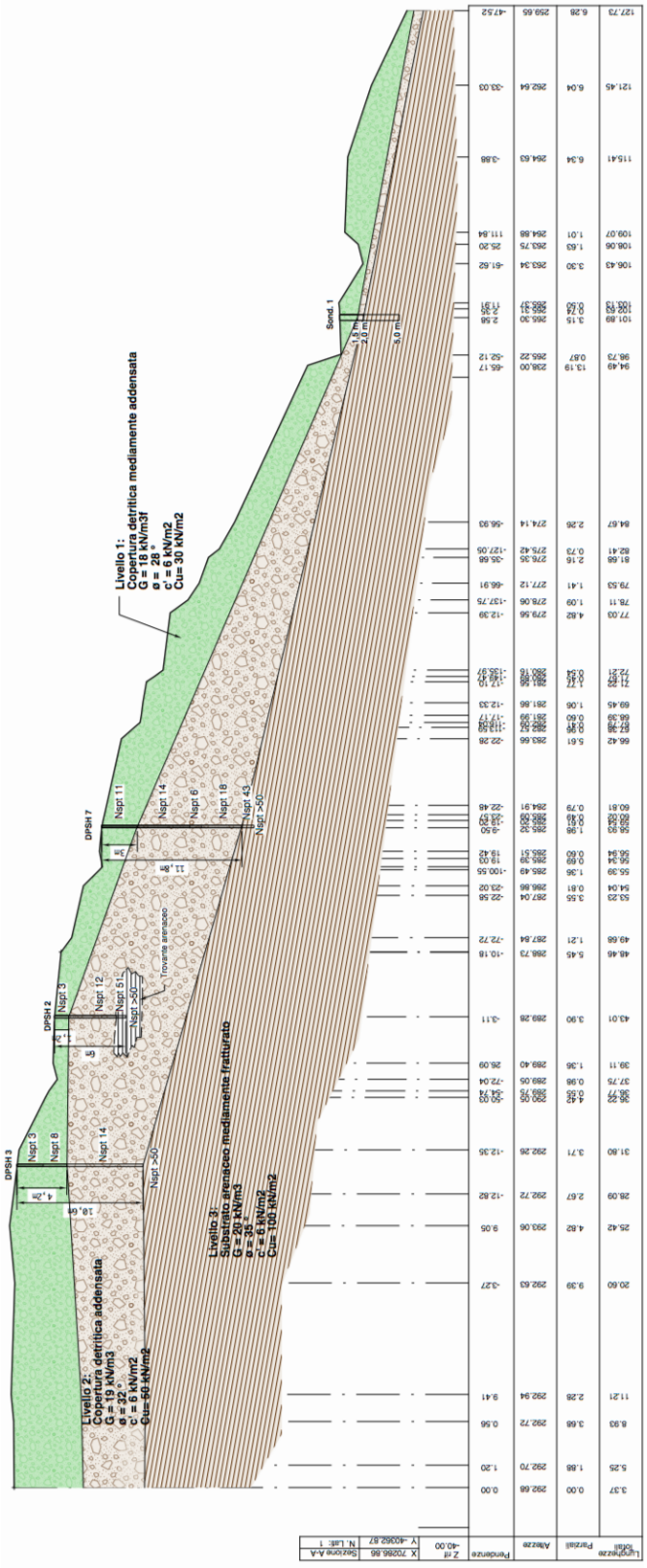
Verifica di stabilità in condizioni sismiche (NTC 2008) in presenza di coesione drenata (C'= 6 kN/m²)

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

I parametri geotecnici **caratteristici** da utilizzare nei calcoli geotecnici sono quindi:

da mt. a mt.	descrizione	Parametri geotecnici γ = *Peso di volume* ϕ = *angolo d'attrito interno* *C'* = *coesione efficace* *Cu* = *Coesione non drenata*
Livello R Da 0.00 a 0,60	Terreno agrario	γ = 17 kN/m^3
Livello 1	Copertura detritica mediamente addensata	γ = 18 kN/m^3 ϕ = 28 ° C' = 6 kN/m^2 Cu = 30 kN/m^2
Livello 2	Copertura detritica addensata	γ = 19 kN/m^3 ϕ = 32 ° C' = 6 kN/m^2 Cu = 50 kN/m^2
Livello 3	Arenaria Macigno	γ = 20 kN/m^3 ϕ = 35 ° C' = 6 kN/m^2 Cu = 100 kN/m^2

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*



Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

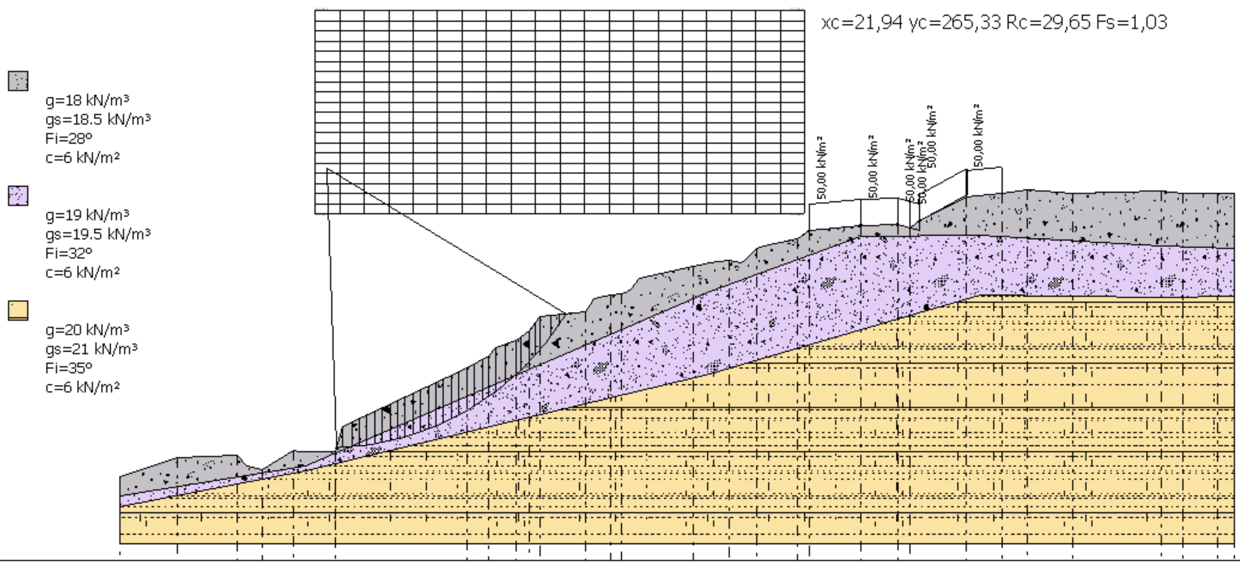
7.1.Considerazioni circa la posizione del substrato

In questo paragrafo ci preme sottolineare quali sono stati i limiti della campagna geognostica eseguita e i risultati ottenuti. L'esecuzione di una campagne geognostiche mediante l'utilizzo di prove penetrometriche dinamiche non ha assicurato, come detto, l'individuazione esatta del substrato lapideo ma, tuttavia, ha permesso di valutare lo spessore di ciò che **certamente** è detritico. Le verifiche di stabilità condotte, essendo i terreni presenti nel sito in esame a comportamento prevalentemente attritivo, conducono a superfici critiche prossime al piano campagna e, quindi, certamente all'interno della coltre detritica individuata dalle indagini geognostiche. Appare, pertanto, poco significativo, in termini di stabilità globale, stabilire se il rifiuto strumentale del penetrometro l'abbiamo ottenuto a contatto con l'arenaria o con un trovante essendo comunque la porzione critica del versante molto più superficiale.

Nell'ottica di agire in condizioni di massima cautela abbiamo ipotizzato che la DPSH 2 si sia arrestata su un trovante con la conseguenza di abbassare il contatto con il substrato e, quindi, aumentare, a sfavore di sicurezza, lo spessore del corpo detritico.

8. Verifiche di stabilità in condizioni di progetto

La condizione di stabilità allo stato attuale è stata, di fatto, valutata nei capitoli precedenti per definire le condizioni stratigrafiche del sito. Si passa, quindi, alla valutazione della stabilità del pendio partendo, ancora dalla sezione AA inserendo la geometria di progetto e simulando la presenza dei fabbricati mediante un sovraccarico di 50 kN/m^2 applicato, cautelativamente, in corrispondenza del piano campagna. La cautela consiste nel fatto che applicando il carico su piano campagna si trascura la profondità del piano di fondazione ed, eventualmente, lo scarico indotto da scavi.



Quote	232,64	234,64	234,88	233,34	235,38	235,22	244,14	245,43	247,12	248,07	249,56	250,16	251,86	251,99	254,92
Distanze Parziali	0,00	6,04	6,34	1,63	3,30	3,15	13,19	2,26	2,16	1,41	1,09	4,82	1,77	1,06	5,61
Distanze Progressive	0,00	6,04	12,38	15,02	18,32	22,71	36,78	39,04	41,92	43,34	44,42	49,24	52,00	53,06	60,64

Quote	255,51	256,86	257,85	258,73	259,29	259,41	259,05	262,27	262,73	263,07	262,63	262,94	262,73	262,71	262,68
Distanze Parziali	1,98	1,36	3,55	1,21	5,45	3,90	1,36	4,42	3,71	2,67	4,82	9,39	2,28	3,68	1,88
Distanze Progressive	64,51	67,41	71,77	72,99	78,44	82,34	83,70	89,65	93,36	96,03	100,85	110,24	112,52	116,20	118,08

Condizione di progetto

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

9. Relazione di calcolo

9.1.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.

9.2.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:

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.

In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

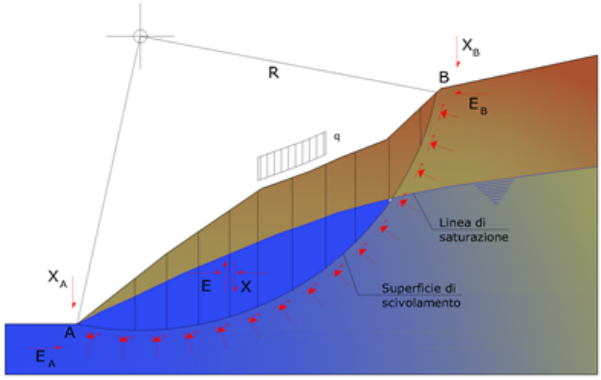
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τf), 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.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*



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 Ni agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio Ti;
- (n-1) forze normali Ei agenti sull'interfaccia dei conci;
- (n-1) forze tangenziali Xi agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle Ei;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle Xi;
- 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 Ni sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

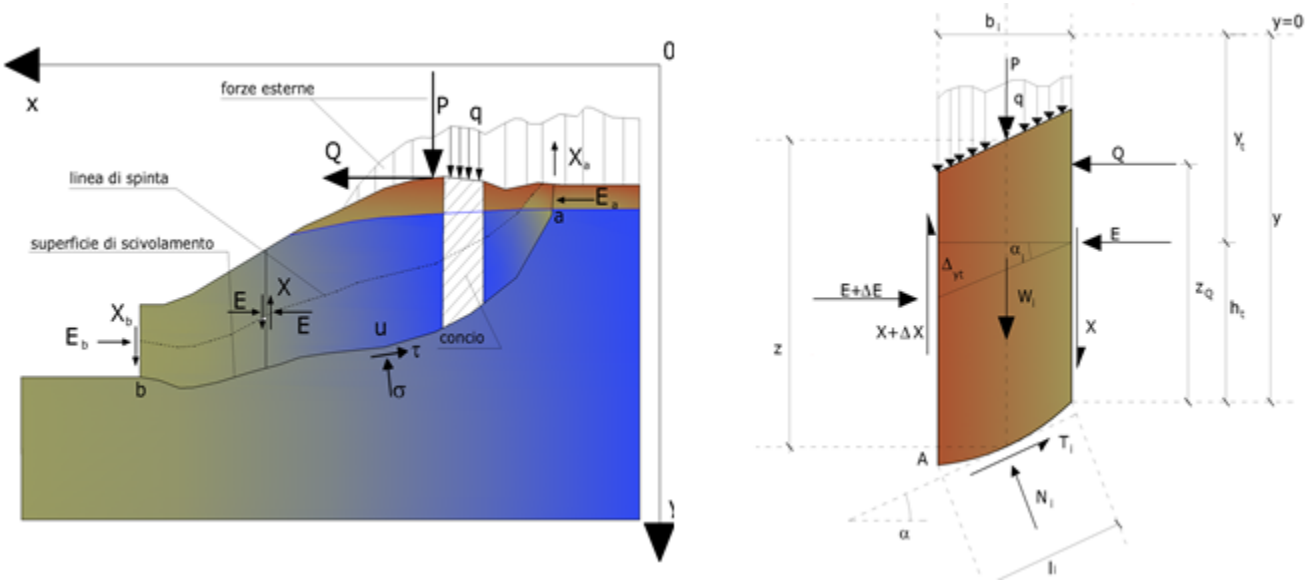
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\acute{O} W_i \times \tan \acute{a}_i}$$



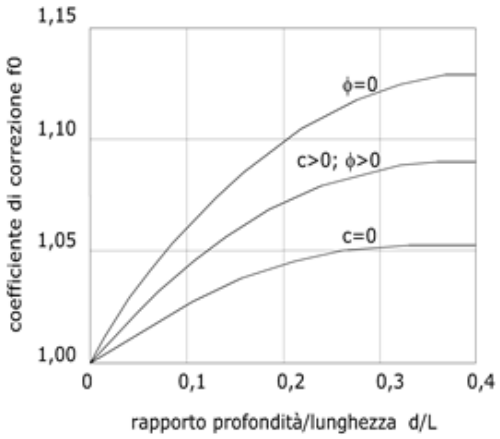
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

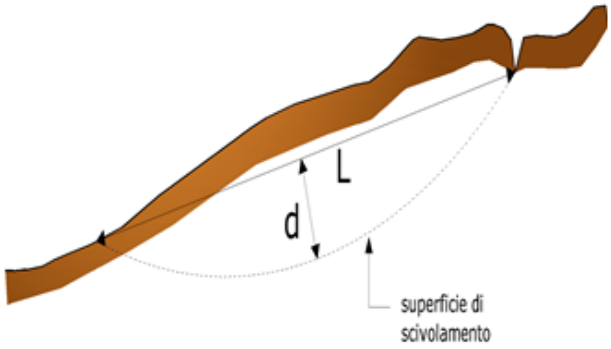
Assumendo ΔXi = 0 si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{corretto} = f_0 \times F$$

dove f0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*





9.3. 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:

FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

- W peso concio;
- Kx coefficiente sismico orizzontale;
- Ky coefficiente sismico verticale.

