

Corso Toscana, 3 - 58031 ARCIDOSSO
Tel. 0564967404 fax 1782220510 - Cell. 3356742263
E-mail: geoamiata@libero.it

**INDAGINE GEOLOGICA, GEOTECNICA E
GEOFISICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN
FABBRICATO DA ADIBIRE A CANTINA**

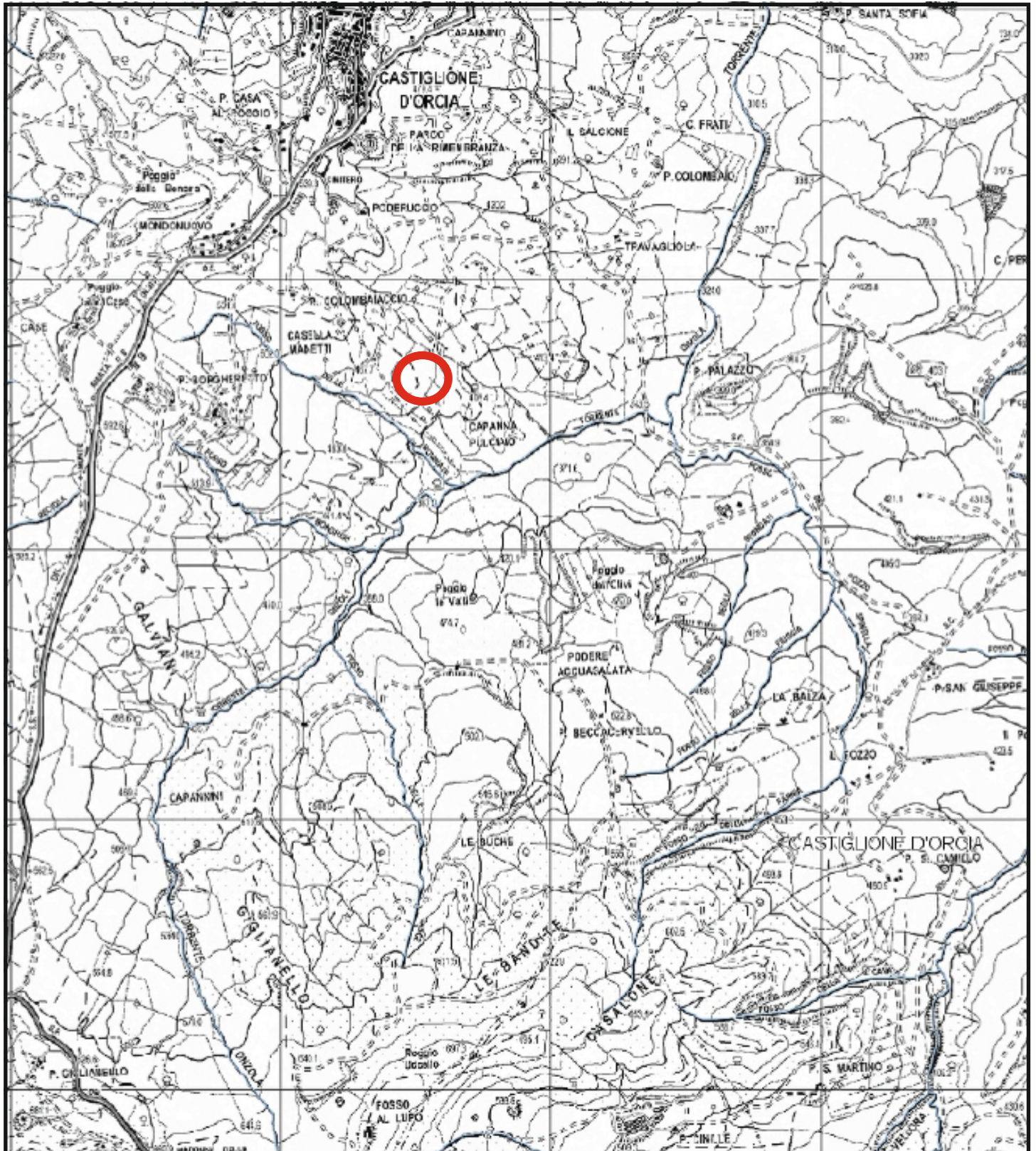
Committenti: **AZIENDA AGRARIA LA BANDITA DEI GRANAI**

Località: **Pulciaio**
Comune: **CASTIGLIONE D'ORCIA (SI)**

Incarico n.: **12/14**
Data: **MAGGIO 2014**

LOCALIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO DELLO STUDIO

Scala 1:25.000



1. PREMESSA

Nel presente lavoro si riferisce sulle risultanze di una indagine geologica e geotecnica, effettuata su richiesta e per conto della **Az. Agr. "La Bandita dei granai" di Mastroianni Antonio** su di un'area ubicata in agro del Comune di **CASTIGLIONE D'ORCIA**, non distante dalla **località Capanna Pulciaio**, dove si intende **costruire un fabbricato destinato a cantina aziendale**. Per i dettagli dell'intervento si rimanda alla prassi progettuale.

Le indagini sui terreni e le relative elaborazioni di carattere geologico e geotecnico vengono condotte sulla base della normativa vigente in materia, facendo riferimento alle norme e prescrizioni di cui **D.M. 14/01/2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni) e **Circolare Ministeriale 617/2009**, tenuto conto delle istruzioni tecniche per le indagini geologiche e geotecniche nelle zone soggette a rischio sismico, definite con **D.G.R.T. 431/2006 e succ. mod., di cui al D.P.G.R. 36/R/2009**, del "Programma Valutazione Effetti Locali" della Regione Toscana in applicazione della L.R. 56/1997, e delle condizioni di pericolosità e fattibilità definite dal **D.P.G.R. 26/R/2007**, di cui allo Strumento Urbanistico in vigore, in ottemperanza alle norme del P.T.C. della Provincia, e della L.R. 1/2005.

Inoltre la presente indagine è redatta ai sensi del regolamento di attuazione della **L.R. 39/2000** e succ. modificazioni di cui al **D.P.G.R. n.48/R/2003** per il rilascio del nullaosta del "**Vincolo idrogeologico**".

Il Comune di Castiglione d'Orcia è dotato di **un Piano Strutturale approvato secondo la normativa vigente**; ne consegue che la Pericolosità geologica, la Pericolosità idraulica e la Vulnerabilità della falda dell'area indagata sono già state classificate nelle indagini geologiche di supporto al vigente P.R.G.: in particolare l'area in oggetto è stata così classificata:

- in **Classe G.2 (Pericolosità MEDIA)** di Pericolosità geomorfologica;
- in **Classe I.1 (Pericolosità BASSA)** di Pericolosità idraulica;
- in **Classe VP15 (Pericolosità BASSA – COMPLESSI MARNOSI ED ARGILLOSI PRATICAMENTE PRIVI DI CIRCOLAZIONE SOTTERRANEA)** per la Vulnerabilità della falda.

I terreni esaminati si trovano circa 1 km a SE di Castiglione d'Orcia, ad una quota di 420 m s.l.m.; i terreni esaminati rientrano nel **Foglio N° 308 Sez. II – SAN QUIRICO D'ORCIA** - della nuova serie della Carta d'Italia in scala 1:25.000 dell'I.G.M..

I sopralluoghi per l'accertamento delle condizioni a base della presente relazione sono stati compiuti nel **Maggio 2014**. Lo studio, onde consentire la definizione di un quadro geologico e geomorfologico attendibile, è stato esteso alle zone limitrofe.

Si riportano all'interno della relazione:

- 1) **Ubicazione dell'area in esame in scala 1:25.000;**
- 2) **Carta geologica e geomorfologica in scala 1:5.000;**
- 3) **Carta della Pericolosità geomorfologica in scala 1:5.000 (stralcio da P.S. comunale);**
- 4) **Carta della Pericolosità idraulica in scala 1:5.000 (stralcio da P.S. comunale).**

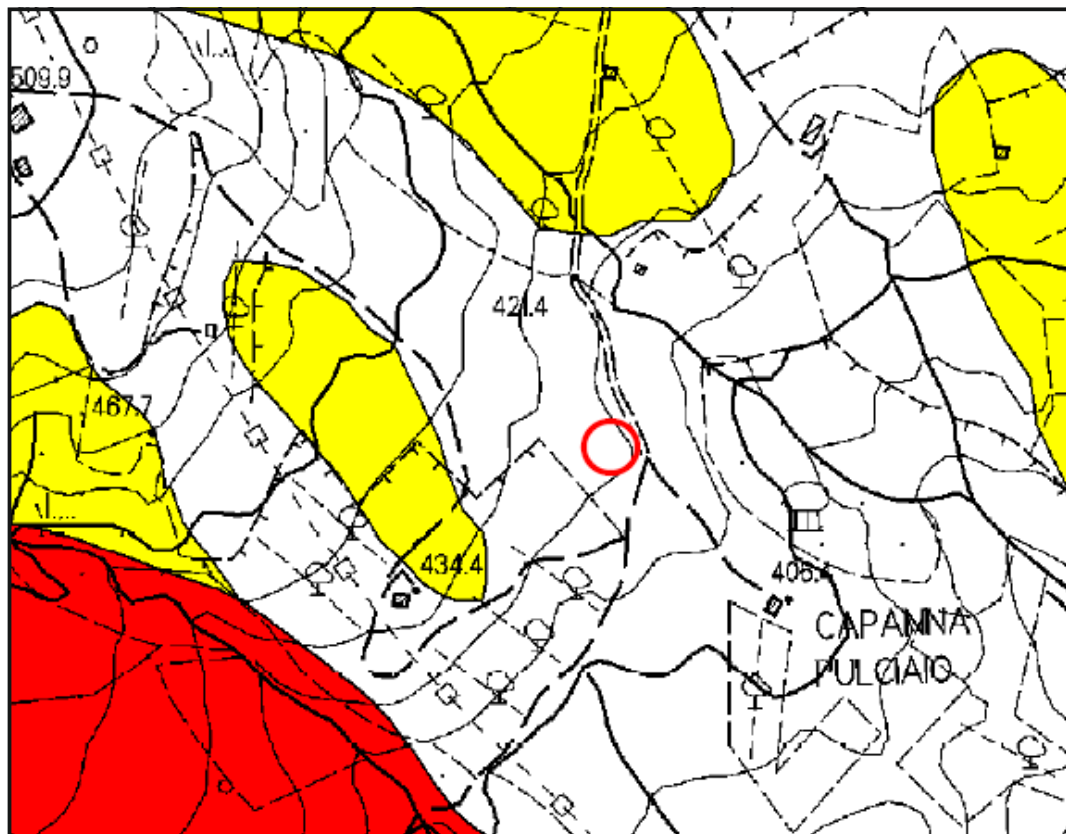
Si riportano in appendice:

- ***Indagine geofisica MASW;***
- ***Parametri sismici del sito;***
- ***Ubicazione ed elaborati delle prove penetrometriche dinamiche;***
- ***Verifica di stabilità del versante.***

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Stralcio da P.S.

Scala 1:5.000




LEGENDA

Pericolosità geomorfologica

CLASSI DI PERICOLOSITA'

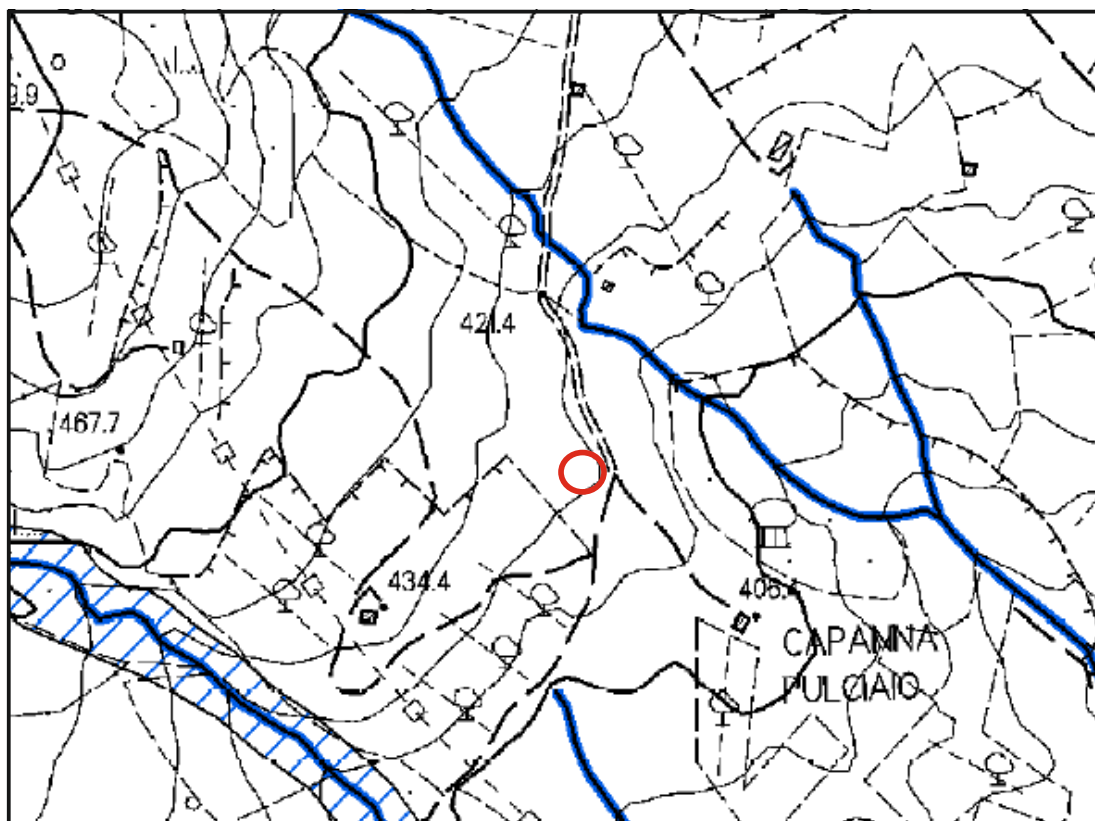
-  G.4 - Pericolosità geomorfologica molto elevata
-  G.3 - Pericolosità geomorfologica elevata
-  G.2 - Pericolosità geomorfologica media

 Area di intervento

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Stralcio da P.S.


