

RELAZIONE
GEOLOGICA - SISMICA

OGGETTO : **PIANO DI RECUPERO IN ZONA *BO - CU *** *per interventi di restauro, risanamento conservativo, ristrutturazione urbanistica ed ampliamenti, di un nucleo storico - residenziale in totale stato di abbandono e declino*

COMMITTENTI : **ALEGIANI LAURA MARIA & ALTRI**

LOCALITA' : **COSTE S. PAOLO**

COMUNE : **TREVI**

DATA : **LUGLIO 2012**

*STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA - DOTT. GEOL. ANDREA GAGLIARDONE
P.zza DELLA CONCORDIA B. TREVI - TREVI - TEL. 3292164630 - 3477854213*

C.F.GGLNDR66B13G478C P.I. 02403730548

RELAZIONE GEOLOGICA, SIMICA RELATIVE AD UN PIANO DI RECUPERO IN ZONA *BO – CU* “*per interventi di restauro, risanamento conservativo, ristrutturazione urbanistica ed ampliamenti, di un nucleo storico - residenziale in totale stato di abbandono e declino*” IN LOCALITA' COSTE S.PAOLO, NEL COMUNE DI TREVI (PG).

PREMESSA

Nella presente relazione vengono esposti i risultati delle indagini geologica, e sismica richieste dallo Studio dell'Architetto *Marice Falcinelli* ed operate sui terreni di proprietà della Signora *Laura Maria Alegiani*, & altri siti in corrispondenza dell'abitato **Coste S.Paolo** in località **Coste**, nel comune di **Trevi**.

L'intervento in sito ha avuto come scopo l'individuazione sia delle condizioni litologico-idrogeologiche puntuali del sito e sia della eventuale presenza di fattori, naturali o meno, che potrebbero inficiare l'effettiva fattibilità dell'opera in progetto.

Questa relazione geologica viene redatta ai sensi del D.M. LL. PP. 11/03/1988 e successive modifiche ed integrazioni (“*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione*”), **nel rispetto dell'O.P.C.M. del 20/03/2003, n° 3274** (“*Classificazione sismica dei comuni italiani*”) e del successivo **D.M. del 14.1.2008** (“*Nuove norme tecniche per le costruzioni*”).

Tale studio è stato inoltre redatto nel rispetto del D.G.R. n. 377 del 08/03/10, con il quale la Regione Umbria ha definito i criteri per le indagini di **microzonazione sismica** a supporto degli strumenti urbanistici(*).

Tale normativa prevede per gli strumenti urbanistici l'applicazione degli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (ICMS) predisposti dal Dipartimento della Protezione Civile e approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome il 13 novembre 2008.

I sopralluoghi diretti sul terreno, le indagini geognostiche condotte precedentemente nell'area, oltre che le informazioni bibliografiche raccolte, hanno permesso la determinazione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche della zona di intervento.

La presente si compone di tre parti fondamentali:

- 1) *caratteri geolitologici e morfologici* generali dell'area;
- 2) *classificazione e caratterizzazione sismica* del sito;
- 3) *caratteristiche geotecniche* dei terreni che verranno direttamente interessati dalle opere di fondazione e dalla distribuzione dei carichi.

Alla presente sono allegati:

- | |
|---|
| • <i>Carta topografica in scala 1: 25000 con indicata l'area di intervento</i> |
| • <i>Mappa catastale in scala 1:2000 con indicate le particelle interessate dall'opera in oggetto</i> |
| • <i>Carta geologica con indicati i depositi affioranti</i> |
| • <i>Stratigrafie corrispondenti</i> |
| • <i>Stralcio C.T.R</i> |
| • <i>Elaborati indagini sismiche HVSR realizzate dell'area</i> |
| • <i>Documentazione fotografica</i> |
| • <i>Stralcio cartografia P.A.I.</i> |

(*)Normativa di riferimento

- L. 64/74;
- D.Lgs. 112 del 31 marzo 1998 l'articolo 94 comma 2 lettera a);

- D.G.R. 18 giugno 1985,n. 3806.” Direttive e criteri metodologici di carattere geologico-tecnico per le indagini da eseguire a corredo dei piani urbanistici di grado subordinato;
- D.G.R. n. 3806 del 18 giugno 1985;
- Delibera di Giunta regionale n. 1700 del 19 novembre 2003 e sue modifiche o integrazioni
- L.R. n. 27 del 24 marzo 2000 e le loro successive modifiche ed integrazioni
- L.R. n. 11 del 22 febbraio 2005, per 'identificazione delle aree suscettibili di effetti sismici locali, gli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" redatti dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale congiuntamente con la Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome"…;
- l'Ordinanza" n°3274 del 20 Marzo 2003 della "Pr esidenza del Consiglio dei Ministri;
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 852 del 18 Giugno 2003 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".
- La successiva D.G.R. n. 1700 del 19 novembre 2003 "Specificazioni alla D.G.R. n. 852 del 18 giugno 2003 di classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria..;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 - "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti del 14 gennaio 2008 - "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni";
- D.G.R. n. 377 del 08/03/10.

RELAZIONE GEOLOGICA

UBICAZIONE DEL SITO DI LAVORO

L'area in esame e' posta, come detto, in corrispondenza dell'abitato di *Coste S.Paolo I*, nel Comune di *Trevi* ad una quota topografica di circa **750** metri sul livello del mare.

La suddetta area risulta contenuta, in cartografia, nella tavoletta in scala 1: 25.000 dell'I.G.M. " *Trevi* " *Sez.III foglio 324*.

Dal punto di vista catastale il lotto in esame, ha i seguenti riferimenti :

COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLE
"TREVI"	46	N°99/100/101/105/106/107/109/110/111



L'area in esame e' sita in corrispondenza della fascia di raccordo tra la parte pianeggiante, data dalla valle Folignate-Spoletina ed la catena dei Monti Lagarella , Brunette , Serano;

la quota del sito prescelto per l'esecuzione dell'opera in progetto e' di circa **750** metri sul livello del mare.

Per ciò che riguarda le caratteristiche geologiche dell'area in esame, bisogna dire che questa può essere identificata come una porzione marginale della grande anticlinale, forse rovescia, data dai Monti di Foligno-Trevi che ha nel Monte Puranno una delle cime principali, troncata nel suo fianco esposto ad Est da faglie inverse ad alto angolo con direzione Nord-Sud facenti parte di un più complesso sistema di faglie a direzione appenninica.

A valle della zona di intervento e' presente una grossa dislocazione tettonica avente all'incirca direzione Nord-Sud e che separa la dorsale sopracitata dall'anticlinale dei monti Aguzzo-Pale, facente parte del più complesso sistema di pieghe e sovrascorrimenti che in generale caratterizza l' appennino Umbro-Marchigiano.

Dal punto di vista tettonico risulta far parte del sistema dell'appennino Umbro-Marchigiano costituito da un sistema di pieghe e sovrascorrimenti a vergenza Orientale, delimitato sul bordo Ovest dall'affioramento della Marnoso Arenacea e su quello Est dal fronte dei monti Sibillini e dal suo prolungamento verso Nord.

Questo sistema si e' originato in una fase tettonica compressiva ed e' costituito da un'alternanza di anticlinali e sinclinali, spesso evolutesi come sovrascorrimenti;

le pieghe sono fortemente asimmetriche, in genere con vergenza Orientale e con assi disposti ad arco e con convessità orientale.

Le anticlinali presentano geometrie con zona di cerniera ampia e piatta e con fianchi ripidi, spesso verticali o rovesciati, con la presenza di faglie inverse ad alto angolo;

le sinclinali sono generalmente strette.

Le pieghe e le associate faglie inverse ad alto angolo, sono dislocate da sovrascorrimenti, da faglie e da zone di taglio trascorrenti Nord-Sud destre ed Est-Ovest sinistre.

Successivamente su questo sistema di pieghe e sovrascorrimenti, in una fase tettonica distensiva, si è impostato un complesso di faglie dirette (che in parte hanno riattivato le già esistenti faglie inverse), che delimita Graben e Semigraben, riempiti da sedimenti progressivamente più recenti verso Est.

Le strutture distensive, sono distribuite lungo allineamenti che si sviluppano per decine di chilometri con direzione Nord Ovest-Sud Est e Nord Nordovest-Sud Sudest.

Tra le strutture distensive a noi più vicine, troviamo l'altipiano di Castelluccio, l'altipiano di Norcia-S.Scolastica, l'altipiano di Colfiorito e la piana Folignate-Spoletina.

Dal punto di vista litologico nella zona interessata è rilevabile, in corrispondenza dei numerosi tagli di versante, la presenza di un deposito litoide riferibile alla Formazione del ***Calccare***

Rupestre (Maiolica – età Barremiano-Titoniano)

Questa Formazione è costituita in prevalenza da calcari micritici bianchi ben stratificati, con strati da medi a sottili che variano da 10 – 20 cm a 30 – 40 cm, e da calcari marnosi e marne che aumentano notevolmente in frequenza e spessore al passaggio con la sovrastante unità delle Marne a Fucoidi .

Sui preesistenti alti strutturali la Maiolica a causa della forte dolomitizzazione assume un aspetto saccharoide di colore bruno giallastro in strati e banchi di calcari nodulari e calcari dolomitizzati.

Lo spessore della Maiolica varia da poche decine di metri sulle zone di “alto” a svariate centinaia di metri nelle zone di “basso”.

Il limite ***inferiore*** è posto al tetto dell'intervallo caratterizzato da strati decimetrici di calcari bianco – grigi ricchi in aptici.

Il limite superiore tra la formazione della Maiolica e la formazione delle Marne a Fucoidi è posto in corrispondenza della comparsa di livelli marnoso – argillosi e al tetto dell'ultimo strato contenente liste di selce di colore nero.

Nelle generalità l'assetto locale dell'ammasso roccioso risulta a traversopoggio con inclinazione degli strati che in taluni punti rasenta la verticale.

Talora la stratificazione è disturbata dalla intensa tettonizzazione a cui la formazione rocciosa è stata assoggettata.

Questa si presenta infatti, in alcuni punti, specie nella porzioni più superficiali, fortemente alterata e fratturata causa l'azione degli agenti esogeni e delle azioni tettoniche passate.

A ricoprire la stessa formazione in posto sono presenti localmente depositi riferibili a detrito di falda caratterizzati da clasti a spigoli vivi, di piccola e media pezzatura (di norma inferiore ai 20 centimetri), in scarsa matrice ed il cui spessore varia da punto a punto in relazione alla morfologia dei luoghi.

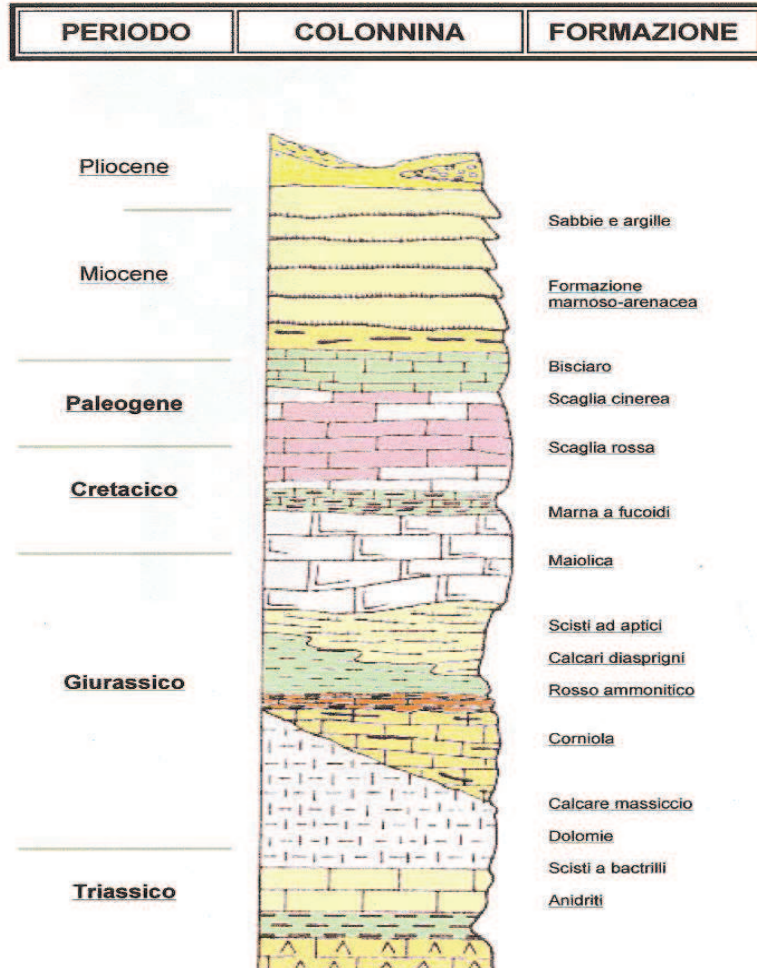
La zona presenta una pendenza media compresa tra i 25 e 30° in direzione Ovest .

Alle forme naturali si è sovrapposta nel tempo un pur moderata 'attività antropica, responsabile della creazione di terrazzi, anche di limitata ampiezza, sostenuti da muri a secco, per rendere più agevole l'attività umana.

Dal punto di vista morfologico l'area studiata, per la presenza di materiali litoidi con buone caratteristiche meccaniche, si presenta stabile, senza mostrare alcuna evidenza superficiale di instabilità in atto o latenti.

Allo scopo di definire i rapporti stratigrafici dei depositi affioranti in zona si fornisce la colonna stratigrafica che caratterizza la serie Umbro-Marchigiana.

Successione UMBRO-MARCHIGIANA



DISSESTI IN ATTO O POTENZIALI – STABILITA'

Per le buone caratteristiche meccaniche dei depositi presenti (materiali litoidi), l'area esaminata risulta esente da movimenti franosi, in atto o quiescenti, che potrebbero inficiare la fattibilita' del progetto in questione.

Vista l'elevazione in quota dell'area di intervento rispetto all'alveo dei corsi d'acqua che

attraversano la valle Folignate-Spoletina e per la distanza dagli stessi, l'area studiata risulta esente da fenomeni di esondazione e stagnamento anche temporaneo delle acque.

A tal proposito é stato condotto anche un controllo della stabilit  areale della zona tramite esame della cartografia ufficiale (*PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)* - Autorit  di Bacino del Fiume Tevere) da cui si evince che l'area in esame rimane al di fuori delle aree cartografate in dissesto negli stessi elaborati (che vengono forniti in allegato).

AREA ESAMINATA









AFFIORAMENTI RILEVATI NELL' AREA IN ESAME









IDROGEOLOGIA

La circolazione delle acque, sia superficiali che sotterranee, e' condizionata come sempre non solo dal grado di permeabilita' dei terreni attraversati, ma anche dalla continuita' spaziale, dalla geometria dell'acquifero e dalla possibilita' che formazioni geologiche a permeabilita' diversa possano essere giustapposte a causa di azioni tettoniche successive alla fase di deposizione.

Nel caso delle montagne che bordano la pianura Folignate-Spoletina, si puo' affermare che la circolazione delle acque e' pilotata dalla presenza di depositi a consistenza litoide, permeabili per porosita' (acquisita durante la fase di messa in posto della roccia) e per fessurazione (acquisita in un secondo tempo a seguito di movimenti tettonici che hanno prodotto la fratturazione della roccia), sostenuti da litotipi a prevalenza marnoso-argillosa a bassa permeabilita'.

In particolare, per quanto riguarda la serie Umbro-Marchigiana, e' possibile distinguere:

- i termini *permeabili* che costituiscono il sistema acquifero e che nel caso particolare sono dati dai litotipi attribuibili alle formazioni del *Calcere Massiccio*, della *Corniola*, della *Maiolica*, della *Scaglia Rossa* e del termine arenaceo appartenente alla formazione della *Marnoso Arenacea*;
- i termini *impermeabili* che costituiscono la barriera invalicabile alla circolazione idrica e che nel nostro caso sono dati dalle formazioni del *Rosso Ammonitico*, degli *Scisti ad Aptici*, degli *Scisti a Fucoidi*, della *Scaglia Cinerea* e del termine marnoso appartenente alla formazione della *Marnoso Arenacea*.

E' al contatto tra i termini permeabili e quelli impermeabili, in condizioni giacitureali favorevoli, che e' possibile rinvenire emergenze idriche.

Per quanto riguarda i depositi permeabili presenti all'interno del bacino idrografico è possibile distinguere due tipologie:

- ❖ una caratterizzata da un deposito detritico, dato da ghiaie in matrice sabbiosa con un'elevata permeabilità primaria per porosità;
- ❖ una caratterizzata da depositi litoidi con un'elevato grado di fratturazione e conseguentemente da un'alta permeabilità secondaria per fessurazione.

Dal punto di vista idrogeologico e' possibile distinguere un acquifero di base dato dal Calcere Massiccio, caratterizzato da un'elevata permeabilita' per fessurazione e per carsismo, ed una soglia impermeabile costituita dai Calcari Diasprigni .

Dalle informazioni in nostro possesso risulta che il livello di falda è posto a svariate decine di metri dal p.c. tanto da non creare alcuna interferenza con le opere in progetto.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale dell'area esaminata, si nota che la zona studiata e' caratterizzata da una scarsa densita' di drenaggio, a testimoniare l'alta permeabilita' dei depositi superficiali, con la conseguente rapida infiltrazione della quasi totalita' delle acque di precipitazione meteorica.

Tale rete di drenaggio e' rappresentata da una serie di fossi che scendono in direzione Ovest dalle aree più rilevate dell'altura e sono alimentati dalle acque di ruscellamento superficiale e di versante.

Il vettore principale di tale drenaggio e' il fosso *La Renacciola* che attraversa più a Nord la porzione più settentrionale del paese di Coste S.Paolo.

L'area esaminata, per la distanza da corsi d'acqua anche temporanei e la sua elevazione in quota, risulta allo stato attuale, immune da qualsiasi problema di esondazione e stagnamento anche temporaneo di acque superficiali.

STRATIGRAFIA

Per la determinazione della stratigrafia presente in corrispondenza del luogo di intervento sono stati rilevati numerosi tagli di versante e scarpate naturali presenti nelle immediate vicinanze da cui si è dedotta la seguente situazione:

- superficialmente è rinvenibile un primo livello di suolo agrario e materiali fluvio-gravitativi; e' da evidenziare che tali materiali sono presenti con spessori estremamente variabili nell'area in oggetto in dipendenza anche della azione antropica con creazione di numerosi terrazzi di limitata ampiezza;
- inferiormente è stata rilevata la presenza di un deposito litoide caratterizzato da calcari micritici bianchi in strati decimetrici, di colore bianco, riconducibili alla formazione della *Calcare Rupestre* (età *Barremiano- Titoniano*), molto alterati e fratturati nelle porzioni più superficiali.

In taluni punti, nelle porzioni più superficiali, la spinta fratturazione a cui sono soggetti, porta ad assimilare lo stesso ammasso roccioso ad un deposito sciolto di materiali grossolani.

E' da evidenziare che l'alterazione superficiale presenta spessori estremamente variabili, anche in dipendenza dell'intensa attività tettonica che ha interessato la zona in passato.

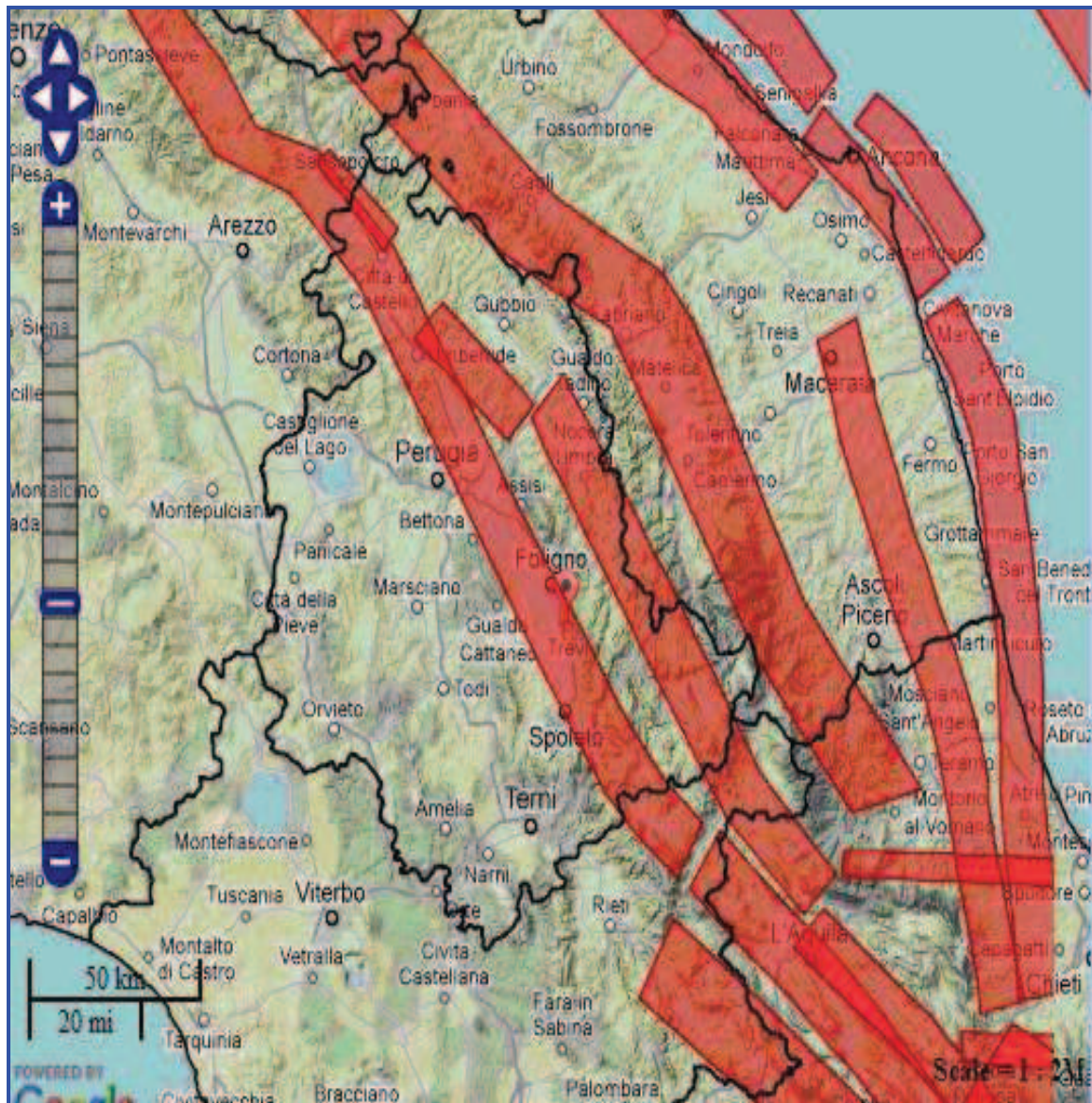
La stratigrafia osservata in corrispondenza dell'area in viene riportata in stratigrafie tipo riportate negli allegati:

CLASSIFICAZIONE E RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'area indagata ricade in zona sismicamente attiva, soggetta a risentimenti di scosse provenienti direttamente dalle aree epicentrali ubicate a margine e all'interno della fascia appenninica umbro-marchigiana, sede di sismicità rilevante distribuita in modo non omogeneo.