9.4. 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×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

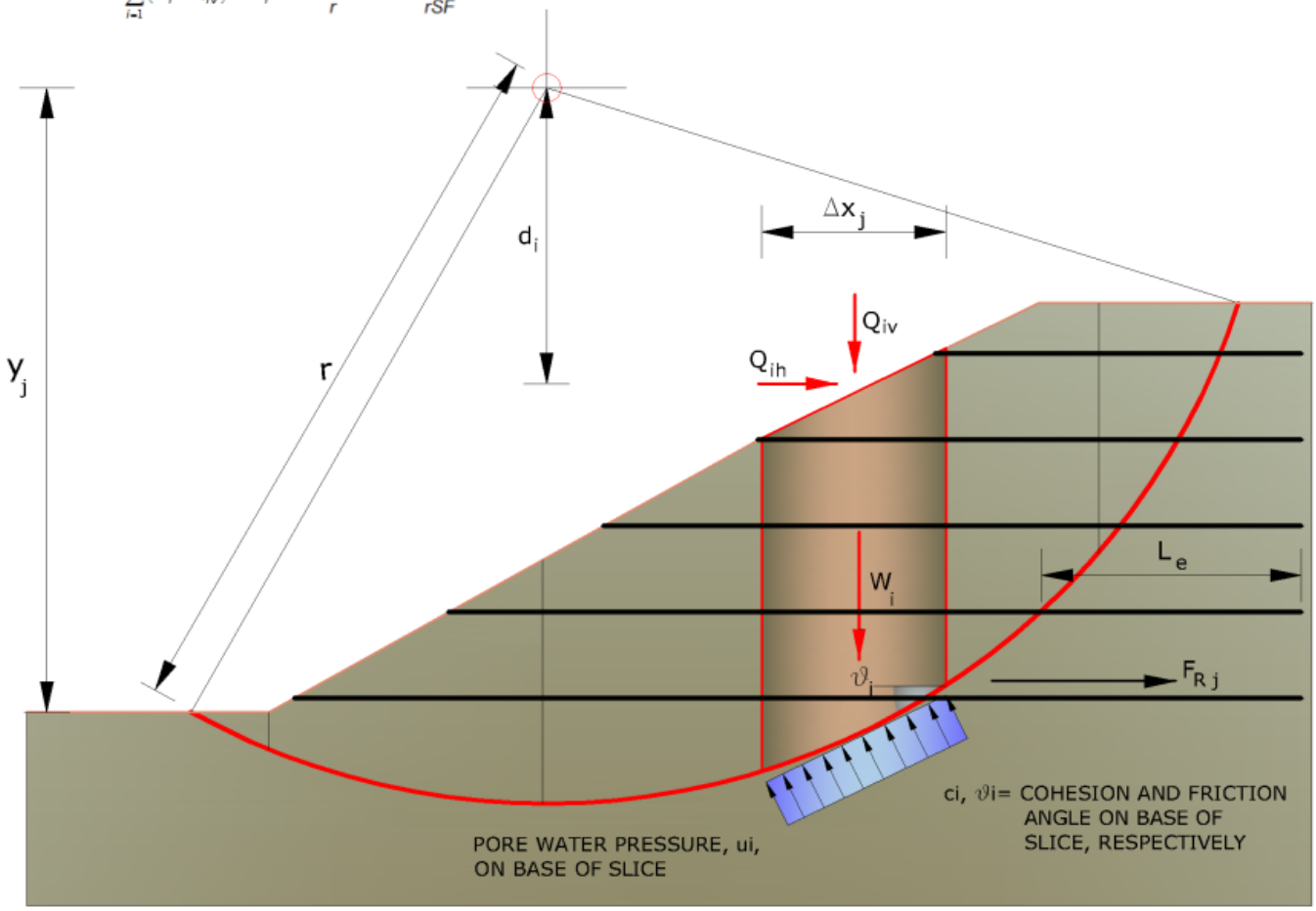
9.5.Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.

+

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{c_i \Delta x_i + (W_i + Q_{iv} - u_i \Delta x_i) \tan \phi_i}{\cos \theta_i + (\sin \theta_i \tan \phi_i)/SF}\right]}{\sum_{i=1}^{n}(W_i + Q_{iv}) \sin \theta_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Q_{ih} d_i\right)}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^{m} F_{Rj} y_j\right)}{rSF}}$$



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (Pullout). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, TAllow, si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L' altro parametro è la resistenza a sfilamento (Pullout) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \times Le \times \sigma'_v \times f_b \times \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

dove:

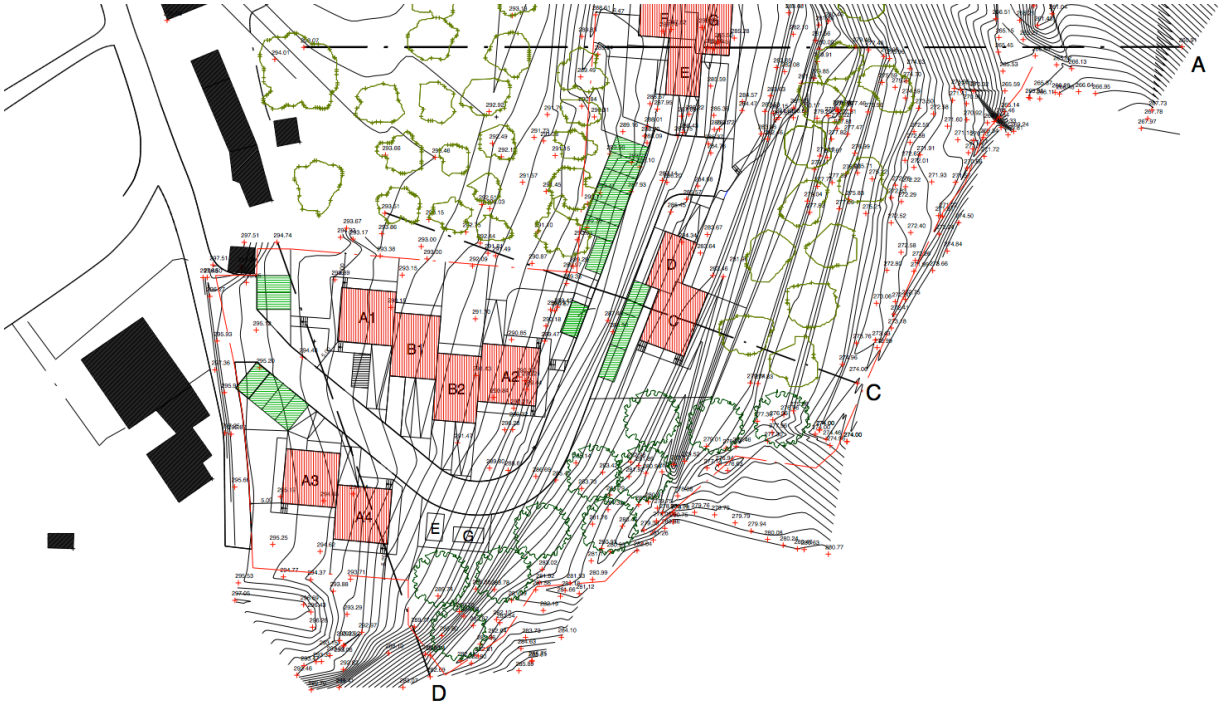
δ	Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;
TPullout	Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza Le all'interno della parte stabile del terreno;
Le	Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
fb	Coefficiente di Pullout;
σ'v	Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra TAllow e TPullout, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T'.

9.6.Analisi di stabilità dei pendii

Nel presente capitolo si analizza la stabilità del versante in condizioni attuali e di progetto lungo tre sezioni ritenute maggiormente significative. La tipologia costruttiva e, quindi, le geometrie delle strutture di fondazione saranno definite in condizioni progettuali esecutive. Le presenti verifiche considerano, nello stato di progetto, i fabbricati come sovraccarichi applicati sul piano campagna (condizione maggiormente gravosa) e trascurando, in favore di sicurezza, gli eventuali “scarichi” delle azioni sul versante dovuti alle operazioni di scavo.

La sezione AA è la sola in cui abbiamo ricostruito la posizione degli strati individuati dalla campagna geognostica. Per le altre sezioni abbiamo eseguito la verifica con un modello geologico semplificato eliminando, cautelativamente, la possibile interferenza, delle geometrie di possibile scivolamento verificate con li substrato lapideo. Analizzando, quindi il versante come fosse un monostrato detritico addensato (livello 2)



Tracce di sezione AA, CC e DD oggetto di verifica di stabilità globale del pendio condizioni attuali e di progetto

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE AA- STATO ATTUALE

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	**Condizione drenata**
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	20,65 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	260,47 m
Ascissa vertice destro superiore xs	72,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	282,04 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,072
Coefficiente azione sismica verticale	0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	232,64
2	6,04	234,64
3	12,38	234,88
4	13,39	233,75

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

5	15,02	233,34
6	18,32	235,38
7	18,82	235,32
8	19,56	235,3
9	22,71	235,22
10	23,59	238,0
11	36,78	244,14
12	39,04	245,43
13	39,77	246,35
14	41,92	247,12
15	43,34	248,07
16	44,42	249,56
17	49,24	250,16
18	49,78	250,89
19	50,23	251,56
20	52,0	251,86
21	53,06	251,99
22	53,66	252,1
23	54,07	252,58
24	55,03	253,67
25	60,64	254,92
26	61,43	255,09
27	61,91	255,21
28	62,52	255,33
29	64,51	255,51
30	65,11	255,4
31	65,81	255,26
32	66,06	255,5
33	67,41	256,86
34	68,22	257,05
35	71,77	257,85
36	72,99	258,73
37	78,44	259,29
38	82,34	259,41
39	83,7	259,05
40	84,68	259,76
41	85,23	260,06

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

42	89,65	262,27
43	93,36	262,73
44	96,03	263,07
45	100,85	262,63
46	110,24	262,94
47	112,52	262,73
48	116,2	262,71
49	118,08	262,68

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	230,59
2	19,56	233,8
3	62,43	252,32
4	78,44	258,08
5	91,05	258,25
6	110,27	257,05
7	118,08	256,86

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	229,49
2	19,56	233,3
3	62,49	243,52
4	78,44	248,21
5	91,07	251,85
6	110,24	251,67
7	118,08	251,71

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

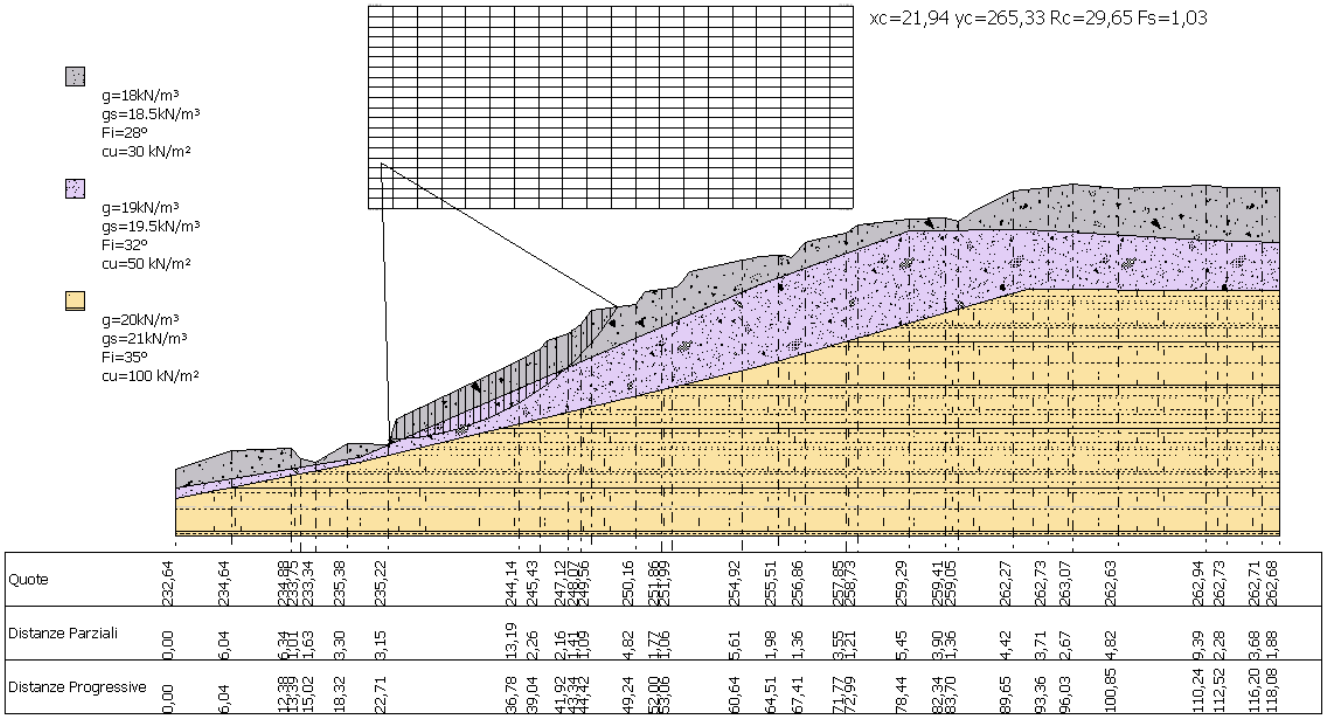
Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	28	18	18.5	Detrito

2	6	50	32	19	19.5	Detrito addensato
3	6	100	35	20	21	Macigno

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,03
Ascissa centro superficie	21,94 m
Ordinata centro superficie	265,33 m
Raggio superficie	29,65 m



xc = 21,943 yc = 265,325 Rc = 29,646 Fs=1,029

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,73	2,5	0,73	14,88	1,07	0,54	4,8	23,0	0,0	14,5	10,2
2	0,9	4,1	0,9	39,84	2,87	1,43	4,8	23,0	0,0	38,4	22,0
3	0,81	5,7	0,82	40,96	2,95	1,47	4,8	26,6	0,0	38,7	24,8
4	0,81	7,3	0,82	45,36	3,27	1,63	4,8	26,6	0,0	42,3	26,8
5	0,81	8,9	0,82	49,4	3,56	1,78	4,8	26,6	0,0	45,6	28,7
6	0,81	10,5	0,83	53,09	3,82	1,91	4,8	26,6	0,0	48,5	30,4
7	0,81	12,1	0,83	56,41	4,06	2,03	4,8	26,6	0,0	51,0	32,0
8	0,81	13,7	0,84	59,37	4,27	2,14	4,8	26,6	0,0	53,2	33,4
9	0,81	15,3	0,84	61,94	4,46	2,23	4,8	26,6	0,0	55,1	34,7
10	0,81	17,0	0,85	64,14	4,62	2,31	4,8	26,6	0,0	56,6	35,9

