



Comune di Rogno
Provincia di Bergamo

Componente geologica, idrogeologica e sismica
del Piano di Governo del Territorio

Aggiornamento della componente sismica

ai sensi della D.g.r. 30 Novembre 2011 n. IX/2616

Relazione illustrativa

Novembre 2017

Elaborato A

Dr. geol. Fabio Alberti

Geo.Te.C.

Geologia Tecnica Camuna
Via Albera 3 - Darfo Boario Terme (BS)
tel / fax 0364 - 533637
e-mail: info@geotec-studio.it

| | |
|---|----|
| 1 Premessa..... | 1 |
| 2. Analisi del rischio sismico | 2 |
| 2.1 - Normativa di riferimento | 2 |
| 2.2 - Risposta sismica locale..... | 3 |
| 2.3 Analisi sismica di primo livello: Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) | 5 |
| 2.4 Analisi di secondo livello - valutazione del fattore di amplificazione | 6 |
| 2.5. Sovrapposizione sulle carte di fattibilità dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello | 13 |
| 3. Bibliografia | 15 |

1 Premessa

La presente relazione riguarda l'aggiornamento della componente sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Rogno in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616.

Si è inoltre tenuto conto della d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 relativa all'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) inserendo nella valutazione della fattibilità le situazioni di pericolosità e rischio individuate nella cartografia del PGRA che non erano già state considerate come aree a pericolosità paragonabile o maggiore nell'ambito dello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del comune di Rogno. Il comune di Rogno dispone infatti di uno studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT redatto nel dicembre 2006 in riferimento alla precedente d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente aggiornato nel Febbraio 2008.

Dal 10 aprile 2016 è entrata in vigore la d.g.r. 21 luglio 2014 n. X/2129 con la quale il territorio del comune di Rogno è stato riclassificato da zona sismica 4 a zona sismica 3. Questa variazione ha comportato la necessità di aggiornare la componente sismica dello studio geologico del PGT estendendo l'analisi sismica di secondo livello a tutto l'ambito urbanizzato e urbanizzabile del territorio comunale, così come previsto dalla normativa regionale per i comuni classificati in zona sismica 3. Sempre su indicazione della normativa regionale, che per i comuni in zona sismica 4 richiede obbligatoriamente l'analisi di secondo livello per gli interventi di tipo strategico e rilevante, nella precedente versione dello studio geologico di PGT tale analisi era stata svolta per il solo ambito del polo scolastico. In questa sede la componente sismica del PGT è stata aggiornata completamente a partire dall'analisi sismica di primo livello mentre lo studio del dicembre 2006 rimane valido per tutte le altre componenti di carattere geologico.

In riferimento alla normativa regionale il presente aggiornamento della componente sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Rogno comprende le seguenti tavole cartografiche:

- *Tavola 4 - Carta della pericolosità sismica locale - scala 1:10.000* – estesa a tutto il territorio comunale;
Aggiornata rispetto alla versione precedente con alcune limitate modifiche.
- *Tavola 9 - Carta di fattibilità geologica - scala 1:10.000* – estesa a tutto il territorio comunale
- *Tavole 10a, 10b - Carta di fattibilità geologica - scala 1:2.000* – estesa alle aree urbanizzate e al loro intorno
Aggiornate rispetto alla versione precedente con la sovrapposizione dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello. Per le carte di dettaglio alla scala 1:2.000 è stata utilizzata come base topografica la nuova cartografia comunale alla scala 1:2.000; i limiti relativi alla fattibilità geologica definiti nello studio geologico precedente sono stati riportati sulla nuova base cartografica ed è stato necessario apportare localmente delle modifiche per adattarli alla differente rappresentazione del territorio contenuta nella nuova base.

In questa sede non è stata invece redatta la Carta PAI-PGRA che, secondo la d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738, deve rappresentare, oltre agli elementi già contenuti nella Carta dei rischi idraulici e idrogeologici (tavola 11 dello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT), gli elementi individuati nella cartografia del PGRA relativi alle aree allagabili sui corsi d'acqua principali e secondari. Nella carta di fattibilità sono state rappresentate con delle sottoclassi specifiche solo le aree caratterizzate da situazioni di pericolosità e rischio individuate nella cartografia del PGRA che non erano già state considerate come aree a pericolosità paragonabile o maggiore nell'ambito dello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del comune di Rogno. Solo per un'area situata in destra idrografica del tratto distale del conoide alluvionale del torrente Re di Artogne è stata mantenuta la classificazione come Cn del PAI, la classe di pericolosità da conoide H3 e la conseguente classe di fattibilità 3 così come definite nello studio geologico di PGT invece che la classificazione a un grado di pericolosità maggiore come area M - scenario poco frequente - relativa al reticolo secondario collinare e montano (RSCM) del PGRA in quanto questa classificazione deriva dalla trasposizione di un errore di rappresentazione nella cartografia relativa al PAI vigente presente sul Geoportale della Regione Lombardia dove quest'area e un'altra area più piccola situata in comune di Artogne, oltre alla retinatura Cn derivante dalla classificazione come H3 fatta nello studio geologico di PGT, hanno sovrapposta erroneamente la retinatura Cp. Per il resto delle aree relative al PGRA, a pericolosità paragonabile o minore rispetto a quelle considerate nello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Rogno, si rimanda alla cartografia disponibile sul Geoportale della Regione Lombardia.

La descrizione delle indagini e dell'analisi sismica condotta è contenuta nella presente Relazione Illustrativa (Elaborato A) mentre le normative conseguente è contenuta nelle Norme Geologiche di Piano (Elaborato B).

Alla presente relazione sono inoltre allegati a fine testo i seguenti elaborati:

- allegato 1: ubicazione delle indagini sismiche MASW e HVSR svolte e preesistenti e dei dati litologico-stratigrafici preesistenti (scala 1:10.000);
- allegato 2: risultati delle indagini sismiche MASW e HVSR svolte e dati sismici preesistenti;
- allegato 3: profili delle Vs nei siti di indagine e preesistenti e confronto con le schede di valutazione della d.g.r. IX/2616;
- allegato 4: dati litologico-stratigrafici disponibili: stratigrafie scavi (a) prove penetrometriche (b) stratigrafie sondaggi meccanici (c) e stratigrafia pozzo comunale (d);
- allegato 5: schede analisi sismica di secondo livello - effetti morfologici.

2. Analisi del rischio sismico

2.1 - Normativa di riferimento

Per quanto riguarda la classificazione delle zone sismiche, avente valore solamente amministrativo, dal 10 aprile 2016 è entrata in vigore la d.g.r. 21 luglio 2014 n. X/2129 con la quale il territorio del Comune di Rogno è stato riclassificato da zona sismica 4 a zona sismica 3.

Il DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 5 marzo 2008 in sostituzione del precedente DM 14/09/2005, ha assunto come riferimento per la nuova definizione della sismicità

del territorio nazionale la mappa dei valori di a_g calcolati su una griglia avente passo di $0,02^\circ$, relativa all'allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28/04/2006, per cui i parametri sismici di una data area vanno definiti in base alle coordinate dell'area stessa, interpolando i dati contenuti nelle tabelle dell'allegato B al DM 14/01/2008.

La Regione Lombardia si è adeguata al DM 14/01/2008 emanando la d.g.r. n° 8/7374 del 28/05/2008, successivamente sostituita dalla d.g.r. n° IX/2616 del 20/11/2011 in riferimento alla quale è stato redatto il presente studio.

2.2 - Risposta sismica locale

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di una data area e costituiscono l'oggetto della "componente sismica" del Piano di Governo del Territorio secondo la d.g.r. n. IX/2616 del 20/11/2011.

Gli effetti, in funzione delle caratteristiche del terreno presente, vengono distinti in due gruppi: gli effetti di sito, o di amplificazione sismica locale, e gli effetti di instabilità.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche e sono rappresentati dall'insieme delle modificazioni che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (substrato sismico o bedrock sismico) può subire presso la superficie topografica o durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il substrato sismico. Tali effetti si distinguono a loro volta in due sottogruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- Gli effetti di amplificazione topografica, relativi a condizioni morfologiche più o meno articolate che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche presso la cresta dei rilievi ed i ripiani sovrastanti le scarpate, con conseguente amplificazione delle onde a causa di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.
- Gli effetti di amplificazione litologica, relativi a profili stratigrafici sovrastanti il substrato sismico con determinate proprietà meccaniche che portano all'esaltazione locale delle azioni sismiche per fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e per fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni caratterizzati da un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, che può rivelarsi incompatibile con la stabilità delle strutture presenti. I principali effetti di instabilità sono i seguenti.

- Fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti) per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento a causa dell'accelerazione esercitata o a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali posti in corrispondenza di faglie sismogenetiche che portano a scorrimenti e cedimenti differenziali (tali fenomeni sono possibili solo per terremoti di magnitudo molto elevata e in presenza di particolari strutture geologiche affioranti o sepolte).
- Fenomeni di rottura connessi a deformazione permanente del suolo nel caso di terreni caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche particolarmente scadenti; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di

fenomeni di addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini sabbiosi saturi sono possibili fluimenti e colamenti a causa di fenomeni di liquefazione.

- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vucolari presenti nel sottosuolo, si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati, legati al crollo parziale o totale delle cavità sotterranee.

2.2.a. Metodologia per l'analisi della risposta sismica

Nel presente paragrafo è riassunta la metodologia definita dalla d.g.r. n° IX/2616 del 20/11/2011 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008, dalla d.g.r. n° 14964 del 7/11/2003 e dal d.d.u.o. n° 19904 del 21/11/2003.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza, degli scenari di pericolosità sismica locale, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro, di pianificazione o progettuale.

Analisi di primo livello. E' un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti quali cartografie di inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale" (PSL) su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni-tipo, definite nella legenda contenuta nell'allegato 5 alla dgr n° IX/2616, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate "scenari di pericolosità sismica locale" (zone PSL da Z1 a Z5).

Analisi di secondo livello. E' un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrata nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4). L'analisi permette di determinare un valore numerico, chiamato fattore di amplificazione sismica locale (Fa), che fornisce una stima dell'effettiva risposta sismica nelle situazioni individuate con il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla d.g.r. n° IX/2616) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico; questi ultimi in particolare sono relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, l'analisi di secondo livello è obbligatoria nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti secondo l'elenco tipologico del d.d.u.o. n° 19904/03.

Il valore di Fa relativo agli effetti litologici determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con i "valori soglia" definiti per ogni comune dalla Regione Lombardia in riferimento alle categorie di sottosuolo del DM 14/01/08, al fine di determinare se la normativa nazionale risulti sufficiente o meno a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ($Fa < \text{soglia}$) o sia invece insufficiente ($Fa > \text{soglia}$).

Il valore di Fa relativo agli effetti morfologici deve essere invece confrontato con il coefficiente di amplificazione topografica St definito dal DM 14/01/2008.

Analisi di terzo livello. E' un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione con indagini e analisi ancor più approfondite, per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5

alla d.g.r. n° IX/2616. Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1 e Z2) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di Fa superiore alla soglia; in quest'ultimo caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello, per gli effetti litologici è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore secondo il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E.

Nell'ambito delle casistiche precedentemente descritte, l'analisi di terzo livello è prevista per tutte le tipologie di edifici nelle zone sismiche 2 e 3 e solo per gli edifici strategici e rilevanti, secondo il d.d.u.o. n. 19904/03, nei comuni ricadenti in zona sismica 4.

2.3 Analisi sismica di primo livello: Carta della Pericolosità Sismica Locale(PSL)

L'analisi sismica di primo livello sull'intero territorio comunale è richiesta per tutti i comuni indipendentemente dalla zona sismica di appartenenza e consiste nell'individuazione delle aree passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità con la redazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL) alla scala 1:10.000 la cui legenda, definita nell'allegato 5 alla dgr n° IX/2616, è riportata nella tabella seguente.

| Sigla | Scenario di Pericolosità Sismica Locale | Effetti di risposta sismica locale |
|--------------|---|--|
| Z1a | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | <i>Instabilità (attivazione-riattivazione accelerazione movimenti)</i> |
| Z1b | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti | |
| Z1c | Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana | |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale) | <i>Instabilità (cedimenti-liquefazioni)</i> |
| Z3a | Zona di ciglio di scarpate con altezza maggiore di 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica) | <i>Amplificazioni topografiche</i> |
| Z3b | Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntita–arrotondata | |
| Z4a | Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi | <i>Amplificazioni litologiche</i> |
| Z4b | Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre | |
| Z4c | Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche) | |
| Z4d | Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale | |
| Z5 | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse | <i>Instabilità (comportamenti differenziali)</i> |

Nell'ambito del precedente studio per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Rogno del 2006 era già stata condotta da parte dello scrivente l'analisi sismica di primo livello in riferimento alla d.g.r. n° 8/1566, con redazione della carta PSL alla scala 1:10.000; poiché la d.g.r. n° IX/2616 non ha di fatto modificato le modalità di redazione dell'analisi sismica di primo livello rispetto alla delibera precedente, si rimanda allo studio geologico del 2006 per i dettagli relativi.

Nell'ambito del presente studio la carta PSL è stata comunque aggiornata apportandole le modifiche descritte nel seguito, legate ad una migliore interpretazione delle indicazioni contenute nell'allegato 5 alla d.g.r. n° IX/2616 e ad una maggiore conoscenza del territorio grazie alle varie indagini direttamente svolte o disponibili successivamente alla redazione dello studio del 2006.

- Sono state stralciate tutte le aree assegnate allo scenario Z2 (piana alluvionale in sinistra idrografica del fiume Oglio e porzione di piana alluvionale alla base del versante destro in località Rondinera), che erano state considerate come aree passibili di instabilità sismica in quanto "aree con presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche scadenti" secondo le Carte di Sintesi e della Fattibilità del 2006. Per tali aree la problematica è infatti prettamente di tipo geotecnico e idonei approfondimenti in tal senso sono già richiesti dalle norme geologiche di piano relative alla fattibilità geologica, mentre si ritiene del tutto remota la possibilità che in esse si verificino fenomeni di instabilità quali cedimenti e liquefazioni in seguito ad un sisma.

- Correzione dello scenario Z4c nel settore di Castelfranco e nella zona a monte del conoide di Rondinera. L'esecuzione di indagini geologiche di dettaglio successivamente al 2006 ha portato ad una migliore conoscenza litologico-stratigrafica delle aree, in particolare relativamente allo spessore della coltre dei depositi superficiali ed alle caratteristiche del substrato roccioso, per cui è stato possibile individuare con un maggiore dettaglio le zone con depositi superficiali aventi spessore inferiore a 3 m, per le quali si può assumere la condizione di assenza di amplificazione per effetti litologici; tali zone sono state quindi stralciate dallo scenario Z4c.

- Correzione dello scenario Z4b nelle zone di Monti e San Vigilio. Sono state apportate piccole variazioni all'andamento del limite delle aree ricadenti nello scenario Z4b in seguito ad una valutazione di maggior dettaglio dello spessore dei depositi.

- E' stato rivisto l'andamento di alcune scarpate e creste (scenari Z3a e Z3b) indicato in modo non del tutto corretto nella precedente versione della carta PSL. Alcuni di questi elementi sono stati stralciati anche perché di limitata consistenza topografica e quindi senza i requisiti morfometrici minimi definiti nella d.g.r. n° IX/2616 e necessari a generare degli effetti di amplificazione morfologica.

Si ricorda che la carta PSL realizzata in questa sede ha comunque valore di inquadramento ed è da considerarsi come riferimento e punto di partenza per la valutazione degli effetti sito di tipo sismico in una data area.

2.4 Analisi di secondo livello - valutazione del fattore di amplificazione

A partire dal 10 aprile 2016, data di entrata in vigore della d.g.r. n. X/2129, il territorio del Comune di Rogno ricade in zona sismica 3 e pertanto, in riferimento alla d.g.r. n° IX/2616, nello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT è necessaria l'applicazione dell'analisi sismica di secondo livello nelle zone

passibili di amplificazione litologica e morfologica (scenari Z3 e Z4) perimetrata nella carta della Pericolosità Sismica Locale ed interferenti con le zone urbanizzate e di espansione urbanistica.

L'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello è evidenziata nelle carte di fattibilità geologica alla scala 1:10.000 (tavola 9) e 1:2.000 (tavole 10a e 10b) e comprende tutto il settore di fondovalle in destra del fiume Oglio, occupato dai conoidi alluvionali e dalla piana di fondovalle, fino al piede del versante destro della Val Camonica, entro il quale ricade la maggior parte delle aree urbanizzate e di futura espansione del territorio comunale (nuclei abitati di Bessimo, Rogno e Rondinera). Il secondo livello è stato applicato anche nel settore posto alla base del versante destro e comprendente l'abitato di Castelfranco ed in corrispondenza delle frazioni di San Vigilio e Monti situate nel settore medio-inferiore del versante destro.

Non sono stati considerati nell'analisi di secondo livello alcuni settori limitati posti alla base del versante destro e comprendenti dei fabbricati isolati, le aree delle varie cascine e delle malghe isolate presenti nel settore montuoso e non urbanizzato del territorio comunale e non è stato considerato tutto il settore di territorio situato in sinistra idrografica del fiume Oglio e quasi interamente non urbanizzato.

2.4.a. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici

L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici proposta dalla normativa regionale richiede la conoscenza di alcuni dati di tipo litologico-stratigrafico e geofisico dei siti da investigare; fra questi, i principali sono costituiti dalla litologia prevalente nel sito e dal profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (Vs) fino al raggiungimento di valori pari o superiori ad 800 m/s che identificano il substrato sismico, o almeno nei primi trenta metri di profondità.

Nell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello sono stati definiti degli ambiti geologico-geomorfologici omogenei, che si ritiene siano caratterizzati da parametri litologico-stratigrafici e geofisici relativamente costanti, all'interno dei quali sono stati individuati uno o più siti rappresentativi per i quali, dopo la determinazione dei parametri geologici e geofisici necessari, è stata effettuata l'analisi.

I dati geofisici sono stati ottenuti con una campagna di indagini sismiche di terreno costituita da 11 stendimenti secondo la tecnica MASW, ad ognuno dei quali è stata abbinata l'analisi sismica HVSR; ci si è inoltre avvalsi di un'indagine HVSR effettuata in ambito privato e depositata presso l'ufficio tecnico comunale (HVSR 12 via Roma). Per la caratterizzazione stratigrafica e litologica dei siti sono stati utilizzati i dati disponibili per le aree in esame, ricavati da indagini svolte in passato nell'ambito del territorio comunale e consistenti nella stratigrafia del pozzo comunale, sondaggi meccanici a carotaggio continuo, prove penetrometriche e stratigrafie di scavi di assaggio relativamente superficiali; si è fatto inoltre riferimento alla conoscenza geologico-geomorfologica del territorio in esame, derivante anche dal rilievo di terreno di dettaglio eseguito dallo scrivente per la redazione dello studio geologico del PGT.

Nella tabella della pagina seguente sono elencati gli ambiti omogenei considerati, le indagini geofisiche eseguite ed i dati raccolti per i diversi siti rappresentativi nei quali è stata condotta l'analisi di secondo livello.

| <i>Ambito geologico-morfologico</i> | | <i>Sito rappresentativo e indagine sismica</i> | <i>Dati litologico-stratigrafici</i> |
|---|---|--|---|
| Conoide alluvionale della Valle dell'Orso | | HVSR 12 "via Roma" | Stratigrafia pozzo comunale Scavi di assaggio superficiali Quadro geologico-morfologico |
| Fascia di transizione tra il conoide alluvionale della valle dell'Orso e la piana alluvionale di fondovalle del fiume Oglio | | Masw 5 "via Carducci" | Stratigrafia pozzo comunale Scavi di assaggio superficiali |
| | | Masw 9 "scuole 2017" | Prove penetrometriche Quadro geologico-morfologico |
| Piana di fondovalle del fiume Oglio | Settore a monte del conoide della Valle dell'Orso | Masw 1 "via Leopardi 1" | Scavi di assaggio superficiali Prove penetrometriche Quadro geologico-morfologico |
| | | Masw 2 "via Leopardi 2" | |
| | | Masw 3 "via Pineta" | |
| | | Masw 4 "via Mori" | |
| Piana di fondovalle del fiume Oglio | Settore a valle del conoide della Valle dell'Orso | Masw 6 "via Battisti" | Scavi di assaggio superficiali Prove penetrometriche |
| | | Masw 7 "Piazza Giudici" | Stratigrafie sondaggi meccanici Quadro geologico-morfologico |
| Piana di fondovalle del fiume Oglio | Settore al piede del versante in località Rondinera | Masw 8 "via Adamello" | Prove penetrometriche Stratigrafie sondaggi meccanici |
| | | Masw 10 "via Rondinera" | Quadro geologico-morfologico |
| Ripiano con depositi glaciali in località Castelfranco | | Masw 11 "Castelfranco" | Presenza di spaccati naturali/artificiali Quadro geologico-morfologico |

L'ubicazione delle indagini MASW e HVSR effettuate e preesistenti e dei dati litologico-stratigrafici disponibili è riportata a fine testo nella carta alla scala 1:10.000 dell'allegato 1; i diagrammi delle prove penetrometriche e le stratigrafie dei sondaggi, del pozzo e degli scavi di assaggio negli allegati 4a, b, c, d. I risultati delle indagini sismiche MASW e HVSR effettuati, con la descrizione delle tecniche utilizzate, sono riportati nell'allegato 2 ed i profili di velocità ottenuti nell'allegato 3. I dati relativi all'indagine HVSR preesistente sono riportati nell'allegato 2.

La procedura di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello per la determinazione del valore di Fa è descritta nei paragrafi seguenti.

Calcolo delle "Vs30" e determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo il DM 14/01/2008.

Sulla base dei dati di tipo sismico, in particolare dell'andamento delle Vs con la profondità, è stato possibile determinare il parametro Vs₃₀ così come definito dal D.M. 14/01/2008:

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

Dove :

h_i = spessore in metri dello strato *i*-esimo per un totale di *N* strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

V_i = velocità delle onde di taglio dello strato *i*-esimo per un totale di *N* strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

Dallo sviluppo del calcolo sono stati ottenuti i valori di *V_{s30}* che hanno permesso di individuare, per ogni sito preso in considerazione, le categorie di suolo di fondazione riportate nella tabella del paragrafo successivo.

Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa).

Il fattore di amplificazione sismica locale *F_a* è stato determinato in ognuno dei 12 siti rappresentativi presi in considerazione utilizzando la metodologia stabilita nell'allegato 5 alla d.g.r. n° IX/2616 che permette di valutare se l'applicazione della normativa sismica nazionale relativa al DM 14/01/2008 sia da considerare sufficiente o meno a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione litologica del sito.

Per questo scopo il valore di *F_a* deve essere confrontato con i valori soglia definiti dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune, differenziati in funzione della categoria di suolo di fondazione e distinti in due intervalli del periodo proprio dei fabbricati:

- da 0,1 a 0,5 secondi, rappresentativo di fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani;
- da 0,5 a 1,5 s rappresentativo di strutture più alte e flessibili.

Per il Comune di Rogno i valori delle soglie sono riportati nella seguente tabella.

| Categoria di sottosuolo di fondazione | Periodo 0,1 -0,5 s | Periodo 0,5 -1,5 s |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| B | 1,4 | 1,7 |
| C | 1,8 | 2,4 |
| D | 2,2 | 4,2 |
| E | 2,0 | 3,1 |

- Il primo passo di applicazione del metodo per la determinazione di *F_a* consiste nella scelta della scheda di valutazione in base alla litologia prevalente che caratterizza il sito, ed nel successivo confronto tra l'andamento delle *V_s* con la profondità previsto nella scheda e l'andamento reale riscontrato nell'indagine. In presenza di una litologia non contemplata nelle schede di valutazione esistenti, nel caso di alternanze litologiche e nel caso in cui in cui esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle *V_s* con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle *V_s* con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine.

In accordo con tali indicazioni, nell'ambito dei siti esaminati in questa sede la scelta della scheda di valutazione è stata fatta in via preliminare in riferimento ai dati litologico-stratigrafici esistenti, e successivamente verificata con il confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato con le indagini geofisiche ed i profili delle *V_s* delle schede disponibili. Tale confronto è schematizzato nei grafici dell'allegato 3 a fine testo, dal quale si evince quali schede sono compatibili con le diverse situazioni esaminate; le schede scelte ed utilizzate per i diversi siti sono indicate nella tabella a fine paragrafo.

- Il secondo passo consiste nell'individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale in base ai quali si sceglie, all'interno della scheda di valutazione, la curva di correlazione T-Fa più appropriata fra le tre disponibili. Nei casi in esame lo spessore e la velocità del primo strato sono stati desunti dai profili di velocità delle onde S ricavati con le indagini geofisiche. In presenza di uno strato superficiale con spessore inferiore ai 4 m, come indicato dalla normativa, si è assunto un primo strato equivalente, con spessore pari alla somma dello strato superficiale più gli strati sottostanti fino al raggiungimento dei 4 m e caratterizzato da velocità pari alla media pesata tra quella degli strati considerati. Le curve scelte sono indicate nella tabella a fine paragrafo.

- Il passo successivo consiste nella determinazione del periodo proprio del sito, T, espresso in secondi; in base alle indicazioni della normativa, il calcolo deve essere svolto considerando la stratigrafia fino alla profondità del substrato sismico, dove la velocità delle onde sismiche di taglio è uguale o superiore a 800 m/s, utilizzando la seguente relazione:

$$T (s) = \frac{4 \sum_{i=1, N} h_i}{(\sum_{i=1, N} h_i \times V_{si}) / \sum_{i=1, N} h_i}$$

Dove :

hi=spessore (m) dello strato i-esimo; Vsi=velocità (m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo; N=numero degli strati.

Le profondità del substrato sismico e i valori di T per i siti considerati sono riportati nella tabella a fine paragrafo.

- L'ultimo passo permette di determinare il valore di Fa lungo le curve di correlazione T-Fa in base al valore di T, sia per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s sia per il periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s. In base alle indicazioni della normativa il valore di Fa deve essere arrotondato alla prima cifra decimale e inoltre, nel confronto con il corrispondente valore di soglia, viene tollerata una variabilità di + 0,1. I risultati ottenuti sono indicati nella tabella seguente.

| sito indagine | categoria sottosuolo da indagine | Scheda di valutazione | curva correlazione e T-Fa | profondità substrato sismico (m) | T (s) | Fa 0,1- 0,5s | Fa 0,5- 1,5s | risultato | |
|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|---|-------|--------------------|--------------------|-----------|----------|
| | | | | | | | | 0,1-0,5s | 0,5-1,5s |
| 1 via Leopardi 1 | B | Sabbiosa | 2 | 89,1 | 0,580 | 1,3 | 1,9 | <soglia | >soglia |
| 2 via Leopardi 2 | B | Sabbiosa | 2 | 100,7 | 0,655 | 1,2 | 2,0 | <soglia | >soglia |
| 3 via Pineta | B | Sabbiosa | 2 | 71,0 | 0,535 | 1,4 | 1,9 | =soglia | >soglia |
| 4 via Mori | B | Sabbiosa | 2 | 93,5 | 0,644 | 1,2 | 2,0 | <soglia | >soglia |
| 5 via Carducci | B | Sabbiosa | 2 | 86,9 | 0,579 | 1,3 | 1,9 | <soglia | >soglia |
| 6 via Cesare Battisti | B | Sabbiosa | 2 | 92,5 | 0,552 | 1,4 | 1,9 | =soglia | >soglia |
| 7 Piazza Giudici | B | Sabbiosa | 2 | 73,6 | 0,526 | 1,4 | 1,9 | =soglia | >soglia |

| | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---|-------|-------|-----|------|---------|----------|
| 8 via Adamello | C | Sabbiosa | 2 | 106,7 | 0,791 | 1,0 | 1,9 | <soglia | <soglia |
| 9 scuole 2017 | B | Sabbiosa | 2 | 80,5 | 0,519 | 1,4 | 1,9 | =soglia | >soglia |
| 10 via Rondinera | C | Sabbiosa | 2 | 107,4 | 1,010 | 1,0 | 1,7 | <soglia | <soglia |
| 11 Castelfranco | B | Ghiaiata | 3 | 15,1 | 0,097 | 1,2 | 1 | <soglia | <soglia |
| 12 HVSR via Roma | B | Sabbiosa | 3 | 63,0 | 0,460 | 1,1 | 1,8* | <soglia | >soglia* |
| <i>*entro la tolleranza di +0,1 consentita dalla normativa (quindi pari alla soglia)</i> | | | | | | | | | |

Per il sito 11 con categoria di sottosuolo B, la scheda ghiaiosa è ben rappresentativa dal punto di vista litologico, e compatibile sismicamente; il valore di Fa risulta inferiore alle corrispondenti soglie per entrambi i periodi di riferimento.