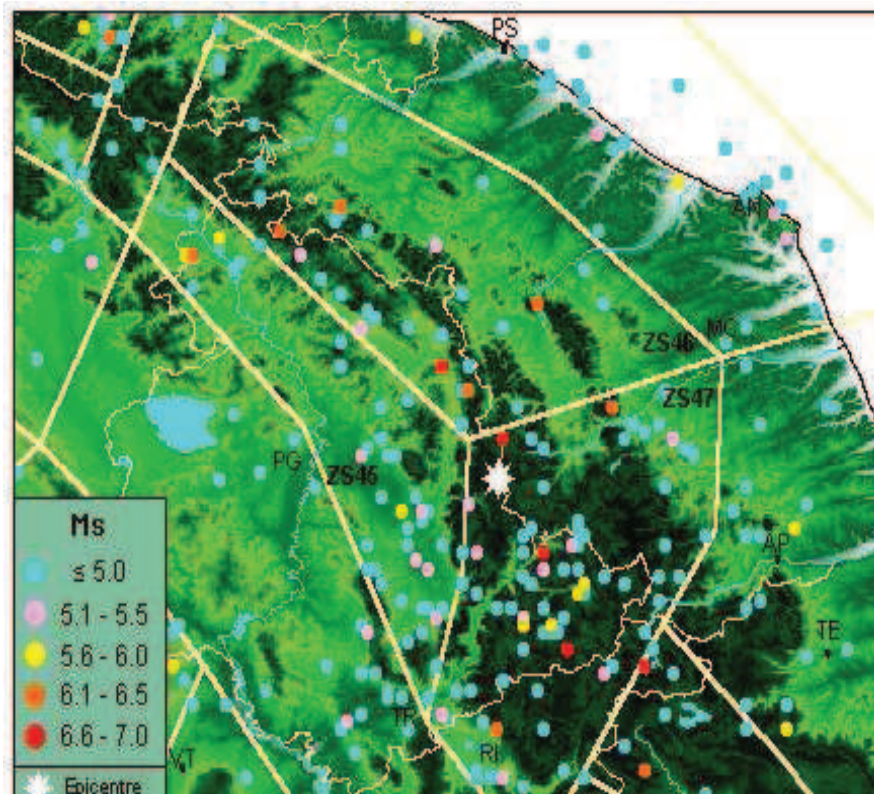
L'attività sismica di queste zone che costituiscono la parte assiale della catena è legata principalmente all'esistenza di faglie attive normali e oblique con direzione da NW-SE a N-S, la cui attività è evidenziata dalla dislocazione di depositi e forme di età riferibile al Pleistocene superiore-Olocene.





CARTA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE

Secondo il modello sismogenico proposto dal “Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), questa fascia è divisa in diverse zone simogenetiche, secondo quanto riportato nel catalogo “ NT4.1” (Camassi e Stucchi, 1997) in cui le zone più attive risultano la 45, la 46 e la 47, come mostrato nella Fig.1.



Gli epicentri dei terremoti del 26 settembre 1997 ricadono nella zona 47 e sono localizzati in un'area compresa tra Serravalle del Chienti, Foligno e Nocera, che risulta caratterizzata da un'attività sismica meno frequente, ad esempio, di quella dell'Alta Valnerina. Da un punto di vista tettonico l'area epicentrale è caratterizzata dalla presenza di due faglie principali (Faglie di Colfiorito e di Cesi, trend NW-SE a N-S, vedi Pizzi, 1992 e Cello et al., 1997) che bordano a est il bacino di Colfiorito e Cesi, e sono lunghe rispettivamente 7.5 e 6 km.

A conferma della elevata sismicità di tutta la fascia appenninica esistono numerose banche dati di terremoti recenti e storicamente noti.

Tratti dalla stessa fonte bibliografica, in Fig. 2 sono rappresentate, con colori diversi per ciascun terremoto, le località che hanno subito danni maggiori o uguali a 7/8 MCS in occasione dei più forti terremoti localizzati lungo la fascia di catena (dati da [DOM4.1](#),

Monachesi e Stucchi, 1997).

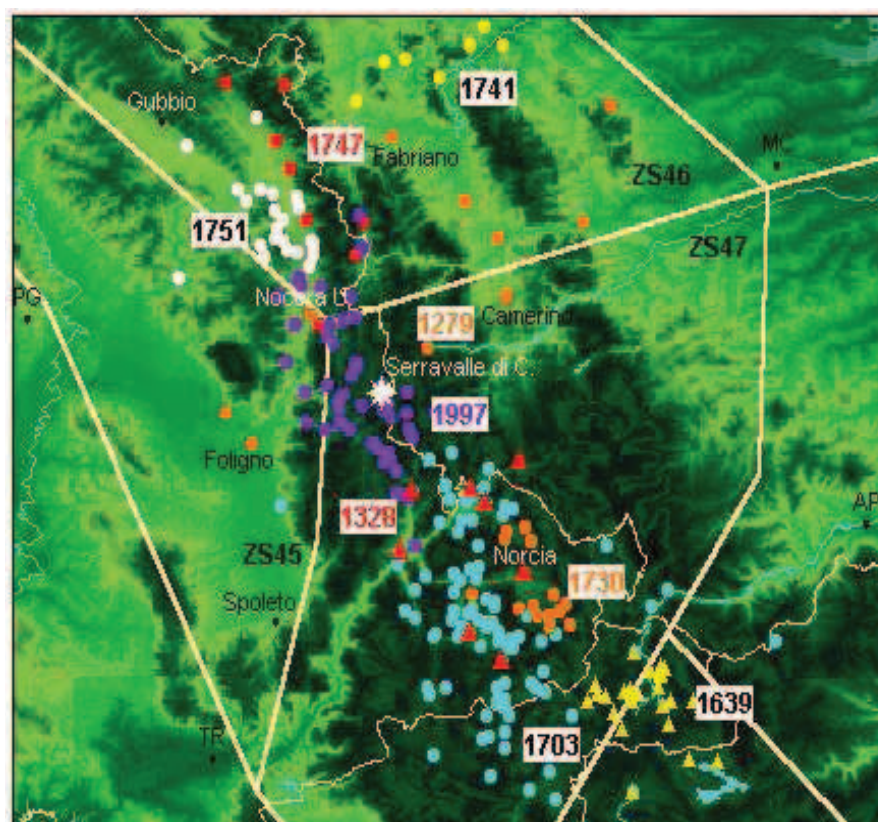


Fig. 2 - Principali terremoti nell'area di catena

Nella Fig. 3 è presentata la serie cronologica degli eventi che appartengono alle zone sismogenetiche 45, 46, 47.

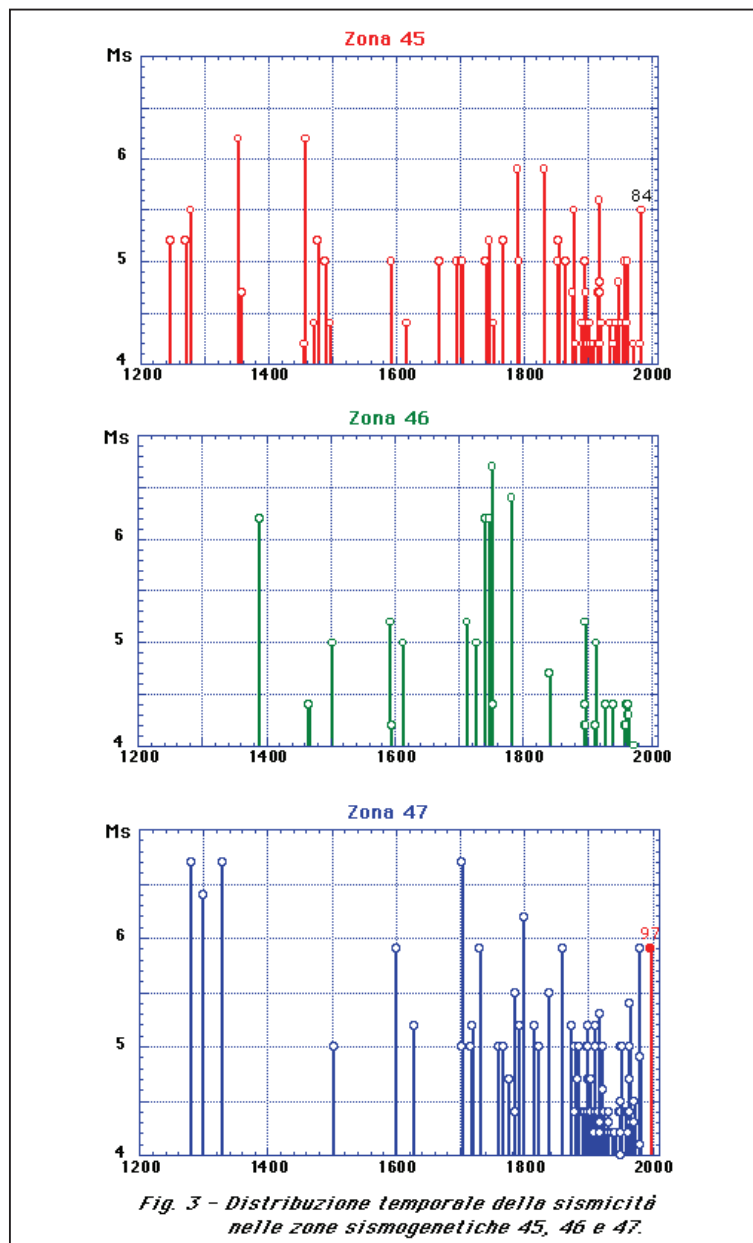
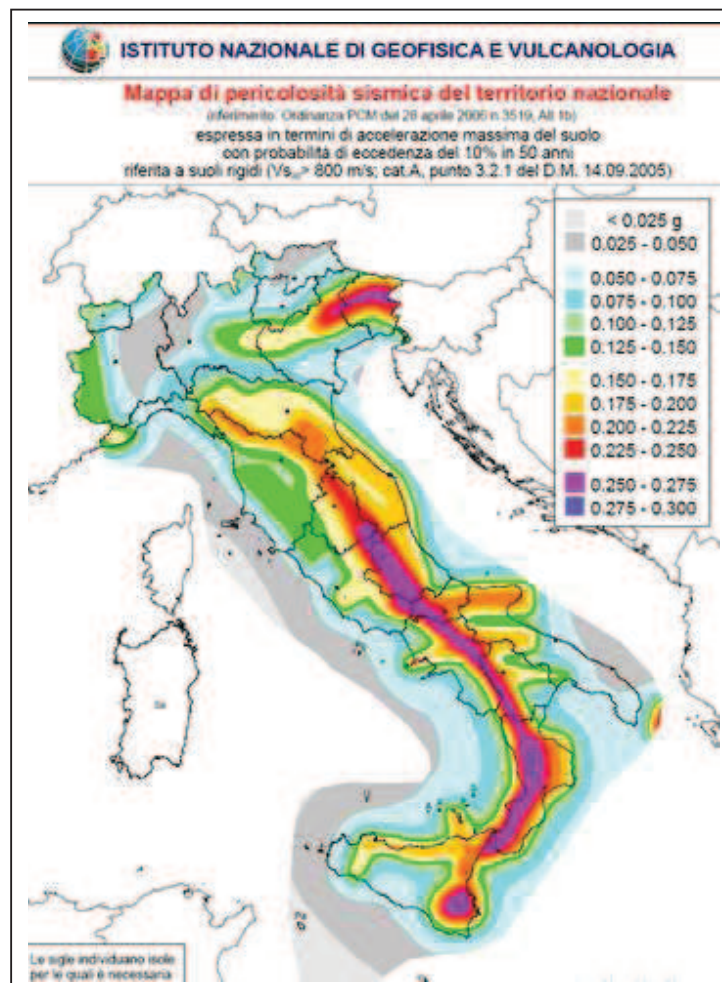


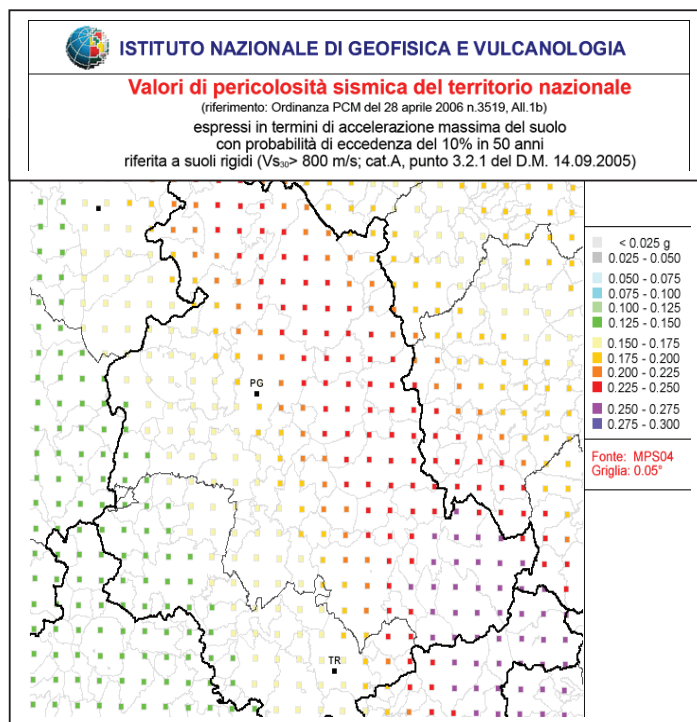
Fig. 3 - Distribuzione temporale della sismicità nelle zone sismogenetiche 45, 46 e 47.

Con “l’**Ordinanza**” n° 3274 del 20 Marzo 2003 della “**Presidenza del Consiglio dei Ministri**” sono state emanate le norme che definiscono i criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche ai sensi dell’ **Art.n° 93, 1g)** del Decreto Legislativo **112/1998** ai fini della formazione e dell’aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai

sensi dell' **Art. 94, 2a)** del medesimo decreto.

In seguito all'emanazione della dell'**O.P.C.M.** è stata redatta, a cura di un gruppo di lavoro dell'**INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)**, la mappatura della pericolosità sismica del territorio nazionale e regionale di dettaglio mostrata nelle seguenti mappe:





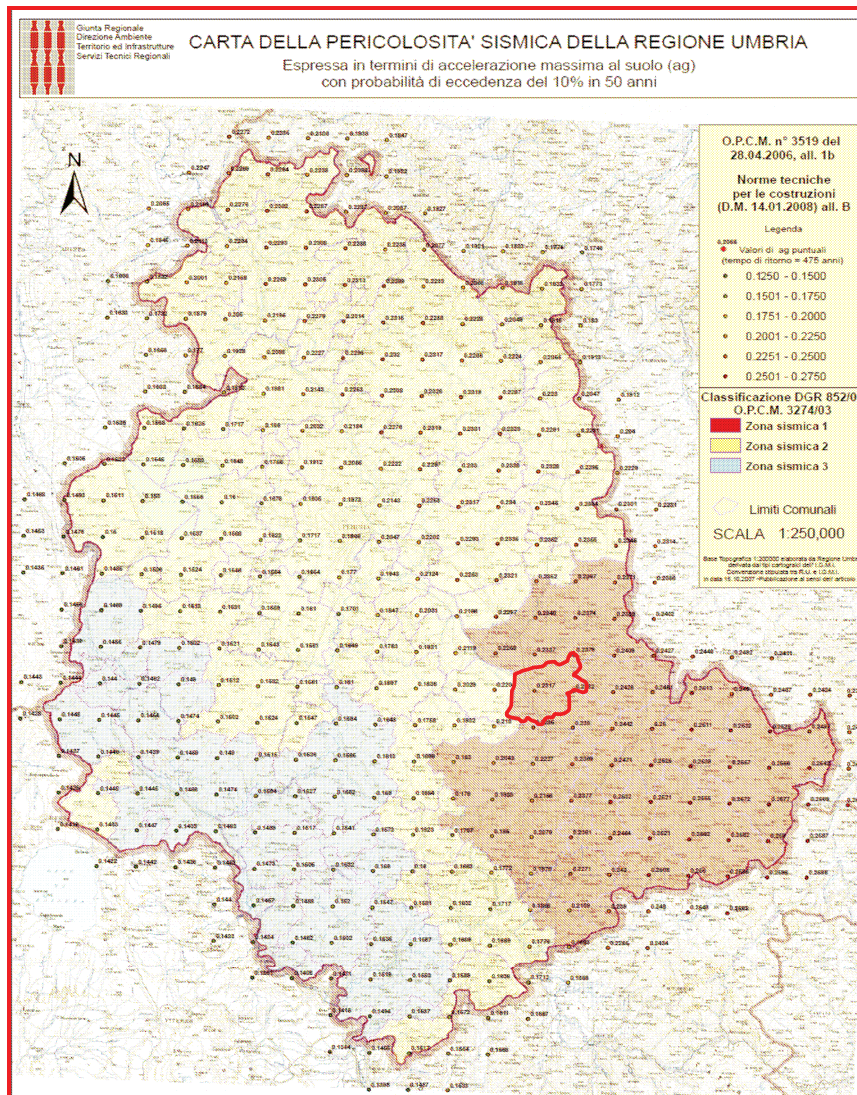
Sono state utilizzate, come base dati, le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800 \text{ m/s}$; cat. A, Allegato 3.2/n. 1).

Ai sensi dell'**OPCM** il territorio italiano è stato così suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di pericolosità sismica.

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

L' "**Ordinanza Ministeriale**" è stata recepita con Deliberazione della Giunta Regionale n. 852 del 18 Giugno 2003 "*Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria*".

Così sulla base di studi di pericolosità sismica, frequenza ed intensità dei terremoti del passato, i Comuni dell'**Umbria** sono classificabili e suddivisibili in tre zone sismiche (**1, 2 e 3**), cui corrispondono norme tecniche con livelli crescenti di protezione richieste per le nuove costruzioni.



Come si può vedere dalla carta di macrozonazione sismica della Regione Umbria, il Comune di **TREVI** ricade in **Zona 1**, definita come zona a **“sismicità alta” > 0.25 g** (S=12 secondo la precedente Normativa).

La **pericolosità sismica di “base”** in un generico sito è definita più in particolare dalle NTC

del D.M. 14-01-2008, attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- **a_g** *accelerazione orizzontale massima del terreno;*
- **F_0** *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*
- **T_c** *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

L'area in esame ha le seguenti coordinate geografiche:

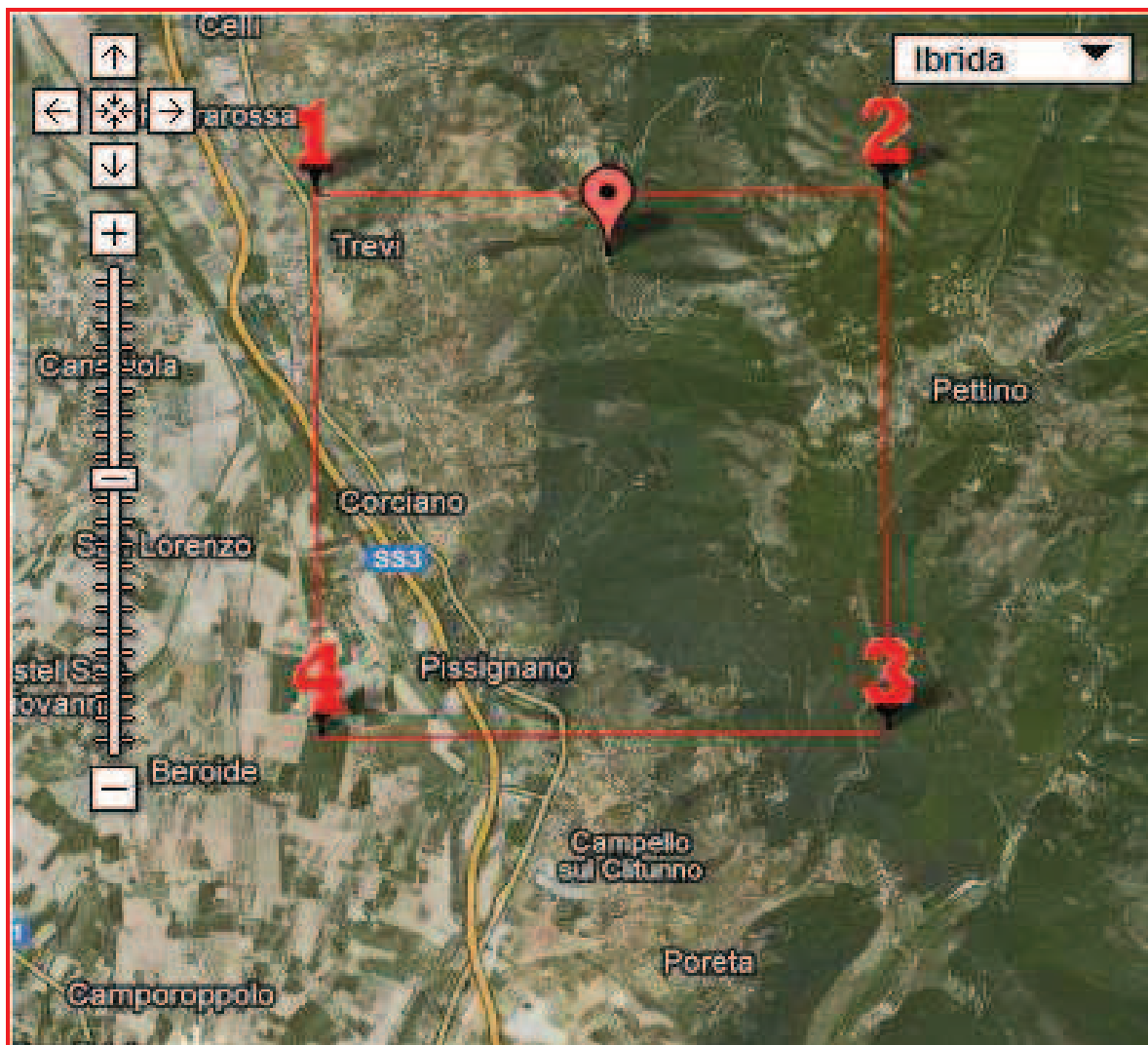
sistema (**ED 50**):

LATITUDINE 42.87672°	LONGITUDINE 12.77443°
-----------------------------	------------------------------

sistema (**WGS84**):

LATITUDINE 42.87576°	LONGITUDINE 12.7735°
-----------------------------	-----------------------------

I valori dei principali parametri sismici (**a_g , F_0 , T_c**) riferiti all'area in oggetto, sono esplicitati nella seguente tabella e nel relativo spettro di risposta:



Stato Limite	Tr [anni]	a_e [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,074	2,402	0,272
Danno (SLD)	50	0,095	2,370	0,281
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,234	2,397	0,317
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,299	2,400	0,331
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	24076	42,882470	12,739540	2914,1
Sito 2	24077	42,882900	12,807740	2799,3
Sito 3	24299	42,832900	12,808240	5598,4
Sito 4	24298	42,832470	12,740130	5660,0

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove **“Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni”** il profilo stratigrafico dei terreni permette di classificare le zone oggetto di indagine come appartenenti a differenti categorie sismiche.