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

11	0,81	18,6	0,86	65,94	4,75	2,37	4,8	26,6	0,0	57,8	36,9
12	0,81	20,3	0,87	67,33	4,85	2,42	4,8	26,6	0,0	58,7	37,8
13	0,81	22,0	0,88	68,3	4,92	2,46	4,8	26,6	0,0	59,2	38,6
14	0,81	23,7	0,89	68,85	4,96	2,48	4,8	26,6	0,0	59,4	39,3
15	0,81	25,4	0,9	68,94	4,96	2,48	4,8	26,6	0,0	59,2	39,8
16	0,81	27,2	0,91	68,56	4,94	2,47	4,8	26,6	0,0	58,7	40,2
17	0,9	29,0	1,03	74,95	5,4	2,7	4,8	26,6	0,0	64,0	44,8
18	0,73	30,9	0,85	59,56	4,29	2,14	4,8	26,6	0,0	50,7	36,3
19	0,81	32,6	0,97	66,11	4,76	2,38	4,8	26,6	0,0	56,3	41,2
20	0,72	34,4	0,87	57,27	4,12	2,06	4,8	26,6	0,0	48,7	36,6
21	0,73	36,1	0,9	59,89	4,31	2,16	4,8	26,6	0,0	51,1	39,1
22	1,0	38,2	1,27	81,63	5,88	2,94	4,8	26,6	0,0	69,7	55,2
23	1,16	40,9	1,54	84,14	6,06	3,03	4,8	26,6	0,0	71,7	60,6
24	0,46	43,0	0,64	30,44	2,19	1,1	4,8	23,0	0,0	27,2	21,2
25	0,95	44,9	1,34	58,57	4,22	2,11	4,8	23,0	0,0	52,4	43,0
26	0,68	47,2	1,0	41,16	2,96	1,48	4,8	23,0	0,0	37,0	32,0
27	0,41	48,7	0,62	25,85	1,86	0,93	4,8	23,0	0,0	23,5	20,8
28	1,22	51,2	1,94	63,78	4,59	2,3	4,8	23,0	0,0	57,3	57,0
29	0,81	54,4	1,4	24,83	1,79	0,89	4,8	23,0	0,0	20,1	27,8
30	0,81	57,2	1,5	8,77	0,63	0,32	4,8	23,0	0,0	2,5	16,3

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE AA- STATO DI PROGETTO

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	20,65 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	260,47 m
Ascissa vertice destro superiore xs	72,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	282,04 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

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:	E

Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,072
Coefficiente azione sismica verticale 0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	232,64
2	6,04	234,64
3	12,38	234,88
4	13,39	233,75
5	15,02	233,34
6	18,32	235,38
7	18,82	235,32
8	19,56	235,3
9	22,71	235,22
10	23,59	238,0
11	36,78	244,14
12	39,04	245,43
13	39,77	246,35
14	41,92	247,12
15	43,34	248,07
16	44,42	249,56
17	49,24	250,16

18	49,78	250,89
19	50,23	251,56
20	52,0	251,86
21	53,06	251,99
22	53,66	252,1
23	54,07	252,58
24	55,03	253,67
25	60,64	254,92
26	61,43	255,09
27	61,91	255,21
28	62,52	255,33
29	64,51	255,51
30	65,11	255,4
31	65,81	255,26
32	66,06	255,5
33	67,41	256,86
34	68,22	257,05
35	71,77	257,85
36	72,99	258,73
37	78,44	259,29
38	82,34	259,41
39	83,7	259,05
40	84,68	259,76
41	85,23	260,06
42	89,65	262,27
43	93,36	262,73
44	96,03	263,07
45	100,85	262,63
46	110,24	262,94
47	112,52	262,73
48	116,2	262,71
49	118,08	262,68

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	230,59
2	19,56	233,8
3	62,43	252,32

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

4	78,44	258,08
5	91,05	258,25
6	110,27	257,05
7	118,08	256,86

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	229,49
2	19,56	233,3
3	62,49	243,52
4	78,44	248,21
5	91,07	251,85
6	110,24	251,67
7	118,08	251,71

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

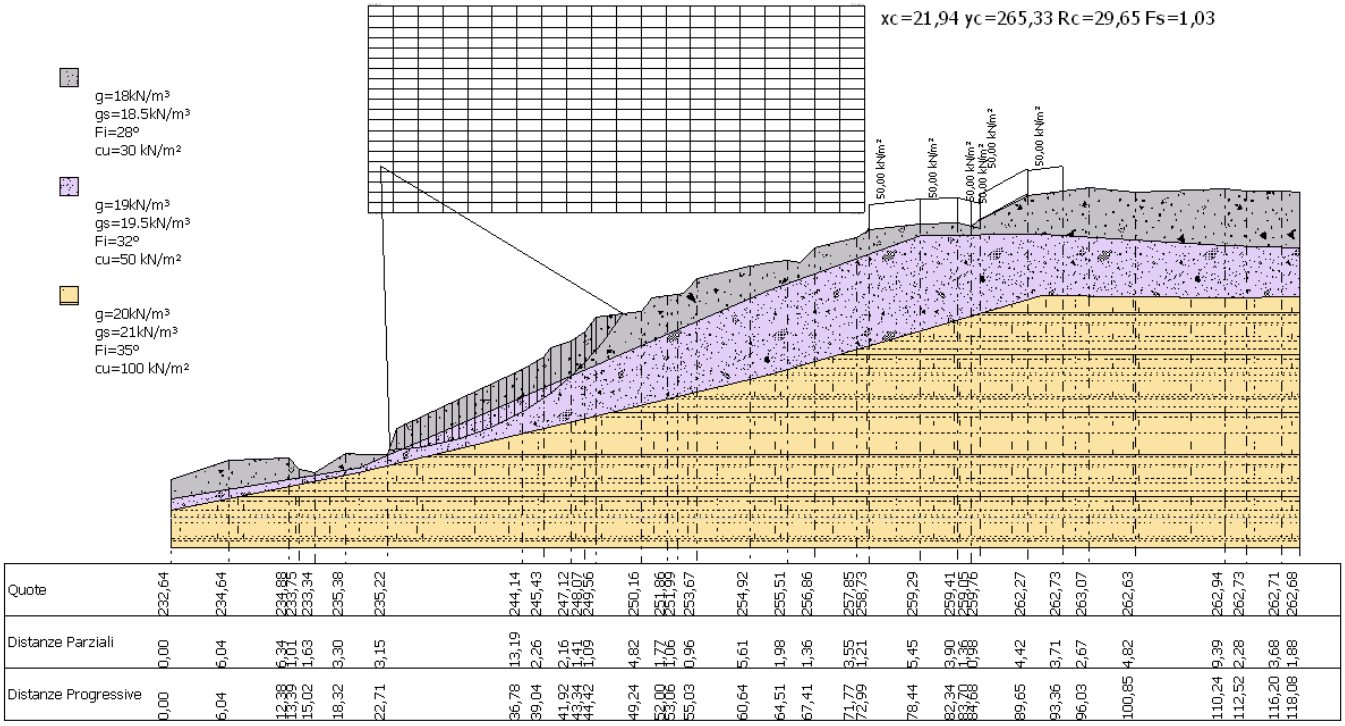
Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	28	18	18.5	Detrito
2	6	50	32	19	19.5	Detrito addensato
3	6	100	35	20	21	Macigno

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	72,99	258,73	78,43999	259,285	50
2	78,44	259,29	82,34	259,4113	50
3	82,34	259,41	83,7	259,0552	50
4	83,7	259,05	84,68	258,7943	50
5	84,68	259,76	89,68	262,4974	50
6	89,65	262,27	93,36	262,7284	50

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,03
Ascissa centro superficie	21,94 m
Ordinata centro superficie	265,33 m
Raggio superficie	29,65 m



xc = 21,943 yc = 265,325 Rc = 29,646 Fs=1,029

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,73	2,5	0,73	14,88	1,07	0,54	4,8	23,0	0,0	14,5	10,2
2	0,9	4,1	0,9	39,84	2,87	1,43	4,8	23,0	0,0	38,4	22,0
3	0,81	5,7	0,82	40,96	2,95	1,47	4,8	26,6	0,0	38,7	24,8
4	0,81	7,3	0,82	45,36	3,27	1,63	4,8	26,6	0,0	42,3	26,8
5	0,81	8,9	0,82	49,4	3,56	1,78	4,8	26,6	0,0	45,6	28,7
6	0,81	10,5	0,83	53,09	3,82	1,91	4,8	26,6	0,0	48,5	30,4
7	0,81	12,1	0,83	56,41	4,06	2,03	4,8	26,6	0,0	51,0	32,0
8	0,81	13,7	0,84	59,37	4,27	2,14	4,8	26,6	0,0	53,2	33,4
9	0,81	15,3	0,84	61,94	4,46	2,23	4,8	26,6	0,0	55,1	34,7
10	0,81	17,0	0,85	64,14	4,62	2,31	4,8	26,6	0,0	56,6	35,9

11	0,81	18,6	0,86	65,94	4,75	2,37	4,8	26,6	0,0	57,8	36,9
12	0,81	20,3	0,87	67,33	4,85	2,42	4,8	26,6	0,0	58,7	37,8
13	0,81	22,0	0,88	68,3	4,92	2,46	4,8	26,6	0,0	59,2	38,6
14	0,81	23,7	0,89	68,85	4,96	2,48	4,8	26,6	0,0	59,4	39,3
15	0,81	25,4	0,9	68,94	4,96	2,48	4,8	26,6	0,0	59,2	39,8
16	0,81	27,2	0,91	68,56	4,94	2,47	4,8	26,6	0,0	58,7	40,2
17	0,9	29,0	1,03	74,95	5,4	2,7	4,8	26,6	0,0	64,0	44,8
18	0,73	30,9	0,85	59,56	4,29	2,14	4,8	26,6	0,0	50,7	36,3
19	0,81	32,6	0,97	66,11	4,76	2,38	4,8	26,6	0,0	56,3	41,2
20	0,72	34,4	0,87	57,27	4,12	2,06	4,8	26,6	0,0	48,7	36,6
21	0,73	36,1	0,9	59,89	4,31	2,16	4,8	26,6	0,0	51,1	39,1
22	1,0	38,2	1,27	81,63	5,88	2,94	4,8	26,6	0,0	69,7	55,2
23	1,16	40,9	1,54	84,14	6,06	3,03	4,8	26,6	0,0	71,7	60,6
24	0,46	43,0	0,64	30,44	2,19	1,1	4,8	23,0	0,0	27,2	21,2
25	0,95	44,9	1,34	58,57	4,22	2,11	4,8	23,0	0,0	52,4	43,0
26	0,68	47,2	1,0	41,16	2,96	1,48	4,8	23,0	0,0	37,0	32,0
27	0,41	48,7	0,62	25,85	1,86	0,93	4,8	23,0	0,0	23,5	20,8
28	1,22	51,2	1,94	63,78	4,59	2,3	4,8	23,0	0,0	57,3	57,0
29	0,81	54,4	1,4	24,83	1,79	0,89	4,8	23,0	0,0	20,1	27,8
30	0,81	57,2	1,5	8,77	0,63	0,32	4,8	23,0	0,0	2,5	16,3

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE CC - STATO ATTUALE

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	290,05 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40,11 m
Ordinata vertice destro superiore ys	303,98 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: E
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,072
Coefficiente azione sismica verticale 0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	274,06
2	1,12	273,69
3	2,45	273,86
4	3,95	275,17
5	8,14	275,93
6	9,33	276,99
7	14,08	277,83
8	15,15	279,04
9	20,4	279,75
10	21,79	281,57
11	22,85	282,26
12	24,62	281,94
13	25,73	283,06
14	32,63	284,58
15	36,64	286,01
16	37,8	287,4

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

17	58,01	291,5
18	73,95	293,48

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

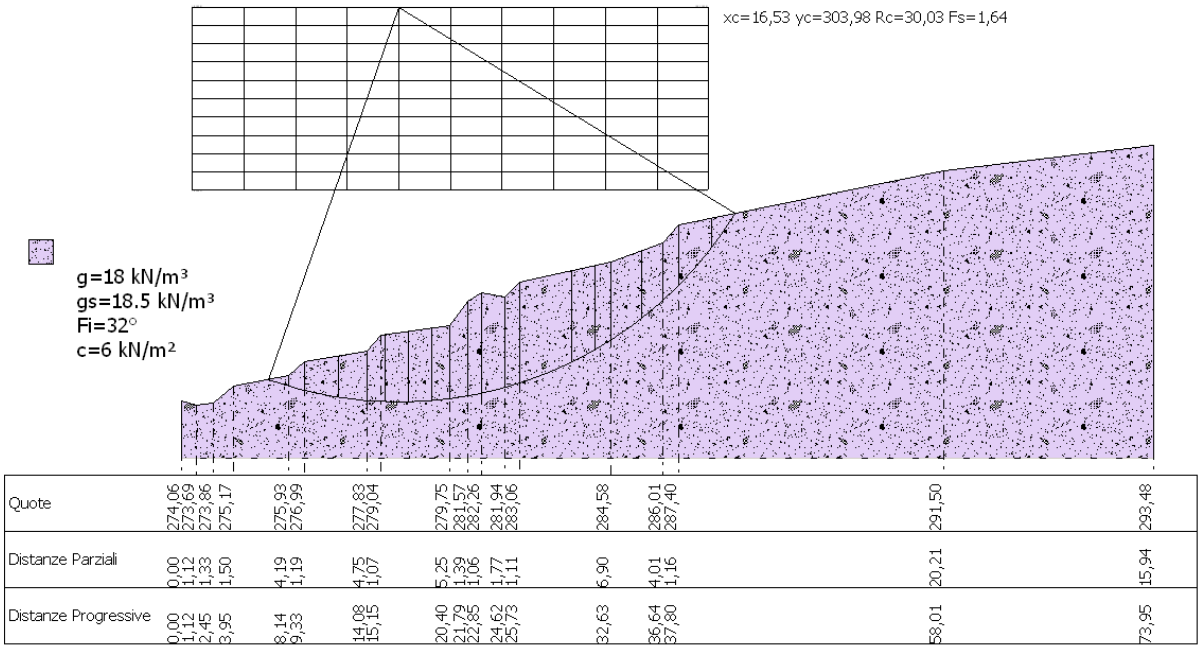
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano

Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,64
Ascissa centro superficie	16,53 m
Ordinata centro superficie	303,98 m
Raggio superficie	30,03 m



xc = 16,529 yc = 303,985 Rc = 30,035 Fs=1,644

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,56	-17,8	1,64	11,36	0,82	0,41	4,8	26,6	0,0	15,6	12,0