Per tutti i restanti siti la scheda sabbiosa è quella più rappresentativa dal punto di vista litologico ed è compatibile anche sismicamente.

Per il sito 12 con categoria di sottosuolo B il valore di Fa ottenuto è inferiore alla soglia per il periodo 0,1-0,5 s e superiore alla soglia per il periodo 0,5-1,5 s, ma entro la tolleranza di + 0,1 consentita dalla normativa.

Per i siti 8 e 10 con categoria di sottosuolo C i valori di Fa ottenuti sono inferiori alle soglie per entrambi i periodi di riferimento.

Per tutti i restanti siti con categoria di sottosuolo B i valori di Fa ottenuti sono inferiori, o al limite in alcuni casi uguali, alla soglia per il periodo 0,1-0,5 s, mentre per il periodo 0,5-1,5 s sono sempre superiori alla soglia.

In conclusione, relativamente alle tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,1 e 0,5 s, sono stati ottenuti valori di Fa non superiori alle rispettive soglie comunali; la normativa sismica nazionale risulta quindi sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti e in fase progettuale è quindi corretto applicare lo spettro della categoria di suolo C per i siti 8 e 10 ed il loro intorno individuato nella carta di fattibilità, e lo spettro della categoria di suolo B per gli altri siti ed il loro intorno individuato nella carta di fattibilità.

Relativamente alle tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,5 e 1,5 s, sono stati ottenuti valori di Fa non superiori alle rispettive soglie comunali per i siti 8, 10, 11 e 12, dove la normativa sismica nazionale risulta quindi sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti e in fase progettuale è quindi corretto applicare lo spettro della categoria di suolo C per i siti 8 e 10 ed il loro intorno individuato nella carta di fattibilità, e lo spettro della categoria di suolo B per i siti 11 e 12 ed il loro intorno individuato nella carta di fattibilità. Per tutti gli altri siti (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9) sono stati invece ottenuti valori di Fa superiori alle rispettive soglie comunali per cui la normativa sismica nazionale non risulta sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche; in tali siti e nel loro intorno, individuato nella carta di fattibilità, in fase progettuale è quindi necessario ricorrere al terzo livello di approfondimento sismico, oppure applicare lo spettro della categoria di suolo superiore C.

L'intorno del sito 11 necessita di un'ulteriore precisazione in quanto in questo settore la situazione litologico-stratigrafica è caratterizzata da una profondità molto variabile, anche su brevi distanze, del substrato roccioso che, quando poco o non alterato, rappresenta anche il substrato sismico. Le situazioni caratterizzate da substrato a profondità inferiori ai 3 m rispetto al piano di posa delle fondazioni dei fabbricati in progetto o esistenti sono da considerarsi con amplificazione sismica di tipo litologico assente, quindi con utilizzo della categoria di sottosuolo A. In tale settore, vista la notevole variabilità locale, si ritiene quindi necessario che la determinazione della profondità del substrato roccioso e la conseguente scelta della categoria di sottosuolo debbano essere fatte sulla base di valutazioni ed indagini specifiche nella fase progettuale degli interventi edilizi.

Le considerazioni conclusive sono riassunte nella tabella della pagina seguente.

| sito e indagine | categoria sottosuolo da indagine | Periodo proprio tipologia edilizia 0,1-0,5 s | | Periodo proprio tipologia edilizia 0,5-1,5 s | |
|---|----------------------------------|---|---|---|---|
| | | <i>Fa</i> | Categoria di sottosuolo da utilizzare in fase progettuale | <i>Fa</i> | Categoria di sottosuolo da utilizzare in fase progettuale |
| 1 via Leopardi 1 2 via Leopardi 2 3 via Pineta 4 via Mori 5 via Carducci 6 via Battisti 7 piazza Giudici 9 scuole 2017 | B | <i>Inferiore o pari alla soglia</i> | B | <i>superiore alla soglia</i> | C o terzo livello di approfondimento sismico |
| 8 via Adamello 10 via Rondinera | C | <i>Inferiore alla soglia</i> | C | <i>Inferiore alla soglia</i> | C |
| 12 HVSR via Roma | B | <i>Inferiore alla soglia</i> | B | <i>pari alla soglia</i> | B |
| 11 Castelfranco | B | <i>inferiore alla soglia</i> | B/A | <i>inferiore alla soglia</i> | B/A |

2.4.b. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici

L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici consiste nella determinazione di fattori di amplificazione (Fa) sulla base della morfometria degli elementi che originano tale effetto di sito e si applica solo per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s; per costruzioni con strutture flessibili e sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani, non è infatti disponibile la procedura di secondo livello ed è quindi necessario che in fase progettuale si passi direttamente all'analisi di terzo livello.

I valori di Fa determinati devono essere confrontati con il valore del coefficiente di amplificazione topografica (St) definito dal DM 14/01/2008 per le diverse categorie topografiche secondo la tabella seguente:

| caratteristiche topografiche | ubicazione intervento | categoria topografica | St |
|--|--|-----------------------|-----|
| Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore o uguale a 15° | - | T1 | 1,0 |
| Pendii con inclinazione media maggiore di 15° | in corrispondenza della sommità del pendio | T2 | 1,2 |
| Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa fra 15° e 30° | in corrispondenza della cresta del rilievo | T3 | 1,2 |
| Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30° | in corrispondenza della cresta del rilievo | T4 | 1,4 |

Nel caso in esame sono stati analizzati tutti gli elementi passibili di amplificazione morfologica interferenti con le aree urbanizzate e di espansione urbanistica individuati con il primo livello di approfondimento e rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale (zone Z3 - creste e scarpate); questi sono localizzati in particolare presso le frazioni di Castelfranco, San Vigilio e Monti.

I dati morfometrici delle creste e delle scarpate sono stati ottenuti dalla Carta Tecnica Comunale alla scala 1:2.000/1:5.000 e in particolare sono stati realizzati 9 profili topografici dai quali sono stati ricavati i parametri morfometrici necessari per l'applicazione del secondo livello. Le tracce dei profili sono indicate nell'allegato 1 mentre i profili, i parametri morfometrici e i valori di Fa ottenuti sono riportati nelle schede dell'allegato 5.

Per quanto riguarda lo scenario di scarpata (Z3a), il valore di Fa massimo ottenuto nelle situazioni analizzate è risultato pari ad 1,3; per quanto riguarda lo scenario di cresta (Z3b), il valore di Fa massimo ottenuto è pari ad 1,3. I valori di Fa ottenuti sono stati confrontati con il coefficiente di amplificazione topografica (St) facendo riferimento alla categoria T2 per le scarpate e alle categorie T3 e T4 per le creste in base all'inclinazione dei fianchi (le creste analizzate presentano in tutti i casi inclinazione media compresa fra i 15° ed i 30° ad eccezione di quella relativa al profilo 7 che presenta inclinazione superiore ai 30° solamente lungo il versante nord-est).

Dato che anche per l'amplificazione morfologica il valore di Fa deve essere considerato con una variabilità di un decimo, sia per le creste che per le scarpate tutti i valori di Fa ottenuti non superano i valori di St delle corrispondenti categorie topografiche. La normativa sismica nazionale, se applicata correttamente, è quindi sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione sismica per cause morfologiche e si utilizza pertanto lo spettro previsto dalla normativa stessa.

2.5. Sovrapposizione sulle carte di fattibilità dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello

Sulle carte di fattibilità geologica (Tavola 9 alla scala 1:10.000 – Tavole 10a e 10b alla scala 1:2.000) è stato riportato il limite dell'area all'interno della quale è stata applicata l'analisi sismica di secondo livello, corrispondente al settore urbanizzato del territorio comunale più un suo intorno significativo, e ne sono stati inseriti i risultati.

Relativamente all'amplificazione litologica, i 12 siti di indagine sono stati raggruppati in base ai risultati dell'analisi di secondo livello, estendendo i risultati ottenuti lateralmente rispetto ai punti di indagine, in ambiti omogenei dal punto di vista geologico-geomorfologico e litologico-stratigrafico, ed ottenendo così delle aree omogenee relativamente alla pericolosità sismica per effetti litologici che sono state differenziate nelle seguenti categorie a seconda della problematica riscontrata.

- Aree in categoria di sottosuolo B con valori di Fa inferiori alle soglie della categoria B per entrambi i periodi di riferimento: settore superiore e intermedio del conoide della Valle dell'Orso (sito 12). Per queste aree, in sede progettuale, è corretto l'utilizzo della categoria di sottosuolo B per tutti i fabbricati.
- Aree in categoria di sottosuolo C con valori di Fa inferiori alle soglie della categoria C per entrambi i periodi di riferimento: settore della piana alluvionale di fondovalle del fiume Oglio in prossimità della base del versante destro della Val Camonica in località Rondinera (siti 8, 10).
- Aree in categoria di sottosuolo B con valori di Fa inferiori alla soglia della categoria B per il periodo 0,1-0,5 secondi e superiori alla soglia della categoria B per il periodo 0,5-1,5 secondi: piana alluvionale di fondovalle del fiume Oglio con esclusione del settore posto a ridosso del versante destro della valle in località Rondinera (siti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9).
- Aree in categoria di sottosuolo B con valori di Fa inferiori alle soglie della categoria B per entrambi i periodi di riferimento, o senza possibilità di amplificazione litologica (categoria di sottosuolo A): settore del ripiano morfologico di Castelfranco. Gli interventi da realizzare in questo settore necessitano di un approfondimento di indagine in quanto, in funzione della profondità locale del substrato roccioso/sismico e della profondità del piano di posa delle fondazioni di progetto, potrebbero ricadere nella categoria di sottosuolo A oppure B.
- Aree con amplificazione sismica assente in quanto il substrato sismico ($V_s > 800$ m) è posto a profondità inferiori a 3 m e quindi ricadenti in categoria di sottosuolo A (parte di Castelfranco, Monti, San Vigilio).

Relativamente all'amplificazione morfologica, le aree caratterizzate da tali effetti ed i risultati dell'analisi sismica di secondo livello non sono stati riportati in quanto il valore di Fa non supera mai le corrispondenti soglie; per tener conto degli effetti di sito di tipo morfologico è quindi sufficiente applicare correttamente quanto previsto dalle norme tecniche nazionali.

All'esterno dell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello è necessario valutare l'amplificazione sismica per effetti morfologici e litologici in sede progettuale, facendo riferimento a quanto riportato nella carta di Pericolosità Sismica Locale alla scala 1:10.000 (allegato 1).

Le Norme di Piano riguardanti la componente sismica sulle aree individuate nella carta di fattibilità sono riportate nell'elaborato B "Norme Geologica di Piano".

Dr. geol. Fabio Alberti

Ha collaborato : dr. geol. Francesco Bosio

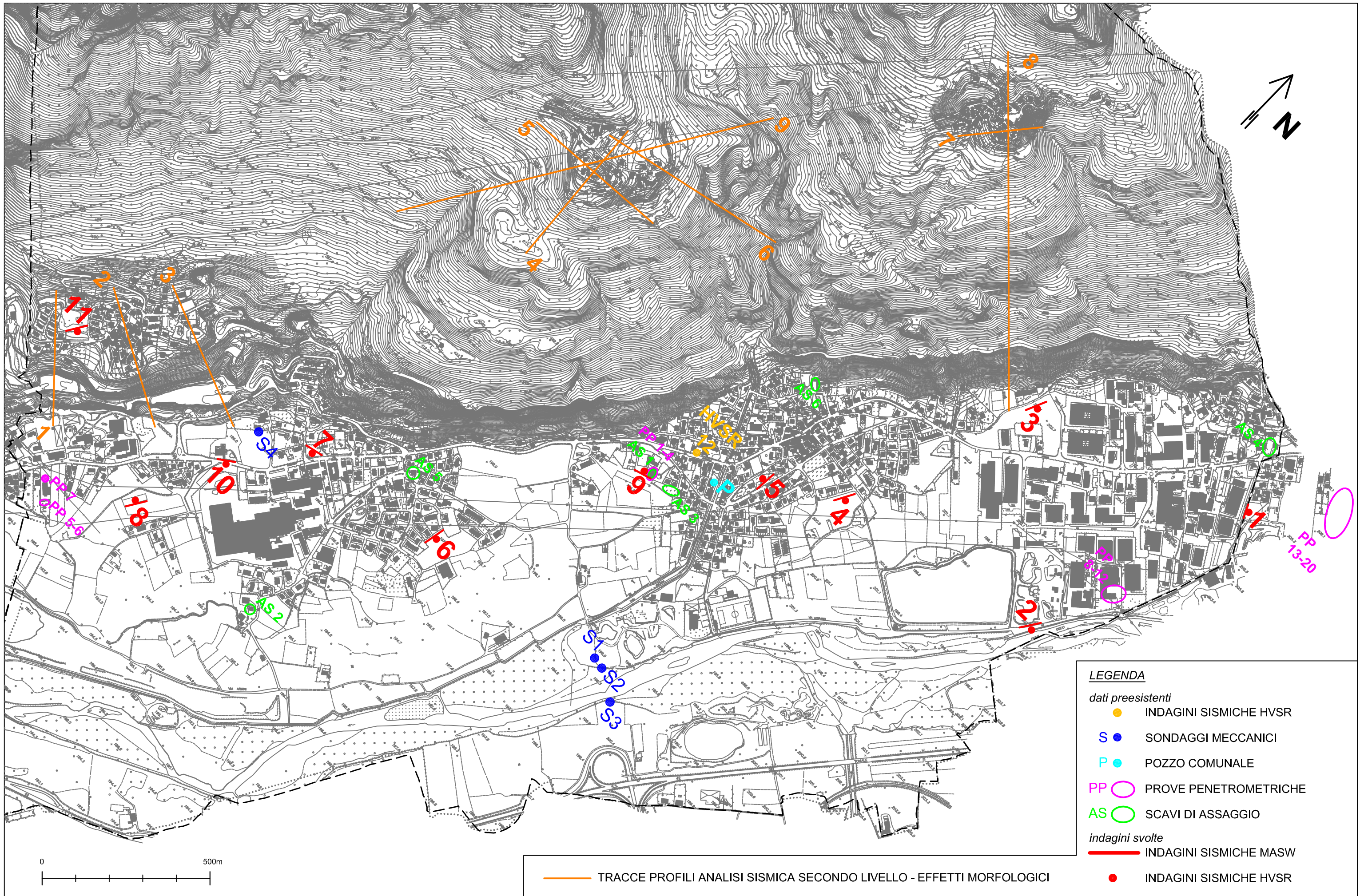
Darfo Boario Terme, Novembre 2017



3. Bibliografia

- 1) Comune di Rogno (BG) – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della dgr 22/12/2005 n. 8/1566 in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/2005 n. 12 – Geo.Te.C. Studio Associato, dicembre 2006, aggiornamento Febbraio 2008.
- 2) Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003 “Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003” – G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003
- 3) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell’unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 - Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. – serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 4) Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale - Realizzazione nuovo garage, Comune di Rogno, ex Strada Statale 42 - Relazione geologica, di caratterizzazione geotecnica e relazione di pericolosità sismica - Agosto 2012.
- 5) Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 6) Regione Lombardia - D.g.r. n 7/14964 del 7 Novembre 2003 - Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’OPCM n°3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”- Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 7) Regione Lombardia - L.r. 11 marzo 2005 n. 12 - Legge per il governo del territorio - BURL. - anno XXXV, n. 69, 16 marzo 2005, 1° Suppl. Ordinario.
- 8) Ordinanza PCM 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 - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006.
- 9) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “legge per il governo del territorio”. - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 10) D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.- Gazz. Uff., n. 29 del 04/02/2008.
- 11) Regione Lombardia - D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12” approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 - BURL - anno XXXVIII, n. 120, 12 giugno 2008, 2° Suppl. Straordinario al n°24.

- 12) Regione Lombardia - D.g.r. 30 Novembre 2011 n. IX/2616 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12” approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r 28 maggio 2008 n, 8/7374" - BURL - anno XLI Serie Ordinaria n. 3 - 19 gennaio 2012.
- 13) Regione Lombardia - D.g.r. n X/2129 dell'11 Luglio 2014 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XLIV, n. 176, 2014.
- 14) .Regione Lombardia – D.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 – Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) in campo urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio di assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrato dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 del comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po. – BURL 21 giugno 2017, serie ordinaria n. 25.



Allegato 1: Ubicazione indagini sismiche svolte e preesistenti e dati litologici preesistenti (scala 1:10.000)

allegato 2: RISULTATI INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR SVOLTE E DATI RELATIVI ALLE INDAGINI SISMICHE PREESISTENTI

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio nei siti ritenuti significativi è stata condotta una campagna di prove geofisiche con l'esecuzione di 11 analisi sismiche MASW con sovrapposta analisi sismica HVSR. L'ubicazione dei siti di indagine è riportata nell'allegato 1.

Le indagini e l'interpretazione dei dati sono state condotte dal dr. geol. Devid Stain.

Nel presente allegato si riportano anche i dati relativi all'indagine sismica MASW preesistente ubicata presso via Roma (vedi allegato 1) utilizzate per l'analisi sismica di secondo livello.

ANALISI SISMICHE MASW

Il metodo MASW "Multichannel Analysis of Surface Waves" è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di un allineamento di geofoni posti sulla superficie del suolo. Le onde di superficie sono due: quelle di Rayleigh e quelle di Love e sono dette superficiali perché la loro ampiezza decreta in modo esponenziale con la profondità e la loro propagazione interessa quindi un limitato spessore di sottosuolo; rispetto alle onde di corpo la loro ampiezza è notevolmente maggiore e per questo motivo tipicamente dominano qualsiasi dataset sismico.

Le onde di Rayleigh si muovono su un piano radiale secondo un moto detto retrogrado; l'andamento del moto indica che queste onde hanno sia una componente verticale che una componente orizzontale radiale.

Le onde di Love si muovono solamente sul piano orizzontale con un'oscillazione la cui direzione è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere uno spettro delle velocità di fase sperimentale, che fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

Nel caso in esame l'acquisizione dei dati è stata condotta con il sismografo Pasi 16S24-U, con 12 geofoni verticali e orizzontali di 4,5 Hz; l'energizzazione è stata effettuata tramite battitura con una mazza del peso di 10 kg. La spaziatura e l'offset dei vari stendimenti sono riportati nella tabella sottostante.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (MASW), sono stati acquisiti 3 dataset differenti con altrettante modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF); 12 geofoni verticali da 4,5 Hz, energizzazione verticale su piastra quadrata in acciaio;
- Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF); 12 geofoni orizzontali da 4,5 Hz con l'asse del geofono parallelo allo stendimento, energizzazione verticale su piastra quadrata in acciaio;
- Dataset Onde Love componente orizzontale (THF); 12 geofoni orizzontali da 4,5 Hz con l'asse del geofono perpendicolare allo stendimento, energizzazione orizzontale su traversina in legno.

ANALISI SISMICHE HVSR

Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremiti) sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz mentre vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz. L'indipendenza dinamica delle sorgenti e la molteplicità dei percorsi delle onde da esse

generate spiega la mancanza di regolarità nell'andamento temporale del campo del microtremore. Se da un lato il carattere stocastico del fenomeno presenta difficoltà di tipo teorico, dall'altro consente, mediante operazioni di tipo statistico, di ridurre la complessità dell'analisi.

Dato che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, le tecniche di sismica passiva trovano una ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare, esse permettono di individuare situazioni sismo-stratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, valutandone qualitativamente l'entità e determinando i periodi di risonanza delle coperture sedimentarie ed i profili di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri.

Esistono sostanzialmente due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico: la configurazione a stazione singola e quella ad antenna sismica (array). La prima è basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di geofoni disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno.

Le prove effettuate in questo caso sono a stazione singola, note anche come prova Nakamura (1989) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio); è stato utilizzato un geofono 3d da 2 Hz collegato al sismografo Pasi 16S24-U.

Il risultato di tali prove è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. La prova consiste quindi nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti; essa ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

La determinazione della curva HVSR in sito prevede i seguenti passi:

- misura delle tre componenti x, y, z del moto in un punto sulla superficie libera del suolo per una durata dai 10 ai 20 minuti;
- eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi transitori non conformi al rumore ambientale;
- definizione degli N intervalli o finestre temporali stazionari entro cui calcolare le curve HVSR;
- calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto;
- operazione di smoothing degli spettri di Fourier;
- somma delle due componenti orizzontali x e y;
- calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari;
- calcolo della curva HVSR media tra le N curve HVSR.

Infine, i risultati ottenuti vengono verificati secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME esposti nel seguito:

Condizioni di Reliability della curva HVSR:

- 1) in corrispondenza della frequenza del picco di interesse vi siano almeno 10 cicli significativi in ogni finestra temporale individuata nel segnale registrato;
- 2) è necessario utilizzare un grande numero di finestre temporali e di cicli, almeno 200 cicli;
- 3) il livello di scattering, cioè di dispersione delle curve HVSR ottenute nelle diverse finestre temporali deve essere moderato, altrimenti potrebbe essere un sintomo di un rumore ambientale fortemente non-stazionario, che influenza la forma della curva HVSR in maniera non ripetibile.

Le condizioni 1) e 2) confermano che la durata del segnale registrato sia sufficientemente estesa, la condizione 3) assicura che la curva HVSR misurata sia di buona qualità e poco dispersa.

Condizioni di Clarity del picco massimo:

Condizioni sull'Ampiezza:

- 4) esiste una frequenza f_- , compresa tra $f^0/4$ e f^0 , tale che $A^0 / A_{H/V}(f_-) > 2$;
- 5) esiste un'altra frequenza f_+ , compresa tra f^0 e $4 \cdot f^0$, tale che $A^0 / A_{H/V}(f_+) > 2$;
- 6) deve essere $A^0 > 2$.

Le condizioni 4) e 5) confermano che il picco sia sufficientemente isolato sia a sinistra (condizione 4), sia a destra (condizione 5). La condizione 6) assicura che il picco sia sufficientemente elevato e questo dipende dall'entità del contrasto di rigidezza tra gli strati.

Condizioni sulla Stabilità della curva HVSR:

- 7) il picco dovrebbe comparire alla stessa frequenza (entro il $\pm 5\%$) nelle curve H/V corrispondenti alla media + e- lo standard deviation;
- 8) lo scarto quadratico medio σ_f deve essere inferiore ad un valore limite (f) dipendente dalla frequenza come riportato nella tabella dei criteri Sesame;
- 9) deve essere $\sigma_A(f_0)$ inferiore ad un valore limite $\theta(f)$ dipendente dalla frequenza come riportato in tabella dei criteri Sesame.

Le condizioni 7), 8) e 9) confermano che la curva HVSR misurata sia stabile, cioè di buona qualità e poco dispersa.

ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASWAcademy 7.0. Nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti, scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF o RVF), per le Onde di Love (THF) e HVSR. Una volta individuati sono stati determinati gli spettri di velocità per ogni dataset e dopo svariate elaborazioni si è scelta l'analisi congiunta migliore tra le combinazioni (ZVF-THF) o (RVF-THF) o (ZVF/RVF/THF-HVSR). Scelta la combinazione per l'elaborazione da utilizzare è stata effettuata una modellazione congiunta, utilizzata come modello per lanciare l'inversione con l'utilizzo del fronte di Pareto per la validazione dell'interpretazione dei dati. Le elaborazioni svolte hanno permesso di ottenere i profili di Vs ritenuti più attendibili.

I parametri relativi ai 10 siti di indagine sono riportati nella tabella seguente.

| SITO | SPAZIATURA MASW | OFFSET MASW | LUNGHEZZA STENDIMENTO | MISURAZIONI HVSR | COMBINAZIONE UTILIZZATA |
|--|-----------------|-------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 VIA LEOPARDI 1 (confine comunale) | 3 m | 10 m | 43 m | 15 min - 10 min | (THF- HVSR2) |
| 2 VIA LEOPARDI 2 (laghetto cava) | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (THF- HVSR1) |
| 3 VIA PINETA | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (ZVF - THF) |
| 4 VIA MORI | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (ZVF - THF) |
| 5 VIA CARDUCCI | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (THF- HVSR2) |
| 6 VIA CESARE BATTISTI | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (RVF - THF) |
| 7 CHIESA RONDINERA | 4 m | 10 m | 54 m | 15 min - 10 min | (ZVF - RVF) |
| 8 VIA ADAMELLO | 5 m | 10 m | 65 m | 15 min - 10 min | (ZVF - THF) |
| 9 SCUOLE | 4 m | 10 m | 54 m | 15 min - 10 min | (RVF - THF) |
| 10 VIA RONDINERA | 4 m | 10 m | 54 m | 15 min - 10 min | (THF- HVSR2) |
| 11 CASTELFRANCO | 5 m | 10 | 65 m | 15 min - 10 min | (ZVF - THF) |

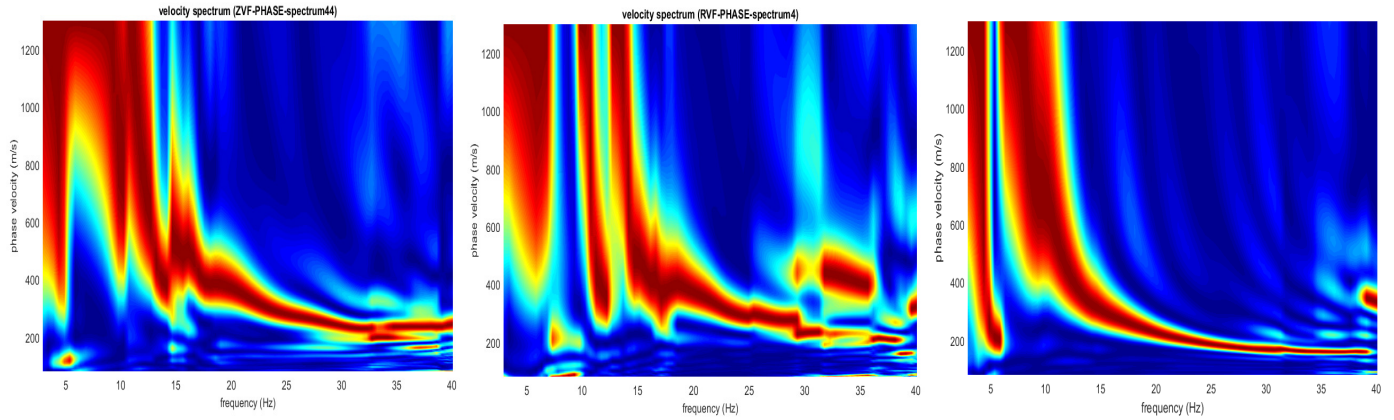
I profili di Vs ottenuti sono riportati nell'allegato 3; nelle pagine seguenti si riportano i risultati delle acquisizioni effettuate nell'ambito delle 10 prove MASW (spettri di velocità ZVF, RVF e THF) e HVSR.

