

**COMUNITA' MONTANA
DELLA VALLE SABBIA**



*Comunità Montana
Valle Sabbia*

COMUNE DI MURA



PROVINCIA DI BRESCIA



COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

RELAZIONE DESCRITTIVA

STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

L.R. 12/2005 - D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 – D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008

Con accoglimento prescrizioni Parere di Conformità Regione Lombardia del 19 Novembre
2008 n. Z1.2008.22184



Febbraio 2009

I tecnici

Dott. Geol Massimo Marella

Via Formiche 3
25036 Palazzolo S/O (BS)
Tel 0307435571
Cell 3486915165
Mail marella@ecosphaera.net

Dott. Geol. Marco Carraro

Via Malogno 2
25036 Palazzolo S/O (BS)
Tel. 0307401749
Cell. 3496915164
Mail carraro@ecosphaera.net

C.P.U.
Cons. Progettazione Urbanistica

Via Obici 14
25034 Orzinuovi (BS)
Tel. 030 941567
Fax. 030 944121

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. METODOLOGIA DI LAVORO ED ATTIVITA' SVOLTA.....	6
2.1. FASE DI ANALISI.....	6
2.1.1. Ricerca storica e bibliografica.....	6
2.1.2. Cartografia di inquadramento.....	6
2.1.3. Approfondimento/integrazione.....	6
2.2. FASE DI SINTESI/ VALUTAZIONE.....	6
2.3. FASE DI PROPOSTA.....	7
3. BIBLIOGRAFIA E FONTI UTILIZZATE.....	8
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
5. ASPETTI CLIMATICI.....	10
5.1. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA.....	10
6. CARATTERI GEOLITOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E DI PRIMA CARTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	11
6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	11
6.1.1. Unità litologiche del substrato.....	11
6.1.1.1. Arenarie di Valsabbia (Carnico inf. – medio).....	11
6.1.1.2. Formazione di san Giovanni Bianco (Carnico sup).....	11
6.1.1.3. Dolomia Principale (Carnico).....	12
6.1.2. Assetto geologico-strutturale del territorio comunale di Mura.....	12
6.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	13
6.2.1. Unità litologiche quaternarie.....	14
6.2.1.1. depositi detritici.....	14
6.2.1.2. Deposito eluviale.....	14
6.2.1.3. Deposito colluviale.....	14
6.2.1.4. Depositi detritico-colluviali.....	15
6.2.1.5. depositi alluvionali.....	15
6.3. ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	15
7. CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	16

7.1. ELEMENTI IDROGRAFICI	16
7.2. ELEMENTI IDROGEOLOGICI	16
7.2.1. Opere di captazione ad uso idropotabile	16
8. ELEMENTI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO.....	17
8.1. CARTA DELLE AREE DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	17
9. PERICOLOSITA' SISMICA.....	19
9.1. SISMA DEL NOVEMBRE 2004.....	19
9.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE	21
9.3. AZIONE SISMICA	22
9.4. RISPOSTA SISMICA LOCALE	24
9.4.1. Analisi della sismicità locale	24
9.4.2. 1° livello – Carta della pericolosità sismica locale	26
9.4.3. 2° livello – verifica del fattore di amplificazione (Fa).....	27
9.4.4. Amplificazioni litologiche e/o geometriche: Zone Z4.....	28
9.4.4.1. Indagine sismica passiva – microtremore sismico ambientale.....	29
9.4.4.2. Indagine sismica attiva – stendimento sismico a rifrazione	50
9.4.5. Zone soggette ad amplificazioni morfologiche Z3	52
9.5. CONCLUSIONI FINALI	53
10. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA	54
10.1. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	54
10.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE	54
11. CARTA DEI VINCOLI.....	55
11.1.1. Vincoli di polizia idraulica (D.g.r. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e successiva DGR n. 7/1395 del 01 agosto 2003).....	55
11.1.2. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (art. 94 del D.L.vo n. 152 del 03.04.06 e D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693).....	55
11.1.3. Aree in dissesto da perimetrazione PAI	55
12. CARTA DI SINTESI.....	56
13. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	57
13.1. NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE	63
13.1.1. Classe 4 – fattibilità con gravi limitazioni.....	63

13.1.2.	Classe 3 – fattibilit� con consistenti limitazioni.....	64
---------	---	----

Allegato

- **Cantieri Geotecnici**

TAVOLE

- **TAVOLA 01) CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**
- **TAVOLA 02) CARTA IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA**
- **TAVOLA 03) CARTA DELLE AREE DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI**
- **TAVOLA 04) CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**
- **TAVOLA 05) CARTA DEI VINCOLI E CARTA DI SINTESI**
- **TAVOLA 06) CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

1. PREMESSA

Il presente studio è stato eseguito dagli scriventi su incarico della Comunità Montana della Valle Sabbia. Il lavoro è stato svolto attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente ed in particolare:

- L.R. 11 Marzo 2005, ed in particolare l'art. 57;
- D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "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;
- D.g.r. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008, 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. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005.

Il comune di Mura è dotato di uno studio geologico redatto dai dott.ri Da Casto e Ceschini nel 1996.

Si è pertanto proceduto all'adeguamento dello studio alla LR 12/05 ed in particolare ai nuovi indirizzi regionali in merito alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

Per quanto riguarda il quadro dell'assetto idrogeologico si è considerato il "Quadro originario" di cui tab. 2 all. DGR n. 13 8/7374 del 28.05.08.

Il presente studio è stato ritenuto conforme ai contenuti della d.g.r. 22/12/2005 n. 1566 e alla verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle NTA del PAI, con parere della Regione Lombardia – Direzione generale territorio ed urbanistica n. Z1.2008.22184 del 19 Novembre 2008. In tale fase si procede anche all'accoglimento delle prescrizioni contenute nel parere di conformità regionale.

Si precisa che il presente studio fa parte di un progetto che coinvolge complessivamente n. 16 comuni della Comunità Montana Valsabbia. Questo progetto è suddiviso nei seguenti due lotti:

Lotto 1) Anfo, Bione, Capovalle, Casto, Lavenone, Mura, Pertica Alta, Pertica Bassa, Provaglio Valsabbia
Lotto 2) Gavardo, Preseglie, Odolo, Treviso Bresciano, Vallio Terme, Villanuova sul Clisi e Vobarno.

Il progetto prevede anche l'acquisizione degli studi geologici comunali già conformi alle normative vigenti dei restanti comuni della Valsabbia (Agnosine, Bagolino, Barghe, Idro, Paitone, Roe Vociano, Sabbio Chiese, Serle, Vestone) al fine di fornire un quadro organico ed omogeneo del territorio della Comunità Montana.

2. METODOLOGIA DI LAVORO ED ATTIVITA' SVOLTA

Per l'esecuzione del presente studio ci si è attenuti alle indicazioni metodologiche riportate nei "Criteri attuativi l.r. 12/05 per il governo del territorio. Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" approvata con D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 ed alle successive integrazioni.

In particolare il lavoro si è articolato nelle seguenti tre fasi:

1. Fase di analisi (ricerca bibliografica, inquadramento e approfondimento);
2. Fase di sintesi/valutazione;
3. fase di proposta.

2.1. FASE DI ANALISI

2.1.1. Ricerca storica e bibliografica

Nella fase di analisi si è proceduto alla raccolta di tutte le informazioni disponibili sul territorio in esame attraverso la consultazione di tutte le fonti bibliografiche disponibili. Per la definizione delle fonti bibliografiche si rimanda al capitolo 3.

2.1.2. Cartografia di inquadramento

I dati reperiti nella fase precedente, integrati dalle elaborazioni eseguite dal sottoscritto e dai rilievi di campagna, si è proceduto alla stesura di diversi elaborati cartografici di inquadramento estesi al solo territorio comunale o ad un intorno significativo, in funzione del tematismo considerato. La cartografia di riferimento utilizzata è la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000. A supporto del presente studio sono state realizzate n. 2 tavole di inquadramento:

2.1.3. Approfondimento/integrazione

In tale fase si è proceduto all'analisi dei dati disponibili, integrandoli con le osservazioni ed i dati raccolti durante i rilievi di campagna ed i monitoraggi eseguiti. Tale fase, i cui risultati si riflettono anche nella redazione delle cartografie d'inquadramento, ha come obiettivo la definizione dei rischi gravanti sul territorio comunale. L'analisi del rischio dei dissesti ha portato alla stesura della Tav. 03 (Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI). L'analisi del rischio sismico ha determinato la stesura della Tav 04 - Carta della pericolosità sismica locale, redatta alla scala 1:10.000 su base CTR.

2.2. FASE DI SINTESI/ VALUTAZIONE

Tale fase si sviluppa attraverso la redazione della Carta dei Vincoli e della Carta di Sintesi. La Carta dei Vincoli, redatta per tutto il territorio comunale, riporta tutte le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovra-ordinati vigenti, in particolare;

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino;
- Vincolo idrogeologico
- Vincoli di Polizia idraulica (corsi d'acqua con fascia di rispetto di 10 m);
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;

Nella Carta di Sintesi sono invece rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità dei dissesti e della vulnerabilità di sito. In tale carta si distinguono le aree con pericolosità elevata o molto elevata dalle aree con pericolosità moderata o potenziale. Si individuano inoltre le aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico ed i terreni con caratteristiche scadenti.

2.3. FASE DI PROPOSTA

Rappresenta la fase finale della redazione dello studio geologico che si traduce nella redazione della Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano e delle Norme geologiche di attuazione.

Tale fase prevede una modalità standardizzata di attribuzione di 4 classi di fattibilità ad ambiti omogenei, definiti con fattori limitanti in ordine crescente in funzione dei seguenti fattori:

- del grado di pericolosità e del tipo di dissesto,
- del grado di vulnerabilità idraulica ed idrogeologica
- del grado di difficoltà edificatoria per caratteristiche geotecniche scadenti

Per quanto riguarda la componente sismica l'indagine, eseguita su scala sovra-comunale, ha permesso di ricostruire diversi scenari di pericolosità sismica verificando la validità o meno degli spettri normativi mediante alcune indagini dirette in punti ritenuti significativi.

