



COMUNE DI CASOLE D'ELSA

P.R.P. CASTELLO DI CASOLE

AREA PROBLEMA 3.3 "QUERCETO" ED AREE CORRELATE

VARIANTE 2018 P.D.R.

**INDAGINE GEOLOGICA AI SENSI DELLA L.R. N.1 DEL 3/01/2005 COME
DA REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ART. 62 IN MATERIA DI
INDAGINI GEOLOGICHE DI CUI AL D.P.G.R.T. N. 53/R DEL 25/10/2011**

REPORT INDAGINE GEOGNOSTICA

Richiedente:

Castello di Casole S.r.l.

Siena, marzo 2019

GEOSOL s.r.l.
Dott. Geol. Mauro Cartocci

GEOSOL s.r.l.

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

numero archivio:
6496a

1 PREMESSA

Con la presente nota si riportano i risultati dell'indagine geognostica effettuata a supporto della variante al Pdr del Castello di Casole in Località Querceto nel Comune di Casole d'Elsa consistente in :

- N. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, di cui uno attrezzato con tubazione Down-hole (già trasmesso con la presente relazione) .
- N. 9 SPT
- N. 1 misura down-hole.;
- N. 2 misure MASW
- N. 2 misure di Sismica a rifrazione in onde P
- N. 2 misure Tromometriche
- 1 verifica di stabilità del versante

L'ubicazione dell'indagine eseguita è riportata nella Figura 1.

I risultati delle indagini sopra descritte sono riportate ne seguenti allegati:

ALLEGATO 1: Stratigrafie e foto sondaggi geognostici

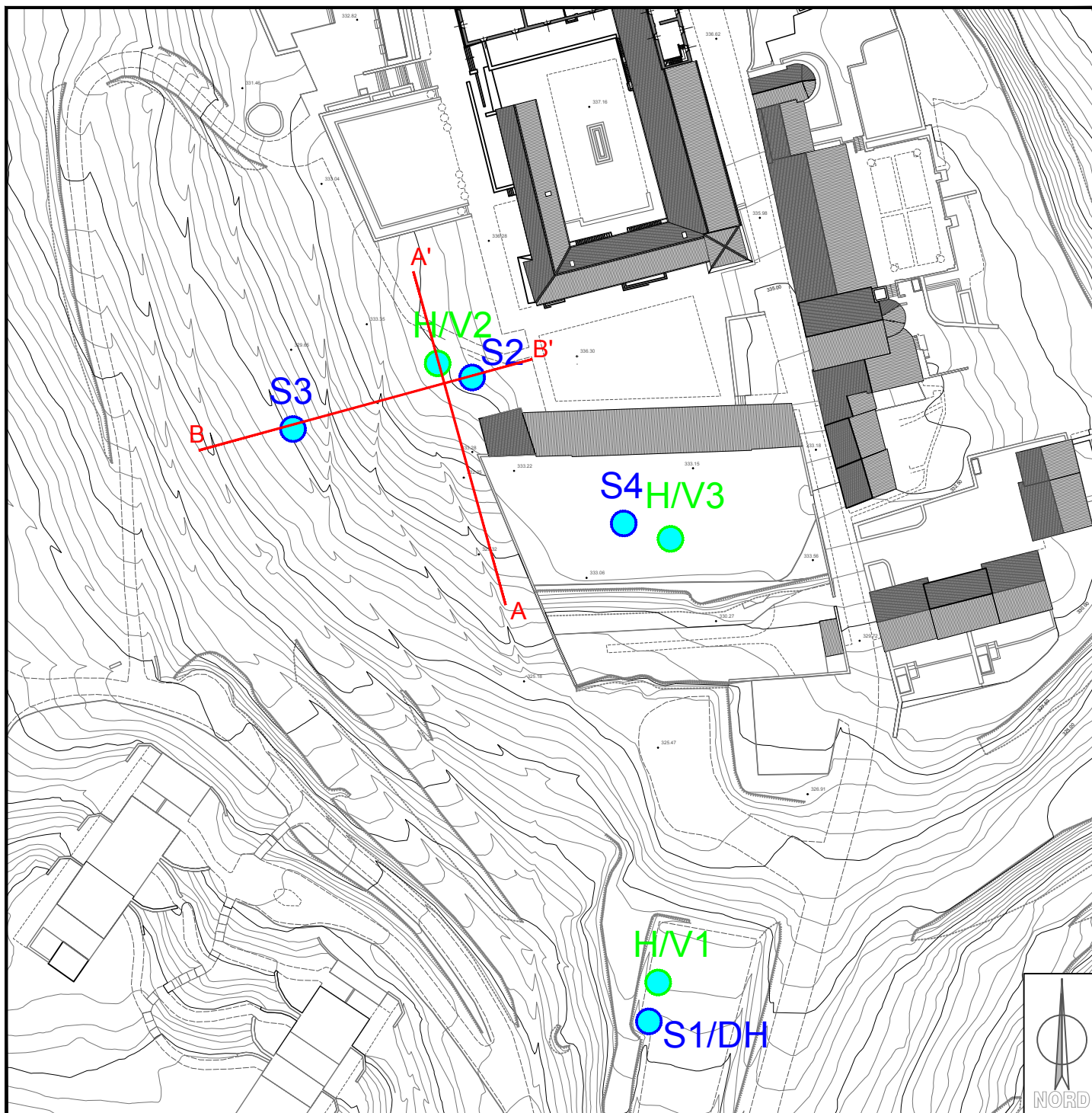
ALLEGATO 2: Indagine geofisica

ALLEGATO 3: Verifica di stabilità del versante

COMUNE DI CASOLE D'ELSA

Località: Querceto

Ubicazione indagini



Scala 1:1.000

- S1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- H/V1 Rilievo tromometrico
- B B' Stendimento sismico

Fig.1



ALLEGATO 1: Stratigrafie e foto sondaggi geognostici



GEOSOL s.r.l.

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

Sondaggio n.1

Data: 01/10/2018

Ditta esecutrice: Geotecnica lavori

Supervisore: dott.geol. Mauro Cartocci

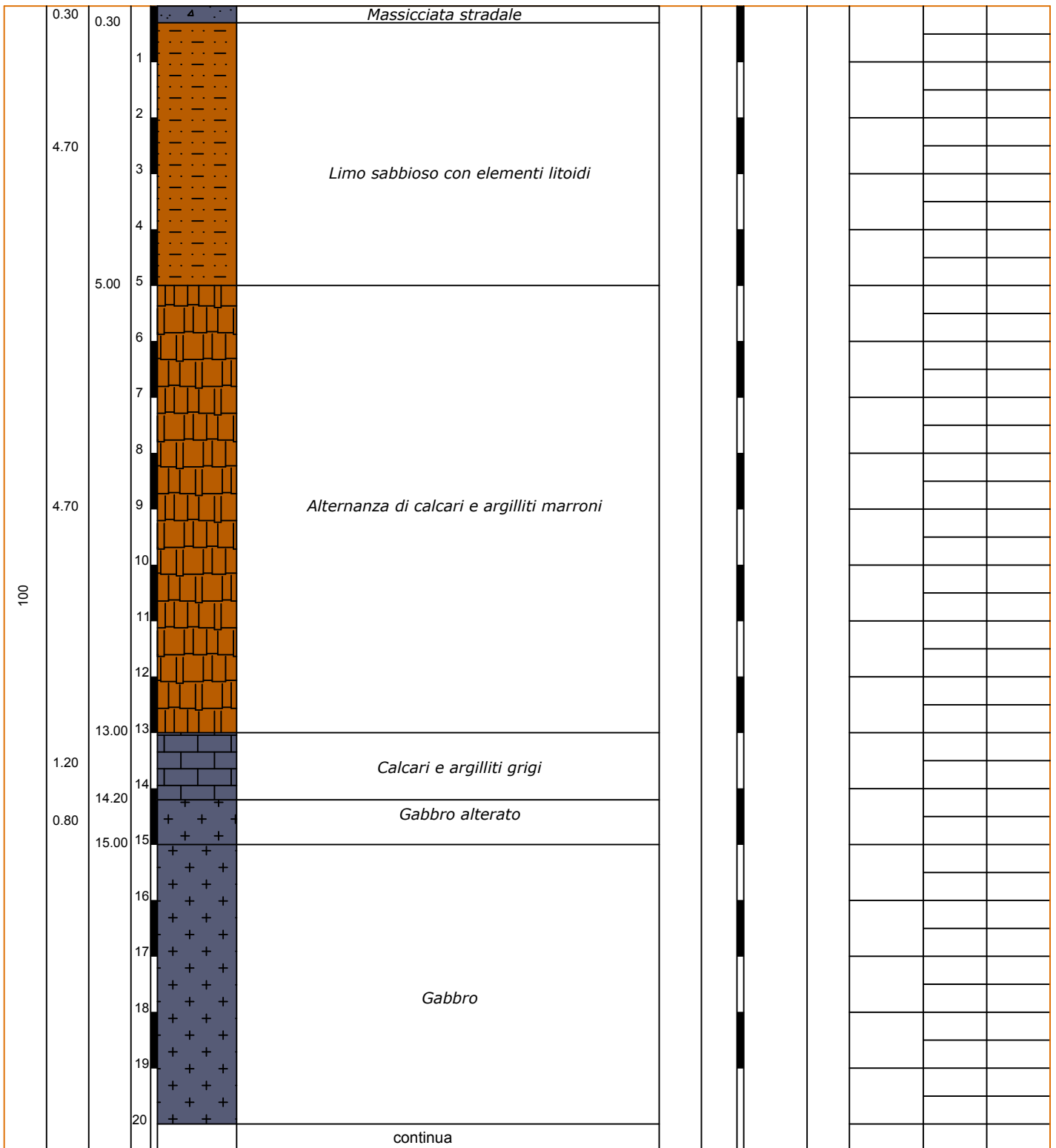
Committente: Castello di Casole

Numero archivio: 6496

Località: Querceto

Comune di Casole d'Elsa

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	ind. sem. ind. rim.	Quota falda	S P T	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------------	----------	---------------------------	-------------	-------	--------------------------	--------------------





GEOSOL s.r.l.