SITO 1: VIA LEOPARDI 1

MASW spettro ZVF

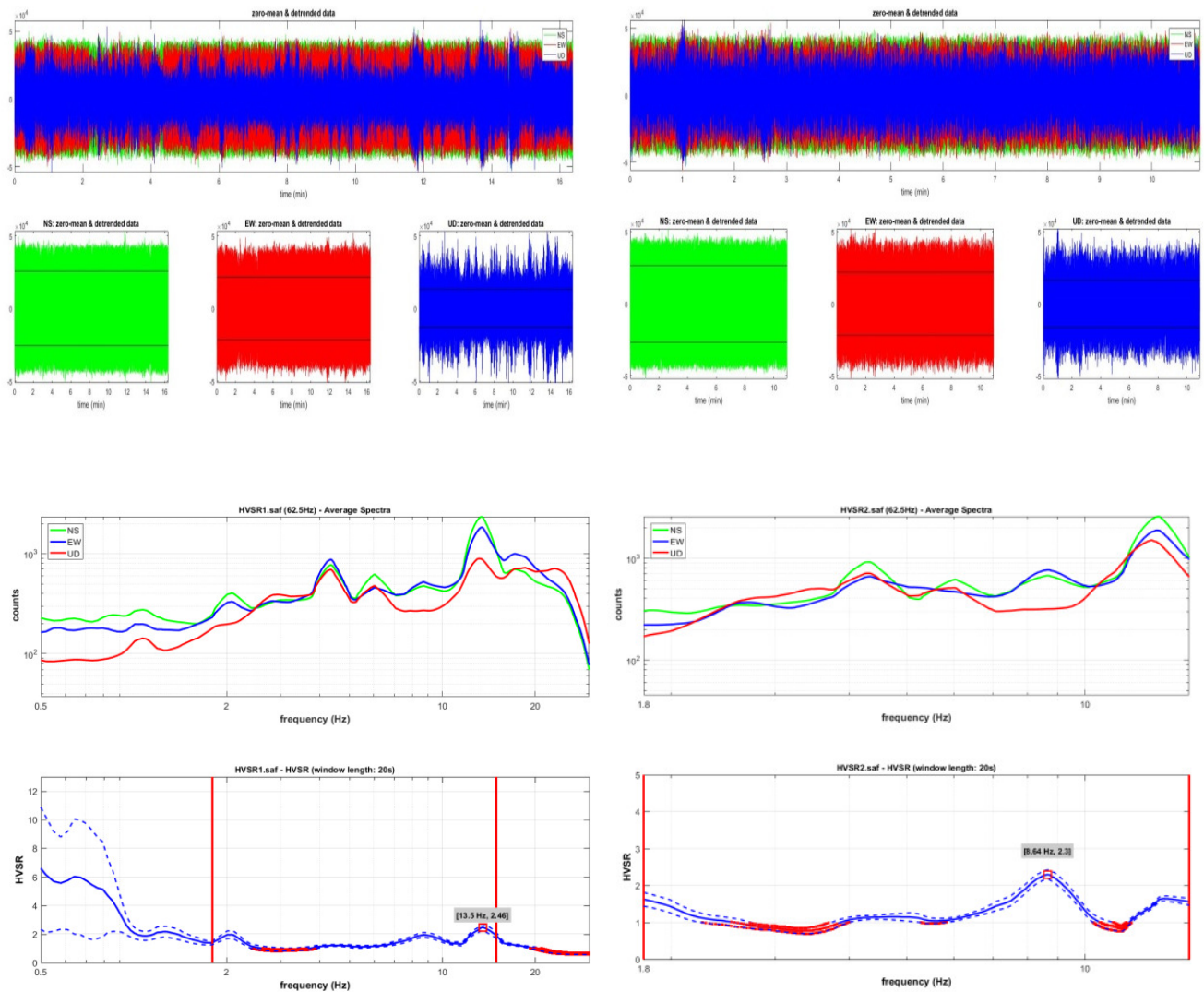
MASW spettro RVF

MASW spettro THF



HVSR misura 1

HVSR misura 2

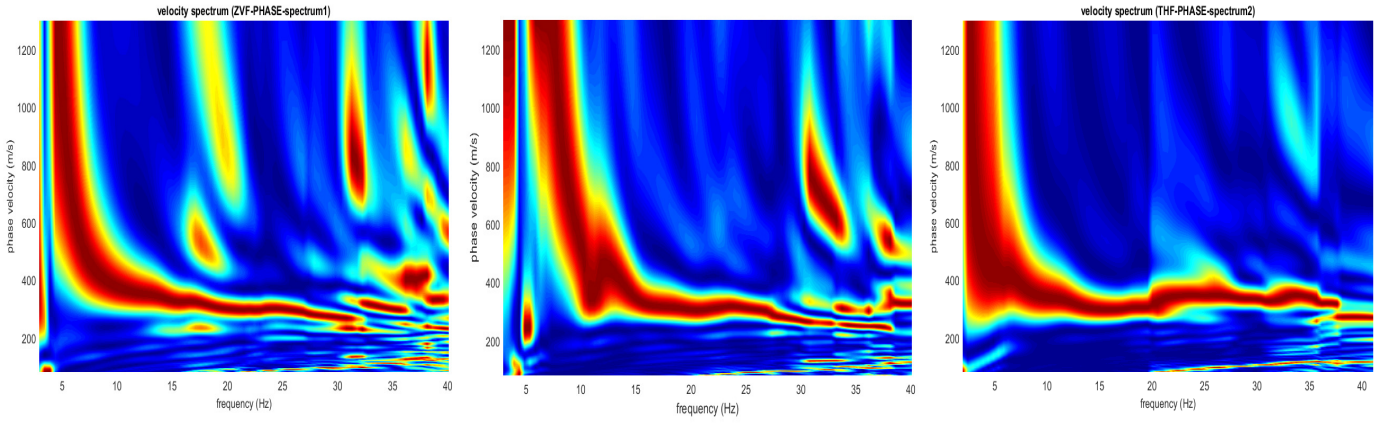


SITO 2: VIA LEOPARDI 2

MASW spettro ZVF

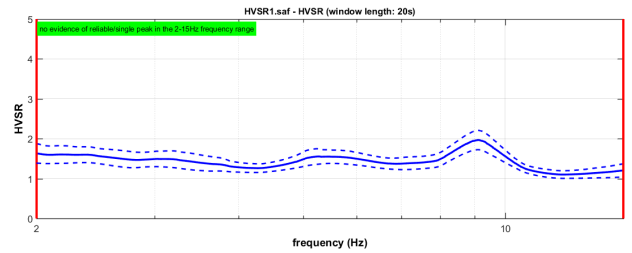
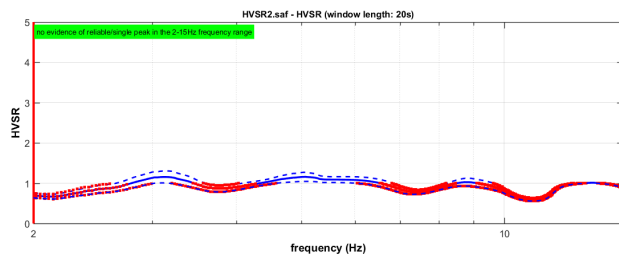
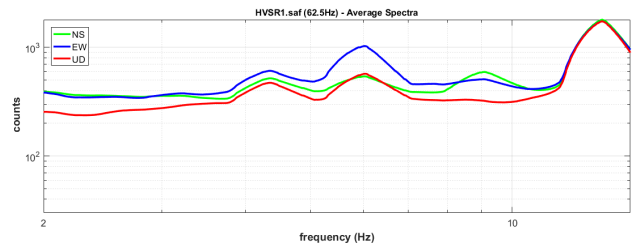
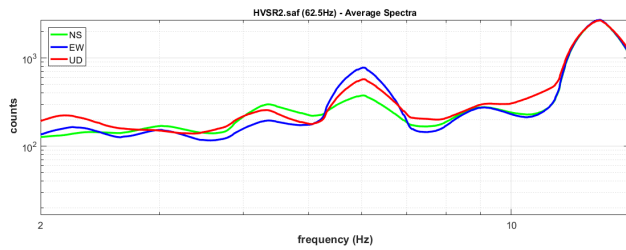
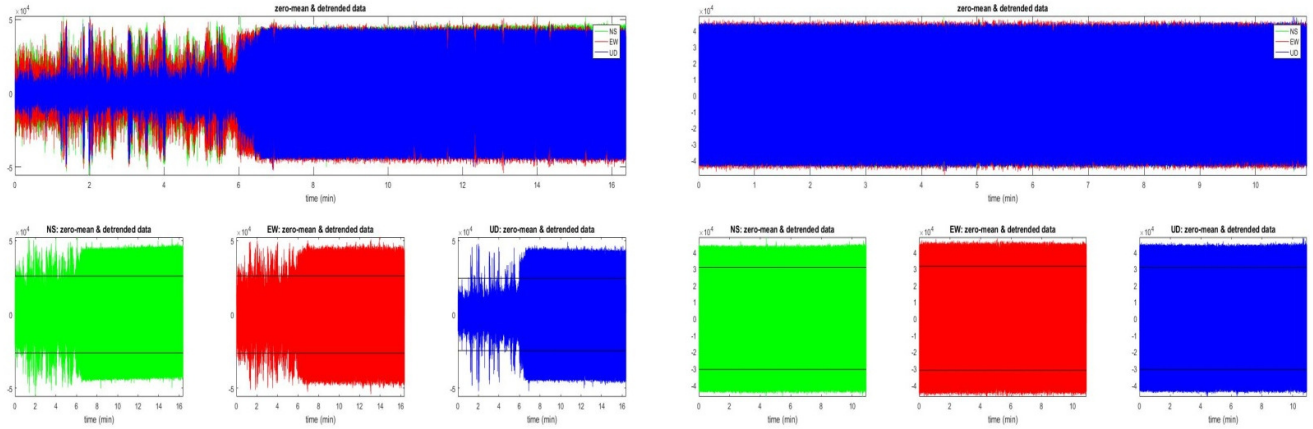
MASW spettro RVF

MASW spettro THF



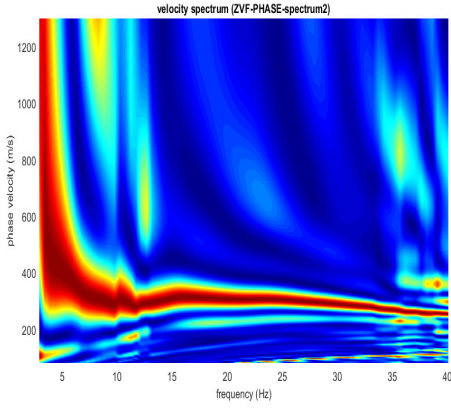
HVSR misura 1

HVSR misura 2

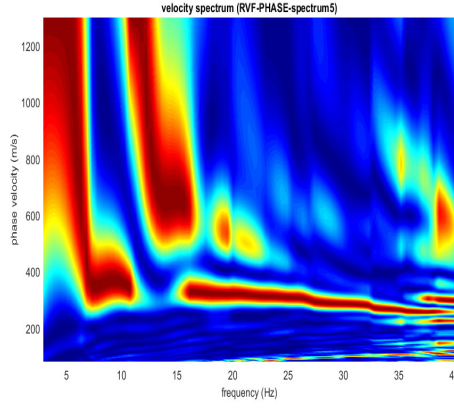


SITO 3: VIA PINETA

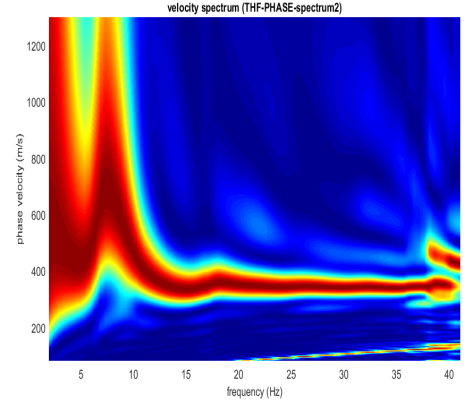
MASW spettro ZVF



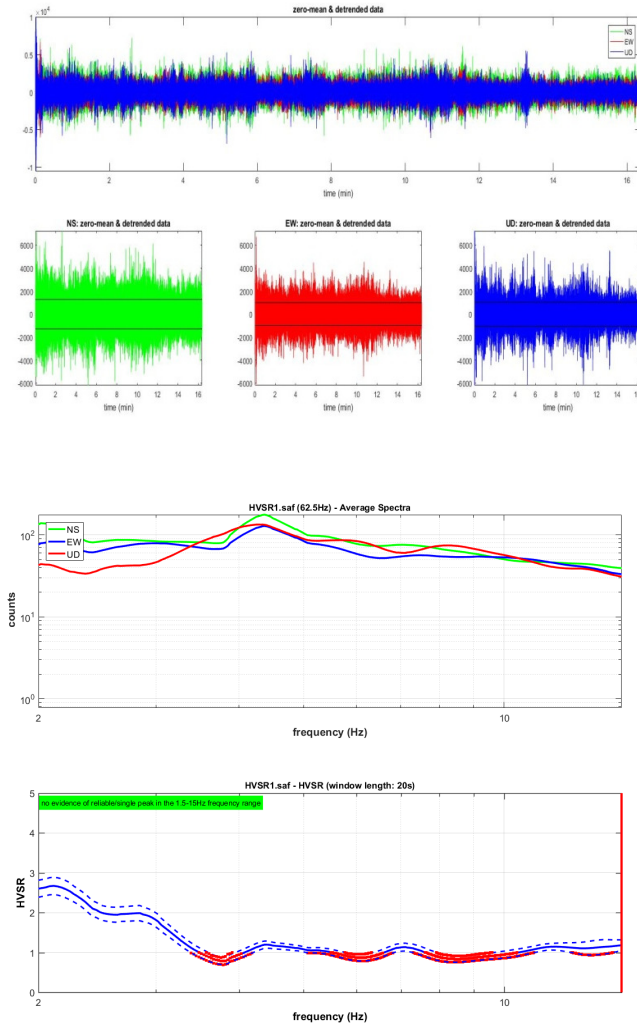
MASW spettro RVF



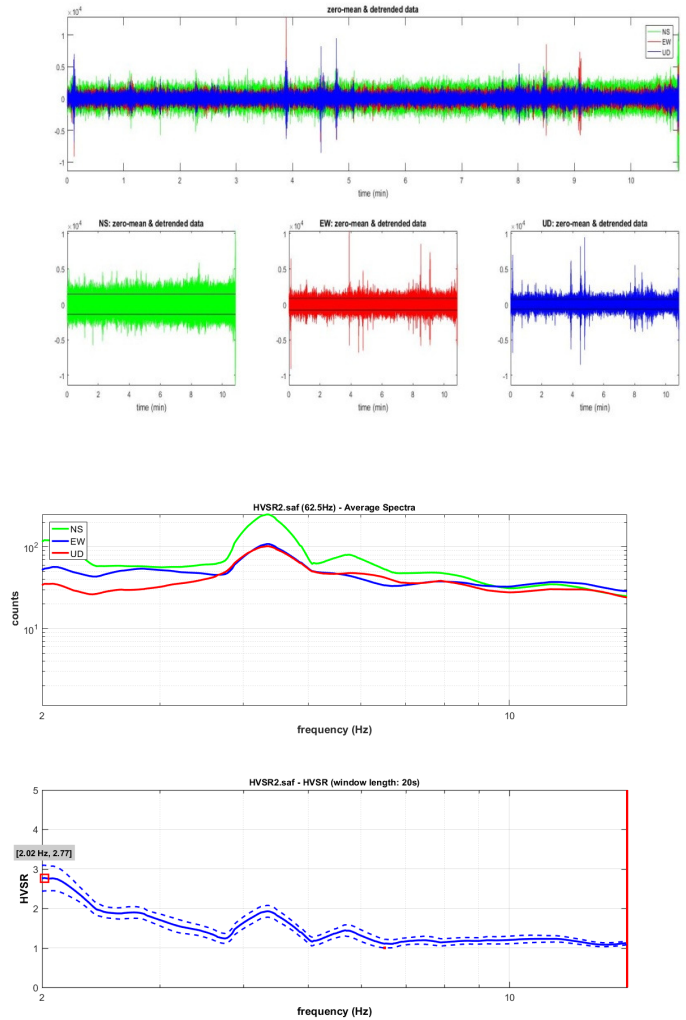
MASW spettro THF



HVSR misura 1

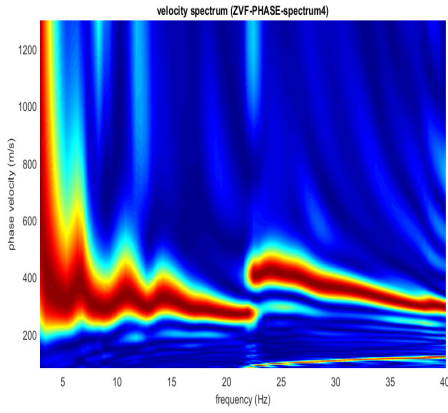


HVSR misura 2

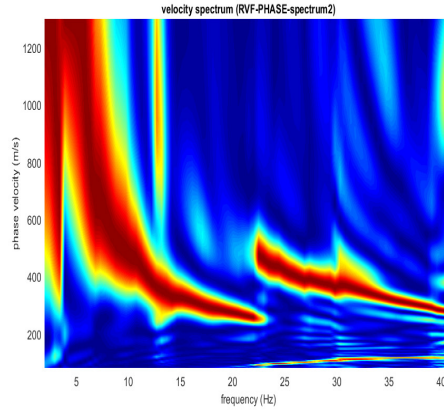


SITO 4: VIA MORI

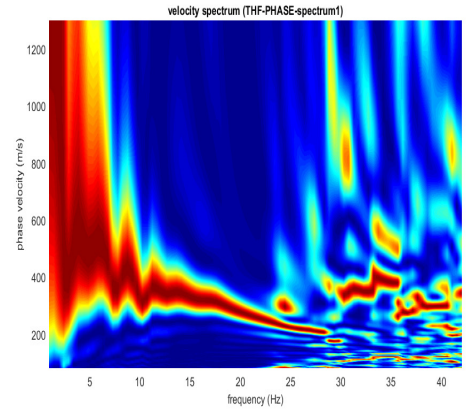
MASW spettro ZVF



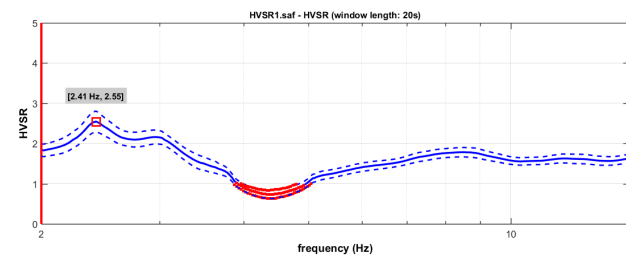
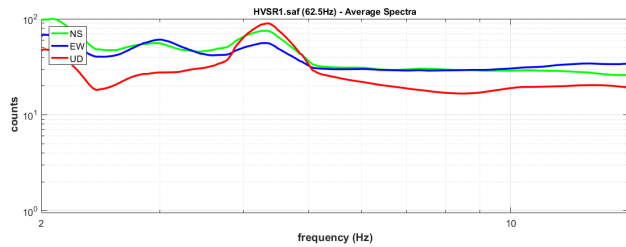
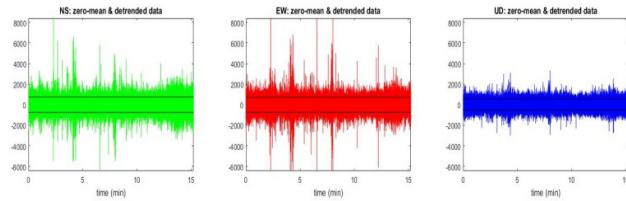
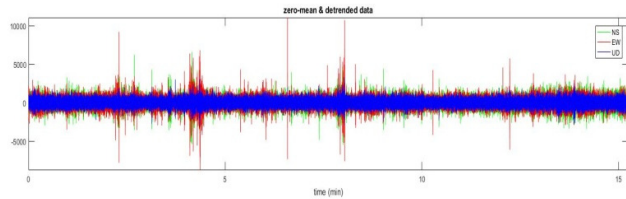
MASW spettro RVF



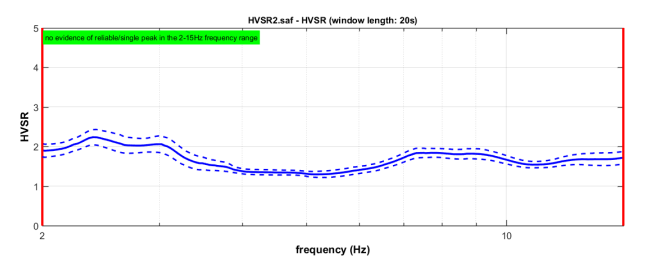
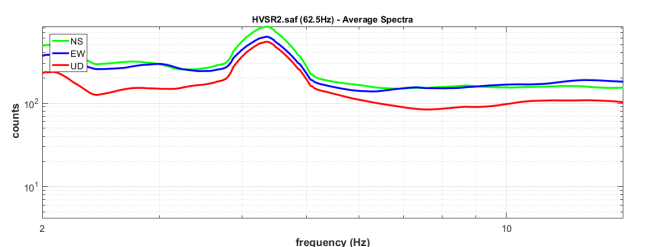
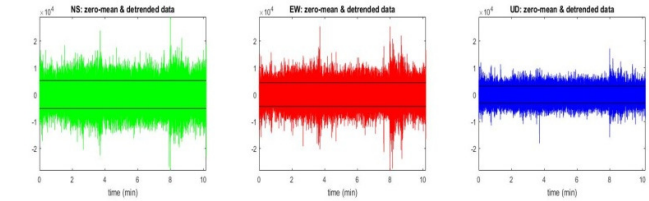
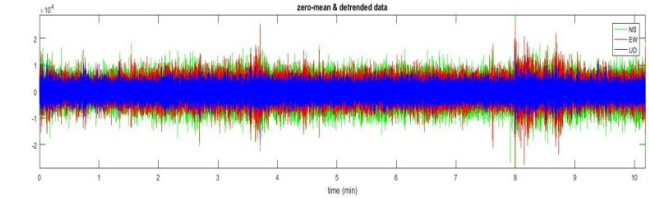
MASW spettro THF



HVSR misura 1



HVSR misura 2

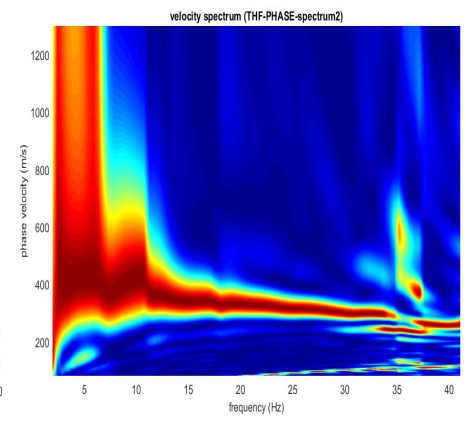
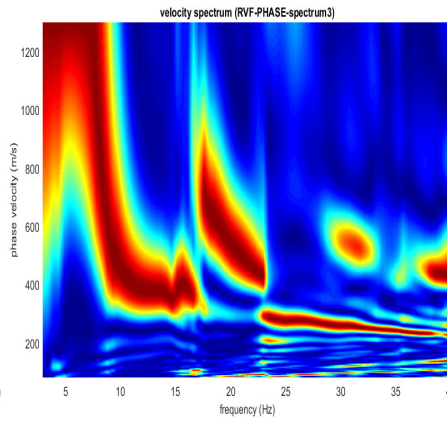
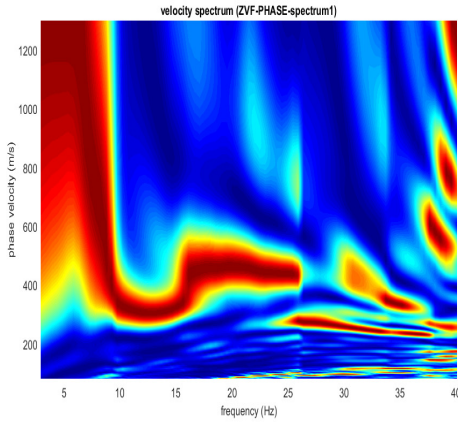


SITO 5: VIA CARDUCCI

MASW spettro ZVF

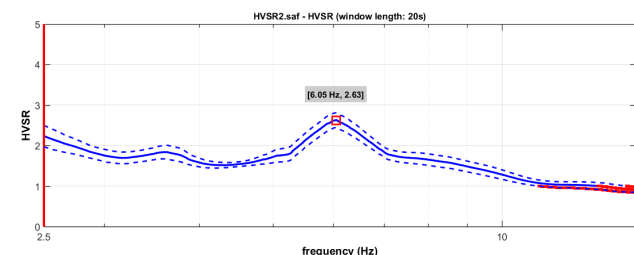
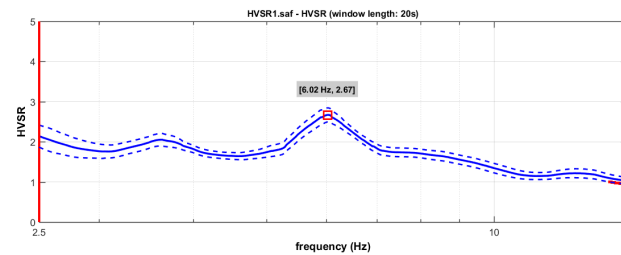
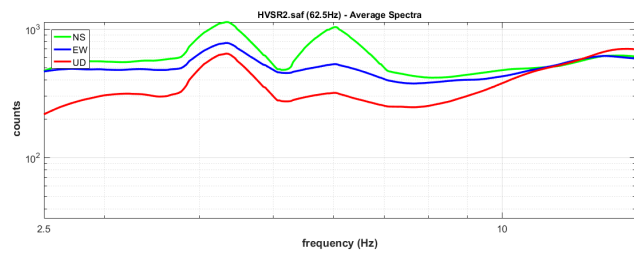
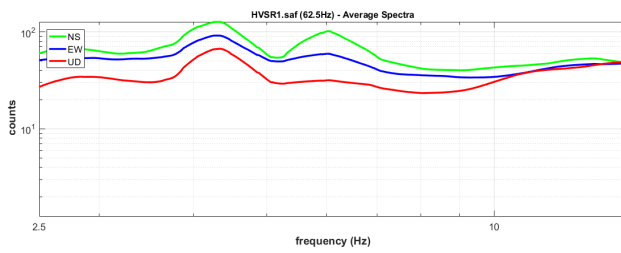
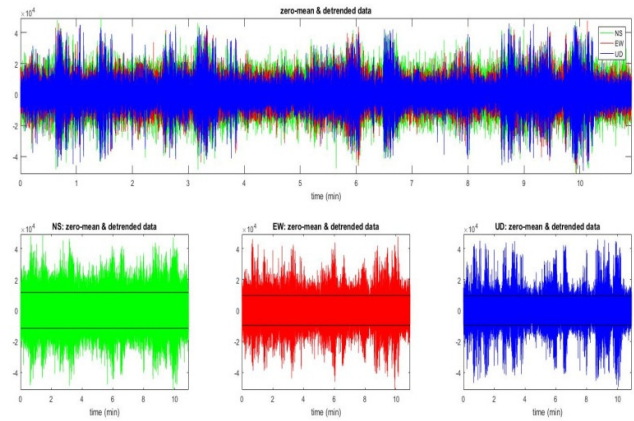
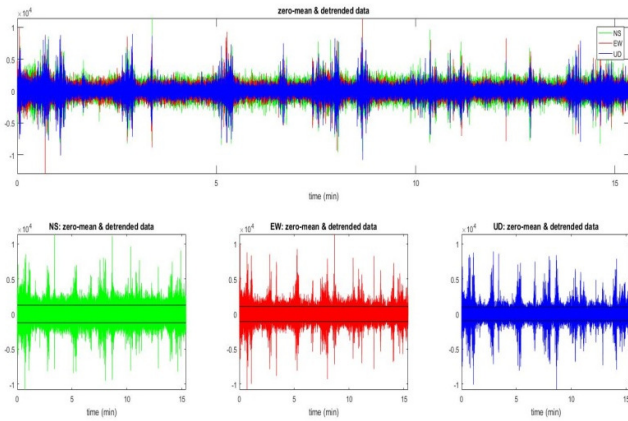
MASW spettro RVF