Scala 1:5.000




LEGENDA

Pericolosità idraulica

CLASSI DI PERICOLOSITA'

 I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata

 I.3 - Pericolosità idraulica elevata

 I.1 - Pericolosità idraulica bassa

AREE DI PERTINENZA FLUVIALE (Art. 9 del P.A.I.)



RETICOLO IDROGRAFICO DEL P.A.I.



 Area di intervento

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 QUADRO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

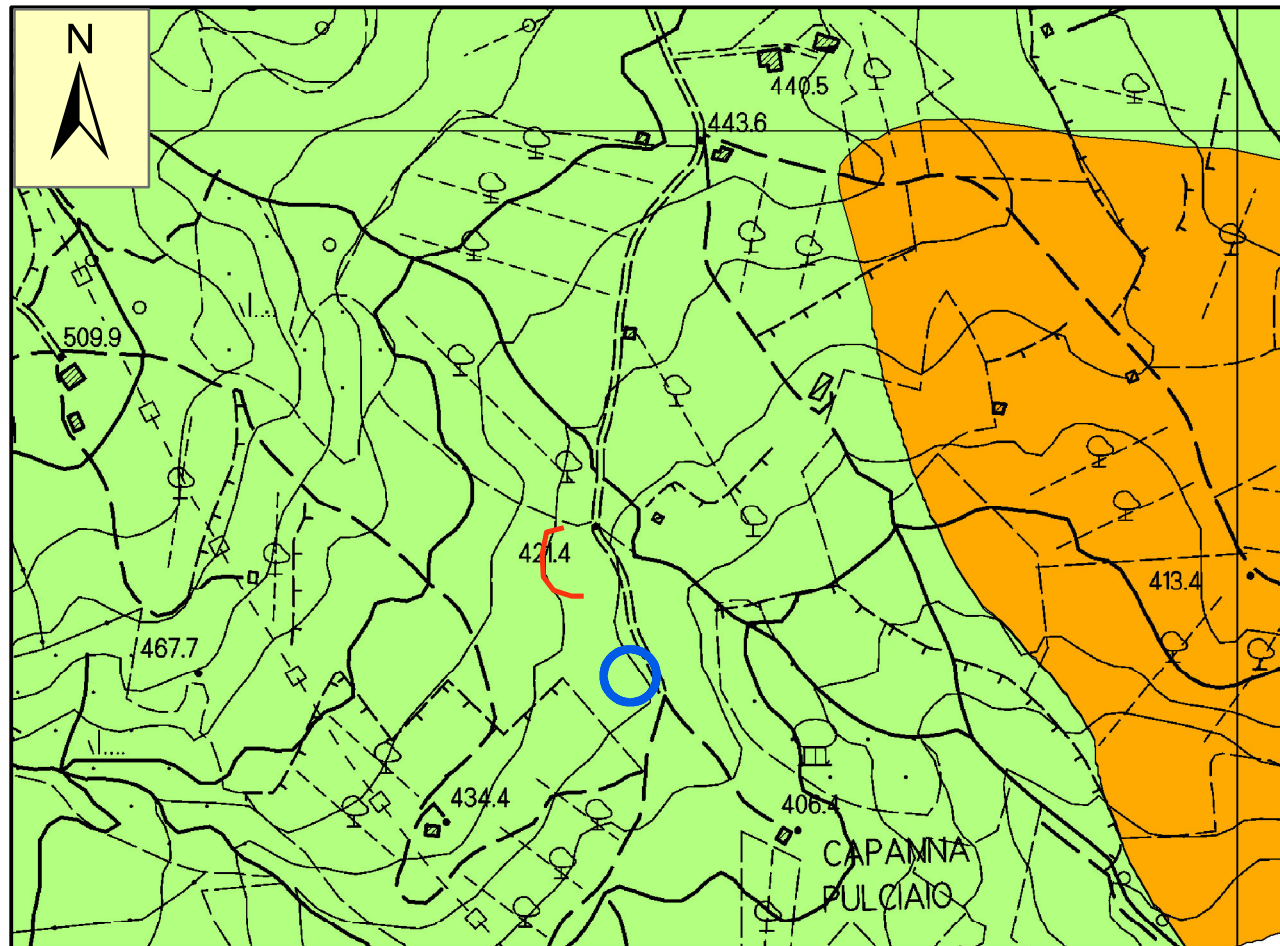
Nell'area studiata affiorano terreni ascrivibili a due distinte serie stratigrafiche: la "*Formazione di Santa Fiora*", un complesso flyscioide calcareo-arenaceo-argilloso di provenienza ligure di età cretacea superiore (circa 75 milioni di anni) e i "*Depositi neogenici*" di età pliocenica, qui rappresentati da termini conglomeratici.

La **storia geologica** della zona circostante il Monte Amiata è molto complessa, comprendendo eventi sedimentari e tettonici che si sono susseguiti tra il Mesozoico (Giurassico, 200 milioni di anni fa) ed il Quaternario recente (150 mila anni fa), gli stessi che hanno dato vita al corrugamento ed al sollevamento della Catena appenninica. Senza addentrarci troppo nella ricostruzione di questa storia, dobbiamo comunque tenere presente che i Complessi geologici presenti nell'area amiatina provengono da bacini di sedimentazione distinti e con caratteristiche paleoambientali diverse (*Domini paleogeografici*) ed oggi si trovano tettonicamente sovrapposti l'uno sull'altro. Sulla base dei rapporti di giacitura dei vari complessi e delle caratteristiche sedimentologiche delle rispettive successioni, si ritiene oggi che essi provengano da tre diversi Domini che all'inizio del Cretaceo (150 milioni di anni fa) dovevano succedersi da Ovest verso Est, all'interno dell'oceano ligure - piemontese (un braccio dell'**Oceano Tetide**), nel seguente modo: **Dominio ligure**, **Dominio austroalpino** (o *Dominio ligure esterno e sub-ligure*), **Dominio toscano**.

I vari domini paleogeografici sopraelencati dopo la chiusura dell'oceano (Eocene, 45 milioni di anni fa) e la successiva **collisione continentale Europa - Africa**, hanno subito un raccorciamento con conseguente accavallamento dei terreni più occidentali su quelli più orientali: queste unità tettoniche oggi, sovrapposte l'una sull'altra, formano l'ossatura della Catena appenninica. A queste unità si sovrappongono, nell'area amiatina, sia sedimenti di origine lacustre e marina di età mio-pliocenica (tra i 10 ed i 2 milioni di anni fa), sia **rocce vulcaniche** legate all'attività pleistocenica (300.000 - 150.000 anni fa) del Monte Amiata.


CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000





Legenda


DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

 Conglomerati marini poligenici

DOMINIO LIGURE ESTERNO

 Argilliti grigio bruno e calcilutiti (Cretaceo sup.)

 Nicchia di distacco attiva

 Area di intervento

L'ossatura del versante sul quale sorgerà il fabbricato oggetto dell'intervento è costituita da **un complesso caotico di materiali argillosi a struttura scagliosa**, derivanti dalla parte argillosa della "**Formazione di Santa Fiora**", appartenente al Dominio Austroalpino. Litologicamente tale formazione è rappresentata da una facies argillitica e marnoscistosa con rare intercalazioni di calcari. I rapporti quantitativi tra i vari litotipi sono alquanto variabili; localmente sembra prevalere nettamente gli argilloscisti che a luoghi presentano la tendenza a sfaldarsi in piccole e sottili laminette, assumendo colori variabili dal **rosso vinaccia al grigio**. Anche questa formazione risulta caratterizzata da un **assetto strutturale caotico** che testimonia il forte scompaginamento subito durante la fase di compressione che ne determinò la messa in posto. La componente lapidea risulta costituita, soprattutto superficialmente dove più intensa è stata l'azione delle acque circolanti, da elementi litoidi di natura calcarea e calcareo-marnosa inglobati in matrice argillosa come trovanti di dimensioni e forme variabilissime.

Su tale complesso poggiano, a valle del Podere in oggetto, **depositi marini pliocenici** costituiti sia dalla parte più fina (**argille**) che dalla porzione più grossolana (**conglomerati**); il versante sul quale si interverrà si trova, infatti, al margine occidentale della parte più meridionale del **grande bacino marino** che, durante il **Pliocene**, occupava gran parte della Toscana a Sud dell'Arno. Verso la fine del Miocene (Tortoniano Sup. - Messiniano) nella Toscana meridionale, per collassi post-orogenici, si formarono delle **depressioni separate da due importanti dorsali** allungate prevalentemente secondo direzioni NO-SE: la più occidentale era quella "**medio toscana**" (Jano - Roccastrada - Monti Leoni), l'altra, spostata verso oriente, era la dorsale **Seggiano - Montalcino**.

L'inizio della trasgressione marina nella depressione venutasi a creare ad oriente della dorsale Seggiano-Montalcino (depressione che comprende anche l'area di studio) ebbe luogo all'inizio del **Pliocene Inferiore**, allorché una fase tettonica distensiva provocò un abbassamento della depressione, che si veniva individualizzando come una vera fossa tettonica in rapida subsidenza (Val di Chiana, Siena, Radicofani, F. Tevere). Successivamente, nel **Pliocene medio**, si verificò un **generale sollevamento** della regione con definitiva emersione della regione posta a Sud dell'allineamento **Montalcino-**

Pienza-Montepulciano che si può considerare come spartiacque tra un bacino senese settentrionale ed un bacino senese meridionale (**GELMINI** - *Studio fotogeologico del bacino neogenico senese*. Boll. Soc. Geol. It. n° XCIII - 1974). Tale sollevamento decretò la chiusura della sedimentazione nel bacino meridionale, mentre nella parte settentrionale seguì una nuova ingressione testimoniata dai depositi del Pliocene superiore. Il modello al quale si può ricondurre la forma del bacino neogenico senese è quella di un "**graben**", analoga, pertanto, nelle sue linee generali, a quella di molti altri bacini neoautoctoni toscani. Si tratta di un bacino delimitato longitudinalmente da faglie appenniniche molto più sviluppate lungo la sponda orientale rispetto a quella occidentale e scomposto in tronconi da fasci di faglie a direzione antiappenninica e E-O che hanno provocato nell'insieme un progressivo abbassamento dei blocchi andando da Sud verso Nord.

La profondità raggiunta dal mare pliocenico nella Toscana meridionale è stata indubbiamente modesta: **SESTINI** (*Il mare pliocenico della Toscana meridionale*, 1930) limita quella massima a **200 metri**, mentre in prossimità delle rocce antiche (Monte Cetona e Monte Amiata pre-vulcanico) sarebbe stata inferiore ai 50 metri. Dato che lo spessore della serie è, però, certamente notevole, arrivando nella zona di Radicofani a sfiorare i 350 metri, dobbiamo ammettere che l'accumulo della grande quantità di materiale detritico grossolano, fornito dai rilievi dell'Amiata e del Cetona, sia stato compensato da un'**intensa subsidenza**. Dobbiamo inoltre tenere presente che nel senese (Val d'Orcia e Val di Paglia) la trasgressione pliocenica avanzò in una zona costituita per la massima parte da argille scagliose e perciò, dopo la formazione dei primi sottili livelli di ciottoli e sabbie, la regione alimentatrice, formata da materiale facilmente erodibile, fornì solo **grandi quantità di argille**, le stesse che in breve tempo colmarono tutto il bacino. La definitiva regressione del mare si verificò in tempi brevi sul finire del Pliocene Medio.