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

Sondaggio n.1

Data: 01/10/2018

Ditta esecutrice: Geotecnica lavori

Supervisore: dott.geol. Mauro Cartocci

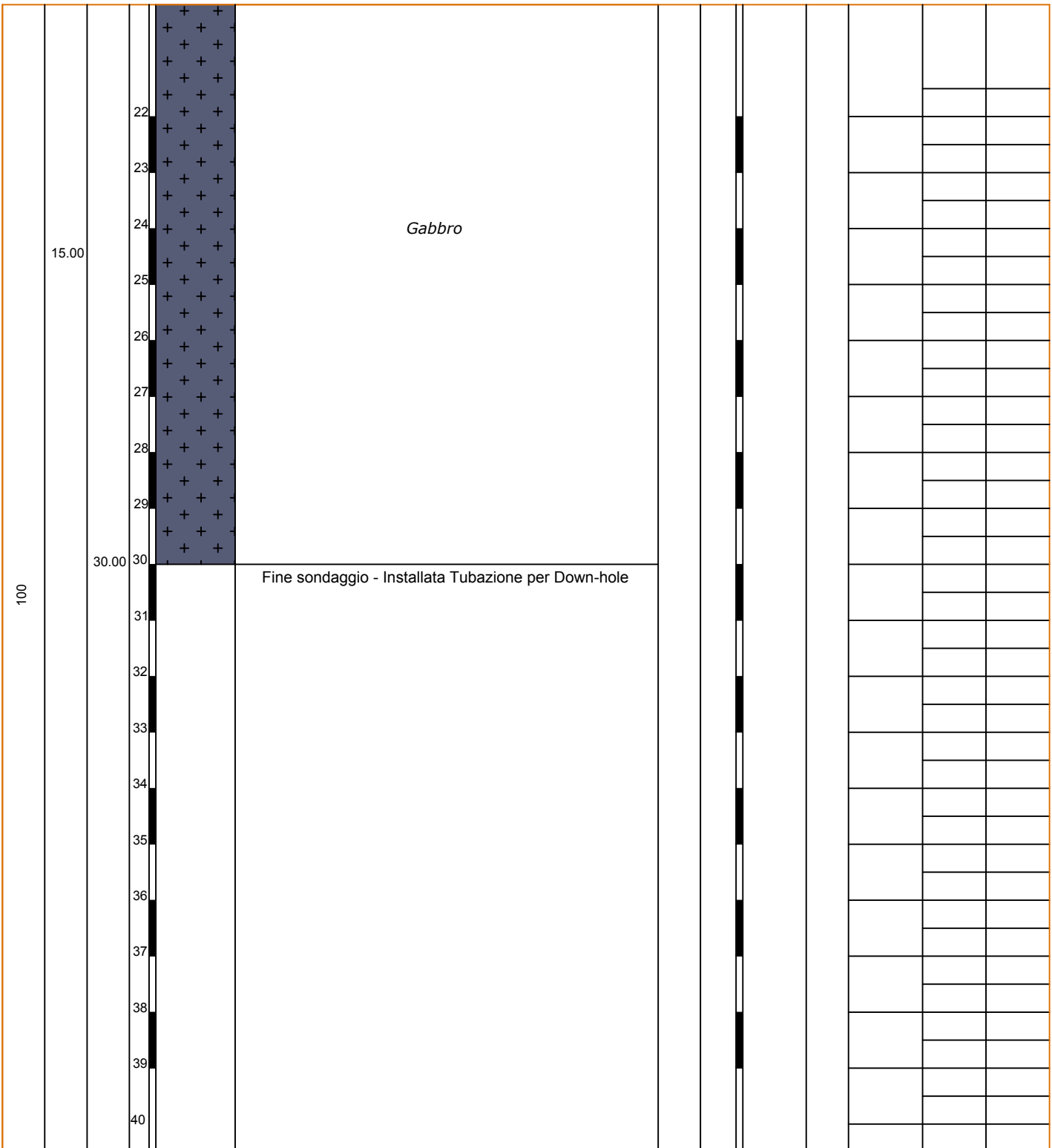
Committente: Castello di Casole

Numero archivio: 6496

Località: Querceto

Comune di Casole d'Elsa

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	Quota falda	S P T	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
							<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ■ ind. sem. ▣ ind. ▨ rim. </div> </div>				











GEOSOL s.r.l.

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

Sondaggio n.2

Data: 30/01/2019

Ditta esecutrice: Geotecnica lavori

Supervisore: dott.geol. Mauro Cartocci

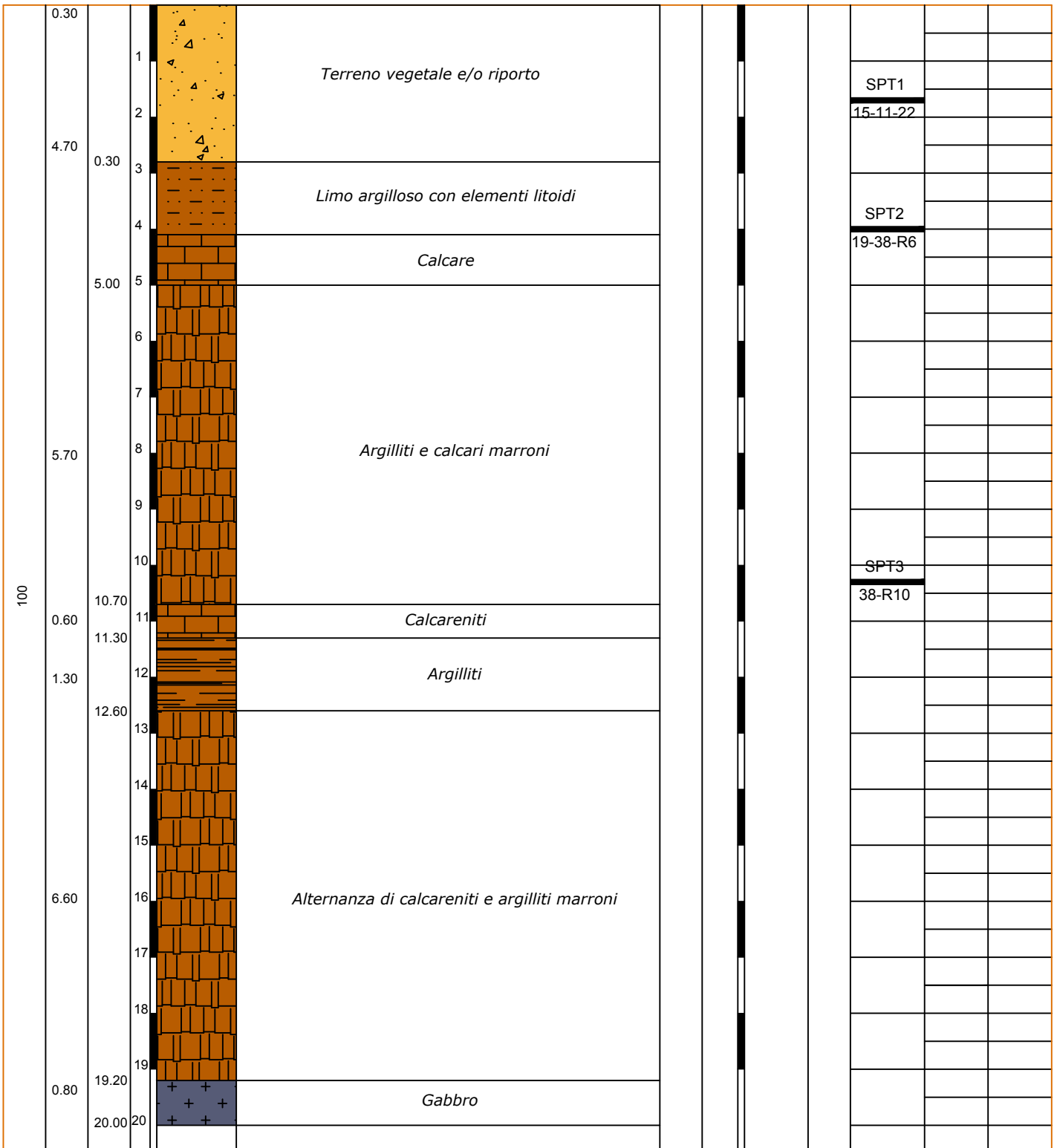
Committente: Castello di Casole

Numero archivio: 6496

Località: Querceto

Comune di Casole d'Elsa

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









GEOSOL s.r.l.

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

Sondaggio n.3

Data: 30/01/2019

Ditta esecutrice: Geotecnica lavori

Supervisore: dott.geol. Mauro Cartocci

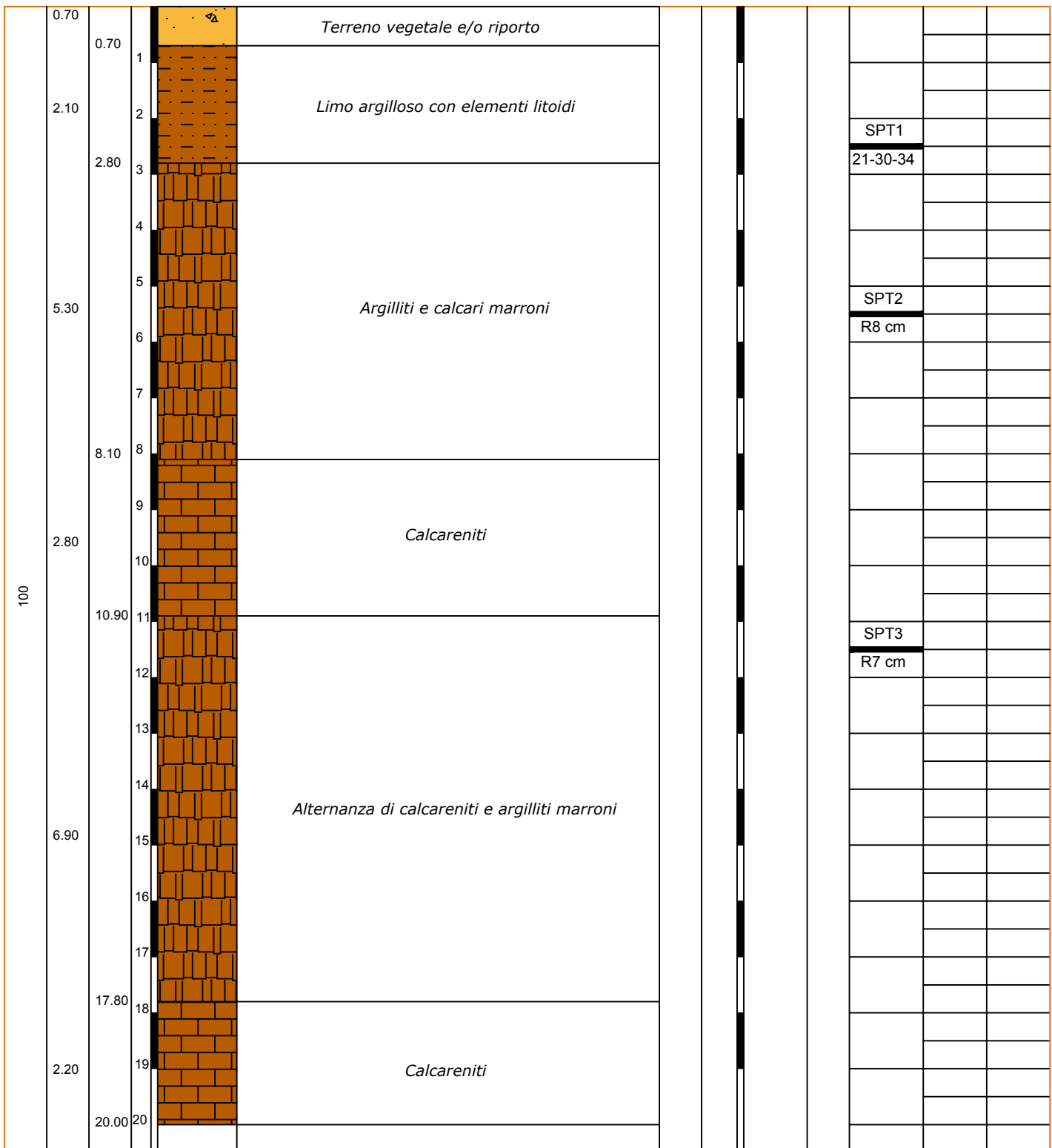
Committente: Castello di Casole

Numero archivio: 6496

Località: Querceto

Comune di Casole d'Elsa

mm	Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	ind. sem.	ind.	rim.	Quota falda	S P T	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
----	--------------	-----------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------------	----------	-----------	------	------	-------------	-------	-----------------------	-----------------









GEOSOL s.r.l.