3. BIBLIOGRAFIA E FONTI UTILIZZATE

Per la stesura del presente studio sono stati consultati i seguenti documenti di base:

- Boni A. & Cassinis G. (1973) – Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello (Note illustrative della legenda stratigrafica). Atti Ist. Geol. Univ. Pavia.
- Da Casto A. e Ceschini V. (1996) – studio geologico comunale del territorio comunale di Mura.
- Provincia di Brescia (1985) Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete esistente,

E le seguenti Cartografie di base

- Carta geologica d'Itali F, 47 – Brescia – scala 1.100.000, 1968. Servizio geologico d'Italia. Poligr. Stato, Napoli
- Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello – scala 1:50.000, 1972 (Istituto di Geologia dell'Università di Pavia). Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 22, tav. 4-5.
- Carta delle grotte e delle sorgenti delle Prealpi Bresciane – scala 1:50.000, 1990. Società speleologica Italiana (SSI) e ASM di Brescia
- Carte in scala 1:25.000 a cura della Comunità Montana Valsabbia, 1988 contenenti le seguenti tematiche: "Stabilità dei versanti", "Ambiti morfo-paesistici", "Idrografia e idrologia", risorse idriche e derivazioni autorizzate, "situazioni di pericolosità", isoiete 24 h – precipitazioni medie annue – curve di ugual durata di neve al suolo", "Vincolo idrogeologico", "Carta del sistema vincoli vigenti", "Reti tecnologiche", "Salvaguardia idrogeologica" e "Ambiti di salvaguardia ambientale".
- Carta Litologica, Carta geomorfologia e Carta idrografica-idrogeologica – scala 1:10.000. Progetto Cartografia Geoambientale, Provincia di Brescia – Comunità Montana Valsabbia.
- Carta PTCP Provincia di Brescia
- Carta del Sistema Informativo Regionale Valanghe - Regione Lombardia, ver. 1.2 del 2003
- Carta di delimitazione delle aree di dissesto. PAI. Autorità di Bacino.
- Carta dei dissesti - Inventario fenomeni franosi in Lombardia GeolFFI. Regione Lombardia

Le documentazioni acquisite dall'UTC nel corso del presente studio relative a:

- indagini geotecniche per interventi edificatori
- indagini idrogeologiche per la ricerca e/o utilizzo delle risorse idriche
- indagini, segnalazioni di dissesti, progetti e/o interventi di sistemazione degli stessi

Verranno citate (senza citare il nome del committente, quando privato) e descritti nei rispettivi capitoli 6. 7 e 8.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio di Mura si estende per una superficie di circa 12,43 Km² con una popolazione di 780 ab. ed una densità abitativa di 62,8 abitanti per chilometro quadrato (dati Istat 2001). Il comune è collocato nella porzione centro occidentale della Comunità Montana della Valle Sabbia. Confina con Casto, Pertica Alta e Vestone. Altimetricamente si passa dai 333 m slm ai 1.437 m slm. E' composto dalle seguenti frazioni o località principali: Breda, Cearina, Olsano, Olsenago, Pendoline, Piani, Posico, Torremmo, Veriano

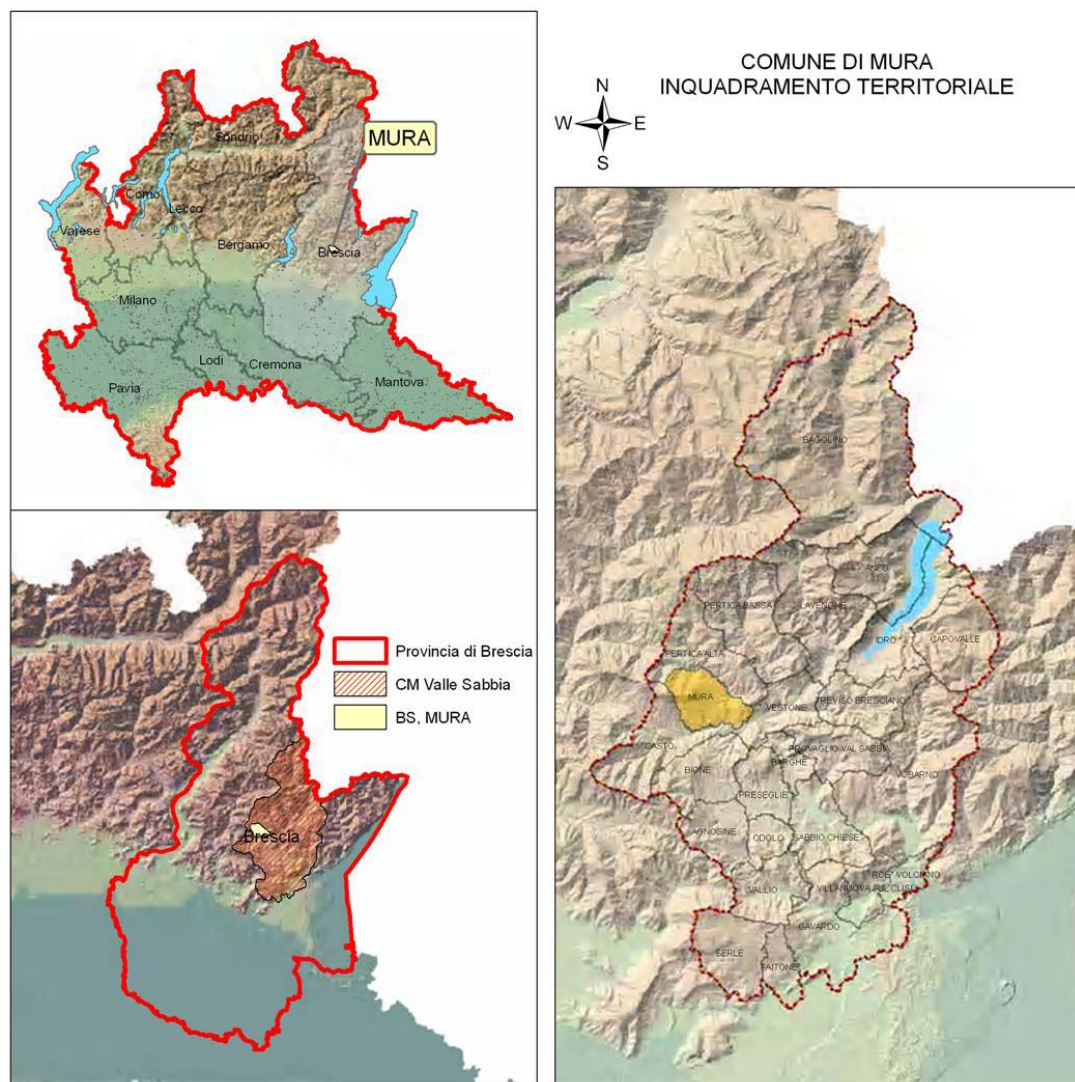


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area in esame

5. ASPETTI CLIMATICI

Il territorio in questione è caratterizzato regime climatico continentale, con inverni rigidi e relativamente secchi ed estati calde ed umide. I trimestri primaverile ed autunnale risultano i più piovosi. La temperatura media alla stazione di Idro (seppure sia mitigata dal lago) si presenta con massimi estivi (luglio e agosto) intorno a 20° e minimi invernali (gennaio) intorno a -2°. I fenomeni di gelo/disgelo si possono presentare da fine ottobre a fine aprile, con massima frequenza in gennaio. Alla stazione pluviometrica di Ono Degno le precipitazioni medie mensili rilevate dal 1921 – 70 variano da 65 mm (gennaio) a 170 mm (maggio). I giorni di pioggia sono correlati con le precipitazioni, variando da 5 g/mese in gennaio a 13 g/mese in maggio, confermando il regime climatico di tipo continentale. Dall'esame dell'elaborato "Isoiete 24 ore – precipitazioni medie annue – curve di ugual durata della neve al suolo", Comunità Montana Valle Sabbia –Piano Urbanistico, 1988 sulla base dei dati rilevati nel cinquantennio 1921-1970 si deduce che le precipitazioni medie annue superano i 1600 mm nella fascia più settentrionale montana, e i 1400 mm nella fascia meridionale e meno elevata; la persistenza della neve al suolo raggiunge i 150 g/anno nella fascia settentrionale montana e i 50 g/anno nella fascia meridionale; le precipitazioni di 24 h con frequenza 50anni sono comprese fra 160 mm (fascia settentrionale) e 120 mm (fascia meridionale).

5.1. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Per la ricostruzione delle curve di possibilità climatica della zona in questione sono stati prese in considerazione le elaborazioni contenute nello Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete esistente, Provincia di Brescia 1985 relativamente alle stazioni di Salò e di Memmo. Si riportano i parametri caratteristici (**a**) e (**n**) delle curve di possibilità climatica per precipitazioni intense di 1, 3, 6 12 e 24 ore e 1 gg consecutive delle due stazioni pluviografiche, per tempi di ritorno *Tr* di 50, 100, 200 e 500 anni, necessarie per il calcolo dell'altezza di pioggia in mm (**h**) alla durata di precipitazione in ore (**t**), utilizzando l'espressione:

$$h = a t^n$$

Stazione	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
Salò	a = 59,10 n = 0,2595	a = 66,13 n = 0,2515	a = 73,15 n = 0,2450	a = 82,42 n = 0,2379
Memmo	a = 54,51 n = 0,3789	a = 60,38 n = 0,3774	a = 66,24 n = 0,3768	a = 73,96 n = 0,3746

Si precisa che l'elaborazione del PAI (v. tab. 1, delibera n. 18 del 26.04.01) fornisce per la medesima stazione indagata (Salò) valori più bassi rispetto ai valori proposti dalla Provincia di Brescia e riportati nella tabella di cui sopra. Tali valori si ritiene che possano essere considerati nell'ambito di studi idrologici nel territorio comunale in questione.

