



GEOALPI CONSULTING

Geologia - Idrogeologia - Geotecnica - Geologia strutturale

GEOLOGI ASSOCIATI

Elisabetta ARRI - Marco BARBERO - Raffaella CANONICO - Francesco PERES

P.iva 09303590013

REGIONE PIEMONTE - CITTA' METROPOLITANA DI TORINO
COMUNE DI ROLETTO

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE
VARIANTE GENERALE

MICROZONAZIONE SISMICA
Livello I degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

IL TECNICO INCARICATO
DOTT. GEOLOGO FRANCESCO PERES

AGOSTO 2018

 Via Saluzzo, 52 - 10064 Pinerolo (TO)

 Telefono / Fax +39 0121 375017

 info@geoalpiconsulting.it

 www.geoalpiconsulting.it

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA..... | A |
| 2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA..... | 3 |
| 3. CARTA DELLE INDAGINI..... | 7 |
| 4. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)..... | 8 |
| 5. BIBLIOGRAFIA..... | 11 |

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Roletto - conferito con determinazione del Responsabile dell'area Tecnica Edilizia Privata n. 40 del 31/12/2012 - lo scrivente ha condotto le indagini e gli studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS), secondo quanto previsto dalla D.G.R. n. 17-2172 del 13/06/2011 e dall'Allegato A "*Indirizzi e criteri per la predisposizione degli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico negli strumenti di pianificazione*" approvato dalla Direzione regionale Codice DB1400 con Determinazione Dirigenziale n. 540 del 09/03/2012.

A tal fine, si è provveduto:

1. alla definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio comunale, facendo riferimento ai dati disponibili in bibliografia, nonché conducendo sopralluoghi mirati a definire il modello geologico-geomorfologico a scala locale;
2. al censimento dei dati geognostici e geofisici esistenti per il territorio comunale;
3. all'esecuzione di indagini geofisiche di tipo sismico individuate da n. 3 misure di rumore sismico a stazione singola HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), ai fini della definizione della frequenza caratteristica di sito.

I risultati del livello 1 di microzonazione sismica sono rappresentati nella:

1. Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000), corredata da sezioni geologiche significative in relazione ai rapporti stratigrafici tra i depositi di copertura ed il substrato costituente i rilievi montuosi presenti nel settore settentrionale ed occidentale del territorio comunale di Roletto.
2. Carta delle indagini (scala 1:10.000), in cui vengono ubicati i dati geognostici e geofisici pregressi, nonché le nuove misure eseguite.
3. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS, scala 1:10.000).

La base topografica utilizzata è la DBTRE (Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti - Regione Piemonte) alla scala 1:10.000.

Si precisa che lo studio di microzonazione sismica costituisce parte integrante della documentazione geologica elaborata dallo scrivente ed allegata al Variante generale del P.R.G.C. del Comune di Roletto (TO), volta alla verifica della compatibilità idraulica ed idrogeologica dello strumento urbanistico vigente ed in previsione con le condizioni di dissesto, così come previsto dalla Deliberazione n. 1 del 11/05/1999 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

I contenuti tecnici, commentati nella presente relazione, sono stati adeguati al parere (riportato al termine del paragrafo) della Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Montagna, Foreste, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Sismico, espresso ai sensi dell'art. 15, comma 6 della L.R. n. 56/1977 - così come

modificata dalla L.R. n. 3/2013 - ed ai sensi dell'art. 89 del DPR n. 380/2001 nell'ambito della conferenza di copianificazione e valutazione della proposta tecnica di progetto preliminare del P.R.G.C..

Data Spett. le REGIONE PIEMONTE
Direzione Ambiente, Governo e Tutela del
territorio

Protocollo Settore COPIANIFICAZIONE URBANISTICA
AREA NORD-OVEST – A 1606A
C.so Bolzano, 44 - 10138 TORINO

Classificazione 11_60_10.S1 RGEN23_367/2016C

e p. c Spett. le REGIONE PIEMONTE
Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo,
Montagna, Foreste, Protezione Civile,
Trasporti e Logistica
Settore Tecnico Regionale - Area
Metropolitana di Torino - A1813A
C.so Bolzano, 44 - 10138 - TORINO

Riferimento prot. n° 27064 del 20.08.2016

Oggetto: Comune di Roletto (TO)

Proposta tecnica di progetto preliminare della Variante generale al PRGC .

Valutazioni ai sensi dell'art. 15, comma 6, della Lr. 56/1977 come modificata dalla
L.R. 3/2013 e parere ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001.

Premessa

Il Comune di Roletto, che risulta appartenere alla classe di rischio R1 del PAI ed alla zona sismica 3S, soggetta alle norme previste dalla D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656, ha attivato un procedimento di Variante Generale del P.R.G.C. secondo le procedure previste dalla LR 56/1977, convocando la 1^a seduta della 1^a conferenza di copianificazione e valutazione per l'esame della proposta tecnica di Progetto Preliminare per il giorno 1 settembre 2016. Tale seduta è stata sospesa e riconvocata per il giorno 27 settembre 2016 in attesa dell'adozione formale da parte dell'Amministrazione comunale della documentazione integrativa richiesta nell'ambito della prima riunione, di cui non era stata data pubblicazione; in particolare non risultavano essere stati adottati gli elaborati relativi agli studi di microzonazione sismica di livello 1 previsti dalla normativa regionale.

Per quanto riguarda l'analisi degli elaborati relativi alle tematiche di competenza, si rammenta che nell'anno 2013 giunse a termine il Procedimento n.142/2012 di Valutazione tecnica del Gruppo Interdisciplinare coordinato dal Settore Progettazione, Assistenza, Copianificazione provincia di Torino finalizzato alla cosiddetta condivisione del quadro del dissesto ai fini dell'adeguamento al PAI degli studi geologici a supporto del PRG ai sensi della D.G.R. 31-3749 del 06.08.2001 e ss.mm.ii. Tale procedimento, al cui verbale conclusivo si rimanda per le valutazioni tecniche espresse dai diversi soggetti partecipanti ai fini della predisposizione degli elaborati a corredo della Variante Urbanistica Generale, è stata trasmessa al Comune ed ai diversi soggetti interessati con nota prot.n.19040/DB0826 del 3/7/2013.

Verifica istruttoria

La documentazione tecnica che costituisce la Proposta Tecnica del Progetto Preliminare in oggetto è formata dagli elaborati di seguito riportati, contenuti nell' "Attestato di conformità" trasmesso dal Comune di Roletto con nota prot. n. 2737 del 20.06.16 (Ns. prot. 27064 del 20.06.2016) :

ELABORATI R.I.R. (a firma Ing. Andrea Carpignano e datati gennaio 2015)

Elaborato tecnico - relazione tecnica RIR

Tav. allegato 1 - aree di danno scala 1:10000

Tav. allegato 2 - mappa degli elementi vulnerabili territoriali scala 1:15000

Tav. allegato 3 - mappa degli elementi vulnerabili ambientali scala 1:15000

Tav. allegato 4 - classificazione del territorio dal punto di vista della Vulnerabilità Ambientale scala 1:15000

Tav. allegato 5 - aree di Esclusione ed Osservazione scala 1:5000

ELABORATI GEOLOGICI (a firma Dott. Geol. Francesco Peres e datati Febbraio 2015)

Relazione Geologica

Tavola 1 - Carta geologico-geomorfologica (scala 1:5.000)

Tavola 2 - Carta della caratterizzazione fitotecnica dei terreni (scala 1:5.000)

Tavola 3 - Carta geoidrologica (scala 1:5.000)

Tavola 4 - Carta dei dissesti e della dinamica torrentizia (scala 1:5.000)

Tavola 5 - Carta del reticolo idrografico e delle opere di difesa idraulica censite (scala 1:5.000)

Tavola 6 - Carta delle acclività (scala 1:10.000)

Tavola 7 - Carta degli elementi sismici condizionanti (scala 1:5.000)

Tavola 8 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (scala 1:5.000)

Allegati:

Studio idraulico sui Rii Torto e Rettiglio, (a firma Ing. R. Truffa Giachet, datato giugno 2003)

ELABORATI V.A.S. (a firma Arch. Guido Geuna e datati Maggio 2016)

Elab. 1 - VAS - Documento di specificazione dei contenuti del Rapporto Ambientale;

ELABORATI URBANISTICI (a firma Arch. Guido Geuna e datati Maggio 2016)

Elab_A - Relazione Illustrativa;

Allegati Tecnici:

All_B1.1 - Carta della capacità d'uso del suolo - Scala 1:10.000;

All_B1.2 - Carta dell'uso dei suoli in atto - Scala 1:10.000;

All_B1.3 - Stato di fatto degli insediamenti esistenti e relativi vincoli - Scala 1:5000

All_B1.4 - Condizioni abitative - Analisi del tessuto edilizio esistente- Scala 1:5000

All_B1.5 Dotazione di servizi e infrastrutture esistenti; Strade e servizi pubblici esistenti- Scala 1:10.000;

All_B1.6 Dotazione di servizi e infrastrutture esistenti; Rete fognaria - Scala 1:10.000;

All_B1.7 Dotazione di servizi e infrastrutture esistenti; Rete distribuzione del gas - Scala 1:10.000;

All_B1.8 Dotazione di servizi e infrastrutture esistenti; Rete Acquedotto - Scala 1:10.000;

All_B1.9 Struttura insediativa impianti industriali - Scala 1:5000;

AlI_B1.10 Carta perimetrazione Aree dense e di transizione - Scala 1:5000;
AlI_B1.11 Carta perimetrazione del centro abitato - Scala 1:5000;
AlI_B3 Scheda quantitativa dei dati urbani;
AlI_B4 Relazione di compatibilità delle aree oggetto di nuova previsione o di trasformazione con la classificazione acustica;
AlI_B5 - R1R - Elaborati previsti dalla normativa in materia di industrie a rischio di incidente rilevante;

Tavole di Piano Regolatore:

Elab_C1 - Planimetria sintetica delle previsioni di PRGC - Scala 1:25.000 (Mosaicatura);
Elab_C2 - Piano regolatore generale - Intero territorio comunale - Scala 1:5.000;
Elab_C3 - Norme Tecniche di Attuazione;
Elab_C4 - documenti della pianificazione commerciale

Con nota prot.n. 3949 del 16.09.2016 (registrata al protocollo regionale n. 39604/A1806A del 19.09.2016), il Comune di Roletto ha comunicato di aver adottato con D.C.C. n.20 del 09.09.2016 la documentazione integrativa facente parte della proposta tecnica di progetto preliminare, resa disponibile sull'Albo pretorio online del comune esclusivamente in formato digitale. Gli elaborati relativi alla Microzonazione Sismica di livello 1, datati Febbraio 2015, sono integrativi alla sopraelencata documentazione relativa alla Proposta Tecnica di Progetto Preliminare della Variante Generale, adottata con DCC n. 13 e n.14 del 30.05.2016, e sono costituiti dai seguenti documenti:

ELABORATI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 1 (a firma Dott. Geol. Francesco Peres e datati Febbraio 2015)

Relazione illustrativa

Tavola 1 - Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000)

Tavola 2 - Carta delle indagini (scala 1:10.000)

Tavola 3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000)

Con nota prot. n° 37504/A1806A del 05.09.2016 la struttura scrivente ha quindi provveduto ad inviare al Settore Tecnico Regionale - Area Metropolitana di Torino la richiesta di contributo tecnico finalizzato alla predisposizione del parere unico di Direzione, secondo quanto stabilito dalla DD n° 1022/DB14.00 del 14.04.2011.

Successivamente, con nota prot. n°39296 /A1813A del 16.09.2016, è pervenuto all'Ufficio scrivente il contributo tecnico del Settore Tecnico Regionale - Area Metropolitana di Torino con il quale si richiamavano sostanzialmente le valutazioni espresse nel precedente contributo trasmesso con nota prot. n. 94555/14.06 del 18.12.2012 nell'ambito delle procedure di indirizzo e consulenza del gruppo interdisciplinare, richiamato in premessa, per la condivisione del quadro del dissesto.

Contenuti Tecnici

Nel corso dell'attività istruttoria condotta ai fini della formulazione del presente parere le informazioni contenute nello studio sono state confrontate con i dati disponibili, (studi di riferimento a scala regionale, quali Piano Assetto Idrogeologico, Progetto IFFI, Banche Dati Geologiche regionali, provinciali e dell'Arpa Piemonte; rapporti d'evento e materiale d'archivio relativo al territorio del Comune), e localmente verificate mediante l'utilizzo della fotointerpretazione.

E' stato poi verificato il recepimento delle osservazioni formulate dal Gruppo Interdisciplinare nell'ambito del procedimento di valutazione del quadro del dissesto e della pericolosità idrogeologica citato in premessa, trasmesso con nota prot. n. 19040/DB0826 del 3/7/2013, con particolare riferimento alle richieste di approfondimento e modifica avanzate.

Dall'esame della documentazione relativa all'istanza specificata in oggetto, si rileva che gli elaborati sono stati redatti, in linea generale, secondo lo standard individuato dalla normativa tecnica di riferimento regionale, (Circ. PGR n. 7/LAP/1996 e relativa Nota Tecnica Esplicativa/1999; D.G.R. n. 64-7417 del 07.04.2014), con documentazione cartografica generale alla scala 1:10.000 e stralci alla scala 1:5.000, corrispondente alle fasi I, II e III della Circ. 7/LAP. Gli studi di microzonazione sismica sono stati predisposti secondo le indicazioni contenute nella D.D. n. 540 del 9.03.2012.

Per gli aspetti relativi alla rappresentazione delle condizioni di dissesto idraulico dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore le osservazioni sono desunte dal contributo tecnico predisposto dal Settore Tecnico regionale – Area metropolitana di Torino; ai fini di una migliore chiarezza del presente documento, sono riportate in corsivo le parti tratte dal predetto parere.

Si evidenzia infine che le osservazioni espresse circa il quadro del dissesto si basano, esclusivamente, sui dati e sulle informazioni ad oggi disponibili, rispetto ai quali i professionisti incaricati dal Comune di Roletto, per la redazione degli elaborati geologici ed idraulici, hanno esteso gli studi e le verifiche sul territorio in accordo ai disposti della Circolare P.G.R. n.7/LAP/96 e successiva N.T.E./99. Sono fatte salve, pertanto, eventuali evoluzioni non prevedibili dei fenomeni dissestivi individuati nè, tantomeno, la formazione e/o l'attivazione di nuovi fenomeni attualmente non individuabili in assenza di elementi geomorfologici ed idraulici predisponenti al dissesto.