L'assetto stratigrafico dell'area è quindi molto semplice e prevede, dall'alto verso il basso:

- **Coltri detritiche**
- **Depositi pliocenici (argille e conglomerati)**
- **Flysch dell'Unità di Santa Fiora**

2.2. ASPETTI IDROGEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

L'area destinata all'intervento in oggetto si localizza ad una quota di 420 m s.l.m. su di un versante a moderata acclività (**localmente inferiore al 10 %**) rivolto verso Est in sinistra idrografica del **Torrente Onzola** che scorre in direzione Sud-Nord al piede del versante, a quote di circa 70 metri più in basso e ad una distanza di oltre 400 m. Morfologicamente il paesaggio è estremamente vario, con valli ed impluvi che separano piccoli rilievi collinari. Questi ultimi in generale presentano dei pendii poco accentuati, tipici del paesaggio collinare che quasi sempre corrisponde nelle nostre zone ad un substrato prevalentemente argilloso e marnoso, tenero e facilmente modellabile. Le pendenze più accentuate sono da collegarsi a fenomeni di erosione selettiva: dove il substrato è più litoide e/o prevale la facies conglomeratica dei depositi marini, gli agenti erosivi incontrano maggiore resistenza e il terreno assume forme lievemente più aspre.

Durante i sopralluoghi effettuati si è riscontrata la presenza di una **frana di scoscendimento** ben localizzata e definita ubicata nella cartografia riportata all'interno della presente relazione. Anche alla luce di tale evidenza si sono eseguite in una area piuttosto estesa (idonea dal punto di vista urbanistico, paesaggistico ed ambientale ad ospitare la costruenda struttura) **quattro prove penetrometriche DPSH**, con lo scopo dichiarato di ottenere informazioni sulla stratigrafia locale che potessero orientare l'ubicazione della struttura. **Ubicazione ed esito delle indagini sono riportate in appendice.**

Le stratigrafie che si desumono dalle quattro prove eseguite **indicano come localizzazione più favorevole quella corrispondente alla P.P. 2.**

Anche se l'esito della P.P.4 ha fornito indicazioni non dissimili dalle prove 1 e 3 ci sentiamo di escludere l'ubicazione in tale area in quanto posta poco a valle della frana di scoscendimento segnalata. L'ubicazione in tale area comporterebbe anche onerose opere di stabilizzazione del movimento franoso incombente.

Risulta possibile anche l'ubicazione in corrispondenza delle prove 1 e 3 anche se con la presente relazione, alla luce di quanto affermato in precedenza, si procederà alla parametrizzazione del terreno in corrispondenza della prova 2.

In definitiva l'assetto morfologico nell'area interessata dalla prova penetrometrica 3 risulta stabile.

Da un punto di vista **idrogeologico** la zona di intervento è caratterizzata dalla **assenza di importanti serbatoi idrici**: la formazione argilloso-litoide che costituisce l'ossatura del versante sul quale si interverrà può essere considerata a grandi linee a **permeabilità bassa**, con grado di permeabilità condizionato dalla maggiore o minore presenza della componente litoide. Infatti le fratture e le diaclasi che caratterizzano il litotipo marnoso determinano delle vie di facile penetrazione delle acque, mentre le intercalazioni argillose creano ostacoli alle infiltrazioni idriche che talvolta si arrestano a livelli superficiali. **Discreta è invece la permeabilità della formazione conglomeratica** presente nei dintorni del fabbricato, anche se la limitata estensione impedisce la formazione di un acquifero di una qualche importanza.

2.3. Verifica P.A.I.

E' stato verificato che l'area in esame non ricada all'interno di quelle ad elevato rischio idraulico e idrogeologico così come indicato dalla **Legge 267/98** (meglio conosciuto come "**Decreto Sarno**" poichè emanato a seguito delle calamità naturali che colpiscono la Campania) che prevede misure per la prevenzione del rischio. A tale scopo è stato esaminato il **Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Ombrone**, adottato con **Del. G.R. n.1239/2004**; l'area in oggetto non ricade all'interno delle aree a rischio elevato e molto elevato, **per cui non è soggetta a misure di salvaguardia come indicato negli artt. 5, 6, 13 e 14 delle Norme del Piano suddetto.**

2.4. ASPETTI SISMO-TETTONICI

Con l'entrata in vigore della nuova normativa sismica (**D.M. 14/01/2008**), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire da una “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della vigente normativa devono essere definiti i seguenti parametri:

- ◆ a_g accelerazione orizzontale massima del sito
- ◆ F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accel. orizz.
- ◆ T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accel. orizz.

Tali valori devono essere espressi in funzione del periodo di riferimento VR per l'azione sismica della costruzione in oggetto; nel caso specifico, classe dell'edificio II, $VR \geq 50$ anni.

Per la definizione del tipo di suolo è stata realizzata in situ una prospezione sismica con acquisizione dei segnali per la definizione della Vs30 con metodologia MASW. I metodi di esecuzione e l'ubicazione dell'analisi sono riportati in appendice alla presente relazione. Il valore del parametro Vs30, calcolato secondo la formula prevista dalla normativa vigente riguardo al rischio sismico, lungo la zona investigata dal profilo MASW, è risultato di 380 m/s (valore stimato con tecnica MASW).

Sulla base di tali valori il terreno di fondazione investigato rientra nella **classe B** della OPCM n.3274 del 20/03/2003 relativa al rischio sismico e successive modifiche ed integrazioni.

Categoria	Descrizione sottosuolo
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} 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 terreno a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Indagine geologica e geotecnica per la costruzione di un fabbricato da destinare a cantina aziendale in località Capanna Pulciaio (Comune di CASTIGLIONE D'ORCIA)

Categoria	Descrizione sottosuolo
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_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ 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)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ 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.

Infine deve essere presa in considerazione la **situazione topografica locale**; per condizioni superficiali semplici può essere adottata la tabella 3.2.IV che di seguito viene riportata.

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

Riassumendo, il **tipo di suolo** presente è quello indicato con la **lettera B** nella tabella soprastante; la **superficie topografica** rientra in **categoria T1**.

Si riportano in allegato i **parametri sismici** relativi al sito in esame.

3. MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1. CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

La caratterizzazione geognostica del terreno deriva dalla esecuzione di **indagini geognostiche nell'area di cantiere**, rappresentate dalla prova penetrometrica dinamica n. 2 eseguita con penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI ubicata come da **planimetria allegata**; si allegano in appendice i **grafici delle prove**. La prova 2, quella realizzata in corrispondenza del sito destinato alla costruenda struttura è stata spinta sino a profondità di 3,20 metri ed ha mostrato una sostanziale omogeneità verticale del terreno sino alla profondità di 2 m (coltre detritica superficiale), a partire da tale



profondità si assiste ad un progressivo aumento della consistenza dei terreni che alla profondità di 3,2 m dal piano di campagna (termine della prova) assumono valori da substrato.

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} . Pertanto, a partire dai dati di cui si è detto, correlati in primis con N_{spt} , si è giunti alla definizione dei parametri geotecnici sia della coltre, presente sino alla profondità di circa 2,00 metri, sia del substrato; **quest'ultimo potrà rappresentare il terreno fondale della costruzione in oggetto, appoggiando la fondazione ad una profondità di almeno 2,60 metri dall'attuale piano di campagna.**

Di seguito si riporta la tabella rappresentativa dei valori attribuiti ai due terreni.

PARAMETRI	Valori CARATTERISTICI COLTRE SUPERFICIALE	Valori CARATTERISTICI SUBSTRATO
Gamma (t/m ³)	1,380	1,830
Gamma Saturo (t/m ³)	1,870	1,940
c' (kg/cm ²)	0,00	0,86
Angolo di attrito interno ϕ	28°	10°
Modulo edometrico (kg/cm ²)	-	54,64
Modulo di Poisson	-	0,33

3.2. VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE

La verifica di stabilità sul versante in oggetto è stata eseguita con il **Metodo di BISHOP** per una sezione caratteristica dell'area di intervento, utilizzando i parametri geotecnici indicati nel paragrafo precedente. **La verifica è stata eseguita nelle condizioni attuali, di progetto ed anche intermedia, considerate analoghe a quelle di progetto,** tenendo conto dei **parametri sismici caratteristici del sito**, del tipo di **suolo** presente e di un sovraccarico derivante dalle strutture in progetto pari a 1,50 kg/cmq. I valori dei parametri geotecnici sono stati ridotti applicando i coefficienti di cui alla **Tabella 6.2.II, colonna M2** delle NTC 2008. **La verifica ha fornito un coefficiente di sicurezza per il cerchio critico pari a 1,16 nelle condizioni attuali e 1,25 nelle condizioni di progetto, a condizione di sostenere con adeguata struttura opportunamente drenata la scarpata che si verrà a formare a monte dell'edificio in oggetto; in alternativa potrà essere lo stesso fabbricato opportunamente dimensionato a sostenere la scarpata alle sue spalle.**

I calcoli e la sezione della verifica sono riportati in **appendice** alla presente relazione.

4. CONCLUSIONI

Nella presente indagine si è analizzata la situazione geotecnica e sismica di un'area all'interno della quale verrà realizzato un fabbricato destinato a cantina aziendale:

- l'intervento in progetto verrà realizzato su di un versante la cui ossatura risulta formata un complesso caotico di materiali argillosi a struttura scagliosa, derivanti dalla parte argillosa della "Formazione di Santa Fiora";
- per quanto riguarda gli aspetti sismici, in ossequio al D.M. 14.01.08, attraverso anche una **prospezione sismica** con acquisizione dei segnali per la definizione della V_{s30} con metodologia MASW, sono state individuate la **pericolosità sismica di base** e le **categorie di sottosuolo (B)** e **topografiche (T1)** del sito, dalle quali sono stati determinati i relativi parametri e coefficienti sismici, riportati in allegato;
- la caratterizzazione geotecnica del terreno deriva dall'esecuzione da una serie di **prove penetrometriche dinamiche in situ**;
- le prove hanno messo in luce la presenza di una **coltre detritica di spessore variabile** che ricopre la formazione litoide del substrato; i valori dei terreni sono riportati al paragrafo 3.1 della relazione;
- è stata verificata la **stabilità del versante** nelle condizioni attuali, di cantiere e di progetto: la verifica ha fornito un coefficiente di sicurezza per il cerchio critico critico pari a 1,16 nelle condizioni attuali e 1,25 nelle condizioni di progetto, a condizione di sostenere con adeguata struttura opportunamente drenata la scarpata che si verrà a formare a monte dell'edificio in oggetto;
- la realizzazione di quanto in progetto non richiederà la creazione di opere provvisorie per garantire la stabilità dei terreni durante l'esecuzione dei lavori;
- il terreno derivante dall'individuazione dei piani fondali sarà sistemato nelle aree adiacenti all'edificio, occupando le aree leggermente depresse, senza mai superare lo spessore di 30 cm, per non alterare l'equilibrio geomorfologico del versante

Indagine geologica e geotecnica per la costruzione di un fabbricato da destinare a cantina aziendale
in località Capanna Pulciaio (Comune di CASTIGLIONE D'ORCIA)

- l'individuazione del piano di fondazione dei manufatti determinerà approfondimenti importanti rispetto al piano di campagna: pertanto **sarà assolutamente necessario realizzare accurati drenaggi delle strutture parzialmente controterra e prevederne l'allaccio alla rete drenante naturale.**

Alla luce di quanto sopra si dichiara, **l'intervento FATTIBILE da un punto di vista geomorfologico, idrogeologico e geotecnico.**

Provvedimenti più circostanziati saranno eventualmente concordati con la Direzione dei Lavori con il procedere dell'intervento.

Il Geologo

ARCIDOSSO, maggio 2014

APPENDICE

- ***Indagine geofisica MASW***
- ***Parametri sismici del sito***
- ***Elaborati delle prove penetrometriche dinamiche***
- ***Verifica di stabilità del versante***

1 PREMESSA

Nel presente rapporto è descritta l'indagine di Multichannel Spectral Wave Analysis (MASW), finalizzata alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 m di suolo (V_{s30}). In seguito i sismogrammi misurati sono stati elaborati per mezzo del software Geopsy e Dinver. Tale elaborazione è stata orientata dalla conoscenza della locale situazione geologica e stratigrafica, ed anche dagli esiti di altre indagini di tipo sismico realizzate in contesti geologici simili (nell'allegato 1 viene mostrata l'ubicazione della prova).