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

2	1,19	-15,0	1,23	31,72	2,28	1,14	4,8	26,6	0,0	37,7	18,7
3	2,58	-11,4	2,63	124,52	8,97	4,48	4,8	26,6	0,0	139,0	61,2
4	2,17	-6,8	2,19	135,9	9,78	4,89	4,8	26,6	0,0	144,0	60,6
5	1,39	-3,4	1,39	115,01	8,28	4,14	4,8	26,6	0,0	118,0	48,0
6	1,78	-0,3	1,78	168,06	12,1	6,05	4,8	26,6	0,0	168,5	67,7
7	1,78	3,1	1,78	174,4	12,56	6,28	4,8	26,6	0,0	171,0	68,7
8	1,38	6,1	1,39	137,49	9,9	4,95	4,8	26,6	0,0	132,6	53,5
9	1,39	8,7	1,41	159,15	11,46	5,73	4,8	26,6	0,0	151,7	61,0
10	1,06	11,1	1,08	141,22	10,17	5,08	4,8	26,6	0,0	133,6	53,5
11	1,77	13,9	1,82	231,71	16,68	8,34	4,8	26,6	0,0	217,5	88,3
12	1,11	16,7	1,16	145,43	10,47	5,24	4,8	26,6	0,0	135,7	56,0
13	3,96	21,9	4,26	526,12	37,88	18,94	4,8	26,6	0,0	489,3	208,5
14	1,78	27,9	2,01	214,08	15,41	7,71	4,8	26,6	0,0	199,9	90,5
15	1,17	31,1	1,36	129,75	9,34	4,67	4,8	26,6	0,0	121,8	57,5
16	2,39	35,2	2,92	239,82	17,27	8,63	4,8	26,6	0,0	227,7	114,2
17	1,62	40,0	2,12	138,54	9,97	4,99	4,8	26,6	0,0	133,7	73,4
18	1,16	43,6	1,6	93,78	6,75	3,38	4,8	26,6	0,0	92,1	54,1
19	2,55	48,8	3,87	161,55	11,63	5,82	4,8	26,6	0,0	162,1	110,4
20	1,78	55,5	3,14	37,89	2,73	1,36	4,8	26,6	0,0	33,2	40,8

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE CC - STATO DI PROGETTO

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	290,05 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40,11 m
Ordinata vertice destro superiore ys	303,98 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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,072
Coefficiente azione sismica verticale 0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	274,06
2	1,12	273,69
3	2,45	273,86
4	3,95	275,17
5	8,14	275,93
6	9,33	276,99
7	14,08	277,83
8	15,15	279,04
9	20,4	279,75
10	21,79	281,57
11	22,85	282,26
12	24,62	281,94
13	25,73	283,06
14	32,63	284,58
15	36,64	286,01
16	37,8	287,4
17	58,01	291,5

18	73,95	293,48

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

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano

Carichi distribuiti

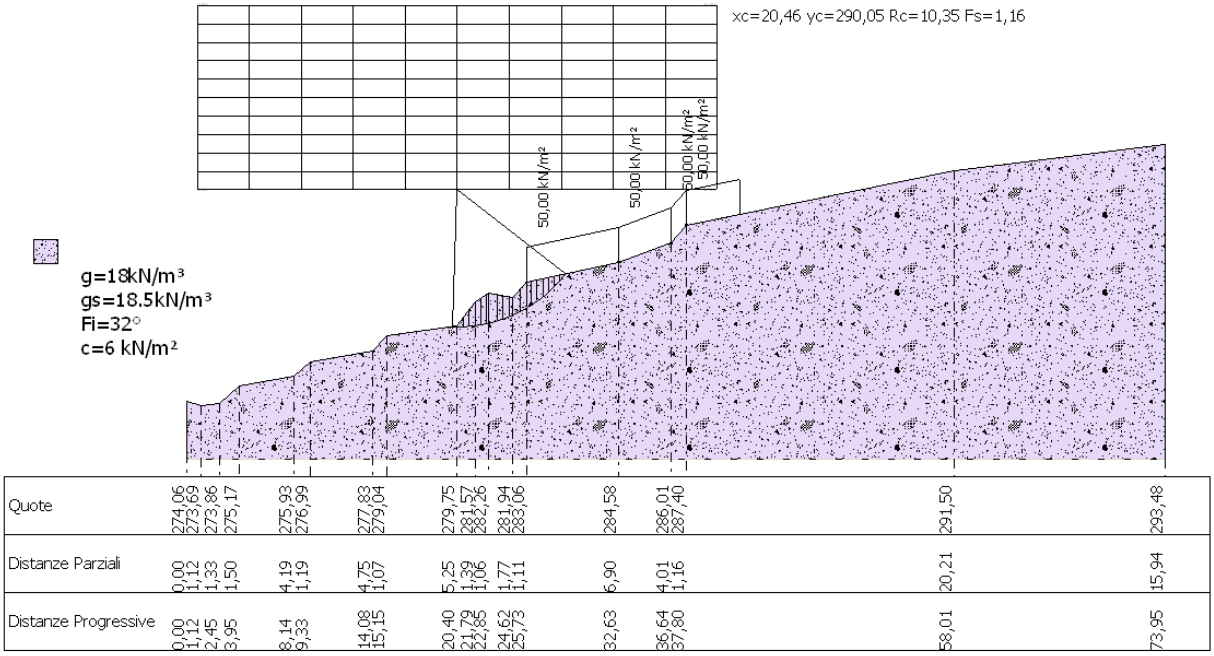
N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	25,73	283,06	32,63	284,58	50
2	32,63	284,58	36,64	286,01	50
3	36,64	286,01	37,8	287,4	50
4	37,8	287,4	41,8	288,2115	50

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	20,46 m
Ordinata centro superficie	290,05 m
Raggio superficie	10,35 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.



xc = 20,46 yc = 290,051 Rc = 10,354 Fs=1,156

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,34	-1,3	0,34	0,17	0,01	0,01	4,8	26,6	0,0	0,2	1,8
2	0,52	1,1	0,52	3,65	0,26	0,13	4,8	26,6	0,0	3,6	4,4
3	0,43	3,7	0,43	7,65	0,55	0,28	4,8	26,6	0,0	7,3	5,9
4	0,44	6,2	0,45	12,15	0,87	0,44	4,8	26,6	0,0	11,3	8,2
5	0,41	8,5	0,42	14,15	1,02	0,51	4,8	26,6	0,0	13,0	8,9
6	0,43	11,0	0,44	16,18	1,17	0,58	4,8	26,6	0,0	14,6	9,9
7	0,22	12,7	0,22	8,71	0,63	0,31	4,8	26,6	0,0	7,8	5,3

8	0,64	15,2	0,66	24,77	1,78	0,89	4,8	26,6	0,0	21,7	15,1
9	0,43	18,3	0,45	14,57	1,05	0,52	4,8	26,6	0,0	12,5	9,2
10	0,43	20,8	0,46	12,79	0,92	0,46	4,8	26,6	0,0	10,7	8,4
11	0,27	22,9	0,29	7,08	0,51	0,25	4,8	26,6	0,0	5,8	4,9
12	0,59	25,5	0,65	16,21	1,17	0,58	4,8	26,6	0,0	13,2	11,2
13	0,52	28,9	0,6	17,01	1,22	0,61	4,8	26,6	0,0	13,8	11,6
14	0,34	31,7	0,39	27,97	2,01	1,01	4,8	26,6	0,0	24,0	16,9
15	0,43	34,2	0,52	34,53	2,49	1,24	4,8	26,6	0,0	29,6	21,7
16	0,43	37,1	0,54	32,88	2,37	1,18	4,8	26,6	0,0	28,2	21,7
17	0,43	40,2	0,56	30,96	2,23	1,11	4,8	26,6	0,0	26,5	21,7
18	0,43	43,3	0,59	28,74	2,07	1,03	4,8	26,6	0,0	24,7	21,6
19	0,43	46,7	0,63	26,15	1,88	0,94	4,8	26,6	0,0	22,5	21,6
20	0,43	50,3	0,67	18,14	1,31	0,65	4,8	26,6	0,0	15,0	17,4

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE DD - STATO ATTUALE

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-9,56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	295,36 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30,6 m
Ordinata vertice destro superiore ys	310,32 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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26

S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0724
Coefficiente azione sismica verticale 0,0362

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	282,69
2	7,8	289,86
3	9,93	290,21
4	24,29	292,94
5	29,53	293,85
6	53,29	294,31
7	58,03	294,73

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

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia	
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano	

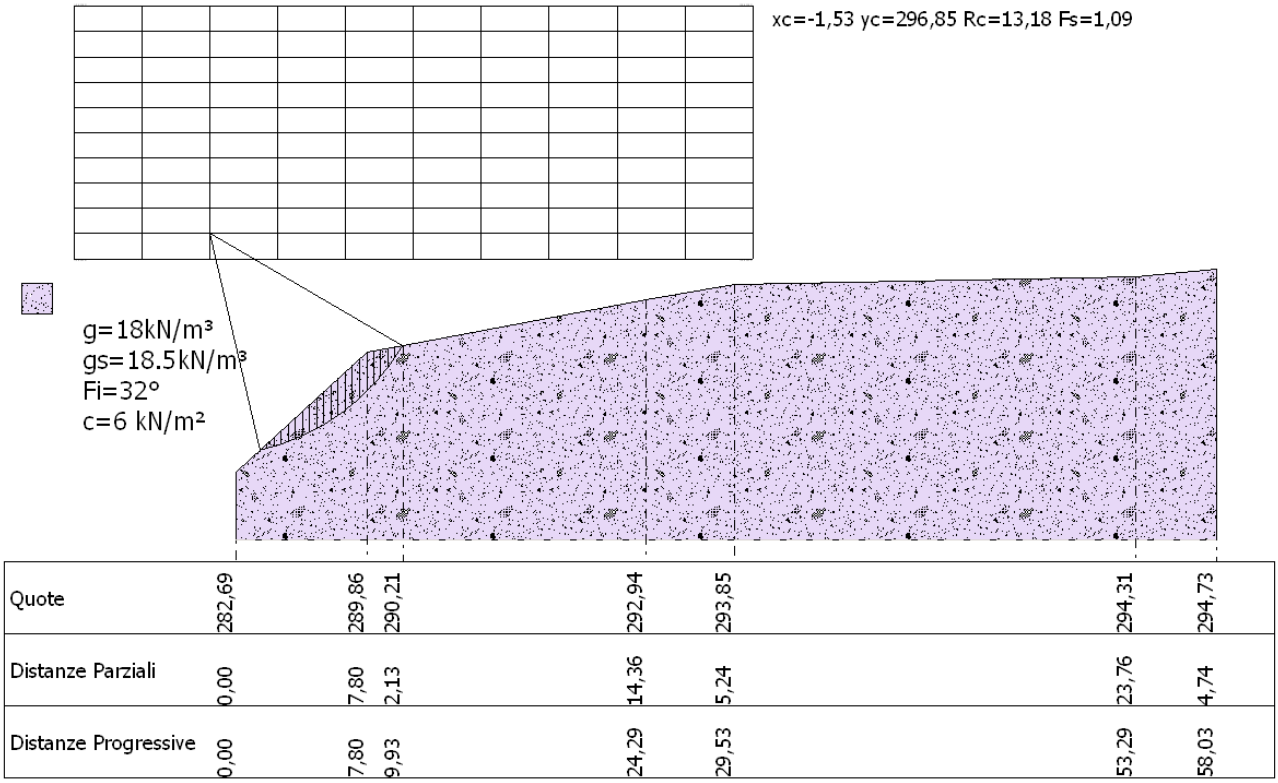
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

Fs minimo individuato 1,09
Ascissa centro superficie -1,53 m

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Ordinata centro superficie 296,85 m
Raggio superficie 13,18 m



xc = -1,528 yc = 296,852 Rc = 13,18 Fs=1,092

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,42	13,9	0,43	1,09	0,08	0,04	4,8	26,6	0,0	0,5	2,6
2	0,42	15,9	0,44	3,17	0,23	0,11	4,8	26,6	0,0	2,3	3,7
3	0,42	17,7	0,44	5,13	0,37	0,19	4,8	26,6	0,0	4,0	4,7
4	0,42	19,7	0,45	6,98	0,51	0,25	4,8	26,6	0,0	5,5	5,7
5	0,42	21,6	0,45	8,71	0,63	0,32	4,8	26,6	0,0	6,9	6,7
6	0,42	23,6	0,46	10,31	0,75	0,37	4,8	26,6	0,0	8,2	7,6
7	0,42	25,6	0,47	11,78	0,85	0,43	4,8	26,6	0,0	9,4	8,5
8	0,42	27,6	0,47	13,11	0,95	0,47	4,8	26,6	0,0	10,5	9,3
9	0,42	29,8	0,48	14,29	1,03	0,52	4,8	26,6	0,0	11,4	10,2
10	0,42	31,9	0,5	15,32	1,11	0,55	4,8	26,6	0,0	12,2	11,0
11	0,42	34,1	0,51	16,18	1,17	0,59	4,8	26,6	0,0	12,9	11,8
12	0,42	36,3	0,52	16,87	1,22	0,61	4,8	26,6	0,0	13,5	12,6
13	0,42	38,6	0,54	17,36	1,26	0,63	4,8	26,6	0,0	13,9	13,4
14	0,42	41,0	0,56	17,63	1,28	0,64	4,8	26,6	0,0	14,1	14,1
15	0,48	43,6	0,66	19,96	1,45	0,72	4,8	26,6	0,0	15,9	16,9
16	0,37	46,2	0,53	14,25	1,03	0,52	4,8	26,6	0,0	11,2	12,9
17	0,42	48,7	0,64	13,62	0,99	0,49	4,8	26,6	0,0	10,3	13,7

18	0,42	51,6	0,68	10,33	0,75	0,37	4,8	26,6	0,0	7,2	12,1
19	0,42	54,6	0,73	6,61	0,48	0,24	4,8	26,6	0,0	3,4	9,8
20	0,42	57,9	0,79	2,36	0,17	0,09	4,8	26,6	0,0	-1,2	6,6

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - SEZIONE DD - STATO DI PROGETTO

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-9,56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	295,36 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30,6 m
Ordinata vertice destro superiore ys	310,32 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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0724
Coefficiente azione sismica verticale 0,0362

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	282,69
2	7,8	289,86
3	9,93	290,21
4	24,29	292,94
5	29,53	293,85
6	53,29	294,31
7	58,03	294,73