L'attività istruttoria condotta, di cui nel seguito vengono sintetizzati i risultati, non sostituisce in ogni caso il lavoro del Professionista estensore degli studi, che ha piena responsabilità del lavoro svolto ed effettua un'analisi ragionata delle singole situazioni.

A conclusione dei controlli effettuati sullo strumento urbanistico in oggetto, tenuto conto del contributo tecnico del Settore Tecnico Regionale - Area Metropolitana di Torino, con la presente si esprime parere favorevole ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001, (art. 6 della LR 19/85), e si formulano le valutazioni previste ai sensi dell'art. 15, comma 6, della Lr. 56/1977 come modificata dalla L.R. 3/2013, contenenti le osservazioni e prescrizioni di seguito riportate, in base alle quali dovrà essere predisposto il Progetto Preliminare.

Osservazioni e considerazioni

A titolo generale, con specifico riferimento agli elaborati cartografici di analisi e sintesi e dello studio di MS, si rileva che sono state utilizzate diverse basi topografiche (CTR ingrandite, dati derivati dalla CTP vettoriale, basi catastale, BDTRE 2015), questo al fine di disporre del maggior dettaglio e grado di aggiornamento per la rappresentazione dei vari tematismi.

Considerato che l'articolo 10 della Legge regionale 5 febbraio 2014, n. 1 (Legge finanziaria per l'anno 2014) ha stabilito che "la base cartografica di riferimento per la Regione e per tutti i soggetti pubblici e privati che con essa si interfacciano è quella derivata dalla BDTRE", resa disponibile in modalità "open" ai molteplici soggetti interessati, dagli Enti della PA Piemontese, ai professionisti, agli enti universitari e di ricerca e ai cittadini, si chiede di valutarne l'utilizzo per il Progetto Preliminare; in caso contrario se ne richiede sicuramente l'utilizzo per la predisposizione della Proposta Tecnica di Progetto Definitivo, per tutte le cartografie tematiche, risultando ormai di fatto superata sia la CTR regionale, sia la CTP.

La Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE), soggetta ad aggiornamenti annuali per quanto riguarda sia l'edificato sia la viabilità, e comprendente, a partire dal 2016, anche le informazioni catastali relative all'edificato, è infatti finalizzata a supportare le attività di pianificazione, governo e tutela del territorio.

Aspetti di carattere idraulico (reticolo idrografico minore)

Sulla base del contributo tecnico redatto dal Settore Tecnico regionale competente, si osserva come il quadro del dissesto legato alla dinamica dei corsi d'acqua minori sia sufficientemente approfondito dal punto di vista idraulico, di maggior dettaglio di quello contenuto nell'elaborato 2 del PAI, quindi esaustivo ad aggiornare ed integrare il PAI medesimo.

Inoltre, con riferimento alle mappe di pericolosità e di rischio di cui al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), introdotto dalla Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), relativamente ai corsi d'acqua minori non si rilevano elementi di confronto tra gli scenari proposti nelle medesime mappe rispetto alle perimetrazioni delle aree di esondazione definite negli elaborati geologici a supporto della variante al P.R.G.C.

Con riferimento alle tematiche di stretta competenza del Settore Tecnico regionale, viene ribadito il buon grado di definizione delle caratteristiche di dissesto idraulico ascritte ai corsi d'acqua minori; a titolo di verifica cautelativa, tenuto conto che lo studio idraulico sui rii Torto e Rettiglio, redatto, a suo tempo (giugno 2003), a supporto delle analisi di compatibilità per

l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI, si suggerisce un confronto dei dati di portata utilizzati per le verifiche delle sezioni di deflusso, in particolare, in corrispondenza degli attraversamenti e delle tratte d'alveo a monte e a valle di quest'ultimi, rispetto ai valori ed alle condizioni al contorno ipotizzati nel più recente "Studio idrogeologico della zona collinare e precollinare e delle zone limitrofe a Via Martiri del XXI, Strada dei Rivetti e Via Vecchia di Piscina", datato maggio 2014, redatto dal Comune di Pinerolo ai fini della realizzazione di interventi di riordino e di regimazione della rete idrica superficiale delle zone citate, con previsioni progettuali di scolo delle acque intercettate verso il Rio Torto, attraverso la canalizzazione che corre lungo Via Galilei-Via S. Brigida in Comune di Roletto.

Richiamando infine quanto già prescritto e sottolineato nel contributo tecnico del Settore Tecnico regionale (prot. n.94555/14.06 del 18/12/2012), rilasciato in sede di Tavolo Tecnico Condiviso per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI, si riportano qui di seguito le indicazioni ulteriormente ribadite a conclusione dell'istruttoria condotta sui nuovi elaborati:

- *qualsiasi intervento di nuova edificazione e di ampliamento con occupazione di suolo riguardante le aree poste in classe IIa, IIb e IIc di idoneità all'utilizzazione urbanistica situate in prossimità dei settori perfluviali dei corsi d'acqua appartenenti alla rete idrografica minore, ivi compreso tutti i rii ed i principali canali non classificati e/o aventi sedime non demaniale, ancorchè intubati, con particolare riferimento alle tratte d'alveo interessate da attraversamenti/canalizzazioni sottodimensionati o/o potenzialmente critici al passaggio delle portate di piena, dovrà essere supportato, a livello di singolo permesso di costruire, oltre che da uno studio di fattibilità condotto secondo quanto previsto dal D.M. 11.03.1988 e ss.mm.ii., anche da uno specifico studio idraulico del/i corso/i d'acqua eventualmente interessato/i, ove l'ambito da esaminare non risultasse espressamente riconducibile alle verifiche delle tratte d'alveo e delle sezioni di deflusso presenti negli elaborati geologici di P.R.G.C.; in ogni caso, quand'anche si prendessero a riferimento le analisi sui corsi d'acqua eseguite, a suo tempo, nell'ambito degli studi di compatibilità idraulica per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI, le verifiche sulle condizioni di dissesto locale dovranno essere aggiornate ed implementate nei casi in cui siano nel frattempo intervenute modifiche delle condizioni al contorno ipotizzate come dati di input nelle simulazioni idrauliche disponibili, e/o sia cambiato l'assetto idraulico del corso d'acqua, per sopraggiunti fenomeni di erosione/sovralluvionamento/ostruzione delle sezioni d'alveo da parte della vegetazione infestante/ecc., rispetto alla morfometria della tratta d'alveo considerata all'atto delle analisi pregresse, e/o siano successivamente giudicati/risultati insufficienti/inadeguati gli interventi di sistemazione e messa in sicurezza dei corsi d'acqua realizzati o/o provisti. Ove si procedesse alla redazione di nuovi studi, ovvero, all'aggiornamento/integrazione di quelli esistenti nei casi su esposti, le analisi dovranno essere effettuate secondo metodologia approfondita in condizioni di moto uniforme, vario o permanente a seconda dei casi, verificando, con opportuna cautela, la capacità di smaltimento delle sezioni di deflusso utilizzando parametri di scabrezza reali, tenuto conto, altresì, della presenza di eventuali manufatti di attraversamento, di intubamenti e/o di altre criticità idrauliche che potrebbero costituire pregiudizio per le possibilità edificatorie della zona prescelta;*

- *ai fini delle possibilità edificatorie delle aree suddette, a seguito degli approfondimenti e delle verifiche idrauliche da effettuarsi a scala locale secondo la metodologia e le indicazioni di cui al punto precedente, tenuto conto, altresì, della presenza, soprattutto in prossimità delle aree urbanizzate, di eventuali criticità per le quali necessitano interventi di difesa e/o di adeguamento degli attraversamenti e/o opere più estensive di riassetto idraulico, occorre preventivamente prevedere, in ogni caso, l'esecuzione di opportuni ed adeguati lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria del reticolo idrografico minore insistente nel contorno delle aree medesime, provvedendo, altresì, alla realizzazione, ove necessario, di appropriate opere di regimazione delle acque superficiali finalizzate alla riorganizzazione ed alla corretta officiosità idraulica della rete idrica interossata, garantendo, in ogni caso, lo smaltimento delle acque meteoriche scolanti dall/i bacino/i afferente/i;*
- *le fasce di rispetto dei corsi d'acqua corrispondenti alla classe IIIa (IIIb4 per l'edificato) sono da intendersi di assoluta inedificabilità;*
- *qualora risultassero differenze tra l'andamento dei corsi d'acqua demaniali, così come riportati sulle mappe catastali, rispetto all'attuale percorso planimetrico, resta inteso che le fasce di rispetto, ai sensi del R.D. n. 523/1904, si applicheranno all'alveo attivo delimitato dai cigli superiori di sponda, rimanendo di proprietà demaniale l'alveo eventualmente abbandonato ai sensi e per gli effetti della L. n. 37/1994, nonché in ragione dell'art. 32, comma 3, titolo II delle N.d.A del PAI;*
- *l'eliminazione o/la riduzione della pericolosità attraverso l'esecuzione di interventi di riassetto territoriale, che consentano la realizzazione di nuove opere e nuove costruzioni nelle aree ricadenti in classe IIIb, potrà avvenire solo a seguito di collaudo o di relativa emissione di apposita certificazione attestante che gli interventi eseguiti abbiano raggiunto l'obiettivo di minimizzazione del rischio, ai fini della fruibilità urbanistica, delle aree interessate da eventuali previsioni di piano, in accordo e nel pieno rispetto dei contenuti di cui ai paragrafi 7.6 e 7.10 della N.T.E./99 della Circolare P.G.R. n. 7/LAP/96.*

ASPETTI GEOLOGICI S. L.

Tav. n° 1 - Carta geologico-geomorfologica

- In relazione alle caratteristiche generali degli ammassi rocciosi si suggerisce di valutare l'opportunità di indicare eventuali settori caratterizzati da intensa fratturazione e/o da elevato grado di alterazione. Tali informazioni potranno anche essere indicate nella Tav.2 - Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni ed essere dettagliate nella relativa sezione della Relazione Geologica, rimandando alla apposita sezione per gli approfondimenti condotti nell'ambito degli studi di microzonazione sismica.
- Nella medesima Tav.2 - Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni sarebbe opportuno che venissero indicati anche valori rappresentativi delle potenze misurate o stimate dei depositi quaternari e, eventualmente, delle coltri di alterazione del substrato.

La Tav. n° 7 – *Carta degli elementi sismici condizionanti (scala 1:5.000)* risulta di fatto superata e sostituita dallo Studio di microzonazione sismica di 1° livello; si suggerisce di valutarne l'opportunità di eliminazione dall'elenco degli elaborati del progetto preliminare e di aggiornare gli eventuali richiami contenuti nella documentazione di Variante (comprese le NdA.)

Tav. n° 8 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica

Si suggerisce di semplificare la legenda alle voci relative alle classi IIIb2 e IIIb3, valutando l'opportunità di eliminare i riferimenti agli interventi specifici di riassetto territoriale previsti nel cronoprogramma che andranno invece opportunamente strutturati in apposito paragrafo in relazione ed eventualmente in formato tabellare associato alle singole schede nelle Norme Tecniche di Attuazione.

Si chiede anche di eliminare nelle voci in legenda i riferimenti all'art.31 della L.R.56/77 e s.m.l. (abrogato ai sensi della L.R. 11 marzo 2015 n.3)

Studio di Microzonazione sismica

Dal momento che lo studio è stato condotto secondo quanto previsto dagli indirizzi regionali e nazionali (ICMS 2008 e relativi aggiornamenti del 2011, DD 540/2012) si chiede che i dati siano forniti in formato vettoriale con i relativi database secondo tali standard.

Carta Geologico-Tecnica

- Da un confronto di carattere speditivo si rileva che la Carta Geologico-tecnica non riporta la retinatura relativa ai poligoni dei dissesti riportati invece nella Carta delle MOPS (per es. le Zone di attenzione per instabilità di versante attiva nei pressi di Loc. S. Lazzaro o di Via Petrarca e Via Fiorina, o quelle per instabilità inattiva di Via Verdi e Via Petrarca);
- Il dato della profondità della falda acquifera riportato in alcuni pozzi (ad W di Roncaglia, in via Petrarca, in Loc. Allodio) non è coerente con l'attribuzione della classificazione litotecnica (substrato lapideo). La simbologia utilizzata prevederebbe, da legenda, il dato della profondità della falda in aree con sabbie e ghiaie.

Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica

Per quanto riguarda le sequenze stratigrafiche e la legenda si osserva che:

- le zone indicate in legenda come zona 2 e zona 3 presentano una sovrapposizione fra i 40 e i 45 m ; ai fini di maggior chiarezza sarebbe opportuno suddividere la zona 2 (limite LPS/GM fra 20-40 m) e la zona 3 (limite LPS/GM fra 40-80 m)
- la zona 1 presenta una simbologia dei terreni di copertura non riportata in legenda;

- sono riportate delle tracce per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche in Località Bivio, completamente pianeggiante; è opportuno rivedere la loro ubicazione.

Allegati allo studio di MS

- Risulta mancante nella Relazione illustrativa la documentazione relativa ai dati geotecnici e litostratigrafici pregressi, risultando riportati soltanto quelli relativi alle indagini nuove effettuate per lo studio di MS consistenti in misure di rumore sismico ambientale. Nell'ottica dell'autonomia del valore documentale degli studi di microzonazione, anche ai fini di una loro eventuale mosaicatura sul territorio nazionale, sarebbe opportuno che tali dati siano completati ed omogeneamente raccolti. Si richiede pertanto che sia inserita una cartella specifica relativa alla documentazione dei dati geognostici utilizzati e che venga riportato nel Data Base informatizzato il percorso del relativo documento di riferimento (con la numerazione della pagina di ogni indagine riportata nella Carta delle Indagini).

ASPETTI URBANISTICI

Norme Tecniche di Attuazione

Art. 38 - Divieto di edificazione, di uso e di attività: al punto 1.1 si citano, quali aree inidonee all'edificazione quelle che risultano tali nella relazione geologico-tecnica allegata al PRGC (allegato tecnico B). Non è chiaro a quale allegato tecnico si faccia riferimento, risultando all'art.3 nell'elenco degli Allegati tecnici una serie di documenti denominati da B1.1 a B1.11.

art. 39 – Vincoli speciali e fasce di rispetto: i punti 14 e 15 dell'articolo non sono pertinenti al territorio comunale in oggetto (tematiche relative alle Fasce Fluviali PSFF).

art. 42 – Classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica (Circ. P.G.R. n.7/LAP/96):
- al punto 2 - Carico Antropico...: mancano i riferimenti alla DGR 7 aprile 2014 n.64-7417 ed in particolare al Par.7 della Parte 1 – Allegato A che specificano ulteriormente il concetto in questione rispetto alla sola Circ. PGR7/LAP e successiva NTE del 1999 citate nell'articolo. Inoltre andrebbe rielaborato il testo del punto 2 al fine di fare chiarezza sul concetto stesso ("l'incremento del carico antropico non è l'aumento del grado di pericolo valutato in relazione alla possibilità di mitigazione del rischio ed al numero di abitanti presenti nella zona.")