Si distinguono le seguenti Categorie:

Categoria	Litologia	$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi (con eventuale coltre di alterazione < 3m)</i>	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	360-800	> 50	> 250
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	180-360	15-50	70-250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m (su substrato con $V_s > 800$ m/s)</i>	< 360	< 50	< 250
S1	<i>Depositi con uno strato > 8 m di terreni fini poco consistenti o > 3 m di torba o argille organiche</i>	< 100	-	10-20
S2	<i>Terreni liquefacibili, argille sensitive o altri terreni non classificabili nelle categorie precedenti</i>			

CARATTERIZZAZIONE GEOSISMICA DEL SITO E INDAGINI SISMICHE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni appartenenti all'area in esame si è provveduto ad eseguire una misura delle onde di taglio **S** mediante metodologia sismica passiva con misura di **Rumore Sismico Passivo (Microtremori)**.

Tale metodo ha consentito una stima della velocità media delle onde sismiche di taglio **V_s**, della frequenza di risonanza dei terreni ed ha permesso la definizione della categoria di suolo dell'area oggetto di intervento.

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il tromografo "**GEObOX**" della **SARA Electronic Instruments s.r.l.**: si tratta di un sismografo digitale a 24 bit e 3 canali ad altissima risoluzione e sistema **GPS** integrato.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei **rapporti spettrali** o **METODO HVSR** che consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (**H/V spectrum**).

Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (**velocità delle onde e densità del materiale**).

Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati (la copertura (1) ed il bedrock (2), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza f_r della copertura (nel mezzo 1), relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1} / (4 h)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{S1} / (4 h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità.

Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Descrizione e interpretazione delle misure effettuate

Nel sito di indagine sono state effettuate n.3 misure dei microtremori della durata di 20 minuti ciascuna che hanno permesso di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite opportuna inversione, una ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (onde S) con la profondità.

Le misurazioni condotte in alcuni punti rappresentativi sono riportate in allegato.

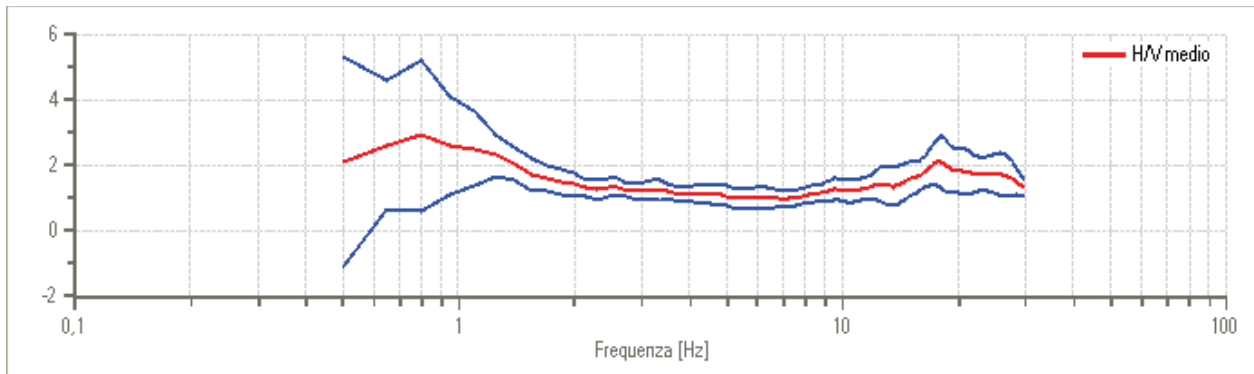
L'elaborazione dei dati raccolti impiega un software (Easy HVSR della Geostru Software) in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale che dovranno essere non meno di 20 per un segnale complessivo utile non inferiore a 600 secondi dei 1200 registrati.

I certificati di prova sono riportati in allegato, mentre di seguito viene riportato il diagramma dei rapporti spettrali H/V ed il profilo delle velocità delle onde di taglio V_{S30} .

MISURA N.1

Grafico rapporto spettrale H/V

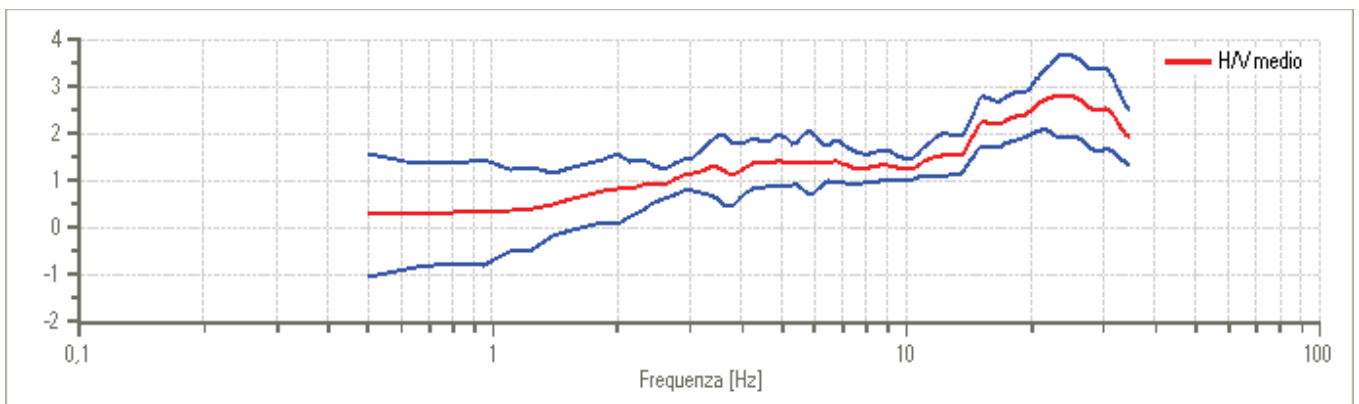


Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,80 Hz \pm 0,79 Hz

MISURA N.2

Grafico rapporto spettrale H/V

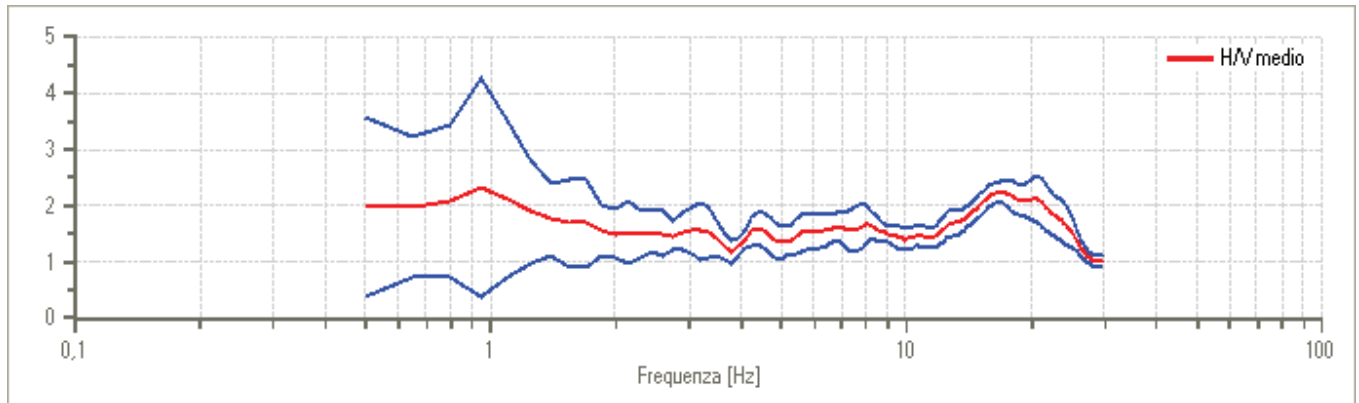


Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Frequenza del picco del rapporto H/V: 24,80 Hz \pm 0,31 Hz

MISURA N.3

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,95 Hz \pm 0,83 Hz

Come atteso, le misure effettuate su roccia integra affiorante non hanno mostrato alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico.

Infatti a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati le curve H/V appaiono piatte e con ampiezza circa pari a 1, tanto che i criteri di validazione Sesame non risultano verificati in tutti i casi nonostante la misure siano di fatto attendibili.

Tutte e tre le registrazioni mostrano un modesto picco a frequenze comprese tra 18 e 25 Hz da correlare, con probabilità, al passaggio tra la porzione più superficiale del substrato roccioso maggiormente alterata e la roccia più integra sottostante.

Alla frequenza di 0,8-0,9 Hz le registrazioni n.1 e n. 3 hanno evidenziato un altro modesto picco che potrebbe essere associabile al passaggio ad un litotipo più consistente a profondità superiore ai 100 mt da p.c.

L'insieme dei dati ottenuti hanno permesso di rilevare che non esistono fenomeni di risonanza di risonanza sismica nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (0.5-10 Hz).

Attraverso la procedura detta di inversione si è quindi proceduto alla definizione del profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è stato possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Le tre misure effettuate hanno fatto registrare i seguenti valori delle VS30.

<i>HVSR 1</i>	<i>HVSR 2</i>	<i>HVSR 3</i>
Vs30= 899,82 m/s	Vs30= 862,75 m/s	Vs30= 863,37 m/s

Sulla base delle indagini e dei metodi sopra descritti è stato possibile calcolare un valore di Vs30, che riferito al piano di appoggio delle fondazioni è compreso tra 860 e 900 m/s.

Questo valore pone il sito nella classe di sottosuolo A secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008.

Categoria	Litologia	V _{s,30} (m/s)	N _{SPT,30}	C _{u,30} (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi (con eventuale coltre di alterazione < 3m)</i>	> 800	-	-

Relativamente al sito di stretto interesse, ci troviamo in presenza di un substrato roccioso affiorante costituito fondamentalmente da calcari cristallini e stratificati appartenenti alla formazione della *MAIOLICA*.

Se si eccettua la porzione più superficiale, di spessore variabile tra i 0.8 e 2.0 mt da p.c. e costituente il cappellaccio di alterazione della sottostante formazione rocciosa, l'ammasso si presenta in strati di spessore decimetrico a più basso grado di fatturazione e alterazione e

come deducibile anche dalle buone velocità del parametro V_s .

In base a tali considerazioni e tenendo presente che tali materiali sono assimilabili a rocce “molto dure” che presentano elevate velocità di propagazione delle onde S, sicuramente maggiori a 800 m/s (come si può verificare nella seguente tabella tratta dalla letteratura specializzata), questi orizzonti presentano caratteristiche conformi **all’orizzonte A** (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi...comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m).

● Velocità caratteristiche delle onde S correlate a vari tipi di suolo (tratto da *Il Geologo dell'Emilia Romagna*, F.Mulgaria)

TIPO DI SUOLO	V_s min [m/s]	V_s media [m/s]	V_s max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	280	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

VITA NOMINALE DELL’OPERA, PERIODO DI RITORNO DELL’AZIONE SISMICA E PERICOLOSITA’ SISMICA

La vita nominale di un’opera strutturale V_n e’ intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale e’ destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere e’ quella riportata nella *Tab.2.4 I dell’allegato A* delle

N.T.C.2008 e deve essere precisata nei documenti di progetto

Tabella 2.4.1. Vita nominale per diversi tipi di opere

<i>TIPI DI COSTRUZIONE</i>	<i>Vita nominale Vn(in anni)</i>
<i>1 Opere provvisorie - Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva</i>	<i>< 10</i>
<i>2 Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale</i>	<i>> 50</i>
<i>3 Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica</i>	<i>> 100</i>

Tabella 6 :Parametri per il calcolo della vita nominale da N.T.C.2008

In presenza di *Azioni Sismiche*, le costruzioni sono suddivise in *quattro classi d'uso*, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata :

<i>Classe I</i>	<i>Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli</i>
<i>Classe II</i>	<i>Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, industrie con attivita' non pericolose l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti</i>
<i>Classe III</i>	<i>Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attivita' pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti</i>
<i>Classe IV</i>	<i>Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attivita' particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 Novembre 2001 n°6792) importanti per il mantenimento delle vie di</i>

comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

Le *azioni sismiche* su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso Cu

$$VR = VN \times Cu$$

Il valore del *coefficiente d'uso* Cu e' definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in *Tab. 2.4.II*

<i>CLASSE D'USO</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>COEFFICIENTE Cu</i>	<i>0,7</i>	<i>1,0</i>	<i>1,5</i>	<i>2,0</i>

Nel caso in esame si puo' adottare una *CLASSE D'USO II*

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA E STRATIGRAFICA

In base a quanto previsto dalle **(NTC)**, per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla ***morfologia superficiale*** e dalle ***condizioni stratigrafiche*** dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisico-meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g$$



Dove **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \times S_t$$

Essendo **S_s** il coefficiente di amplificazione stratigrafica e **S_t** il coefficiente di amplificazione topografica.

Per tener conto delle condizioni topografiche e per configurazioni superficiali semplici di altezza maggiore di 30 m, si utilizzano i valori del coefficiente topografico **S_t** riportati nella tabella seguente.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera	S _t
T1	$i < 15^\circ$	1,0
T2	Sommità del pendio con $i > 15^\circ$	1,2
T3	Cresta del rilievo con $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
T4	Cresta del rilievo con $i > 30^\circ$	1,4

Fattore di amplificazione topografica (S _t)			
Morfologia		Pendenza media α	S _t
Pendi scoscesi isolati		$> 15^\circ$	$< 1,2$
Larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base		$15^\circ \text{ to } 30^\circ$	$< 1,2$
		$> 30^\circ$	$< 1,4$

Trattandosi di zona ad acclività maggiore di 15°, l'area in esame ricade nella categoria **T2**, a cui è attribuibile un coefficiente di amplificazione topografica **St = 1.2**.

Dalle considerazioni fin'ora fatte ed in considerazione dei principali parametri sismici (**ag**, **F0**, **Tc***) è possibile anche ricavare il fattore di amplificazione stratigrafica secondo le relazioni riportate nella seguente tabella.

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA		
Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \times (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \times (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \times (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \times (T_c^*)^{-0,40}$

Facendo riferimento ad un suolo di categoria **A** e con un valore di **S_S** pari a **1.00** si ha che il valore dell'accelerazione massima (**SLV**) è uguale a:

$$a_{max} = 0.280 (g)$$

Di seguito vengono tabellati i *coefficienti sismici* relativi ai diversi stati limite (determinati con GeoStru PS):

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,018	0,009	0,873	0,200
SLD	1,000	1,000	1,200	0,023	0,011	1,120	0,200
SLV	1,000	1,000	1,200	0,084	0,042	2,759	0,300
SLC	1,000	1,000	1,200	0,108	0,054	3,517	0,300

Dove a_{max} viene espresso in m/s^2 (invece che in unità g).

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI TERRENI

Con il termine liquefazione del terreno si intende la diminuzione della resistenza del terreno stesso a seguito del raggiungimento del limite di fluidità.

Questo fenomeno si produce a causa dei movimenti ciclici che avvengono durante un sisma che producono un accumulo della pressione interstiziale di un terreno granulare saturo (ghiaia, sabbia e limo non coesivo), provocandone una diminuzione della resistenza al taglio.

La liquefazione si attua quando il valore limite della tensione tangenziale tende a zero, inoltre la liquefazione aumenta al diminuire della coesione c , dell'angolo d'attrito ϕ e della tensione totale σ_n ed all'aumentare della pressione interstiziale.

In base a quanto definito dalle NTC08, deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende **strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda**, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Nel caso in oggetto, la presenza di terreni rocciosi ad elevate caratteristiche geomeccaniche, delinea una situazione in cui **viene esclusa ogni possibilità di liquefazione dei terreni interessati dalle opere di progetto.**

ELEMENTI DI MICROZONAZIONE SISMICA

Tutto il territorio regionale dispone di indagini di microzonazione sismica di “livello 1” alla scala 1:10.000 eseguite dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Umbria e messe a disposizione dei comuni umbri.

Da tale studio emerge che l’area in oggetto non rientra tra le zone suscettibili di amplificazioni o instabilità dinamiche locali (D.G.R. n. 1954 del 23/12/1999) come evidenziato nella allegata cartografia (**allegato 1 e 2**).

Per cui tenuto conto di quanto definito dal D.G.R. n. 377 ed in particolare:

- che per le zone non suscettibili di amplificazione non è previsto livello di approfondimento superiore al livello 1 (*“la parte operativa del PRG deve essere corredata, nelle zone 1, 2 e 3 della vigente classificazione sismica...da indagini di livello 2 di approfondimento nelle aree suscettibili di amplificazione e nelle aree suscettibili di instabilità di versante, di liquefazioni, di addensamenti e cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive e capaci note da letteratura o a seguito di specifici studi settoriali”*);
- che le carte di pericolosità sismica locale in scala 1:10.000, prodotte ed aggiornate dai competenti Servizi Regionali (approvate con gli atti di cui all’allegato A), sono equivalenti al livello 1 di approfondimento (Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica) previsto negli “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”;

pertanto si sono adottati per il caso in oggetto i risultati provenienti dallo studio di Microzonazione Sismica effettuato dalla Regione Umbria.

RELAZIONE GEOTECNICA

RISULTATI PROVE E COMMENTI

Vista la natura litoide dei depositi presenti non si è ritenuto necessario condurre indagini geognostiche specifiche su tali terreni.

Lo studio effettuato si è quindi basato sull'attenta osservazione dei tagli di scarpata ed affioramenti litoidi ampiamente riscontrabili nell'area e sulle informazioni a nostra disposizione della zona.

I terreni rilevati possono essere distinti in tre principali orizzonti:

- ***Suolo agrario e terreni di riporto:*** rappresentano i termini più superficiali sovrimposti direttamente al substrato roccioso.

Nelle generalità sono presenti con esigui spessori tuttavia, in relazione alla locale morfologia e attività antropica svolta in passato, possono presentare spessori molto variabili: in particolare proprio l'attività antropica ha comportato la messa in posto di terreno agricolo e talora di materiali di riporto il cui spessore varia sensibilmente lungo il versante da punto a punto.

Tali materiali non vengono parametrizzati in quanto non dovranno costituire base di appoggio per alcuna opera e dovranno essere superati.

- ***Alterazione della roccia in posto:*** alterazione superficiale del substrato roccioso e' presente con uno spessore variabile nell'area esaminata dipendentemente dalla intensità dei fenomeni tettonici ed esogeni a cui il substrato litoide è stato assoggettato nella sua storia. Lo stato di alterazione e fatturazione più superficiale della roccia può localmente essere così spinto da rendere mal distinguibile la stratificazione, tanto da far assimilare la stessa a materiale detritico sciolto con caratteristiche geomeccaniche molto diverse da punto a punto.
- ***Substrato roccioso non alterato (Calcare Rupestre):*** la sequenza stratigrafica rilevata, mette in luce che i terreni in affioramento sono ascrivibili essenzialmente al deposito carbonatico della Maiolica, contraddistinto in loco da alternanze di calcari micritici bianchi in strati decimetrici e calcari marnosi più sottili.

Tali materiali si presentino in facies litoide e mostrano buone caratteristiche geomeccaniche, nonostante gli stessi siano interessati da una certa fatturazione legata alla intensa attività tettonica a cui i depositi sono stati sottoposti.

CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista meccanico i terreni interessati dall'opera in oggetto e vista l'impossibilità di eseguire indagini dirette sui terreni di sedime, sono stati presi in considerazione i risultati di precedenti indagini geognostiche eseguite nell'area e nel contempo è stata eseguita un'attenta ricognizione in corrispondenza degli affioramenti naturali e dei tagli di scarpata presenti nelle immediate vicinanze, da cui si è rilevato quanto segue:

- *Alterazione del substrato roccioso* – Termini litoidi di natura calcarea che si presentano localmente fortemente fratturati ed alterati per spessori che variano da pochi cm fino al metro.

La forte fatturazione ed alterazione a cui sono soggette alcune porzioni del deposito roccioso, porta ad assimilare gli stessi materiali a detrito calcareo semi-sciolto a bassa consistenza a cui possono essere associati i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

COESIONE NON DRENATA C_u	0,0 Kg/cm²
ANGOLO DI ATTRITO ϕ	30 - 35°
PESO DI VOLUME γ	1.90 – 2.00 t / m³

La definizione di un range di valori, è giustificata dal fatto che il livello di fratturazione ed alterazione a cui i termini più superficiali sono soggetti, è molto variabile da punto a punto

e richiederà quindi in fase esecutiva una più mirata e puntuale identificazione.

Da evidenziare inoltre che i materiali alterati sono presenti con spessori e distribuzione estremamente variabili nell'area in oggetto.

- ***Substrato litoide in posto*** – E' costituito da calcari bianchi ben stratificati con potenza da centimetrica a decimetrica.

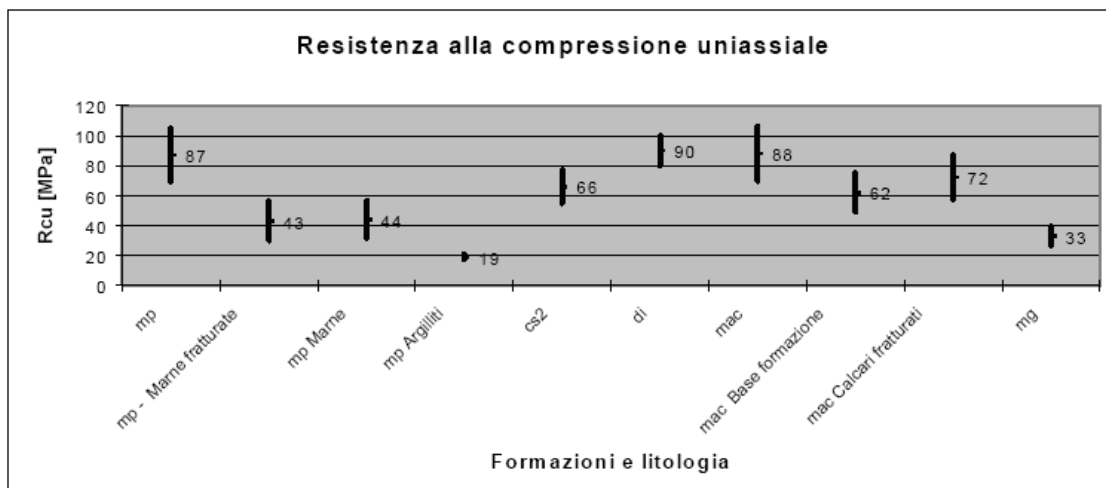
Tali depositi litoidi caratterizzano tutta la zona e si rinvengono direttamente in affioramento o possono essere sovrastati da esigui depositi detritici e/o riporti.