6. CARATTERI GEOLITOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E DI PRIMA CARTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Dal punto di vista geologico il documento di riferimento per la dislocazione areale delle formazioni pre-quadernarie nel territorio comunale in questione è la Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello - scala 1:50.000, 1972. Prima di descrivere l'assetto geologico-strutturale si passa alla descrizione delle formazioni geologiche del substrato lapideo che interessa il territorio comunale.

6.1.1. Unità litologiche del substrato

Le unità litostratigrafiche pre-quadernarie (denominate formazioni - età mesozoica Trias-Giura) presenti nel territorio comunale risultano le seguenti:

6.1.1.1. Arenarie di Valsabbia (Carnico inf. – medio)

E' costituita da arenarie e siltiti vulcaniche epiclastiche, localmente a contenuto marnoso, di colore rosso cupo e verde, raramente grigio verdastro, organizzata in strati o banche maldistinti. Talora include noduli arenacei e calcarei anche giustapposti a formare dei livelli o addirittura orizzonti conglomeratici. Si tratta di depositi deltizi originati dallo smantellamento di apparati vulcanici. E' difficile riconoscere il passaggio con l'unità seguente (san Giovanni Bianco) visto che hanno alcune caratteristiche simili. In genere si tratta di caratteristiche geomeccaniche scadenti che favoriscono la formazione di potenti coltri di alterazione eluvio-colluviale e/o detritico-colluviale. Nel territorio comunale essa affiora a valle delle Ifrazioni Mura, Olsenago e Veriano, ovvero nel settore orientale del territorio, dove si associano lembi di conglomerati ed arenarie grossolane ad elementi calcarei o calcareo-marnosi, da bianchi a grigio-nocciola che fanno da transizione con la sovrastante formazione di San Giovanni Bianco.

6.1.1.2. Formazione di san Giovanni Bianco (Carnico sup)

E' costituita da dolomie grigio-giallastre, vacuolari, a stratificazione indistinta o in banchi, con alternanze di sottili argilliti policrome, per lo più di colore verdino; localmente si trovano associati depositi evaporitici e lenti di gesso (es. tratto sp 54 Auro-Posico). L'azione delle acque in alcune porzioni ha conferito alla formazione aspetti morfologici irregolari o creato depositi di tipo travertinoso. Lo spessore della formazione è compreso fra 100 – 200 m. Vista la natura molto erodibile della formazione è risultato molto difficile rilevarne degli affioramenti in superficie, ma tramite sondaggi della coltre detritico-colluviale è stato possibile attestarne la sua consistenza. Essa può dare origine anche fenomeni carsici. Nel territorio comunale in questione la formazione occupa il settore centrale dove per altro giacciono i centri urbani fra Auro-Posico-Olsano-Olsenago-Cucca e nell'alta valle del Tovere. Si notano lenti di gesso lungo la sp 54 dal confine con Casto, a Posico ed Olsano. In località Preera (a monte di Posico-Oslano – a sud di

Mt. Corna di savallosi evidenzia il contatto tettonico (specchio di faglia) fra la formazione di san Giovanni Bianco e l'Arenaria di Valsabbia ridotta in sfasciume detritico. Le problematiche geotecniche relative alla presenza di gesso nella formazione risultano sia la possibilità di cavernosità del sottosuolo (v. doline di Mura e Olsenago) che di circolazioni di acque ricche in gesso che causano problematiche per il calcestruzzo da costruzione.

6.1.1.3. Dolomia Principale (Carnico)

Dolomie e calcari dolomitici da grigio chiari a grigio scuri. Si tratta di una successione ciclica di dolomie originatesi in ambiente di mare basso (qualche metro) tipico delle piane tidali soggette alla sommersione e successiva emersione delle acque marina. Durante questi periodi si creavano in corrispondenza della piattaforma tidale differenti ambienti di sedimentazione che alternavano rispettivamente deposizione di organismi marini (molluschi), a formazioni di strutture da emersione come essiccamento della superficie, birds eyes, tepee e ricoprimento ad opera di tappeti algali (stromatoliti). La lenta subsidenza cui è stata sottoposta la piana tidale suddetta, che nel Norico si estendeva in corrispondenza delle alpi meridionali dalla Lombardia alla ex-Iugoslavia, ha consentito l'accumulo di un imponente successione di sedimenti che raggiunge secondo alcuni autori potenze sino a 1.500 m. La successione, nella sua facie caratteristica e maggiormente conosciuta, si compone di dolomie e calcari dolomitici, massicce o a grandi bancate (sp. 1-2 m) di colore prevalentemente grigio o nocciola brunastro. Localmente sono presenti livelli di dolomia straterellata con breccioline e pisoliti. La formazione risulta spesso fratturata accompagnata da fasce brecciate o cataclastiche, prevalentemente a ridosso delle principali linee tettoniche. Nel territorio comunale la Dolomia Principale costituisce l'ammasso roccioso del Monte Corna di Savallo, ad est delle frazioni abitate.

6.1.2. Assetto geologico-strutturale del territorio comunale di Mura

Dall'esame della Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello, 1972 si può notare che le formazioni più estese nel territorio in questione risultano l'Arenaria di Val Sabbia (nel settore orientale), la formazione di San Giovanni Bianco (nell'area centrale) e la Dolomia Principale (ad ovest). Dal punto strutturale l'area si colloca nel Bacino Lombardo (successione paleozoica – mesozoica – terziaria trasgressiva sul basamento cristallino a sud delle linee Orobica-Gallinera. In particolare l'area fra Nozza-Vestone, Mura e Casto è localizzata a sud della congiunzione delle linee Giudicarie sud e val Trompia. La linea della Val Trompia, con direzione E-W ENE-WSW si concretizza in una faglia o "ginocchiatura" vergente a sud che, nel quadro geodinamico dell'areale, rappresenta una "zona di adduzione magmatica" permiana dove affiorano filoni vulcanitici. Essa inoltre evidenzia un sovrascorrimento sud-vergente della monoclinale con inclinazione NNW del basamento meridionale dell'Adamello. Nell'area in questione il sovrascorrimento della Val Degnone, l'anticlinale di Vestone e la piega faglia di Nozza-Barghe. Nell'ambito di questi eventi geodinamici a larga scala la formazione di San Giovanni Bianco dal punto di vista meccanico ha avuto funzione di "orizzonte di scollamento" fra i litotipi rigidi cui è interposta.

Confrontando la Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello, 1972 con la Carta Geologica dello studio geologico comunale, Da Casto e Ceschini 1996 si riscontra una generale convergenza della dislocazione delle formazioni geologiche. Nel tentativo di cercare di fornire un elemento importante di prima caratterizzazione geotecnica nell'ambito del presente studio si

è cercato di affinare i limiti geologici in particolare della formazione di San Giovanni Bianco in virtù delle sue scadenti caratteristiche geotecniche.

Al fine di fornire indicazioni mirate alla caratterizzazione litologica del substrato lapideo ci si è avvalsi anche della cartografia geoambientale scala 1:10.000 attraverso la quale le rocce non vengono distinte secondo i "criteri geologici classici" per formazioni, ma vengono raggruppate secondo caratteristiche litologiche – litotecniche qualitative, in unità omogenee. Tali unità sono riportate nella Tav. 01 e vengono di seguito definite:

Arenarie

Rocce in prevalenza arenacee stratificate con intercalazioni argillose e/o marnose. Rocce con caratteristiche meccaniche influenzate dal contenuto in acqua e dalla giacitura; morfologia dolce. Nella zona tali unità si riconducono per lo più alle Arenarie di Val Sabbia.

Conglomerati

Rocce con buone o ottime caratteristiche meccaniche che nella zona si riconducono per lo più alle porzioni cementate delle falde di detrito, ma possono anche rappresentare lenti a grana grossa di formazioni arenacee di substrato. La morfologia è legata al grado di cementazione.

Calcari

Rocce con buone od ottime caratteristiche meccaniche, che possono dare luogo ad una morfologia di forte rilievo interessate frequentemente da carsismo. Calcari massicci o con strati da medi a sottili, con scarse intercalazioni marnose, selciose e/o argillitiche.

Dolomie

Rocce di buone ed ottime caratteristiche meccaniche che possono dar luogo a morfologie molto pronunciate (creste rocciose e pareti subverticali), in particolare quando massicce. Possono presentarsi stratificate e con morfologie meno pronunciate.

Depositi gessosi o anidritici.

Rocce con scadenti caratteristiche meccaniche, ad alta degradabilità ed erodibilità, e conseguenti morfologie dolci. Roccia di tipica deposizione chimica essenzialmente legata all'evaporazione del solvente. Si possono verificare fenomeni carsici e/o cavernosi.

Nella Tav 01 sono state inserite inoltre le aree, coperte generalmente da depositi quaternari, aventi substrato lapideo appartenente alla formazione di San Giovanni Bianco. In tali aree si possono trovare probabili lenti di gesso e/o anidrite che possono dare origine a cedimenti, fenomeni carsici e/o cavernosità sia nel substrato roccioso che nei depositi di copertura.

6.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Analizzando dal punto di vista geomorfologico la Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello, 1972 e la Carta Geologica dello studio geologico comunale del 1996 risulta piuttosto congruente la dislocazione dei depositi detritici e dei depositi alluvionali di fondovalle. I primi si trovano estesamente in tutta la fascia pedemontana che circonda i rilievi rocciosi della Corna di Savallo sino a coprire parzialmente i nuclei abitativi. I depositi alluvionali si trovano nel tratto terminale del torrente Nozza, e subordinatamente nel tratto terminale del torrente Tovere prima della confluenza nel T. Nozza, in corrispondenza della zona industriale di Mura e Casto.