MASW spettro THF



HVSR misura 1

HVSR misura 2

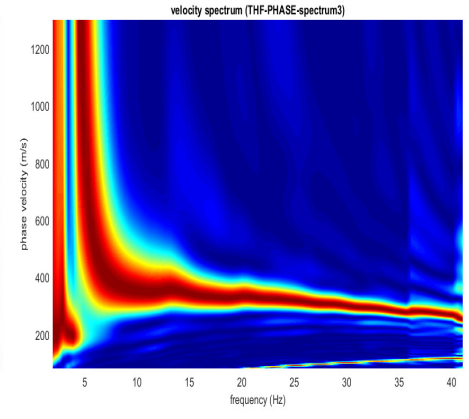
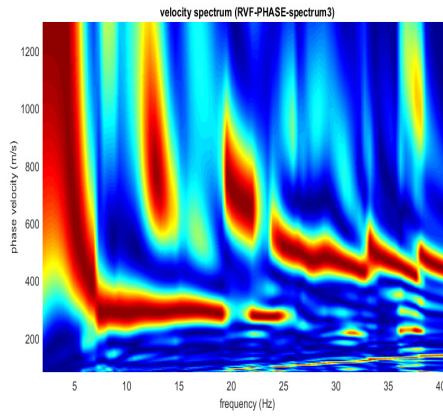
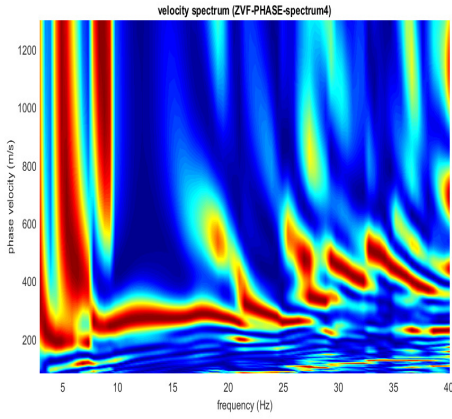


SITO 6: VIA CESARE BATTISTI

MASW spettro ZVF

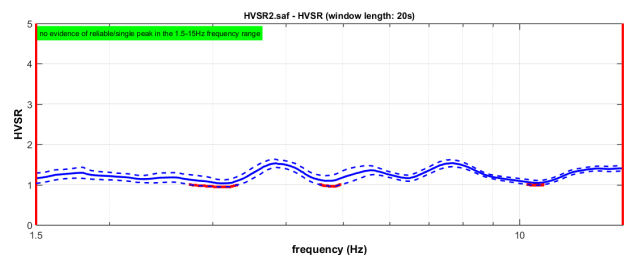
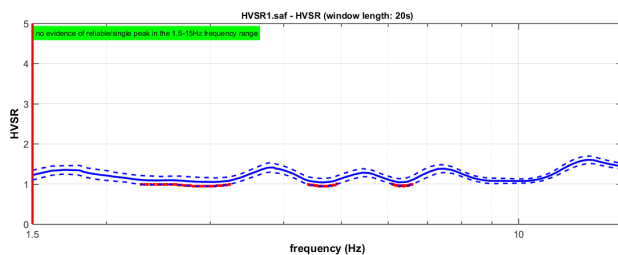
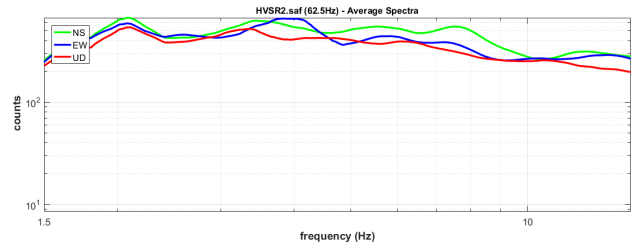
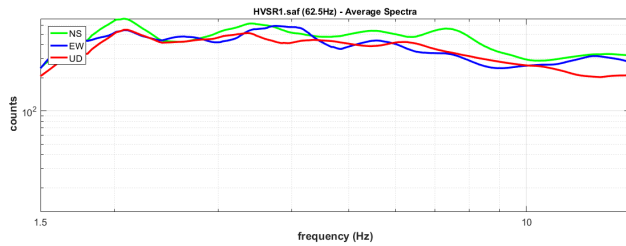
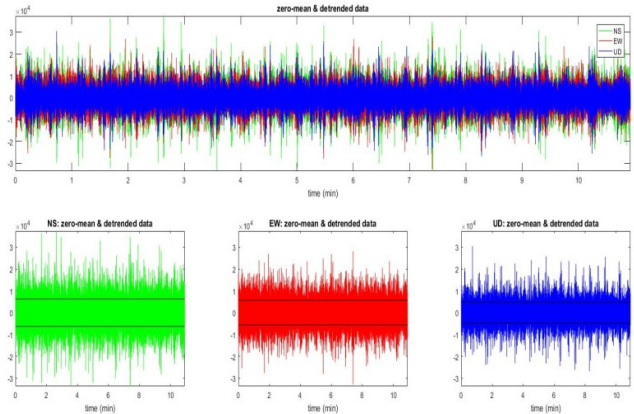
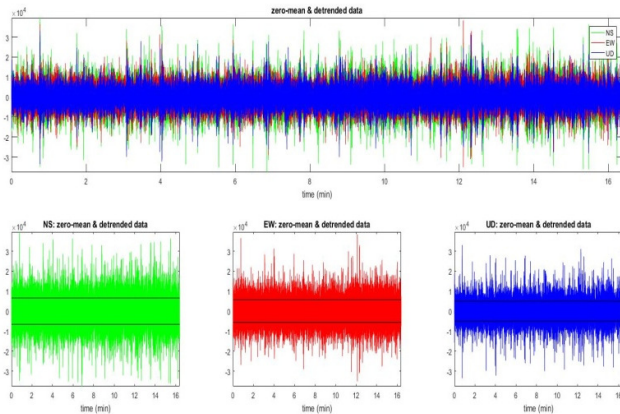
MASW spettro RVF

MASW spettro THF



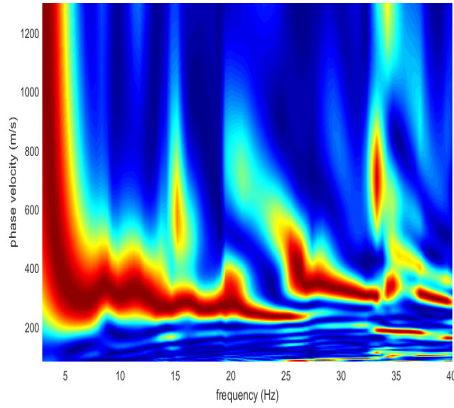
HVSR misura 1

HVSR misura 2

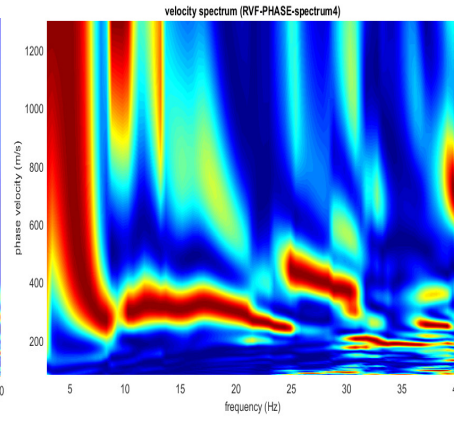


SITO 7: CHIESA RONDINERA

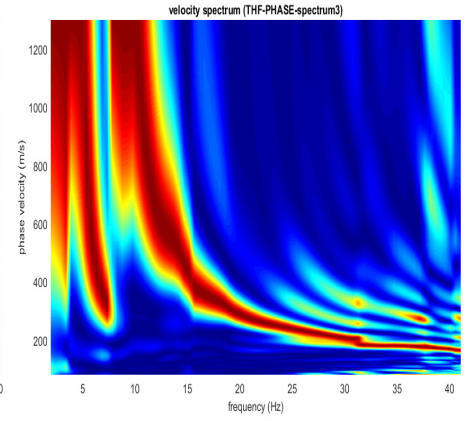
MASW spettro ZVF



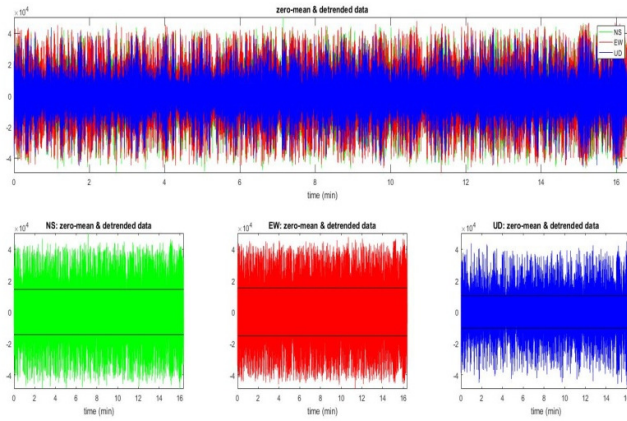
MASW spettro RVF



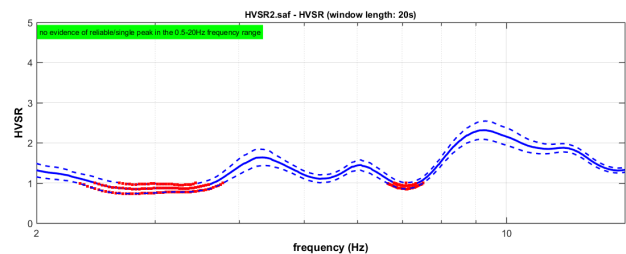
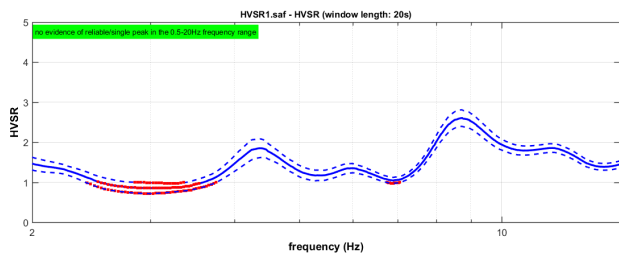
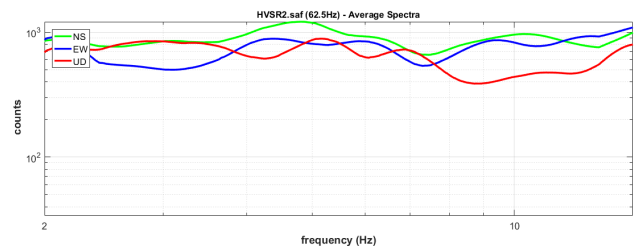
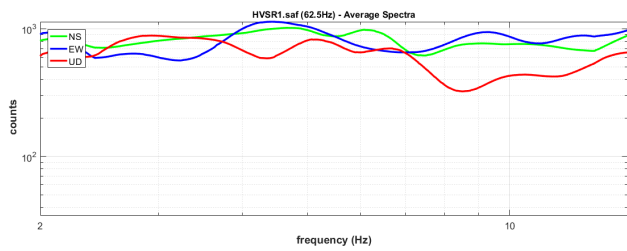
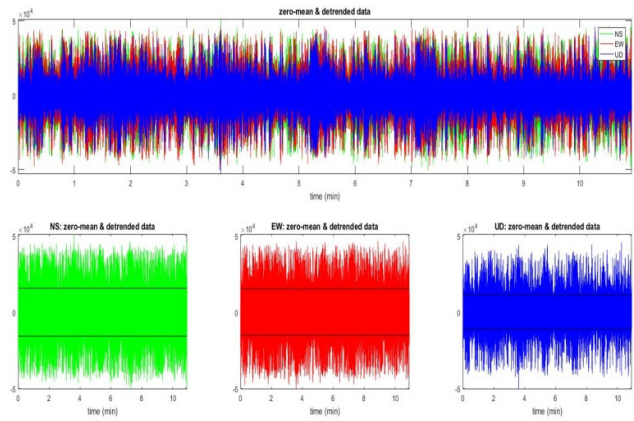
MASW spettro THF



HVSR misura 1



HVSR misura 2

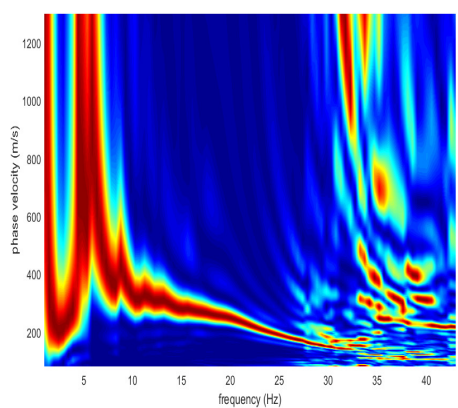
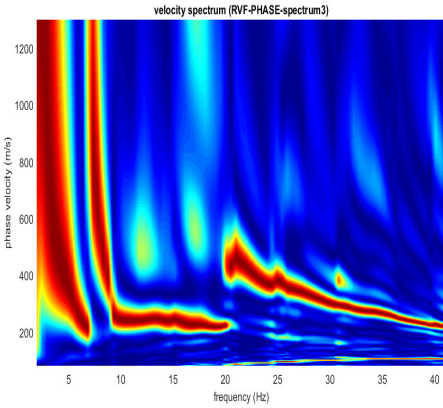
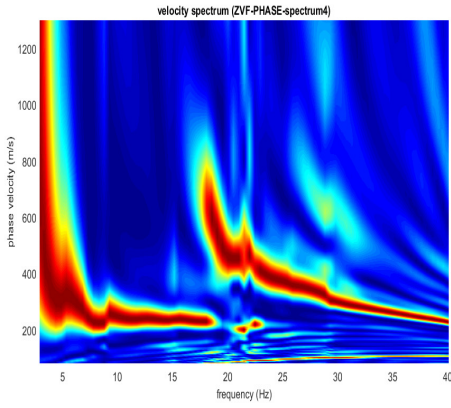


SITO 8: VIA ADAMELLO

MASW spettro ZVF

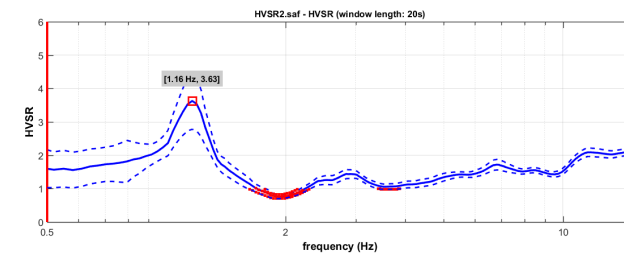
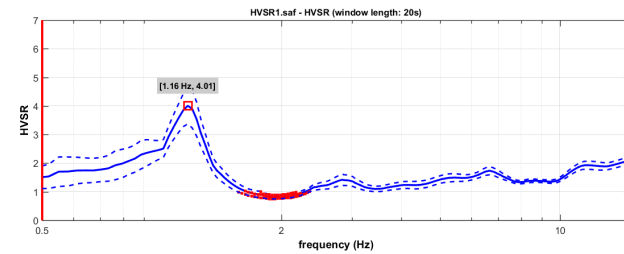
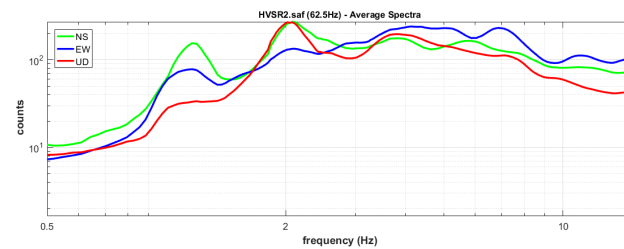
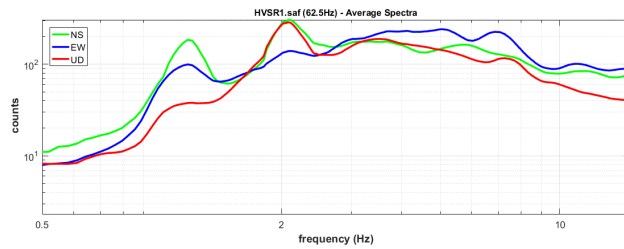
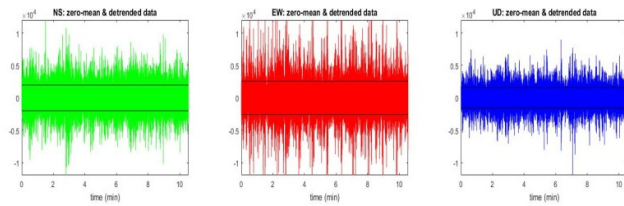
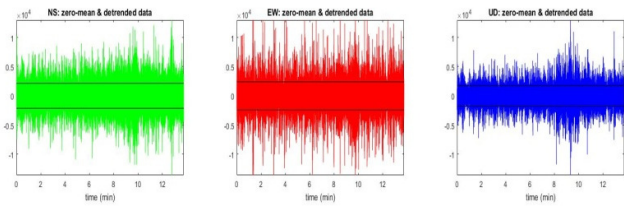
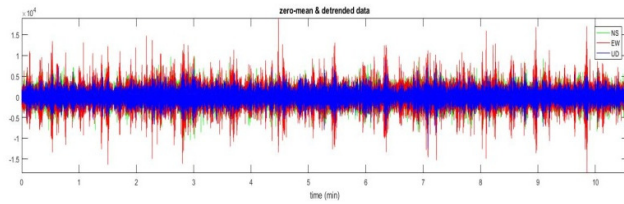
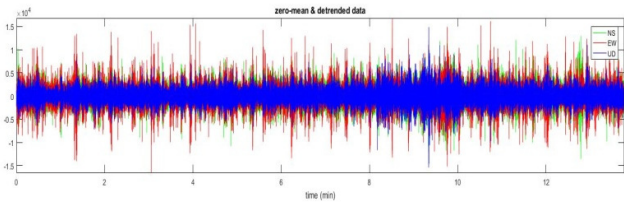
MASW spettro RVF

MASW spettro THF



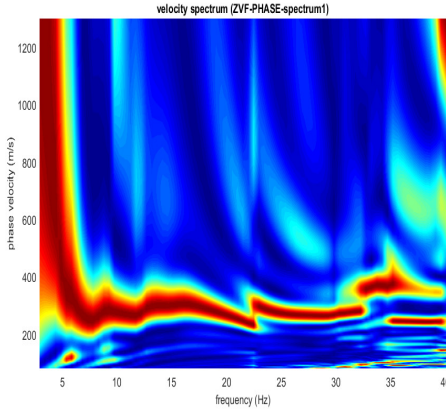
HVSR misura 1

HVSR misura 2

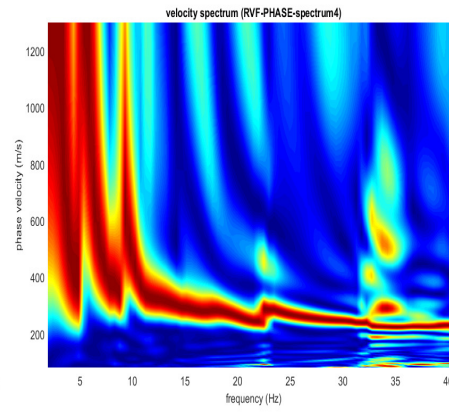


SITO 9: SCUOLE 2017

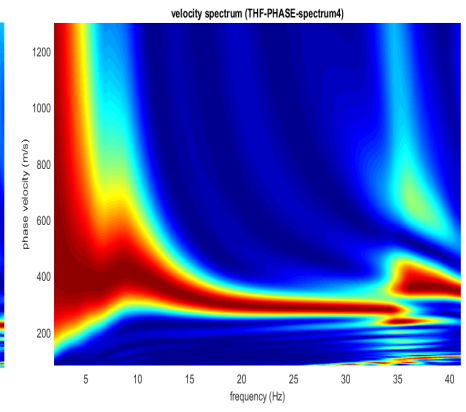
MASW spettro ZVF



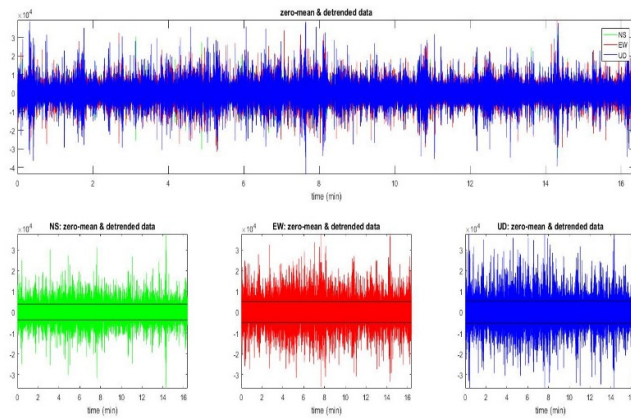
MASW spettro RVF



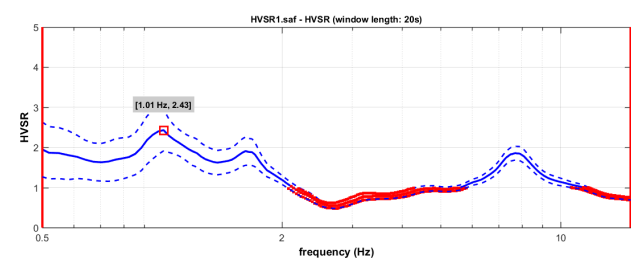
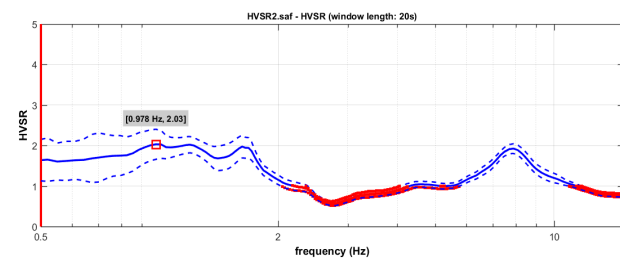
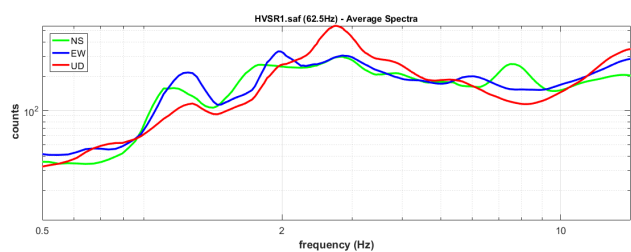
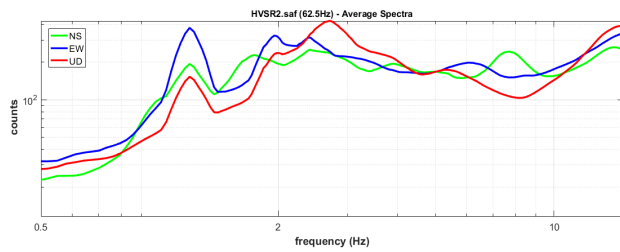
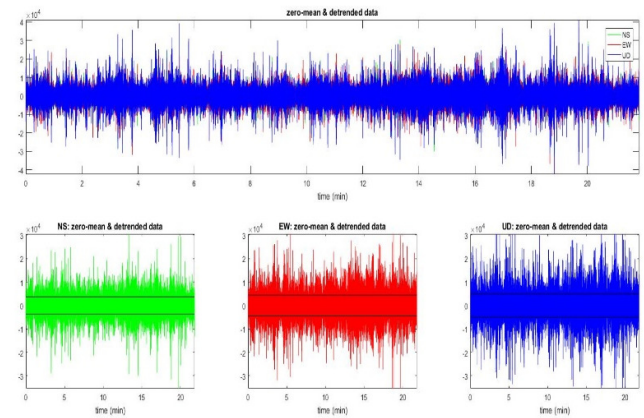
MASW spettro THF



HVSR misura 1



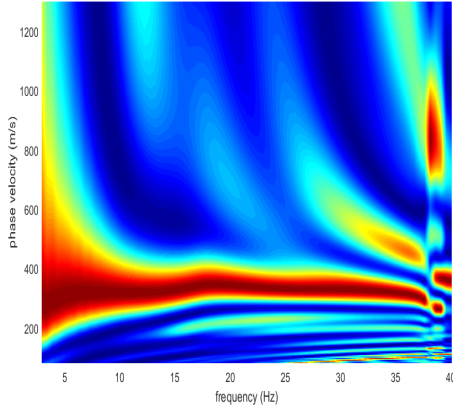
HVSR misura 2



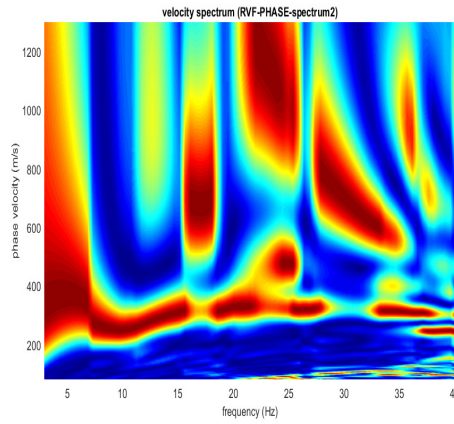
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMiESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectra/m, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

SITO 10: VIA RONDINERA

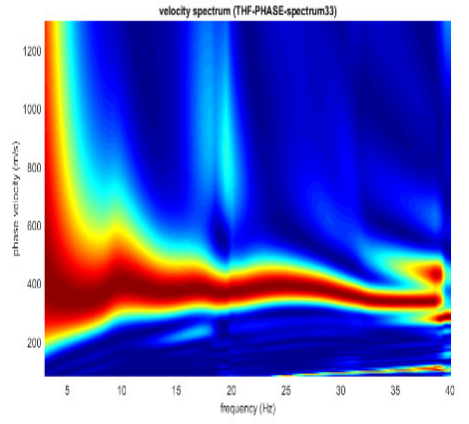
MASW spettro ZVF



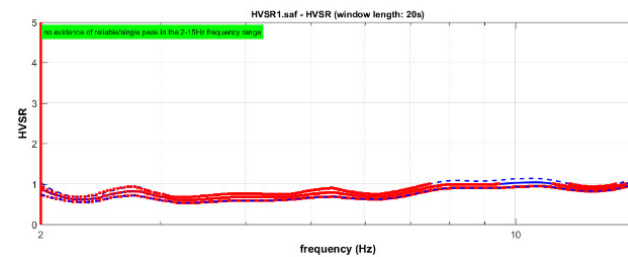
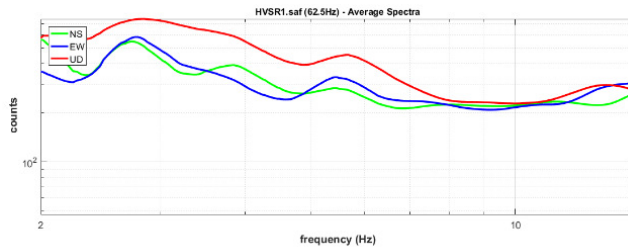
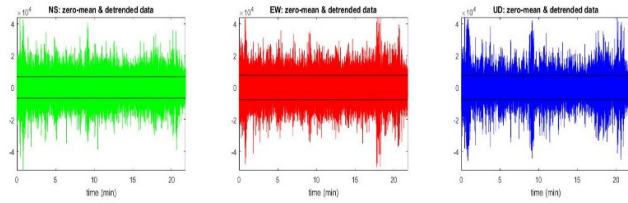
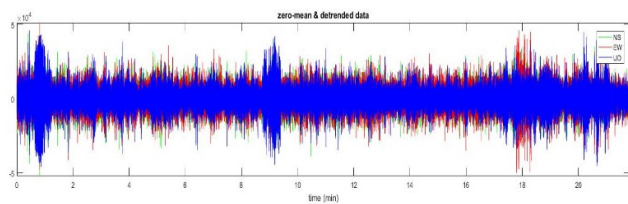
MASW spettro RVF