Per i depositi litoidi le caratteristiche geomeccaniche sono state ricavate facendo riferimento ai diversi studi fatti in zona sui medesimi materiali ed alla bibliografia specializzata che ci hanno permesso di operare una semplice stima sulla classificazione dell'ammasso roccioso usando l'apposito schema proposto da ***Bieniawski***.

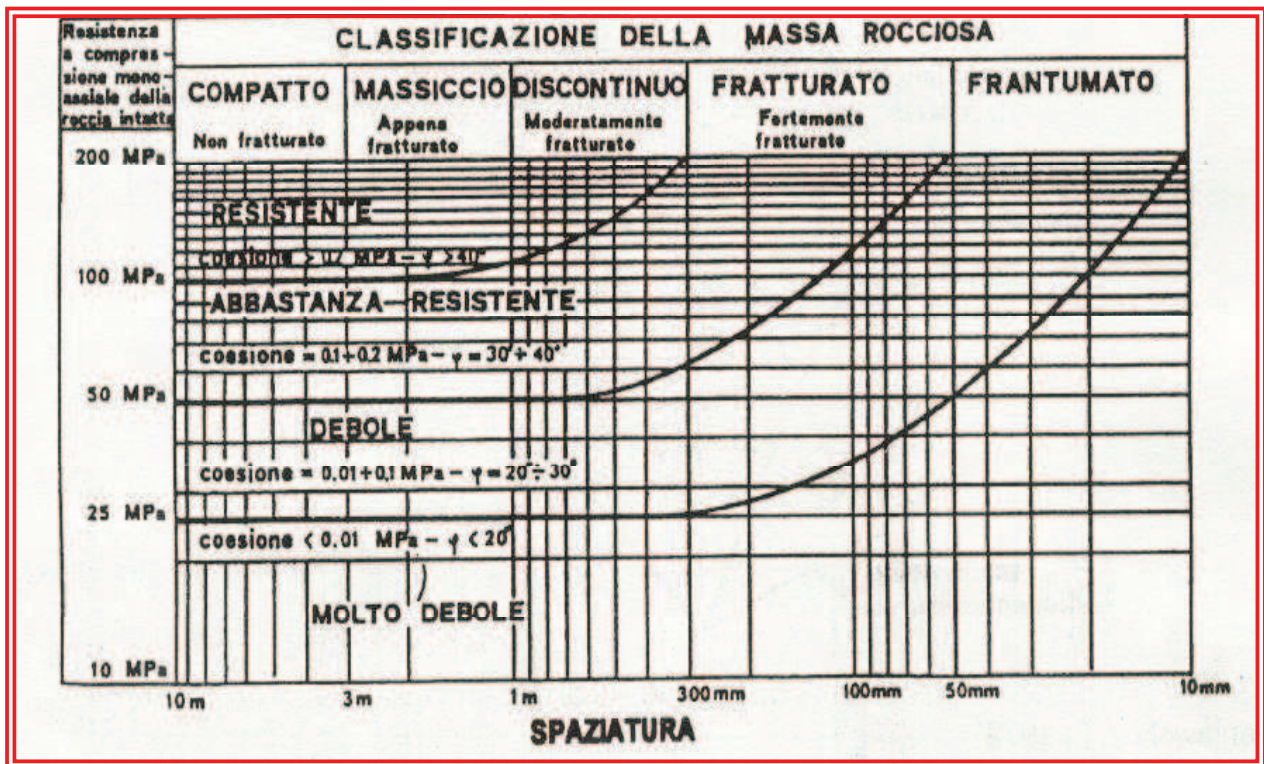
Questa valutazione tiene presenti due fattori principali, che sono il grado di alterazione ricavata tramite i valori tratti dalla letteratura specifica della resistenza alla compressione monoassiale (condotta con martello di ***Schmidt***) e la spaziatura delle discontinuità rilevata in loco sull'ammasso roccioso.

Per tali materiali, la resistenza a compressione monoassiale, risulta essere nell'ordine dei **50 MPa – 70 MPa** (il range di tale valore viene evidenziato nella tabella allegata) mentre la spaziatura delle fratture da noi rilevata nell'area ha mediamente un valore compreso tra i **50 mm e 100 mm**.

Formazione	Litologia	Resistenza alla compressione uniassiale [MPa]	Deviazione standard [MPa]
Marne a Posidomya	Marne	87	± 18
	Marne fratturate	43	± 13.2
	Alternanza marne – argilliti	44 - 19	± 12.8 - ± 2
Calcari grigio scuri a selci nere	Calcari selciferi	66	± 11.3
Maiolica	Calcari	88	± 18.5
	Base formazione	62	± 12.9
	Calcari fratturati	72	± 14.8
Macigno	Arenarie alterate	33	± 6.2



da cui seguendo si ricava che:



- l'ammasso roccioso si mostra " **fratturato** " e comunque caratterizzato da buone doti di resistenza meccanica.
- I parametri geotecnici attribuibili a questi materiali risultano, in dipendenza della fratturazione ed alterazione molto variabile, individuabile entro il range di valori di seguito riportato:

COESIONE NON DRENATA C_u	10,00 - 15,00 t/m^2
ANGOLO DI ATTRITO Φ	30-40 °
PESO DI VOLUME γ	2.30 - 2.40 t / m^3

Va evidenziato in generale che la presenza a livello fondale sia di materiali meno compatti e più alterati (alterazione) che di materiali più rigidi e resistenti (roccia non alterata), comporta una marcata variabilità del comportamento meccanico nei terreni di appoggio dei fabbricati oggetto di piano di recupero di cui si dovrà tenere conto in fase esecutiva prevedendo

indagini puntuali per ogni singola struttura.

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Con tale coefficiente si intende il rapporto tra la pressione verticale che agisce su di un elemento di terreno ed il cedimento corrispondente.

Normalmente tale valore si ricava da apposite tabelle che forniscono per i vari litotipi, i corrispondenti campi di variazione.

Da tali tabelle per i depositi litoidi riferibili alla formazione in oggetto si può indicare un valore compreso tra $K_w = 8-10 \text{ kg/cm}^3$.

FONDAZIONI E STATO DEL TERRENO

I terreni di interesse fondale rilevati durante le indagini effettuate possono essere distinti in:

- *Suolo agrario e materiali di riporto*: presentano spessori molto variabili e dovranno in ogni caso essere superati;
- *Alterazione del substrato roccioso*: termini litoidi di natura calcarea che si presentano localmente fortemente fratturati ed alterati per spessori che variano da pochi cm fino al metro;
- *Substrato litoide in posto*: calcari bianchi ben stratificati con potenza da centimetrica a decimetrica.

Pertanto in fase esecutiva si consiglia quindi di tenere presente quanto segue:

- gli affioramenti litoidi di interesse fondale presentano “compattezza” di grado variabile, pertanto, si dovrà tener conto di una variabilità del comportamento meccanico dovuto alla alternanza di materiali più rigidi e resistenti e di materiali meno compatti e più alterati;
- progettare strutture fondali adeguate alle caratteristiche meccaniche dei terreni provvedendo anche all'esecuzione di adeguati cordoli di collegamento tra le stesse:

tale accorgimento oltre ad essere richiesto in zone sismiche puo' servire a distribuire il piu' possibile i cedimenti che eventualmente si venissero a creare;

- verificare puntualmente per ogni singolo edificio che le opere di fondazione si attestino sui terreni a migliori ed omogenee caratteristiche geotecniche, superando i livelli più superficiali maggiormente alterati;
- in fase di progettazione esecutiva, pertanto, occorrerà verificare che le fondazioni siano incassate adeguatamente nella roccia integra in ogni punto;
- provvedere alla realizzazione di schermi drenanti prossimi alle opere in costruzione al fine di attuare un rapido ed efficace allontanamento delle acque superficiali dalla zona di fondazione: tali acque dovranno essere raccolte mediante condotte a tenuta e allontanate dall'area in esame convogliandole in impluvi naturali.
- Le acque reflue provenienti dagli scarichi delle strutture presenti e di nuova realizzazione dovranno essere smaltite secondo i criteri stabiliti dalle normative vigenti mediante appropriato impianto.

CONSIDERAZIONI FINALI

L'area oggetto della presente indagine geologica e geotecnica **risulta stabile** dal punto di vista morfologico e pertanto tale progetto risulta fattibile, sempre che le strutture di fondazione vengano dimensionate nel rispetto del carico ammissibile e delle considerazioni fatte.

In conclusione, particolare attenzione dovrà essere rivolta alla:

- verifica della effettiva continuita' dei terreni di fondazione sull'intera area occupata dalle opere ed il raggiungimento coi sistemi fondali dei terreni a medesime caratteristiche geotecniche;
- verifica del superamento con il piano di fondazione dei livelli a scadenti caratteristiche geomeccaniche o all'asportazione degli stessi;

- adeguato incasso di nuove strutture fondali all'interno della porzione integra del substrato roccioso;
- realizzazione di un sistema di canalette drenanti, allo scopo di allontanare efficacemente le acque di precipitazione meteorica circolanti attorno al perimetro dei manufatti, affinché i materiali presenti al livello delle fondazioni non subiscano nel tempo variazioni del contenuto in acqua, che potrebbero generare significative alterazioni delle caratteristiche geotecniche del terreno stesso, con conseguente perdita parziale di resistenza nei confronti dei carichi agenti a livello delle fondazioni;
- gli interventi non dovranno interferire negativamente con il libero deflusso delle acque superficiali mantenendo inalterato l'attuale regime idraulico;
- si dovranno inoltre prevedere opportune opere di drenaggio a monte delle opere da realizzare.

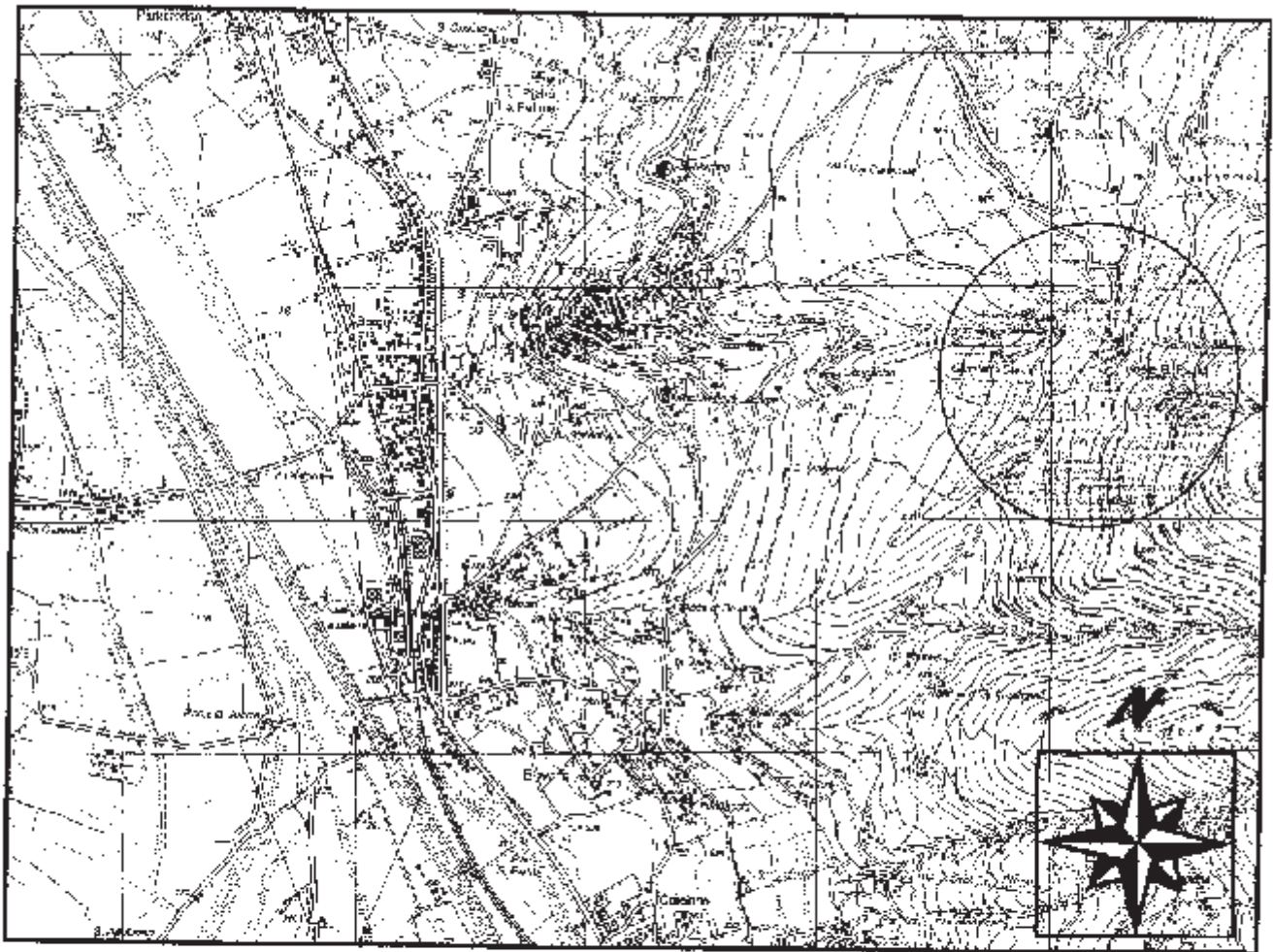
Durante eventuali operazioni di scavo e sbancamento dovranno essere prese tutte quelle precauzioni finalizzate alla tutela dell'incolumità del personale operante ed alla stabilità dei manufatti esistenti, prossimi agli sbancamenti: in particolare, sono da evitare tagli di scarpata privi di opportune opere di armatura o contenimento.

Al presente studio di fattibilità, dovrà seguire nella fase esecutiva, una puntuale verifica della situazione stratigrafica di ogni struttura al fine di giungere alla idonea parametrizzazione dei terreni caso per caso.


Ogni variazione litologica significativa riscontrata durante la fase esecutiva dovrà essere considerata e valutata attentamente.

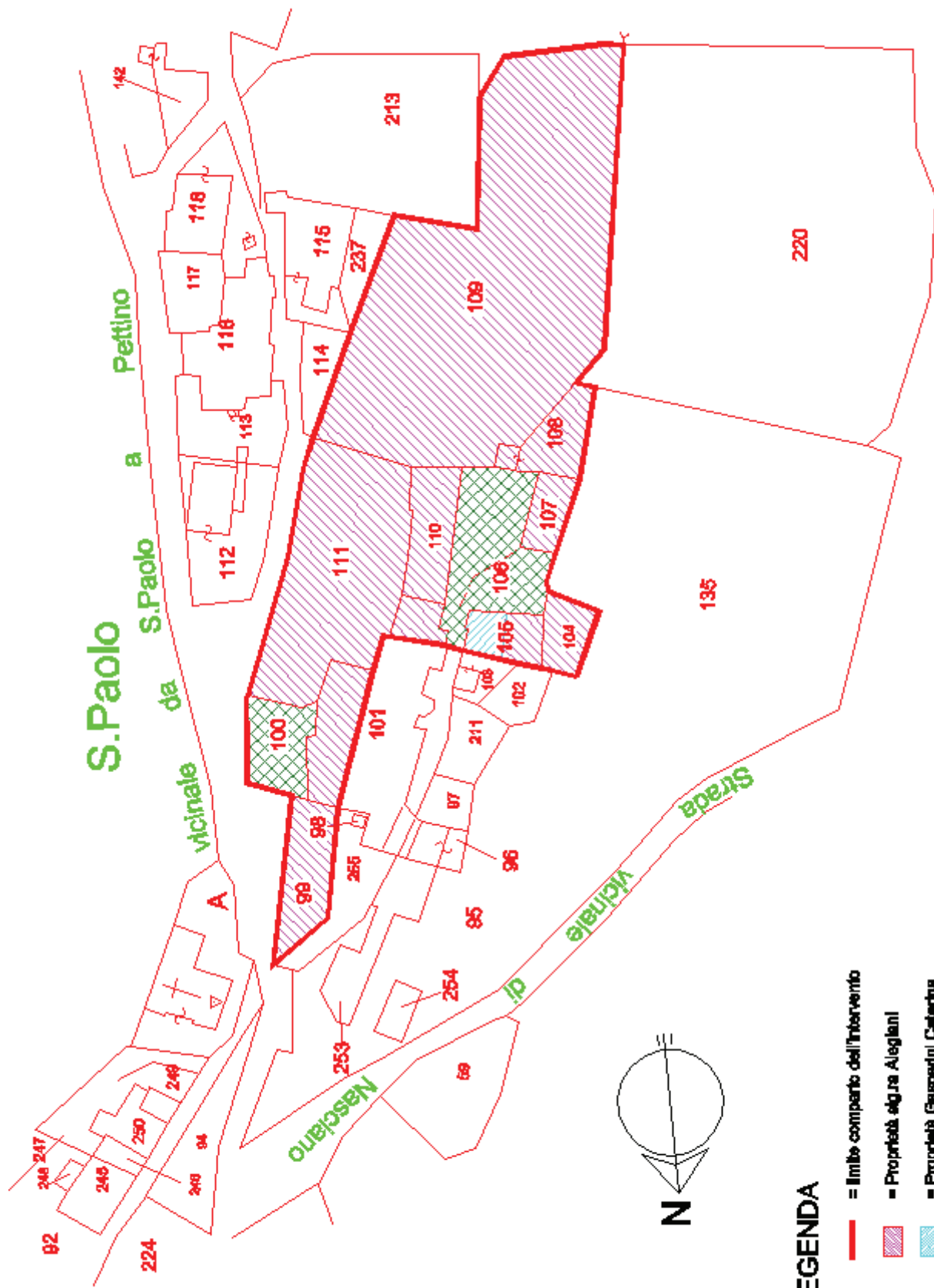
Qualora in fase di realizzazione si verificassero significative variazioni al progetto iniziale si prega di darne tempestiva comunicazione.

Si resta a disposizione per ulteriori chiarimenti e spiegazioni.







STRALCIO COROGRAFIA I.G.M.

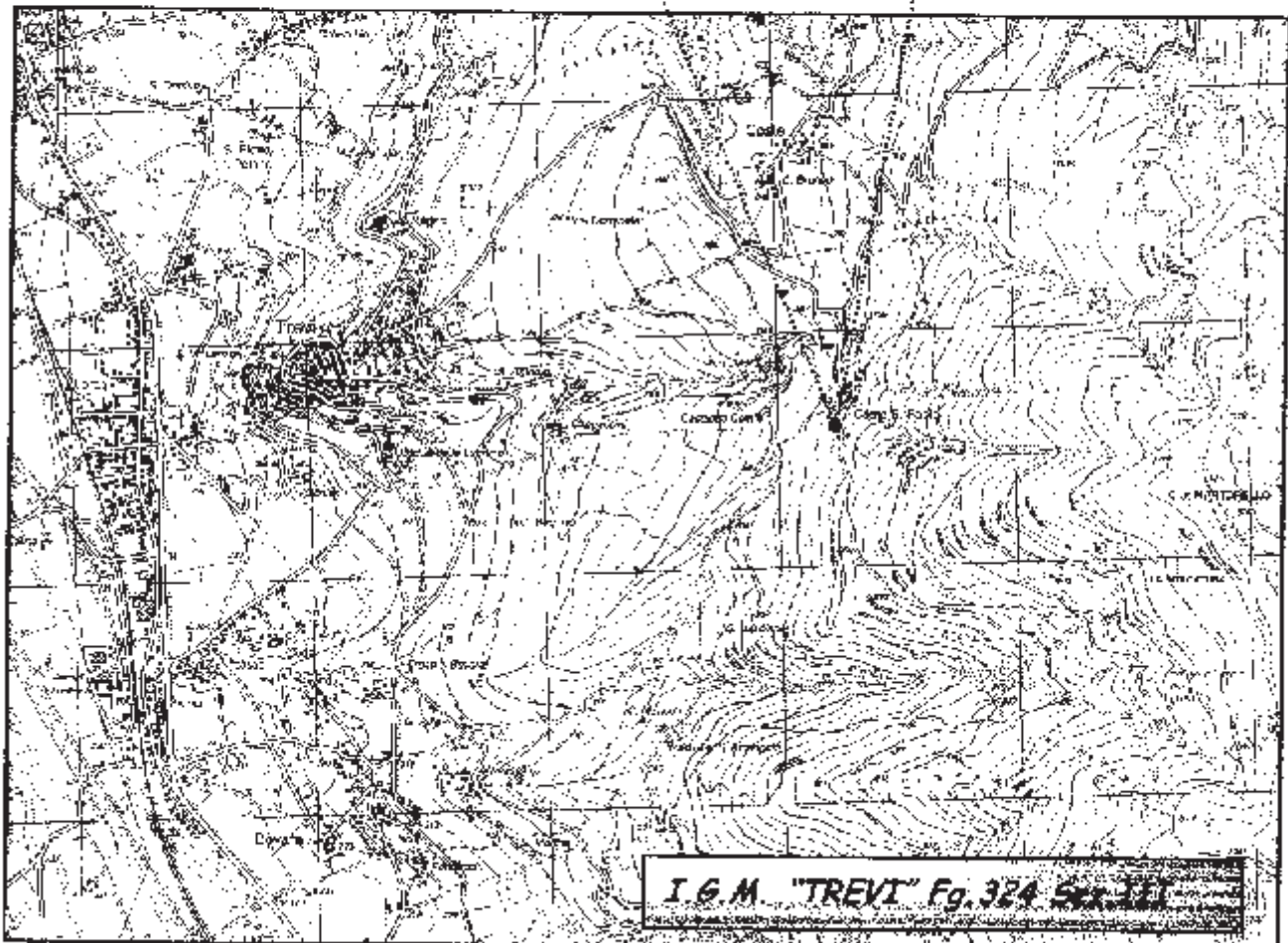
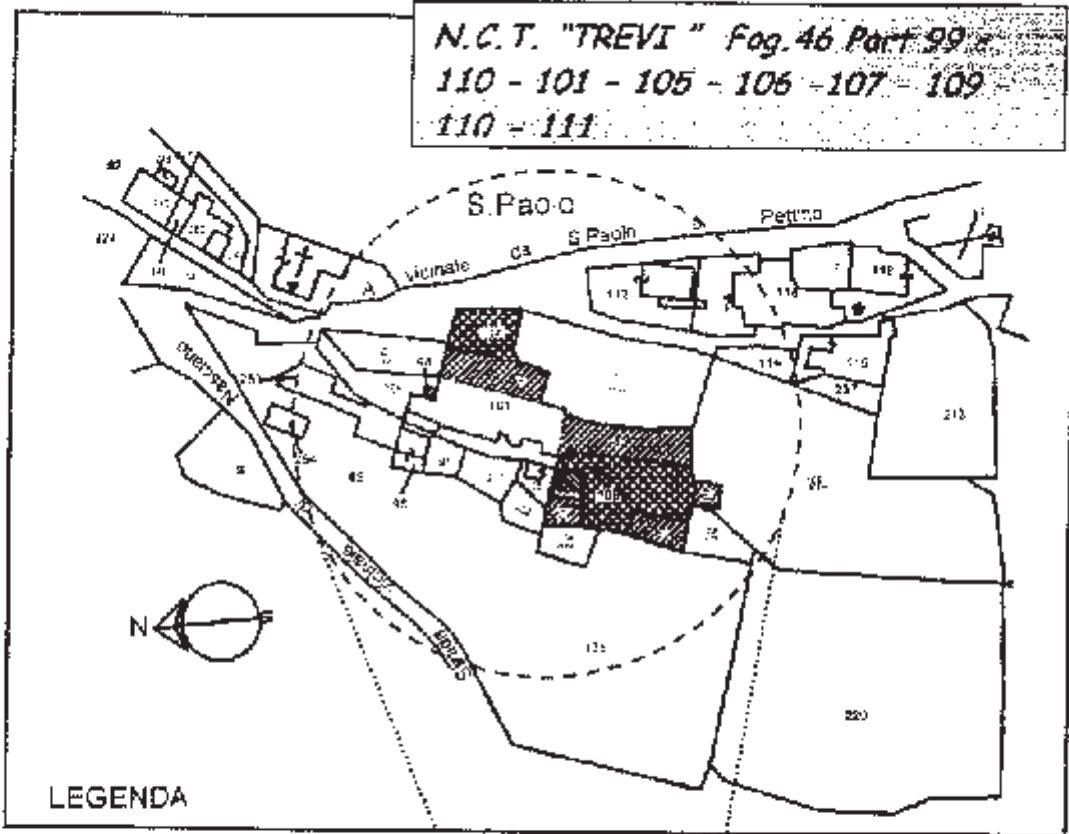
SCALA	1 : 25000
FOGLIO	N°324 Sez.III
TAVOLETTA	* TREVI*.
AREA ESAMINATA	