2 INDAGINE MASW

2.1 Cenni teorici sul metodo utilizzato

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un metodo d'indagine geofisica, sviluppato e diffuso negli ultimi dieci anni circa e prevede, come le più comuni tecniche sismiche di indagine del sottosuolo (rifrazione P e S), l'energizzazione del terreno e la successiva registrazione delle onde generate con un array lineare di geofoni. La particolarità di questa indagine è che utilizza le onde superficiali, in particolare quelle di Rayleigh, per definire il profilo della V_s nel sottosuolo. Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di compressione (P), le onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV) e la superficie libera

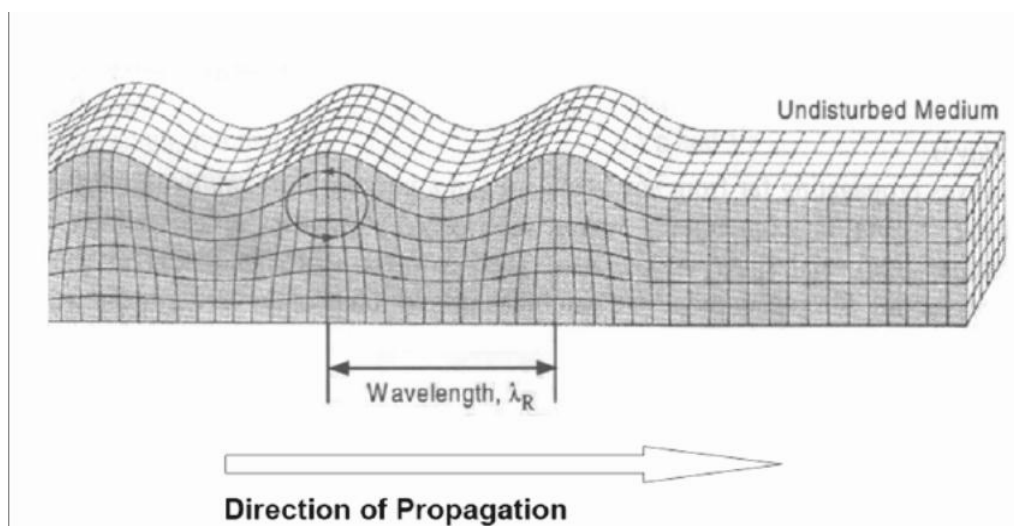


Fig.1: Schema onda superficiale di Rayleigh

Le onde di Rayleigh hanno un moto ellittico retrogrado (Fig.1) ed hanno velocità di poco inferiore a quelle delle onde S infatti in mezzi omogenei e elasticamente lineari:

$$V_R = 0.91 \cdot V_S$$

La caratteristica fondamentale delle onde di Rayleigh è che, in terreni disomogenei, sono soggette al fenomeno della dispersione ovvero la loro velocità di propagazione varia con la frequenza di oscillazione. Sapendo inoltre che le frequenze di oscillazione più basse esplorano porzioni più profonde di terreno (Fig 2) si può, tramite un opportuno formalismo matematico, “trasformare” la curva di dispersione estrapolata dai sismogrammi misurati, in un profilo di Vs attendibile. Questo rende la tecnica MASW uno strumento d’indagine molto potente per definire il profilo delle Vs e quindi la Vs30.

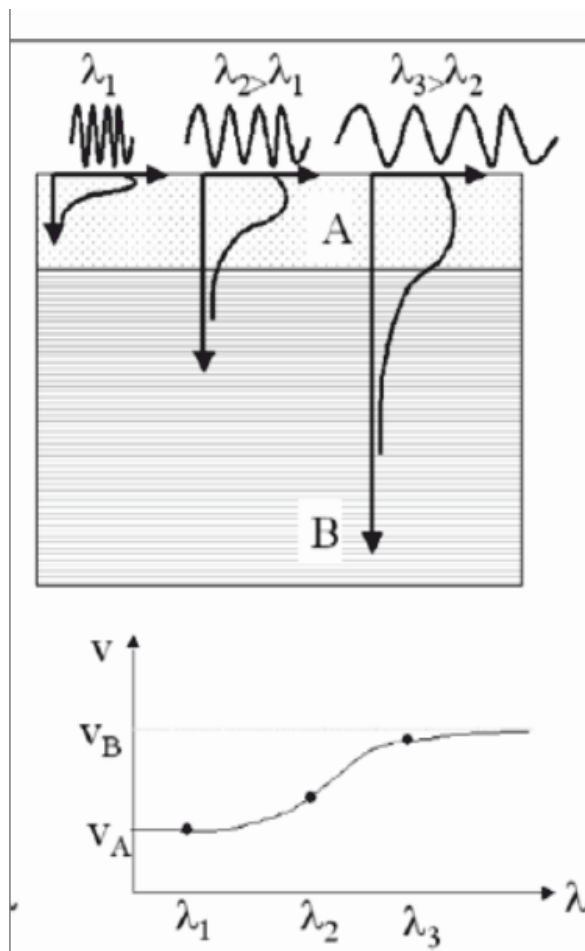


Fig.2: curva di dispersione della velocità delle onde superficiali

I vantaggi di questa tecnica sono la possibilità di individuare le inversioni di velocità, la maggiore sensibilità alle proprietà meccaniche dei terreni, il più alto rapporto tra

profondità raggiunta e la lunghezza dello stendimento e l'applicabilità in contesti con alto rumore ambientale ed antropico. Gli svantaggi sono invece la mono-dimensionalità del risultato e la presenza di alcune assunzioni che ne restringono il campo di applicazione. Infatti la metodologia sarebbe applicabile solo in situazioni geologiche con geometrie piano-parallele; in realtà piccole inclinazioni sono tollerate, in quanto gli errori indotti ricadono all'interno dell'errore strumentale ed interpretativo. Un altro fenomeno a cui si deve prestare molta attenzione sono i modi di vibrazione superiore, ovvero la curva di dispersione può essere scomposta in un modo di vibrazione fondamentale e modi di vibrazione superiori, i quali sono generati da onde back scattered, onde riflesse e onde rifratte, molto influenzate dalla situazione geologica. Considerare oltre al modo di vibrazione fondamentale anche quelli superiori porta ad un forte miglioramento dei profili ottenuti, la difficoltà però spesso sta nell'individuare e distinguere i modi di vibrazione.

2.2 Analisi dei dati

L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh.

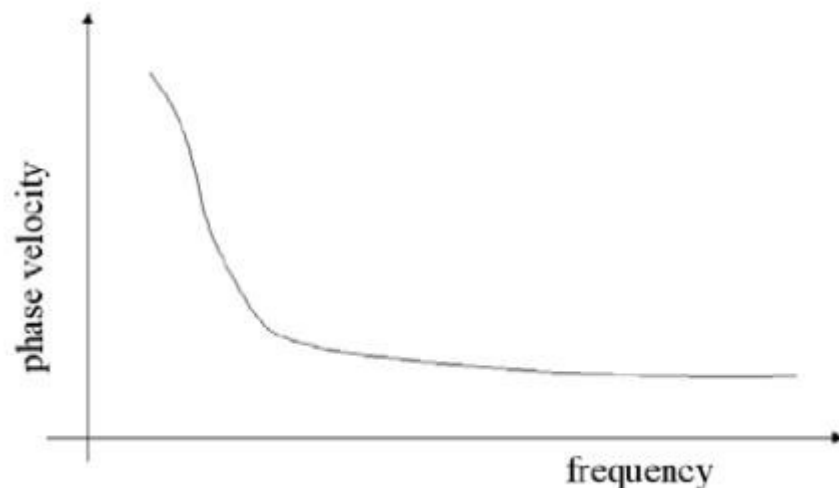


Fig.3: esempio di uno spettro di velocità

Il grafico frequenza-velocità di fase si ottiene, partendo dal sismogramma di campagna, attraverso l'applicazione di una doppia trasformata di Fourier alle tracce acquisite, prima nel dominio del tempo (tempo di campionamento-frequenza(f)) e quindi in quello dello spazio (spaziatura dei geofoni-numero d'onda(k)). Si ottiene così un diagramma, detto

spettro f-k, nel quale è evidenziato il modo in cui si distribuisce la densità di energia associata al segnale. Poiché già ad una piccola distanza dalla sorgente superficiale il contributo delle onde di volume all'energia totale diventa trascurabile, lo spettro f-k consente di far emergere la curva di dispersione delle onde di superficie (fig.3).

Essendo il numero d'onda k legato alla velocità di fase dalla relazione:

$$V_{\phi} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{k}$$

si può facilmente passare dallo spettro f-k al dominio f-v.

Nel caso di un terreno stratificato ricavare il profilo Vs dalla curva di dispersione è un problema fortemente non lineare, che non permette l'uso dei metodi classici d'inversione e deve essere quindi affrontato con i così detti metodi MonteCarlo. Quest'ultimi in linea generale prevedono la selezione di un profilo Vs iniziale da cui, risolvendo il problema diretto, viene ricavata la curva di dispersione la quale viene poi confrontata con la curva misurata. A questo punto si modifica leggermente il modello iniziale e si prosegue con

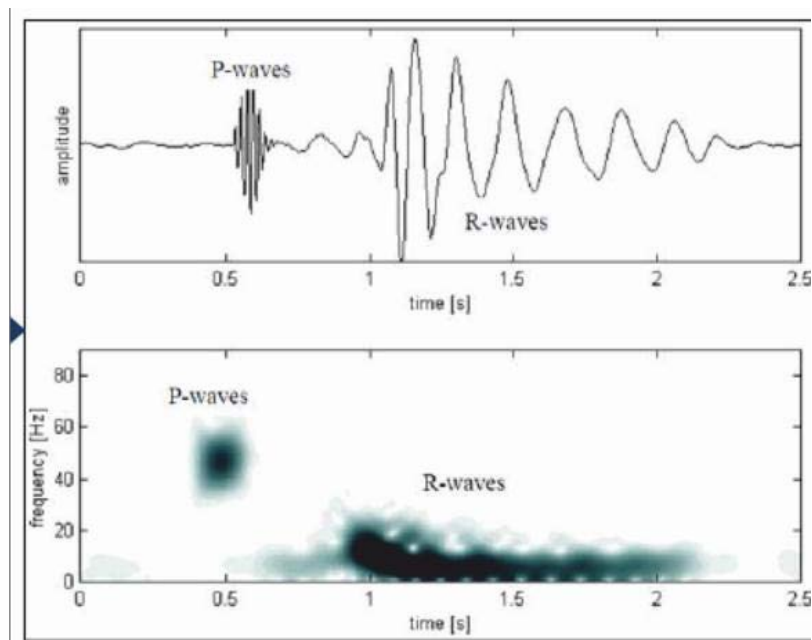


Fig.4: schema di un sismogramma con relativo spettro f-k

questo schema fino a trovare la curva di dispersione che meglio interpola la curva misurata.

Il D.M. 14.01.2008 propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, il metodo di Borchardt (1994) basato sulla stima del parametro V_{s30} . Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S

negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h(i)}{V(i)}}$$

Sulla base del valore calcolato di V_{s30} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è riportato al termine della presente relazione.

3 Strumentazione utilizzata

Il sistema usato per l'acquisizione è quello prodotto dalla SARA Electronic Instruments s.r.l ed è composto da:

- ✦ un sismografo a 12 canali
- ✦ 12 geofoni
- ✦ 1 geofono starter
- ✦ un'unità di testa

I geofoni hanno la sola componente verticale con una frequenza naturale di 4.5 hz e una sensibilità di 28 V/m/s .Il sismografo è costituito da 12 unità poste lungo il cavo sismico a distanze regolare; questa unità sono essenzialmente dei convertitori analogico-digitali SARA 16 bit, con filtro passa basso con 200 hz di frequenza di taglio e un filtro passa alto con frequenza di taglio posta a 2 hz. Il trigger, ovvero lo start della registrazione, viene dato attraverso il geofono starter. L'unità di testa, infine, non è altro che un'interfaccia tra i vari digitalizzatori posti lungo il cavo e il computer collegato ad essi. L'energizzazione del terreno è stata eseguita con un colpo di maglio da 6 kg su una piastra battente in PVC.

4 Risultati conseguiti

In questa sezione verranno descritte esaurivamente le metodologie utilizzate per l'acquisizione, il processing e l'inversione dei sismogrammi; verrà inoltre fornita una descrizione dell'attendibilità del risultato unita ad una breve interpretazione.

4.2 Acquisizione

Il sismogramma è stato acquisito ponendo una distesa lunga 24 metri con 12 geofoni ad interasse di 2m. Per evitare o diminuire gli effetti dati dall'aliasing spaziale si è deciso di utilizzare la tecnica dell'interlacciamento, che prevede l'energizzazione del terreno attraverso due diversi shot, posti ad una distanza tra loro pari alla metà dell'interasse tra i geofoni. Tramite questa tecnica è possibile simulare uno stendimento di 24 geofoni con interasse di 1 m. Sempre in fase di acquisizione, per incrementare il rapporto segnale rumore, si è deciso di energizzare tre volte nella stessa posizione e sommare i tre sismogrammi registrati in modo tale da attenuare il rumore non coerente. Quindi sono state effettuate 6 energizzazioni per lato da cui si è ricavato due sismogrammi con 24 canali. Un sismogramma di esempio è rappresentato in figura 5. Si è energizzato da entrambi i lati per controllare se è verificata la condizione di strati piani e paralleli, infatti se i profili di velocità delle onde S, dedotti dalle curve di dispersione registrate ai due estremi dello stendimento, dovessero venire molto diversi avremmo la prova che siamo in una situazione dove la piano parallelità non è verificata e quindi i nostri profili delle Vs avrebbero un significato puramente qualitativo e non darebbero nessuna informazione sul reale spessore e velocità del sismostrato.