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

Sondaggio n.4

Data: 20/02/2019

Ditta esecutrice: Geotecnica lavori

Supervisore: dott.geol. Mauro Cartocci

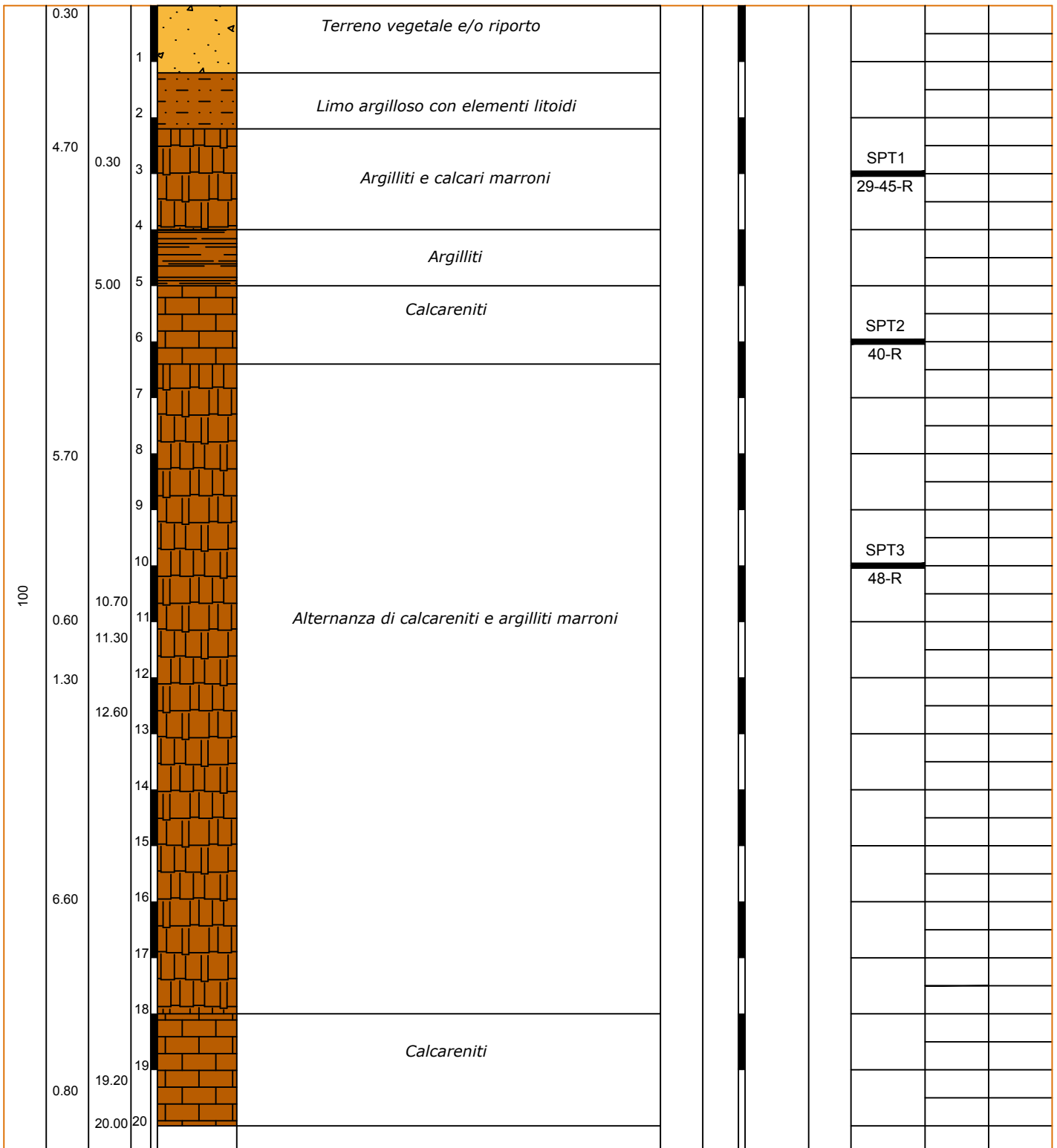
Committente: Castello di Casole

Numero archivio: 6496

Località: Querceto

Comune di Casole d'Elsa

Perforazione	Spessore strati	Profondita'	Riferimento	Stratigrafia	Descrizione	Unità litotecnica	% R.Q.D.	Quota falda	S P T	Pocket penetr. kg/cmq	Van test kg/cmq
							<input type="checkbox"/> ind. sem. <input type="checkbox"/> ind. <input type="checkbox"/> rim.				







ALLEGATO 2: Indagine geofisica

1 INDAGINE GEOFISICA

Nell'area in studio sono state effettuate le seguenti indagini geofisiche:

- N. 1 misura down-hole.;
- N. 2 misure MASW
- N. 2 misure di Sismica a rifrazione in onde P
- N. 2 misure Tromometriche

1.1 Down-hole

Il rapporto riferisce le risultanze ottenute da un'indagine geofisica finalizzata a fornire il valore V_{s30} utile per la classificazione del terreno nelle varie categorie di suolo come prescritto dalla nuova normativa antisismica. Lo scopo è di ricostruire, sulla base delle caratteristiche fisiche, i rapporti geometrici dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area indagata e di determinare i moduli elastici dinamici in sito dei terreni mediante la misura della velocità sismica. Per ottenere tali risultati è stata realizzata 1 una prova Down-Hole su di un foro di sondaggio appositamente attrezzato per definire la successione sismica stratigrafica in modo diretto e quindi calcolare il valore V_{s30} su tali risultati. E' stato eseguito anche un rilievo tromometrico. Nella presente relazione sono descritte, secondo un criterio essenzialmente geofisico, le modalità d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie interpretative dei dati geofisici.

1.1.1 Generalità

La prova down-hole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

1.1.2 Sorgenti e strumentazioni

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una a mazza da 10 kg, in grado di generare onde SH di notevole contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.

È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno, in accordo con le disposizioni del Prof. P. Signanini e delle Istruzioni Tecniche aggiornate: in particolare è stato riportato sopra la massicciata costituita da ghiaietto uno strato di terreno limoso-sabbioso di circa 20 cm, dove è stata posta la trave.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dai fori di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m (per la misura precisa veder lo schema di acquisizione di ciascun sondaggio). Il sistema di ricezione è costituito da una coppia di geofoni tridimensionali rigidamente collegati tra loro da una barra in p.v.c. (distanza intergeofonica = 1.00 m) dotata di uno smorzatore intermedio in gomma in modo da evitare qualsiasi interazione sismica tra i due sensori.

L'accoppiamento del sistema con le pareti del foro è garantito da 4 stantuffi pneumatici comandati dall'esterno, con pressione regolabile fino a 10 atm.

Il sistema di acquisizione è costituito da un sismografo digitale a 24 canali mod. Ambrogeo Seismic Unit 2002/24, acquisizione dati a 16 bit, cumulabilità degli impulsi a 32 bit, filtri in acquisizione ed in uscita, filtri per eliminare linee di tensione, intervallo di campionamento selezionabile 0,13 msec, durata di registrazione selezionabile da 50 a 1000 msec, funzione inversione di polarità.

Il sismografo è collegato ad un computer modello Compaq Presario R3000 con HD da 40 Giga. Tutte le registrazioni (vedi allegati) sono state effettuate con metodo cross-over, ovverosia facendo la differenza tra un ugual numero di battute a destra ed a sinistra (bilanciamento energetico): in tal modo viene esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH, mentre vengono abbattute le eventuali onde P spurie.

In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

- canale n° 1: primo geofono – trasduttore verticale (z)
- canale n° 2: primo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- canale n° 3: primo geofono-trasduttore orizzontale (y)
- canale n° 4: secondo geofono –trasduttore verticale (z)
- canale n° 5: secondo geofono trasduttore orizzontale (x)
- canale n° 6: secondo geofono trasduttore orizzontale (y)
- canale n°7:nullo
- canale n°8: geofono spia
- canale n° 9-10-11-12: nullo

dove per primo si intende quello più vicino alla superficie del terreno e per secondo quello posto 1.00 m più in basso.

1.1.3 Interpretazione sismogrammi ed estrapolazione della dromocrona

I sismogrammi di campagna sono stati visualizzati direttamente in campagna tramite software Ambrogeo 7.0 della Ambrogeo. I files così ottenuti sono stati trattati tramite Winsim 10.1 e Windownhole della Wgeosoft, dove direttamente si è svolta la sommatoria delle tracce per avere un miglior controllo energetico.

Le tracce sono state riallineate metro per metro, così, per ogni profondità si è potuto visualizzare direttamente le 4 tracce registrate (S) in due battute o le due tracce in p.

Quindi, tramite un analisi visuale delle tracce si è proceduto a scegliere quella con le migliori doti di leggibilità e le altre sono state eliminate.

Si è ricavato quindi un sismogramma con una traccia per metro, e partendo da questo si è effettuato il picking scegliendo la finestra temporale più adeguata per ciascuna registrazione (100ms per le p, 400 ms per le S).