- non è esplicitato il presupposto che comporta un valore dell'incremento "non superiore ai 4 abitanti teoricamente insediabili" così come per il punto successivo, relativamente al valore dell'incremento della superficie utile lorda non superiore ai 100 mq.; si rimanda a tal proposito alle valutazioni in merito da parte del competente settore urbanistico

- al punto 5.6 - Classe IIIa – eliminare il riferimento all'art.31 della L.R.56/77 e s.m.i. (abrogato ai sensi della L.R. 11 marzo 2015 n.3)

- al punto 5.6.2 - si fa riferimento ad interventi consentiti "per edifici presenti e non ricadenti in aree di dissesto attivo e/o incipiente" ; occorrerebbe, se possibile, circostanziare meglio a quali edifici ci si riferisca in quanto in contraddizione con la natura stessa della classe IIIa, ineditata.
- al punto 5.6.5 – come per il punto 5.6, opere infrastrutturali di interesse pubblico – eliminare il riferimento all'art.31 della L.R.56/77 e s.m.i. (abrogato ai sensi della L.R. 11 marzo 2015 n.3)
- al punto 5.7.3 – verificare le tipologie di interventi ammessi in coerenza con la tabella del punto 7 dell'Allegato A della DGR 7 aprile 2014, n.64-7417 (restauro e risanamento conservativo non è ammesso in assenza di opere di riassetto territoriale)
- al punto 5.8 – si suggerisce una semplificazione del paragrafo, in particolare in relazione ai contenuti dello studio geologico-geotecnico che dovrebbe consentire le trasformazioni d'uso (che non aumentino il carico antropico). In particolare sarebbe auspicabile un chiarimento sul concetto di "officiosità idraulica delle direttrici di deflusso non riconducibili al reticolo idrografico di secondo e terzo ordine di gerarchizzazione"

Si propone infine, in termini generali, di specificare i principi e le procedure di gestione degli interventi sotto il profilo del carico antropico, utilizzando come riferimento l'allegato A alla DGR n. 64-7417 del 7 aprile 2014 e completando la "Tabella degli interventi edilizi ammessi..."

Si ritiene infine opportuno che nelle norme vengano richiamati anche i cronoprogrammi delle opere e degli interventi di riassetto territoriale, esplicitando le procedure di utilizzo delle aree a seguito della realizzazione degli stessi. Le prescrizioni derivanti da tali interventi previsti nei cronoprogrammi dovranno poi essere richiamati in dettaglio nelle Tabelle di zona per le singole aree di piano.

Cordiali Saluti

AB/ab

Il Dirigente
Mauro Picotto
(firmata digitalmente)

referente:
Andrea Bortea
Tel. 0121/ 77361- 335 1289593
E-mail: andrea.bortea@regione.piemonte.it

2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio comunale di Roletto si caratterizza per la presenza di tre differenti settori: uno prettamente montano, che ne contraddistingue la porzione settentrionale, uno collinare, che si estende lungo la parte centrale ed uno pianeggiante che caratterizza la porzione meridionale. La differenza geomorfologica rispecchia un eterogeneo assetto geologico e litostratigrafico dei tre settori.

Il settore montano si contraddistingue per la presenza del substrato roccioso, il quale affiora con continuità nella parte alta dei bacini idrografici del Rio Torto e del Rio Rettiglio ed in corrispondenza delle numerose incisioni che drenano i versanti orientale e meridionale della dorsale Monte Muretto - Monte Rochisie; per contro, su un'area piuttosto estesa esso è subaffiorante o mascherato da una copertura eluvio-colluviale e/o detritico-colluviale di potenza variabile, comunque, generalmente inferiore ai 3 metri circa, anche se non si escludono valori localmente superiori, come, ad esempio, riscontrato presso località "C.na Ribetti" e "C.na Bernardo" dove lo spessore della coltre raggiunge i 5÷6 m circa.

Dal punto di vista geologico regionale questo settore si colloca nella parte nord-occidentale del "Massiccio Cristallino del Dora-Maira" (il più meridionale fra i massicci cristallini interni di pertinenza pennidica). In particolare, in corrispondenza delle porzioni topograficamente più elevate dei bacini affiorano degli ortogneiss a prevalente tessitura occhiadina, mentre la parte medio-bassa è caratterizzata dall'affioramento di micascisti e subordinati gneiss minuti a pigmento grafítico. Il contratto tra i due complessi, difficilmente rilevabile in sito data la diffusa presenza della coltre detritico e/o eluvio-colluviale, risulta essere localizzato immediatamente a nord della località "C.na Bernardo" e più o meno in corrispondenza di "C.na Ribetti".

Per quanto riguarda l'assetto strutturale, dalle misurazioni effettuate lungo le principali superfici di discontinuità è emerso che gli gneiss occhiadini sono caratterizzati da un assetto piuttosto costante, infatti la foliazione regionale pervasiva immerge generalmente verso Nord (con modeste dispersioni verso NW e NE) con angoli compresi fra 20° e 30° circa. Per contro, i micascisti grafíticos e gli gneiss minuti del complesso grafítico mostrano un assetto strutturale meno regolare: le direzioni di immersione dei piani di foliazione sono piuttosto disperse (prevalenti verso N÷NE con rotazioni frequenti verso S÷SE, sporadicamente verso E ed W) così come i relativi valori di inclinazione, da suborizzontali fino a raggiungere i 70° circa.

Alla luce della diversa struttura e tessitura che caratterizzano i litotipi più rappresentativi dell'area montana oggetto di studio, si è deciso di distinguere con la sigla LP (substrato lapideo) il settore più settentrionale degli ortogneiss e con la sigla LPS (substrato lapideo stratificato) i micascisti e grafitoscisti.

Sebbene non sia rappresentata cartograficamente, la coltre eluvio-colluviale o detritico-colluviale risulta essere importante per l'estensione areale di affioramento. Essa rappresenta il prodotto della degradazione del substrato roccioso, nonché della rielaborazione

pedogenetica dei depositi alluvionali ed è generalmente costituita da elementi a pezzatura medio-grossolana con abbondante matrice fine. Tali depositi sono caratterizzati da potenze estremamente variabili da decimetrica a plurimetrica (come detto, in genere, inferiore ai 3 m ca.); in linea generale, raggiungono spessori massimi in presenza di settori ad acclività bassa.

Il settore collinare si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali antichi che rappresentano il raccordo morfologico tra l'ambito prettamente montano e la porzione di territorio comunale pianeggiante. Nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n. 67 "Pinerolo") in corrispondenza dell'area in esame è, infatti, segnalata la presenza di depositi alluvionali riferiti al "*Diluviale antico*" ("*Diluvium antico ferrettizzato*"); a questo proposito si rileva che tale terminologia è ormai considerata poco precisa e obsoleta. Nella "*Carta geologica della pianura piemontese*" (Carraro F. & Petrucci F., 1969) i depositi in esame sono stati riferiti al "preMindeliano-Villafranchiano". Si segnala, infine, che in una recente pubblicazione i depositi presenti nell'area in esame sono stati riferiti alla parte bassa del Pleistocene medio (Collo G., "L'evoluzione tettonica recente del Pinerolese nell'ambito dei rapporti fra le Alpi e la Collina di Torino", 1995).

La superficie del "*pediment*" è stata interessata da processi di rimodellamento a seguito della sovraimposizione del reticolo idrografico superficiale principale (rappresentato dal Rio Torto, dal Rio Rettiglio e relativi tributari) che, in alcuni casi, ne ha determinato un terrazzamento piuttosto intenso, dando origine a scarpate di erosione di altezza superiore ai 10 metri circa.

Dal punto di vista sedimentologico i terreni presenti nel settore in esame sono dei depositi fluvio-torrentizi di natura essenzialmente grossolana, almeno per la porzione più superficiale, di norma costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante, talora prevalente. Nella carta in esame i depositi riferiti al "*pediment*" sono individuati dalla sigla *GM* (ghiaie limose - miscela di ghiaie sabbie e limo).

Infine, per quanto riguarda il settore che occupa la porzione meridionale del territorio comunale di Roletto, esso è parte integrante della pianura pinerolese estesa fino al margine dei primi rilievi montuosi. Più in dettaglio, tale area insiste sul terrazzo alluvionale antico allungato fra gli abitati di Pinerolo e di Piscina ("*Rilievo di Riva*"), separato dalla pianura alluvionale recente, geneticamente legata ai torrenti Chisone e Lemina, per mezzo di una scarpata che raggiunge il massimo risalto morfologico nei pressi della frazione Riva di Pinerolo. Sulla base di studi recenti (COLLO G., "L'evoluzione tettonica recente del Pinerolese nell'ambito dei rapporti fra le Alpi e la Collina di Torino", 1995), i depositi che costituiscono il "*Rilievo di Riva*" possono essere riferiti alla parte inferiore del Pleistocene medio e quelli della pianura recente all'Olocene.

Pertanto, i depositi in esame risultano essere pressoché coevi rispetto a quelli che costituiscono la superficie terrazzata del "*pediment*", differenziandosi pressoché esclusivamente per l'ambiente di formazione e per il contesto morfologico di riferimento.

Dal punto di vista sedimentologico l'area pianeggiante del territorio comunale in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi grossolani di origine alluvionale, costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. Tali depositi, in ragione dei processi di alterazione pedogenetica connessi all'età piuttosto antica che li contraddistingue, in superficie sono generalmente ricoperti da un suolo caratterizzato da un intenso grado di argillificazione e da una colorazione marcatamente rossastra (il "*Ferretto*" degli Autori). Pertanto, anche i depositi concernenti il settore di pianura sono individuati da *GM* (ghiaie limosa - miscela di ghiaie sabbie e limo).

Alla presente relazione sono allegare alcune sezioni geologiche indicative rappresentative dell'assetto geologico sopra descritto, allegare al termine del presente capitolo.

A tale proposito si precisa che i limiti geologici riportati nella cartografia tematica e nelle sezioni geologiche sono da ritenersi orientativi e riportati principalmente sulla base della documentazione bibliografica di riferimento e delle indagini geognostiche, soprattutto di tipo geofisico, che permettono di ricostruire, come dettagliato nei capitoli seguenti, un modello relativo all'andamento del substrato prequaternario al di sotto della coltre detritica. Come è possibile osservare dalle sezioni, il massimo spessore (desumibile dai dati a disposizione) dei depositi fluvio-torrentizi del Pleistocene medio costituenti il "pediment" è pari all'ottantina di metri e si rileva in località "*Cappella dei Galletti*" (nei pressi del microasilo nido comunale). Per quanto riguarda, invece, i sedimenti alluvionali di cui al sintema del "Rilievo di Riva", l'unico dato che consente di valutarne la potenza complessiva, pari alla cinquantina di metri, è quello disponibile dalla stratigrafia del pozzo localizzato immediatamente a sud di *C.na Airale*.

Seguendo la metodologia prevista dagli Standard di microzonazione sismica (versione 3.0) di cui al § 1.1.2 "Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica", al codice identificativo della litologia del terreno di copertura è associato un secondo codice relativo all'ambiente genetico e deposizionale: ai depositi in esame è stata assegnati alla categoria *pd - ambiente fluvio-lacustre, piana pedemontana*.

Per quanto riguarda gli elementi geologici e idrogeologici sono stati cartografati come tematismi puntuali:

- profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico;
- profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato geologico;
- profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie.

Inoltre, sono state riportate in cartografia le perimetrazioni dei settori interessati da fenomeni di instabilità di versante: si tratta principalmente di modeste porzioni delle scarpate modellate dal reticolo idrografico soggette a fenomeni di saturazione e conseguente fluidificazione della coltre superficiale.

Per ultimo, durante l'analisi della morfologia del territorio comunale di Roletto sono state rinvenute forme di superficie che risultano essere significative nella definizione del quadro sismico dell'ambito territoriale in esame, quali:

- orli di scarpate morfologiche (10-20 m);
- orli di scarpate morfologiche (>20 m);
- creste;
- picchi isolati.

3. CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle indagini è stata predisposta riportando i dati censiti dallo scrivente nel corso degli studi geologici a supporto della Variante di adeguamento al PAI dello strumento urbanistico vigente ed in previsione del Comune di Roletto e la localizzazione delle indagini geofisiche di tipo sismico acquisite nell'ambito del presente studio da parte di TECHGEA GEOPHYSICS.

Nel dettaglio sono indicati:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo: in corrispondenza di alcune verticali di indagine sono state eseguite prove penetrometriche in foro STP e sono stati prelevati campioni sottoposti ad analisi di laboratorio. Si precisa che i sondaggi presenti nel settore meridionale del territorio in esame, pur essendo esterni al perimetro comunale, sono stati utilizzati per la ricostruzione del modello litostratigrafico;
- n. 2 stratigrafie di pozzi per acqua;
- n. 26 pozzetti geognostici;
- n. 15 prove penetrometriche;
- n. 11 MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*);
- n. 3 misure di rumore sismico a stazione singola (HVSR: *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), effettuate ai fini della definizione della frequenza caratteristica di sito.

Si allega di seguito la relazione tecnica predisposta da TECHGEA GEOPHYSICS relativa alle misure geofisiche di nuova acquisizione a supporto del presente studio di micro zonazione sismica.

4. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata predisposta sulla base delle informazioni di cui ai capitoli precedenti, facendo soprattutto riferimento alle indagini geofisiche condotte a supporto del presente studio.

Vengono riportate:

- le Zone stabili;
- le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

Per quanto riguarda la vasta Zona stabile, essa caratterizza il settore corrispondente agli areali di affioramento del substrato roccioso delle testate dei bacini Rio Torto - Rio Rettiglio e nel settore occidentale che culmina con la dorsale M.te Uliveto - M.te Muretto. In tale zona, oltre all'affioramento/subaffioramento del substrato lapideo, si riscontra la presenza della coltre detritico ed eluvio-colluviale di spessore generalmente non superiore a 3 m, con valori localmente superiori, stimabili in almeno 5÷6 m (cfr. § 2.).