4.3 Processing e picking

In questa sezione verrà brevemente descritta la sequenza di processing applicata al

sismogramma prima di effettuare l'inversione; il software usato per il processing è GEOPSY (GEOPhysical Signal processing). Per questo sismogramma la sequenza utilizzata è composta da due passi:

- Normalizzazione dell'energia delle tracce secondo l'inverso del quadrato della distanza
- Normalizzazione dell'energia dell'onda

il primo step serve per dare più valore alle tracce registrate ad una distanza maggiore rispetto al punto di energizzazione, affinché esse non vengano coperte del tutto dal segnale relativo alle tracce prossime al punto di battuta. Inoltre le tracce più lontane sono quelle che, in linea di massima, ci restituiscono i segnali più affidabili, in quanto quasi sicuramente soddisfano l'assunzione di fronte d'onda piano necessaria per la definizione di una curva di dispersione corretta. Il secondo passaggio normalizza lo spettro frequenza/velocità con il massimo dell'energia dello stesso, questo serve ad avere una visualizzazione nitida della curva di dispersione. Il passo finale del processing è quello di fare il picking della curva di dispersione che poi sarà esportata nel programma Dinver per poter essere invertita (allegato 2 e 3). Nell'area in esame entrambe le curve di dispersione presentano due diversi modi di vibrazione.

4.4 Inversione

L'inversione è stata effettuata attraverso il software Dinver presente nel pacchetto di Geopsy. Questo software utilizza il metodo del neighbourhood algorithm, che minimizza la funzione di errore tra la curva calcolata e quella misurata, attraverso una ricerca diretta nello spazio dei modelli. In parole semplici questo algoritmo genera un numero N_{s0} di modelli di V_{s0} iniziali. Risolvendo il problema diretto da questi modelli ricava una curva di dispersione che confronta con quella misurata e ne deduce un valore di misfit; di questi modelli seleziona quelli che hanno restituito il minor misfit e li varia minimamente generando nuovi N_s modelli di cui genera la curva di dispersione, calcola i misfit e così via. Il processo si conclude quando arriva al numero di iterazioni stabilito dall'operatore. La peculiarità di questo algoritmo è che cerca casualmente nello spazio dei modelli quello che meglio interpola i dati misurati, ma lo cerca seguendo uno schema, basato sulle celle

di Voronoi, che velocizza molto la ricerca e diminuisce la possibilità di cadere in minimi locali. La linea guida generale che si è seguito è quella di cercare sempre un buon compromesso tra capacità di ricerca del nostro algoritmo e tempi computazionali. Dalla curva di dispersione calcolata è possibile ricavare un profilo di velocità dell'onde S approssimato e quindi la V_{s30} . Nel caso in indagine è stato eseguito uno stendimento con orientazione NNO-SSE (vedi allegato 1 per ubicazione); da questo stendimento sono stati ricavati due sismogrammi da cui, attraverso i passaggi appena descritti, sono stati definiti due profili di velocità. I profili risultanti sono simili nella parte più superficiale dove entrambi presentano un primo livello con spessore compreso tra i 2 m e 4 m e una velocità di poco superiore ai 200 m/s, più in profondità i due profili tendono a differenziarsi leggermente, infatti il profilo B (allegato 3) mostra un livello con velocità di 330 m/s e spessore di 7 m seguito da un altro livello con V_s di 480 m/s e spessore indefinito, nel profilo A (allegato 2) invece, sotto al livello superficiale si ha un sismo-strato con velocità di 400 m/s e spessore di 14 m seguito da un livello con V_s di 800 m/s e spessore indefinito; queste differenze possono essere giustificate da un assetto geologico non perfettamente piano-parallelo e dalla presenza di una morfologia leggermente accidentata.

In ogni caso questa differenza tra i profili si riflette in maniera leggera sulla V_{s30} , infatti nel caso del profilo A la V_{s30} è di 430 m/s e nel profilo B la V_{s30} è di 380 m/s entrambe quindi definiscono un suolo di categoria **B**.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)	Nspt	Cu (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 360 800	>50	>250
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 180 360	>15 <50	>50 <250
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	< 180	<15	>70
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).	Fino a 20 m	C e D	C e D	C e D

CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO

S1	Depositati 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	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

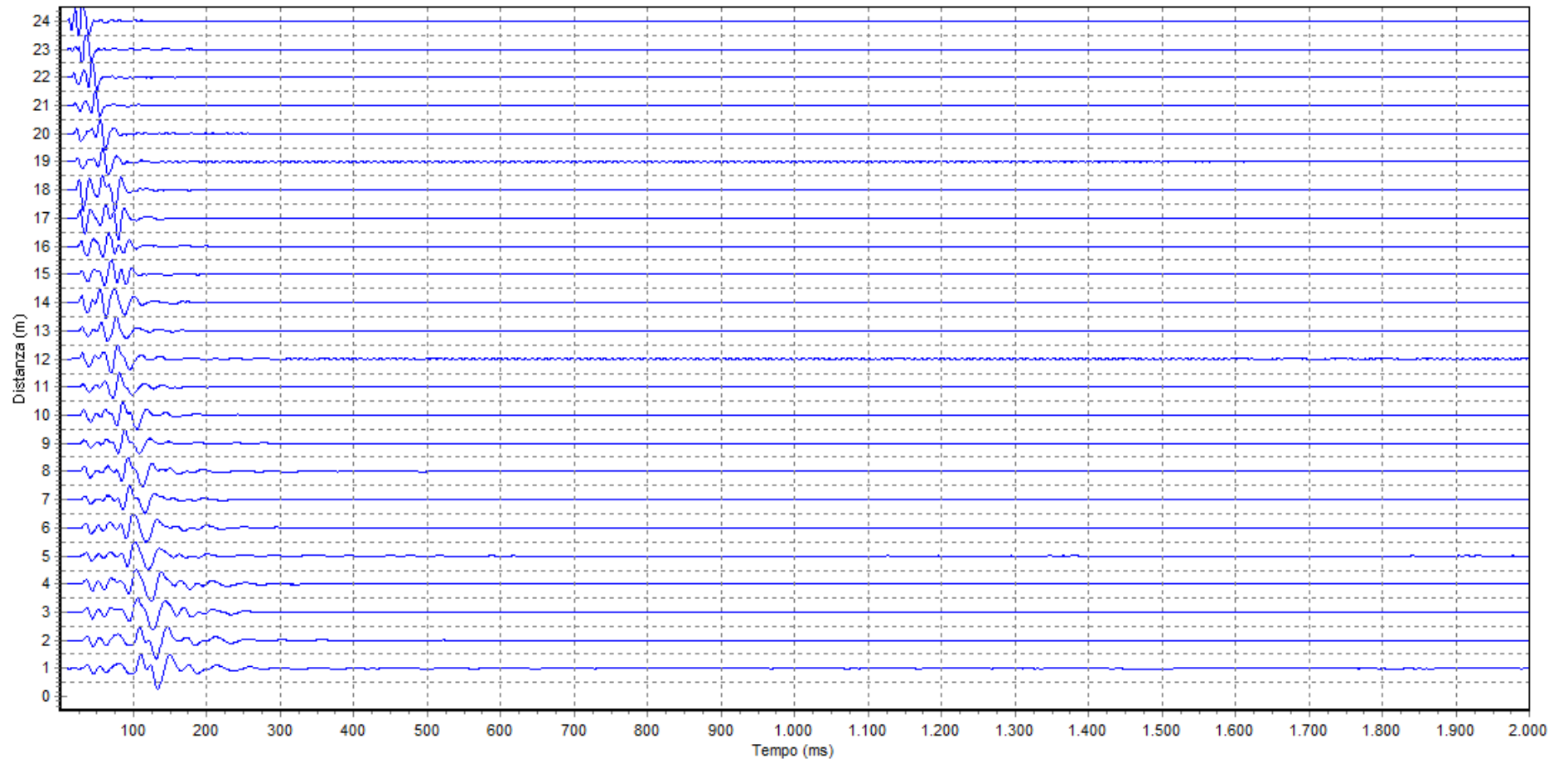
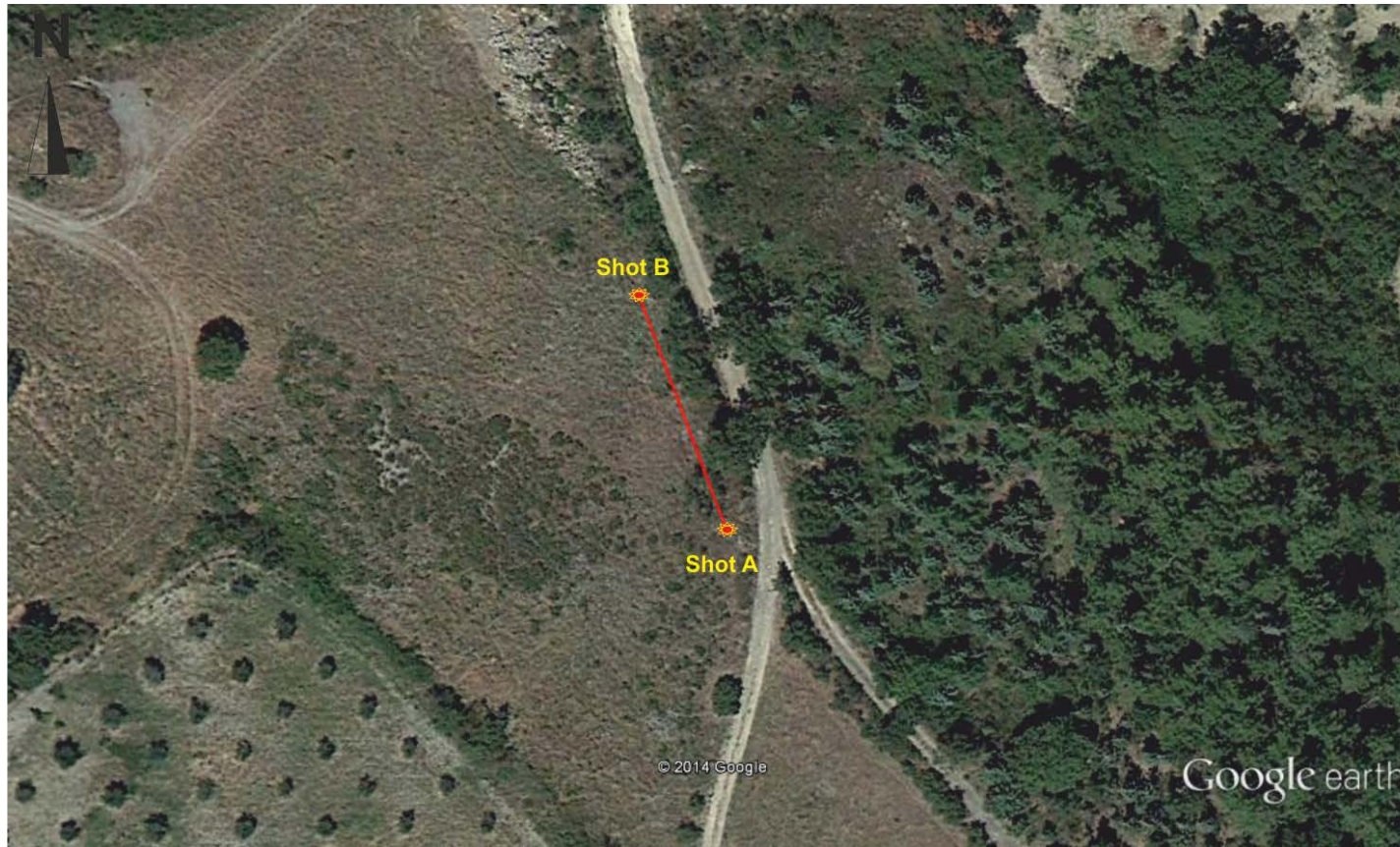


Fig.5: sismogramma registrato

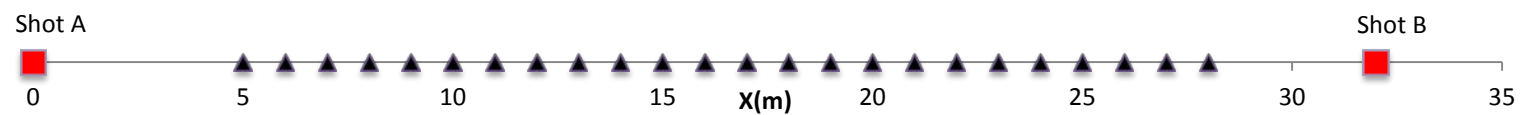
Multichannel Active Source Analysis località Castiglione D'orcia (SI)