6.2.1. Unità litologiche quaternarie

Di seguito si elencano le unità litologiche quaternarie (denominate depositi) presenti nel territorio comunale:

6.2.1.1. depositi detritici

Sono costituiti principalmente da materiali granulari, di natura ghiaioso sabbiosa e subordinatamente limosa, con elementi litoidi. Deposito situato in ampie fasce alle basi delle pareti rocciose, derivante dall'accumulo del materiale che cade da quest'ultime per gravità. È costituito da blocchi, ciottoli e ghiaia a clasti spigolosi di natura simile alla roccia da cui si sono distaccati. Pendenza generalmente intorno a 28-35°. Essi si distinguono in:

1. detrito colonizzato da vegetazione (totalmente e con specie arboree)
2. detrito non colonizzato da vegetazione e detrito parzialmente colonizzato da vegetazione (con specie arbustive pioniere)

Dal punto di vista litologico tali depositi si possono presentare in alcuni casi parzialmente o totalmente cementati; in questa ultima forma può essere cartografato come "conglomerato", assimilabile quindi ad una unità litologiche di substrato.

Nel territorio comunale di Mura all'interno dei depositi detritici si segnalano localmente alcune forme di erosione/deposito legate alle correnti di acque superficiali. per

6.2.1.2. Deposito eluviale

Più che di deposito si tratta dell'accumulo determinato dall'alterazione e disgregazione della roccia in posto senza fenomeni gravitativi e/o di trasporto. Si presenta come una copertura di pietrisco immerso in materiale argilloso – limoso, con spessori sempre contenuti, indicativamente entro 1-2 m. Pendenze generalmente intorno a 35-40°

6.2.1.3. Deposito colluviale

Deposito costituito da materiale derivato dal disfacimento del substrato roccioso trasportato in luogo diverso da quello d'origine. Costituisce fasce di raccordo tra collina e pianura. È generato dal dilavamento delle particelle più fini (argillose), che si accumulano al piede del pendio, dando luogo a morfologie dolci. Si è ritenuto sufficiente accorpare il deposito colluviale al deposito eluvio-colluviale, derivato sia dall'alterazione in posto del substrato che dal materiale derivato dal disfacimento del substrato roccioso e trasportato in luogo diverso da quello di origine. Gli spessori possono variare da un minimo di 2 m ad un massimo di oltre 25 m. Pendenze generalmente intorno a 15-20°. Non si rilevano accumuli significativi di tali depositi nel territorio comunale di Mura.

6.2.1.4. Depositi detritico-colluviali

Si tratta di depositi misti, costituiti da materiale derivato dal disfacimento del substrato roccioso trasportato in luogo diverso da quello d'origine, sia per gravità che per ruscellamento superficiale. Costituisce fasce di raccordo tra collina e pianura. È generato dal dilavamento delle particelle più fini (argillose), che si accumulano al piede del pendio, dando luogo a morfologie dolci con pendenze intorno a 20-28°. Nel territorio comunale di Mura essi vengono riferiti a due tratti di versante nel settore SE interessati da movimenti franosi.

6.2.1.5. depositi alluvionali

Materiale soggetto ad erosione, trasporto e deposito per azione delle acque correnti attuali costituente gli alvei dei corsi d'acqua ed i ripiani degradanti verso gli stessi. Ghiaie grossolane e clasti più o meno arrotondati, appartenenti al bacino di formazione, con eventuali lenti di sabbie limose. Sono disposti lungo i tratti terminali dei fondovalli dei torrenti Nozza e Tovere.

6.3. ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Al fine di entrare con maggiore dettaglio nel quadro conoscitivo di carattere geotecnico delle unità litologiche quaternarie, come previsto dalla normativa vigente sono stati raccolti e catalogati alcuni cantieri geotecnici ritenuti significativi per la caratterizzazione di tali terreni.

Nella Tavola 01, unitamente alla dislocazione delle unità litologiche presenti nel territorio comunale, vengono ubicati i cantieri geotecnici (sondaggi, prove etc..) realizzati per scopi privati e pubblici a disposizione presso l'UTC dell'Amministrazione Pubblica. I cantieri ed i relativi dati geotecnici sono stati numerati e georeferenziati.

Dall'intreccio dei dati litologici e geotecnici raccolti si può dedurre che le unità quaternarie presenti nel territorio, avendo una forte componente componente di origine mista detritico-colluviale, abbiano in linea di massima un comportamento di tipo coesivo. Dall'esame dei cantieri geotecnici di seguito elencati si riconosce una coltre quaternaria molto esigua in spessore. E' doveroso precisare la presenza delle alluvioni del torrente Nozza sul fondovalle lungo la sp III (zona industriale), per le quali non si dispone di cantieri geotecnici specifici. Si descrivono di seguito le situazioni dei vari cantieri geotecnici considerati.

Cantiere n. 01 (Amministrazione Comunale – palestra – dott.ssa Ziliani, 1995): l'indagine consta di n. 2 prove penetrometriche dinamiche che hanno permesso di rilevare un'ottima situazione edificatoria, con depositi granulari con matrice sabbioso-ghiaioso e argillosa compatta: $\Phi = 32^\circ$.

Cantiere n. 02 (via Oslano – dott. Martello, 2006): n. 6 prove penetrometriche, con l'ausilio di scavi, hanno permesso di quantificare uno spessore di circa 2 m di limi sabbiosi poco addensati e successivi 3 –4m di ghiaie sabbiose addensate o molto addensate.

7. CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

7.1. ELEMENTI IDROGRAFICI

Il territorio comunale di Mura dal punto di vista morfologico - idrografico è costituito da un grande promontorio privo di un vero e proprio drenaggio nelle aree centrali. I corsi d'acqua principali scorrono indicativamente lungo i confini comunale sud (T. Nozza) e nordest (T. Tovere, che confluisce nel primo in loc Piano – zona industriale di Mura e Casto). La gran parte del territorio comunale non risulta solcata da valli incise, ma da deboli impluvi che si sviluppano in senso radiale rispetto al rilievo montuoso dolomitico e le sue relativi pendici. I corsi d'acqua minori iniziano ad incidere i versanti a valle dei nuclei abitativi, senza interessarli.

In Tav. 02 vengono cartografati gli elementi idrografici e gli spartiacque principali mentre non vengono riportati gli elementi di rischio idraulico per i quali si rimanda alla Tav. 03 ed al successivo capitolo 8.

7.2. ELEMENTI IDROGEOLOGICI

L'assetto idrogeologico del territorio comunale di Mura è determinato dalla conformazione litologica e morfologica dell'area, con presenza di un grande piastrone dolomitico ad ovest, dove si possono infiltrare ed accumulare riserve idriche attraverso le fratture delle rocce e una fascia di rocce poco permeabili ad est (Arenarie di Valsabbia). Per quanto riguarda i depositi superficiali si registra una generale alta permeabilità, sia per le coperture che per i depositi alluvionali di fondovalle.

Per quanto riguarda i fenomeni carsici è degno di nota la grotta del Bus Lorè ed altri fenomeni diffusi presenti nel territorio comunale.

Si riconoscono numerose sorgenti ad uso pubblico e ad uso privato come riportato nella Tav. 02.

7.2.1. Opere di captazione ad uso idropotabile

L'acquedotto comunale di Mura è alimentato dalle seguenti sorgenti (v. Tav. 02)

- Sorgente Solc. Ubicata alle pendici del Mt. Corna di Savallo a circa 100 m da territorio comunale di Casto. Quota 900 mslm
- Sorgente Galbiere. Ubicata alle pendici opposte (versante nord) del Mt. Corna di Savallo in loc. Galbiere – Vallone. Quota 800 mslm.

La perimetrazione delle zone di rispetto secondo la Del. G.R. n. 6/15137 del 27.06.96 delle sorgenti ad uso acquedottistico è stata riportata in Tav. 05.

8. ELEMENTI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

L'evoluzione morfogenetica ed i relativi fenomeni di dissesto presenti nel territorio comunale di Mura sono strettamente legati con l'assetto geologico-strutturale-geomorfologico (v. capitolo 5). I dissesti possono essere distinti in aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti e da quelli dal punto di vista idraulico. Il lavoro svolto nel presente capitolo riguarda la delimitazione e la codifica delle aree di dissesto presenti nel territorio comunale. Tale elaborazione si concretizza nella ridefinizione della cartografia del PAI "Carta di delimitazione delle aree di dissesto".

8.1. CARTA DELLE AREE DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

Tutti i fenomeni di dissesto individuati nel corso del presente studio sono stati riportati nella Tav. 03 "Carta delle aree di dissesto con legenda uniformata PAI" e raggruppati secondo le tipologie elencate nella medesima legenda:

- **Frane**
 1. Aree di frana attiva
 2. Aree di frana quiescente
 3. Aree di frana stabilizzata
- **Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio**
 1. Area con pericolosità molto elevata o elevata
 2. Area con pericolosità media o moderata
- **Trasporto in massa sui conoidi**
 1. Area di conoide attivo non protetta
 2. Area di conoide attivo parzialmente protetta
 3. Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta
- **Valanghe**
 1. Area a pericolosità molto elevata o elevata
 2. Area a pericolosità media o moderata

Nella Tav. 03 le tipologie di dissesto di cui sopra quando non sono perimetrate vengono rappresentate con un apposito simbolo puntuale. Nell'ambito della formulazione del nuovo quadro del dissesto si è considerata anche la documentazione GeolFFI - Inventario fenomeni franosi in Lombardia. Tramite rilevamenti di campo sono stati verificati i dissesti di cui sopra e analogamente sono stati verificati quelli riportati negli studi geologici comunali precedenti e nelle recenti segnalazioni di dissesto da parte del Comune allo STER (Regione Lombardia – sede di Brescia).