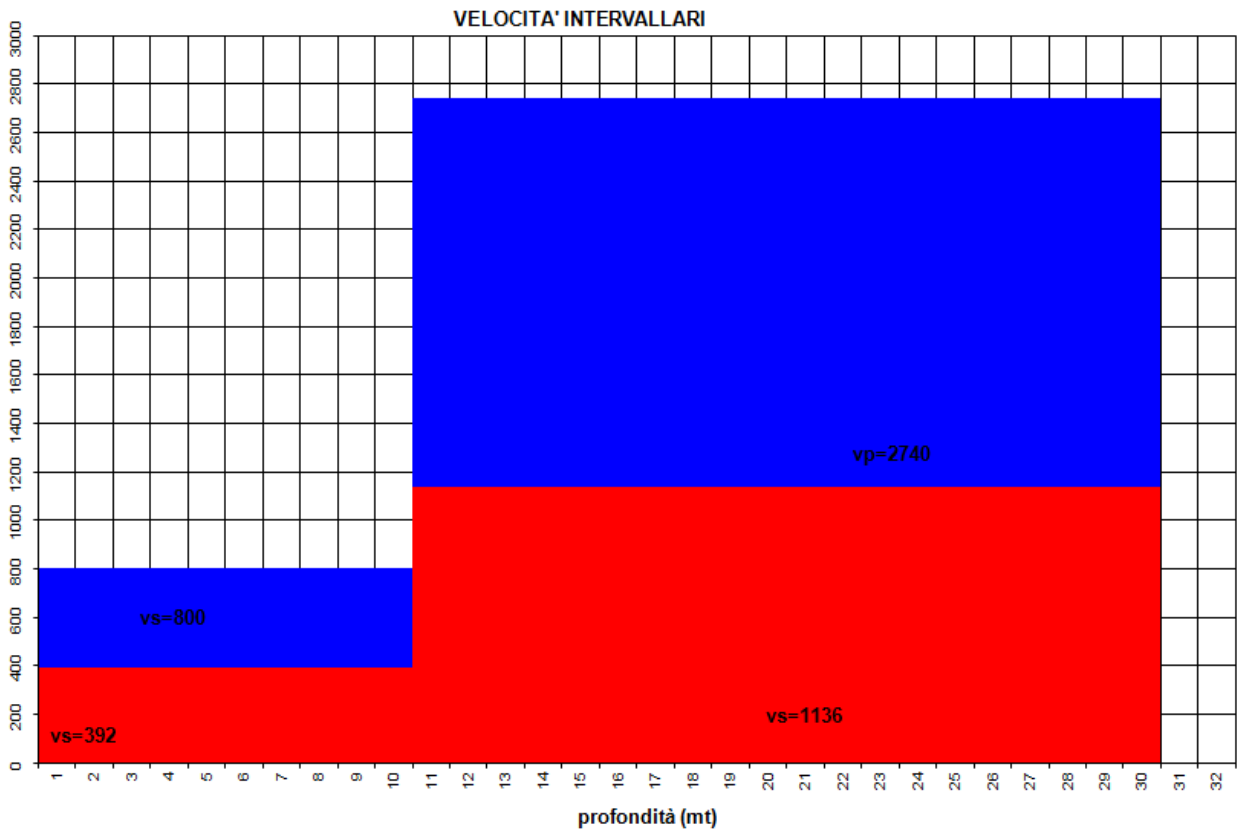
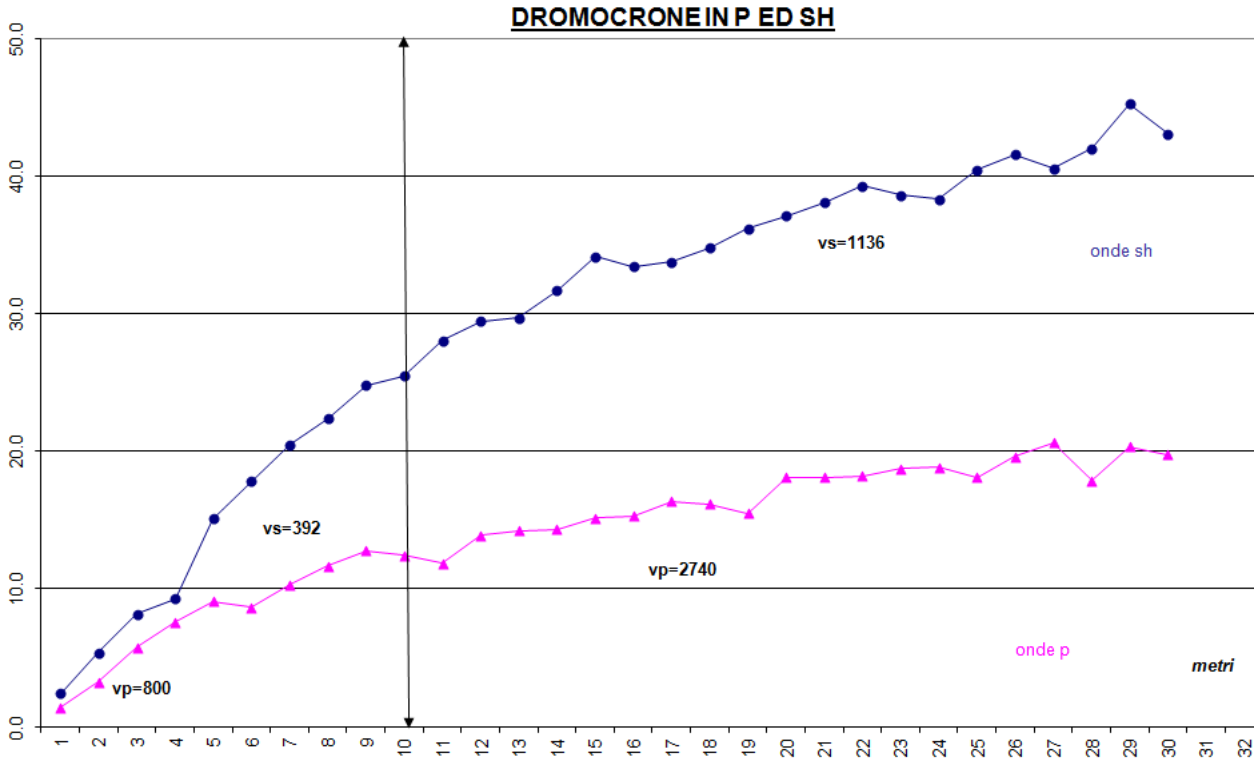
1.1.4 Risultati ottenuti e velocità Vs

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità.

In particolare per ogni tratto individuato è stata tracciata una retta di correlazione tramite foglio di lavoro open office.

Sono stati riconosciuti i seguenti sismostrati:

Profondità (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
0-10	392	800
10-30	1136	2740



1.2 HVSR

- Tromino Micromed:



Number of channels	3+1 analog
Amplifiers	all channels with differential inputs
Noise	< 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Input impedance	10^6 Ohm
Frequency range	DC - 360 Hz
Sampling frequency	16384 Hz per channel
Oversampling frequency	32x, 64x, 128x
A/D conversion	≥ 24 bit equivalent
Max analog input	51.2 mV (761 nV/digit)

1.2.1 H/V 1

Rapporto H/v

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 03/12/18 15:03:55 Fine registrazione: 03/12/18 15:25:55

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00". Analisi effettuata sull'intera traccia

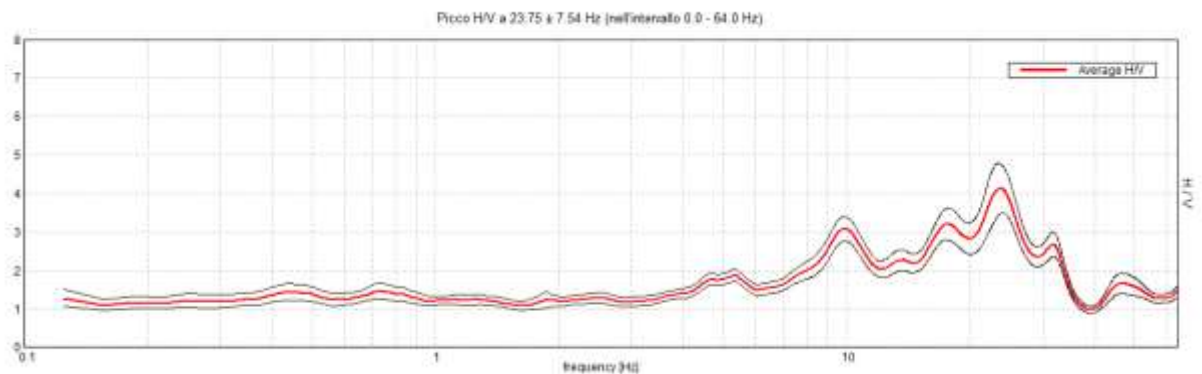
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

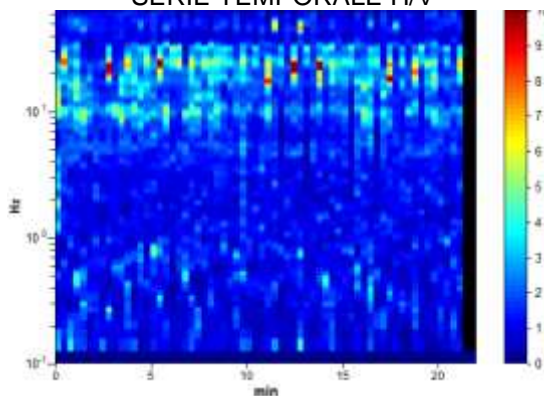
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

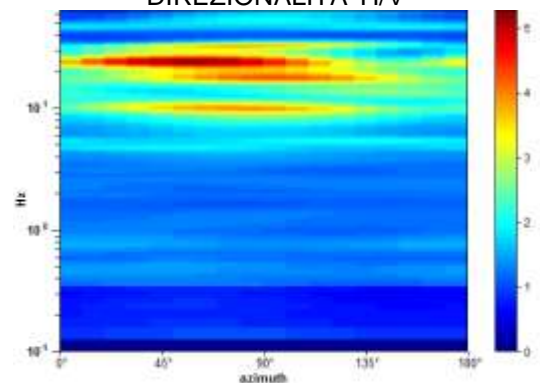
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