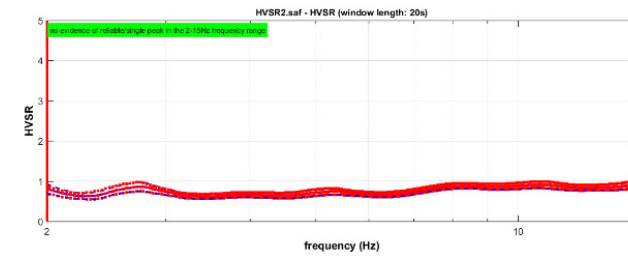
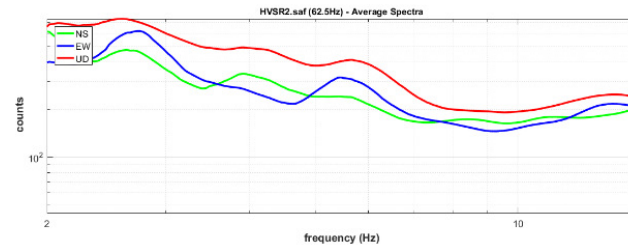
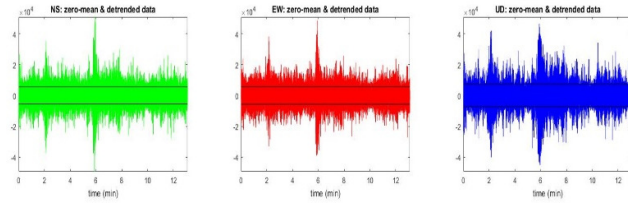
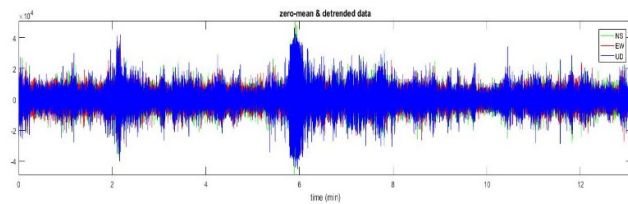
MASW spettro THF



HVSR misura 1

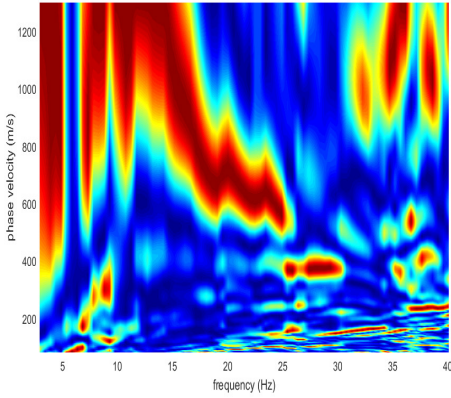


HVSR misura 2

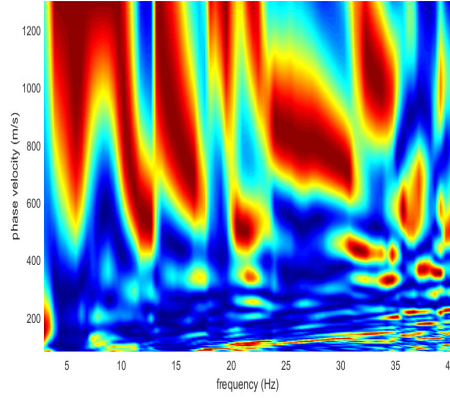


SITO 11: CASTELFRANCO

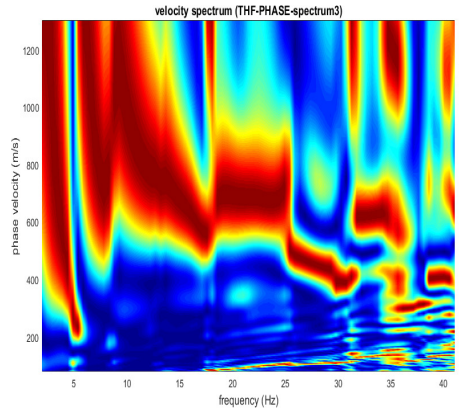
MASW spettro ZVF



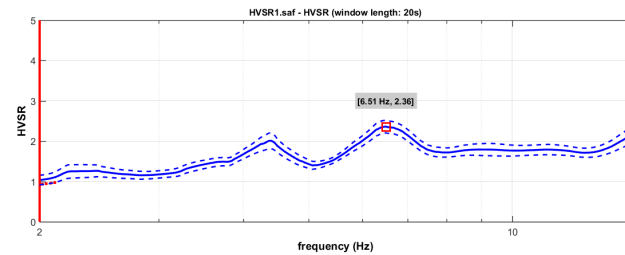
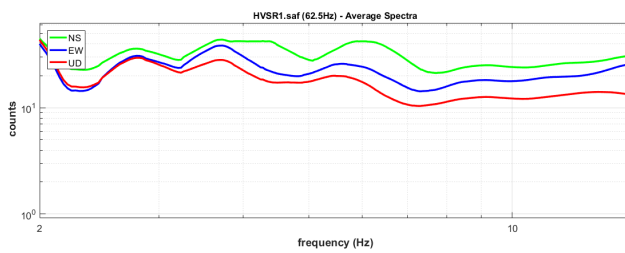
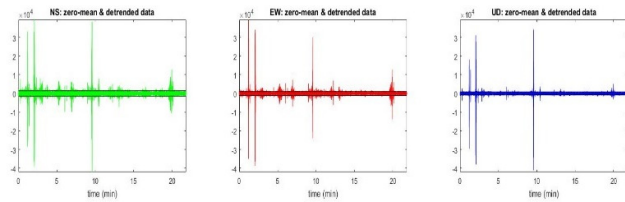
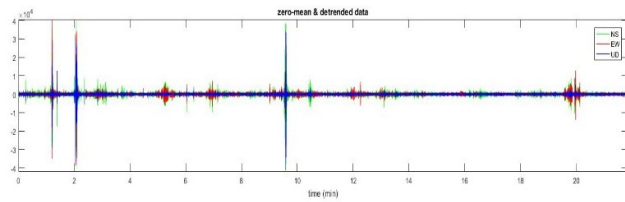
MASW spettro RVF



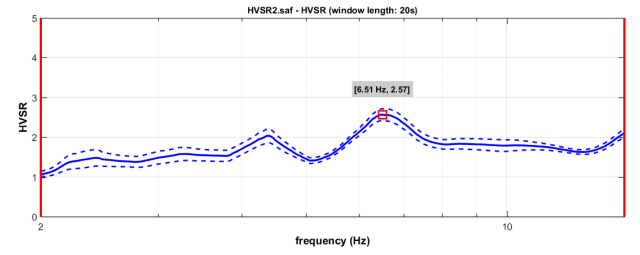
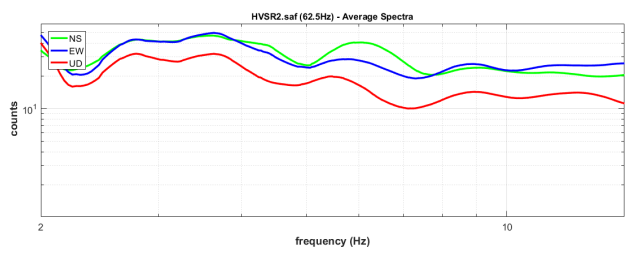
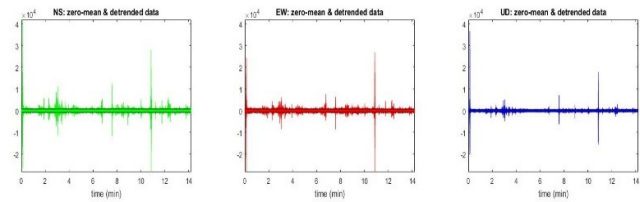
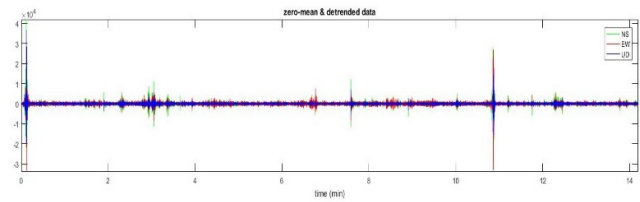
MASW spettro THF



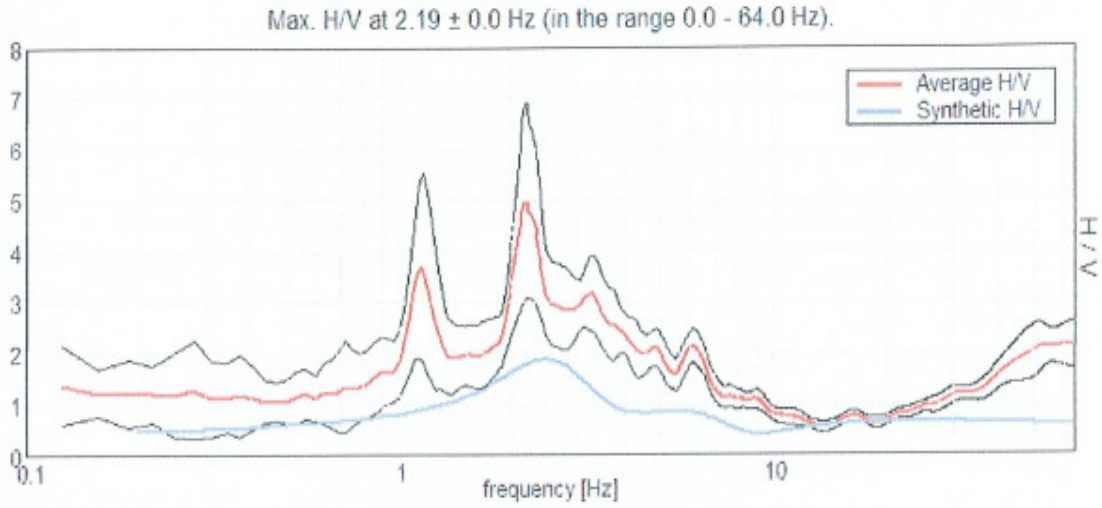
HVSR misura 1



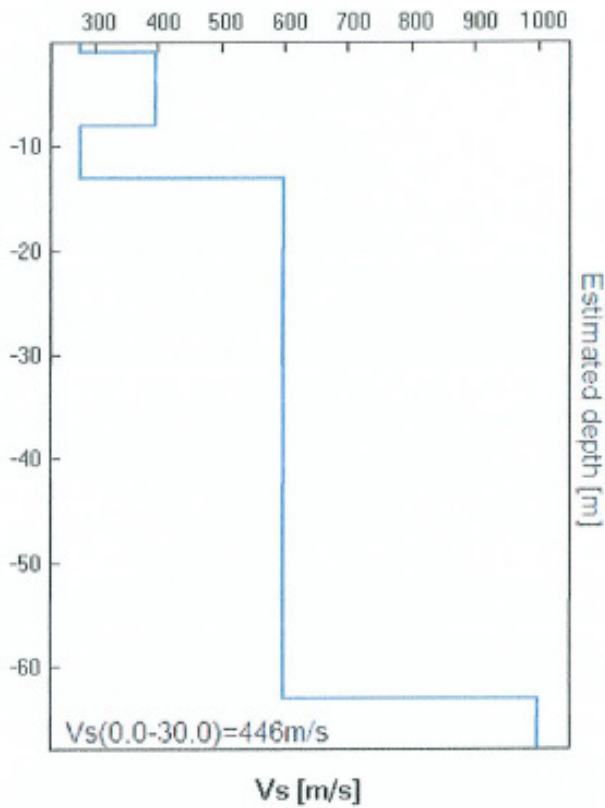
HVSR misura 2



SITO 12: HVSR VIA ROMA (preesistente)



Curva H/V media (rosso) e curva H/V teorica per il modello elaborato (blu)



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] |
|---------------------------------------|--------------|----------|
| 1 | 1 | 280 |
| 8 | 7 | 400 |
| 13 | 5 | 280 |
| 63 | 50 | 600 |
| - | - | 1000 |

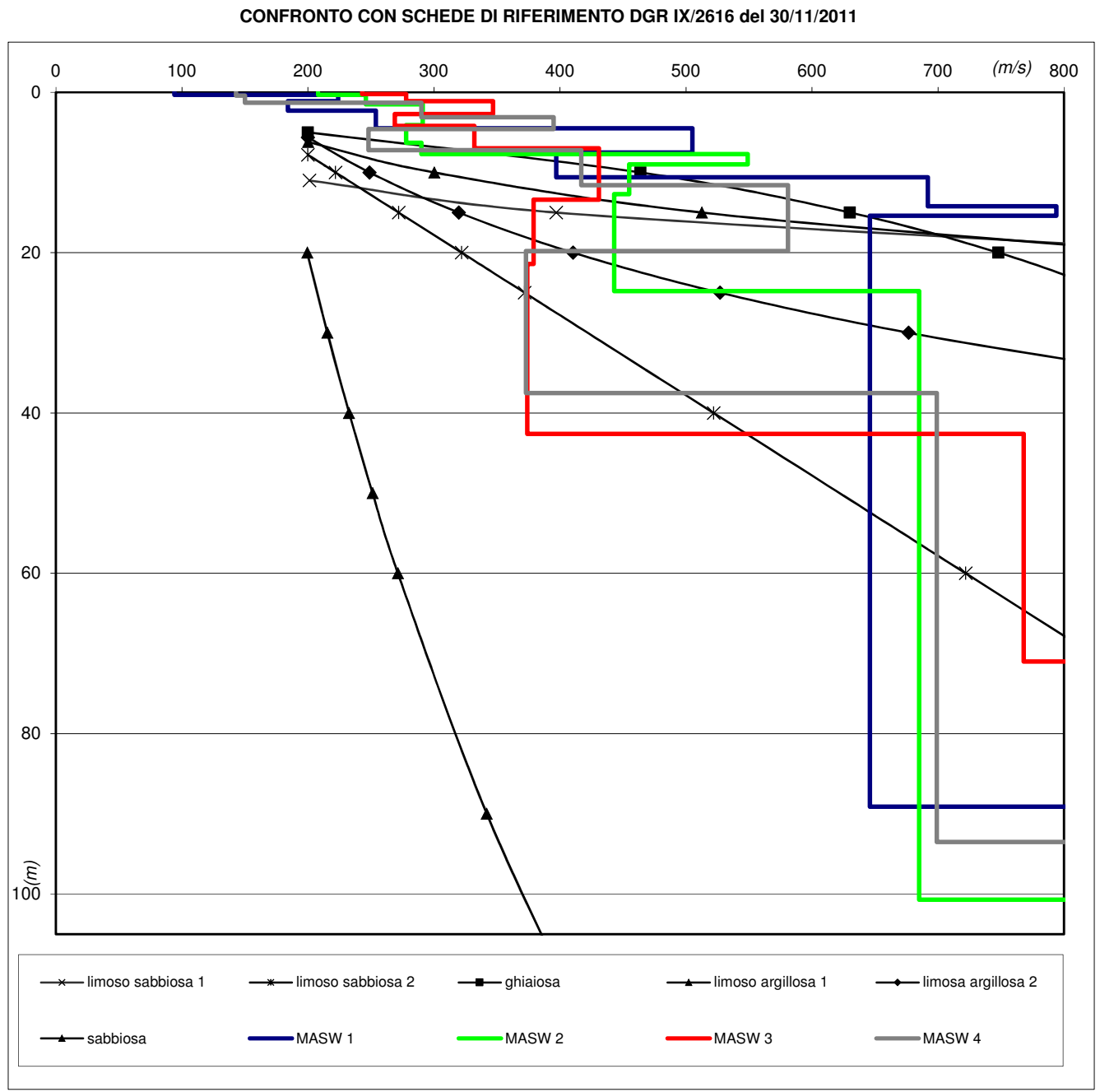
Profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto

| da | a | m | Vs= | m/s |
|------|------|---|--------|-----|
| 0.0 | 0.3 | m | 94.0 | m/s |
| 0.3 | 1.1 | m | 224.0 | m/s |
| 1.1 | 2.3 | m | 184.0 | m/s |
| 2.3 | 4.5 | m | 254.0 | m/s |
| 4.5 | 7.5 | m | 505.0 | m/s |
| 7.5 | 10.6 | m | 397.0 | m/s |
| 10.6 | 14.2 | m | 692.0 | m/s |
| 14.2 | 15.4 | m | 794.0 | m/s |
| 15.4 | 89.1 | m | 646.0 | m/s |
| 89.1 | | m | 1059.0 | m/s |

| da | a | m | Vs= | m/s |
|-------|-------|---|--------|-----|
| 0.0 | 0.3 | m | 208.0 | m/s |
| 0.3 | 1.5 | m | 246.0 | m/s |
| 1.5 | 4.1 | m | 291.0 | m/s |
| 4.1 | 6.3 | m | 278.0 | m/s |
| 6.3 | 7.7 | m | 290.0 | m/s |
| 7.7 | 9.0 | m | 549.0 | m/s |
| 9.0 | 12.7 | m | 455.0 | m/s |
| 12.7 | 24.8 | m | 443.0 | m/s |
| 24.8 | 100.7 | m | 685.0 | m/s |
| 100.7 | | m | 1250.0 | m/s |

| da | a | m | Vs= | m/s |
|------|------|---|-------|-----|
| 0.0 | 0.2 | m | 243.0 | m/s |
| 0.2 | 1.1 | m | 278.0 | m/s |
| 1.1 | 2.7 | m | 347.0 | m/s |
| 2.7 | 4.2 | m | 269.0 | m/s |
| 4.2 | 7.0 | m | 332.0 | m/s |
| 7.0 | 13.4 | m | 431.0 | m/s |
| 13.4 | 21.4 | m | 379.0 | m/s |
| 21.4 | 42.6 | m | 374.0 | m/s |
| 42.6 | 71.0 | m | 768.0 | m/s |
| 71.0 | | m | 958.0 | m/s |

| da | a | m | Vs= | m/s |
|------|------|---|--------|-----|
| 0.0 | 0.4 | m | 143.0 | m/s |
| 0.4 | 1.3 | m | 150.0 | m/s |
| 1.3 | 3.1 | m | 290.0 | m/s |
| 3.1 | 4.6 | m | 395.0 | m/s |
| 4.6 | 7.2 | m | 248.0 | m/s |
| 7.2 | 11.6 | m | 417.0 | m/s |
| 11.6 | 19.8 | m | 581.0 | m/s |
| 19.8 | 37.5 | m | 373.0 | m/s |
| 37.5 | 93.5 | m | 699.0 | m/s |
| 93.5 | | m | 2090.0 | m/s |

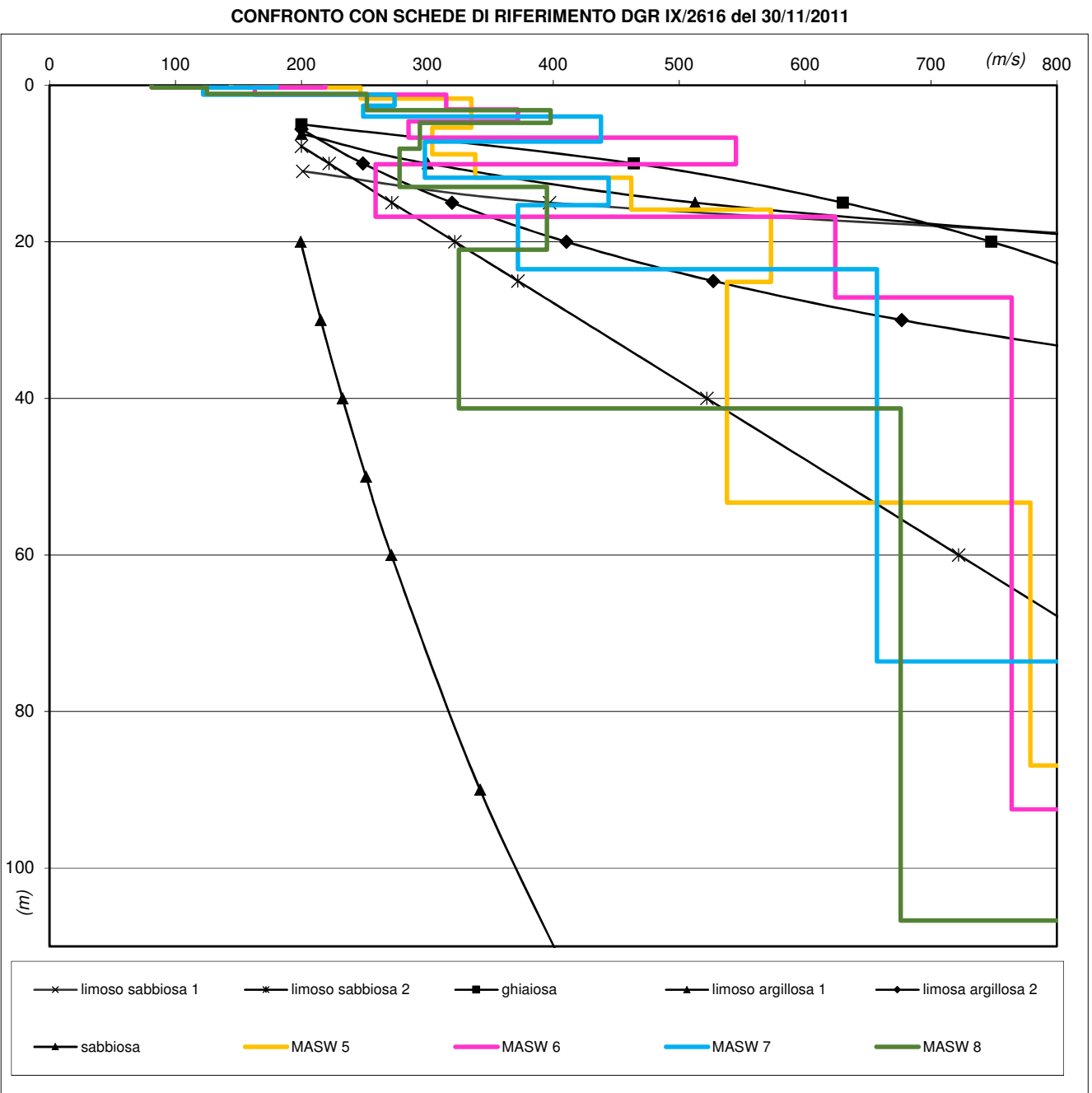


| PROVA SISMICA MASW 5 "VIA CARDUCCI" | | | | | | |
|-------------------------------------|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 144.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.7 | m | Vs= | 247.0 m/s |
| da | 1.7 | a | 5.4 | m | Vs= | 335.0 m/s |
| da | 5.4 | a | 8.8 | m | Vs= | 304.0 m/s |
| da | 8.8 | a | 11.8 | m | Vs= | 338.0 m/s |
| da | 11.8 | a | 15.9 | m | Vs= | 462.0 m/s |
| da | 15.9 | a | 25.1 | m | Vs= | 573.0 m/s |
| da | 25.1 | a | 53.3 | m | Vs= | 538.0 m/s |
| da | 53.3 | a | 86.9 | m | Vs= | 779.0 m/s |
| da | 86.9 | a | | m | Vs= | 1631.0 m/s |

| PROVA SISMICA MASW 6 "VIA CESARE BATTISTI" | | | | | | |
|--|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 219.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.2 | m | Vs= | 163.0 m/s |
| da | 1.2 | a | 3.1 | m | Vs= | 315.0 m/s |
| da | 3.1 | a | 4.6 | m | Vs= | 372.0 m/s |
| da | 4.6 | a | 6.7 | m | Vs= | 285.0 m/s |
| da | 6.7 | a | 10.1 | m | Vs= | 545.0 m/s |
| da | 10.1 | a | 16.8 | m | Vs= | 259.0 m/s |
| da | 16.8 | a | 27.1 | m | Vs= | 624.0 m/s |
| da | 27.1 | a | 92.5 | m | Vs= | 764.0 m/s |
| da | 92.5 | a | 92.5 | m | Vs= | 2075.0 m/s |

| PROVA SISMICA MASW 7 "PIAZZA GIUDICI" | | | | | | |
|---------------------------------------|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 180.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.2 | m | Vs= | 122.0 m/s |
| da | 1.2 | a | 2.6 | m | Vs= | 274.0 m/s |
| da | 2.6 | a | 4.0 | m | Vs= | 249.0 m/s |
| da | 4.0 | a | 7.2 | m | Vs= | 438.0 m/s |
| da | 7.2 | a | 11.8 | m | Vs= | 298.0 m/s |
| da | 11.8 | a | 15.3 | m | Vs= | 444.0 m/s |
| da | 15.3 | a | 23.5 | m | Vs= | 372.0 m/s |
| da | 23.5 | a | 73.6 | m | Vs= | 657.0 m/s |
| da | 73.6 | a | | m | Vs= | 2336.0 m/s |

| PROVA SISMICA MASW 8 "VIA ADAMELLO" | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---|-------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 81.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.1 | m | Vs= | 125.0 m/s |
| da | 1.1 | a | 3.2 | m | Vs= | 252.0 m/s |
| da | 3.2 | a | 4.8 | m | Vs= | 398.0 m/s |
| da | 4.8 | a | 8.1 | m | Vs= | 294.0 m/s |
| da | 8.1 | a | 13.0 | m | Vs= | 278.0 m/s |
| da | 13.0 | a | 21.0 | m | Vs= | 395.0 m/s |
| da | 21.0 | a | 41.3 | m | Vs= | 325.0 m/s |
| da | 41.3 | a | 106.7 | m | Vs= | 676.0 m/s |
| da | 106.7 | a | | m | Vs= | 2093.0 m/s |