Dalla lettura della Tav. 03 si può notare che nel territorio comunale di Mura sono presenti alcuni dissesti di tipo gravitativo e di erosione torrentizia. Si segnala un'ampia area soggetta a crolli e ribaltamenti in corrispondenza della parete dolomitica che sovrasta gli abitati di Posica, Olsano e Mura. Si noti la continua alimentazione dei detriti di falda nei canali della Valle del Pero, in località Vallone e lungo la fascia dei rilievi rocciosi. Tali dissesti non sono pericolosi per le abitazioni a valle.

Da tenere presente la pericolosità per possibili esondazioni delle aree fra Olsano e Algeri, in vicinanza dell'ex Mulino, e le aree poste in prossimità del fossato del Rabbione.

Nella fascia collinare morfologicamente più dolce i dissesti si riconducono per lo più movimenti franosi superficiali diffusi della copertura detritico-colluviale e dissesti strutturali di edifici a causa di cedimenti per fenomeni carsici, dei quali si evidenziano i più significativi (v. n. d'ordine in Tav. 05):

1. loc. piano, franosità diffusa in versante sponda dx T. Tovere nella sua parte terminale, fra 200 e 400 m della confluenza con il T. Nozza. Corpo di frana fra 340 e 370 mslm
2. loc. Rupino, franosità diffusa attiva sul versante sx T. Tovere immediatamente a valle della sp 50 fra le quote 570 – 420 mslm
3. loc. Fratta Vaga – Saliva; franosità diffusa attiva sul promontorio loc. omonima e versante esposto a nord
4. loc. Matta; franosità diffusa attiva lungo un tratto di versante a nord delle loc. Tremosera, Cucco e Fontanella
5. Insieme di colamenti rapidi attivi diffusi su una vasta fascia territoriale a valle degli abitati di Mura, Olsenago, Veriano e in località Fontanelle, all'interno dei quali si considera anche il dissesto della Chiesa di Veriano, oratorio della SS Trinità che ha subito cedimenti e dissesti strutturali causati da cavernosità ipogee per circolazioni idriche seleniose.

Si elencano i dissesti segnalati dal Comune allo ster di Brescia dal 2000 al 2008:

- 04.04.00 movimento franoso loc. Cugni (strada di collegamento Mura – Pertica Alta)
- 29.11.03 caduta massi in loc. Cugni

Per quanto riguarda i dissesti legati alle valanghe si è tenuto conto, oltre alle cartografie geoambientali regionali, il PAI e lo studio geologico comunale agli atti, del Sistema Informativo Regionale Valanghe - Regione Lombardia, ver. 1.2 del 2003.

Per il territorio comunale di Mura non si è rilevata la presenza documentata di tali fenomeni di dissesto.

9. PERICOLOSITA' SISMICA

L'OPCM 3274 "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 del 8-5-2003 Suppl. Ordinario n. 72) individua in prima applicazione le zone sismiche nelle quali è suddiviso il territorio nazionale, e le normative tecniche da adottare per le costruzioni in tali aree. La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è definita nell'allegato 5 della D.G.R. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di governo del Territorio, recentemente aggiornata con la D.G.R. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008.

9.1. SISMA DEL NOVEMBRE 2004

Le seguenti informazioni sono tratte dal comunicato dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia del 25/11/2004.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia comunica che in data 24/11/2004, alle ore 23:59 locali, le stazioni della Rete Sismica Nazionale Centralizzata hanno registrato un evento sismico di magnitudo 5.2 pari all' VIII grado della scala Mercalli. L'epicentro è stato localizzato nel bresciano tra i comuni di Vobarno, Salò, Gardone Riviera, Toscolano-Maderno.

La profondità dell'evento è stata stimata in poco più di 8 chilometri. L'area di risentimento dell'evento è stata particolarmente vasta con risentimento fino in Toscana. La scossa principale è stata seguita da piccole repliche di seguito riportate:

00:48	25/11/2004	magnitudo 1.7
00:49	25/11/2004	minore di magnitudo 1.7
00:53	25/11/2004	magnitudo 1.7
00:55	25/11/2004	magnitudo 1.7
02:25	25/11/2004	magnitudo 2.1
05:22	25/11/2004	magnitudo 2.0

Tutte le repliche sono state di carattere strumentale, generalmente non avvertite dalla popolazione. Le sezioni dell'Istituto di Roma e di Milano si sono immediatamente attivate e, a poco più di 1 ora dall'evento principale, un gruppo di ricercatori e tecnici erano in viaggio verso l'area epicentrale con l'attrezzatura idonea per installare, nell'area colpita, una rete sismica temporanea per l'analisi di dettaglio della sequenza innescata dalla scossa principale.

L'epicentro della scossa principale è collocato in una delle sorgenti utilizzate per la redazione della mappa di pericolosità sismica di riferimento elaborata da INGV e consegnata al Dipartimento della Protezione Civile nell'aprile del 2004 (Ord. 3274 del 20/03/2003). Essa è classificata in seconda categoria sismica.

La sismicità dell'area colpita è nota da precedenti storici. L'evento storico più rilevante è stato quello del 30 ottobre 1901, valutato anch'esso dell'VIII grado della scala Mercalli.

Terremoto di Salò del 1901

Il 30 ottobre 1901 alle ore 14.59 (GMT) una fortissima scossa di terremoto colpì diverse località nell'area ad occidente del lago di Garda ricadenti nella provincia di Brescia.

Il catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI) riporta per questo terremoto i seguenti parametri: 1901 ottobre 31, ore 14.59.58 ; $l_0=8.0$, Lat 45.580 e Lon 10.500.

Gli effetti più gravi riguardarono Salò (BS) dove l'intensità raggiunse l'VIII grado MCS. Si ebbero lesioni diffuse alle costruzioni, alcuni crolli e furono inoltre osservate spaccature nel terreno.

Il terremoto fu avvertito su una vasta area comprendente le regioni Lombardia, Trentino Piemonte, Emilia-Romagna, Liguria, Veneto e parte della Toscana.

Il governo inviò una commissione di tecnici per definire l'entità dei danni e le modalità dei lavori di ripristino.

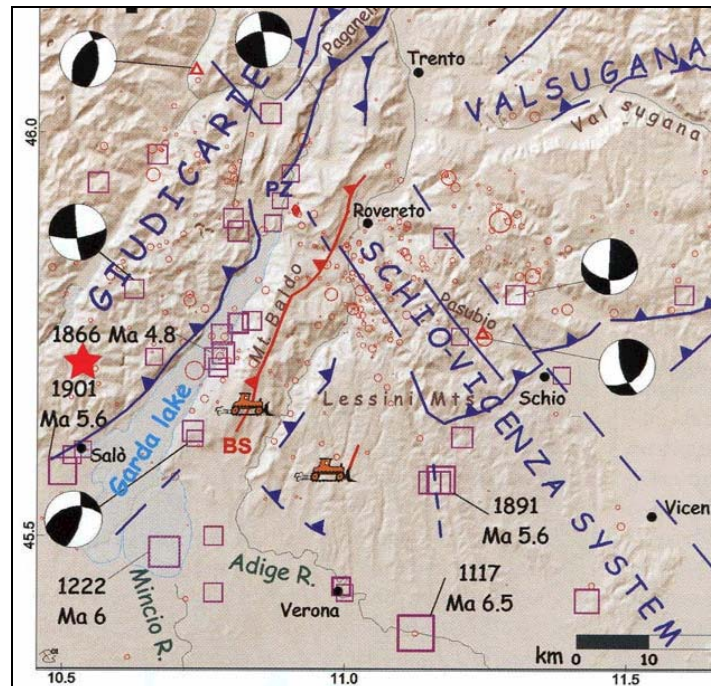


Figura 2: Quadro sismotettonico dell'area gardesana

Nella Figura 2 è riportato il quadro sismotettonico dell'area gardesana. In carta sono riportate le principali strutture attive nel Quaternario e gli epicentri dei terremoti storici tratti dal catalogo CPTI (1999); i meccanismi focali sono tratti da Slejko et al. (1989). L'epicentro del terremoto del 24 Novembre 2004 ricade sul sistema dei thrust delle Giudicarie, ad ovest del Lago di Garda. La stella rossa indica l'epicentro del terremoto del 24 Novembre 2004. Da Galadini et al. (2001), modificata. – da sito www.ingv.it



Figura 3: Evento del 24 Novembre 2004 (fonte sito www.ingv.it).

Le repliche del terremoto del 24 Novembre 2004 (Figura 3) si distribuiscono nella zona immediatamente a nord di Salò e hanno avuto una magnitudo massima pari a 2.1. Sono rappresentati in giallo l'epicentro della scossa principale (Md 5.2) e in celeste gli epicentri delle repliche.