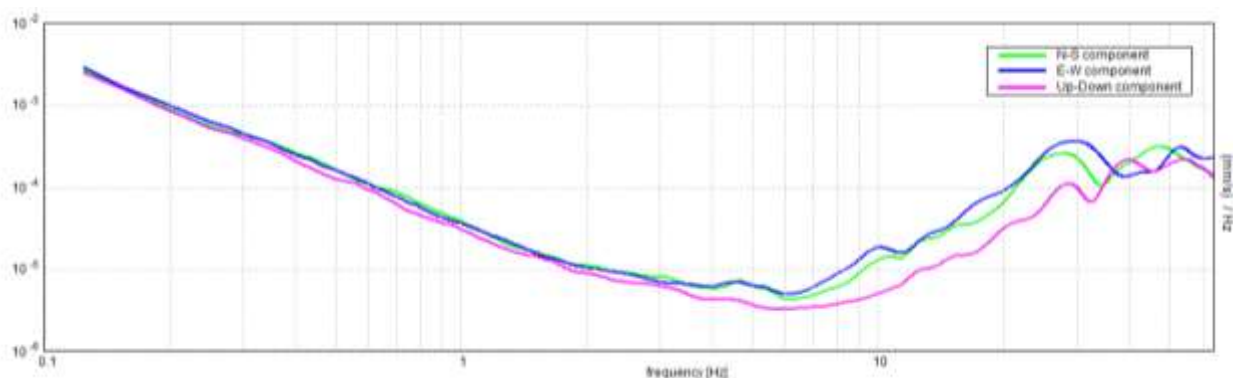
SERIE TEMPORALE H/V



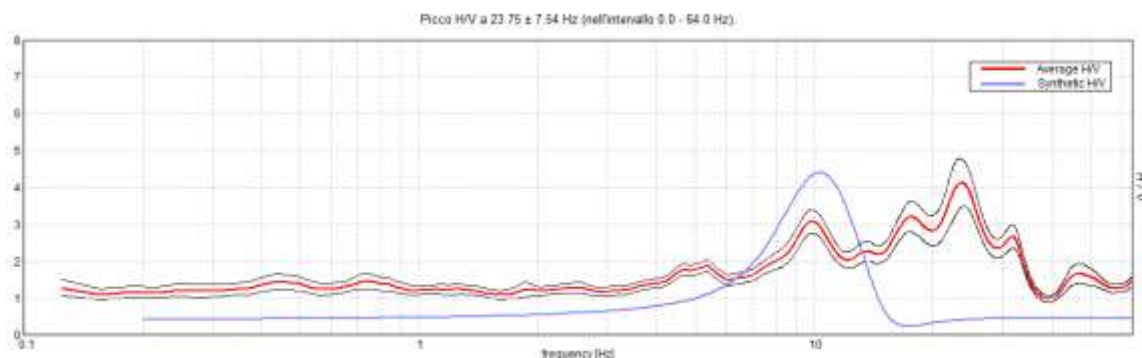
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



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

Picco H/V a 23.75 ± 7.54 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	23.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	31350.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1141	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	33.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.13 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.31752 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.54114 < 1.1875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6371 < 1.58	OK	

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

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

1.2.2 H/V 2

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 21/02/19 11:59:15 Fine registrazione: 21/02/19 12:21:15

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00''. Analisi effettuata sull'intera traccia.

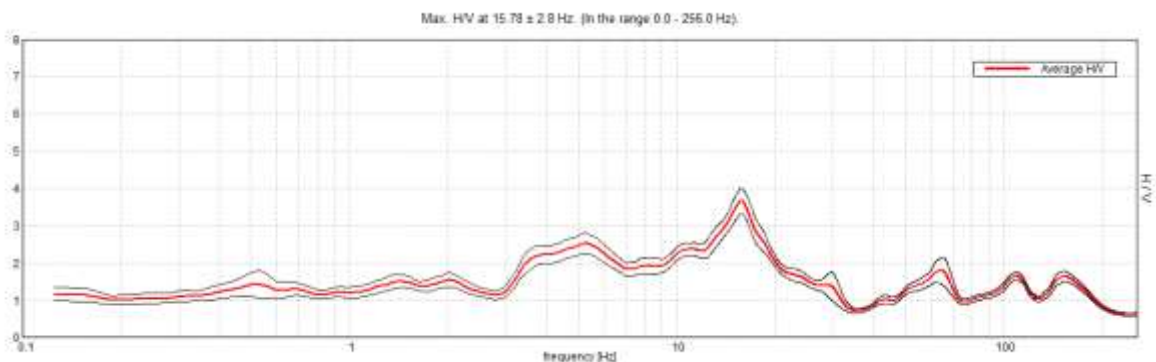
Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamiento: Triangular window

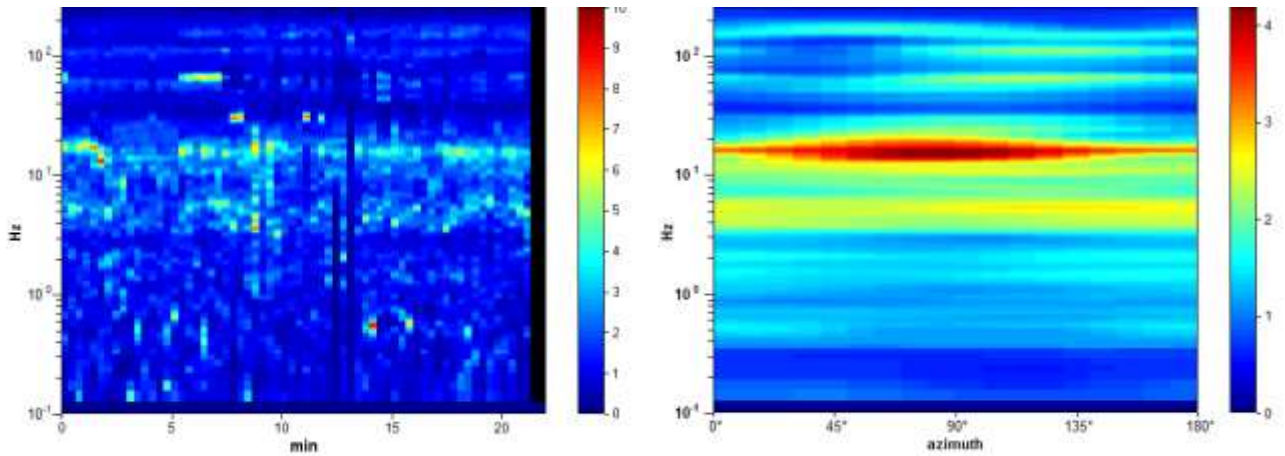
Lisciamiento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

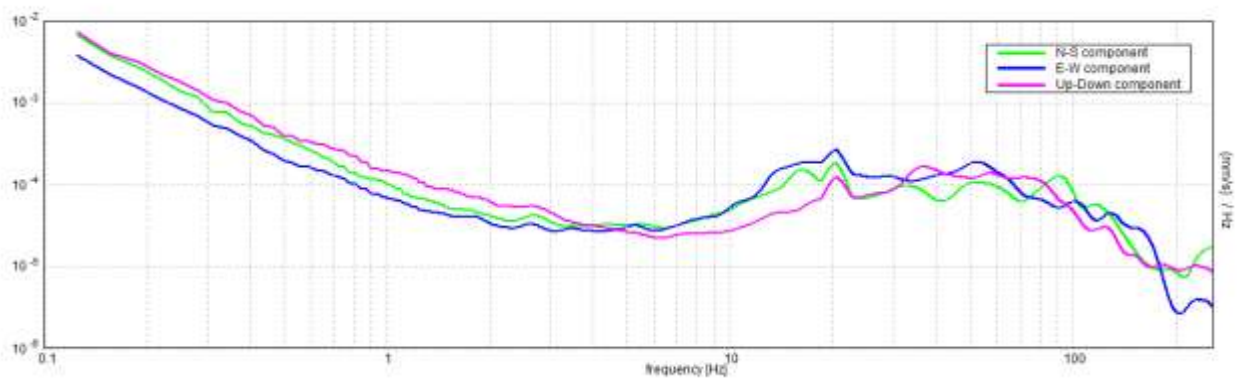


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

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

Picco H/V a 15.78 ± 2.8 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile			
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	15.78 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20831.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 758	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.281 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.67 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.17713 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.79535 < 0.78906		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3346 < 1.58	OK	



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

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

1.2.3 H/V3

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 21/02/19 13:04:54 Fine registrazione: 21/02/19 13:26:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

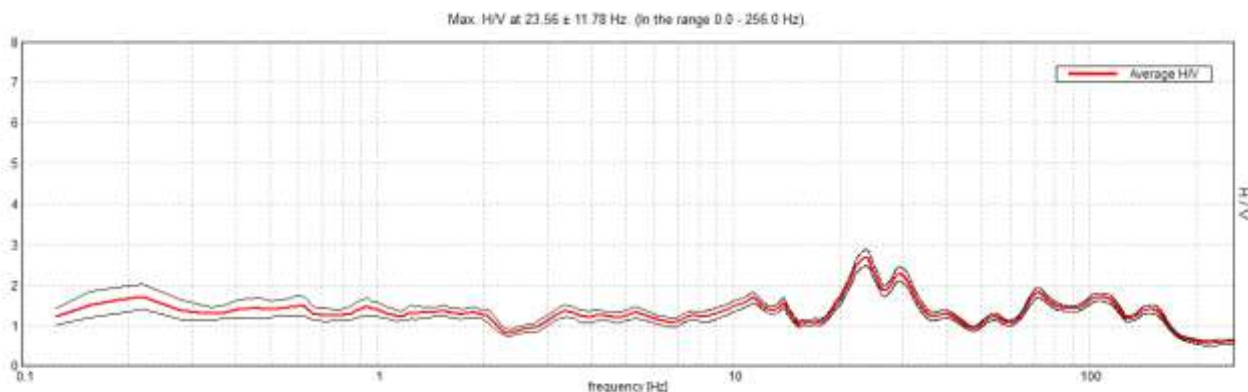
Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

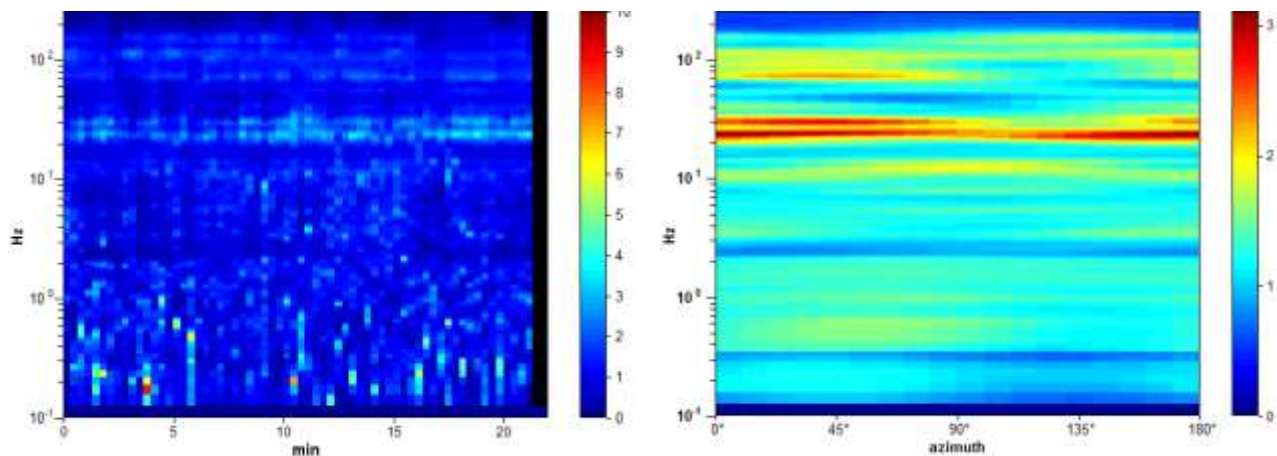
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