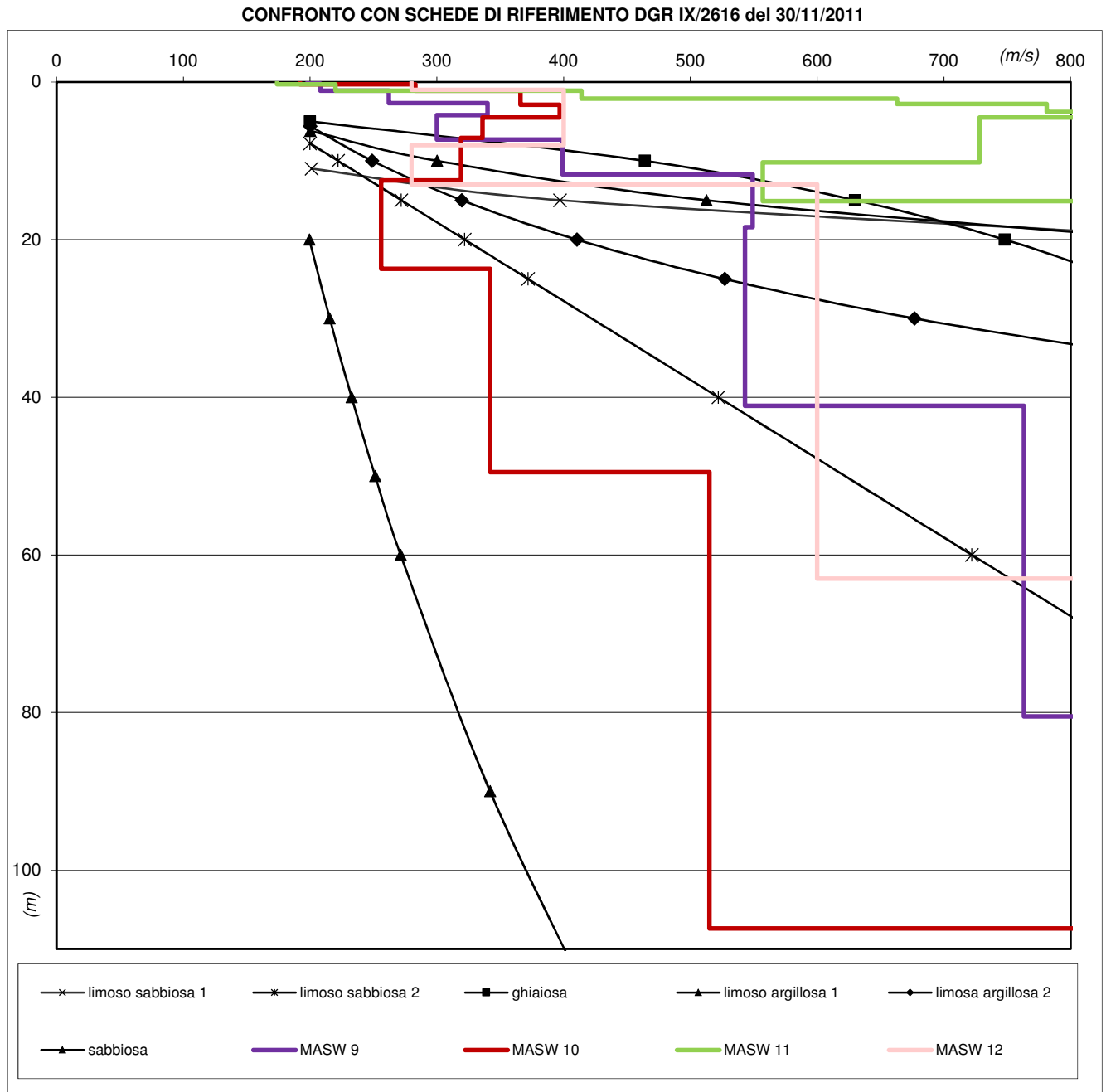


| PROVA SISMICA MASW 9 "SCUOLE 2017" | | | | | | |
|------------------------------------|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.2 | m | Vs= | 198.0 m/s |
| da | 0.2 | a | 1.1 | m | Vs= | 208.0 m/s |
| da | 1.1 | a | 2.7 | m | Vs= | 262.0 m/s |
| da | 2.7 | a | 4.2 | m | Vs= | 340.0 m/s |
| da | 4.2 | a | 7.3 | m | Vs= | 300.0 m/s |
| da | 7.3 | a | 11.7 | m | Vs= | 399.0 m/s |
| da | 11.7 | a | 18.4 | m | Vs= | 549.0 m/s |
| da | 18.4 | a | 41.1 | m | Vs= | 543.0 m/s |
| da | 41.1 | a | 80.5 | m | Vs= | 763.0 m/s |
| da | 80.5 | a | | m | Vs= | 1624.0 m/s |

| PROVA SISMICA MASW 10 "VIA RONDINERA" | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|---|-------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 192.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.1 | m | Vs= | 283.0 m/s |
| da | 1.1 | a | 2.9 | m | Vs= | 366.0 m/s |
| da | 2.9 | a | 4.5 | m | Vs= | 397.0 m/s |
| da | 4.5 | a | 7.1 | m | Vs= | 336.0 m/s |
| da | 7.1 | a | 12.5 | m | Vs= | 319.0 m/s |
| da | 12.5 | a | 23.7 | m | Vs= | 256.0 m/s |
| da | 23.7 | a | 49.5 | m | Vs= | 342.0 m/s |
| da | 49.5 | a | 107.4 | m | Vs= | 515.0 m/s |
| da | 107.4 | a | | m | Vs= | 2015.0 m/s |

| PROVA SISMICA MASW 11 "CASTERLFRANCO" | | | | | | |
|---------------------------------------|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 0.3 | m | Vs= | 174.0 m/s |
| da | 0.3 | a | 1.1 | m | Vs= | 220.0 m/s |
| da | 1.1 | a | 2.1 | m | Vs= | 414.0 m/s |
| da | 2.1 | a | 2.8 | m | Vs= | 663.0 m/s |
| da | 2.8 | a | 3.8 | m | Vs= | 781.0 m/s |
| da | 3.8 | a | 4.5 | m | Vs= | 947.0 m/s |
| da | 4.5 | a | 10.2 | m | Vs= | 728.0 m/s |
| da | 10.2 | a | 15.1 | m | Vs= | 557.0 m/s |
| da | 15.1 | a | 19.9 | m | Vs= | 870.0 m/s |
| da | 19.9 | a | | m | Vs= | 2059.0 m/s |

| HVSR 12 "VIA ROMA - esistente" | | | | | | |
|--------------------------------|------|---|------|---|-----|------------|
| da | 0.0 | a | 1.0 | m | Vs= | 280.0 m/s |
| da | 1.0 | a | 8.0 | m | Vs= | 400.0 m/s |
| da | 8.0 | a | 13.0 | m | Vs= | 280.0 m/s |
| da | 13.0 | a | 63.0 | m | Vs= | 600.0 m/s |
| da | 63.0 | a | 70.0 | m | Vs= | 1000.0 m/s |



SCAVO AS 1 VIA GIUSTI – PALESTRA SCUOLE ELEMENTARI ROGNO

| | | | | |
|--|----------|---------|--------|---|
| Geo.Te.C. Tecnica Camuna 0364-533637 Via Albera 3 Darfo Boario Terme (BS) | Geologia | Data | Comune | Località |
| | | apr2003 | ROGNO | Via Giusti - Palestra Scuole Elementari |

| Scavo n. 1 - verso monte - (profondità max 4.1 m da piano campagna) | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|----|----|----|----|----|--|---------------------------------|---------------|-------------|
| prof (m) | strat | B | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ (V/m ³) | ϕ (°) | PP (Kpa) |
| | | % | | | | | | | | | |
| 0.50 | | / | / | / | / | / | / | Suolo | / | / | / |
| 0.90 | | / | 25 | 45 | 20 | 5 | 5 | Ghiaia e ghiaia con ciottoli | 1.75 | 38 | / |
| 1.20 | | / | 5 | 65 | 15 | 10 | 5 | Ghiaia con matrice sabbioso limosa molto porosa; deposito poco addensato, con clasti imballati nella matrice. Matrice mediamente plastica e adesiva. | 1.7 | 30 | 75 - 100 |
| 1.40 | | / | / | 30 | 40 | 20 | 10 | Sabbia ghiaiosa con matrice sabbioso-limosa medio fine, molto porosa. Deposito plastico e adesivo. | 1.7 | 30 | / |
| 1.50 | | / | / | 40 | 40 | 15 | 5 | Ghiaia e sabbia fini con frazione limosa. | | 29 | 75 - 100 |
| 1.60 | | / | 10 | 50 | 25 | 10 | 5 | Ghiaia sabbiosa con clasti imballati entro matrice limosa. | 1.75 | 38 | / |
| 1.70 | | / | 5 | 65 | 15 | 10 | 5 | Ghiaia con matrice sabbioso-limosa molto porosa. | 1.7 | 38 | / |
| 2.10 | | / | / | 25 | 55 | 10 | 5 | Sabbia ghiaiosa con matrice fine limoso-argillosa | 1.7 | 33 | / |
| 2.30 | | / | 10 | 35 | 45 | 5 | 5 | Sabbia e ghiaia con ciottoli | 1.75 | 38 | / |
| 2.60 | | / | / | 20 | 60 | 15 | 5 | Sabbia medio-fine con ghiaia e matrice limosa. | 1.75 | 29 | 75 - 100 |
| 2.80 | | / | / | 20 | 60 | 15 | 5 | Sabbia grossolana con ghiaia e matrice limosa. | 1.75 | 32 - 33 | / |
| 2.90 | | / | / | 20 | 60 | 15 | 5 | Sabbia medio-fine con ghiaia e matrice limosa. | 1.75 | 29 | / |
| 3.10 | | / | 10 | 60 | 20 | 5 | 5 | Ghiaia | 1.75 | 36 | / |
| 3.20 | | / | / | 20 | 60 | 15 | 5 | Sabbia medio-fine con ghiaia e matrice limosa. | 1.7 | 32 | / |
| 3.30 | | / | / | 35 | 40 | 10 | 5 | Sabbia e ghiaia con matrice fine. | 1.75 | 33 | / |
| 3.40 | | / | / | / | 85 | 10 | 5 | Sabbia medio-fine. | 1.7 | 32 | / |
| 3.60 | | / | / | 20 | 50 | 20 | 10 | Lento sabbioso limoso (con frazione sabbiosa molto fina), molto plastico e di colore grigio. Contiene frammenti di carbone. | 1.65 | 27 | / |
| 4.10 | | / | / | 30 | 40 | 20 | 10 | Sabbia e ghiaia con intercalazioni di lenti sabbioso limose molto plastiche, con frammenti di carbone. | 1.65 - 1.7 | 27 - 34 | / |
| 5 | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|-------------------------|
| Legenda: | | | | | | |
| | | | | | | |
| Cotica superficiale | Ghiaia | Ghiaia e sabbia | Ghiaia sabbiosa | Sabbia ghiaiosa | Sabbia | Sabbia-limosa argillosa |
| PP: Pocket penetrometro | | | | | | |

| Geo.Te.C. Tecnica Camuna 0364-533637 Via Albera 3 Darfo Boario Terme (BS) | | Geologia | | Data apr2003 | Comune ROGNO | | Località Via Giusti - Palestra Scuole Elementari | | | | |
|---|-------|----------|----|-----------------|-----------------|----|---|--|-------------------------|------------------------|-------------|
| Scavo n. 2 - verso valle - (profondità max 4.5 m da piano campagna) | | | | | | | | | | | |
| prof (m) | strat | B | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ (l/m^3) | ϕ ($^\circ$) | PP (Kpa) |
| | | (%) | | | | | | | | | |
| 0.20 | | / | / | / | / | / | / | Suolo | / | / | / |
| 0.40 | | / | 10 | 35 | 40 | 10 | 5 | Ghiaia e sabbia (in cui prevale la frazione media) | 1.75 | 36 | / |
| 0.60 | | / | 10 | 35 | 40 | 10 | 5 | Ghiaia e sabbia (in cui prevale la frazione grossa) | 1.8 | 38 | / |
| 0.80 | | / | 10 | 50 | 25 | 10 | 5 | Ghiaia sabbiosa immersa in matrice limosa | 1.75 | 38 | / |
| 1 | | / | 25 | 45 | 20 | 5 | 5 | Ghiaia grossa con ciottoli | 1.8 | 38 | / |
| 2 | | / | 10 | 50 | 20 | 10 | 5 | Intercalazioni tra livelli di ghiaie pulite con un angolo di attrito molto alto (circa 38 $^\circ$) e ghiaie con sabbie con un angolo di attrito leggermente più basso (circa 37 $^\circ$). Il 20% del deposito è rappresentato da livelli ghiaiosi con matrice molto plastica sabbioso - limosa (angolo di attrito circa 30 $^\circ$). | 1.75 | 34 | / |
| 2.10 | | / | / | 20 | 50 | 20 | 10 | Livello sabbioso-limoso molto poroso. La frazione fine è preponderante. E' presente anche una percentuale di argilla. | 1.65 | 29 - 30 | |
| 2.30 | | / | / | 60 | 25 | 10 | 5 | Ghiaia medio fine. | 1.8 | 38 | / |
| 2.70 | | / | / | 30 | 40 | 15 | 5 | Livello con ghiaia sabbiosa (in cui prevalgono le componenti medio-fini); i clasti sono imballati in una matrice fine limoso-argillosa; il deposito è molto poroso. | 1.7 | 30 | 100 - 120 |
| 3 | | / | / | 35 | 40 | 10 | 5 | Livello con ghiaia sabbiosa (in cui prevalgono le componenti grossolane); i clasti sono imballati in una matrice fine limoso-argillosa; il deposito è molto poroso. | 1.7 | 33 | / |
| 3.10 | | / | / | 20 | 50 | 20 | 10 | Livello sabbioso-limoso molto plastico. | 1.65 | 27 | 75 - 100 |
| 3.20 | | / | / | 40 | 40 | 10 | 5 | Intercalazioni di livelli di ghiaie e di livelli sabbioso limosi (avente ciascuno uno spessore di 3-4 cm). | 1.75 | 34 | / |
| 3.60 | | / | 20 | 50 | 20 | 5 | 5 | Ghiaie e ciottoli con una percentuale molto bassa di sabbia e di frazione fine. | 1.8 | 36 | / |
| 3.90 | | / | / | 20 | 50 | 20 | 10 | Livello sabbioso-limoso (con frazione sabbiosa molto fine), molto plastico e di colore grigio. Contiene frammenti di carbone. Va ispessendosi verso valle (denota notevoli variazioni laterali); laddove appare con uno spessore maggiore mostra un'intercalazione sabbiosa di 4.5 cm di spessore. Il deposito è saturo. | 1.65 | 26 - 27 | 50 - 75 |
| 4.50 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |

| Legenda: | |
|----------|-------------------------|
| | Cotica superficiale |
| | Ghiaia |
| | Ghiaia e sabbia |
| | Ghiaia sabbiosa |
| | Sabbia ghiaiosa |
| | Sabbia |
| | Sabbia-limoso argillosa |

PP: Pocket penetrometro

SCAVO AS 2 VIA MOLINI - RONDINERA

- da 0 a 2 m circa di profondità: depositi alluvionali da esondazione. Livelli costituiti da sabbia, sabbia limosa o debolmente limosa e subordinatamente limo sabbioso, sciolti e non addensati;
- da 2 a 2,7 m circa: depositi alluvionali di canale. Livelli costituiti principalmente da sabbia con ghiaia, sabbia, ghiaia con sabbia, sciolti e leggermente addensati;
- da 2,7 a 3 m circa: depositi alluvionali di canale. Livelli costituiti principalmente da ghiaia, ghiaia con ciottoli e ghiaia con sabbia, sciolti e leggermente addensati;
- da 3 a 3,8 m circa: depositi alluvionali di canale. Livelli costituiti principalmente da ghiaia con sabbia, sabbia e ghiaia con ciottoli e sabbia, sciolti e leggermente addensati.

SCAVO AS 3 VIA VERGA –ROGNO

- da 0 a 0,3 m di profondità: copertura pedogenizzata;
- da 0,3 a 0,8 m: sabbie limose con scarsi ciottoli;
- da 0,8 a 6 m: ghiaia, ghiaietto e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, a tratti sabbioso-limosa.

SCAVO AS 4 VIA VITTORIO VENETO - BESSIMO

| Profondità dal piano campagna (m) | Scavo 1 | γ (KN/m ²) | Φ (°) |
|-----------------------------------|---|----------------------------------|---------------|
| 0 - 0,6 | Terreno di alterazione sabbioso-ghiaioso con presenza di sostanza organica | – | – |
| 0,6 - 0,9 | Ghiaia grossolana con sabbia. Clasti smussati di natura prevalentemente calcarea. Colore marrone. Livello lenticolare che si chiude verso valle. Ciottoli 5%, Ghiaia 65%; Sabbia 15%; Limo 15% | 17 | 33 |
| 0,9 - 1,20 | Ghiaia prevalentemente grossolana con poca sabbia. Clasti smussati di natura principalmente calcarea. Colore marrone. Ciottoli 5%, Ghiaia 75%; Sabbia 15%; Limo 5% | 17 | 34 |
| 1,20 – 1,50 | Ghiaia media e grossolana con ciottoli e sabbia fine. Colore marrone. Ciottoli 15%, Ghiaia 60%; Sabbia 20%; Limo 5% | 17 | 36-37 |
| 1,50 – 1,80 | Sabbia fine. Colore marrone-ocra. Matrice poco plastica. Presenza di umidità. Sabbia 80%; Limo 20% | 16.5 | 27-28 |
| 1.80 – 2.60 | Sabbia fine con limo e poca ghiaia prevalentemente medio-fine. Matrice plastica. Colore marrone senape. Presenza di umidità. Lo strato è organizzato in sottili livelli nei quali varia il contenuto di ghiaia. Ghiaia 10%; Sabbia 60%; Limo 30% | 16.5 | 27-28 |
| 2.60 – 2.70 | Ghiaia medio-grossolana con sabbia prevalentemente medio-fine. Clasti smussati di natura principalmente calcarea. Colore marrone Ciottoli 5%, Ghiaia 65%; Sabbia 20%; Limo 10% | 17.5 | 36 |

| Profondità dal piano campagna (m) | <u>Scavo 2</u> | γ (KN/m ²) | Φ (°) |
|-----------------------------------|--|----------------------------------|---------------|
| 0 - 0,4 | Terreno di alterazione sabbioso con presenza di sostanza organica (radici etc) | | |
| 0,4 - 0,9 | Ghiaia prevalentemente media con sabbia. Clasti smussati di natura prevalentemente calcarea. Colore marrone scuro. Ghiaia 50%; Sabbia 35%; Limo 15% | 16,5 | 30 |
| 0,9 - 1,30 | Ghiaia prevalentemente medio grossa con sabbia. Clasti smussati di natura principalmente calcarea. Colore marrone-grigio. Ghiaia 70%; Sabbia 20%; Limo 10% | 17,5 | 37 |
| 1,30 – 1,70 | Ghiaia media e grossolana con ciottoli e sabbia. Colore marrone-grigio. Clasti smussati di natura principalmente calcarea Ciottoli 20%, Ghiaia 55%; Sabbia 20%; Limo 5% | 17 | 37 |
| 1,70 – 1,80 | Ghiaia grossolana e fine con ciottoli e sabbia. Clasti smussati di natura principalmente calcarea Ciottoli 10%, Ghiaia 50%; Sabbia 30%; Limo 10% | 17 | 36 |
| 1,80 – 1,90 | Ghiaia medio-fine e sabbia fine. Colore marrone-grigio. Clasti smussati di natura principalmente calcarea Ghiaia 50%; Sabbia 50%; | 17 | 34 |
| 1,90 – 2.20 | Sabbia fine e ghiaia medio fine. Matrice plastica. Ghiaia 30%; Sabbia 35%; Limo 35% | 17 | 26-27 |

SCAVO AS 5 VIA CESARE BATTISITI - RONDINERA

Scavo 1

- da 0 a 0,5 m - materiale di riporto di colore marrone; sabbie e limo con poca ghiaia, presenza di sostanza organica, sciolto e non addensato, con parametri geotecnici scadenti;
- da 0,5 a 1,4 m - sabbia debolmente limosa di colore grigio-verde, leggermente plastica e viscosa, non adesiva, con passate di sabbia fine colore marrone (circa 2-4 cm) e di sabbia verde (circa 6-8 cm); leggermente umido; composizione media : sabbia 60-70%, limo 30-40%; peso di volume 16 kN/m³, angolo di resistenza al taglio 26°-27°; coesione 4 kPa;
- da 1,4 m A 1,8 m - ghiaia con sabbia, ghiaia 70% (all'incirca 20% grossolana, 30% media, 50% fine), sabbia 30%; peso di volume 17,5 kN/m³, angolo di resistenza al taglio 34°-35°.

Scavo 2

- da 0 a 0,55 m - materiale di riporto di colore marrone; sabbie e limo con poca ghiaia, presenza di sostanza organica;
- da 0,55 a 1,5 m - intercalazioni di sabbia fine di colore marrone o grigio e livelli di limo sabbioso debolmente argilloso (limo 70%, sabbia 20%, argilla 10%) di colore grigio-verde, plastico e poco adesivo;
- a 1,2 m è presente anche un livello sottile di torba in via di formazione, sostanzialmente materiale legnoso fradicio e in decomposizione, di colore grigio-verde; questi livelli sono molto umidi, leggermente coesivi e non consolidati; al penetrometro tascabile si hanno valori intorno a 0,5 kg/cm²; per questi livelli si possono assumere nel complesso come rappresentativi dei valori medi dei parametri geotecnici un peso di volume 16 kN/m³, un angolo di resistenza al taglio di picco di 25° ed una coesione 2 kPa, ma si potrebbero avere valori inferiori qualora fossero più diffusi i livelli ricchi di sostanza organica.
- da 1,5 a 1,8 m. ghiaia con ciottoli.

SCAVO AS 6 CIMITERO DI ROGNO

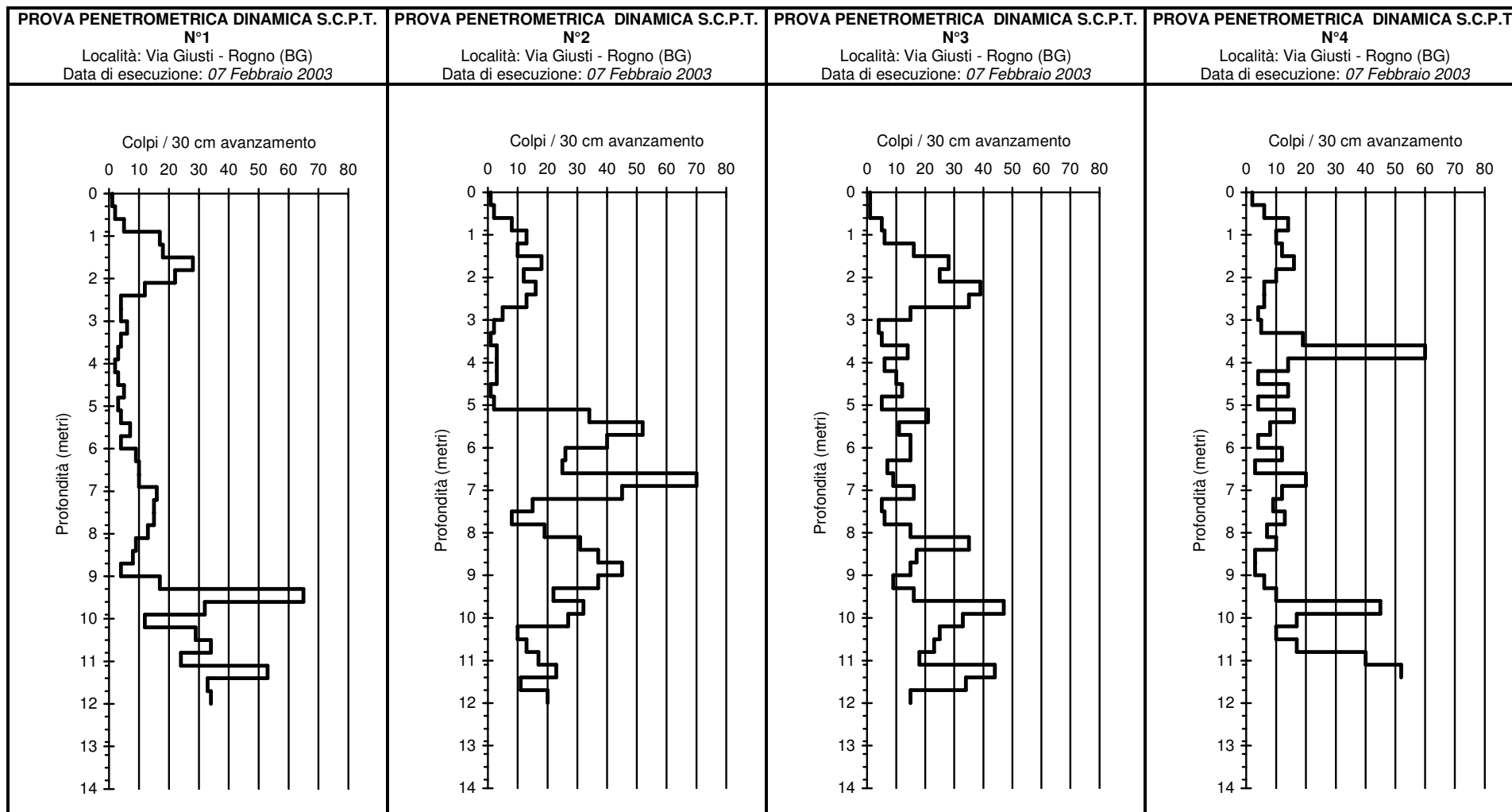
- **Orizzonte superficiale**
 - da 0 a 0,5 m in S1;
 - da 0 a 0,4 in S2Orizzonte costituito da terreno di riporto e dal livello di alterazione e rimaneggiamento dell'orizzonte sottostante; colore marrone-bruno; in media è rappresentato da una ghiaia e pochi ciottoli imballati in matrice di sabbia limosa, con un minimo contenuto di sostanza organica.

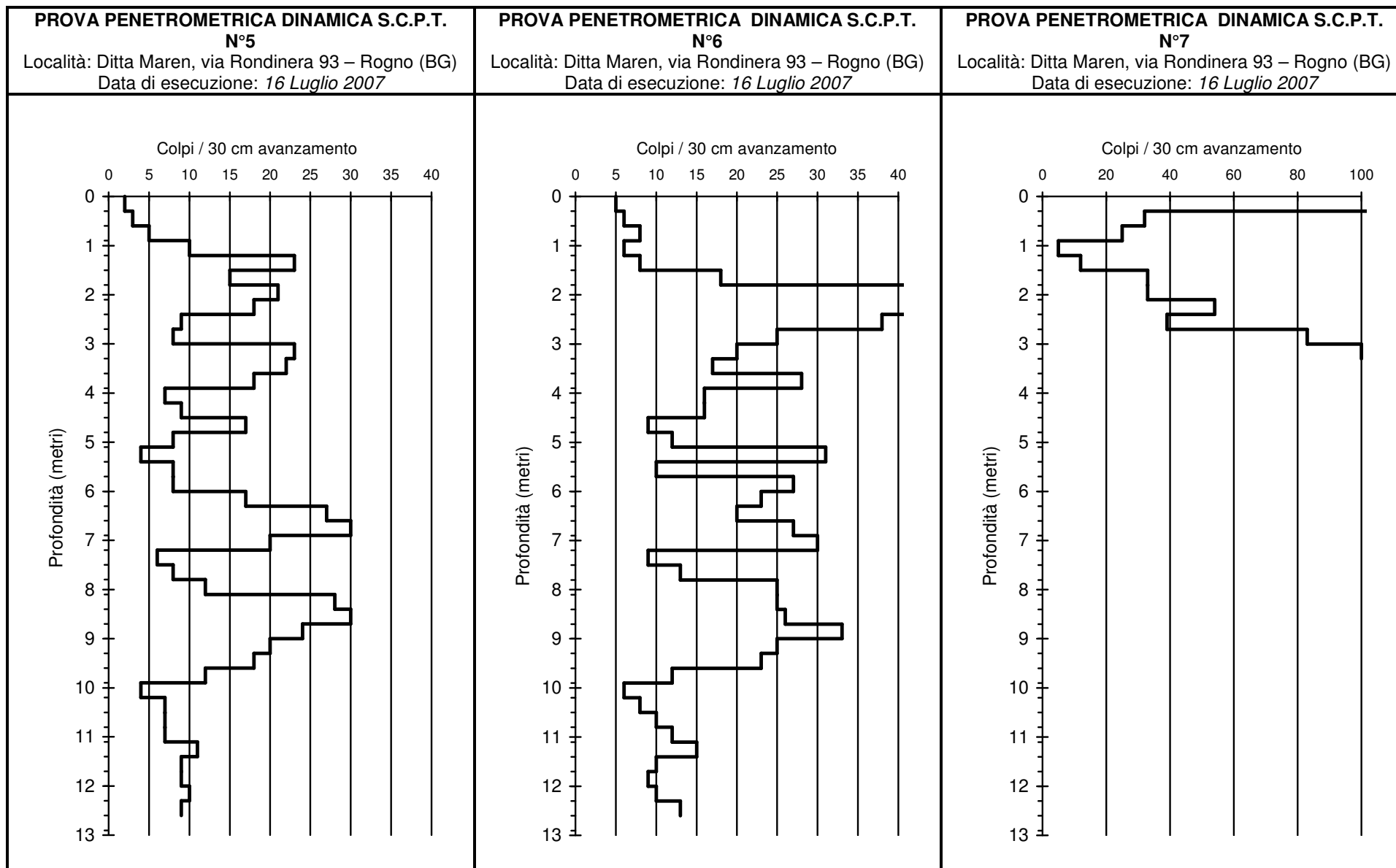
- **Depositi di conoide alluvionale**
 - da 0,5 a 1,4 m in S1;
 - da 0,4 a 1,5 mDepositi a livelli prevalenti di ghiaia con ciottoli e poca sabbia ai quali si accompagnano livelli di ghiaia con sabbia limosa e locali intercalazioni di sabbia limosa con poca ghiaia fine; colore marrone-nocciola; clasti in prevalenza subarrotondati, subordinatamente smussati o arrotondati, di natura calcarea o arenaceo-conglomeratica; supporto da clastico a matrice; poco addensati; si notano livelli erosionali, deformazione da carico dei livelli più fini, allineamento dei clasti piatti.