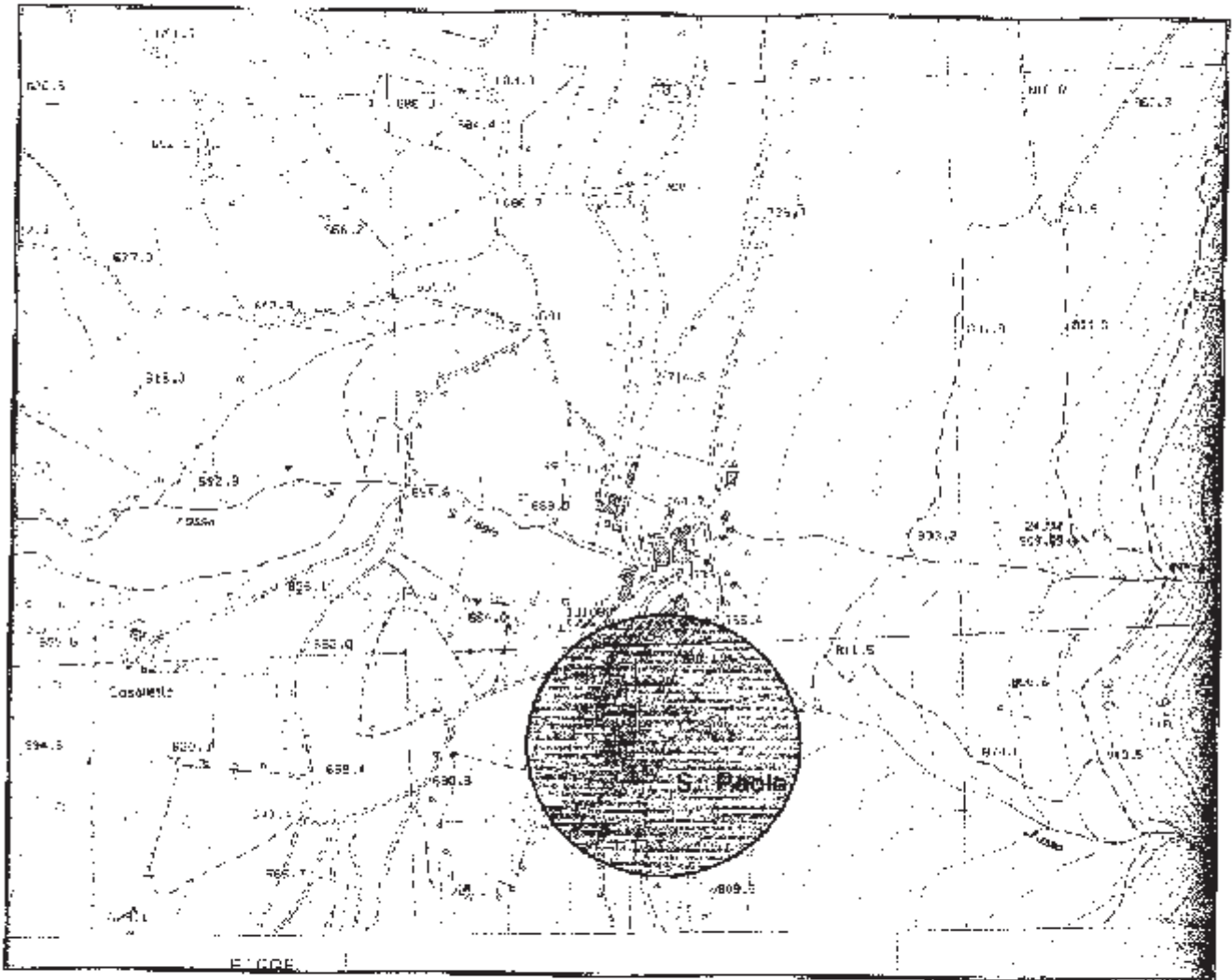
LEGENDA

-  = limite comparto dell'intervento
-  = Proprietà sig.re Aleglani
-  = Proprietà Gasperini Caterina
-  = corti comuni (p.lle 100 e 106)

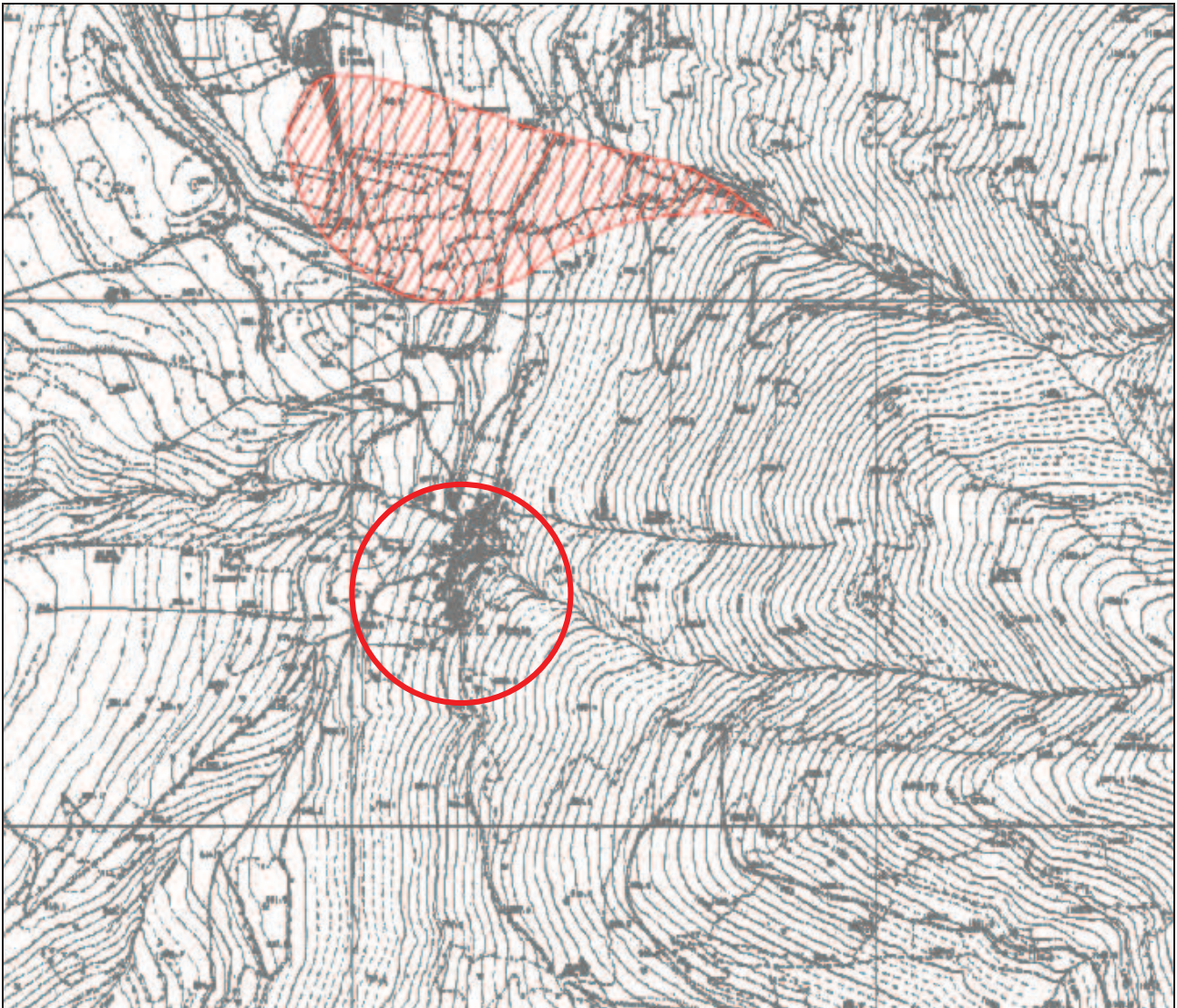
UBICAZIONE AREA



STRALCIO COROGRAFIA C.T.R.



Corso Centrale Regionale
Tronconi N. 12 - Loc. S. MARIA IN VALLE



Autorità di Bacino del Fiume Tevere

via Bachelet, 12 - 00185 - ROMA - 06492491 - www.abtevere.it

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico

Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana

scala 1:10.000

Tavola
201 di 304

Roma, 1 agosto 2002

Ufficio Studi e Documentazione per il Sistema Informativo e l'Assetto Idrogeologico
info: dist_gest_Paolo.Traversa - paolo.traversa@abtevere.it

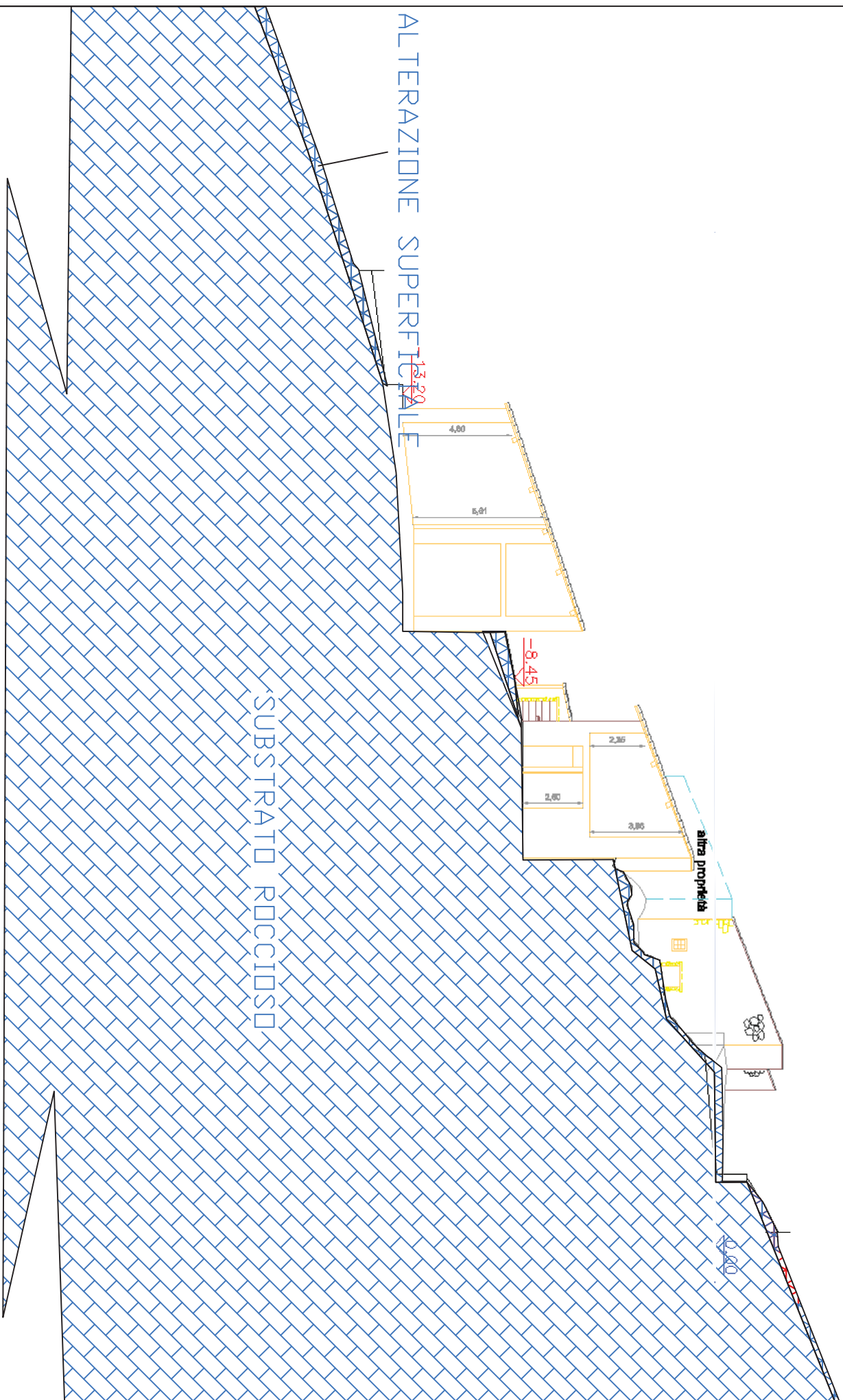
Legenda

Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno instabile*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitativamente profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

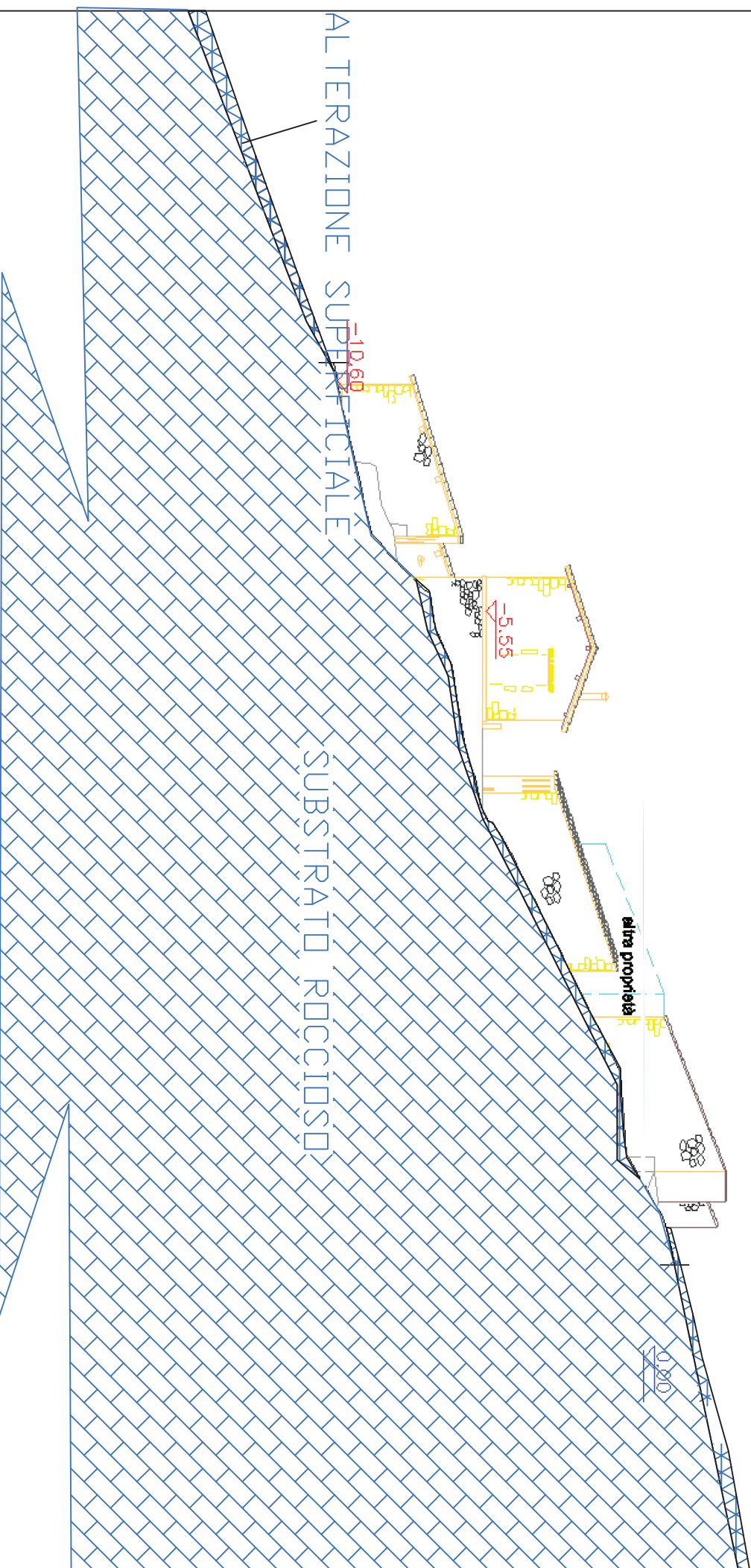
* - rientrano in questa categoria i fenomeni stabilizzati con interventi di bonifica

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA



SEZ A-A

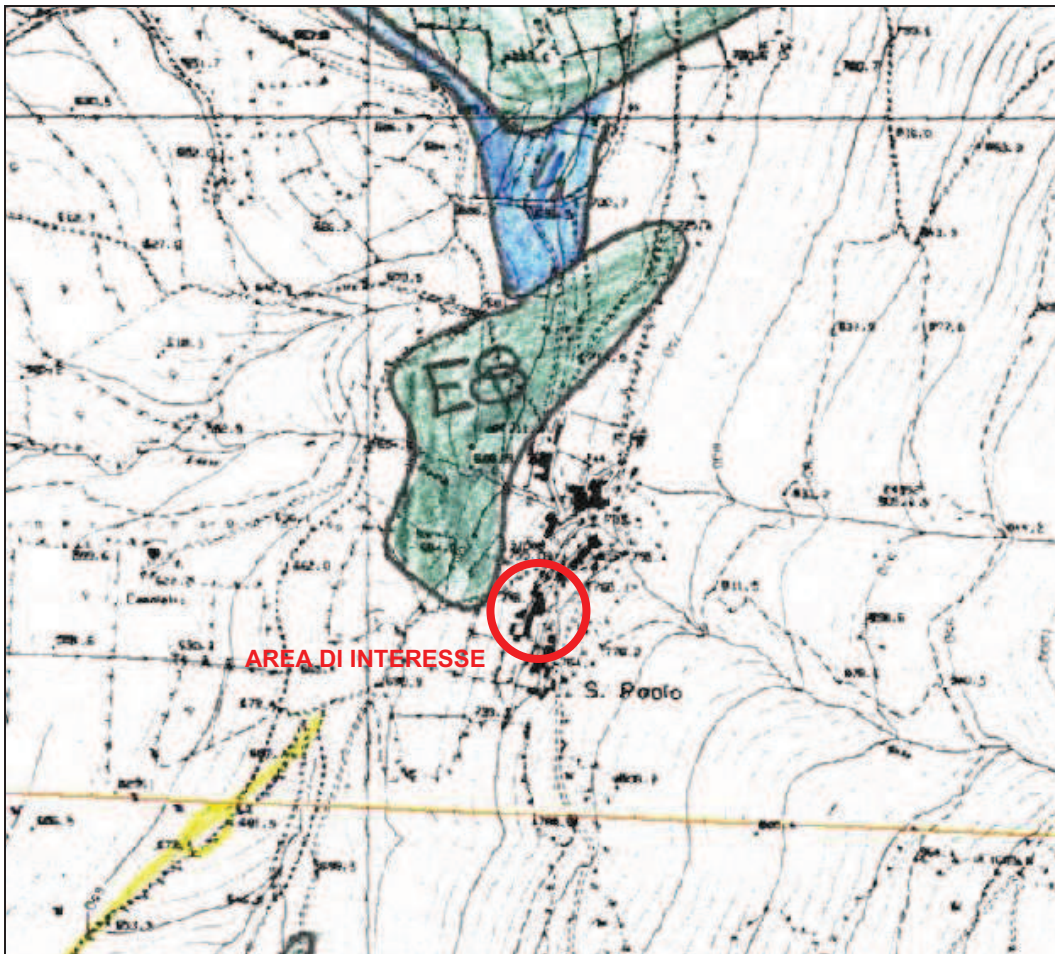
SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA



SEZ D-D

REGIONE UMBRIA

Cartografie geologiche e geomatiche delle aree terremotate finalizzate all'individuazione di pericolosità sismica locale di cui alla D.G.R. n. 1954 del 23/12/1999.