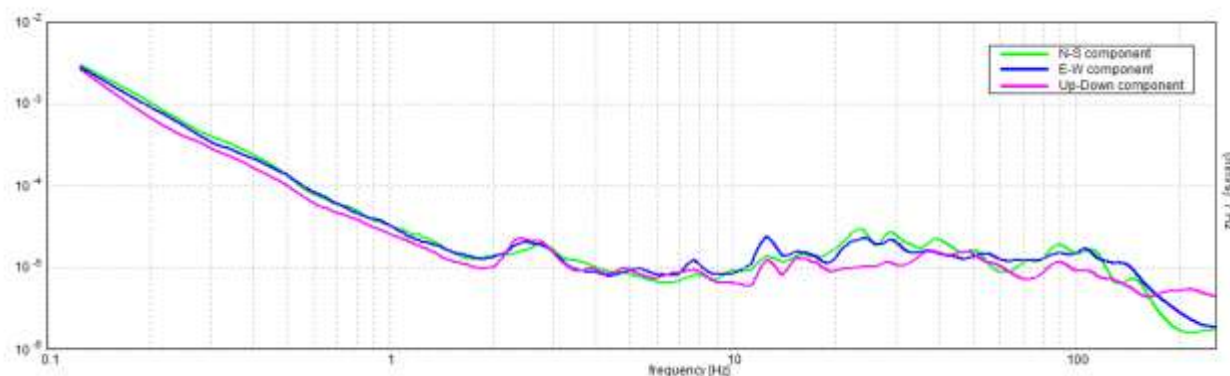


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



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

Picco H/V a 23.56 ± 11.78 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$23.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$31102.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1132	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	34.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.67 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.50006 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$11.78269 < 1.17813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1975 < 1.58$	OK	

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

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

1.3 MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

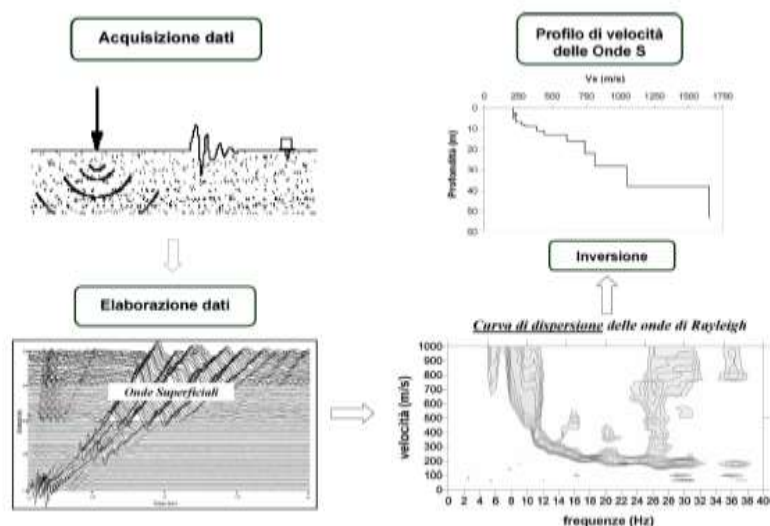
Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali

presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Nel metodo di indagine passivo si registra il rumore di fondo.

La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase



che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

STRUMENTAZIONE USATA

Ambrogeo2010SU

Numero dei canali 12

A/D conversione 24 bit

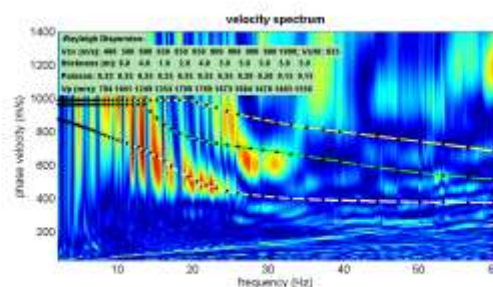
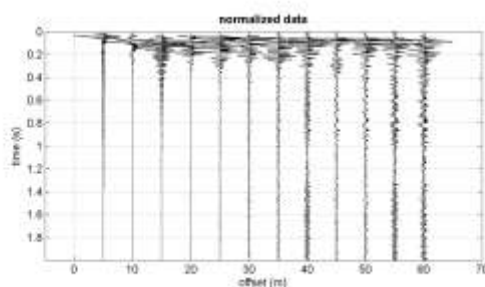
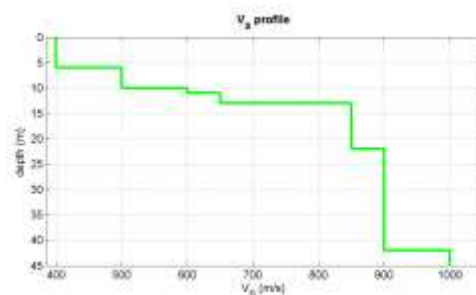
Geofoni da 4.5 hz verticali

SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

Generazione di onde:

massa battente (mazza da 8 kg)

1.3.1 MASW AA'



Mean model

Vs (m/s): 400, 500, 600, 650, 850, 850, 900, 900, 900, 900, 1000

Thickness (m): 6.0, 4.0, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0

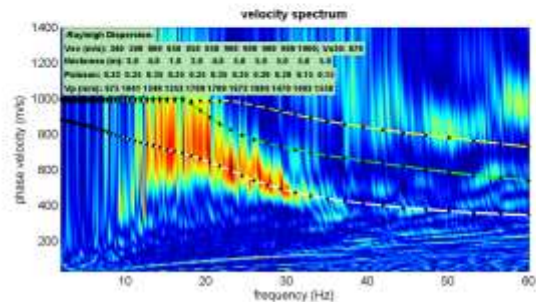
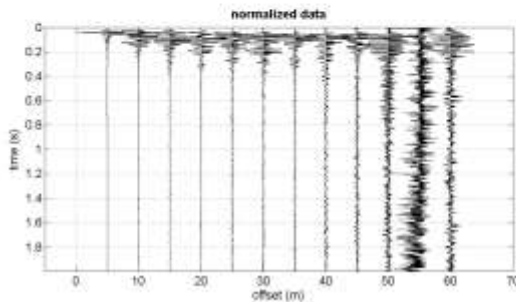
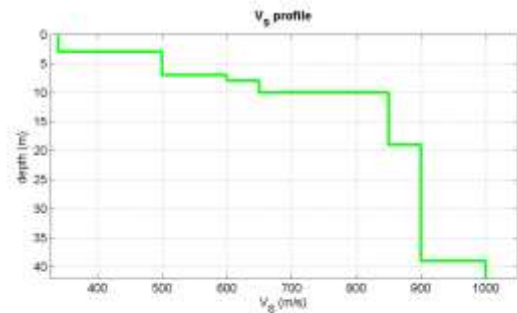
Density (gr/cm³) (approximate values): 2.00 2.06 2.11 2.13 2.19 2.19 2.21 2.18 2.15 2.14 2.16

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 320 516 759 899 1584 1584

1787 1766 1739 1730 2162

Ve_q=468 m./sec.

1.3.2 MASW BB'



Mean model

Vs (m/s): 340, 500, 600, 650, 850, 850, 900, 900, 900, 900, 1000

Thickness (m): 3.0, 4.0, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.96 2.06 2.11 2.13 2.19 2.19 2.21 2.18 2.15 2.14 2.16

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 226 516 759 899 1584 1584

1787 1766 1739 1730 2162

Ve_q=463.7

1.4 SISMICA A RIFRAZIONE

La metodologia della sismica a rifrazione consiste nel produrre delle onde sismiche nel terreno tramite una energizzazione (scoppio), tale energia può essere generata tramite un grave che percuote il terreno (martello o peso), oppure tramite lo scoppio di una carica esplosiva. In particolare la sismica a rifrazione studia il comportamento dell'onda rifratta. Tale onda, viaggiando all'interfaccia fra due mezzi a diverse velocità, manda in superficie una serie di segnali (vibrazioni) che vengono registrati da degli accelerometri (geofoni). Tali geofoni, posti ad un'equidistanza nota l'uno dall'altro vanno a formare la stesa sismica. L'indagine procede energizzando in posizioni note. Il segnale così registrato viene convogliato ad una scheda di conversione A/D, e quindi registrato e conservato in memoria. L'acquisizione dei dati da parte

del sismografo parte quando un particolare circuito (“trigger”) viene attivato dall’energizzazione nel terreno. Per ogni registrazione viene registrato un segnale, costituito da una traccia per ciascun geofono, riconoscendo su ciascuna traccia il primo arrivo dell’onda rifratta si genera una retta, detta dromocrona, dall’inclinazione della quale si può risalire alla velocità ed alla geometria (interpolando più dromocrone) dei rifrattori. Le metodologie di interpretazioni dei dati vanno dalle più semplici (metodo delle intercette) che richiedono solo 2 scoppi per profilo, al metodo del reciproco (Hokins 1957) e del reciproco generalizzato (G.R.M. Palmer 1980) che richiedono 5-7 scoppi per profilo, fino alle tecniche tomografiche, che richiedono almeno 7 scoppi per stendimento. Le basi su cui si fonda ogni tecnica sono differenti, così come è crescente la complessità dell’elaborazione, tant’è che i G.R.M e soprattutto le tecniche tomografiche sarebbero improponibili senza l’ausilio di computer. L’elaborazione che restituisce ogni tecnica risulta via via più completa e dettagliata, fino ad arrivare a una mappatura di discontinuità molto articolate ottenibile con le più moderne tecniche tomografiche.

1.4.1 PRINCIPALI LIMITI DELLA TECNICA SISMICA RIFRAZIONE

Il limite principale della sismica a rifrazione sta nel fatto che tale tecnica presuppone un incremento costante della velocità andando in profondità.

Se, ad esempio, abbiamo un modello in cui sotto uno strato continuo di argilla dura abbiamo della sabbia molle, ed al disotto di questa roccia, il passaggio fra argilla e sabbia non produce rifrazione, ed il modello che ricostruirò sarà un modello di terreno errato.

Per questo le indagini sismiche andranno sempre accoppiate, soprattutto in situazioni dove inversioni di velocità sono frequenti (ad esempio i depositi quaternari) ad indagini geotecniche dirette.

Tali inconvenienti sono stati parzialmente risolti dalle tecniche tomografiche, dove tramite il “ray tracing” è possibile stabilire il percorso del raggio sismico ed individuare zone (sempre che siano limitate ad una parte interna allo stendimento) dove è avvenuta un inversione di velocità, caratterizzate da un assenza di copertura dei medesimi.

1.4.2 STRUMENTAZIONE USATA

Ambrogeo 2010 su
Numero dei canali 12
A/D conversione 24 bit
Geofoni da 4.5hz verticali

SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

Generazione di onde P:
Martello

1.4.3 GEOMETRIA DEI RILIEVI

AA’ = distanza intergeofonica 5 m per un totale di 55 metri, 5 energizzazioni.

BB’ = distanza intergeofonica 5 m per un totale di 55 metri, 5 energizzazioni.

1.4.4 METODOLOGIE USATE PER L’ANALISI DEI DATI

I dati sono stati acquisiti e trattati in campagna tramite software Ambrogeo .