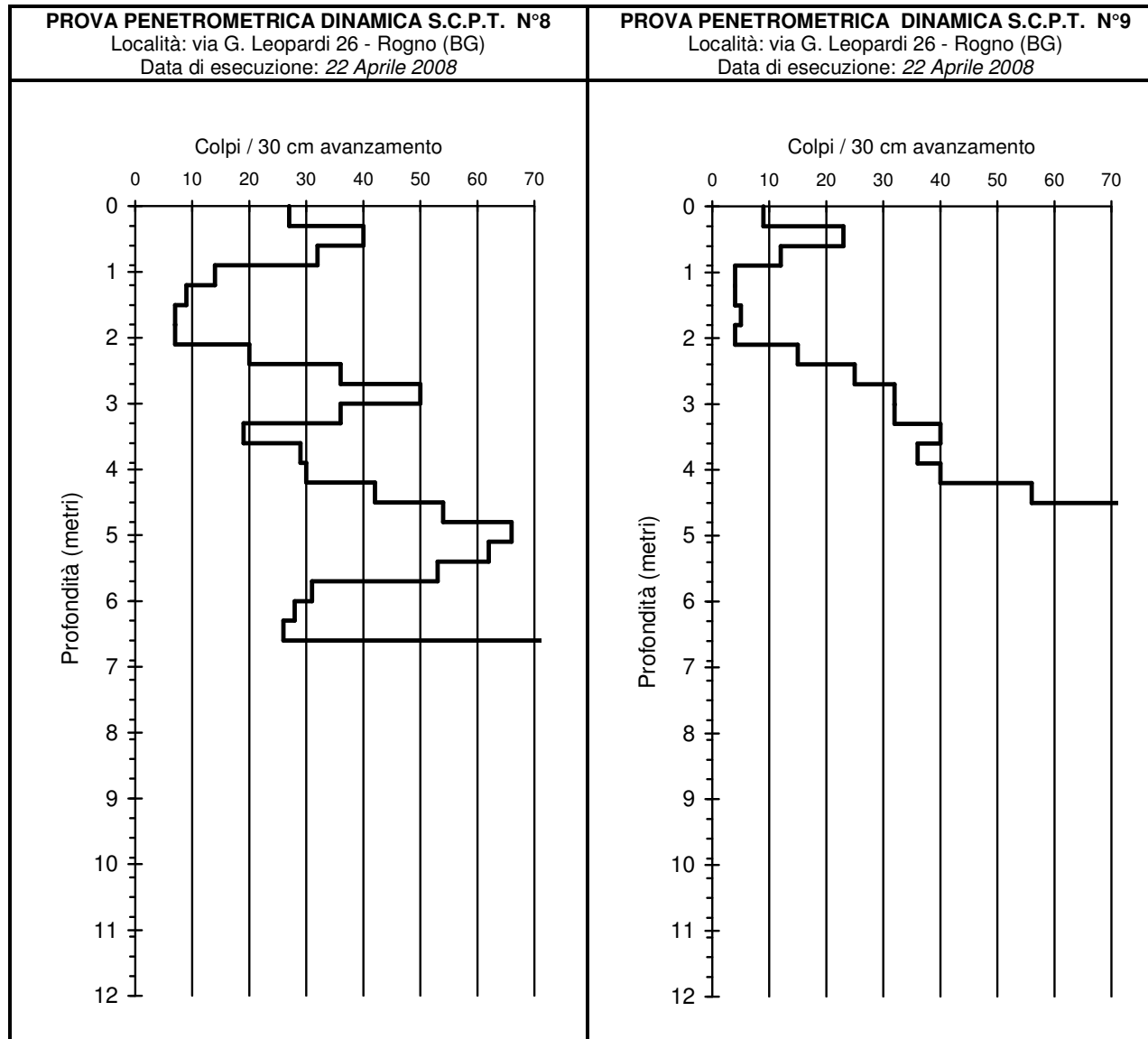
- **Materiale di riporto**
 - da 1,40 a 2,30 m in S1;
 - da 1,40 a 2,20 m in S2Materiale di riporto di colore marrone-nero; contenente frammenti di calcinacci, di calcestruzzo e di laterizi, rappresentato da una ghiaia (45%) con pochi ciottoli (5%), con sabbia (25%), limosa (20%) e molto debolmente argillosa (5%); nella parte inferiore è maggiore il contenuto in frammenti di calcestruzzo, malta e laterizi e sono presenti frammenti di carbone; la matrice è plastica e molto debolmente adesiva; il deposito è poco addensato e relativamente comprimibile.

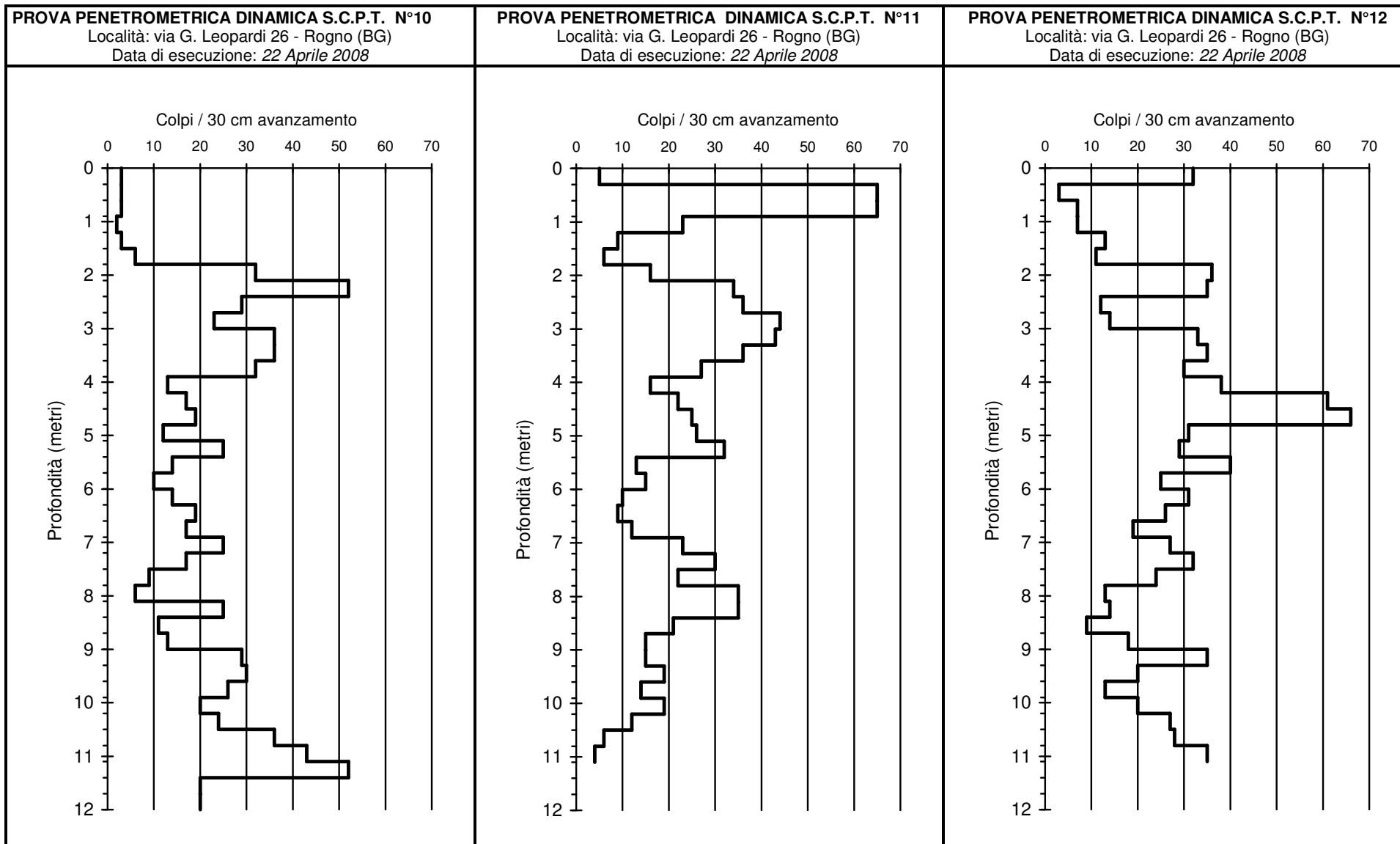
- **Depositi di conoide alluvionale**
 - presenti solo in S1 da 2,3 a 2,5 mLivello alluvionale relativamente fine di colore marrone costituito da ghiaia (30%), sabbia (40%), limo (20%) rari ciottoli (5%) e argilla (5%); la matrice è plastica e molto debolmente adesiva; il deposito è poco addensato e relativamente comprimibile.

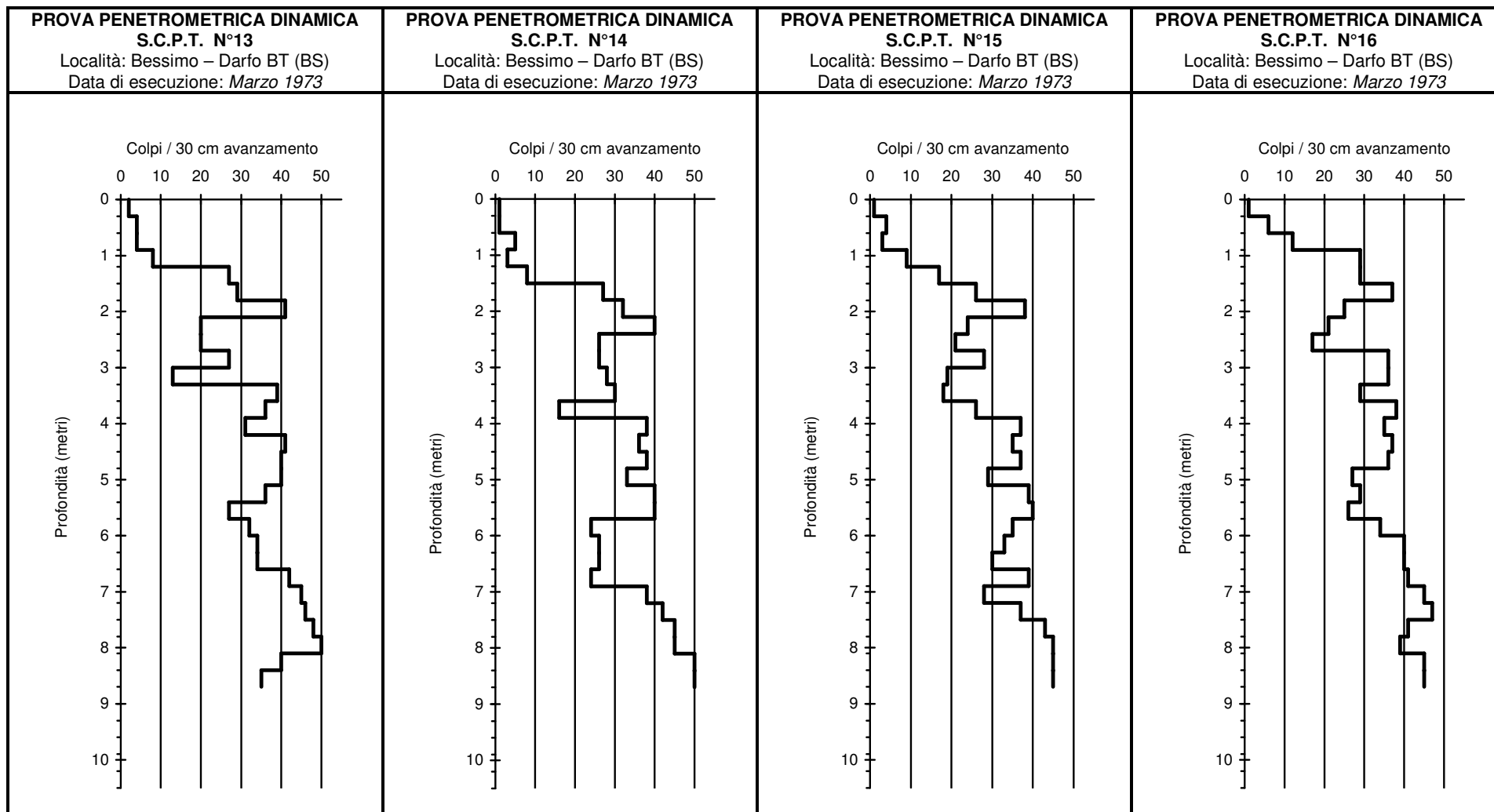
- **Depositi di conoide o detritici di versante**
 - da 2,5 m in S1;
 - da 2,2 in S2
(fondo scavo circa 3m)In entrambi i punti lo scavo è stato interrotto sul fondo in corrispondenza di blocchi di conglomerato rosso del Verrucano che potrebbero rappresentare un livello alluvionale grossolano oppure un'intercalazione del detrito di versante. I depositi detritici di versante che costituiscono la falda di detrito posta a monte del cimitero sono costituiti da blocchi, ghiaia e ciottoli con matrice sabbiosa, limosa e argillosa di colore rosso; i clasti sono a spigoli vivi, costituiti esclusivamente da arenarie e conglomerati del Verrucano Lombardo, con dimensioni osservate fino a circa 2 m³. Il deposito è nel complesso poco addensato, la matrice è plastica e leggermente adesiva.

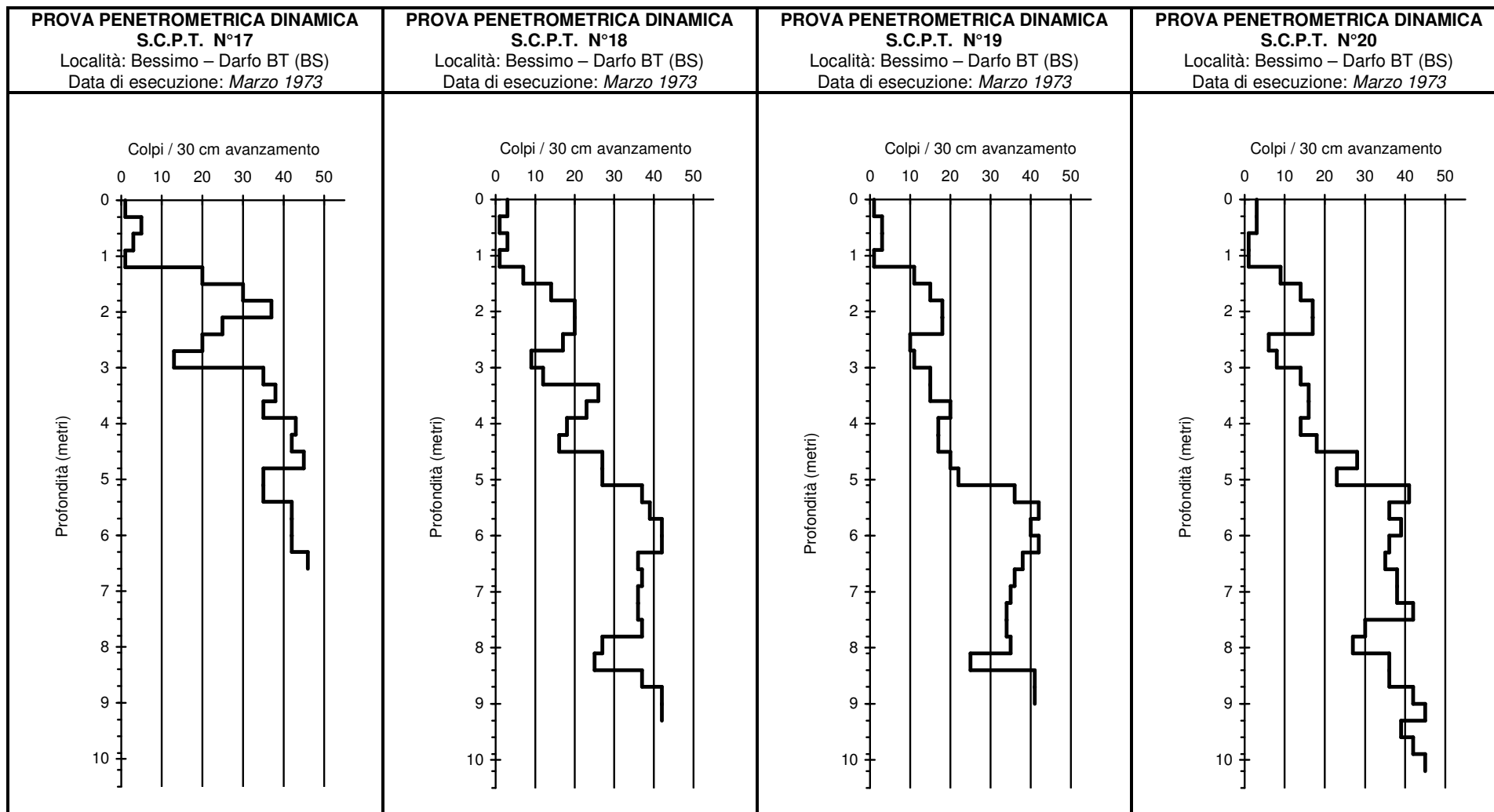

















| Geo.Te.C. Geologia Tecnica Camuna Via Albera 3 - tel/fax 0364-533637 25047 Darfo Boario Terme (BS) | | Comune: ROGNO (BG) | | | | Località: sponda destra Fiume Oglio presso Cava Baiguini | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------|---|--------|---|--|----------------|---------------|----------|------|---|--|--------------------|--|
| | | Data: 03/06/2010 | | | | Sondaggio: 1 | | Foglio: 1 | | | | | | | |
| prof (m) | strat | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ KN | ϕ (°) | c KPa | SPT | | | | |
| | | | | | | | | | | | prof | valori | | | |
| 0.5 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite da ghiaia con ciottoli e sabbia debolmente limosa | 16 | 29 | 0 | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite in prevalenza da sabbia fine limosa soffice, colore marrone scuro | 16 | 25-26 | 0 | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite da ghiaia con ciottoli e sabbia debolmente limosa, colore marrone | 16.5 | 28 | 0 | | | | | |
| 3.6 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite da ghiaia e sabbia, colore marrone scuro. Presenza di frammenti di laterizi | 16.5 | 29 | 0 | | | | | |
| 4.4 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite da ghiaia con ciottoli e sabbia, limosa. Presenza di locali passate con calce. Colore di fondo marrone o bianco | 16.5 | 28 | 0 | | | | | |
| 4.9 | | | | | | | deposito di riporto; terre da scavo costituite da ghiaia con ciottoli, sabbiosa e limosa. Presenti frammenti di laterizi. Col grigio-verde | 16.5 | 27 | 0 | | | | | |
| 5.4 | | | | | | | deposito al fondo di lago artificiale costituito da ghiaia e sabbia con pochi ciottoli di calcare nero. Presenza di idrocarburi e frammenti di calce | 16.5 | 26 | 0 | | | | | |
| 6.3 | | | | | | | Deposito al fondo di lago artificiale; sabbia fine e limo plastico non adesivo, laminato. Presenza di idrocarburi. Colore grigio verde e nero | 16 | 23 | 3 | | | | | |
| 7.3 | | 5 | 55 | 35 | 5 | 0 | Ghiaia con sabbia, molto debolmente limosa e ciottolosa. Clasti prevalentemente carbonatici, un poco arrotondati, comunque smussati. Matrice non molto plastica. | 17,5 | 34 | 0 | | 6,0 m 1/0/50R | | | |
| 7.5 | | 0 | 20 | 75 | 5 | 0 | sabbia ghiaiosa, molto debolmente limosa, colore marrone | 17,5 | 31 | 0 | | | | | |
| 9.0 | | 10 | 50 | 25 | 10 | 5 | Ghiaia con sabbia, debolmente ciottolosa e limosa, molto debolmente argillosa. Addensato, clasti eterogenei arrotondati o in genere ben smussati. Supporto prevalente di matrice poco plastica. Colore grigio. Origine glaciale o fluvio-glaciale | 17,5 | 33-34 | 5-7 | | | | | |
| | | 5 | 45 | 30 | 10 | 10 | Ghiaia con sabbia, debolmente limosa e argillosa, molto debolmente ciottolosa. Addensato, clasti prevalentemente carbonatici arrotondati o in genere ben smussati. Supporto prevalente di matrice plastica, leggermente adesiva. Presenza di picci poro nella matrice. Colore grigio. Origine glaciale o fluvio-glaciale | 18,5 | 33-34 | 10-15 | | 9,0 m 8/25/36 | | | |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO ROTAZIONE | | | | | | | | | | | | Utensile perforazione: CAROTIERE SEMPLICE | | \emptyset 101 mm | |
| quota inizio sondaggio: m slm | | | 199.5 | | | profondità falda: 4,8 m | | | Committente: | | | Amm. Comunale Rogno | | | |
| LEGENDA litologia prevalente |  | riporto | |  | sabbia | | | | | | | | | | |
| |  | ghiaia con sabbia | | | | | | | | | | | | | |
| |  | ghiaie con sabbie o sabbiose, a prevalente supporto di matrice limoso-argillosa | | | | | | | | | | | | | |

| Geo.Te.C. Geologia Tecnica Camuna Via Albera 3 - tel/fax 0364-533637 25047 Darfo Boario Terme (BS) | | Comune: ROGNO (BG) | | | | Località: sponda destra Fiume Oglio presso Cava Baiguini | | | | | | | |
|---|-------|---|----|----|----|---|---|---------------------|---------------|----------|----------------------|--|--|
| | | Data: 03/06/2010 | | | | Sondaggio: 2 | | Foglio: 1 | | | | | |
| prof (m) | strat | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ KN | ϕ (°) | c KPa | SPT prof valori | | |
| | | % | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | DA 0 A 6m: SONDAGGIO A DISTRUZIONE IN DEPOSITO DI RIPORTO | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6.0 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | Ghiaia con sabbia, debolmente limosa e argillosa, molto deb ciottolosa. Addensato, clasti prevalentemente carbonatici, alcuni di verrucano, porfiriti e tonaliti, arrotondati o in genere ben smussati. Supporto prevalente di matrice plastica, leggermente adesiva. Colore grigio. Origine glaciale o fluvio-glaciale | 18,5 | 34-34 | 3 | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | 5 | 45 | 30 | 10 | 10 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| Perforazione: DISTRUZIONE/CAROTAGGIO CONT ROTAZIONE | | Utensile perforazione: CAROTIERE SEMPLICE | | | | Ø 101 mm | | | | | | | |
| quota inizio sondaggio: m slm 200.0 | | profondità falda: 5,3 m | | | | Committente: | | Amm. Comunale Rogno | | | | | |
| LEGENDA litologia prevalente | |  ghiaie con sabbie o sabbiose, a prevalente supporto di matrice limoso-argillosa | | | | | | | | | | | |

| Geo.Te.C. Geologia Tecnica Camuna Via Albera 3 - tel/fax 0364-533637 25047 Darfo Boario Terme (BS) | | Comune: ROGNO (BG) | | | | Località: Sponda sinistra Fiume Oglio presso attraversamento metanodotto | | | | | | |
|---|-------|-----------------------|----|----|----|--|--|----------------|---------------|----------|--------|--------------|
| | | Data: 04/06/2010 | | | | Sondaggio: 3 | | Foglio: 1 | | | | |
| prof (m) | strat | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ KN | ϕ (°) | c KPa | SPT | |
| | | % | | | | | | | | | prof | valori |
| 1 | | 0 | 0 | 95 | 5 | 0 | Sabbia (media e fine in prevalenza) piuttosto micacea, molto debolmente limosa. Colore marrone, soffice. | 16 | 27 | 0 | | |
| 1.2 | | 0 | 0 | 95 | 10 | 0 | Sabbia (fine in prev) micacea, deb limosa. Col marrone, soffice. | 16 | 27 | 0 | | |
| 1.5 | | 5 | 45 | 50 | 0 | 0 | Sabbia (media e fine in prevalenza) con abbondante ghiaia, molto debolmente ciottolosa. Clasti arrotondati o subarrotondati, prevalentemente calcarei con presenza anche di altre litologie. Colore marrone chiaro/grigio. Poco addensata | 17 | 32-33 | 0 | | |
| 2.5 | | 5 | 35 | 60 | 0 | 0 | Sabbia con ghiaia, molto debolmente ciottolosa. Clasti arrotondati o subarrotondati, prevalentemente calcarei con presenza anche di altre litologie. Colore grigio. Poco addensata | 17 | 31-32 | 0 | | |
| 5.0 | | 10 | 45 | 45 | 0 | 0 | Sabbia e ghiaia, debolmente ciottolose. Clasti arrotondati o subarrotondati, prevalentemente calcarei con presenza anche di altre litologie. Colore grigio. Poco addensate | 17.5 | 34 | 0 | | |
| 5.8 | | 5 | 55 | 20 | 10 | 10 | Ghiaia sabbiosa, debolmente limosa e argillosa, molto debolmente ciottolosa. Addensato, clasti prevalentemente carbonatici, alcuni di verrucano, porfiriti e tonaliti, arrotondati o in genere ben smussati. Supporto prevalente di matrice plastica, leggermente adesiva. Colore grigio. Origine glaciale o fluvio-glaciale | 18 | 34 | 2,5 | 6,8 m | 4/9/27 |
| 9.5 | | 0 | 50 | 25 | 15 | 10 | Ghiaia con sabbia, limosa e deb argillosa. Addensato, clasti prev arrotondati o ben smussati. Supporto prev di matrice plastica, legg adesiva. Marrone-ocra. Gl. o Fgl. | 18 | 33-34 | 5 | 9,0 m | 22/29/ 29 |
| | | 5 | 55 | 35 | 5 | 0 | Ghiaia con sabbia (in prevalenza media e grossolana), molto debolmente ciottolosa e limosa. Clasti eterogenei arrotondati o subarrotondati. Colore grigio-ocra. Origine fluviale | 18 | 33-34 | 0 | | |
| 12.4 | | 0 | 15 | 80 | 5 | 0 | Sabbia (principalmente media e grossolana) ghiaiosa, molto debolmente limosa. Colore grigio-marrone chiaro. Origine fluviale | 18 | 31-32 | 0 | 12,0 m | 10/8/11 |
| | | 0 | 15 | 65 | 15 | 5 | Sabbia ghiaiosa e limosa, molto debolmente argillosa. Colore grigio-marrone chiaro. Origine fluviale | 18 | 30 | 2,5 | | |
| | | 0 | 35 | 60 | 5 | 0 | Sabbia (media e grossolana in prevalenza) con ghiaia, molto debolmente limosa. Clasti eterogenei arrotondati o subarrotondati. Colore grigio. Origine fluviale. | 18 | 32-33 | 0 | | |