Allegato 1: Schema di acquisizione



Schema acquisizione

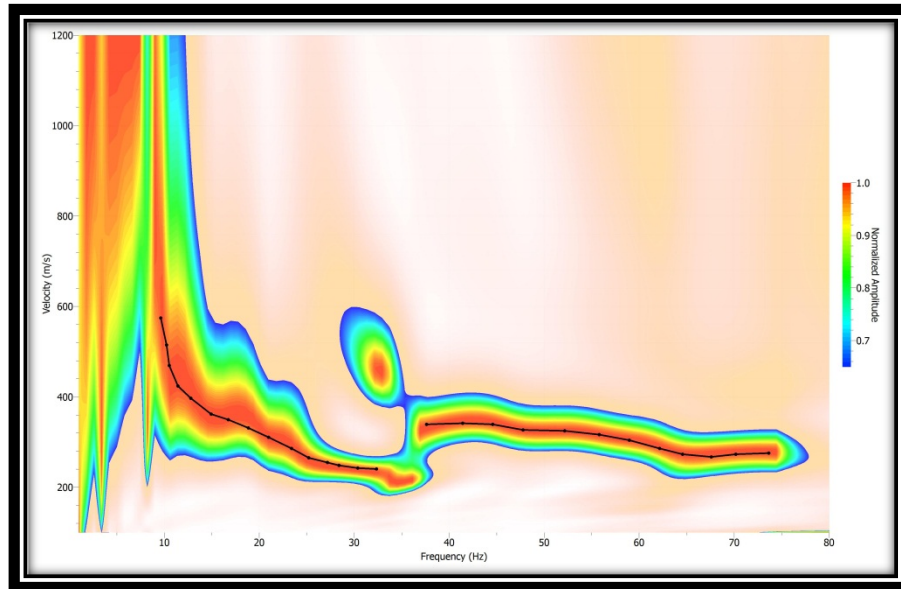
▲ Ricevitori ■ Sorgenti



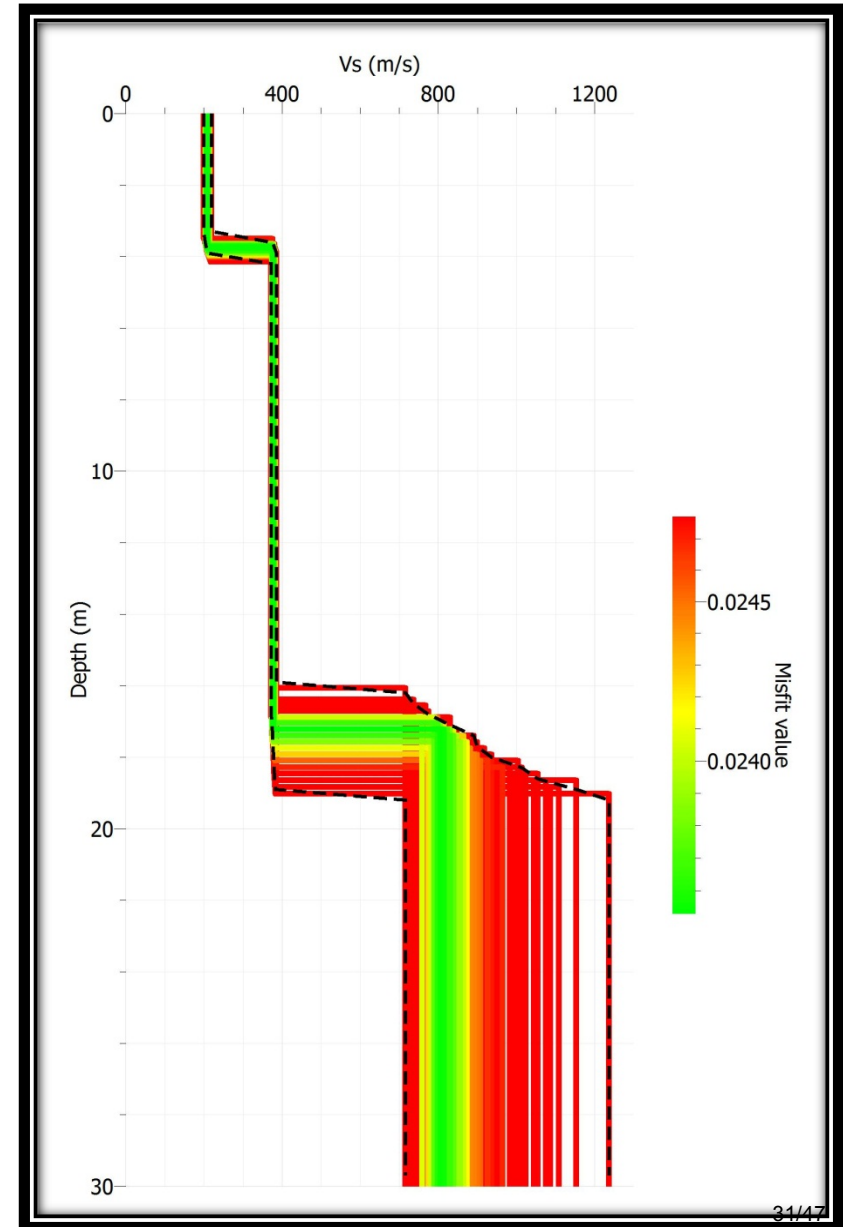
Multichannel Active Source Analysis località Castiglion D'orcia (SI)

Allegato 2: Stendimento shot A (vedi schema acquisizione)

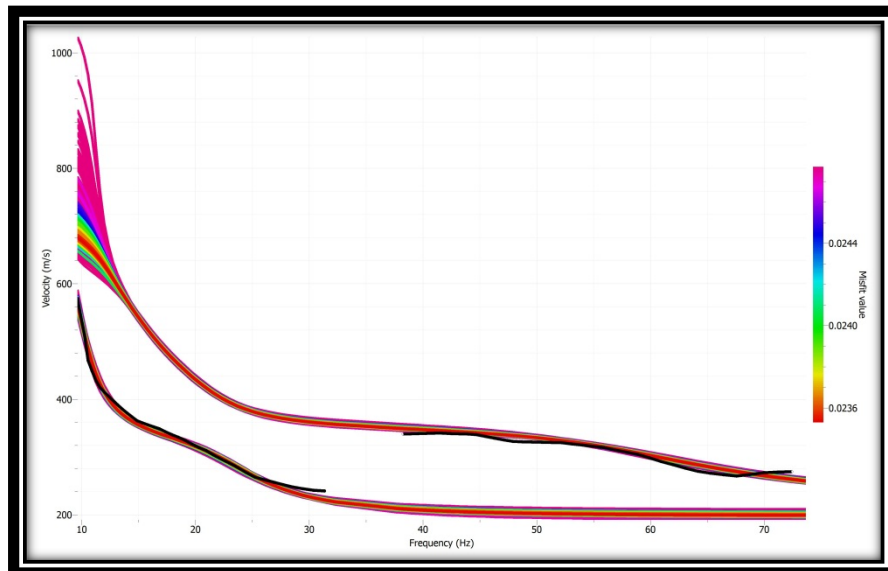
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA E RELATIVO PICKING



PROFILO Vs



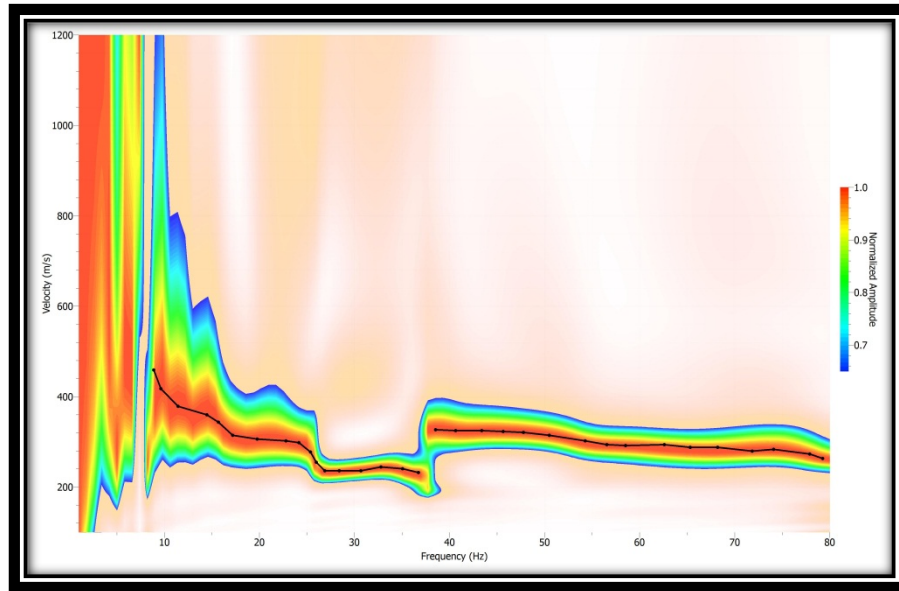
PICKING CURVA MISURATA (NERA) E CURVE DI DISPERSIONE INVERTITE



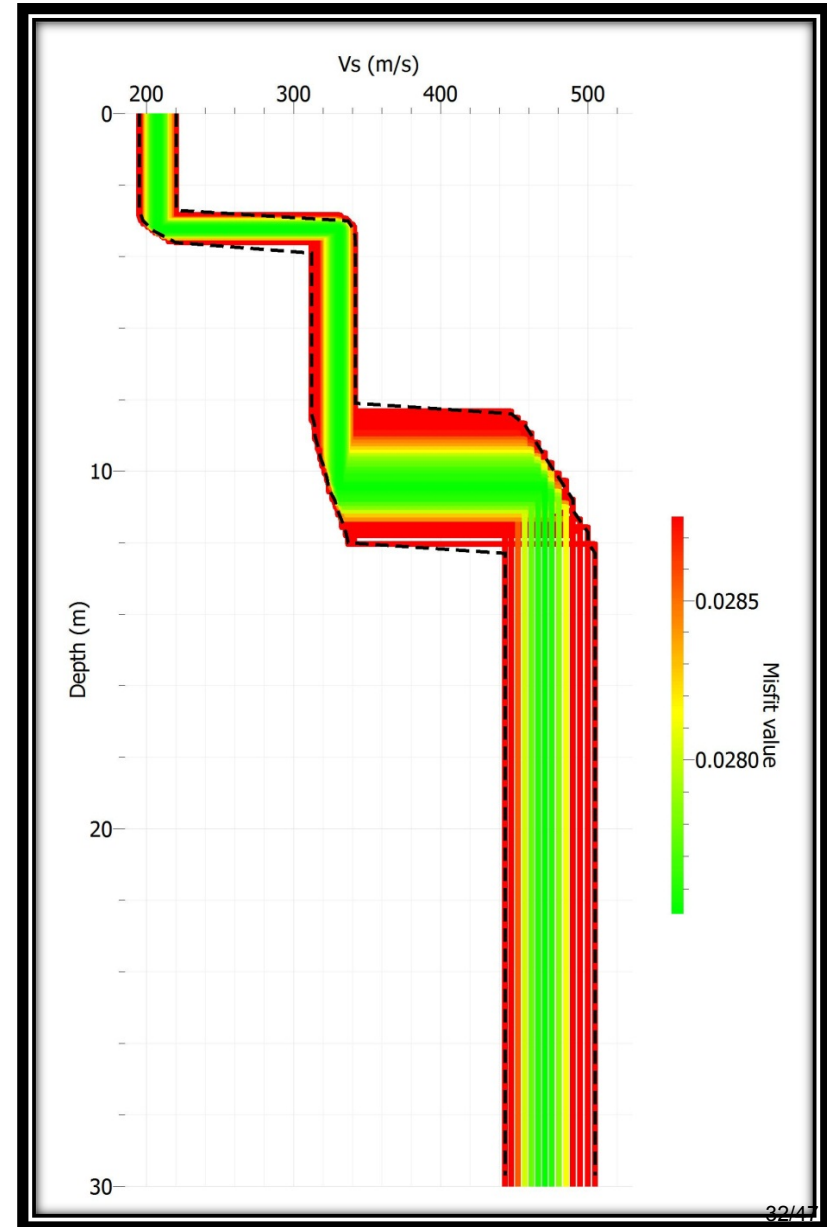
Multichannel Active Source Analysis località Castiglion D'orcia (SI)

Allegato 3: Stendimento shot B (vedi schema acquisizione)

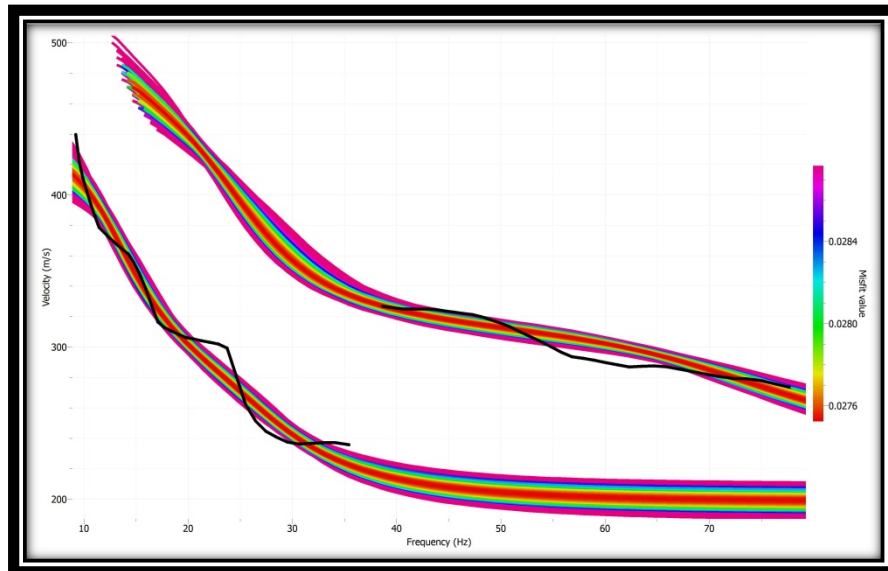
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA E RELATIVO PICKING