Nelle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono presenti i terreni di copertura; in particolare, sono state distinte 3 zone, ciascuna caratterizzata da diversi spessori del materasso alluvionale. In linea generale, la ricostruzione delle tre zone, rappresentate dalle tre colonnine stratigrafiche riportate nella legenda della carta tematica in esame, è stata effettuata partendo da un modello geologico che prevede l'approfondimento progressivo del substrato roccioso a partire dalle pendici montuose in direzione sud ed est, supponendo, quindi, che i depositi pleistocenici hanno colmato progressivamente la conca ove si estendono i territori comunali di Roletto, Frossasco e Cantalupa.

Oltre a valutazioni di ordine geologico e geomorfologico, come precedentemente sottolineato, la profondità dell'interfaccia substrato-copertura è stata interpretata a partire dai dati bibliografici disponibili e dai risultati delle indagini geognostiche dirette ed indirette di tipo geofisico.

La Zona 1 è contraddistinta da depositi alluvionali eterogranulari pleistocenici riferibili al "*pediment*", con potenza massima pari a circa 20 m (come evidenziato dalle indagini geofisiche condotte presso il plesso scolastico comunale al margine settentrionale del concentrico di Roletto) e si estende lungo il piede dei versanti caratterizzati dalla presenza del substrato cristallino in condizioni di affioramento e/o subaffioramento (Zona stabile).

La Zona 2 è individuata dalla stessa tipologia di depositi della Zona 1 ma contraddistinta da una potenza al di sopra del substrato geologico di riferimento compresa nell'intervallo 20÷40 m. Tale zona si estende pressoché parallelamente alla precedente, dal settore centro meridionale del concentrico di Roletto fino a comprendere il margine collinare individuato grossomodo dalla porzione occidentale di Via Santa Brigida. A tale riguardo si precisa che la correlazione tra l'HVSR₃ e le MASW eseguite nelle immediate vicinanze, hanno permesso di individuare la profondità dell'interfaccia risonante, verosimilmente ri-

conducibile al contatto copertura/basamento, ad una profondità compresa tra 40÷45 m da p.c..

La Zona 3, infine, si caratterizza per il progressivo approfondimento del substrato roccioso al di sotto del materasso alluvionale costituito in parte dai depositi del “*pediment*” ed in parte dai sedimenti su cui è modellata la pianura. Tale zona si estende nella porzione centrale e sud-orientale del territorio comunale in esame. I dati relativi all’interpretazione dell’indagine HVSR₂ evidenziano un notevole incremento della potenza della copertura quaternaria già in corrispondenza del margine meridionale del concentrico, con valori indicativi pari a circa 70÷80 m.

Nell’ambito della definizione della zona in esame si è tenuto conto, inoltre, del dato stratigrafico relativo alla perforazione del pozzo presso località *C.na Airale*, durante la quale è stato intercettato il substrato roccioso ad una profondità di -53,0 m da p.c.. Tale informazione non si allinea rispetto a quanto evidenziato dalle indagini MASW effettuate presso la località *Bivio* e presso l’azzonamento urbanistico ZART6 (Via Meucci), le quali evidenziano una risalita del substrato sismico di riferimento ($V_s > 800$ m/s) a profondità pari a circa 18÷20 m. Tuttavia, tenendo conto dell’assenza di un riscontro stratigrafico diretto relativo all’ipotetica “*emersione*” del substrato geologico⁽¹⁾, che l’interpretazione delle indagini MASW succitate appare dubbia in rapporto all’impossibilità di calcolare univocamente lo spettro di velocità a partire dalle tracce registrate⁽²⁾, nonché facendo riferimento alle informazioni derivanti dalla mosaicatura degli studi di microzonazione sismica effettuati nel territorio comunale di Pinerolo, si è proposto un modello che, come precedentemente accennato, prevede l’approfondimento progressivo del substrato roccioso caratterizzato da ondulazioni non evidenziabili dalla presente fase di indagine, tuttavia, non tali da giustificare variazioni di ordine pluridecimetrico.

Si sottolinea, infine, come il limite tra le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali lungo l’asse parallelo alla SP195 sia stato definito per interpolazione lineare dei valori di profondità del substrato roccioso emersi dalle indagini HVSR.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, si rimarca che la perimetrazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata proposta in via del tutto preliminare e che si presta ad ulteriori approfondimenti; in particolare, si segnala la possibilità di definire i rapporti stratigrafici copertura-substrato roccioso ancora dubbi in corrispondenza, sia del settore sud-orientale del territorio comunale, di cui si è discusso poco sopra, sia delle aree in cui, sulla base dei rilievi di terreno, lo spessore della copertura detritico-colluviale è stimabile in più di 3 m.

Le Zone suscettibili di instabilità sono riconducibili ad effetti deformativi per instabilità di versante attiva e stabilizzata.

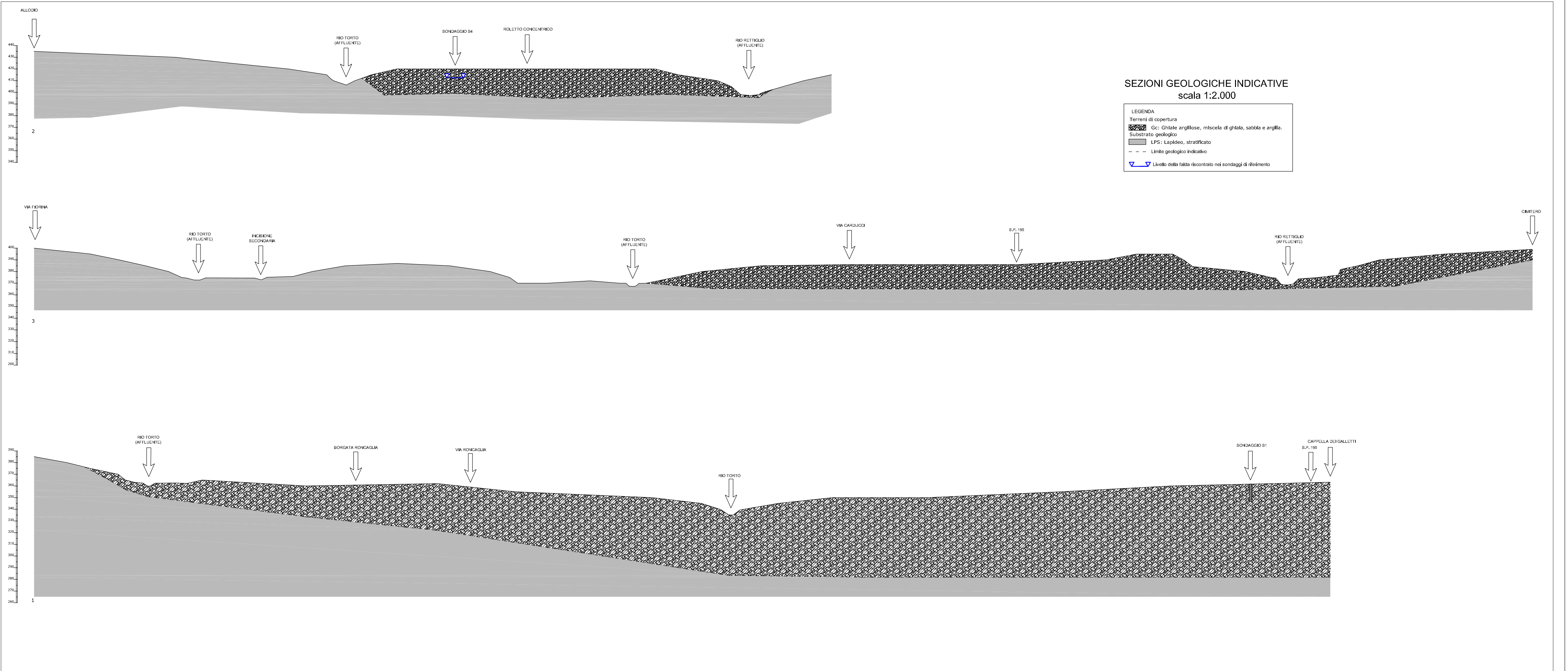
¹ Si segnala che i sondaggi geognostici nella limitrofa *Zona Porporata* (Comune di Pinerolo), perforati fino alla profondità di -20,0 m da p.c., non hanno intercettato il substrato roccioso.

² Per i dettagli si rimanda alle curve di dispersione velocità vs frequenza definite nel corso delle indagini geofisiche in questione.

Infine, secondo la metodologia prevista dagli Standard di microzonazione sismica (versione 3.0), le altre informazioni riportate nella carta in analisi sono le forme di superficie e sepolte potenzialmente condizionanti la risposta sismica di sito quali, nel caso specifico, orli di scarpata morfologica (con altezze comprese tra 10-20 m o superiori ai 20 m), creste e picchi isolati.

5. BIBLIOGRAFIA

- Peres F. (2015): *Verifica della compatibilità idraulica ed idrogeologica dello strumento urbanistico vigente ed in previsione con le condizioni di dissesto (Deliberazione n. 1 dell'11/05/1999 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po) - Indagini geologiche e geomorfologiche conformi alla Circolare P.G.R. n. 7/LAP/96 e relativa NTE/99 (I e II fase di indagine).*
- Collo G. (1995) - *L'evoluzione tettonica recente del Pinerolese (Alpi Occidentali, Provincia di Torino) nell'ambito dei rapporti tra le Alpi e la Collina di Torino - In: Atti dal Conv. "Rapporti Alpi Appennino e guida alle escursioni" Peveragno (CN), 31 maggio-1 giugno 1994, a cura di Polino R. e Sacchi R., Acc. Naz. Delle Scienze; Scritti e Documenti, XIV, 463-483.*
- Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome (Commissione protezione civile, Sottocommissione 8, Attuazione della normativa sismica), Presidenza del Consiglio dei Ministri (Dipartimento della Protezione Civile) (2008): *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica, parti I, II e III (a cura di Bramerini F., Di Pasquale G., Naso G., Severino M.).*



**Committente:
Geoalpi Consulting**

**Misure di rumore sismico ambientale a supporto degli studi di
microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente
al livello I degli ICMS**



Relazione Tecnica

Relazione n.: 2904/2014
Redatto da: Dott. Geol. Emmanuele Duò
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi
Data: 3/11/14
Revisione: 0

| | | |
|---|---|---|
| 1 | INTRODUZIONE | 2 |
| 2 | GEODESIA | 2 |
| 3 | INDAGINI PREGRESSE | 2 |
| 4 | STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 2 |
| 5 | UBICAZIONE INDAGINI | 3 |
| 6 | ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI | 3 |
| 7 | RISULTATI DELLE INDAGINI | 4 |
| 8 | CONCLUSIONI..... | 5 |

In allegato:

| | |
|-------------|------------------------------|
| Appendice A | Reports misure HVSR |
| Appendice B | Cenni sulla metodologia HVSR |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche eseguite nel territorio comunale di Roletto a supporto degli studi di microzonazione sismica del comune, secondo quanto previsto nell'allegato A della D.G.R. n. 17 – 2172 della Regione Piemonte.

La progettazione della campagna di misure è stata coordinata dal consulente tecnico Geol. Peres ed è consistita di n° 3 misure di rumore sismico a stazione singola i cui dati sono stati elaborati secondo la tecnica dei rapporti spettrali, ai fini della definizione della frequenza caratteristica di sito.

I risultati delle indagini sono presentati nei report riportati in Appendice A e sono discussi nel seguito della relazione. Cenni teorici sulla metodologia utilizzata sono riportati in Appendice B.

2 GEODESIA

Si riferisce per completezza la geodesia del progetto. I parametri completi sono riportati nella tabella 1 e tutte le coordinate riportate nel testo sono riferite a questo sistema geodetico.

| SFEROIDE | |
|------------------------------|-------------|
| Datum | WGS 84 |
| Sferoide | WGS 84 |
| Semiassse maggiore, a | 6378137.000 |
| Semiassse minore, b | 6356752.314 |
| Schiacciamento, 1/f | 298.2572235 |
| Eccentricità, e ² | 0.00669438 |

| PROIEZIONE | |
|---------------------|---------------------|
| Proiezione | UTM |
| Tipo | UTM (emisfero nord) |
| Zona | 32 |
| Origine longitudine | 9 E |
| Origine latitudine | 0 N |
| False easting | 500000 |
| False northing | 0 |
| Scale factor on CM | 0.99996 |
| Units | m |

Tabella 1 - Sistema geodetico utilizzato per la restituzione delle coordinate delle misure sismiche

3 INDAGINI PREGRESSE

I siti in cui la Committenza ha richiesto un approfondimento delle conoscenze mediante le misure di microtremore sono stati caratterizzati in passato mediante indagini sismiche di tipo MASW.

I dati esistenti, che consistono in una serie di profili di velocità delle onde di taglio, utilizzati per la classificazione sismica di sito, sono di notevole utilità se messi in relazione con i valori di frequenza caratteristica di sito. Da tale confronto infatti, applicando la relazione che lega la frequenza di risonanza all'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità ⁽¹⁾, è possibile effettuare considerazioni circa la profondità del contrasto di impedenza associato ai picchi di frequenza registrati.

Nella tabella seguente vengono elencati i valori di Vs30 determinati in ciascuna delle prove esistenti per i siti di indagine; di queste si elencano inoltre le coordinate proiettate riferite al centro dello stendimento utilizzato per la misura.

| Numero Prova | Ubicazione | Vs30 | Coordinate | |
|--------------|--|------|------------|---------|
| | | | Est | Nord |
| MASW 1 | Scuole elementari, via Costa 23 | 372 | 368100 | 4976030 |
| MASW 2 | Centro di Protezione Civile, via Vespucci | 366 | 368985 | 4975336 |
| MASW 3 | | 474 | 368978 | 4975299 |
| MASW 4 | Via Santa Brigida | 377 | 369598 | 4974213 |
| MASW 5 | | 365 | 369610 | 4974201 |

Tabella 2 - Indagini pregresse

4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati di rumore ambientale è stata effettuata utilizzando il registratore sismico SL06 prodotto da SARA Electronic Instruments. Lo strumento è costruito con 3 sensori (velocimetri da 2 Hz di frequenza naturale), un digitalizzatore a 24 bit, un ricevitore GPS ed un'unità di calcolo/datalogger.

Lo strumento utilizzato è in grado di riprodurre fedelmente il segnale in arrivo (ossia mantiene una risposta costante per tutte le frequenze contenute nel segnale in arrivo) come evidenziato nel Technical Report n°26 "Test of seismic recorders with 4,5 Hz sensors: GBV 316 from GeoSig and SL07 from SARA" del Norwegian National Seismic Network e certificato nel documento del costruttore "Noise performance of the SADC20 A/D Converter".

$$^1 v_0 = \frac{\hat{V}_s}{4H} \text{ dalla quale derivano: } \hat{V}_s = \frac{4H}{T_0} \text{ e } H = \frac{\hat{V}_s * T_0}{4}$$

5 UBICAZIONE INDAGINI

L'ubicazione delle indagini è riportata nella seguente Figura 1; le coordinate proiettate di ciascuna misura sono elencate all'interno dei report di riferimento di ciascuna misura.