Carta delle zone suscettibili di amplificazioni o instabilità dinamiche locali
Scala 1:10000

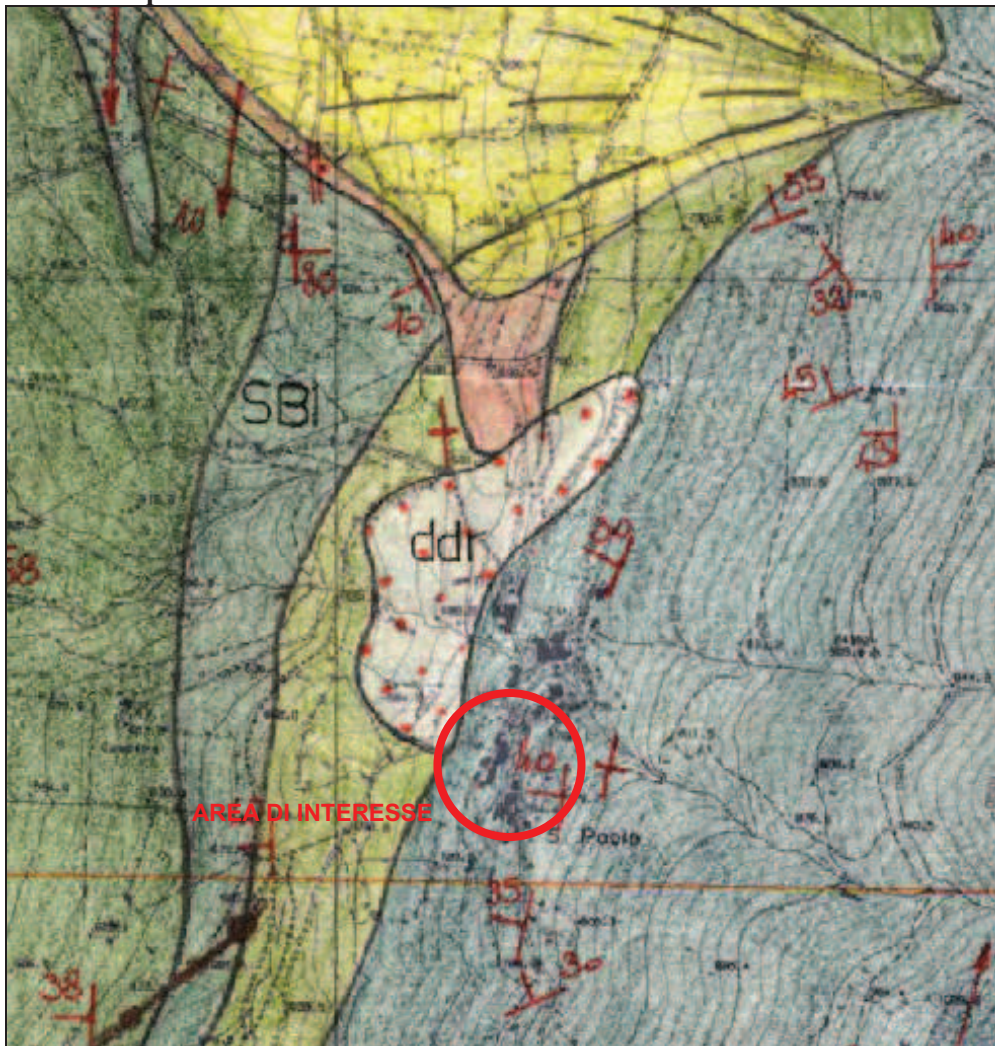
Sez. 324100 - S. Maria in Valle

LEGENDA

-  Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
-  Zona di fondovalle con presenza di terreni di copertura (ter+a)
-  Zona con detriti di falda (dr+ conoidi)
-  Orlo di scarpata H > 10 m (scarpata con parete sub verticale, bordo di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)
-  Zona di crinale affilato, cocuzzolo
-  Zona di contatto tra substrato e copertura

REGIONE UMBRIA

Cartografie geologiche e geotematiche delle aree terremotate finalizzate all'individuazione di pericolosità sismica locale di cui alla D.G.R. n. 1954 del 23/12/1999.



Carta Geologica
Scala 1:10000


























LEGENDA	
	Arcuoli antropici (Sigla ant)
	Accumulo di frane (Sigla cf)
	Depositi eluviali e colluviali (Sigla ter)
	Depositi di faldia (Sigla dr-attuale, drv-recenti ed antichi, drav-antichi)
	Alluvioni (Sigla a-attuali, avv-recenti ed antichi)
	Scaglia Cineres (Sigla SCl)
	Scaglia Variegata (Sigla VAS)
	Scaglia Rossa (Sigla SRO)
	Scaglia Bianca (Sigla SBI)
	Marni e Fucidi (Sigla FUC)
	Mafica (Sigla MAS)
	Calcarei Diasprigni (Sigla DSD)
	Calcarei e Marni a Poissonia (Sigla POV)
	Rasso Ammonitico (Sigla RAM)
	Carrara (Sigla COI)
	Serie Ridotta Bagarone (Sigla BUG)
	Calcare Massiccio (Sigla MAS)

SINTAGMI	
	Stratificazione
	Stratificazione rovesciata
	Strati suborizzontali
	Strati subverticali
	Asse di anticlinale
	se di sinclinale
	Faglie dirette
	Sovraccorimenti e faglie inverse
	Assi di mesopieghe
	Erosione accelerata di testata
	Coccuzolo, crinale affilato
	Conoidi alluvionali e da debris flow
	Traccia delle sezioni geologiche
	Orlo di scarpata

Riferimento: PIANO DI RECUPERO ALEGIANI L.M.	Sondaggio: STRATIGRAFIA TIPO I
Località: COSTE S.PAOLO - TREVISO	Quota:
Impresa esecutrice:	Data: LUGLIO 2012
Coordinate:	Redattore:
Porforazione:	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri ban	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	RQD % N	prof m	DESCRIZIONE
					1									<p><i>CALCARE RUPESTRE (Barroccium - Totoniano)</i></p>
					2									
					3									
					4									
					5									
					6									
					7									
					8									
					9									
					10									
					11									
					12									
					13									
					14									
					15									
					16									
					17									
					18									
					19									
					20									
					21									
					22									
					23									
					24									
					25									
					26									
					27									
					28									
					29									
					30									

Riferimento: PIANO DI RECUPERO ALEGIANI L.M.	Sondaggio: STRATIGRAFIA TIPO 2
Località: COSTE S.PAOLO - TREVÌ -	Quota:
Impresa esecutrice:	Data: LUGLIO 2012
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

Ø mm	R v	A r	S s	Pz	metri butt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	S.P.T.		RQD % 0 - 100	prof m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									1.0	ALTERAZIONE ROCCIA MADRE
					2										CALCARE RUPESTRE (<i>Bacremiano - Titoniano</i>)
					3										
					4										
					5										
					6										
					7										
					8										
					9										
					10										
					11										
					12										
					13										
					14										
					15										
					16										
					17										
					18										
					19										
					20										
					21										
					22										
					23										
					24										
					25										
					26										
					27										
					28										
					29										
					30										

Riferimento: PIANO DI RECUPERO ALEGIANI L.M.	Sondaggio: STRATIGRAFIA TIPO 3
Località: COSTE S.PAOLO - TREVÌ -	Quota:
Impresa esecutrice:	Data: LUGLIO 2012
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri bar	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.5	STOLIO AGRARIO E TERRENI DI RIFORMA
					2									1.5	ALTERAZIONE ROCCIA MADRE CALCARE RUPESTRE (BARREMIANO - TRONIANO)
					3										
					4										
					5										
					6										
					7										
					8										
					9										
					10										
					11										
					12										
					13										
					14										
					15										
					16										
					17										
					18										
					19										
					20										
					21										
					22										
					23										
					24										
					25										
					26										
					27										
					28										
					29										
					30										

--

Dott.Geol. Andrea Gagliardone C.FISC: nd P.IVA: 02403730548	Via: P.ZZA DELLA CONCORDIA N.8 06039 Trevi (PG) - BORGO TREVI - Tel: - Fax: Email: andreagagliardone@virgilio.it Web:
--	--

	Data: luglio 2012
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR 1	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{s30} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{s30} .

Dati generali

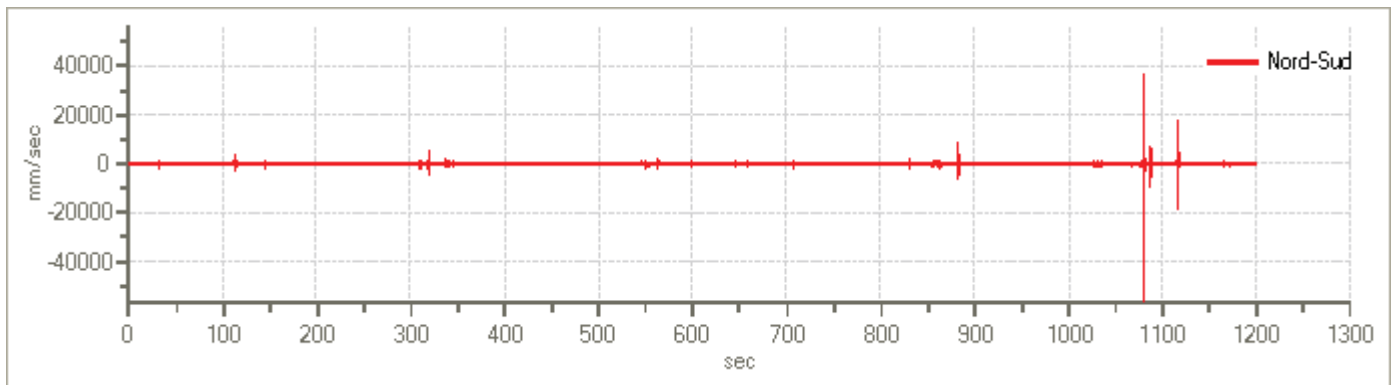
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località:
Operatore:
Responsabile:
Data: 09/07/2012 0.00.00
Zona:
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

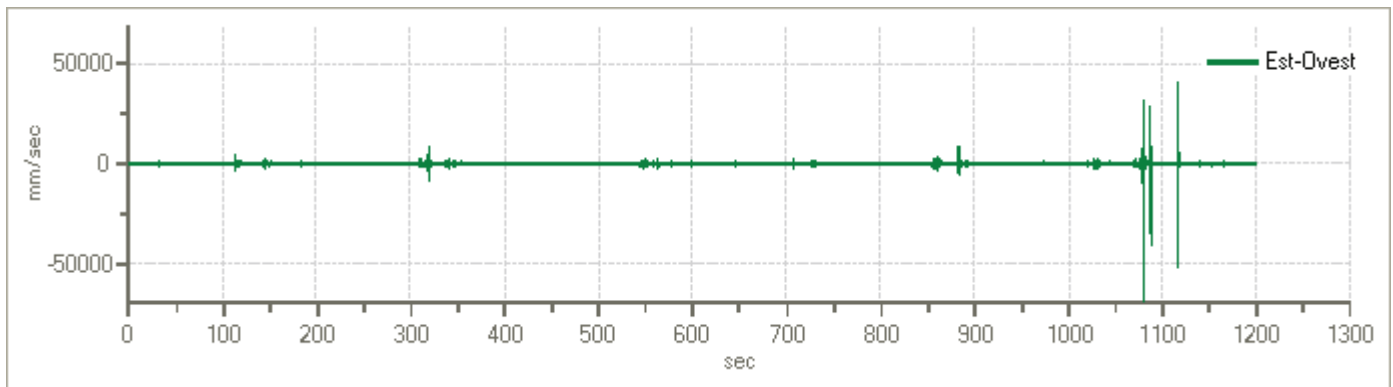
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz
Numero campioni: 360024
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

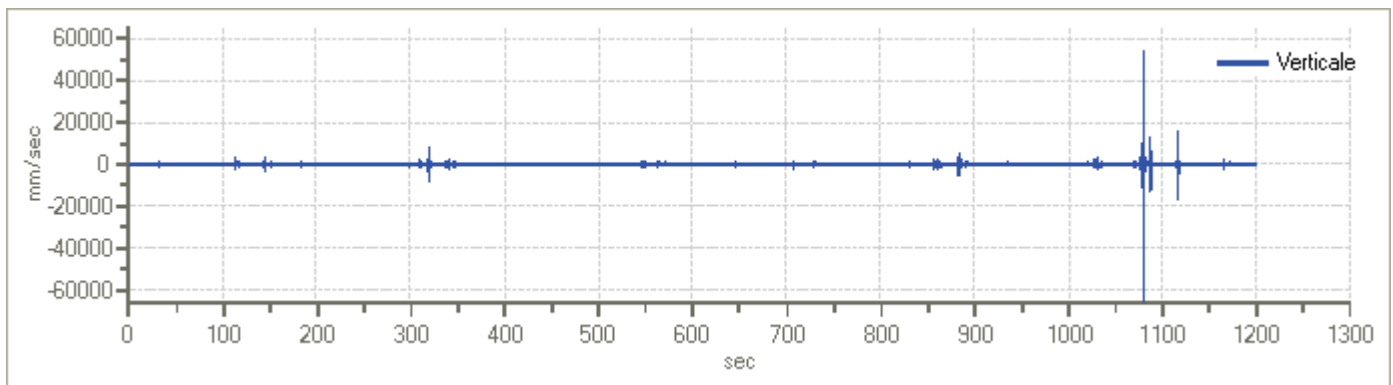
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

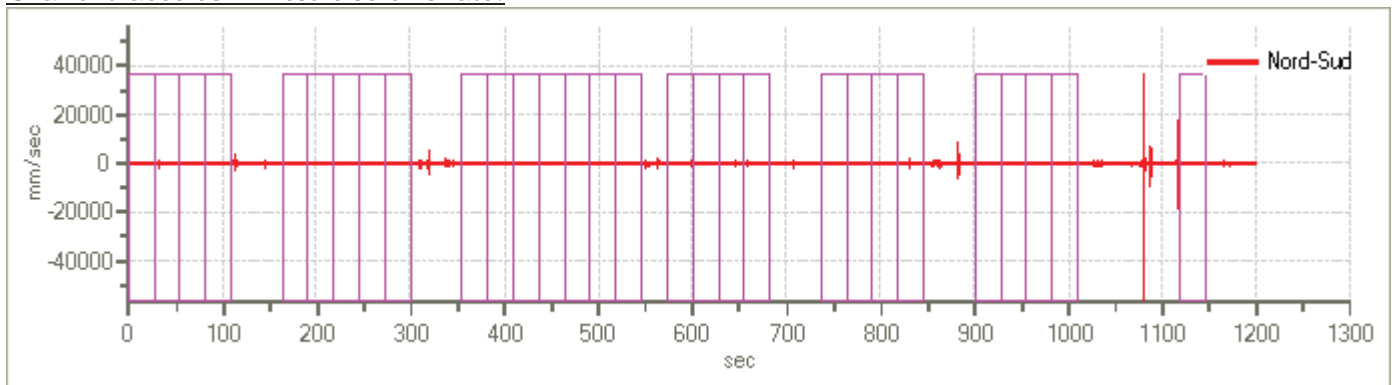
Numero totale finestre selezionate: 29
 Numero finestre incluse nel calcolo: 29
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamo: Triangolo proporzionale
 Percentuale di lisciamo: 10,00 %

Tabella finestre:

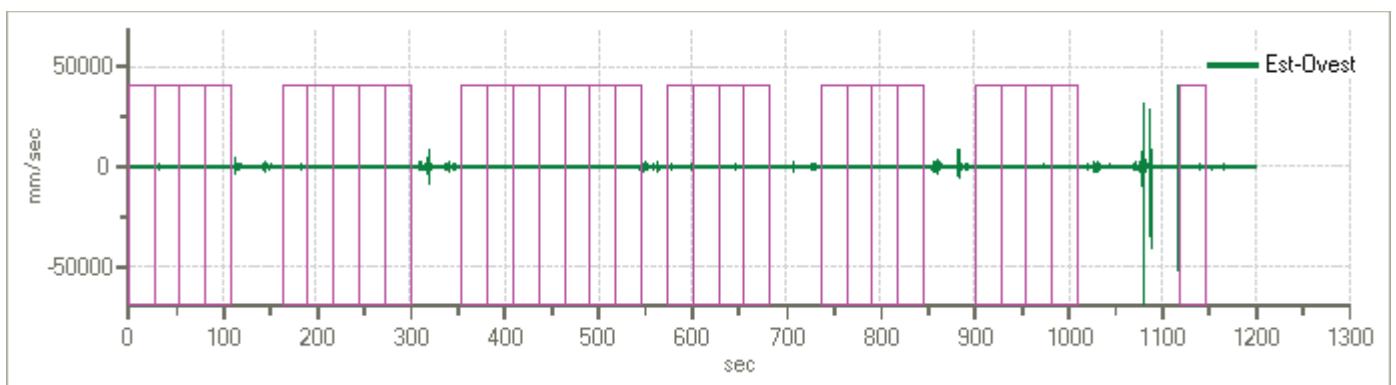
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	163,84	191,147	Inclusa
6	191,147	218,453	Inclusa
7	218,453	245,76	Inclusa
8	245,76	273,067	Inclusa
9	273,067	300,373	Inclusa
10	354,987	382,293	Inclusa
11	382,293	409,6	Inclusa

12	409,6	436,907	Inclusa
13	436,907	464,213	Inclusa
14	464,213	491,52	Inclusa
15	491,52	518,827	Inclusa
16	518,827	546,133	Inclusa
17	573,44	600,747	Inclusa
18	600,747	628,053	Inclusa
19	628,053	655,36	Inclusa
20	655,36	682,667	Inclusa
21	737,28	764,587	Inclusa
22	764,587	791,893	Inclusa
23	791,893	819,2	Inclusa
24	819,2	846,507	Inclusa
25	901,12	928,427	Inclusa
26	928,427	955,733	Inclusa
27	955,733	983,04	Inclusa
28	983,04	1010,347	Inclusa
29	1119,573	1146,88	Inclusa

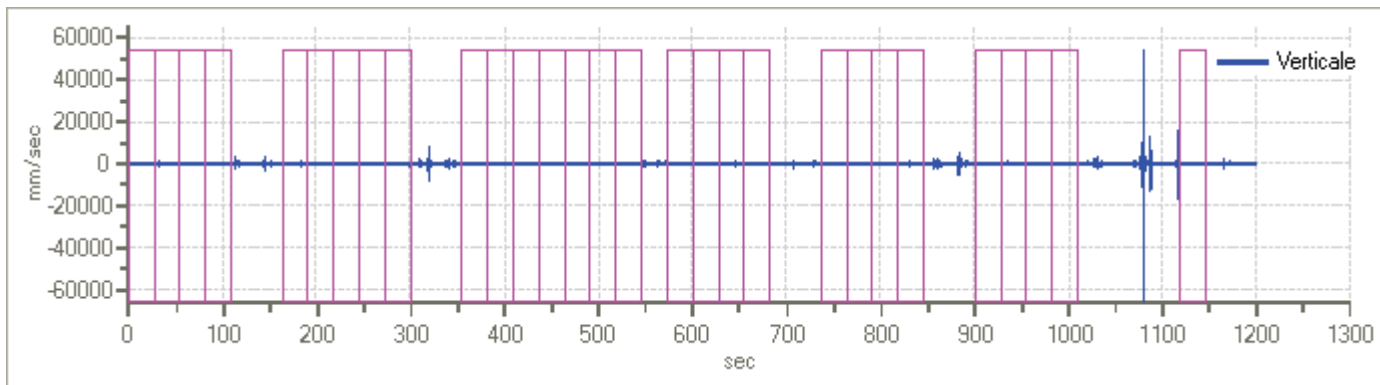
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

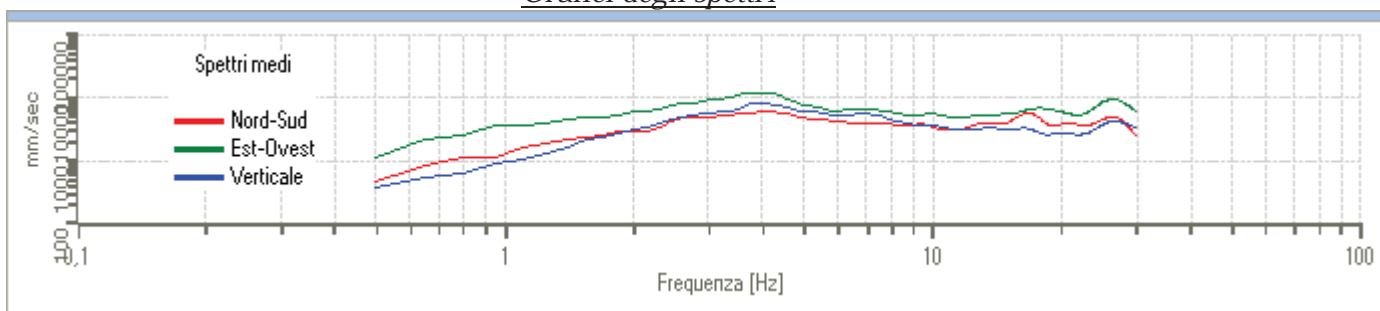


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

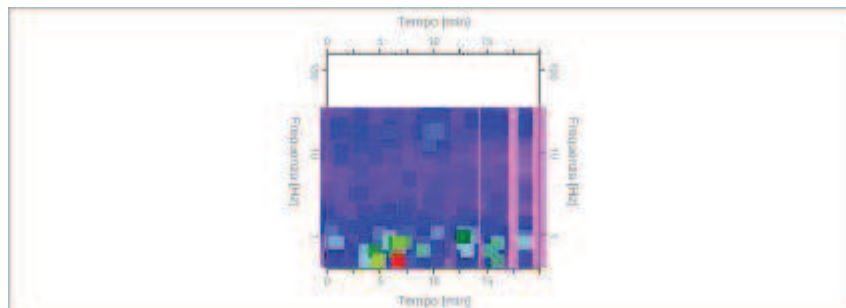


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

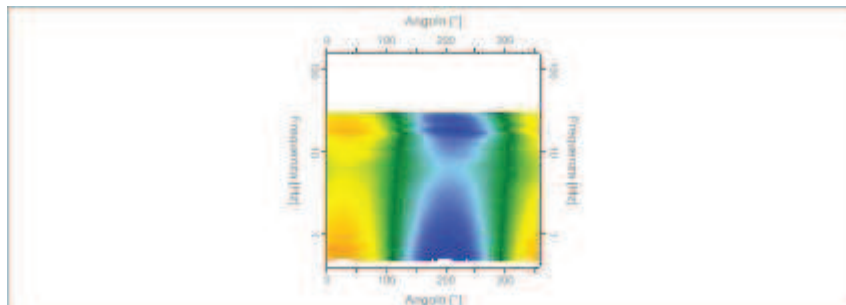
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

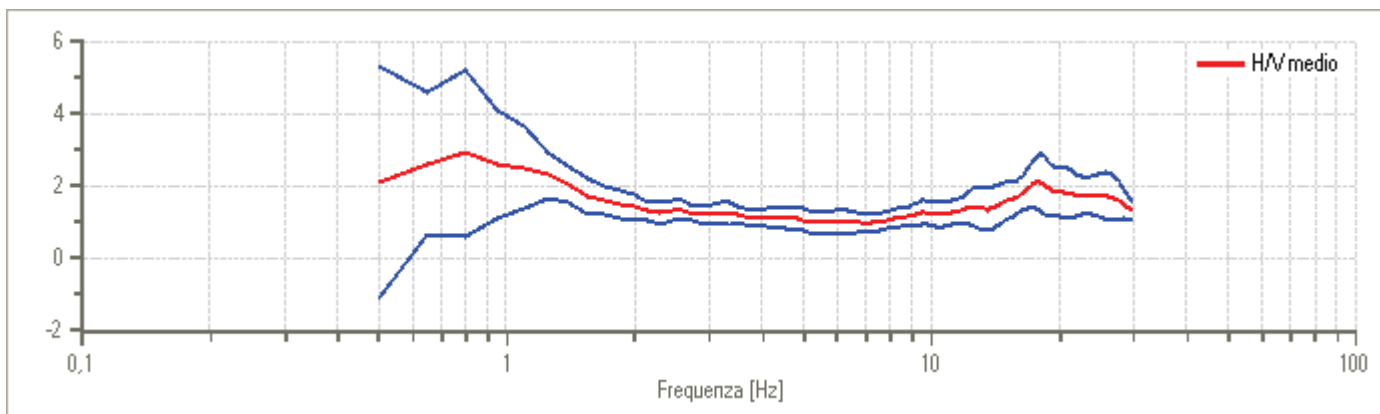
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamiento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,80 Hz ±0,79 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