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

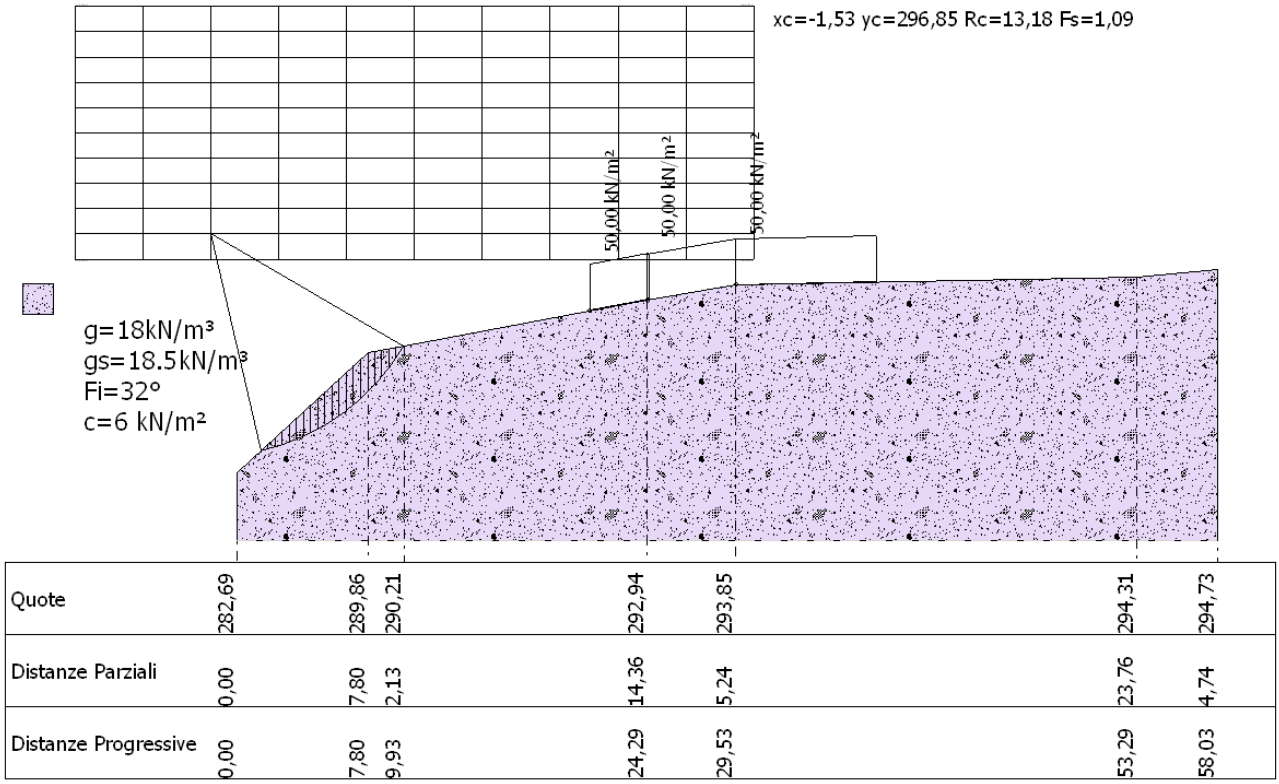
Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia	
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	20,91	292,33	24,41	292,9954	50
2	24,29	292,94	29,53	293,85	50
3	29,53	293,85	37,88	294,0117	50

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,09
Ascissa centro superficie	-1,53 m
Ordinata centro superficie	296,85 m
Raggio superficie	13,18 m



xc = -1,528 yc = 296,852 Rc = 13,18 Fs=1,092

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,42	13,9	0,43	1,09	0,08	0,04	4,8	26,6	0,0	0,5	2,6
2	0,42	15,9	0,44	3,17	0,23	0,11	4,8	26,6	0,0	2,3	3,7
3	0,42	17,7	0,44	5,13	0,37	0,19	4,8	26,6	0,0	4,0	4,7
4	0,42	19,7	0,45	6,98	0,51	0,25	4,8	26,6	0,0	5,5	5,7
5	0,42	21,6	0,45	8,71	0,63	0,32	4,8	26,6	0,0	6,9	6,7
6	0,42	23,6	0,46	10,31	0,75	0,37	4,8	26,6	0,0	8,2	7,6
7	0,42	25,6	0,47	11,78	0,85	0,43	4,8	26,6	0,0	9,4	8,5
8	0,42	27,6	0,47	13,11	0,95	0,47	4,8	26,6	0,0	10,5	9,3
9	0,42	29,8	0,48	14,29	1,03	0,52	4,8	26,6	0,0	11,4	10,2
10	0,42	31,9	0,5	15,32	1,11	0,55	4,8	26,6	0,0	12,2	11,0
11	0,42	34,1	0,51	16,18	1,17	0,59	4,8	26,6	0,0	12,9	11,8
12	0,42	36,3	0,52	16,87	1,22	0,61	4,8	26,6	0,0	13,5	12,6
13	0,42	38,6	0,54	17,36	1,26	0,63	4,8	26,6	0,0	13,9	13,4
14	0,42	41,0	0,56	17,63	1,28	0,64	4,8	26,6	0,0	14,1	14,1

15	0,48	43,6	0,66	19,96	1,45	0,72	4,8	26,6	0,0	15,9	16,9
16	0,37	46,2	0,53	14,25	1,03	0,52	4,8	26,6	0,0	11,2	12,9
17	0,42	48,7	0,64	13,62	0,99	0,49	4,8	26,6	0,0	10,3	13,7
18	0,42	51,6	0,68	10,33	0,75	0,37	4,8	26,6	0,0	7,2	12,1
19	0,42	54,6	0,73	6,61	0,48	0,24	4,8	26,6	0,0	3,4	9,8
20	0,42	57,9	0,79	2,36	0,17	0,09	4,8	26,6	0,0	-1,2	6,6

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) - Verifica sezione stradale "N" - STATO ATTUALE

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-10,77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,5 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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,072
Coefficiente azione sismica verticale 0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	6,8	5,5
3	10,06	5,76
4	17,8	8,03
5	18,49	8,87
6	22,41	9,82
7	23,31	10,55
8	25,54	10,85
9	29,5	11,9
10	31,91	12,23
11	33,33	12,61
12	38,09	13,56

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

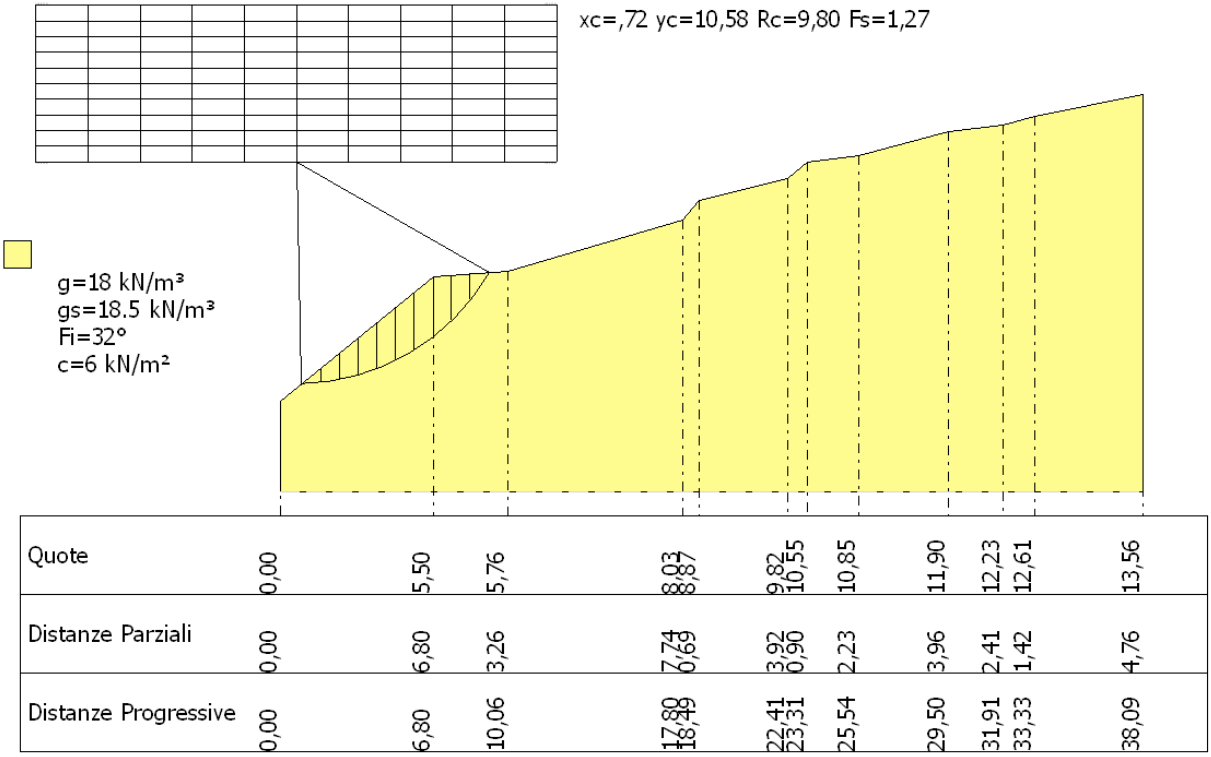
Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,27
Ascissa centro superficie	0,72 m
Ordinata centro superficie	10,58 m
Raggio superficie	9,8 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.



xc = 0,723 yc = 10,579 Rc = 9,803 Fs=1,274

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,83	3,8	0,83	4,69	0,34	0,17	4,8	26,6	0,0	4,3	5,8
2	0,83	8,7	0,84	13,27	0,96	0,48	4,8	26,6	0,0	12,0	9,5
3	0,83	13,6	0,85	20,79	1,5	0,75	4,8	26,6	0,0	18,4	12,8
4	0,83	18,6	0,87	27,17	1,96	0,98	4,8	26,6	0,0	23,6	15,9
5	0,83	23,8	0,9	32,34	2,33	1,16	4,8	26,6	0,0	27,8	18,7
6	0,83	29,2	0,95	36,14	2,6	1,3	4,8	26,6	0,0	30,9	21,6
7	0,88	35,2	1,08	41,02	2,95	1,48	4,8	26,6	0,0	35,1	26,2
8	0,77	41,3	1,03	32,22	2,32	1,16	4,8	26,6	0,0	27,5	23,4

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

9	0,83	47,9	1,23	23,83	1,72	0,86	4,8	26,6	0,0	19,3	21,9
10	0,83	55,8	1,47	9,27	0,67	0,33	4,8	26,6	0,0	4,0	15,1

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	43,949763/10,829809
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-10,77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,5 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:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,63	2,5	0,26
S.L.V.	475,0	1,56	2,4	0,29
S.L.C.	975,0	2,0	2,38	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	2,9578	0,24	0,0724	0,0362
S.L.C.	3,5185	0,28	0,1005	0,0502

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,072
Coefficiente azione sismica verticale 0,036

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	6,8	5,5
3	10,57	5,84
4	11,85	8,43
5	18,89	9,05
6	23,79	9,05
7	28,76	8,59
8	29,03	10,16
9	29,19	10,16
10	33,24	12,12
11	33,33	12,61
12	38,09	13,56

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

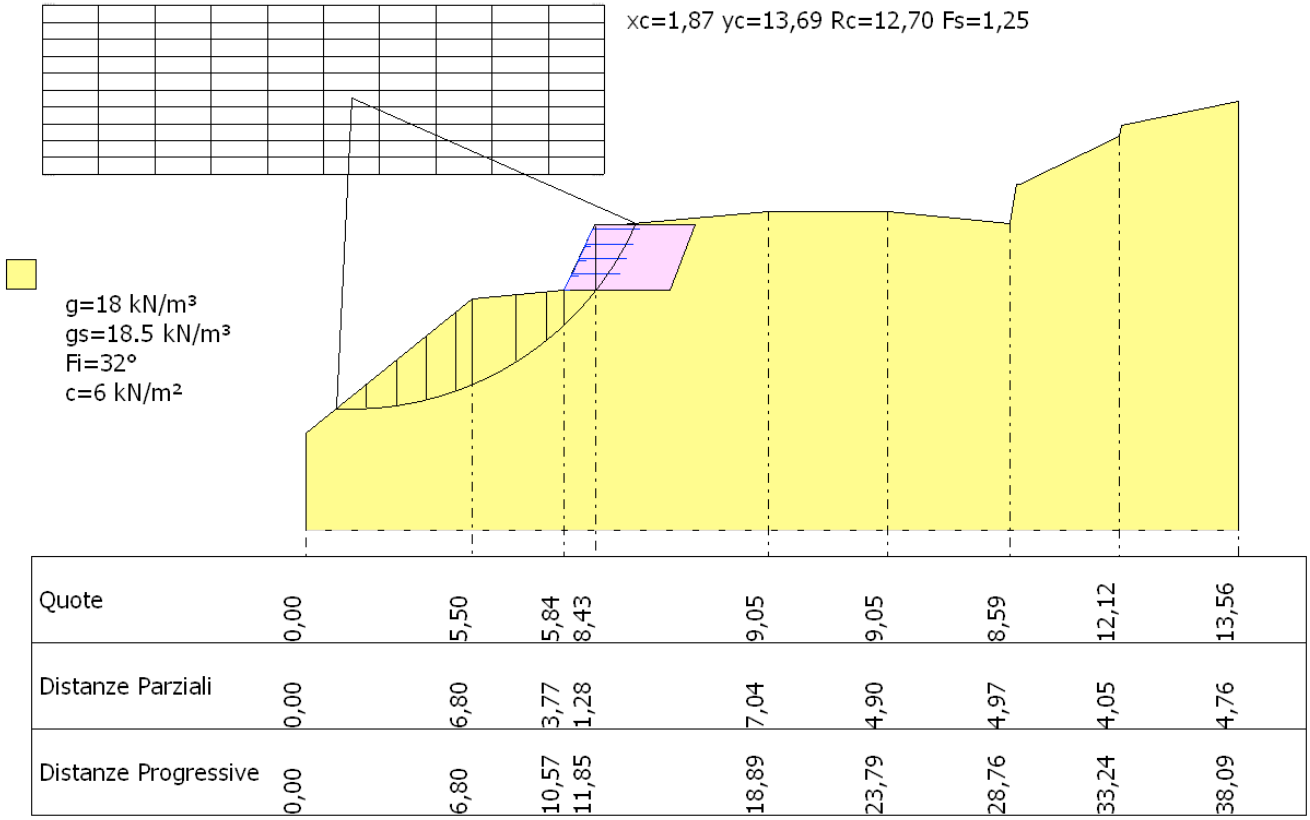
Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia
1	6	30	32	18	18.5	Detrito grossolano

(x=10,57 y= 5,84)

No	Tipologia	Tallow (kN)	Resistenza sfilamento (kN)
1	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	70,83617
2	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	62,33411
3	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	54,50028
4	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	46,58259

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,25
Ascissa centro superficie	1,87 m
Ordinata centro superficie	13,69 m
Raggio superficie	12,7 m



Quote	0,00	5,50	5,84	8,43	9,05	9,05	8,59	12,12	13,56
Distanze Parziali	0,00	6,80	3,77	1,28	7,04	4,90	4,97	4,05	4,76
Distanze Progressive	0,00	6,80	10,57	11,85	18,89	23,79	28,76	33,24	38,09

xc = 1,873 yc = 13,694 Rc = 12,70 Fs=1,254

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,22	-0,1	1,22	11,26	0,81	0,41	4,8	26,6	0,0	11,3	11,0
2	1,22	5,5	1,23	31,81	2,29	1,15	4,8	26,6	0,0	30,0	20,1

3	1,22	11,1	1,25	49,72	3,58	1,79	4,8	26,6	0,0	45,3	27,9
4	1,22	16,8	1,28	64,87	4,67	2,34	4,8	26,6	0,0	57,7	34,9
5	0,65	21,2	0,7	39,72	2,86	1,43	4,8	26,6	0,0	34,9	21,3
6	1,8	27,4	2,02	102,56	7,38	3,69	4,8	26,6	0,0	88,7	58,2
7	1,22	35,4	1,5	52,68	3,79	1,9	4,8	26,6	0,0	44,6	34,6
8	0,75	41,0	0,99	22,98	1,65	0,83	4,8	26,6	0,0	18,7	17,9
9	1,28	47,5	1,89	47,21	3,4	1,7	4,8	26,6	0,0	39,7	41,0
10	1,65	59,0	3,19	44,13	3,18	1,59	4,8	26,6	0,0	34,1	60,2

10.Verifiche terra rinforzata

Nel presente capitolo si analizza, a titolo indicativo, la struttura in terra armata posta in asse alla sezione di progetto “n” al fine di valutare la loro stabilità in ordine alle vigenti normative (NTC2008). Verifiche puntuali e più accurate saranno realizzate a corredo della progettazione esecutiva. La stessa sezione, al capitolo precedente era stata valutata circa la stabilità globale di pendio.