PROFILO VS



PICKING CURVA MISURATA (NERA) E CURVE DI DISPERSIONE INVERTITE



Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 42,996290 [°]

longitudine: 11,621009 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	23393	43,019050	11,575200	4503,3
Sito 2	23394	43,020160	11,643540	3225,1
Sito 3	23616	42,970170	11,645030	3500,5
Sito 4	23615	42,969060	11,576710	4706,7

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,049	2,506	0,248

Danno (SLD)	63	50	0,061	2,540	0,257
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,142	2,505	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,177	2,532	0,286

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,012	0,006	0,582	0,200
SLD	1,200	1,440	1,000	0,015	0,007	0,716	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,041	0,020	1,668	0,240
SLC	1,200	1,410	1,000	0,051	0,025	2,077	0,240

Geostru software - www.geostru.com

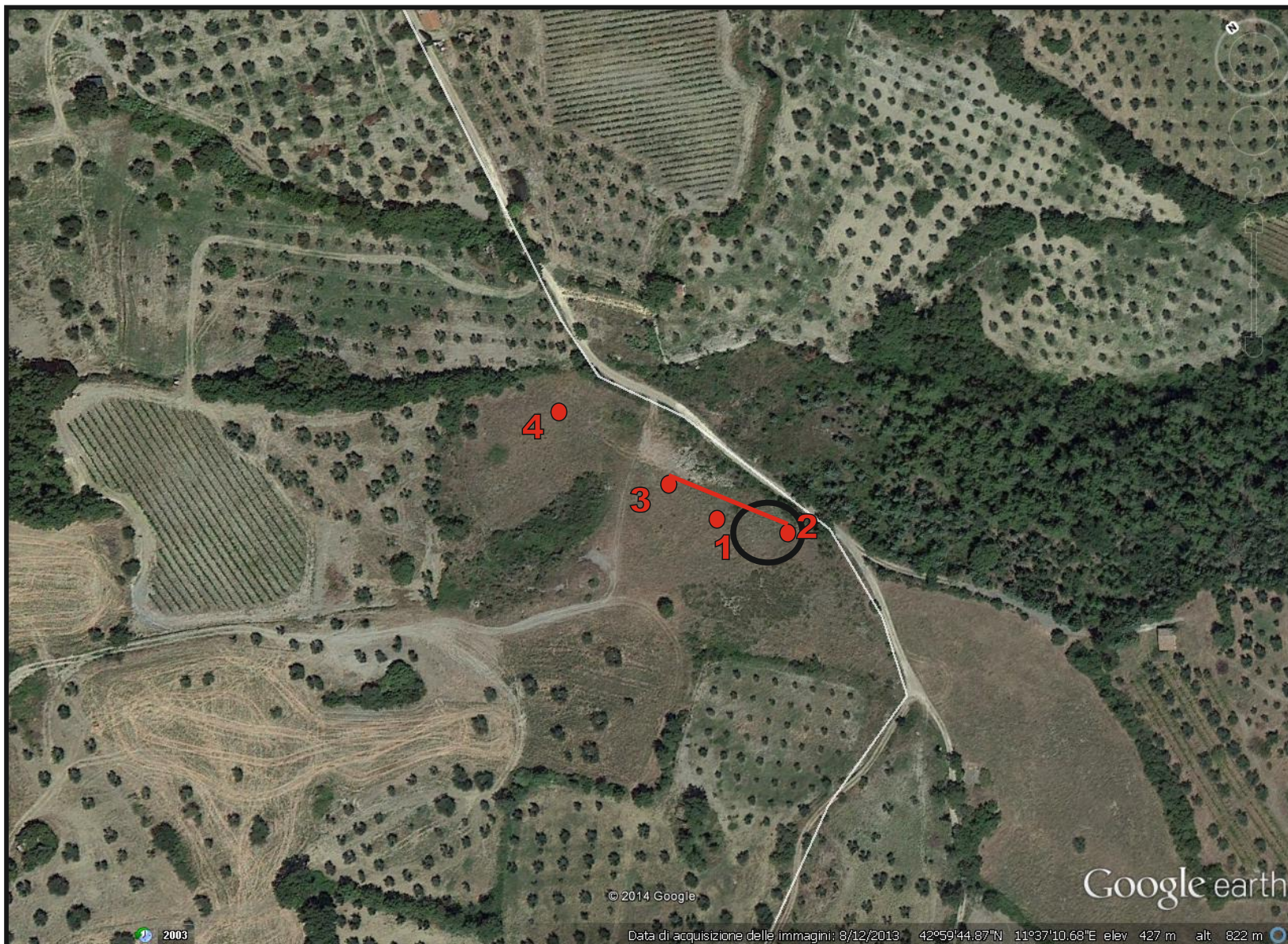
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI REALIZZATE

Legenda

4 ● Prove penetrometriche

— Prospezione sismica MASW

○ Area destinata all'intervento

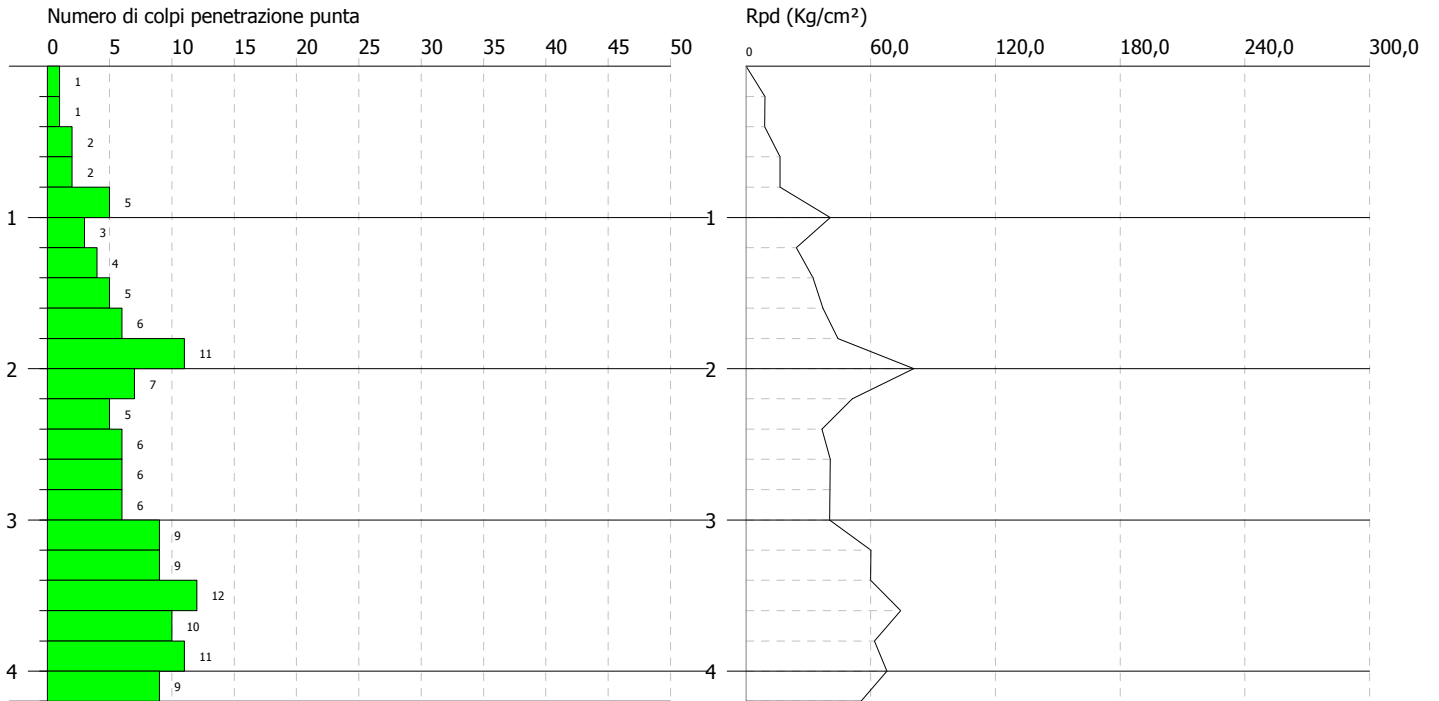


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Geoamiata s.a.s.
Cantiere:
Località: Loc. Pulciaio - Castiglione d'Orcia

Data: 05/05/2014

Scala 1:50

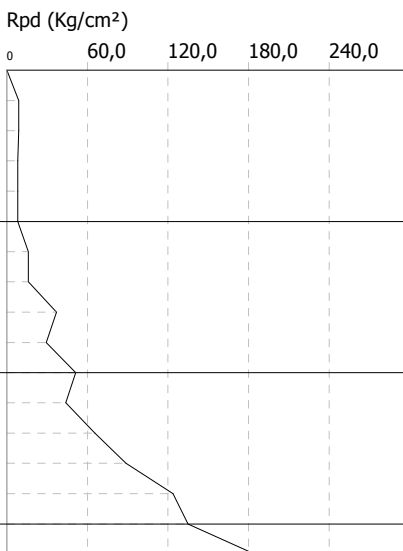
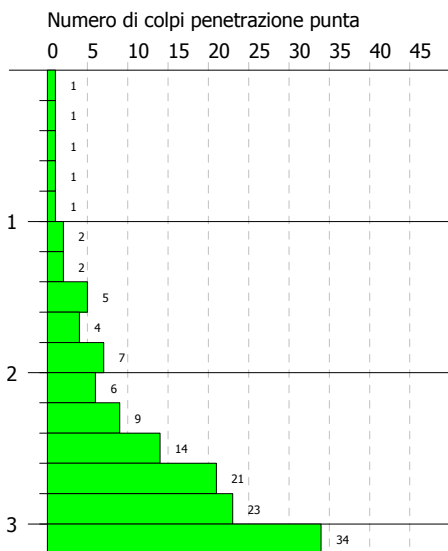


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Geoamiata s.a.s.
 Cantiere:
 Località: Loc. Pulciaio - Castiglione d'Orcia

Data: 05/05/2014

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica

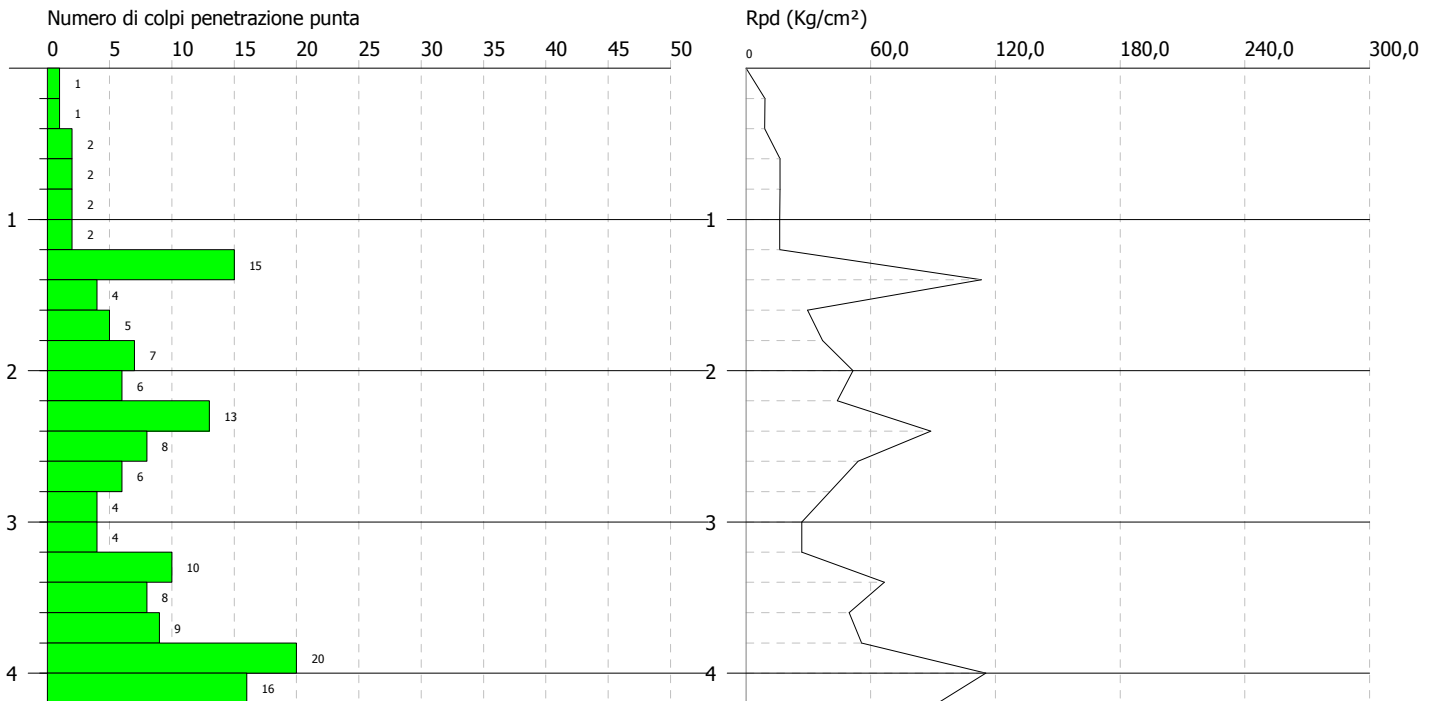
Stratigrafia	Profondità (cm)	Spessore (cm)	Caratterizzazione
1	0,00	20,0	
2	20,0	20,0	
3	40,0	20,0	
4	60,0	20,0	
5	80,0	20,0	
6	100,0	20,0	
7	120,0	20,0	
8	140,0	20,0	
9	160,0	20,0	
10	180,0	20,0	
11	200,0	20,0	2,0
12	220,0	20,0	
13	240,0	20,0	
14	260,0	20,0	
15	280,0	20,0	
16	300,0	20,0	
	320,0	20,0	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Geoamiata s.a.s.
Cantiere:
Località: Loc. Pulciaio - Castiglione d'Orcia