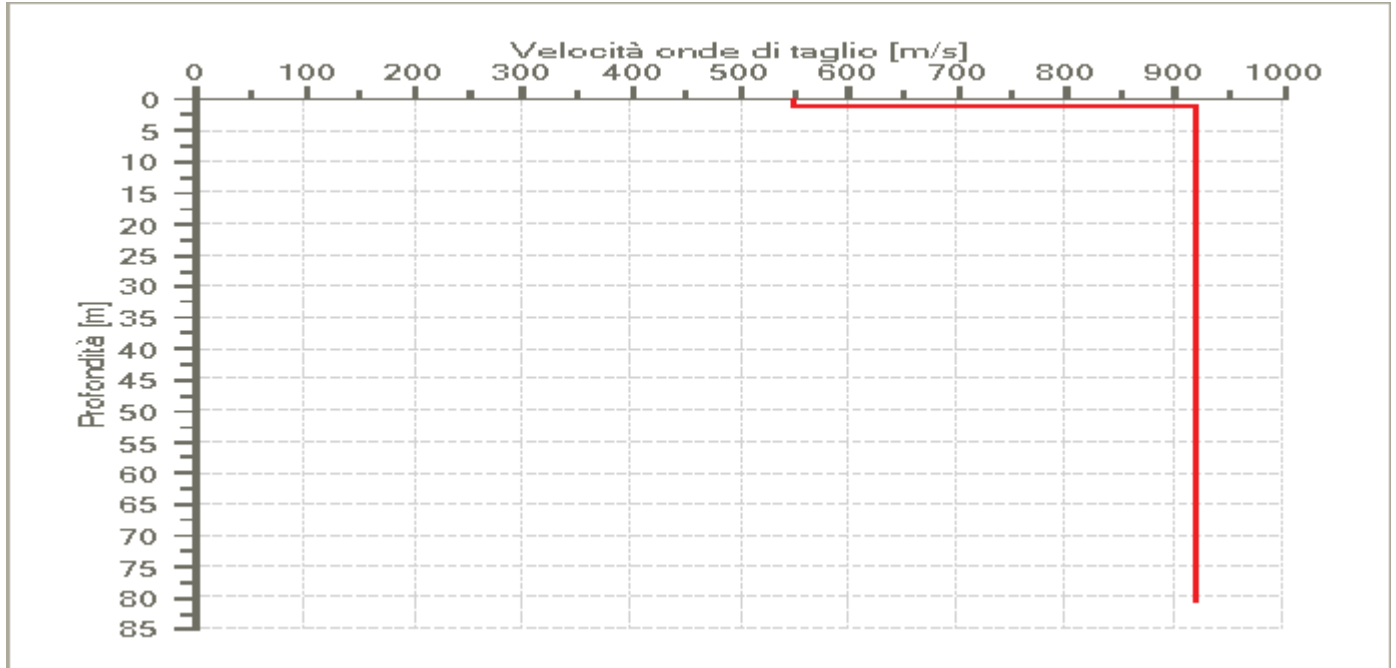
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 2
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 29,75 Hz
 Valore di disadattamento: -1,00
 Valore Vs30: 899,82 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	21	0,3	550
2	1	80	23	0,3	920



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

Indice

Cenni tecnica HVSR	2
Dati generali	3
Tracce in input	3
Grafici tracce	3
Finestre selezionate	4
Tabella finestre	4
Grafici tracce con finestre selezionate	5
Grafici degli spettri	6
Mappa stazionarietà	6
Mappa direzionalità	6
Rapporto spettrale H/V	6
Grafico H/V	7
Verifiche SESAME	7
Modello stratigrafico	8
Grafico Profilo velocità	8
Indice	10

--

Dott.Geol. Andrea Gagliardone C.FISC: nd P.IVA: 02403730548	Via: P.ZZA DELLA CONCORDIA N.8 06039 Trevi (PG) - BORGO TREVI - Tel: - Fax: Email: andreagagliardone@virgilio.it Web:
--	--

	Data: luglio 2012
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR 2	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{s30} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{s30} .

Dati generali

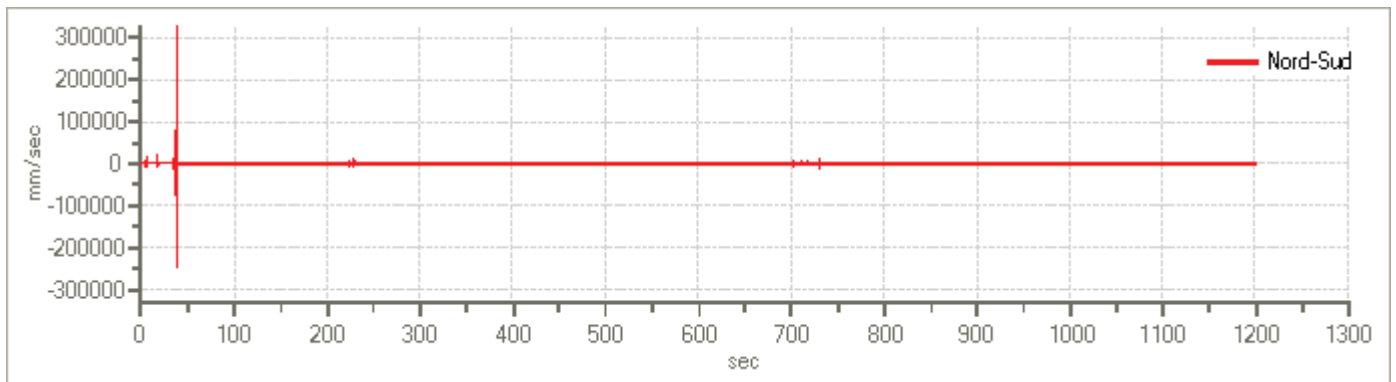
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località:
Operatore:
Responsabile:
Data: 09/07/2012 0.00.00
Zona:
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

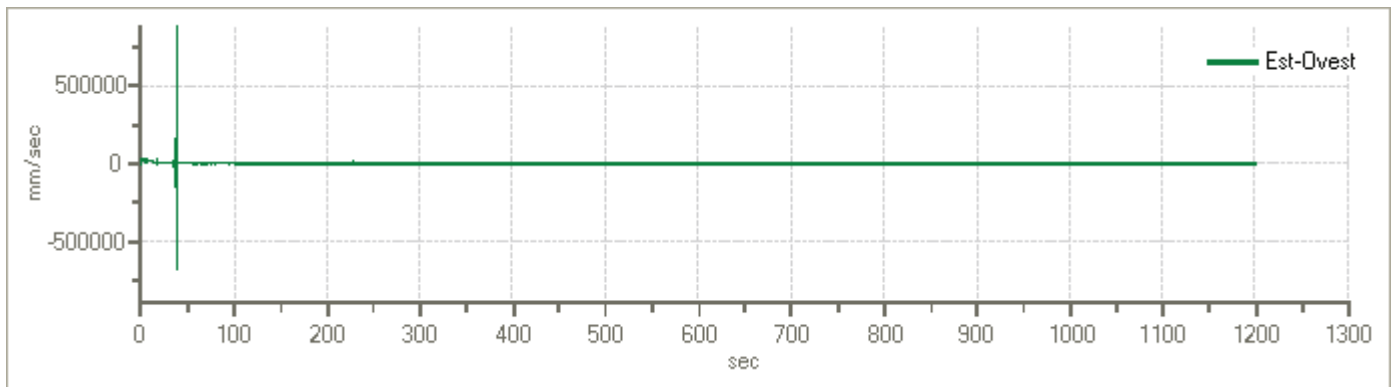
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz
Numero campioni: 360024
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

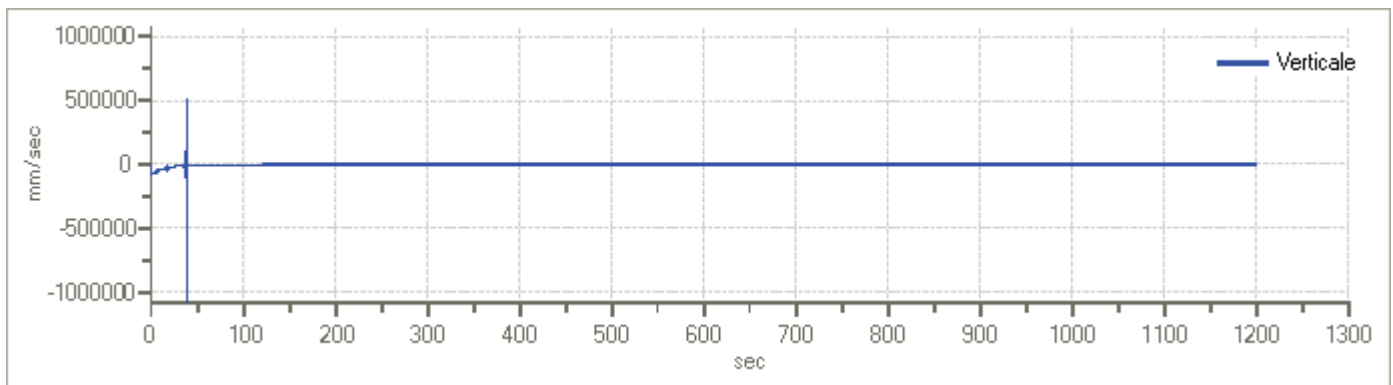
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

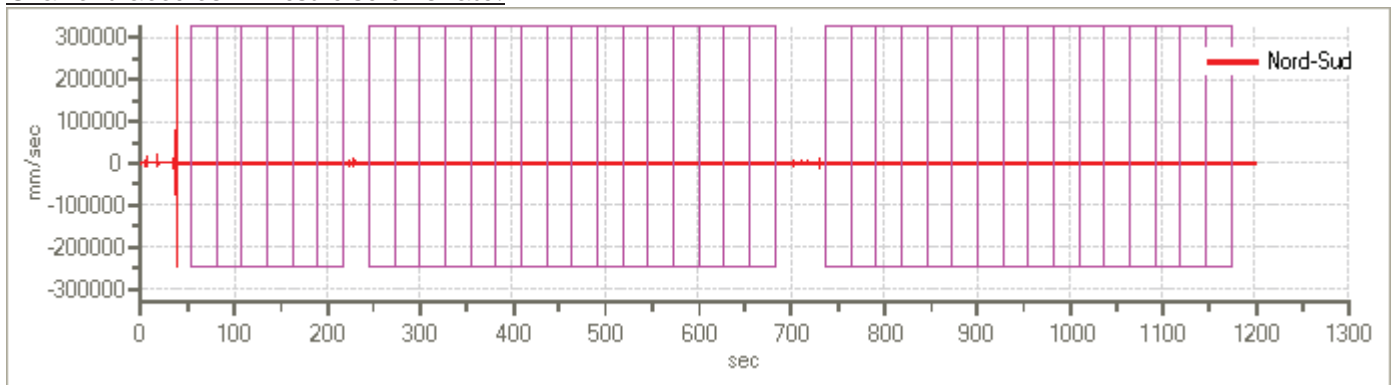
Numero totale finestre selezionate: 38
 Numero finestre incluse nel calcolo: 38
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamiento: Triangolo proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %

Tabella finestre:

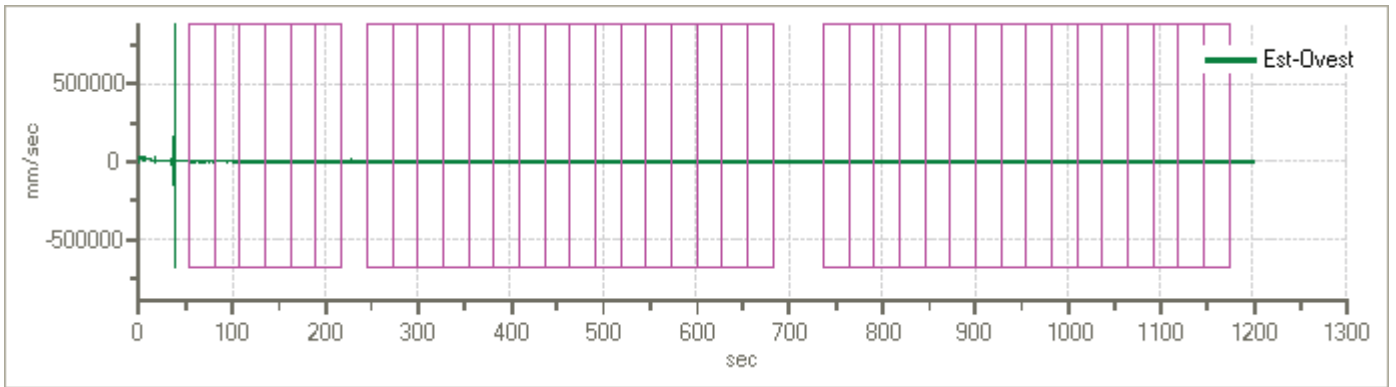
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	54,613	81,92	Inclusa
2	81,92	109,227	Inclusa
3	109,227	136,533	Inclusa
4	136,533	163,84	Inclusa
5	163,84	191,147	Inclusa
6	191,147	218,453	Inclusa
7	245,76	273,067	Inclusa
8	273,067	300,373	Inclusa
9	300,373	327,68	Inclusa
10	327,68	354,987	Inclusa
11	354,987	382,293	Inclusa

12	382,293	409,6	Inclusa
13	409,6	436,907	Inclusa
14	436,907	464,213	Inclusa
15	464,213	491,52	Inclusa
16	491,52	518,827	Inclusa
17	518,827	546,133	Inclusa
18	546,133	573,44	Inclusa
19	573,44	600,747	Inclusa
20	600,747	628,053	Inclusa
21	628,053	655,36	Inclusa
22	655,36	682,667	Inclusa
23	737,28	764,587	Inclusa
24	764,587	791,893	Inclusa
25	791,893	819,2	Inclusa
26	819,2	846,507	Inclusa
27	846,507	873,813	Inclusa
28	873,813	901,12	Inclusa
29	901,12	928,427	Inclusa
30	928,427	955,733	Inclusa
31	955,733	983,04	Inclusa
32	983,04	1010,347	Inclusa
33	1010,347	1037,653	Inclusa
34	1037,653	1064,96	Inclusa
35	1064,96	1092,267	Inclusa
36	1092,267	1119,573	Inclusa
37	1119,573	1146,88	Inclusa
38	1146,88	1174,187	Inclusa

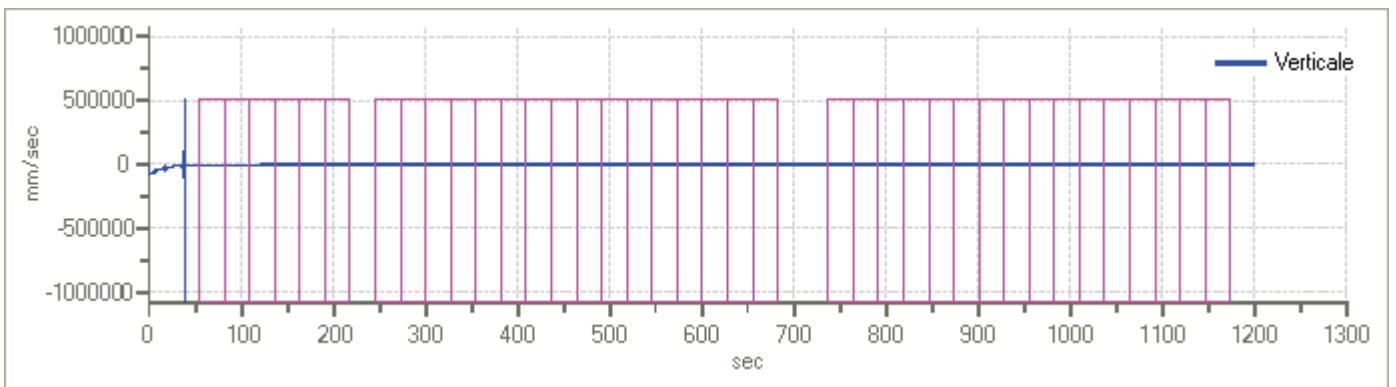
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

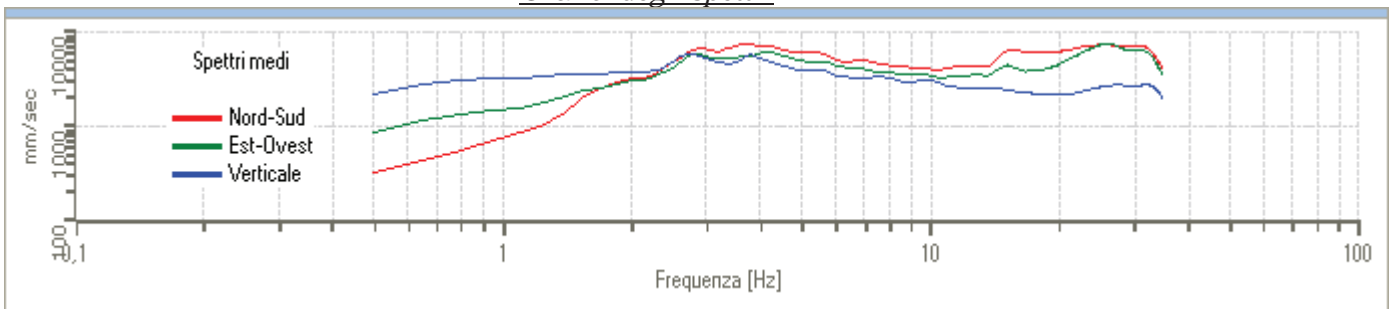


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

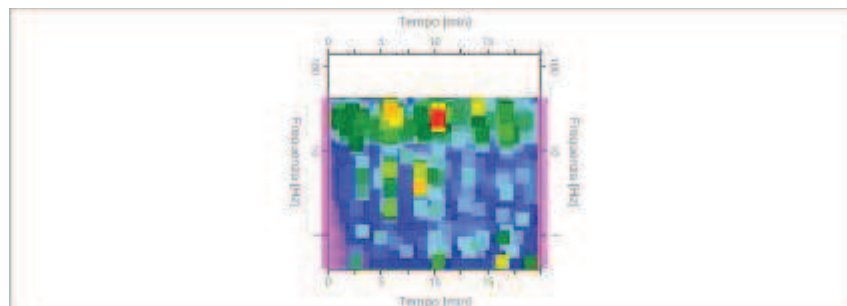


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

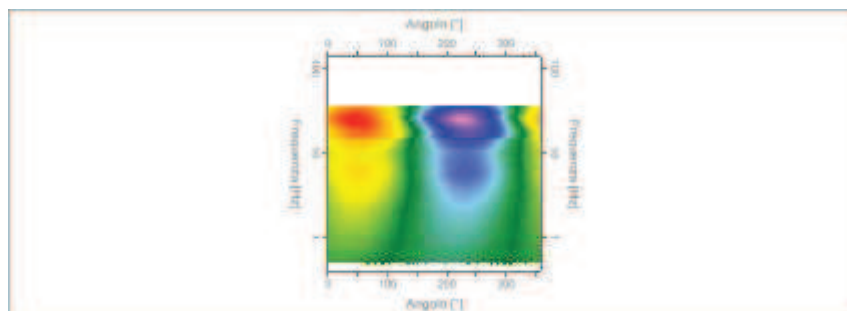
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

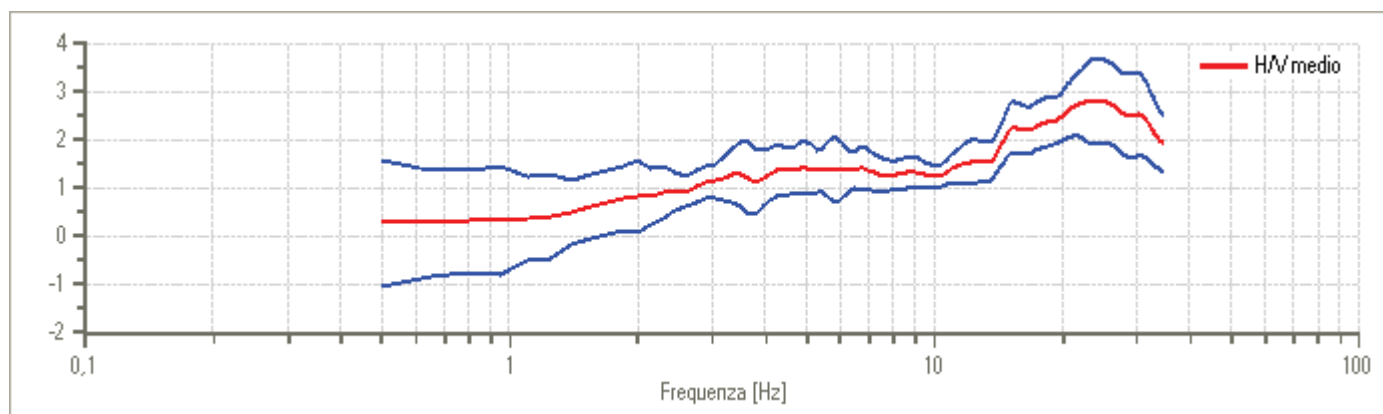
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	35,00 Hz
Frequenza minima:	0,50 Hz
Passo frequenze:	0,15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 24,80 Hz \pm 0,31 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato

$$A_0 > 2$$

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Non superato

Non superato

Ok

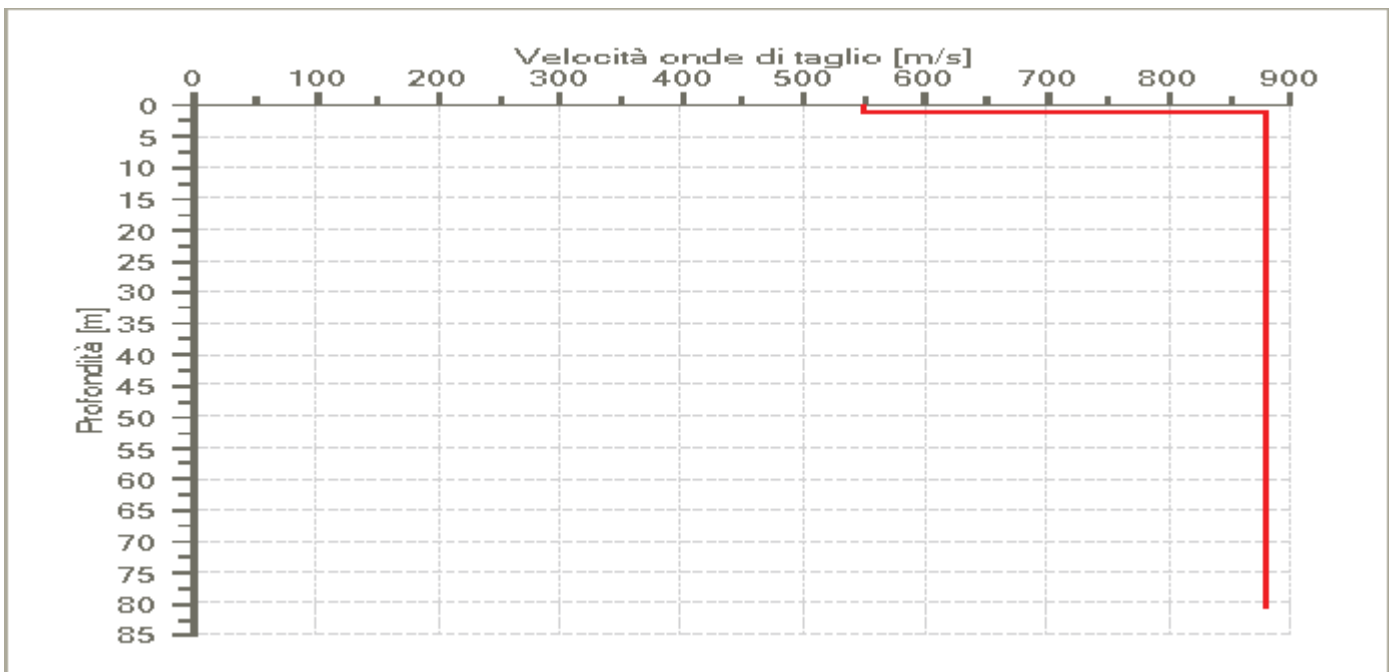
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 2
Frequenza del picco dell'ellitticità: 34,85 Hz
Valore di disadattamento: -1,00
Valore Vs30: 862,75 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	21	0,3	550
2	1	80	23	0,3	880



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

Indice

Cenni tecnica HVSR	2
Dati generali	3
Tracce in input	3
Grafici tracce	3
Finestre selezionate	4
Tabella finestre	4
Grafici tracce con finestre selezionate	5
Grafici degli spettri	6
Mappa stazionarietà	6
Mappa direzionalità	7
Rapporto spettrale H/V	7
Grafico H/V	7
Verifiche SESAME	8
Modello stratigrafico	8
Grafico Profilo velocità	9
Indice	10

--

Dott.Geol. Andrea Gagliardone C.FISC: nd P.IVA: 02403730548	Via: P.ZZA DELLA CONCORDIA N.8 06039 Trevi (PG) - BORGO TREVI - Tel: - Fax: Email: andreagagliardone@virgilio.it Web:
--	--

	Data: luglio 2012
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR 3	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{s30} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{s30} .