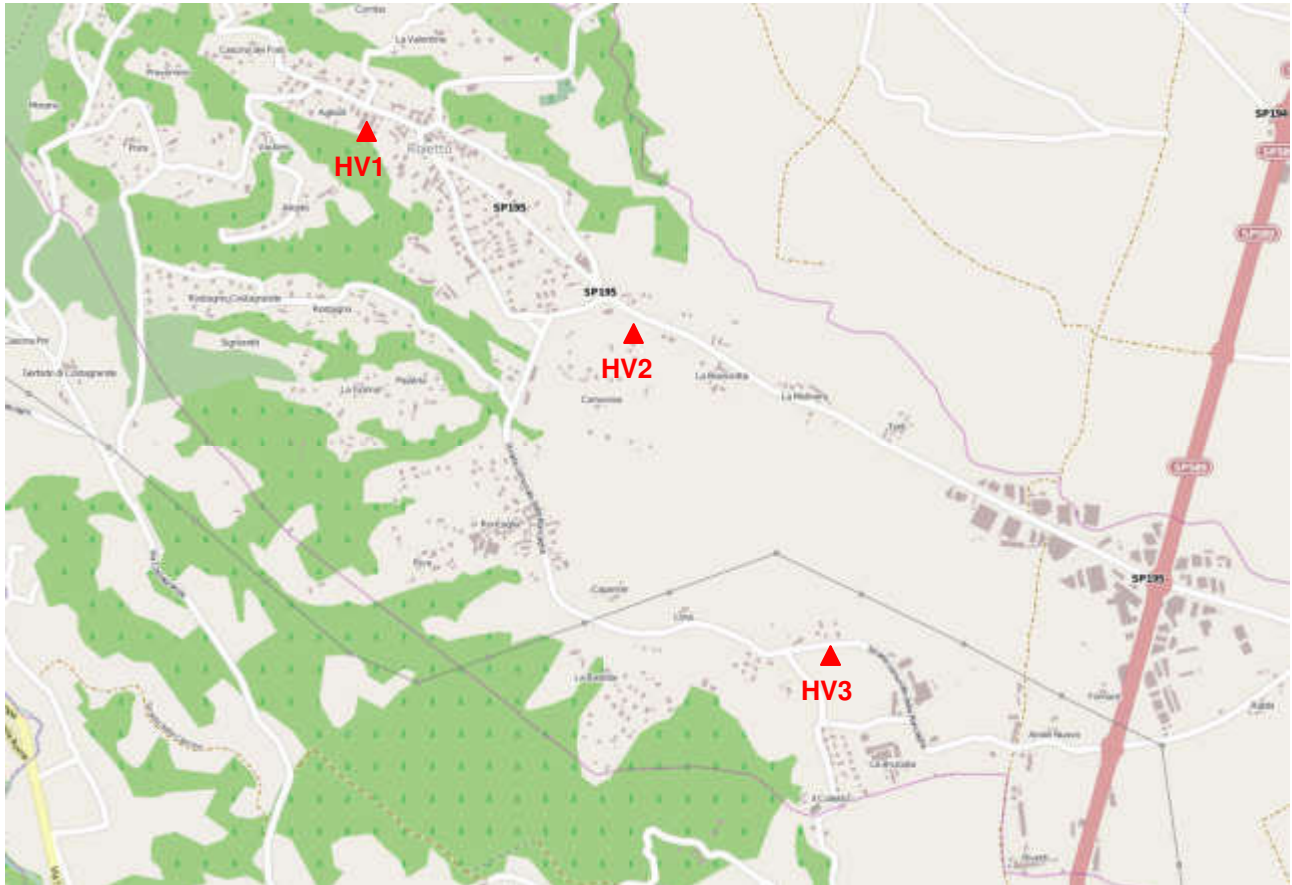


Figura 1: Ubicazione misure di rumore sismico ambientale (© OpenStreetMap contributors)

6 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

La fase di acquisizione dei dati di rumore microtremore è proceduta attraverso i seguenti passaggi:

- scelta del sito ottimale in relazione alla presenza di elementi di disturbo quali erba alta, alberi, ecc.;
- preparazione del suolo (rimozione dello strato di terreno con apparati radicali o rimozione di erba o riporto di sabbia);
- precisa messa in bolla dello strumento onde evitare distorsioni nella risposta;
- sorveglianza dello strumento a distanza maggiore di 50 metri.

Le condizioni meteorologiche, e la documentazione fotografica sono riportate nelle prime due pagine del certificato predisposto per ciascuna prova (vedi Appendice A).

I principali parametri utilizzati nell'acquisizione dei dati sono i seguenti:

- frequenza di campionamento ≥ 200 sps;
- durata registrazione ≥ 50 minuti.

Le misure di rumore sismico a stazione singola sono state elaborate attraverso il software Geoexplorer HVSR, distribuito da Sara Electronics Instruments; per il calcolo della direzionalità dello spettro delle componenti orizzontali è stato utilizzato un modulo della suite *Geopsy*.

Il software *Geopsy* (open source, www.geopsy.org) nasce durante il SESAME European Project da una collaborazione tra l'ISTerre di Grenoble (France), l'IGUP di Postdam (Germany) l'UNLV (Las Vegas, USA) e l'USGS (Nevada USA).

Per l'elaborazione dei dati e la determinazione della frequenza fondamentale si è proceduto al calcolo del rapporto H/V analizzando il segnale con i seguenti parametri:

- finestre temporali di ampiezza maggiore di 20 s, con sovrapposizione massima del 5%, in numero maggiore di 30;
- rimozione manuale degli intervalli temporali con segnale non stazionario;
- lisciamento degli spettri tramite l'operatore di Konno e Ohmachi (1998).

7 RISULTATI DELLE INDAGINI

I risultati delle misure di rumore sismico ambientale analizzate secondo la tecnica dei rapporti spettrali sono elencati nella tabella 2.

Si riportano inoltre la velocità media ponderata delle onde di taglio al passaggio dalle coperture al substrato o al limite inferiore raggiunto mediante la misura MASW (terza colonna); la profondità a cui è stata calcolata la V_s precedentemente descritta; la profondità del contrasto di impedenza a cui si riferisce il picco di frequenza elencato in seconda colonna calcolata mediante la $V_{s(\limite)}$.

| HVSR | f_0 | V_s (limite) [m/s] | Profondità (limite) [m] | Profondità contrasto [m] |
|------|-------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 3.84 | 334 | 20.0 | 21.8 |
| 2 | 1.24 | 366 | 30 | > 70 |
| | | 474 | 30 | > 90 |
| 3 | 2.15 | 377 | 30 | 44 |
| | | 352 | 30 | 41 |

Tabella 3 - Valori di frequenza del modo fondamentale di vibrazione, velocità media delle onde di taglio utilizzata per il calcolo della profondità del contrasto di impedenza e profondità del profilo di V_s e del contrasto di impedenza.

I valori di frequenza del modo fondamentale di vibrazione per le tre indagini manifestano caratteristiche di stabilità e andamento degli spettri sulle singole componenti tali da consentire di essere considerati idonei a rappresentare la risonanza stratigrafica delle coperture sul substrato roccioso.

Il calcolo della profondità di riferimento del picco di frequenza individuato è verificato solo nel caso della prova HV1: utilizzando i valori del profilo di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto (scuole elementari) è possibile localizzare l'interfaccia di risonanza ad una profondità pari a circa 21 metri. In tutti gli altri casi la stima di profondità dell'interfaccia risonante è stata ottenuta utilizzando il valore V_{s30} e deve essere utilizzata come un'indicazione quantitativa di tipo preliminare.

8 CONCLUSIONI

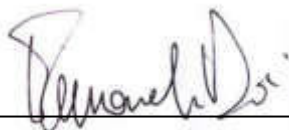
Le indagini condotte sul territorio comunale di Roletto hanno consentito di:

- valutare la presenza di effetti di risonanza stratigrafica nei tre siti indagati;
- osservare contrasti di impedenza significativi (medio-alti) in tutti i siti esaminati;
- determinare il periodo proprio di vibrazione delle coperture sul basamento rigido.

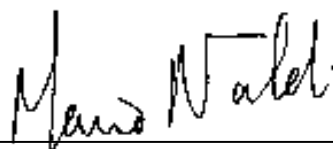
I valori determinati sono compresi nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (1-10 Hz.), in quanto interferenti con le strutture in caso di sisma e possono essere utilizzati nella definizione di un modello sismostratigrafico delle aree di indagine.

Nel tentativo di aumentare il grado di conoscenza per i siti indagati sono stati incrociati i dati ottenuti con i risultati delle indagini MASW pregresse, ottenendo dati di profondità del substrato compresi nell'intervallo 20÷45 metri per i siti prossimi ai rilievi (Scuole Elementari e Via Santa Brigida) e compresi nel range 70÷90 metri nel sito più distante (Centro di Protezione Civile).

Relazione redatta da:
Dott. Geol. Emmanuele Duò



Controllata da:
Dott. Geol. Mario Nald



APPENDICE A

Reports misure HVSR

STATION INFORMATION

Station code: HV1

Model: SARA SL06

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Roletto

Address: Scuole elementari

Latitude: 4975988

Longitude: 368099

Coordinate system: WGS84

Elevation: 425 m s.l.m.

Weather: Sunny

Notes: Geographic north = Instrumental Y axis

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

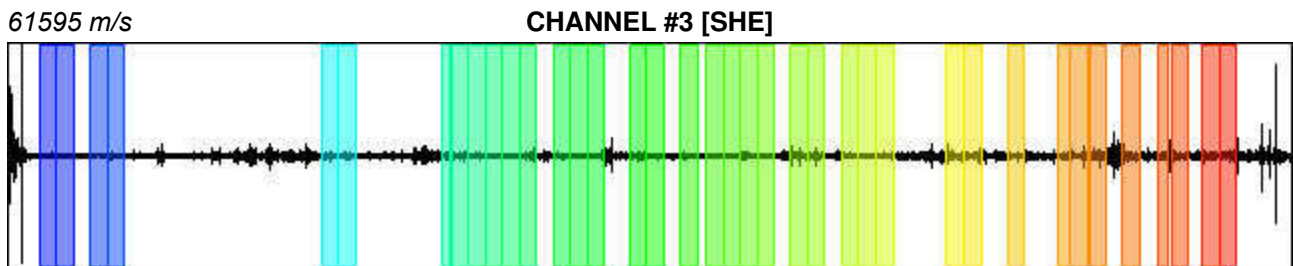
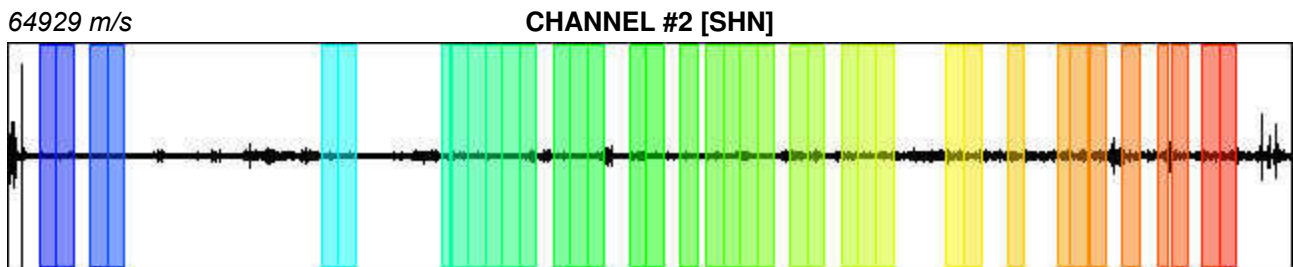
Recording start time: 2014/10/28 08:52:10

Recording length: 49.97 min

Windows count: 38

Average windows length: 38.54

Signal coverage: 48.85%



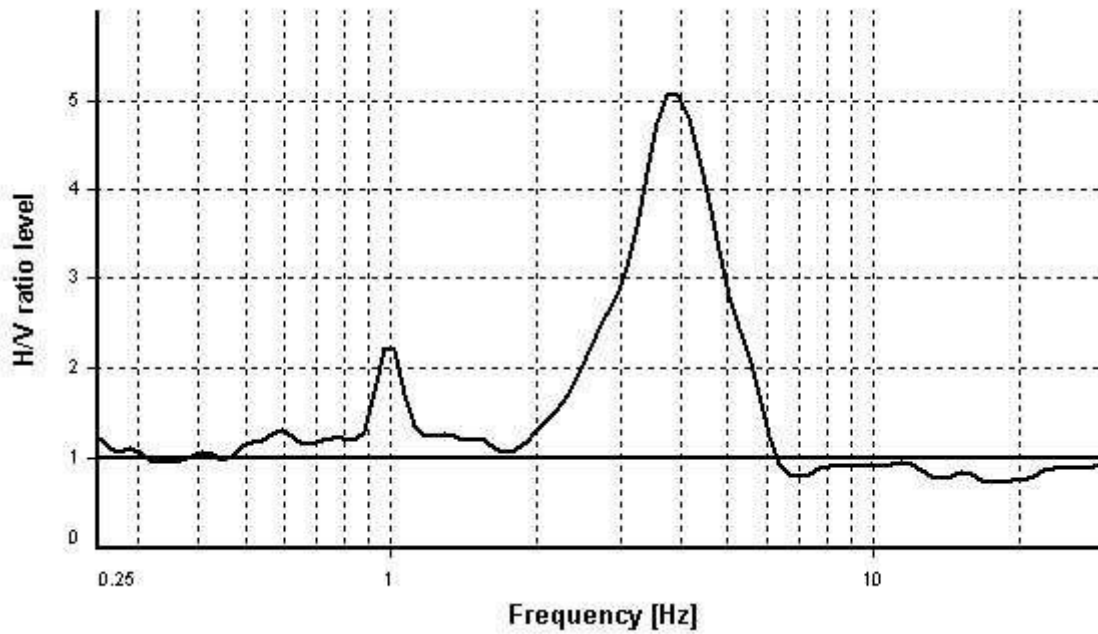
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