10.1.Relazione di calcolo

Calcolo della spinta attiva con Coulomb
Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.
Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta S_t è applicata ad 1/3 H di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times H^2 \times K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\beta - \phi)}{\operatorname{sen}^2 \hat{a} \times \operatorname{sen}(\hat{a} + \delta) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sin}(\delta + \phi) \times \operatorname{sin}(\phi - \varepsilon)}{\operatorname{sen}(\beta + \delta) \times \operatorname{sen}(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

Valori limite di K_A , $\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau:

γ_t Peso unità di volume del terreno;
β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
ϕ Angolo di resistenza al taglio del terreno;
δ Angolo di attrito terra-muro;
ε Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;
H Altezza della parete.

Calcolo della spinta attiva con Rankine
Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90°$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta *St* si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \times H^2}{2} \frac{(1 - \sin\phi)}{(1 + \sin\phi)} = \frac{\gamma \times H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.
In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di Ka di Rankine si presenta come segue:

$$Ka = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe
Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ε, di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

$$tg\ \theta = K_h/(1 \pm K_v)$$

con K_h coefficiente sismico orizzontale e K_V verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) i coefficienti sismici K_h e K_V sono calcolati come:

$$K_h = \beta_m \times (a_{max}/g) \qquad \times K_v = \pm 0.5 \times K_h$$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

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.

$$a_{max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

S coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica Ss e di amplificazione topografica S_T.
a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Eurocodice 8
Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_H = a_{gR} \times \gamma_I \times \frac{S}{g}$$

Effetto dovuto alla coesione
La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \times c \times \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

Dove:
Q Carico agente sul terrapieno;

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_C \times H$$

con punto di applicazione pari a H/2.

Carico uniforme sul terrapieno
Un carico *Q*, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \times Q \times \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q:

$$S_q = K_a \times Q \times H \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}$$

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - P. I. 0093120472

Con punto di applicazione ad H/2, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau.*

Spinta attiva in condizioni sismiche
In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma(1 \pm k_v) \times K \times H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:
H altezza muro
K_V coefficiente sismico verticale
γ peso per unità di volume del terreno
K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)
E_{ws} spinta idrostatica dell'acqua
E_{wd} spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$tg\theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica
La falda con superficie distante H_W dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \times z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_W$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva
Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

$$S_p = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times H^2 \times K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\phi + \beta)}{\text{sen}^2\hat{a} \times \text{sen}(\hat{a} - \delta) \times \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \times \sin(\phi + \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \times \text{sen}(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$Kp = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}$$

Carico limite
Una delle prime famiglie di formule per il calcolo della capacità portate fu proposta da Terzaghi nel 1943.

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c + \gamma \times D \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

Dove:

$$Nq = \frac{a^2}{2 \times \cos^2(45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2)\tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\varphi}{2} \times \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\varphi} - 1\right)$$

Dove s_c=1 e s_γ=1. Per fondazioni nastriformi.

Brinch Hansen – Vesic – (1970)

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R / A' = (2 + \pi) \times c_u \times s_c \times i_c + q$$

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u coesione non drenata

q pressione litostatica totale sul piano di posa

s_c fattore di forma

$s_c = 0{,}2 \times (B' / L')$ per fondazioni rettangolari

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$i_c = 0{,}5 \times \left(1 + \sqrt{1 - H / A' \times c_u}\right)$

c_a aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R / A' = c' \times N_c \times s_c \times i_c + q' \times N_q \times s_q \times i_q + 0.5 \times \gamma' \times B' \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

Dove:

$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \times \tan^2 (45 + \phi' / 2)$

$N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi'$

$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \phi'$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B' / L') \times \sin \phi'$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 1 - 0.3 \times (B' / L')$ per forma rettangolare

$s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$i_q = \left[1 - H / \left(V + A' \times c' \times \cot \phi'\right)\right]^n$

$i_\gamma = \left[1 - H / \left(V + A' \times c' \times \cot \phi'\right)\right]^{n+1}$

$i_c = \left(i_q \times N_q - 1\right) / \left(N_q - 1\right)$

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - P. I. 0093120472

$$m = m_B = \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]} \quad \text{con} \quad H//B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]} \quad \text{con} \quad H//L'$$

Se H forma un angolo θ con la direzione di L', l'esponente "m" viene calcolato con la seguente espressione:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2\theta + m_B \sin^2\theta$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Convenzione segni

Forze verticali	positive se dirette dall'alto verso il basso;
Forze orizzontali	positive se dirette da monte verso valle;
Coppie	positive se antiorarie;
Angoli	positivi se antiorari.

Terra Rinforzata

Il progetto di una terra rinforzata si articola secondo le seguenti fasi

Spaziatura delle strisce

Si valuta la spaziatura delle strisce di rinforzo in verticale e in orizzontale, come in Figura 1.Ciò non vale se il rinforzo è realizzato con reti metalliche o con fogli di geotessile, la cui spaziatura orizzontale è fissa. La spaziatura verticale può variare orientativamente da 0.2 a 1 m e quella orizzontale è compresa approssimativamente tra 0.8 e 1 m. Nell'analisi si fa riferimento a un tratto di larghezza unitaria, a cui si associa il diagramma delle pressioni orizzontali.

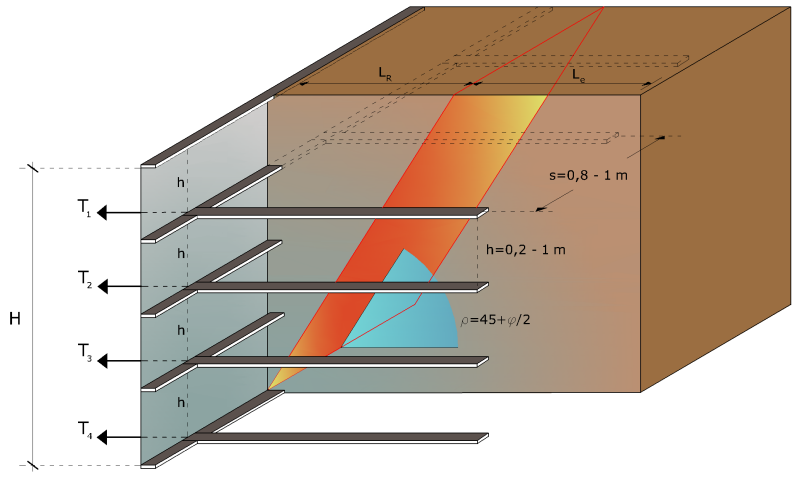


Fig. 1

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - P. I. 0093120472

Forze di trazione nei rinforzi
Si determinano le forze di trazione nei vari rinforzi, date dall'area del diagramma delle pressioni relative a ogni striscia. Per il diagramma triangolare relativo al terrapieno, la forza nella striscia è data dall'area dell'elemento trapezio ab'd'e viene trasformata nella pressione media q_i alla profondità della striscia Z_i mediante la relazione:

$$q_i = \gamma \times z_i \times K_a$$

La pressione q_i agisce su una area definita dalla spaziatura delle armature h×s e corrisponde a una forza di trazione nel rinforzo pari a:

$$T_i = q_i \times A = \gamma \times z_i \times K_a \times (h \times s)$$

Per l'equilibrio la somma delle forze di trazione deve essere pari alla componete orizzontale delle forze agenti.

$$\sum T_i = P_{ah}$$

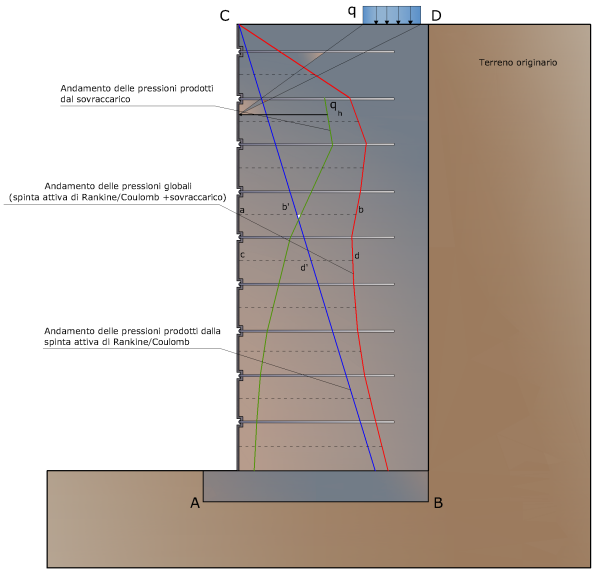


Fig. 2

Calcolo delle lunghezze efficaci Le
Si calcolano le lunghezze delle strisce *Le* che compaiono in Figura 3, necessarie affinché si sviluppi una forza d'attrito $F_r = T_i$. Sulla base di tali lunghezze e delle dimensioni del cuneo di Rankine, si può determinare la lunghezza globale *Lo* delle strisce da utilizzare. In generale, per tutta l'altezza del muro si usano strisce della stessa lunghezza. La lunghezza di ancoraggio dipende dal coefficiente d'attrito f=tanδ tra suolo e rinforzo, essendo δ un'opportuna frazione dell'angolo d'attrito interno del terreno ϕ . Se la striscia è sufficientemente scabra δ = ϕ, mentre per metalli lisci δ è compreso orientativamente tra 20° e 25°.

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

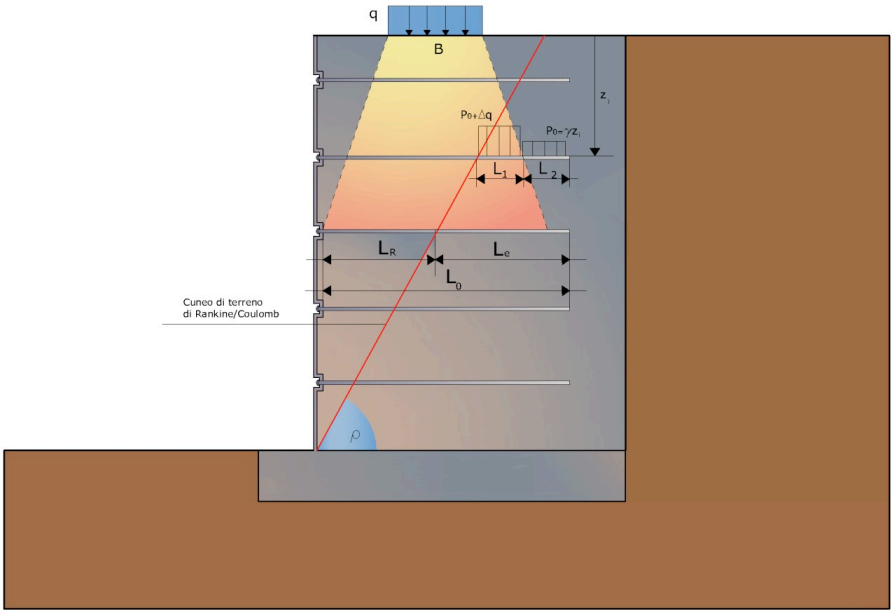


Fig. 3

Per strisce di dimensioni *b* x *Le* o per fogli di geotessile di larghezza unitaria e lunghezza *Le,* entrambe le facce sviluppano attrito; per barre circolari, l'attrito resistente è sviluppato lungo il perimetro. In ogni caso, l'attrito è dato dal prodotto di ***f*** per la pressione normale al rinforzo calcolata come $p_o = \gamma z_i$ dove z_i è la distanza *media* dalla superficie del terreno al rinforzo. Si ha quindi:

Per strisce:

$$F_i = 2 \times (\gamma \times z_i) \times \tan\delta \times (b \times L_e) \geq T_i$$

Per barre:

$$F_i = \pi \times D \times (\gamma \times z_i) \times \tan\delta \times (L_e) \geq T_i$$

Per fogli:

$$F_i = 2 \times (\gamma \times z_i) \times \tan\delta \times (1 \times L_e) \geq T_i$$

Se nelle precedenti formule il segno ≥ è sostituito col segno di uguale, il coefficiente di sicurezza FS è pari a 1. Se si assume FS > 1, il valore di *Le* risulta necessariamente maggiore di quello dato da queste formule.

Si determina quindi la sezione delle armature *b* x *t*. Per barre o strisce in metallo avente sforzo ammissibile pari a *fa = fy/FS* si ha:

$$b \times t \times f_a > T_i \quad \textit{oppure} \quad \frac{\pi \times D^2}{4} \times f_a > T_i$$

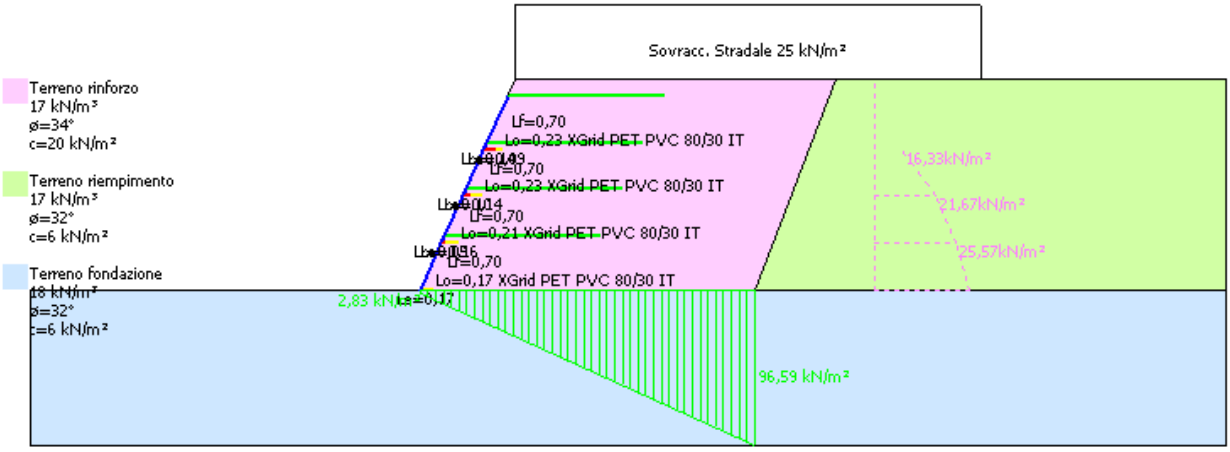
Nel caso di geotessili si ha il problema che la resistenza del tessuto varia a seconda del produttore; tra quelli possibili si sceglie un tessuto che:
Larghezza striscia b × resistenza per unità di larghezza ≥ T_i