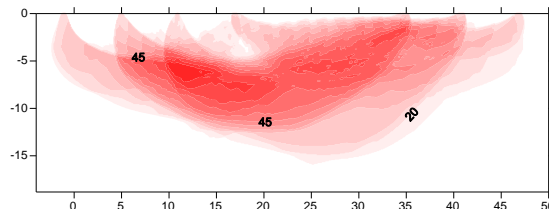
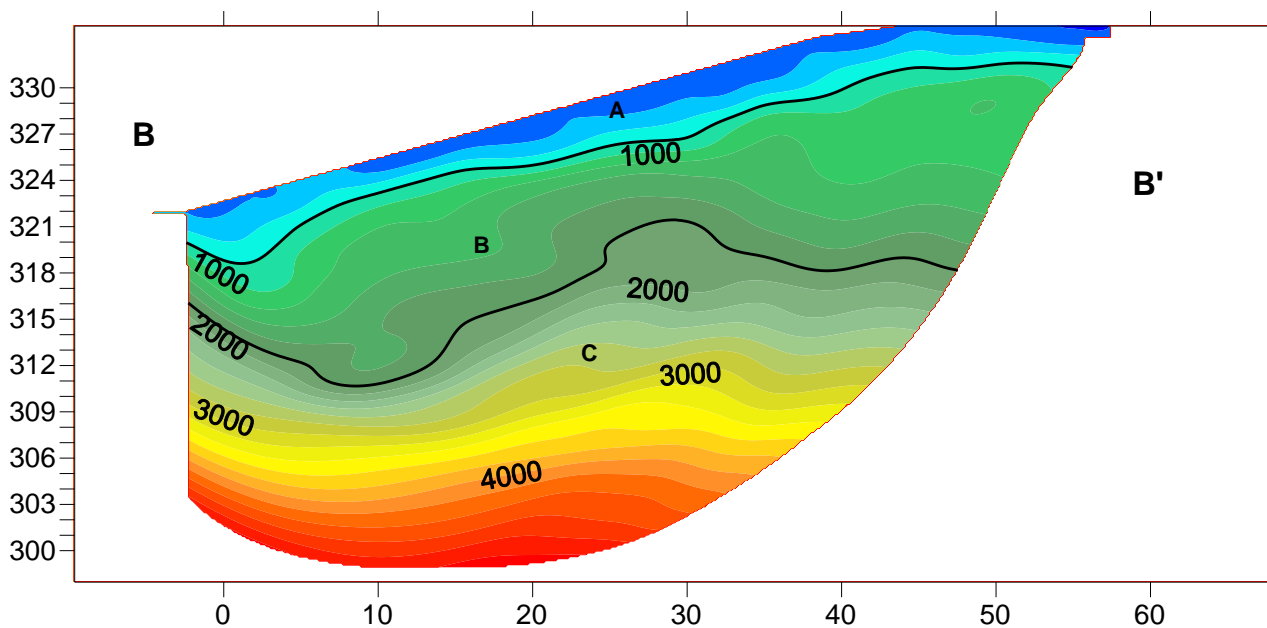
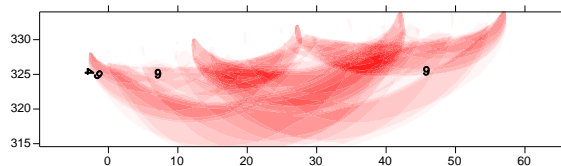
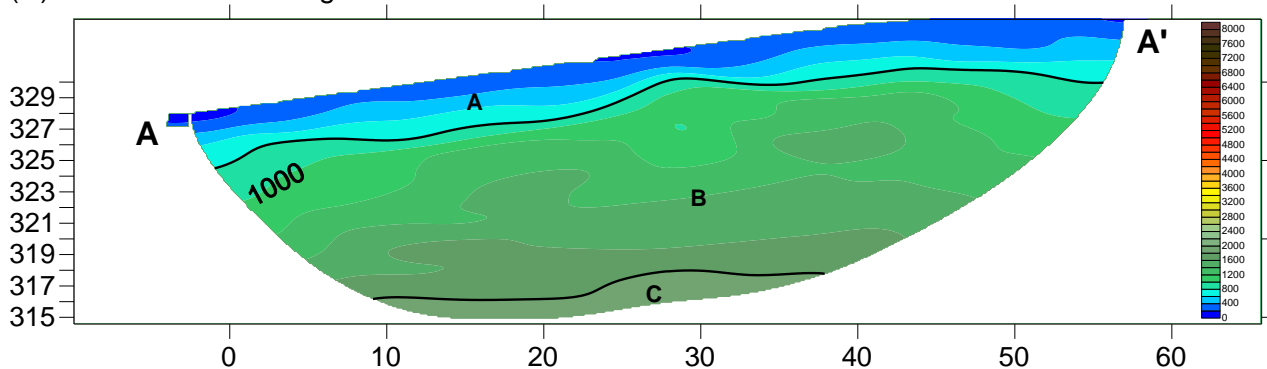
In particolare, dove necessario si è implementato il segnale tramite sommatoria delle misure.

Si è proceduto ad eseguire sei stack per misura, tre per lato di battuta con inversione di polarità.

I dati sono poi stati trattati tramite software “Winsism 11.3” della Wgeosoft, Seismic unix, Rayfract della Intelligent Resource inc.

1.4.5 RISULTATI GENERALI

Si riconosce un modello a tre strati, dove al disotto di una coltre di materiale sciolto comunque compatto (A), troviamo materiali a compattazione sempre maggiore (B) fino al bedrock sismico (C) come visibile nelle figure sottostanti.



LEGENDA
 A= $V_p < 800$ m./sec.
 B= $800 < V_p < 1800$ m./sec.
 C= $V_p > 1800$ m./sec.

SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE

ALLEGATO 3: Stabilità versante

1 CARATTERIZZAZIONE GETECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica si fa riferimento ai dati ottenuti dalla campagna geognostica effettuata nel sito in studio mediante l'esecuzione di 4 sondaggio a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, mentre per la caratterizzazione sismica si fa riferimento all'indagine sismiche eseguite in loco.

In base a risultarti della campagna geognostica si possono attribuire al litotipo presente nel sito in studio i seguenti parametri geotecnici medi:

Unità Tv: Terreno vegetale

- **peso di volume $\gamma = 1.7 \text{ t/mc}$**
- **angolo di attrito $\phi' = 26^\circ$**

Unità A: Limo argilloso con elementi litoidi

- **peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/mc}$**
- **angolo di attrito $\phi' = 33^\circ$**

Unità C: Alternanza di livelli calcarei e argilliti

- **peso di volume $\gamma = 2.20 \text{ t/mc}$**
- **angolo di attrito $\phi' = 38^\circ$**

2 PARAMETRI SISMICI

E' possibile riassumere per l'intervento in progetto le seguenti categorie:

Azione sismica	
Zona sismica comune	3
Profondità bedrock da quota fondazione	-
V_{S30}	441 m/sec
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	ST = 1.0

2.1 Stima dell'accelerazione massima e del Coefficiente Sismico orizzontale K_h

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

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

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

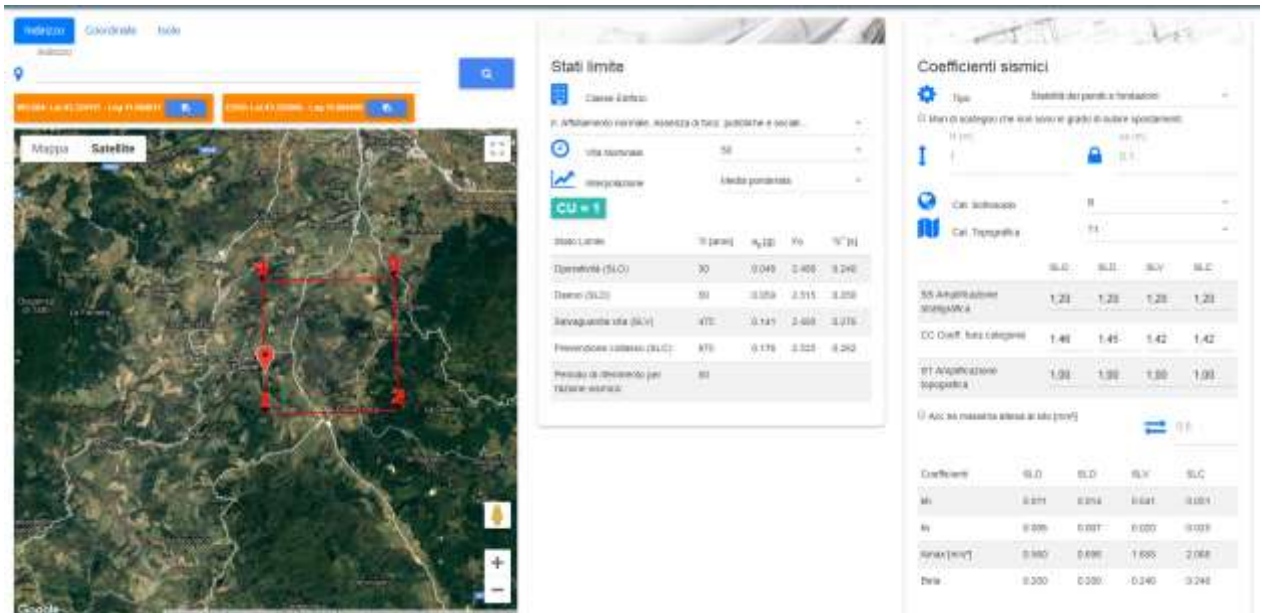
Da qui si ottiene:

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

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

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

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



3 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE

L'analisi di stabilità del versante è stata eseguita, considerando la sezione sottostante ritenuta la più rappresentativa dell'area in studio.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando un programma di calcolo automatico denominato "SLOPE", adottando il metodo di Bishop (i calcoli relativi ottenuti sono riportati in allegato alla presente relazione); esse sono state eseguite con e senza sisma.

Le verifiche hanno tenuto conto delle seguenti ipotesi:

- 1) per semplificazione il problema è considerato bidimensionale;
- 2) si esaminano le condizioni d'equilibrio limite confrontando la forza "frangente", costituita dal peso della massa di terreno delimitato da una potenziale superficie di scorrimento, con la forza "resistente" costituita dalla resistenza al taglio dovuta alle caratteristiche geotecniche del terreno lungo la superficie di scorrimento;
- 3) si ipotizzano superfici di scorrimento regolari il cui andamento risulta essere dato da un cerchio formato da una linea spezzata formata da segmenti;
- 4) il terreno considerato viene suddiviso in conci con superficie di base piana;
- 5) si tiene conto delle azioni sismiche corrispondenti alla Classificazione sismica della Regione Toscana secondo l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28/04/2006. Le NTC 2018 calcolano i coefficienti K_0 e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_0 = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0,5 \times K_0$$

con:

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

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

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

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

Tali componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica da adottare nelle verifiche di stabilità sono riportate nel precedente paragrafo.