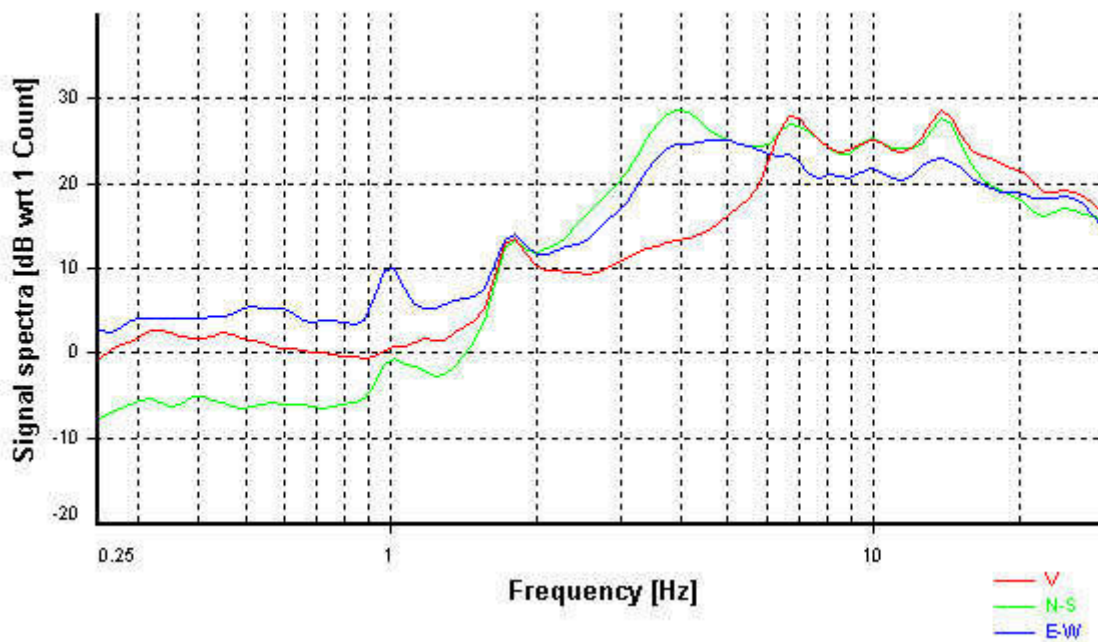
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

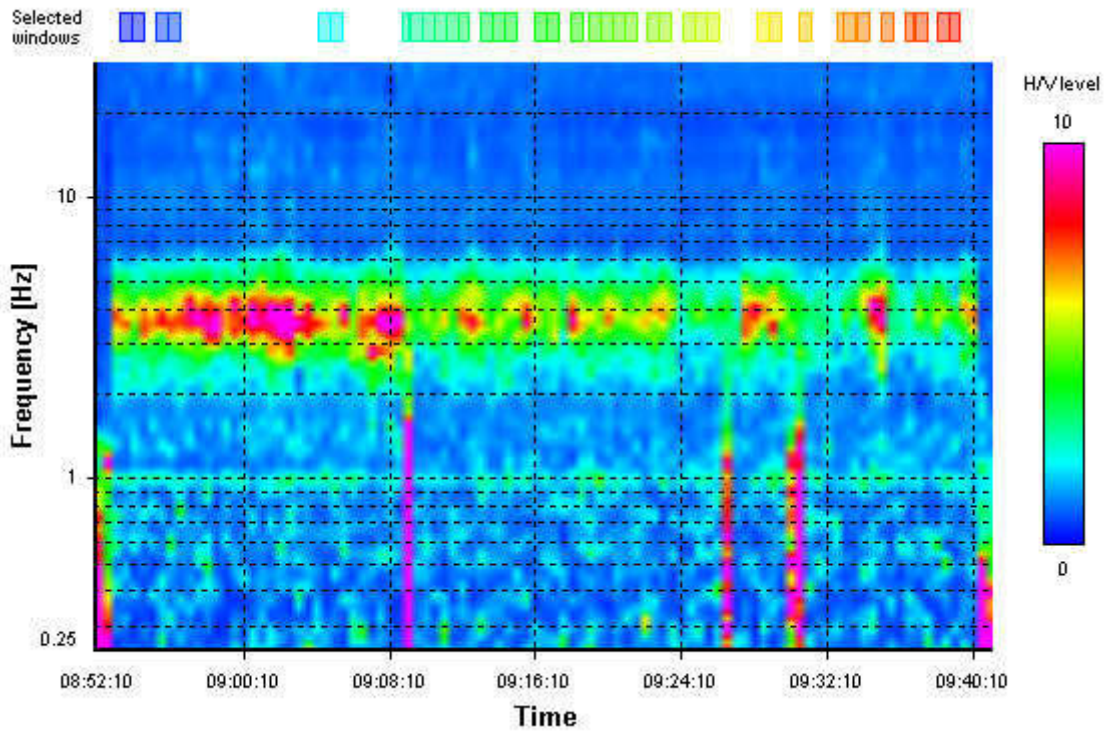
HVSR average



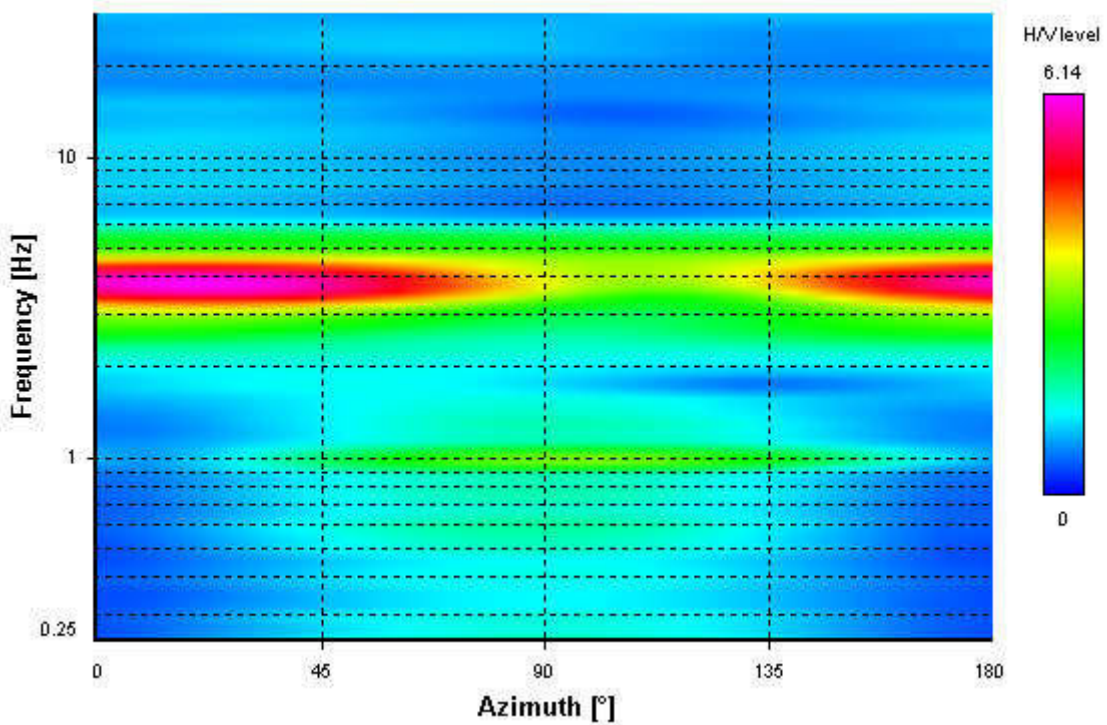
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



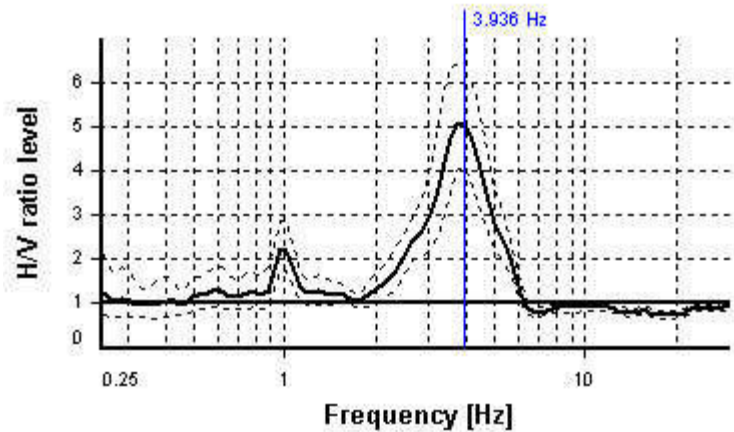
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.936 Hz

A_0 amplitude = 5.079

Average f_0 = 3.844 ± 0.244



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 38 valid windows (length > 2.54 s) out of 38 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 5763.89 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 29 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$ | 2.67319 Hz | OK |
| $\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0$ | 5.26084 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 5.08 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 4.72% <= 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.24368 >= 0.1968 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.23607 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | OK |

STATION INFORMATION

Station code: HV2

Model: SARA SL06

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Roletto

Address: Centro Protezione Civile

Latitude: 4975324

Longitude: 368980

Coordinate system: WGS84

Elevation: 360 m s.l.m.

Weather: Sunny

Notes: Geographic north = Instrumental Y axis

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2014/10/28 10:01:30

Recording length: 54.73 min

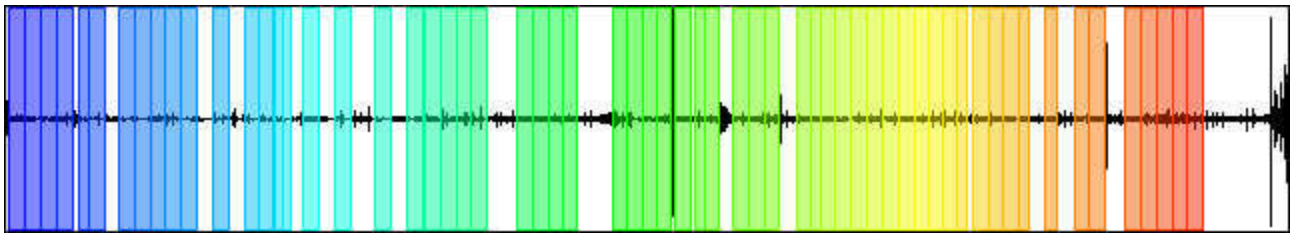
Windows count: 62

Average windows length: 37.39

Signal coverage: 70.6%

66166 m/s

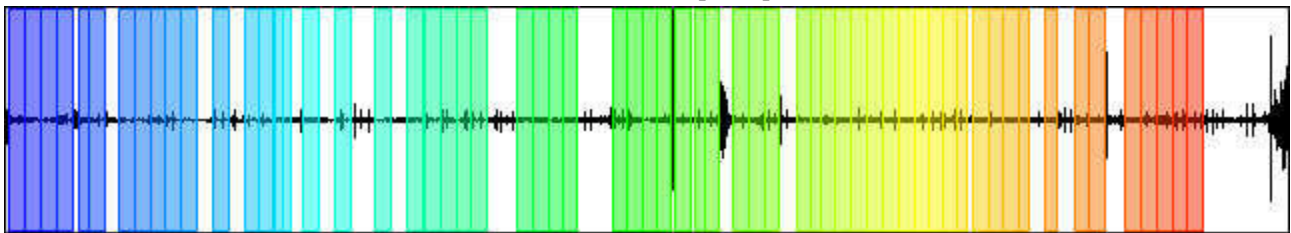
CHANNEL #1 [SHZ]



-63215 m/s

70062 m/s

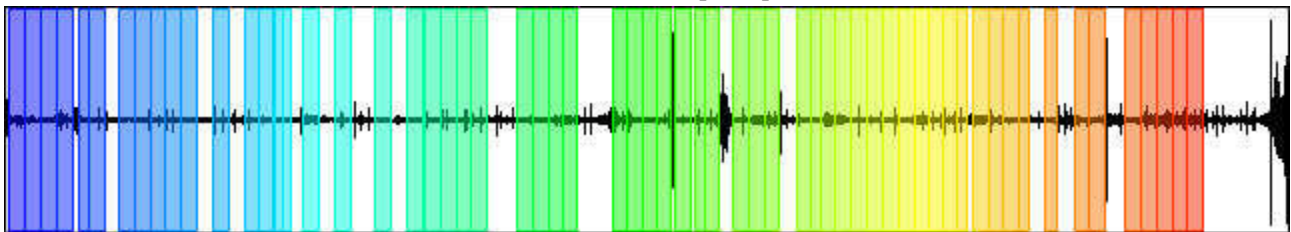
CHANNEL #2 [SHN]



-50728 m/s

45272 m/s

CHANNEL #3 [SHE]



-44039 m/s

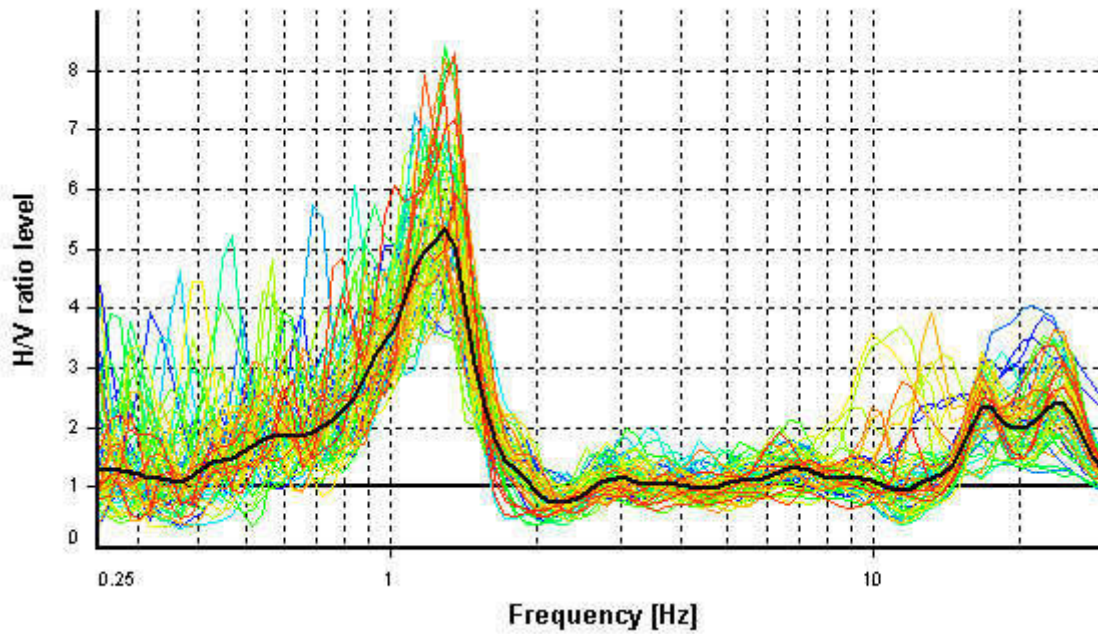
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