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

10.2. Verifica terra rinforzata sezione di progetto n

Descrizione

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0724
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0362



Geometria

Nr.	X (m)	Y (m)
1	0,0	0,0
2	1,22	2,7
3	5,35	2,7
4	4,3	0,0

Peso unità di volume	17,0 kN/m³
Peso unità di volume saturo	17,5 kN/m³
Angolo di resistenza a taglio	34,0 °
Coesione	20,0 kN/m²
Angolo attrito terreno rinforzo	24,0 °

Terreno riempimento

Peso unità di volume	17,0 kN/m³
Peso unità di volume saturo	17,5 kN/m³
Angolo di resistenza a taglio	32,0 °
Coesione	6,0 kN/m²
Angolo di attrito terra muro	24,0 °

Terreno fondazione

Peso unità di volume	18,0 kN/m³

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

Peso unità di volume saturo 18,5 kN/m³
Angolo di resistenza a taglio 32,0 °
Coesione 6,0 kN/m²

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,22	0,22	1	1	3,07
2	0,27	0,6	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,09	0,21	0,3	1	1	3,62
3	0,54	1,2	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,17	0,18	0,35	1	1	4,81
4	0,81	1,8	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,14	0,09	0,23	1	1	11,16

Descrizione

Nr.	Confermare con il pulsante destro del mouse	X (m)	Y (m)	Lx (m)	Ly (m)	Q (kN/m²)
1	Sovraccarico Stradale	1,22	2,7	6	6	25

Combinazione 1 (A1+M1)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Spinta falda	1,30
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Sovraccarico Stradale	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo resistenza al taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00

3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Sovracc. Stradale	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 3 (EQU+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Spinta falda	1,10
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Sovracc. Stradale	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	1,00
5	Spinta sismica in y	1,00
6	Sovracc. Stradale	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1

2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 1 (A1+M1)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,17	0,17	1	1	3,21
2	0,27	0,6	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,05	0,16	0,21	1	1	3,77
3	0,54	1,2	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,1	0,14	0,23	1	1	5
4	0,81	1,8	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,14	0,09	0,23	1	1	9,01

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (5,4/0,0) m
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (5,4/2,7) m
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m²);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	ß
2,7	0,0	17,0	0,0	32,0	24,0	6,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
66,0	0,27	0,32	0,05

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	20,2	8,99	5,35	0,9
Spinta attiva Coesione	-16,98	0,0	5,35	1,35
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	5,35	0,9
Spinta statica sovraccarico	25,39	11,3	5,35	1,35
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	5,35	1,35
Peso muro	0,0	193,47	2,71	1,34

Momento stabilizzante	633,61	kNm
Momento ribaltante	29,54	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	28,62	kN
Sommatoria forze verticali	213,77	kN
Coefficiente di attrito	0,62	
Adesione	6,0	kN/m²
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	213,77	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	28,62	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**5,57**	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	633,61 kNm
Momento ribaltante	29,54 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**21,45**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite: BRINCH HANSEN - VESIC

Somma forze in direzione x	28,62	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	213,77	kN
Somma momenti	-604,07	kNm
Larghezza fondazione	4,3	m
Eccentricità su B	0,68	m
Peso unità di volume	18,0	kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	32,0	°
Coesione	6,0	kN/m²
Terreno sulla fondazione	0,0	m
Peso terreno sul piano di posa	18,0	kN/m³
Nq	23,18	
Nc	35,49	
Ng	30,21	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	0,78	
ic	0,77	
ig	0,69	
Carico limite verticale (Qlim)	2102,58	kN

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) **9,84**
Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno
Ascissa centro sollecitazione 2,83 m
Larghezza della fondazione 4,3 m

x = 0,0 Tensione... 2,83 kN/m²
x = 4,3 Tensione... 96,59 kN/m²

Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,2	0,2	1	1	3,42
2	0,27	0,6	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,09	0,2	0,28	1	1	4,05
3	0,54	1,2	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,17	0,17	0,35	1	1	5,39
4	0,81	1,8	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,11	0,11	1	1	9,67

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (5,4/0,0) m
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (5,4/2,7) m
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato;
Qf Quota finale strato
P.U.V. Peso unità di volume (kN/m³);
Eps Inclinazione dello strato (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio;
Delta Angolo di attrito terra muro (°);
c Coesione (kN/m²);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	ß
2,7	0,0	17,0	0,0	26,56	24,0	4,8	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta
Ka Coefficiente di spinta attiva,
Kd Coefficiente di spinta dinamica,
Dk Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

66,0	0,34	0,39	0,06

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	19,01	8,46	5,35	0,9
Spinta attiva Coesione	-15,02	0,0	5,35	1,35
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	5,35	0,9
Spinta statica sovraccarico	26,92	11,99	5,35	1,35
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	5,35	1,35
Peso muro	0,0	193,47	2,71	1,34

Momento stabilizzante	634,43	kNm
Momento ribaltante	33,18	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	30,91	kN
Sommatoria forze verticali	213,92	kN
Coefficiente di attrito	0,5	
Adesione	4,8	kN/m²
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	213,92	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	30,91	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**4,13**	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	634,43	kNm
Momento ribaltante	33,18	kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**19,12**	

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite: BRINCH HANSEN - VESIC

Somma forze in direzione x	30,91	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	213,92	kN
Somma momenti	-601,25	kNm
Larghezza fondazione	4,3	m
Eccentricità su B	0,66	m
Peso unità di volume	18,0	kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	26,56	°
Coesione	4,8	kN/m²
Terreno sulla fondazione	0,0	m
Peso terreno sul piano di posa	18,0	kN/m³
Nq	12,59	
Nc	23,18	
Ng	13,58	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	0,76	

ic	0,74	
ig	0,66	
Carico limite verticale (Qlim)	966,1	kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**4,52**	

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,81	m
Larghezza della fondazione	4,3	m

x = 0,0 Tensione... 3,89 kN/m²
x = 4,3 Tensione... 95,61 kN/m²

Combinazione 3 (EQU+M2)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,22	0,22	1	1	3,07
2	0,27	0,6	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,09	0,21	0,3	1	1	3,62
3	0,54	1,2	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,17	0,18	0,35	1	1	4,81
4	0,81	1,8	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,11	0,11	1	1	8,65

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (5,4/0,0) m
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (5,4/2,7) m
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m²);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	ß
2,7	0,0	17,0	0,0	26,56	24,0	4,8	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,

Dk Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
66,0	0,34	0,39	0,06

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	20,91	9,31	5,35	0,9
Spinta attiva Coesione	-15,02	0,0	5,35	1,35
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	5,35	0,9
Spinta statica sovraccarico	31,07	13,83	5,35	1,35
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	5,35	1,35
Peso muro	0,0	174,12	2,71	1,34

Momento stabilizzante	596,32	kNm
Momento ribaltante	40,48	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	36,96	kN
Sommatoria forze verticali	197,26	kN
Coefficiente di attrito	0,5	
Adesione	4,8	kN/m²
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	197,26	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	36,96	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**3,23**	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	596,32 kNm
Momento ribaltante	40,48 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**14,73**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite: BRINCH HANSEN - VESIC

Somma forze in direzione x	36,96	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	197,26	kN
Somma momenti	-555,84	kNm
Larghezza fondazione	4,3	m
Eccentricità su B	0,67	m
Peso unità di volume	18,0	kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	26,56	°
Coesione	4,8	kN/m²
Terreno sulla fondazione	0,0	m
Peso terreno sul piano di posa	18,0	kN/m³
Nq	12,59	
Nc	23,18	
Ng	13,58	
sq	1,0	

sc	1,0	
sg	1,0	
iq	0,7	
ic	0,67	
ig	0,58	
Carico limite verticale (Qlim)	850,53	kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**4,31**	
Carico limite verificato Csq>1		

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,82	m
Larghezza della fondazione	4,3	m

x = 0,0	Tensione...	3,13 kN/m²
x = 4,3	Tensione...	88,62 kN/m²

Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0	0,15	0,15	1	1	3,93
2	0,27	0,6	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,05	0,15	0,2	1	1	4,69
3	0,54	1,2	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,1	0,13	0,23	1	1	6,27
4	0,81	1,8	(7) XGrid PET PVC 80/30 IT	2	0,7	0,14	0,09	0,23	1	1	11,16

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (5,4/0,0) m
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (5,4/2,7) m
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m²);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	ß
2,7	0,0	17,0	0,0	32,0	24,0	6,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
66,0	0,27	0,32	0,05

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	15,54	6,92	5,35	0,9
Spinta attiva Coesione	-16,98	0,0	5,35	1,35
Spinta incremento sismico	2,76	1,23	5,35	0,9
Spinta statica sovraccarico	16,93	7,54	5,35	1,35
Spinta incr. sismico sovraccarico	3,01	1,34	5,35	1,35
Peso muro	14,01	193,47	2,71	1,34

Momento stabilizzante	616,11	kNm
Momento ribaltante	39,26	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	35,27	kN
Sommatoria forze verticali	210,5	kN
Coefficiente di attrito	0,62	
Adesione	6,0	kN/m²
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	210,5	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	35,27	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**4,46**	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	616,11 kNm
Momento ribaltante	39,26 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**15,69**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite: BRINCH HANSEN - VESIC

Somma forze in direzione x	35,27	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	210,5	kN
Somma momenti	-576,85	kNm
Larghezza fondazione	4,3	m
Eccentricità su B	0,59	m
Peso unità di volume	18,0	kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	32,0	°
Coesione	6,0	kN/m²
Terreno sulla fondazione	0,0	m
Peso terreno sul piano di posa	18,0	kN/m³
Nq	23,18	

Nc	35,49	
Ng	30,21	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	0,73	
ic	0,72	
ig	0,62	
Carico limite verticale (Qlim)	2119,16	kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**10,07**	
Carico limite verificato Csq>1		

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,74	m
Larghezza della fondazione	4,3	m

x = 0,0	Tensione...	8,62 kN/m²
x = 4,3	Tensione...	89,28 kN/m²

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

11.Calcolo invarianza idraulica delle opere in progetto

Per le verifiche circa l'invarianza idraulica delle opere in progetto si assumono i seguenti parametri:

Pioggia oraria ventennale h = 60 mm;

Coefficienti di deflusso:

Cd = 1,0 per le superfici impermeabili;

Cd = 0,6 per le superfici semipermeabili;

Cd = 0,3 per la griglia inerbita (Greenpav) e terreni naturali



Uso del suolo di progetto

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

note Calcolo eseguito per una pioggia tr20 di **60** mm/h

Situazione Attuale

	Permeabilità	Coeff. Deflusso	Superficie (mq)	Volume (mc)
Superf. soggetta a modifiche di permeabilità	Permeabile	0,30	2.205,00	39,69
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00

Volume d'acqua di deflusso dall'area in esame verso la rete idraulica esistente (mc) **39,69**

Situazione di Progetto

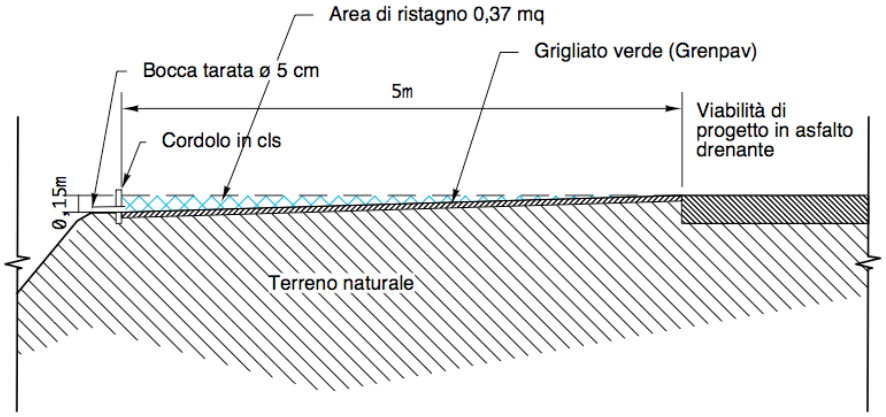
	Permeabilità	Coeff. Deflusso	Superficie (mq)	Volume (mc)
				0,00
Strada privata e pubblica in asfalto drenante	Semipermeabile	0,60	700,00	25,20
Stalli parcheggi realizzati con grigliati inerbiti	Permeabile	0,30	200,00	3,60
Strada privata inghiaiata	Semipermeabile	0,60	110,00	3,96
Superficie occupata da nuovi manufatti	Impermeabile	1,00	665,00	39,90
Accessi carrabili	Semipermeabile	1,00	530,00	31,80

Volume d'acqua di deflusso dall'area in esame verso la rete idraulica esistente (mc) **104,46**

Acqua da trattenere / stoccare per mantenere la situazione attuale (mc) **64,77**

Lo stoccaggio delle acque meteoriche avverrà all'interno degli stalli in grigliati a verde e all'interno di fosse livellari poste sul versante a valle delle terre armate.

Per gli stalli si prevede ottenere lo stoccaggio delle acque meteoriche come da schema in testo:



Considerando un numero di stalli pari a 18 n° * 2,50 m (larghezza stalli) = 45 ml

Capacità d'accumulo 45 ml * 0,37 mc/ml = **15,65** mc (volume stoccato area parcheggi)

Le bocche tarate dovranno essere ubicate ogni 3/4 stalli.

Le fosse livellari/campestri saranno realizzate sul versante occidentale del lotto da ubicare:

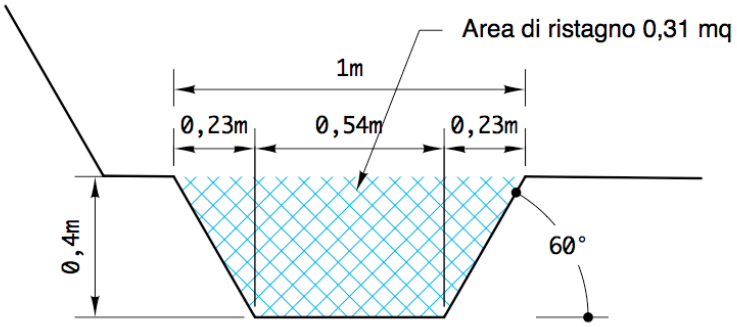
- alla base delle terre armate;

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

- alla base delle scarpate in terre dei terrazzamenti presenti.

Tale sistemazione avrà lo scopo di soddisfare l'invarianza idraulica delle opere e, non meno importante, il ripristino della regimazione idraulico agraria al fine di prevenire l'insorgere di fenomeni erosivi.