Data: 05/05/2014

Scala 1:50

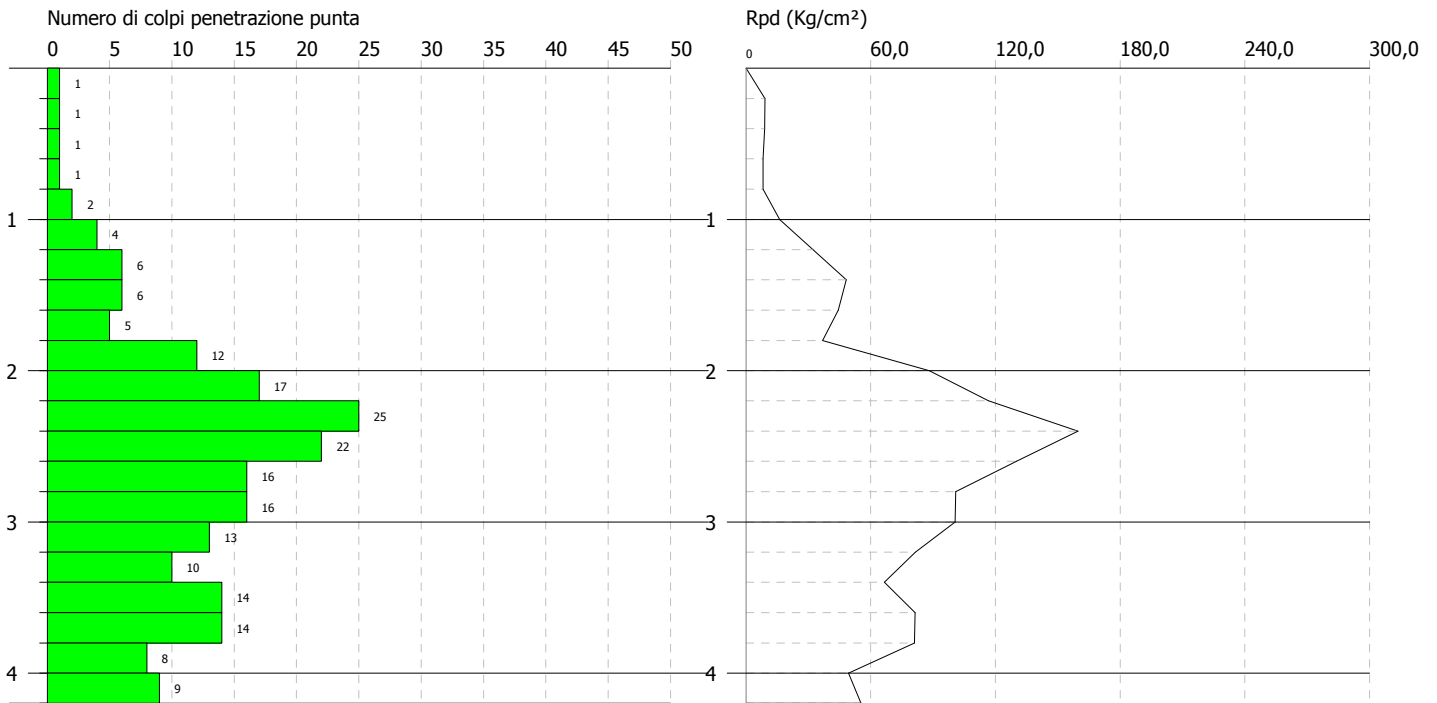


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Geoamiata s.a.s.
Cantiere:
Località: Loc. Pulciaio - Castiglione d'Orcia

Data: 05/05/2014

Scala 1:50



VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE

Condizioni attuali

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Capanna Pulciaio
Lat./Long.	42.995317/11.620047
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	439.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	147.35 m
Ordinata vertice destro superiore ys	478.63 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.48	2.51	0.25
S.L.D.	50.0	0.6	2.54	0.26
S.L.V.	475.0	1.39	2.51	0.28
S.L.C.	975.0	1.74	2.53	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.576	0.2	0.0117	0.0059
S.L.D.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.V.	1.668	0.24	0.0408	0.0204
S.L.C.	2.088	0.24	0.0511	0.0256

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.041
Coefficiente azione sismica verticale	0.02

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	410.0
2	20.0	413.0
3	50.0	417.0
4	64.89	421.28
5	68.02	421.19
6	72.2	423.44
7	100.0	425.0
8	149.88	431.2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0.08	408.02
2	57.49	416.19
3	81.42	421.25
4	127.13	426.7
5	149.88	428.84

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	407.6
2	14.51	409.19
3	28.71	410.94
4	42.32	412.3
5	55.36	414.86
6	63.33	417.19
7	71.5	419.72
8	83.56	421.28
9	95.42	421.28
10	111.76	422.44
11	128.49	424.0
12	150.0	426.76

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.00		28	1380	1870	0.00	Coltre superficiale
2	0.86		10	1830	1940	0.00	Substrato

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

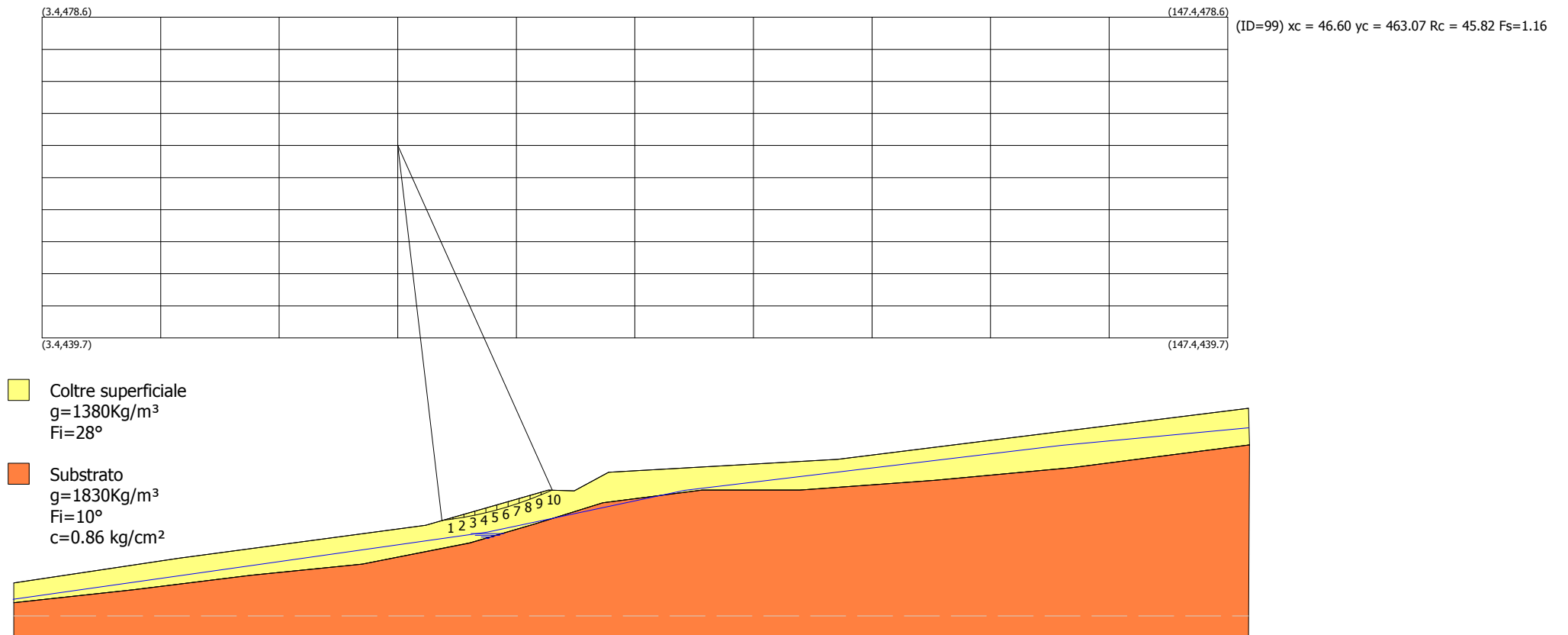
Fs minimo individuato	1.16
Ascissa centro superficie	46.6 m
Ordinata centro superficie	463.07 m
Raggio superficie	45.82 m

(ID=99) xc = 46.603 yc = 463.069 Rc = 45.819 Fs=1.162

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.34	7.6	1.35	200.26	8.21	4.01	0.0	23.0	0.0	193.5	64.4
2	1.34	9.3	1.36	545.16	22.35	10.9	0.0	23.0	0.0	523.9	174.3
3	1.34	11.0	1.36	814.78	33.41	16.3	0.0	23.0	0.0	779.7	259.4
4	1.34	12.7	1.37	1007.99	41.33	20.16	0.0	23.0	0.0	961.3	319.8
5	1.34	14.4	1.38	1123.37	46.06	22.47	0.0	23.0	0.0	1068.5	355.5
6	1.34	16.1	1.39	1159.07	47.52	23.18	0.0	23.0	0.0	1100.7	366.2
7	1.34	17.9	1.41	1113.22	45.64	22.26	0.0	23.0	0.0	1056.3	351.4
8	1.34	19.6	1.42	983.4	40.32	19.67	0.0	23.0	0.0	933.3	310.5
9	1.34	21.4	1.44	767.02	31.45	15.34	0.0	23.0	0.0	728.8	242.5
10	1.34	23.3	1.46	460.85	18.89	9.22	0.0	23.0	0.0	438.9	146.0

VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE - Metodo di Bishop

Condizioni attuali



VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE

Condizioni di progetto

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Capanna Pulciaio
Lat./Long.	42.995317/11.620047
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	439.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	147.35 m
Ordinata vertice destro superiore ys	478.63 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.48	2.51	0.25
S.L.D.	50.0	0.6	2.54	0.26
S.L.V.	475.0	1.39	2.51	0.28
S.L.C.	975.0	1.74	2.53	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.576	0.2	0.0117	0.0059
S.L.D.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.V.	1.668	0.24	0.0408	0.0204
S.L.C.	2.088	0.24	0.0511	0.0256

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.041

Coefficiente azione sismica verticale 0.02

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	410.0
2	20.0	413.0
3	50.0	417.0
4	64.89	421.28
5	68.02	421.19
6	67.99	417.97
7	76.85	417.97
8	76.98	423.66
9	100.0	425.0
10	149.88	431.2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0.08	408.02
2	57.49	416.19
3	81.42	421.25
4	127.13	426.7
5	149.88	428.84

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	407.6
2	14.51	409.19
3	28.71	410.94
4	42.32	412.3
5	55.36	414.86
6	63.33	417.19
7	71.5	419.72
8	83.56	421.28
9	95.42	421.28
10	111.76	422.44
11	128.49	424.0
12	150.0	426.76

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.00		28	1380	1870	0.00	Coltre superficiale	
2	0.86		10	1830	1940	0.00	Substrato	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	67.99	418.1	76.99	417.8546	1.5

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

Fs minimo individuato	1.25
-----------------------	------

Ascissa centro superficie	46.6 m
Ordinata centro superficie	463.07 m
Raggio superficie	46.49 m

(ID=101) xc = 46.603 yc = 463.069 Rc = 46.495 Fs=1.253

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.01	1.5	2.01	328.01	13.45	6.56	0.0	23.0	0.0	325.5	100.5
2	1.19	3.5	1.19	429.66	17.62	8.59	0.0	23.0	0.0	422.6	130.4
3	2.83	5.9	2.84	2270.72	93.1	45.41	0.0	23.0	0.0	2211.9	682.8
4	2.01	8.9	2.03	2659.54	109.04	53.19	0.0	23.0	0.0	2567.6	792.6
5	2.01	11.5	2.05	3255.74	133.49	65.11	0.0	23.0	0.0	3126.4	965.1
6	2.01	14.0	2.07	3597.35	147.49	71.95	0.0	23.0	0.0	3442.6	1062.7
7	2.01	16.6	2.09	3676.59	150.74	73.53	0.0	23.0	0.0	3513.2	1084.5
8	2.01	19.2	2.12	3483.82	142.84	69.68	0.0	23.0	0.0	3330.9	1028.2
9	2.01	21.8	2.16	3006.63	123.27	60.13	0.0	23.0	0.0	2882.3	889.7
10	2.01	24.5	2.2	1379.52	56.56	27.59	0.0	23.0	0.0	1329.0	410.2

VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE - Metodo di Bishop

Condizioni di progetto