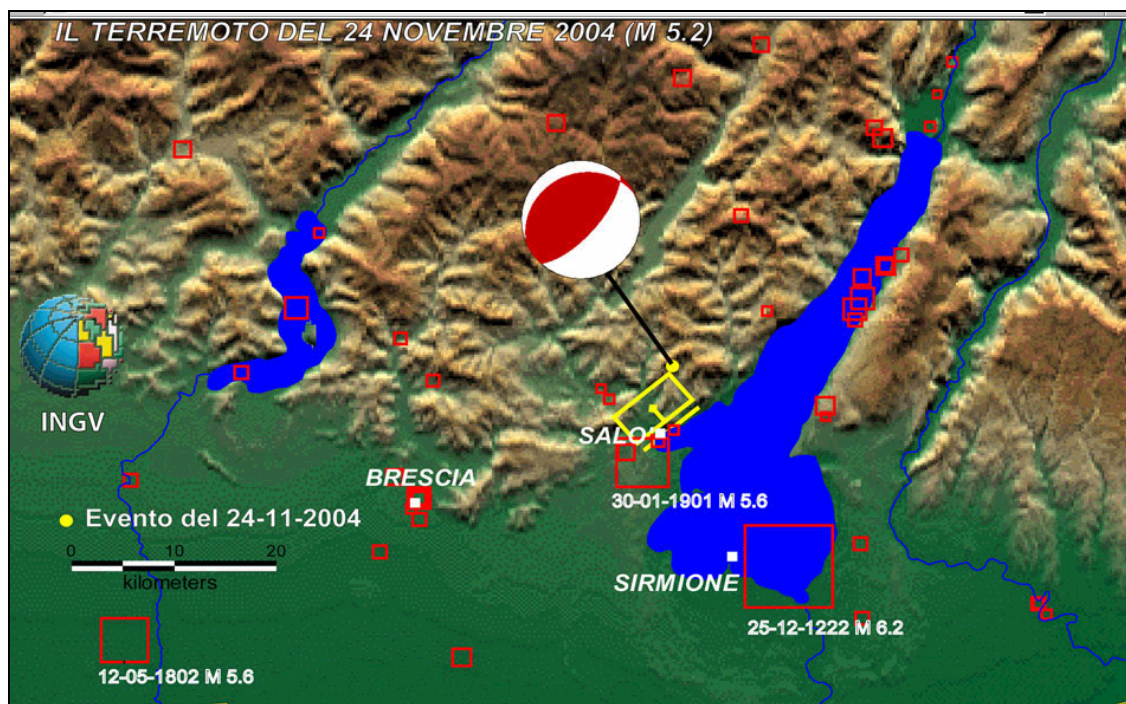


Figura 4: Evento del 24 Novembre 2004 (fonte sito www.ingv.it).

L'epicentro del terremoto (Figura 4 in giallo) e il meccanismo focale del 24 novembre sono confrontati con la posizione e le caratteristiche geometriche e cinematiche della sorgente sismogenetica responsabile del terremoto del 30 ottobre 1901 (dalla nuova versione, di prossima pubblicazione, del Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy, 2001). Le informazioni provenienti dal meccanismo focale del recente terremoto sono in buon accordo con i dati geologici e geofisici che hanno permesso di vincolare la sorgente del terremoto storico. Possiamo infatti osservare la coincidenza della tipologia di sorgente (faglia inversa) e della direzione o strike del piano di faglia. Le faglie responsabili dei due terremoti fanno parte del Sistema delle Giudicarie, un complesso di faglie inverse che delimitano il versante occidentale della valle occupata dal Lago di Garda. Gli epicentri dei terremoti storici che hanno colpito l'area del Garda (da Catalogo CPTI, 1999) sono rappresentati con i quadrati rossi. Per i terremoti principali sono indicate la data e la magnitudo. L'area nei dintorni di Salò è stata interessata dal terremoto del 1901 (M 5.6) e da sismicità minore. Un'altra area colpita frequentemente da terremoti significativi è quella del Monte Baldo. – da sito www.ingv.it.

9.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 viene fornita una nuova zonizzazione sismica in sostituzione di quella del D.M. 5 Marzo 1984. L'OPCM 3274 fornisce anche le normative tecniche da utilizzare per le costruzioni nelle zone sismiche. Sulla base di tale Ordinanza i comuni in esame sono classificati come:

Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 198N.C.)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
Anfo	NC	III	3
Bione	NC	III	3
Casto	NC	III	3
Capovalle	NC	III	3
Lavenone	NC	III	3
Mura	NC	III	3
Pertica Alta	NC	III	3
Pertica Bassa	NC	III	3
Provaglio VS	II	III	2

Tabella 1: Classificazione sismica dei comuni in esame (All. A – OPCM n. 3274 del 20/03/2003)

Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema di Tabella 2: estratto Allegato 1 OPCM 3274 estratto dall'ordinanza.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)
1	$> 0,25$
2	$0,15 - 0,25$
3	$0,05 - 0,015$
4	$< 0,05$

Tabella 2: estratto Allegato 1 OPCM 3274

9.3. AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto nell'OPCM 3274 e nelle nuove Norma Tecniche per le Costruzioni (DM Gennaio 2008) vengono definite le seguenti categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa, e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle

	proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).

Tabella 3: categorie del suolo di fondazione (DM 14 Gennaio 2008)

Sono state definite anche due categorie particolari per le quali sono necessari studi specifici per la definizione dell'azione sismica.

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 4: categorie del suolo di fondazione – casi particolari

La classificazione deve comprendere il sottosuolo compreso fra il piano di posa delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido (definito “bedrock”) di riferimento, per una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

Con i termine Vs30 si intende la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio e viene calcolata sulla base dell'espressione:

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

Il sito dovrà essere classificato sulla base del valore di Vs30 (se disponibile), oppure utilizzando:

1. per i terreni a comportamento granulare: i valori di Nspt;
2. per i terreni a comportamento coesivo: i valori di Cu.

Nella tabella seguente si riportano i valori del parametro a_g (accelerazione massima su suolo di categoria A), espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g da utilizzare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale. Tali valori sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Valore di a_g
1	0,35
2	0,25
3	0,15
4	0,05

Tabella 5: valori parametro a_g

Per quanto riguarda la definizione dello spettro di risposta elastico si rimanda alla normativa vigente.

9.4. RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'azione di eventi sismici sulle strutture è condizionata anche da condizioni locali, geologiche e geomorfologiche, che possono portare a fenomeni di amplificazione del fenomeno rispetto a quanto ci si potrebbe aspettare. Tali fattori, che si possono definire con il termine "Pericolosità sismica locale" sono da tenere in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica di un'area.

Tra le prime analisi da eseguire per la valutazione della Pericolosità sismica locale riveste un ruolo primario l'identificazione delle categorie di terreno che caratterizzano una determinata area e della ricostruzione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo.

Successivamente, un funzione delle caratteristiche del sottosuolo si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di sito (amplificazione sismica locale) e quelli dovuti ad instabilità.

Gli effetti di sito interessano tutti quei terreni che mostrano dei comportamenti stabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche previste. Questi effetti si riferiscono alle modificazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un "terremoto di riferimento" può subire durante l'attraversamento dell'intervallo tra il bedrock ed il piano campagna, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di sito si possono suddividere in:

- Effetti di amplificazione topografica. Si manifestano in presenza di superfici topografiche più o meno articolate che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi.
- Effetti di amplificazione litologica. Tali effetti sono funzione delle variazioni litologiche locali e delle relativa differente risposta sismica all'evento di riferimento.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (o potenzialmente tale) nei confronti dell'azione di un sisma. Rientrano in tale categoria: i versanti in equilibrio precario soggetti al rischio di riattivazione e di neoformazione di fenomeni morfogenetici (frane), le aree interessate da strutture geologiche significative (faglie, contatti stratigrafici) e le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche e geomeccaniche scadenti.

9.4.1. Analisi della sismicità locale

L'allegato 5 – Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T della DGR n. 8/1566 del 22/12/2005, aggiornata con la D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008, fornisce indicazioni sulle procedure da utilizzare per l'analisi della sismicità locale. Tale procedura sostituisce quelle contenute nello studio "Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996".

La nuova metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona di appartenenza del comune, dell'opera in progetto e delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area. I tre livelli sono così sintetizzabili:

- 1° Livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia dei dati esistenti. Questo livello d'indagine prevede la realizzazione della Carta della pericolosità sismica locale.

- 2° Livello: caratterizzazione semi- quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella Carta di pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa).
- 3° livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite.

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune.

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2
4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 per edifici strategici rilevanti

Tabella 6: adempimenti e tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza

Essendo i comuni in esame classificati in zona 2 e 3, in fase pianificatoria è necessario procedere all'analisi di secondo livello per le zone soggette ad amplificazioni topografiche (Z3) e/o litologiche e geometriche (Z4), interferenti con l'urbanizzato e con le aree di nuova espansione.

L'analisi di terzo livello, da effettuarsi comunque in sede progettuale, andrà realizzata per le aree Z3 e Z4 nel caso "Fa calcolato" risulti maggiore del "Fa comunale", e nelle zone Z1, Z2 e Z5.

Nel caso di aree Z3 e Z4 caratterizzate da valori di Fa calcolato > Fa comunale, in alternativa all'analisi di Terzo livello è consentito utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con 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 E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

L'analisi di terzo livello è comunque obbligatoria, in fase progettuale, per le nuove costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi di persone, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

9.4.2. 1° livello – Carta della pericolosità sismica locale

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento. In tale fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geotecnica, idrogeologica e litostratigrafica reperiti, nonché le diverse cartografie tematiche d'inquadramento realizzate. Sulla base di tutte le informazioni reperite si è proceduto alla stesura della Carta della pericolosità sismica locale in cui il territorio comunale è suddiviso sulla base delle diverse situazioni indicate nella tabella sottoriportata.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
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)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche geometriche e
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone 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	Comportamenti differenziali

Tabella 7: estratto Tabella 1 dall'allegato 5 della DGR n. 8/7374 del 28/05/2008

Nel corso delle assegnazioni degli ambiti geo-litologici rilevati nei territori comunali di Casto, Bione, Mura e Pertica Alta ai diversi scenari di pericolosità sismica di cui tabella sopra si è ritenuto opportuno attribuire a tutte le aree interessate dalla formazione di San Giovanni Bianco (con o senza coltre detritico-colluviale di copertura) in via preliminare e cautelativa a zone soggette ad amplificazioni litologiche e geometriche (Z4e: zona con substrato avente scarse caratteristiche geotecniche-sismiche e/o con fenomeni carsici/cavernosi e/o lenti di gesso/anidrite). Tale assunzione cautelativa è stata confermata dalle indagini geofisiche in quanto nelle aree con substrato costituito dalla formazione di San Giovanni Bianco si sono ottenuti profili sismici con scarsi gradienti velocità/profondità e con profondità del bedrock sismico (quando raggiungibile) ampiamente oltre le profondità estraibili dalle stratigrafie dei carotaggi continui dei cantieri geotecnici utilizzati per la taratura. Tale scenario non rientra fra quelli attualmente previsti dalla normativa regionale, ma viste le peculiarità riscontrate si è ritenuto opportuno inserirlo. Nel territorio comunale di Mura è presenta una grande fascia dove si segnala la possibile presenza di tali problematiche (v. Tav. 03).