3.1 Parametri geotecnici utilizzati

La scelta dei parametri da affidare alle Unità litotecniche segue le istruzioni indicate sulle NTC 2018 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; pertanto, per i terreni in oggetto, si assume che i valori medi corrispondano ai valori caratteristici (k).

Ai fini del calcolo della stabilità del versante, ai valori caratteristici (f_k) si applicano i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto (APPROCCIO1-COMBINAZIONE2 A2+M2+R2), così come definito dalle NTC 2018, e si ottengono i valori di progetto (f_d) come qui di seguito riportato:

- valore della tangente dell'angolo d'attrito di progetto: $\tan(\Phi'd) = [\tan(\Phi'k)] / 1,25$;
- valore del peso di volume di progetto: $\gamma_d = \gamma_k / 1$;
- valore della coesione efficace di progetto: $c'd = c'k / 1,25$;
- valore della coesione non drenata di progetto: $c_{ud} = c_{uk} / 1,40$.

Pertanto, applicando quanto fin qui riportato, si ottengono i seguenti parametri di progetto

fd:

⇒ **Unità TV**

- **peso di volume $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$**
- **angolo di attrito $\phi = 21.3$**

⇒ **Unità A**

- **peso di volume $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$**
- **angolo di attrito $\phi = 27.5^\circ$**

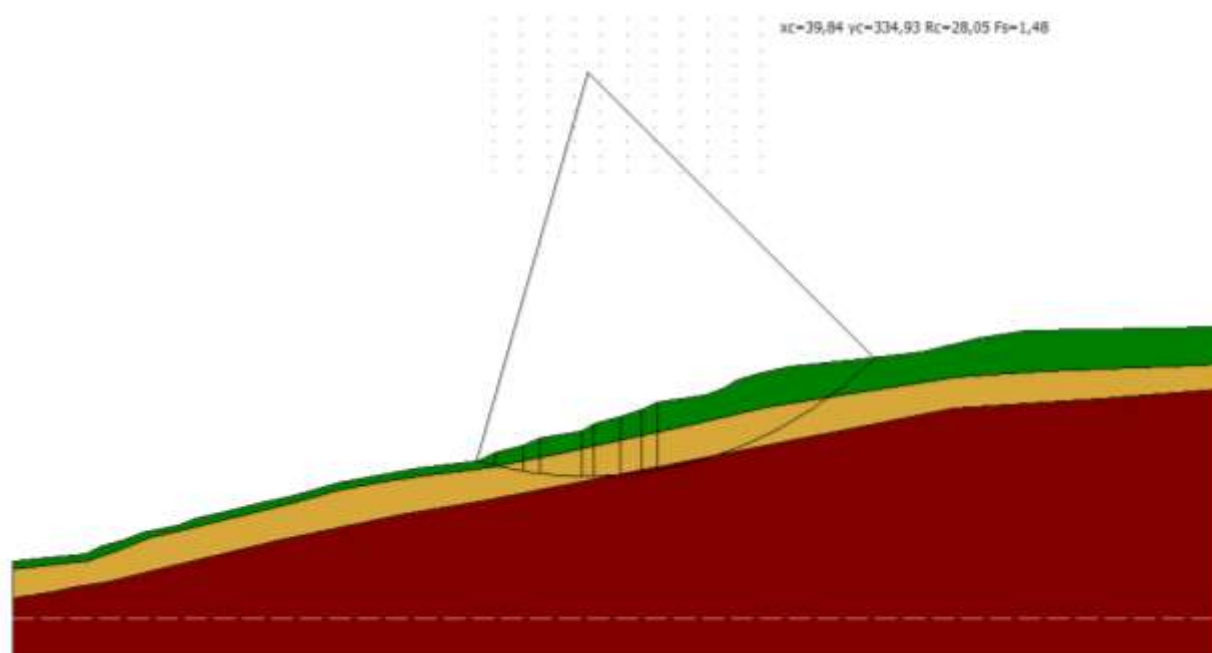
⇒ **Unità B**

- **peso di volume $\gamma = 2.20 \text{ t/m}^3$**
- **angolo di attrito $\phi = 32.0^\circ$**

3.2 Risultati dei calcoli

I calcoli eseguiti indicano che attualmente il versante in studio si trova in stato di equilibrio, come si può notare dalla tabella qui di seguito e nella relazione di calcolo allegata.

VERIFICA DI STABILITÀ VERSANTE	
Sisma	Fs minimo
SI	1.482



4 RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una

situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

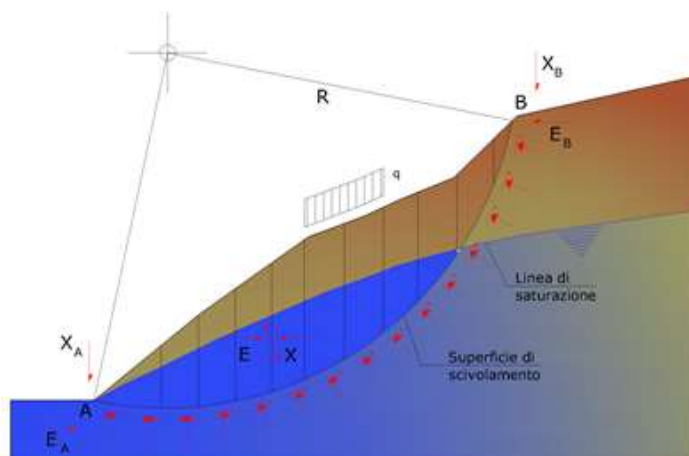
Metodo equilibrio limite (LEM)

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

$$F = \tau_f / \tau$$

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

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



Metodo dei conci

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

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

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

Complessivamente le incognite sono (6n-2).

Mentre le equazioni a disposizione sono:

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

Totale numero di equazioni 4n.

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

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

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

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

Metodo di Bishop (1955)

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

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

Criterio di rottura

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

Valutazione dell'azione sismica

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

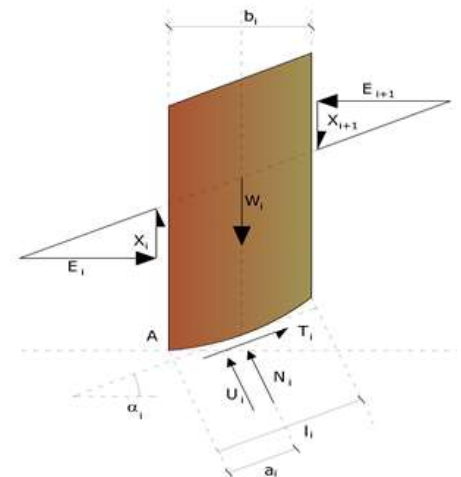
Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

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



Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,324117/11,084017
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3,0
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	33,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	328,03 m
Ascissa vertice destro superiore xs	51,86 m
Ordinata vertice destro superiore ys	338,65 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	0,47	2,48	0,24
S.L.D.	50,0	0,58	2,52	0,25
S.L.V.	475,0	1,38	2,49	0,28
S.L.C.	975,0	1,73	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,564	0,2	0,0115	0,0058
S.L.D.	0,696	0,2	0,0142	0,0071
S.L.V.	1,656	0,24	0,0405	0,0203
S.L.C.	2,076	0,24	0,0508	0,0254

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,041
Coefficiente azione sismica verticale 0,02

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	301,0
2	0,0	301,0
3	0,01	301,0
4	0,01	301,0
5	0,02	301,0
6	0,03	301,0
7	0,21	301,02
8	0,88	301,09
9	3,31	301,33
10	5,09	301,5
11	6,03	302,0
12	7,78	302,5
13	8,96	303,0
14	11,44	303,5
15	12,71	304,0
16	14,98	304,5
17	16,85	305,0
18	19,15	305,5
19	20,89	306,0
20	22,66	306,5
21	25,38	307,0
22	28,14	307,5
23	32,32	308,0
24	33,41	308,5
25	35,35	309,0
26	36,54	309,5
27	39,44	310,0
28	40,26	310,5
29	42,09	311,0
30	43,58	311,5
31	44,68	312,0
32	47,96	312,5
33	49,32	313,0
34	50,0	313,5
35	51,59	314,0
36	53,83	314,5

37	58,7	315,0
38	62,91	315,5
39	67,06	316,5
40	70,15	316,96
41	83,65	317,26

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	300,45
2	0,07	300,45
3	0,23	300,47
4	0,46	300,49
5	0,74	300,52
6	1,03	300,55
7	1,46	300,6
8	1,9	300,64
9	3,4	300,8
10	5,16	300,98
11	6,31	301,45
12	7,08	301,65
13	9,59	302,63
14	12,14	303,25
15	15,41	304,08
16	19,14	305,0
17	22,41	305,85
18	25,39	306,47
19	28,75	306,97
20	32,91	307,49
21	37,84	308,42
22	46,87	310,42
23	51,85	311,64
24	54,73	312,07
25	65,33	313,74
26	71,38	314,15
27	82,07	314,58
28	83,65	314,7

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	298,41
2	0,29	298,46
3	0,47	298,49
4	0,62	298,52
5	0,88	298,56
6	1,22	298,62
7	1,65	298,7
8	2,02	298,77
9	2,64	298,88
10	3,45	299,02
11	4,62	299,23
12	6,73	299,61

13	11,41	300,78
14	18,64	302,52
15	26,91	304,26
16	32,8	305,24
17	46,38	307,89
18	65,16	311,58
19	75,32	312,3
20	83,65	312,98

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1			26	1700		
2			33	2000		
3			38	2200		

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,48
Ascissa centro superficie	39,84 m
Ordinata centro superficie	334,93 m
Raggio superficie	28,05 m

xc = 39,839 yc = 334,932 Rc = 28,047 Fs=1,482

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	0,22	-15,8	0,23	16,74	0,69	0,33	0,0	21,3	0,0	18,8	5,0
2	1,09	-14,4	1,12	896,28	36,75	17,93	0,0	21,3	0,0	992,4	261,3
3	1,94	-11,2	1,98	4580,08	187,78	91,6	0,0	27,5	0,050	19,0	1759,6
4	1,19	-8,0	1,24	544,43	186,32	90,89	0,0	27,5	0,048	26,2	1692,1
5	2,9	-3,8	2,91	15134,62	620,52	302,69	0,0	27,5	0,015	29,0	5444,4
6	0,83	0,0	0,83	5221,92	214,1	104,44	0,0	27,5	0,052	21,2	1830,6
7	1,83	2,7	1,83	13139,37	538,71	262,79	0,0	27,5	0,012	937,7	4535,9
8	1,49	6,1	1,51	1785,68	483,21	235,71	0,0	32,0	0,011	1339,8	4783,1
9	1,11	8,8	1,12	9438,93	387,0	188,78	0,0	32,0	0,089	65,8	3781,7
10	15,01	27,5	16,92	120573,84	943,53	2411,48	0,0	27,5	0,011	4952,34	30302,2