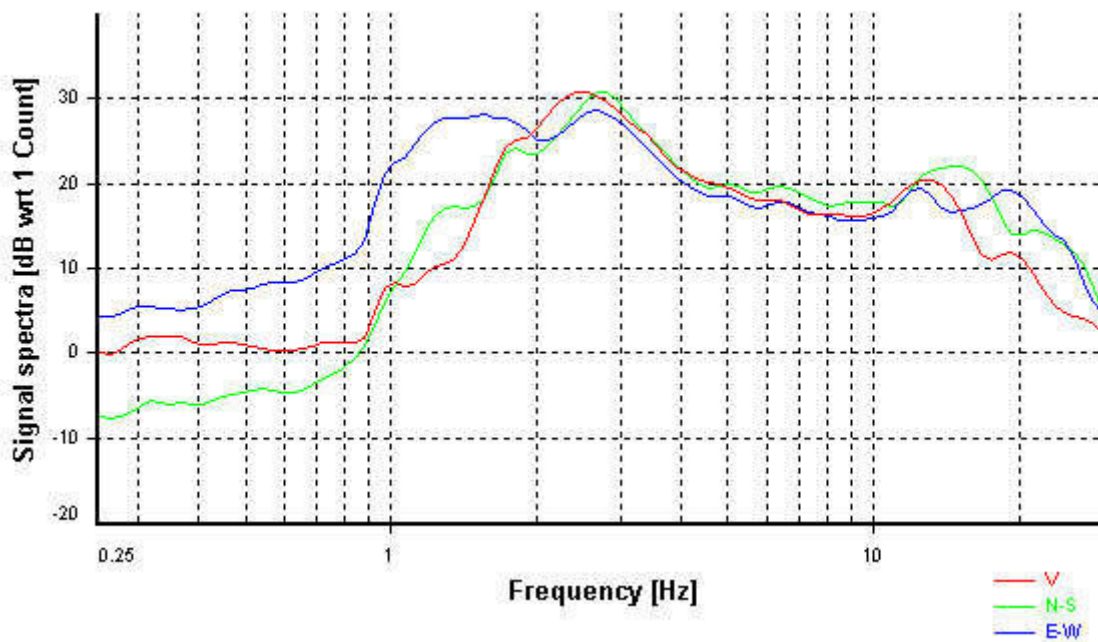
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

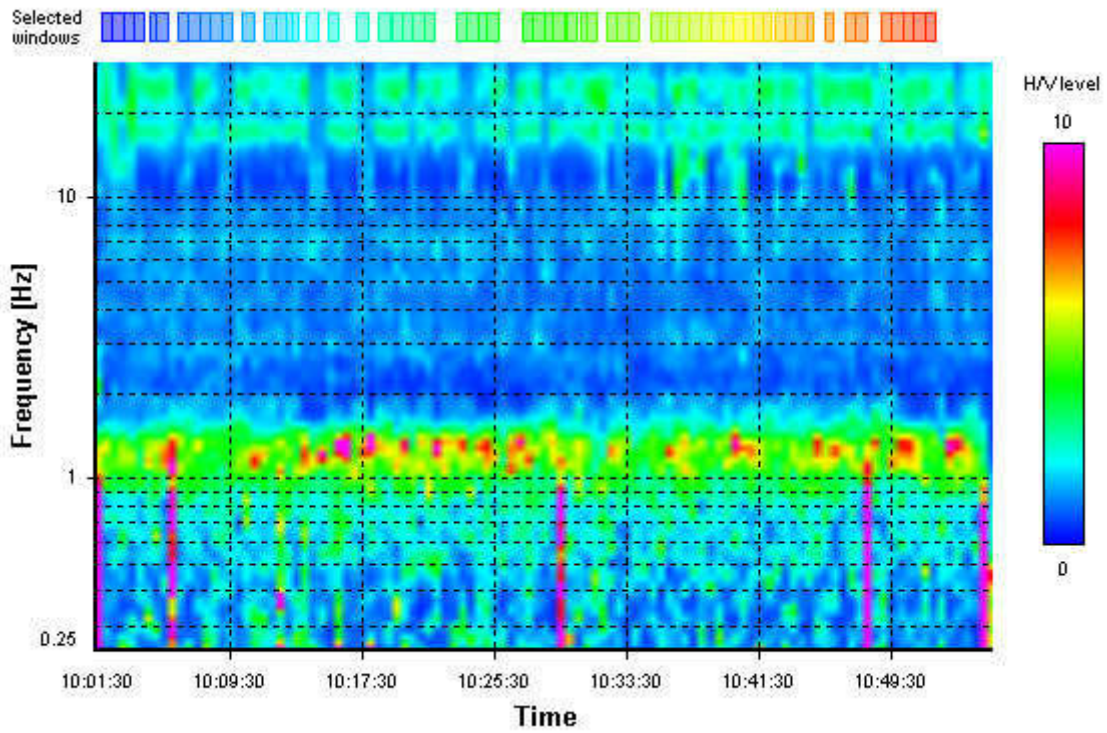
HVSR average



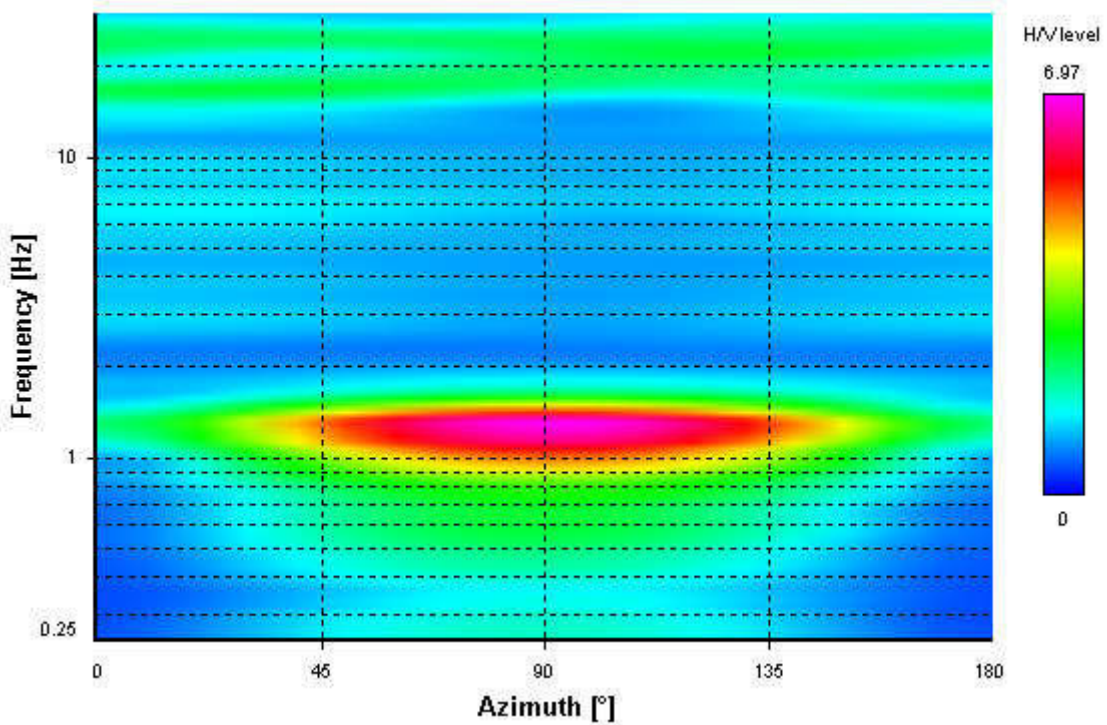
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



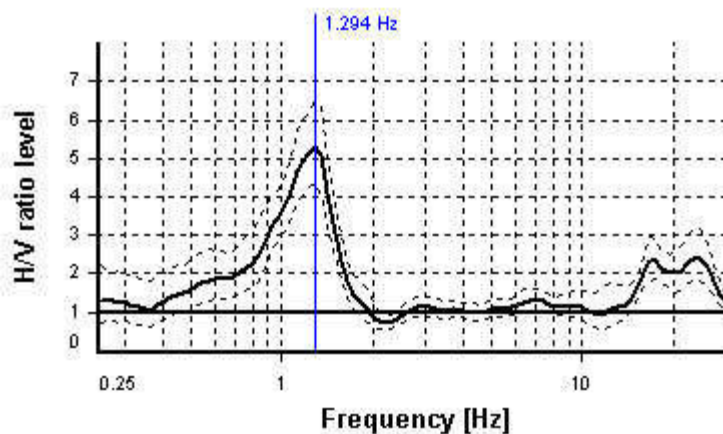
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.294 Hz

A_0 amplitude = 5.319

Average f_0 = 1.243 ± 0.103



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 62 valid windows (length > 7.73 s) out of 62 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 3000.47 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 29 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$ | 0.8375 Hz | OK |
| $\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0$ | 1.5704 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 5.32 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% <= 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.10265 < 0.12942 | OK |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.22389 < 1.78 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | OK |

STATION INFORMATION

Station code: HV3

Model: SARA SL06

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Roletto

Address: Via S. Brigida

Latitude: 4974237

Longitude: 369612

Coordinate system: WGS84

Elevation: 344 m s.l.m.

Weather: Sunny

Notes: Geographic north = Instrumental Y axis

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

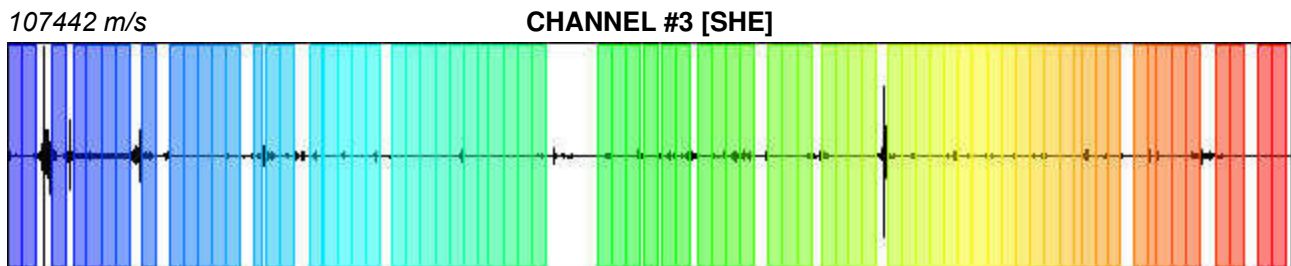
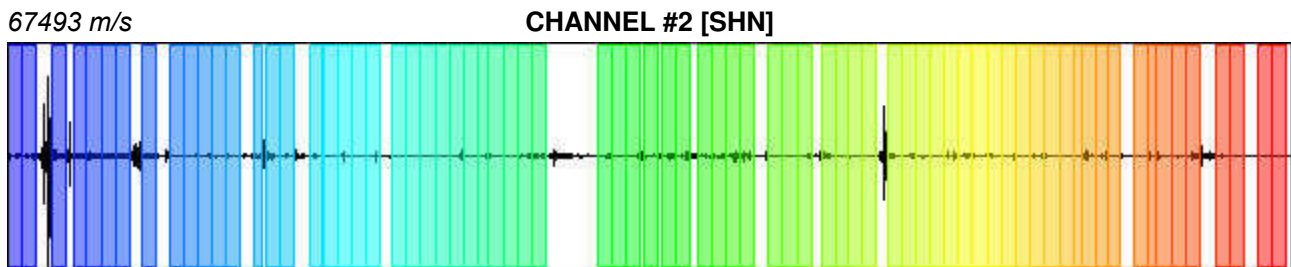
Recording start time: 2014/10/28 11:10:00

Recording length: 60 min

Windows count: 75

Average windows length: 38.67

Signal coverage: 80.56%



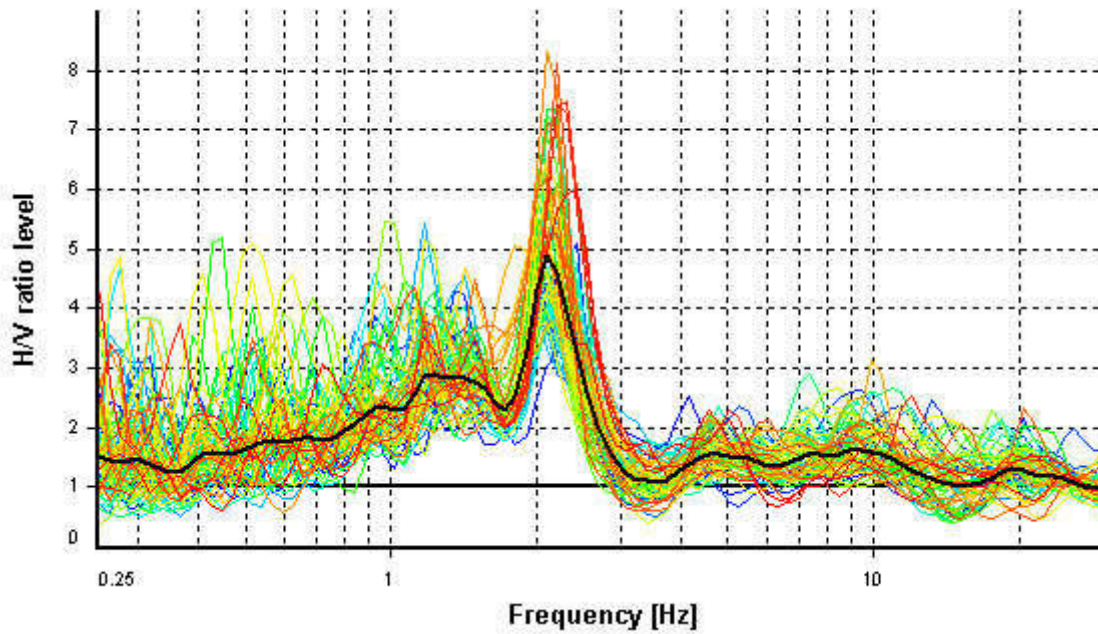
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