9.4.3. 2° livello – verifica del fattore di amplificazione (Fa)

Il secondo livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza. Obiettivo di tale approfondimento è l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici (utilizzo o meno dei parametri dello spettro elastico previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica di appartenenza).

La procedura consente la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni espressa come Fattore di amplificazione (Fa). Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. Tali periodi sono stati scelti sulla base delle tipologie di edifici maggiormente presenti sul territorio regionale ed in particolare: l'intervallo 0.1-0.5 s si riferisce a strutture basse, regolari e piuttosto rigide; l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili.

Di seguito si riportano i valori di Fa forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale in esame.

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
17	5	ANFO	0.1 - 0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
17	19	BIONE	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
17	36	CAPOVALLE	0.1 - 0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
17	44	CASTO	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
17	87	LAVENONE	0.1 - 0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
17	115	MURA	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
17	139	PERTICA ALTA	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
17	140	PERTICA BASSA	0.1 - 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
17	157	PROVAGLIO VAL SABBIA	0.1 - 0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
17	5	ANFO	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.3	3.1
17	19	BIONE	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
17	36	CAPOVALLE	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.3	3.1
17	44	CASTO	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
17	87	LAVENONE	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.3	3.1
17	115	MURA	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
17	139	PERTICA ALTA	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
17	140	PERTICA BASSA	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
17	157	PROVAGLIO VAL SABBIA	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.3	3.1

Tabella 8: valori di soglia per T compreso fra 0.5 e 1.5

9.4.4. Amplificazioni litologiche e/o geometriche: Zone Z4.

Sulla base dell'analisi delle informazioni di natura stratigrafica, litologica e geotecnica il sottosuolo del territorio comunale risulta costituito nei primi 30 metri da ghiaie e sabbie alternate a litozone argillose che diventano via via più potenti spostandosi da nord a sud.

La normativa regionale prevede che la conoscenza degli spessori e delle Vs possa essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, che sia in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte superficiale.

In particolare per l'analisi del Fa sito- specifica si è fatto riferimento ai criteri contenuti nell'allegato 5 e nei suoi aggiornamenti, di seguito riepilogati:

- La scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione avviene tramite individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale: il valore di Vs riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 230 m/s è stato scelto il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione).
- In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.
- Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.
- In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.
- In mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Per quanto riguarda la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, da utilizzare nella procedura di 2° livello si è fatto riferimento alla tabella sotto riportata, estratta dall'allegato 5 della DGR n. 8/1566 del 22/12/2005 e DGR n. 8/7374 del 28/05/2008:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 9: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Per la valutazione del fattore di amplificazione (F_a) sito- specifico, per i comuni in esame si è proceduto all'esecuzione di un'indagine sismica passiva a stazione singola mediante misura di microtremore sismico ambientale in sette postazioni ritenute significative e l'utilizzo di dati di letteratura (indagini con attendibilità alta- vedi Tabella 9: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi). Nei comuni di Capovalle e di Mura è stato eseguito uno stendimento sismico a rifrazione.

9.4.4.1. Indagine sismica passiva – microtremore sismico ambientale

L'indagine, in collaborazione con il Dott. Geol. D. Martello, eseguita con l'utilizzo della strumentazione denominata "Tromino", fornisce in modo diretto le frequenze di risonanza dei sedimenti sovrastanti il bedrock nel sito di indagine.

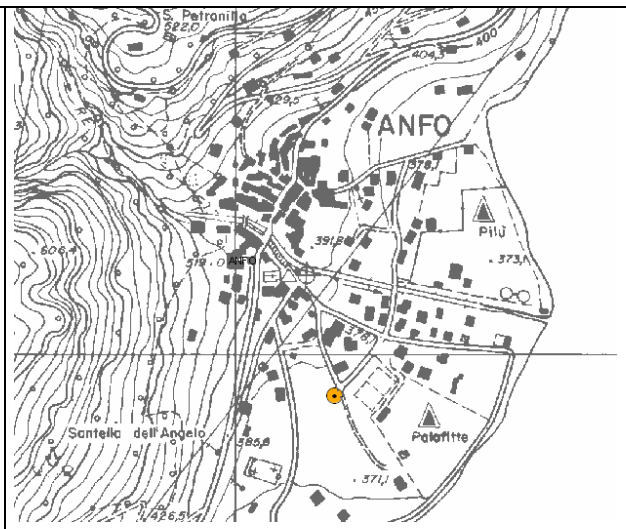
La tecnica utilizzata è basata sul rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, HSRV, che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi e delle discontinuità all'interno delle coperture sedimentarie, e quindi ricavare la stratigrafia del sito.

I segnali saranno analizzati attraverso il rapporto spettrale H/V e anche attraverso gli spettri delle singole componenti (Mulargia e Castellano 2006), e le curve HVSR sono verranno invertite secondo le procedure descritte in Arai e Tokimatsu, 2004.

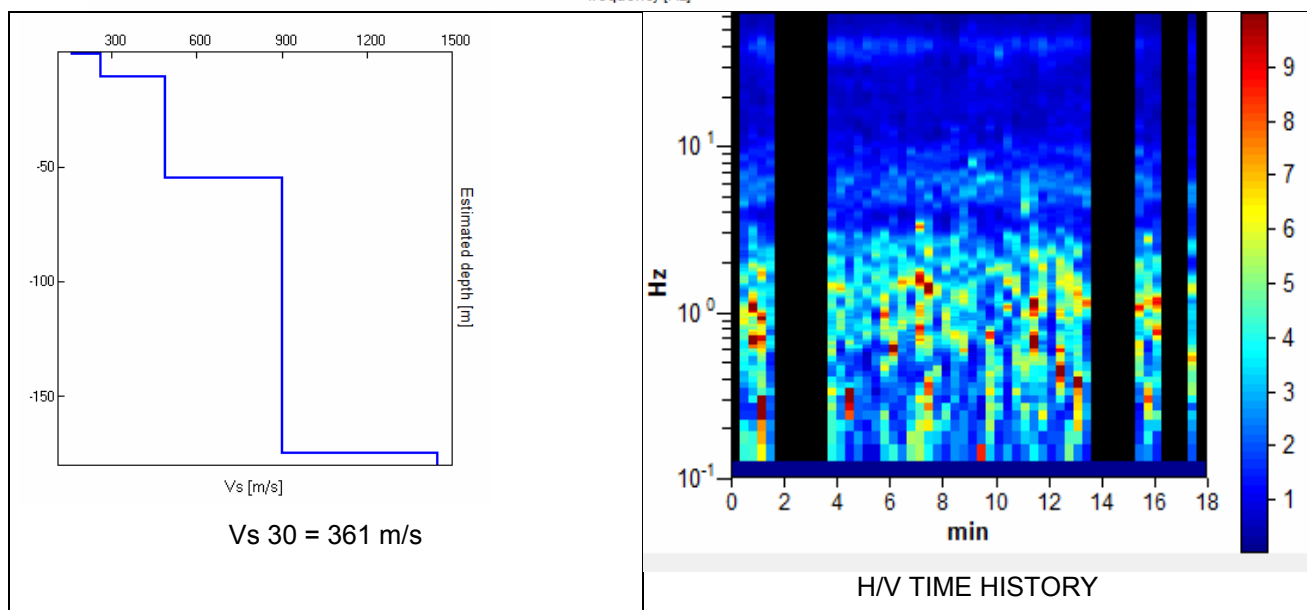
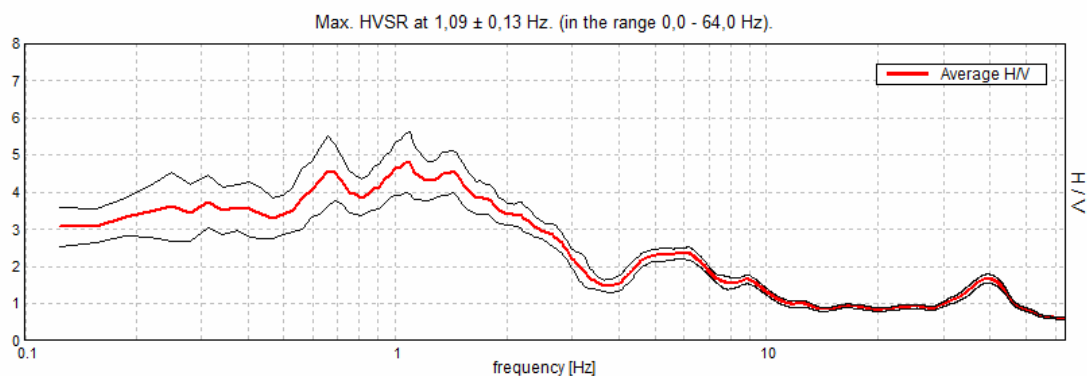
Il tipo di stratigrafia che le tecniche d'indagine passiva possono restituire si basa sul contrasto d'impedenza. Per strato s'intende quindi un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, cioè per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Sono state quindi utilizzate le linee guida secondo il progetto Sesame, per valutare la bontà della curva HVSR e la significatività dei picchi H/V.