Le fosse in progetto avranno le seguenti dimensioni:



Per l'ottenimento d'invarianza idraulica si realizzeranno le seguenti fosse livellari/campestri:

(Lungh. fosse livellari) 295,5 ml * 0,31 mq = 91,61 mc (capacità di stoccaggio all'interno delle fosse)

Che aggiunte al precedente calcolo:

15,65 mc (stalli)+ 91,1 (fosse) = 107,26 mc > 64,77 mc (per l'invarianza idraulica)

La portata d'uscita dalle fosse livellari viene calcolata come la **portata allo stato attuale** in l/sec diviso il tempo di svuotamento in secondi:

Portata di deflusso= 39,69 mc*1.000/3.600 = 11,03 l/sec

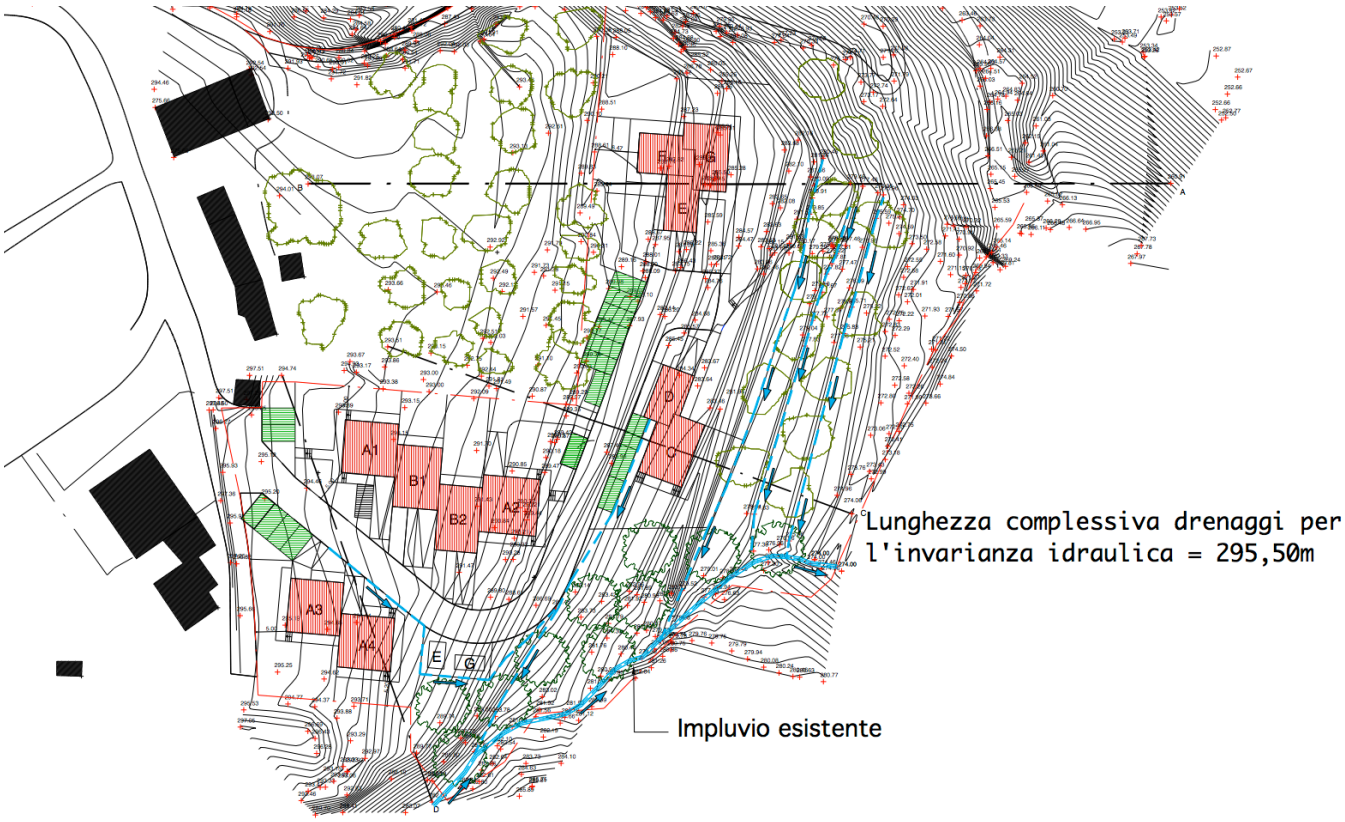
Area bocca tarata in cm^2 - formula utilizzata: $S=Q/\mu*\sqrt{2gh}$
Diametro bocca tarata (cm) - formula utilizzata: $ø = \sqrt{\text{Area Bocca tarata}/Pi*2}$
Dai calcoli si ottiene:

Sfioro (m)	**0,15**	**Portata Bocca Tarata (l/sec)**	**11,03**
Area Bocca tarata (cmq)	**78,37**	**Diametro bocca tarata (cm)**	**9,99**
		Tempo di svuotamento area di stoccaggio (h)	**1,00**

Dalle fosse e dagli stalli/parcheggio le acque raggiungeranno l'impluvio mediante bocca tarata del diametro di ø=0,10 m.

L'impluvio non subirà aggravi di portata in quanto il sistema di stoccaggio e rilascio in bocca tarata consentirà la gestione delle stesse portata presenti allo stato attuale. Il fatto che le fosse livellari non abbiano un fondo impermeabilizzato conduce, inoltre, a ritenere che gli afflussi calcolati siano inferiori in quanto parte dell'acqua stoccata non raggiungerà l'impluvio ma s'infiltrerà nel terreno.

Il sistema idraulico indicato consente, ampiamente, l'ottenimento dell'invarianza idraulica delle opere in progetto.



Ubicazione degli interventi d'invarianza idraulica

12.Vincolo idrogeologico

Con le modifiche introdotte con la L.R. 2.1.2003 n° 1 alla Legge Forestale della Toscana (L.R. 21.3.2000 n° 39) e dal Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 8.8.2003) dal 1° Gennaio 2004 sono state trasferite dalle Province ai Comuni alcune delle competenze relative alle autorizzazioni alla trasformazione dei boschi e dei suoli. In particolare nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del Titolo I, Capo I del R.D. n. 3267/1923 sono soggetti a specifica autorizzazione comunale la trasformazione della destinazione d'uso dei terreni attuata per la realizzazione di edifici, manufatti edilizi, opere infrastrutturali ed altre opere costruttive e la realizzazione di ogni opera o movimento di terreno non connessa alla coltivazione dei terreni agrari ed alla sistemazione idraulico-agraria e idraulico-forestale che possa alterare la stabilità dei terreni e la regimazione delle acque degli stessi. Il Consiglio Comunale, con la Deliberazione n° 47 del 22.7.04 ha approvato il Regolamento per la disciplina dell'organizzazione e dello svolgimento delle funzioni relative al Vincolo Idrogeologico e Forestale. Il DPGR del 5 maggio 2015, n. 53/R, infine, ha definito le modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 agosto 2003, n. 48/R (Regolamento Forestale della Toscana).

La zona in esame **non** rientra nelle aree a vincolo idrogeologico tuttavia la progettazione è stata, comunque svolta in maniera conforme a quanto stabilito nelle normative sopra riportate.

13.Terre e rocce di scavo

In ordine alle modifiche introdotte dal DM 161/2012 del 12/08/2012 riguardo la trattazione delle terre e rocce di scavo si riporta quando deliberato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare – Registro ufficiale Uscita Prot. 0036288-14/11/2012-ST

Oggetto: Richiesta di chiarimenti in merito al DM 161/2012 del 12/08/2012 da parte dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbra

I quesiti posti all'attenzione del Sig. Capo di Gabinetto sono sostanzialmente due: il primo, riguarda ***l'applicabilità del DM in oggetto ai materiali da utilizzare nel sito di produzione****, mentre il secondo, riguarda le così dette* ***"piccole quantità".***

In merito al primo quesito la risposta è intrinseca all'indicazione del campo di applicazione del decreto legislativo 152/06 e smi dal quale il "Regolamento" discende. Infatti l'art. 185, così come costituito dall'art13 del d.lgs n. 205 del 2010, norma "le esclusioni dal campo di applicazione" e al comma 1 lettera c) riporta: il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato.

Il DM 161/12 non tratta quindi il materiale riutilizzato nello stesso sito in cui è prodotto.

In merito al secondo aspetto, il DM in oggetto non ha trattato l'argomento in quanto l'art. 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 così come modificato dall'art.2, comma 45 bis, d.lgs n.4 del 2008 indicava la necessità di un diverso decreto in quanto: "Con successivo decreto, adottato dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con i Ministri delle infrastrutture e dei trasporti, delle attività produttive e della salute, è dettata la disciplina per la semplificazione amministrativa delel procedure relative ai materiali, ivi incluse le terre e le rocce da scavo, provenienti da cantieri di piccole dimensioni la cui produzione ***non superi i seimila metri cubi*** *di materiale nel rispetto delle disposizioni comunitarie in materia."*

La gestione e il riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi è, quindi, affidata alle disposizioni del D.Lgs 152/2006 e del D.Lgs. n.4 del 16 gennaio 2008 art. 186: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".

In particolare: *le terre e rocce da sc*avo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati all'interno dell'area di cantiere purché:

a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;
b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;
c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo, sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;
d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;
e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica;
f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non sia contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, e' consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183 del D.Lgs. 152/06.

Le terre e rocce da scavo relative al solo scavo delle fondazioni, qualora non utilizzate nel rispetto delle condizioni di cui al punto precedente, sono sottoposte alle disposizioni in materia di rifiuti del D.Lgs 152/06.

14.Viabilità pedonale

Il progetto prevede il ripristino di una viabilità pedonale, esistente, di collegamento tra la viabilità di lottizzazione e la strada Provinciale.

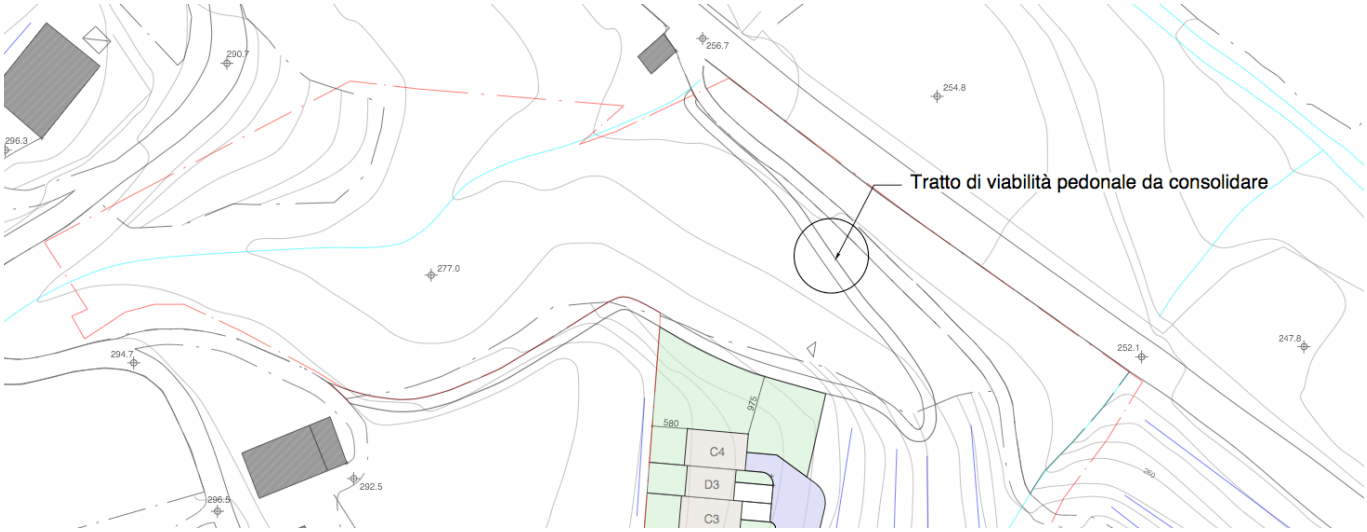
La viabilità presenta una larghezza media pari a 1,50 m. Attualmente il tracciato appare per lo più invaso dalla vegetazione e necessità:

Di interventi di ripulitura

- Sistemazione del fondo mediante modesti interventi di livellamento
- Del consolidamento , per circa 10 m di tracciato, mediante la posa in opera di gabbioni disposti in un unico ordine.

Tali interventi avranno lo scopo di regolarizzare l'ampiezza della strada a 1,50 m, migliorare il fondo e rendere sicura la sua percorrenza.

In alternativa alla realizzazione dei gabbioni possono essere realizzate opere d'ingegneria naturalistica (Palizzate, palificate e parete doppia, ecc.)



Tratto di viabilità pedonale da consolidare

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

15.Conclusioni

Nella presente relazione, si illustrano le indagini geologiche svolte di supporto al "Piano Attuativo in località Giampierone AT3.1 - Comune di Marliana (PT)" che prevede la realizzazione di fabbricati residenziali, parcheggi, viabilità e verde pubblico, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente in materia.

Le indagini sono consistite in uno studio geologico e idrogeologico della zona in cui ricade l'area oggetto di Piano Attuativo e di un suo intorno significativo, volto a definire il grado di pericolosità ambientale in ordine alle problematiche esaminate e la fattibilità geologica, sismica e idraulica degli interventi previsti supportato dalla seguente campagna geognostica condotta sull'area di intervento.

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto a profondità dal piano di campagna di 5 m;
- esecuzione di una prova SPT in avanzamento nel foro di sondaggio;
- esecuzione di 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte fino al rifiuto strumentale;
- realizzazione di stendimento sismico a rifrazione per la definizione dei parametri sismici sitospecifici.

La campagna geognostica ha avuto difficoltà d'esecuzione a causa del diniego da parte di proprietari al passaggio delle sonde. Tuttavia, come spiegato nel testo, siamo pervenuti a definire la positiva fattibilità geologica, sismica e idraulica degli interventi in progetto valutandone la stabilità globale e strutturale (terre rinforzare).

Sui versanti indagati non si sono rinvenute venute d'acqua, sorgenti o aree di ristagno che facciano presupporre una circolazione d'acqua ipogea d'importanza significativa. Tuttavia la presenza di specie vegetali igrofile (canneti) e, sopratutto la presenza di un'ampia area pianeggiante porta a ritenere che l'acqua, nel sottosuolo, sia un elemento da dover considerare specie per la porzione d'intervento che maggiormente si avvicina la versante occidentale.

La progettazione delle opere dovrà, pertanto, tenere nella massima considerazione la presenza di acqua nel terreno avendo cura di realizzare idonee opere di drenaggio che dovranno essere realizzate per una lunghezza tale da accompagnare le acque raccolte fino all'impluvio e/o in condizioni di sicurezza nei confronti di eventuali fenomeni erosivi.

L'apertura del cantiere dovrà essere preceduta da una nuova campagna geognostica costituita da almeno due sondaggi a carotaggio continuo per la definizione dell'esatta posizione del substrato lapideo da ubicare in asse alle sezioni AA e CC verificate nel presente lavoro.

Per quanto concerne la realizzazione dei fabbricati dovranno essere eseguite ulteriori indagini e valutazioni integrative coerenti con le indicazioni progettuali definitive e/o esecutive ad oggi non ancora esplicitate.

Pistoia aprile 2017

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Iscr. Albo Geologi Toscana n°644

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*

16.Allegato 1 : Tabulati prove penetrometriche

Dott. Geol. Andrea Bizzarri
Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714
bizzarri@dream-italia.it - *P. I. 0093120472*