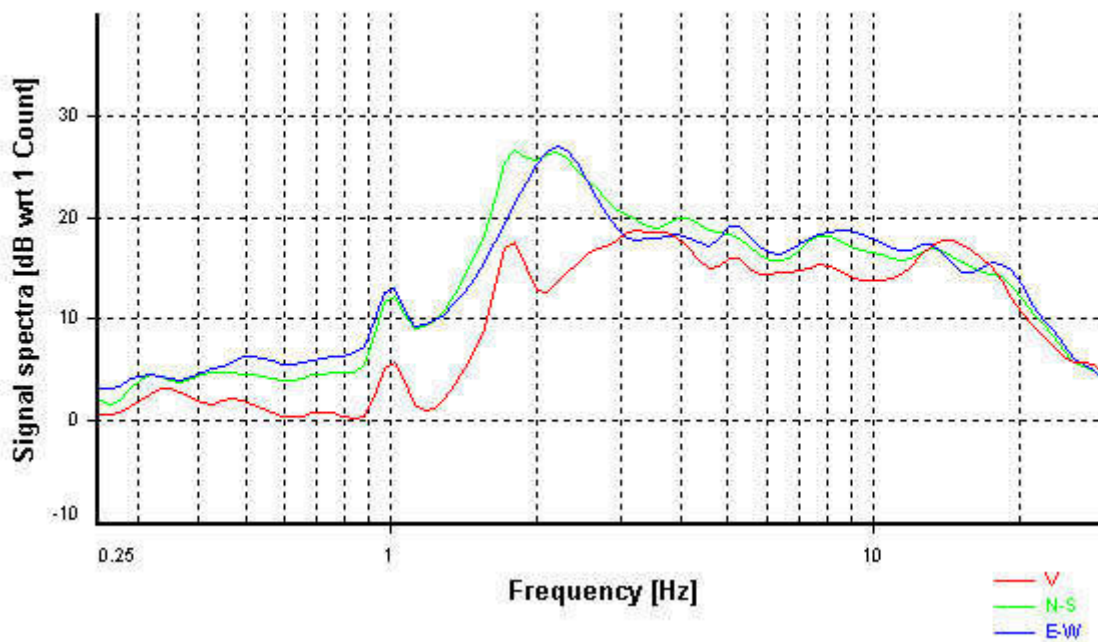
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

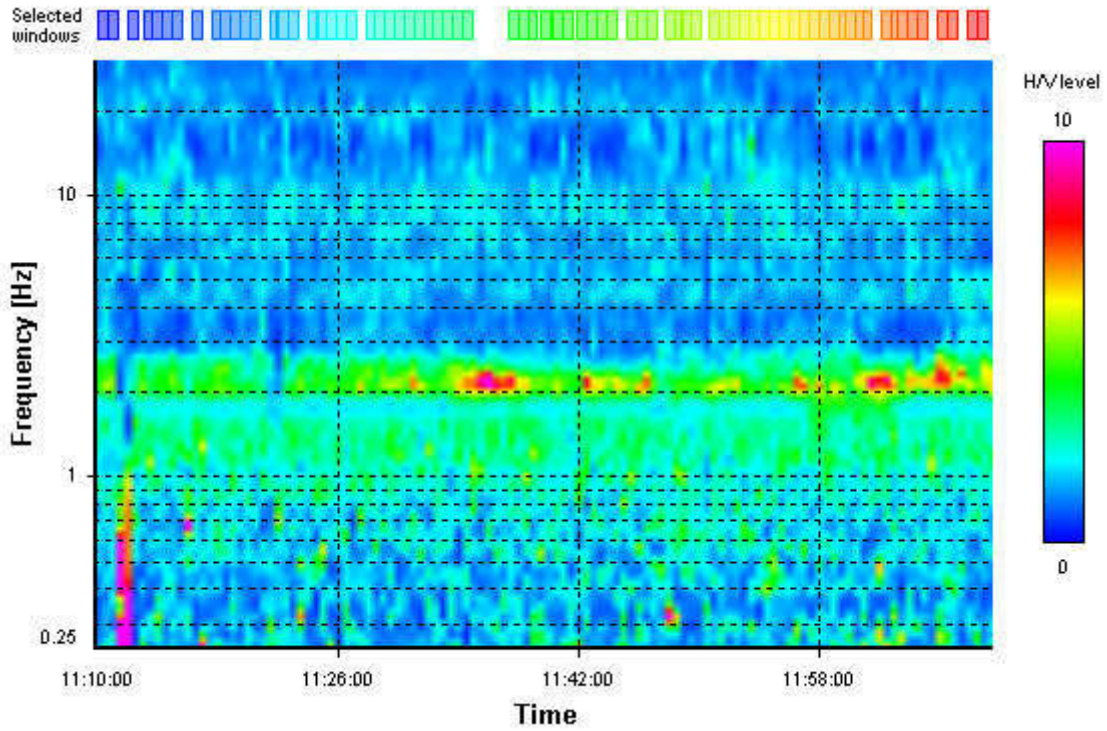
HVSR average



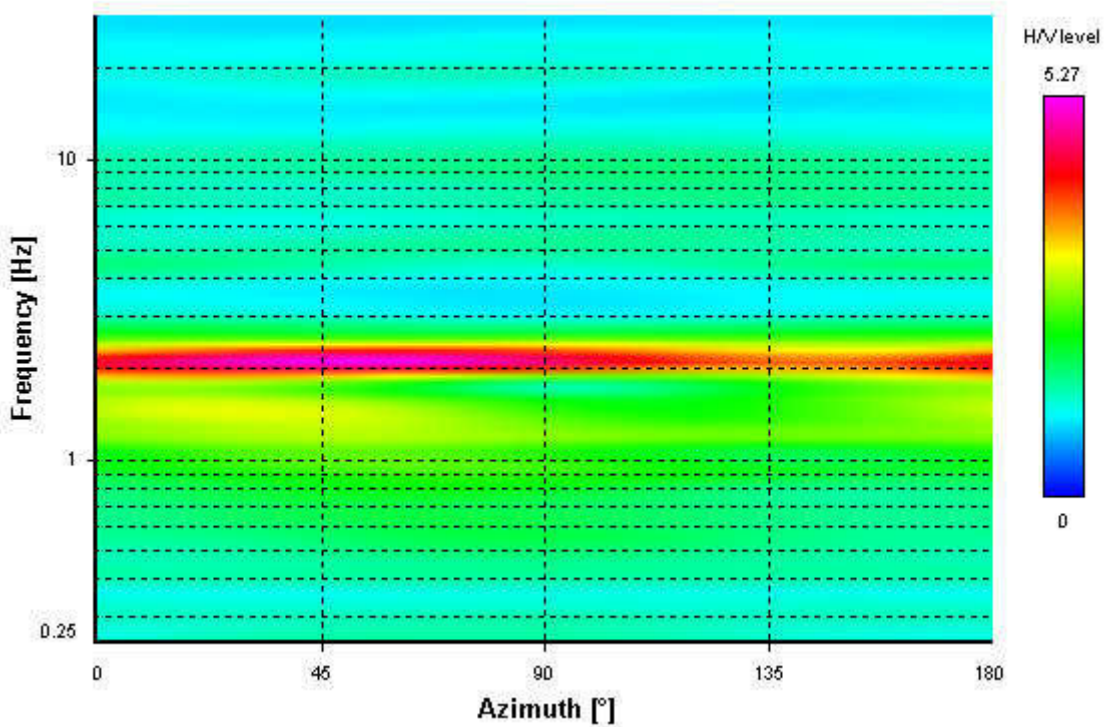
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



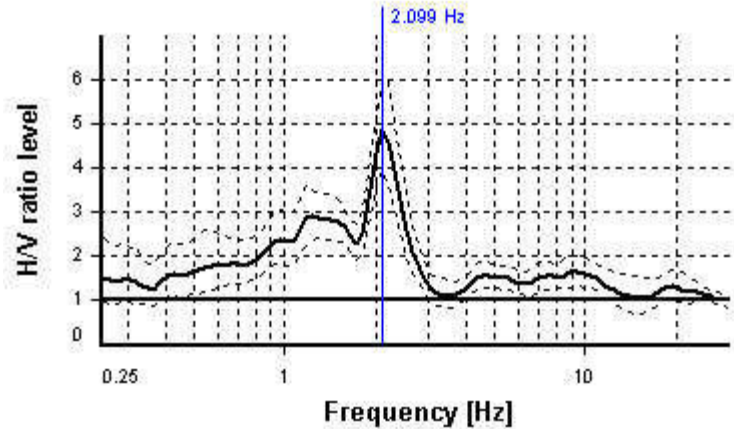
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.099 Hz

A_0 amplitude = 4.880

Average $f_0 = 2.146 \pm 0.138$



| HVSR curve reliability criteria | | |
|---|--|----|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 75 valid windows (length > 4.76 s) out of 75 | OK |
| $n_c(f_0) > 200$ | 6087.78 > 200 | OK |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ | Exceeded 0 times in 29 | OK |
| HVSR peak clarity criteria | | |
| $\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$ | 1.72987 Hz | OK |
| $\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0$ | 2.67319 Hz | OK |
| $A_0 > 2$ | 4.88 > 2 | OK |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0% <= 5% | OK |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.1381 >= 0.10495 | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.23609 < 1.58 | OK |
| Overall criteria fulfillment | | OK |

APPENDICE B

Cenni sulla metodologia HVSR

CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA HVSR

La metodologia, chiamata anche tecnica di Nakamura (1989), è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka (1961). Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Per l'applicazione e l'interpretazione di questa tecnica è fondamentale una buona conoscenza dell'ingegneria sismologica combinata con un background di informazioni relative alle caratteristiche geologiche, geofisiche e geotecniche del sito. Questa tecnica presenta il vantaggio di poter essere adoperata pressoché ovunque, purché siano garantite l'assenza di forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze del punto di misura. Il metodo è generalmente applicato per studi di microzonazione e per valutare la risposta sismica locale. Questa tecnologia è stata oggetto del progetto di ricerca SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations) ed a questo si rimanda per le linee guida della tecnica H/V spectral ratio (<http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>).

La sismica passiva a stazione singola fornisce informazioni sui terreni di indagine relativamente alle frequenze naturali e di risonanza.

Basi teoriche

Le basi teoriche dell'HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D) è abbastanza semplice.

Si consideri un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati, e questa una volta riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{p1}/(4h)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{s1}/(4h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima della velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto, ma la prassi di usare il rapporto degli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Si rileva inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994). Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula sopra riportata relativa alle onde S è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica sia nell'ambito ingegneristico. Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (Ibs-Von Seht e Wohleberg, 1999).

Attrezzature e modalità esecutive

La misura prevede la registrazione, senza utilizzo di alcun strumento di energizzazione del terreno, del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo, sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di adeguati strumenti sismometrici costituiti da sensori tridimensionali. Per queste misure è sconsigliato l'impiego di accelerometri, non sufficientemente sensibili a frequenze inferiori a 1 Hz, né di accelerometri sismologici. Essendo la stabilità una caratteristica fondamentale non sono impiegabili sismometri broadband con periodo naturale > 20 sec. in quanto richiedono lunghi tempi di stabilizzazione, come non sono raccomandabili sensori con frequenza naturale inferiore alla più bassa frequenza di interesse. Indicativamente, la frequenza di sito è funzione diretta della vicinanza del bedrock dalla superficie topografica e della rigidità dei materiali.

Per l'installazione lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E e W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi. Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito è consigliabile effettuare almeno tre misure per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- 1 trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- 2 amplificatori;
- 3 digitalizzatore;
- 4 frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- 5 convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;
- 6 durata registrazione: >10 minuti;
- 7 collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Elaborazione dati

L'elaborazione dei dati raccolti impiega un software (**Geopsy**) 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 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200-400 secondi.

I principali passi del processing sono i seguenti:

- 1 FFT (incluso il tapering);
- 2 operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
- 3 merging dei componenti orizzontali;
- 4 H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
- 5 media degli spettri H/V;
- 6 valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Il certificato finale della prova presenta (<http://www.geo.uib.no/seismo/REPORTS/SESAME/USER-GUIDELINES/SESAME-HV-User-Guidelines.doc>):

- 1 i criteri di attendibilità della misura;

- 2 i criteri di validità del picco di f_0 ;
- 3 i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- 4 l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- 5 l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.

Per gli scopi e finalità dell'indagine le misure HVSR offrono la possibilità di determinare:

- 1 valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- 2 spessori della coltre di copertura.

Frequenze

Per quanto riguarda la mappatura delle frequenze principali di risonanza, tale elaborazione permette di valutare il grado di omogeneità sulla risposta di sito relativamente alle frequenze dei materiali.

L'analisi di queste permette di definire il campo delle frequenze significative di risonanza da utilizzare direttamente nella progettazione degli edifici.

Spessori²

L'assunzione di base è che, per un modello di sottosuolo monodimensionale (stratificazione piana e parallela) costituito da sedimenti soffici sovrastanti il substrato, la frequenza di risonanza f_r dovuta alla propagazione di onde S incidenti perpendicolarmente la base del substrato è data dalla relazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

da cui la frequenza di risonanza

$$f_r = \frac{1}{T}$$

dove h è lo spessore dello strato di sedimenti e V_s dipende dalla velocità delle onde di taglio al suo interno. In base a tale relazione, quindi, a partire da valori misurati di f_r e V_s ricavati è possibile stimare lo spessore della coltre sedimentaria di un bacino.

² Ibs-von Seht M. and Wohlenberg J. (1999). Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. Bull. Seism. Soc. Am., 89 (1): 250-259. Nakamura Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Tech. Res. Inst., 30: 25-33.

Tuttavia, non essendo sempre presente la misura di V_s come profilo sismico fino al bedrock geofisico, allora si può far riferimento alla relazione di Ibs-von Seht e Wohlenberg (1999).

Poiché l'andamento del log in V_s in terreni sedimentari è principalmente regolato dall'incremento del modulo di rigidità al crescere della pressione di confinamento e quindi della profondità, a partire dai valori di V_s per la porzione più superficiale del terreno, è possibile estrapolare l'andamento delle V_s a profondità più elevate tramite l'impiego di relazioni empiriche.

A questo scopo, Ibs-von Seht e Wohlenberg (1999) suggeriscono la seguente funzione:

$$V_s = V_0(1 + Z)^a$$

dove V_0 è la velocità al tetto dello strato ed a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.).

Questa relazione, combinata con la precedente, consente infatti la stima dello spessore della coltre di sedimenti soffici:

$$Z = \left[\frac{V_0(1-a)}{4f_r} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

Nei casi più complessi è possibile invertire le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale fino a considerare ottimale il modello teorico più prossimo alle curve sperimentali.

Per l'inversione delle curve si può far riferimento alle procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004)³ usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

³ Arai H. e Tokimatsu, 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum. Bull. Seismol. Soc. Am., 94, p. 53-63.