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO ROTAZIONE

Utensile perforazione: CAROTIERE SEMPLICE

Ø 101 mm

quota inizio sondaggio: m slm 200.4

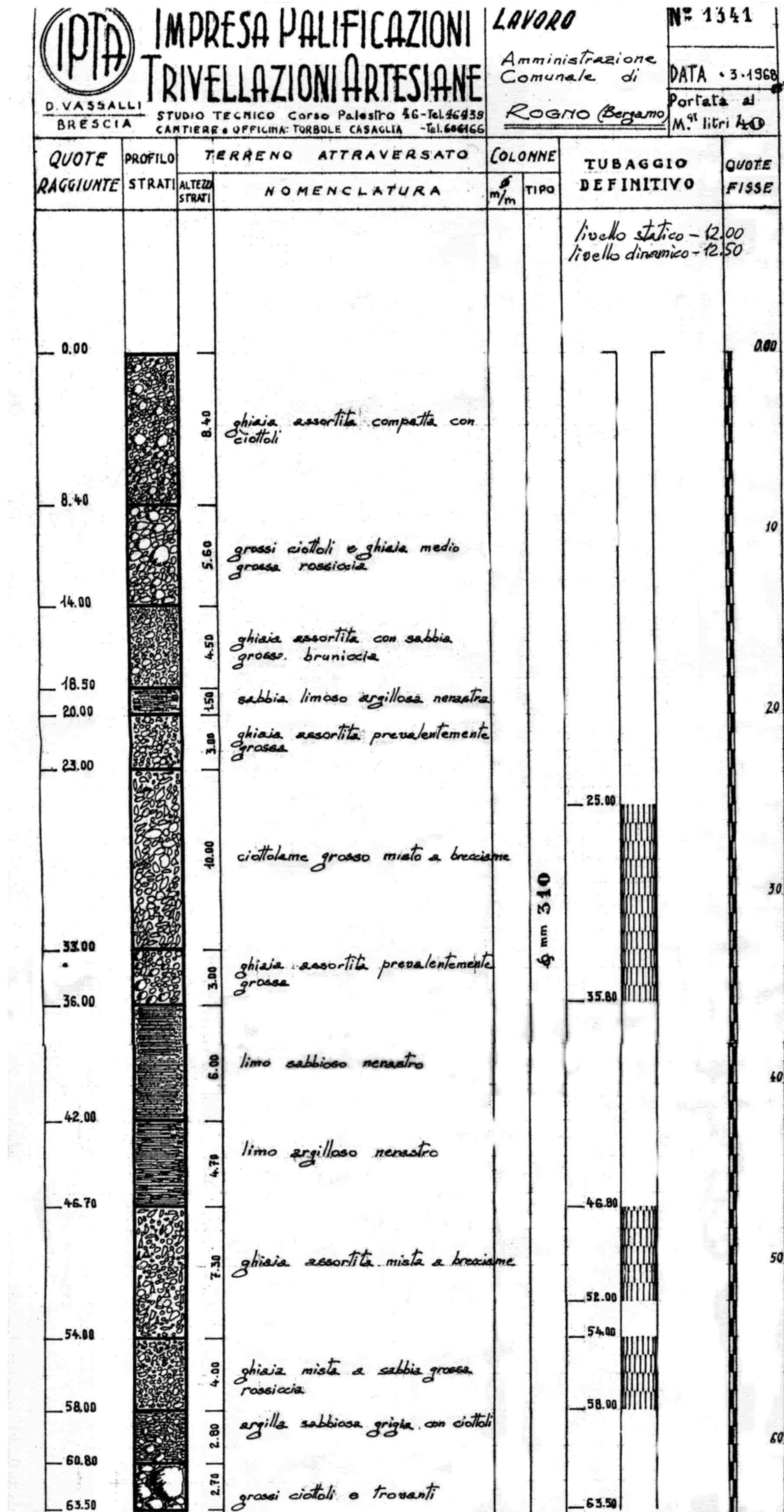
profondità falda: 5,7 m

Committente:

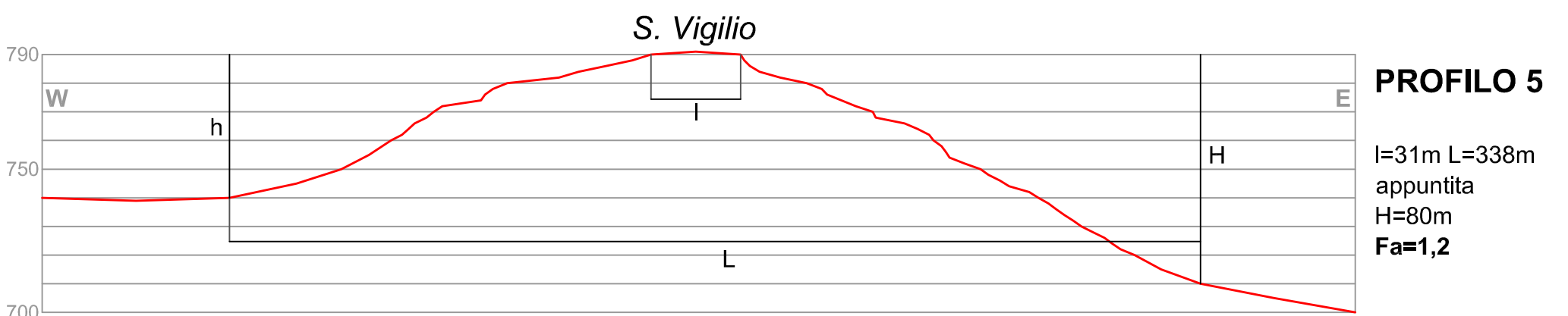
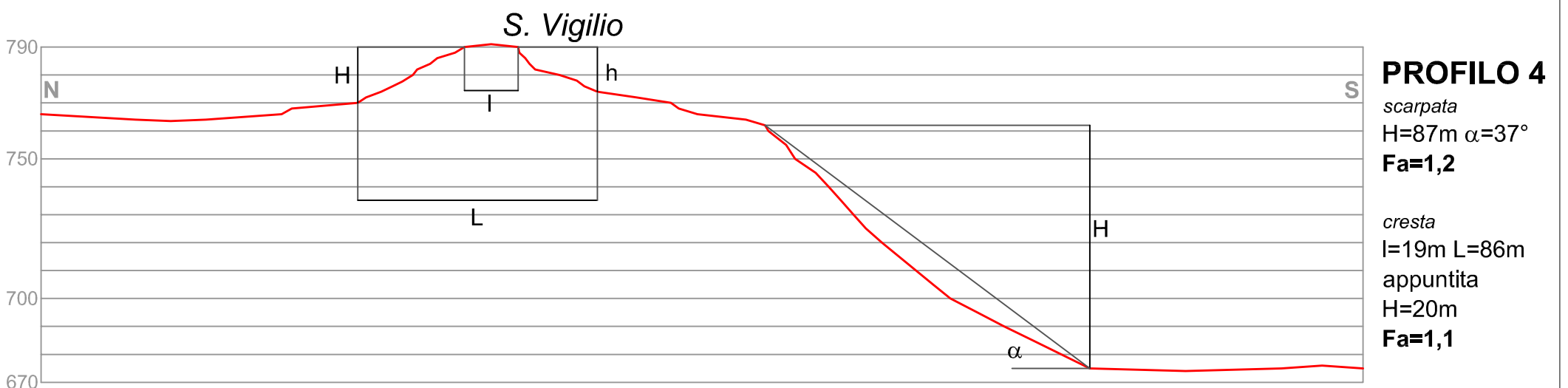
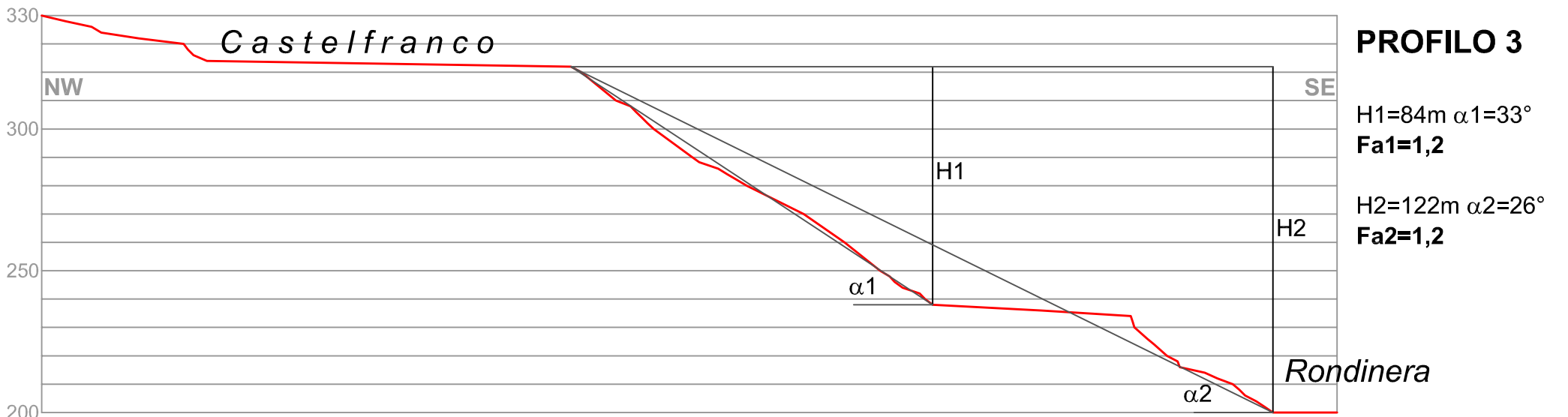
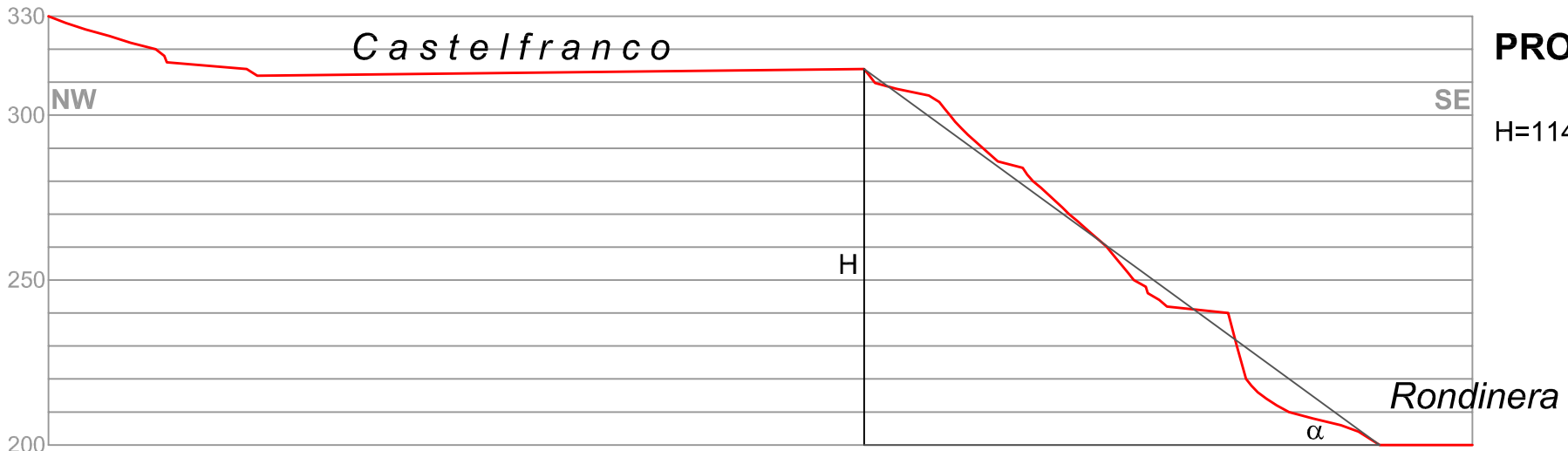
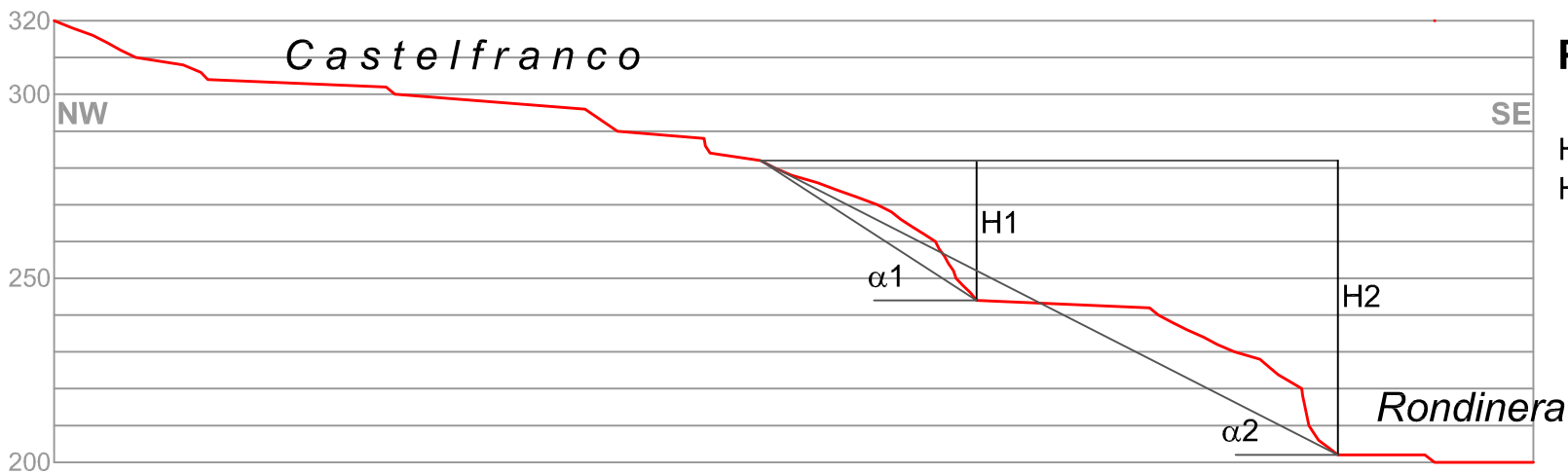
Amm. Comunale Rogno

| | | | | |
|------------------------------------|---|-------------------|---|--|
| LEGENDA litologia prevalente |  | sabbia |  | ghiaia con sabbia |
| |  | sabbia con ghiaia |  | ghiaie con sabbie o sabbiose, a prevalente supporto di matrice |
| |  | sabbia e ghiaia |  | limoso-argillosa |

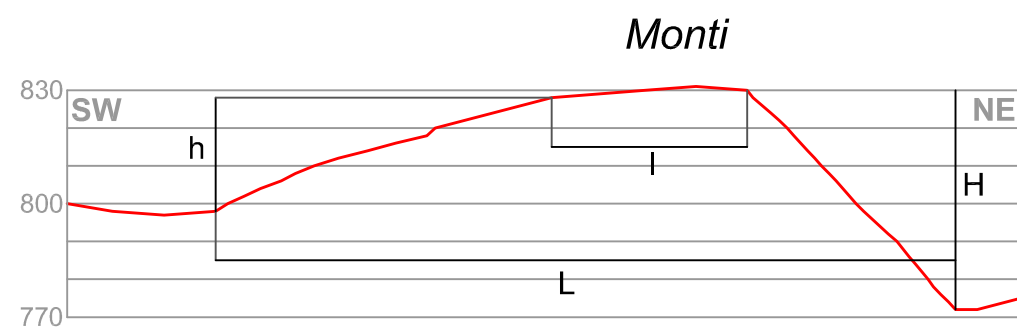
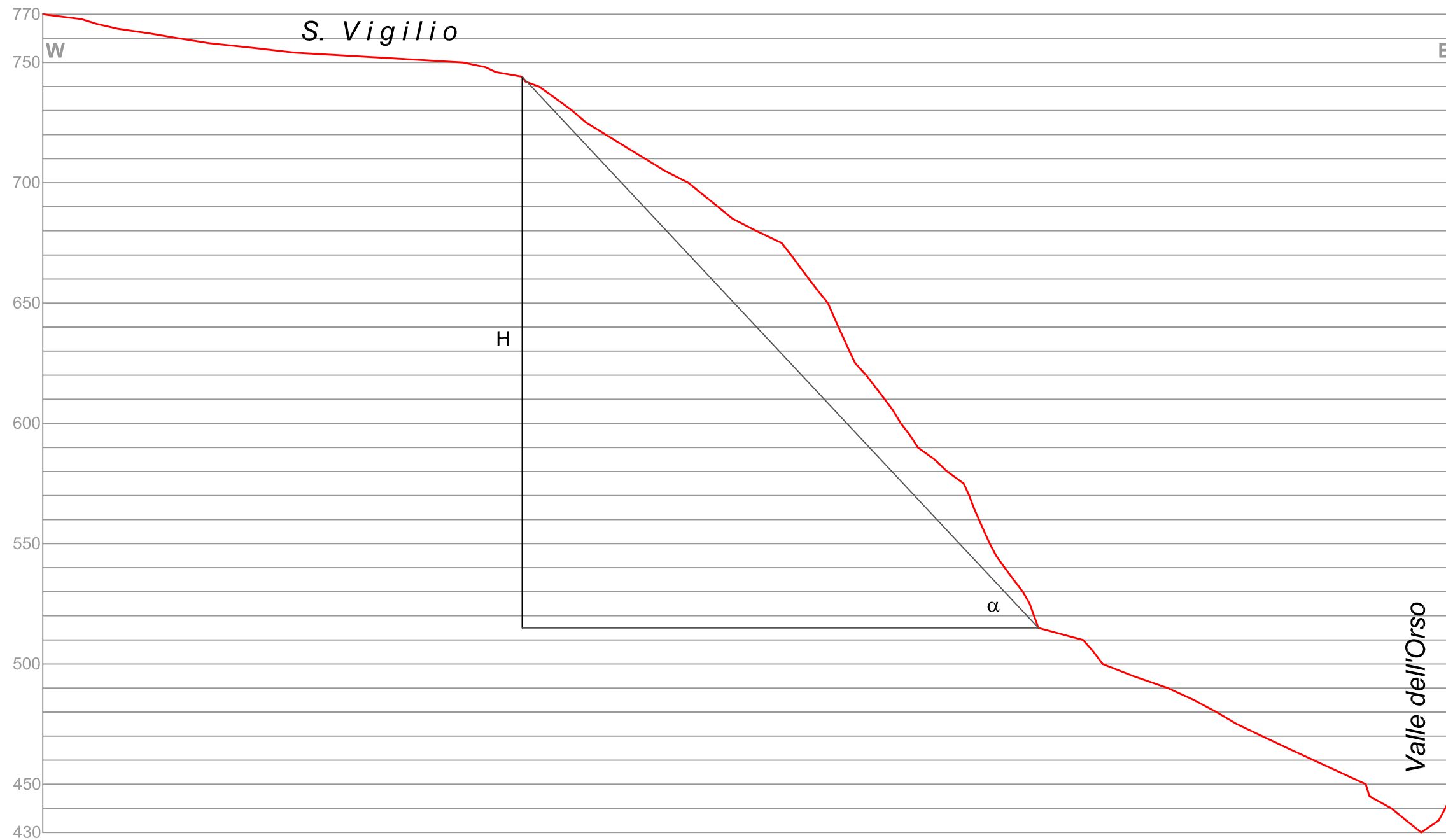
| Geo.Te.C. Geologia Tecnica Camuna Via Albera 3 - tel/fax 0364-533637 25047 Darfo Boario Terme (BS) | | Comune: Rogno | | | | Località: Rondinera - via Foscolo | | | | | | |
|--|-------|----------------------------------|---|-------------------------|---|-----------------------------------|--|---|----------|----------|-----|--|
| | | Data: 29/02/2000 | | | | Sondaggio: 4 | | Foglio: 1 | | | | |
| prof (m) | strat | C | G | S | L | A | DESCRIZIONE TERRENO | γ KN | φ (°) | c KPa | SPT | |
| | | | | | | | | | | | % | |
| 2 | 0.5 | | | | | | sabbie limose marroni (materiale di riporto/rimaneggiato) | | | | | |
| | 0.8 | | | | | | sabbia fine con limo e scarsa ghiaia, di colore oca (deposito di conoide) | | | | | |
| 4 | 2.5 | | | | | | alternanza fra livelletti di 1-5 cm di sabbia limosa di colore oca (depositi di conoide) e livelli di colore grigio di limi con sabbia debolmente argillosi e sabbia fine limosa (depositi di piana alluvionale). Parametri geotecnici nel complesso mediocri | | | | | |
| | 5.2 | | | | | | Prevalenti livelli di limi con sabbia debolmente argillosi grigio scuri e subordinata sabbia fine limosa di colore grigio. Tra 4.3 e 4.6 m sono presenti livelli di torba con ghiaia grossa e ciottoli (depositi di piana alluvionale). Parametri geotecnici nel complesso scadenti | | | | | |
| 6 | 8 | | | | | | Alternanza fra prevalenti livelli di torba o sostanza organica vegetale in via di decomposizione e subordinati livelli di limi sabbiosi ed argillosi, limi con sabbia e sabbie limose con presenza di sostanza organica. Tra 9.15 e 9.35 m sono presenti venute d'acqua con forte odore di acido solfidrico (depositi di piana alluvionale). L'orizzonte è caratterizzato nel complesso da parametri geotecnici pessimi, in particolare da elevata compressibilità | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.3 | | | | | | Ghiaia con sabbia, limosa e debolmente argillosa di colore grigio; presenza di un blocco fra 13.4 e 14.2 m (depositi di origine glaciale). Grado di addensamento medio. L'orizzonte è caratterizzato da parametri geotecnici nel complesso discreti | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | |
| 18 | 19.5 | | | | | | Substrato roccioso costituito da prevalenti arenarie e subordinate siltiti di colore rossastro riferibili alla Formazione del Verrucano Lombardo | | | | | |
| | 20 | | | | | | FINE SONDAGGIO | | | | | |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO ROTAZIONE | | | | | | | | Utensile perforazione: CAROTIERE SEMPLICE | | Ø 101 mm | | |
| quota inizio sondaggio: m slm | | 199.5 | | profondità falda: 4,8 m | | Committente: | | Amm. Comunale Rogno | | | | |
| LEGENDA litologia prevalente | | depositi di riporto/rimaneggiati | | | | | | limi con sabbia | | | | |
| | | sabbia con limo | | | | | | torbe con subordinati limi | | | | |
| | | sabbia limosa/limo con sabbia | | | | | | ghiaia con sabbia | | | | |
| | | | | | | | | arenarie e siltiti (substrato roccioso) | | | | |



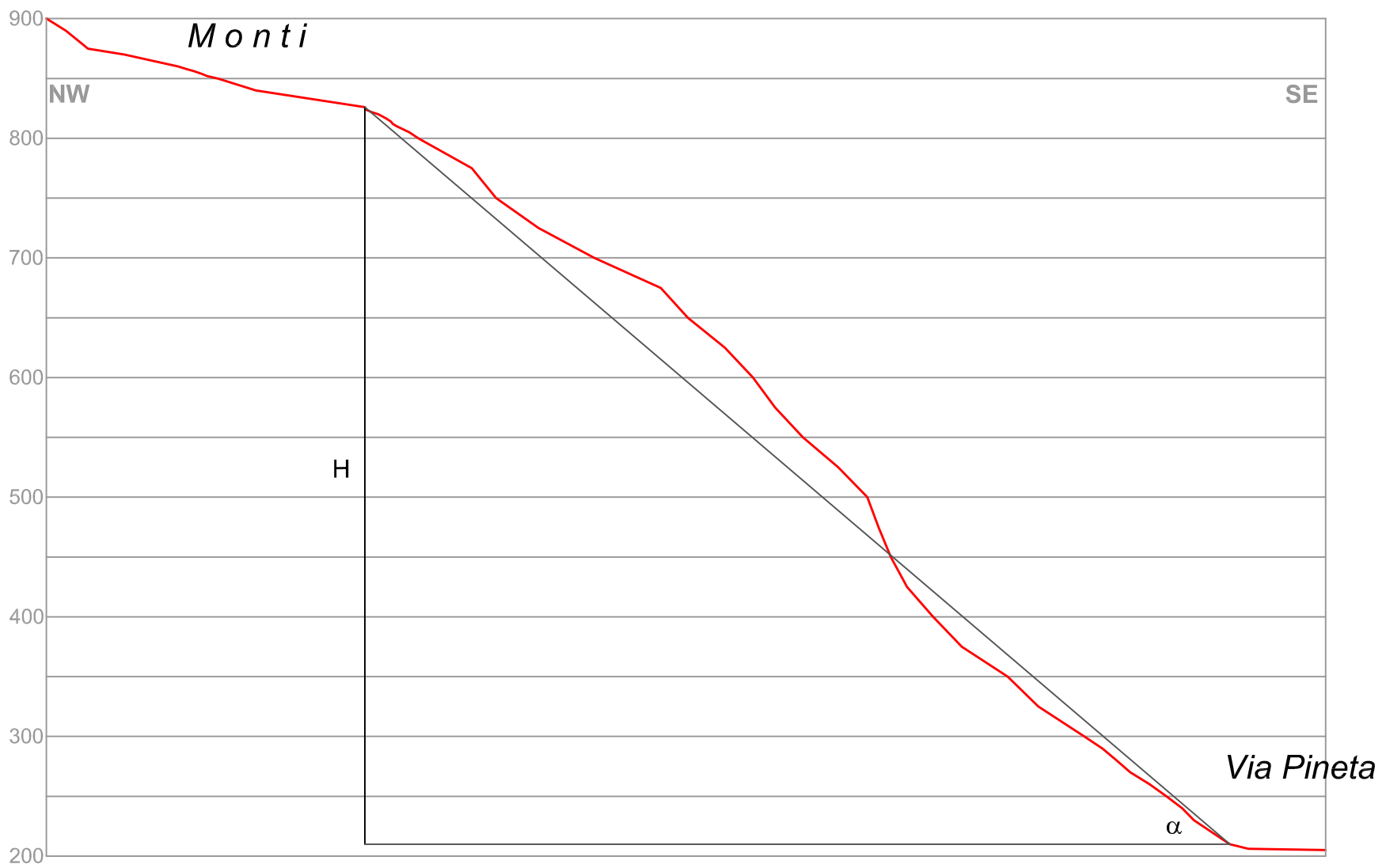
Analisi sismica di secondo livello - effetti morfologici: PROFILI 1-5 (scala 1:2.000)



Analisi sismica di secondo livello - effetti morfologici: PROFILI 6-7 (scala 1:2.000)

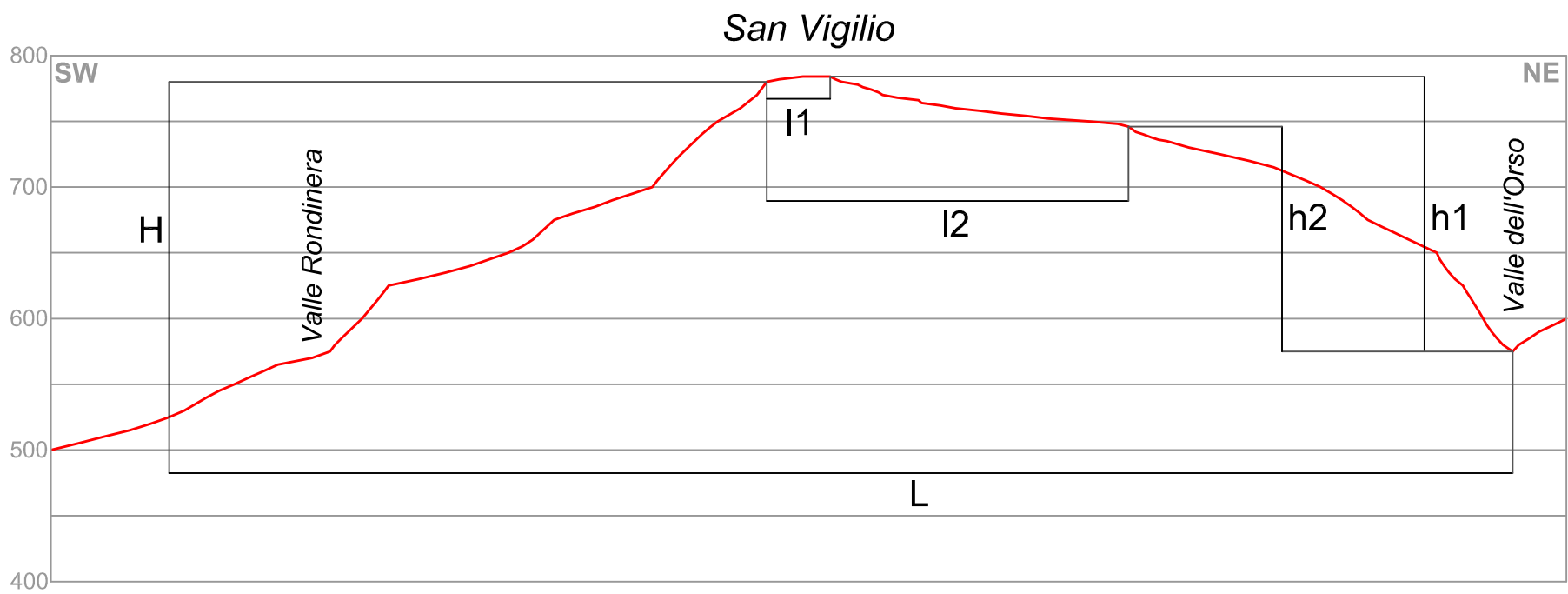


Analisi sismica di secondo livello - effetti morfologici: PROFILI 8-9 (scala 1:5.000)



PROFILO 8

H=616m $\alpha=41^\circ$ Fa=1,3



PROFILO 9

l1=48m l2=275 L=1022m
 appuntita
 H=255m
 Fa1=Fa2=1,3