Dati generali

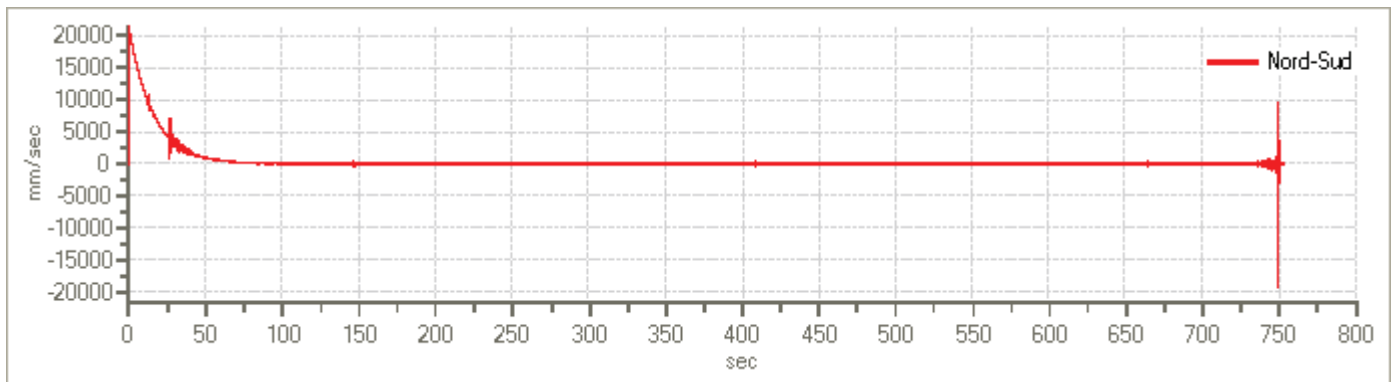
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località:
Operatore:
Responsabile:
Data: 09/07/2012 0.00.00
Zona:
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

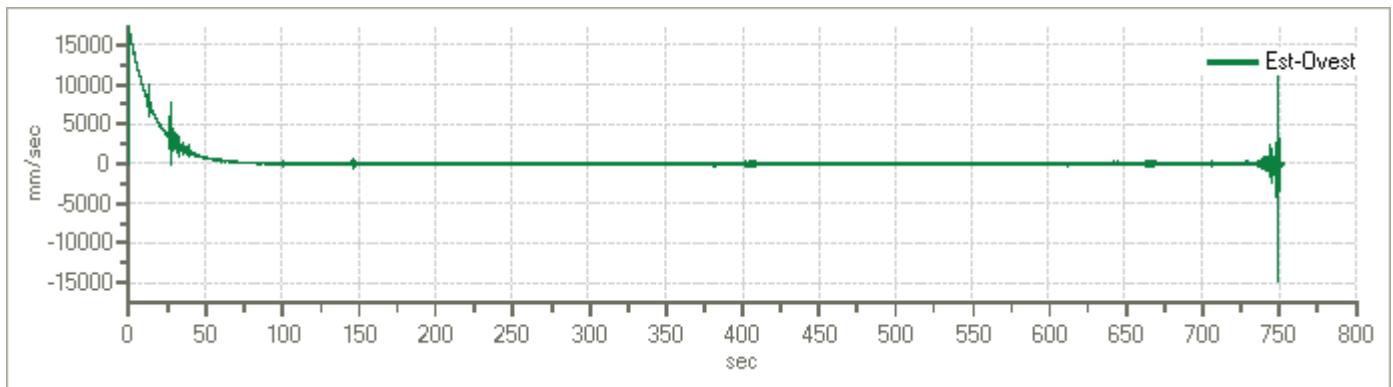
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 754 s
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz
Numero campioni: 226224
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

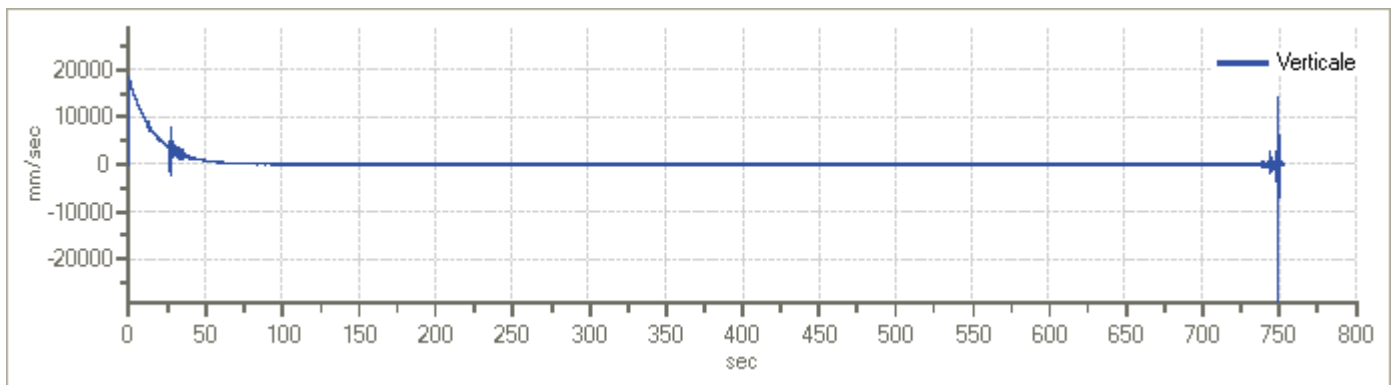
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

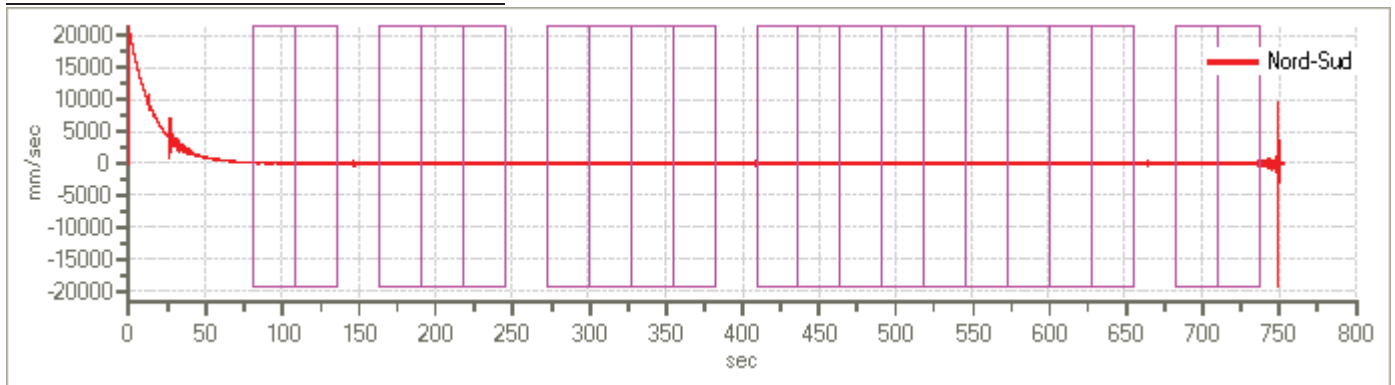
Numero totale finestre selezionate: 20
 Numero finestre incluse nel calcolo: 20
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamo: Triangolo proporzionale
 Percentuale di lisciamo: 10,00 %

Tabella finestre:

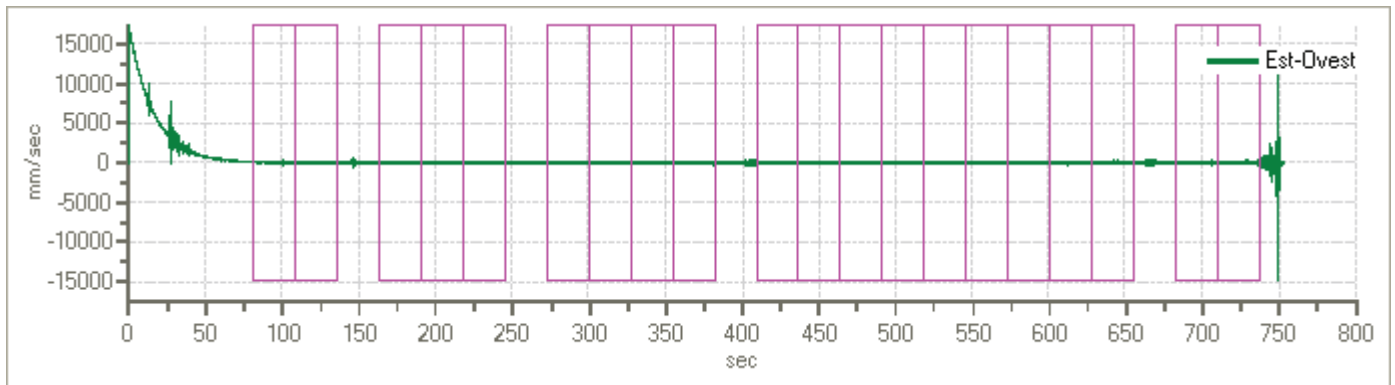
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	81,92	109,227	Inclusa
2	109,227	136,533	Inclusa
3	163,84	191,147	Inclusa
4	191,147	218,453	Inclusa
5	218,453	245,76	Inclusa
6	273,067	300,373	Inclusa
7	300,373	327,68	Inclusa
8	327,68	354,987	Inclusa
9	354,987	382,293	Inclusa
10	409,6	436,907	Inclusa
11	436,907	464,213	Inclusa

12	464,213	491,52	Inclusa
13	491,52	518,827	Inclusa
14	518,827	546,133	Inclusa
15	546,133	573,44	Inclusa
16	573,44	600,747	Inclusa
17	600,747	628,053	Inclusa
18	628,053	655,36	Inclusa
19	682,667	709,973	Inclusa
20	709,973	737,28	Inclusa

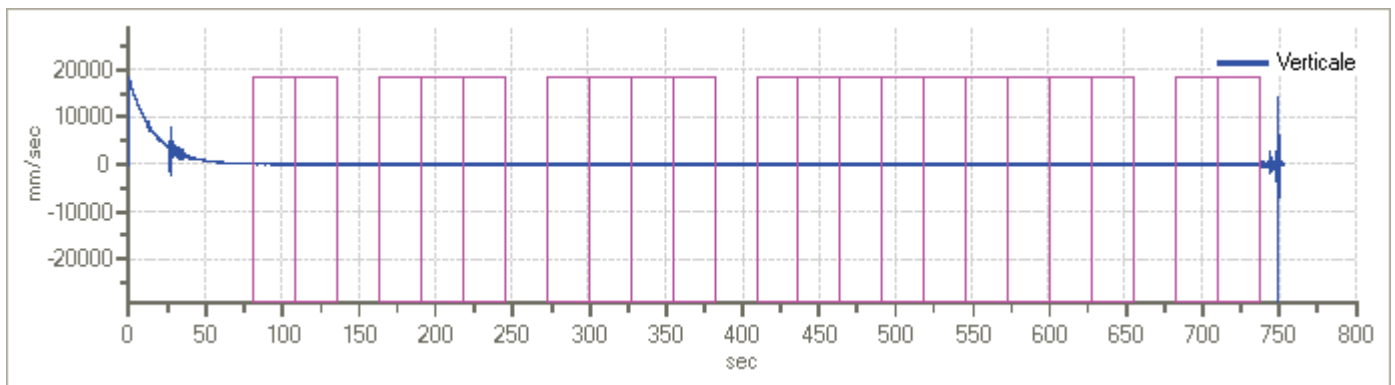
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

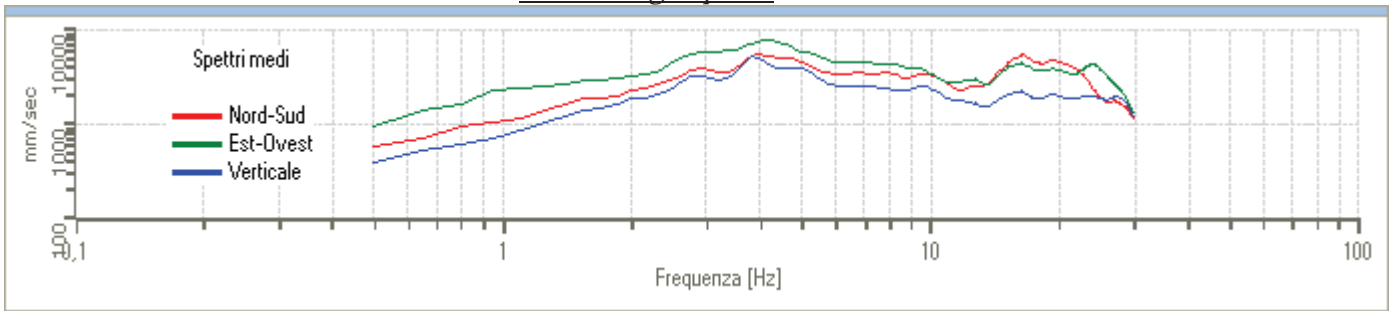


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

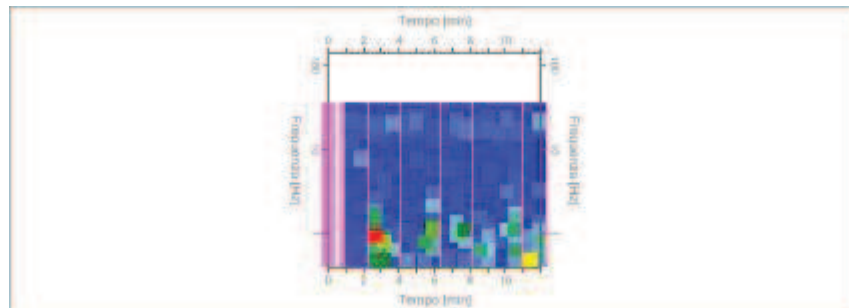


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

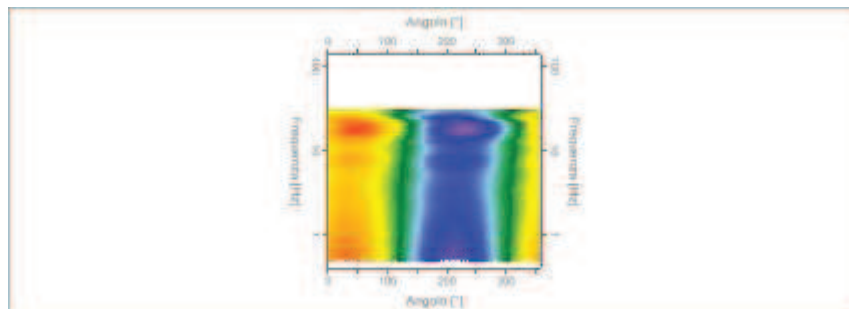
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

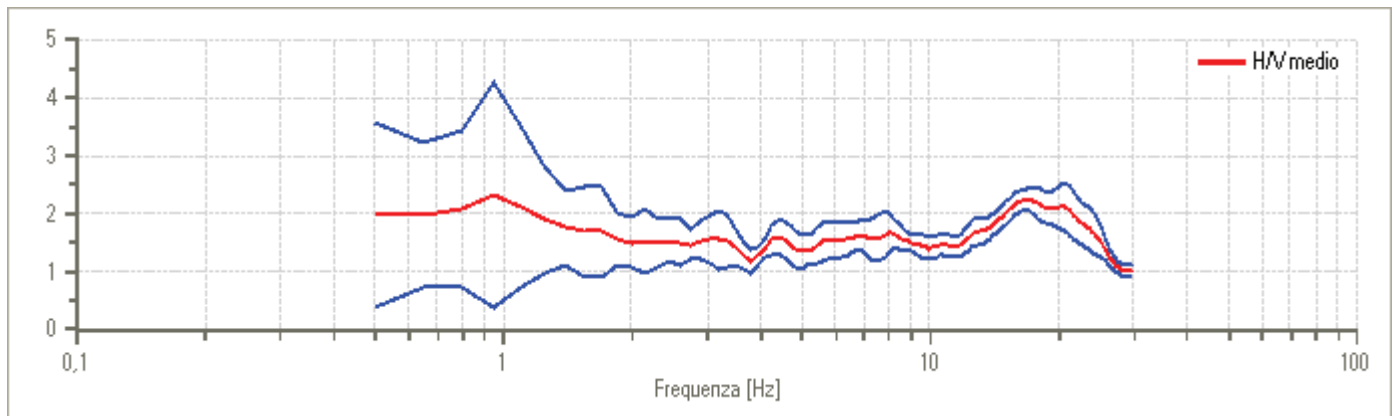
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	30,00 Hz
Frequenza minima:	0,50 Hz
Passo frequenza:	0,15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,95 Hz \pm 0,83 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

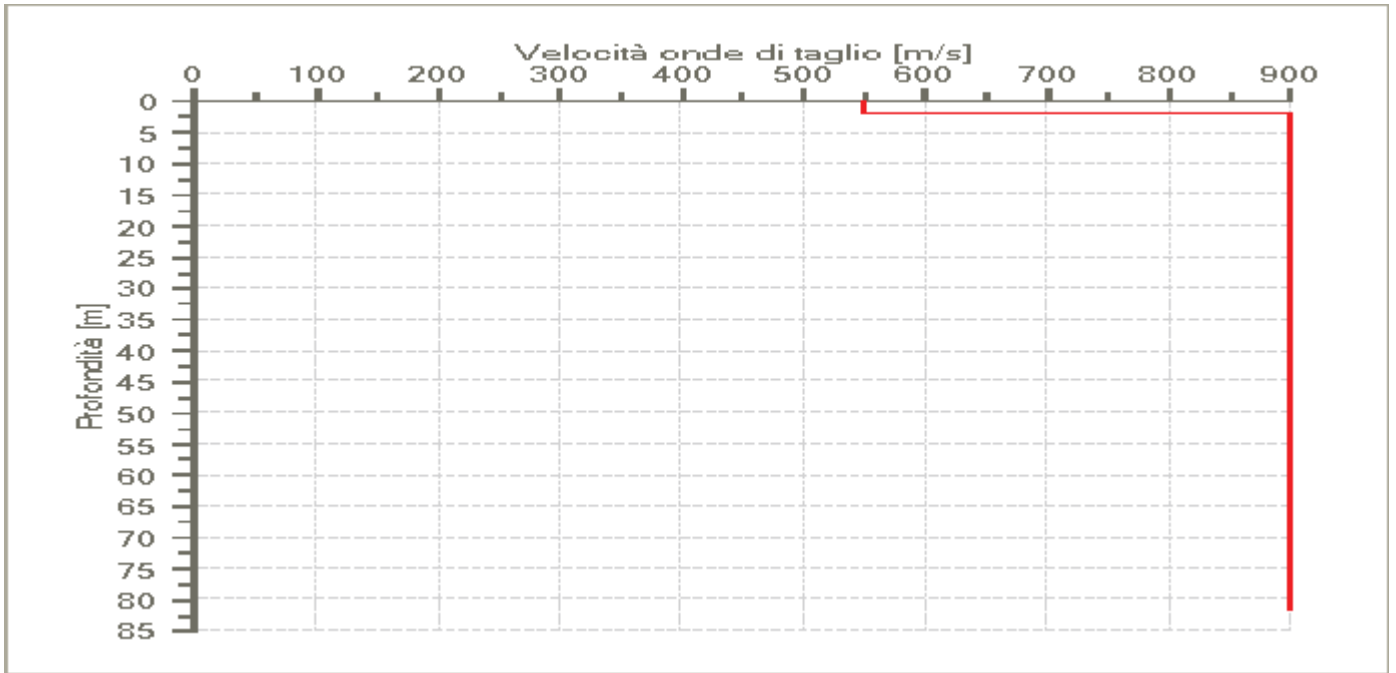
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati:	2
Frequenza del picco dell'ellitticità:	29,75 Hz
Valore di disadattamento:	-1,00
Valore Vs30:	863,37 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	21	0,3	550
2	2	80	23	0,3	900



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

Indice

Cenni tecnica HVSR	2
Dati generali	3
Tracce in input	3
Grafici tracce	3
Finestre selezionate	4
Tabella finestre	4
Grafici tracce con finestre selezionate	5
Grafici degli spettri	6
Mappa stazionarietà	6
Mappa direzionalità	6
Rapporto spettrale H/V	6
Grafico H/V	7
Verifiche SESAME	7
Modello stratigrafico	8
Grafico Profilo velocità	8
Indice	10