Sito: ANFO – Conoide

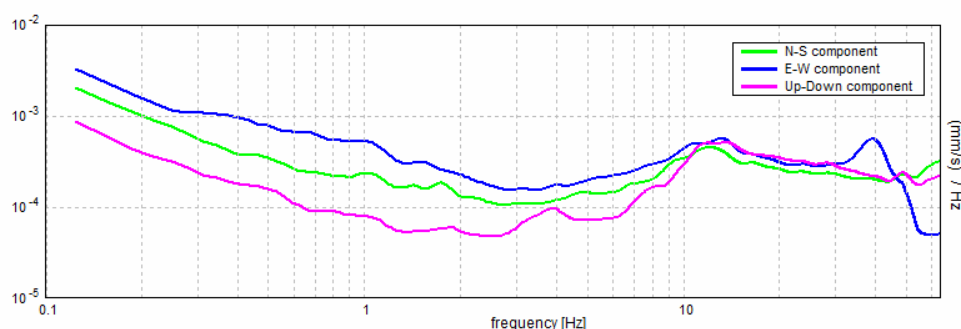
Start recording: 01/07/08 12:34:15
End recording: 01/07/08 12:52:16
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ;
UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h18'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



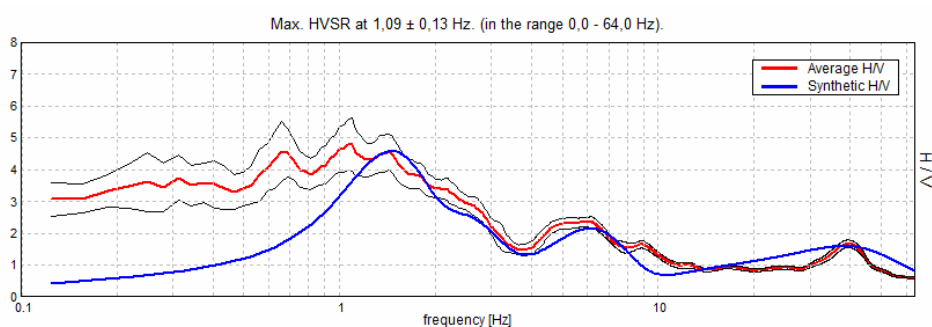
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.90	0.90	160
10.90	10.00	260
54.90	44.00	490
174.90	120.00	900
inf.	inf.	1450

[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. HVSR at 1,09 ± 0,13 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$831.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 54 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^+ in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.79 > 2$	OK	

$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05914 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06468 < 0.10938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4063 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Sito: BIONE

Start recording: 27/06/08 10:29:23 End

recording: 27/06/08 10:45:24

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analysis

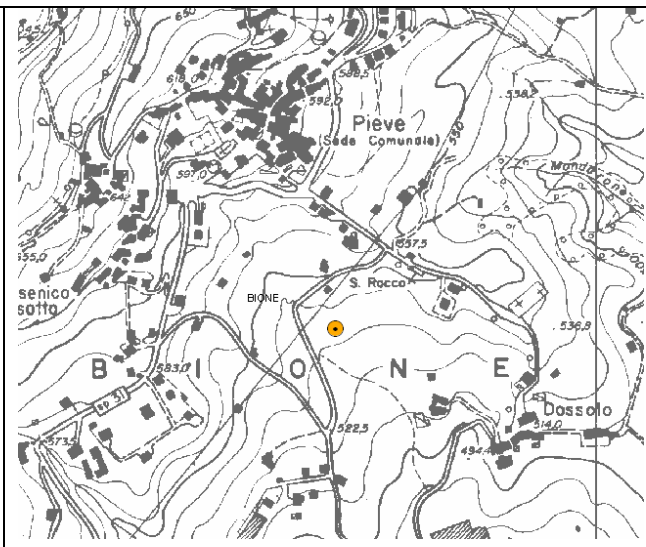
performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

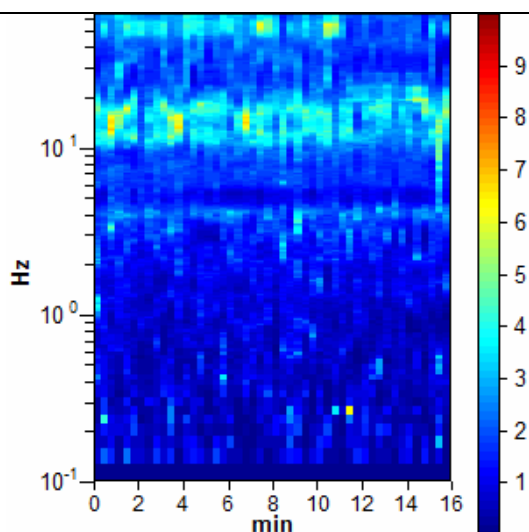
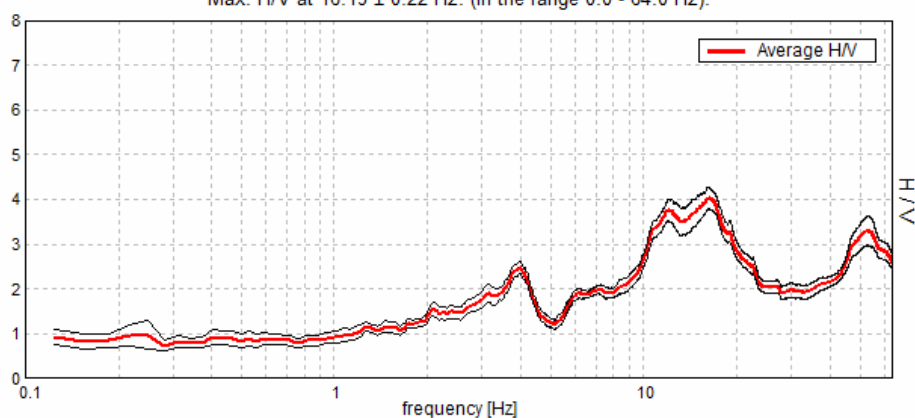
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%



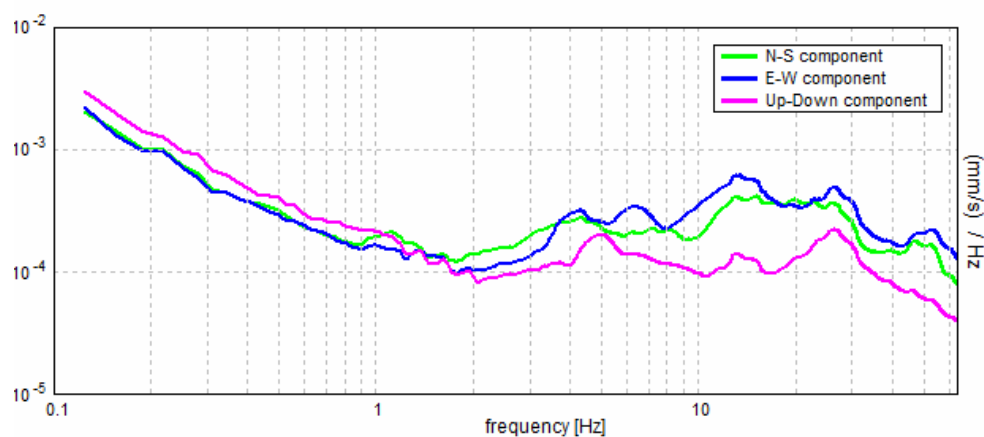
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 16.19 ± 0.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



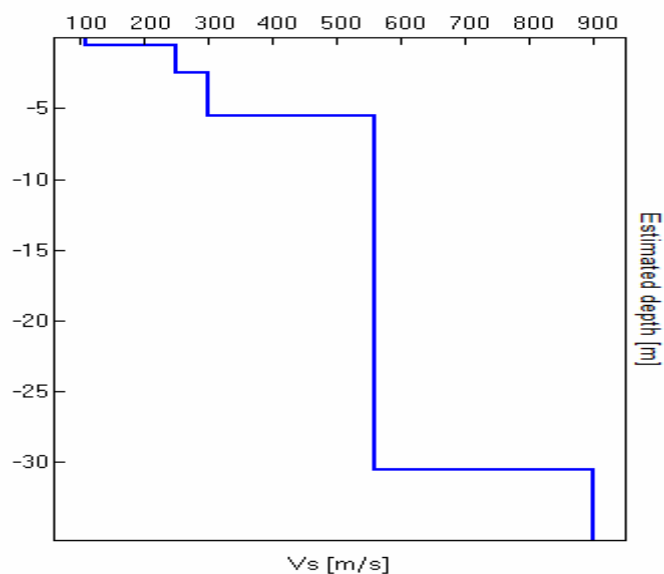
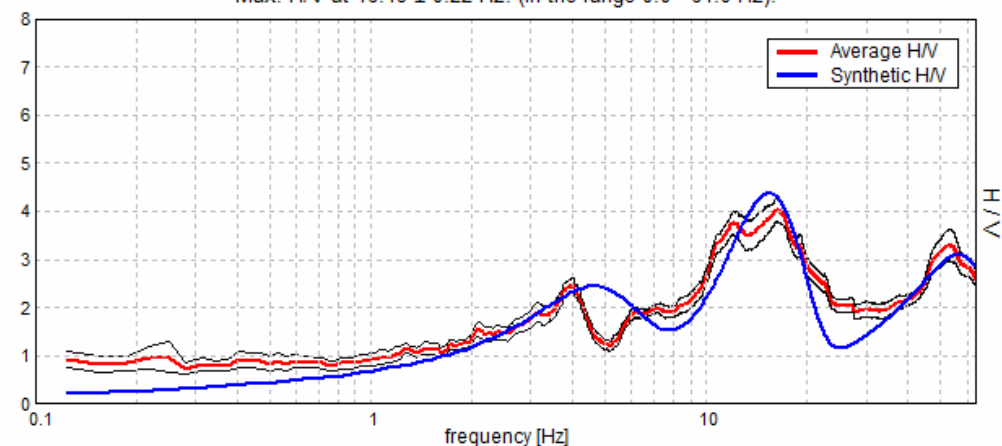
H/V TIME HISTORY

SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 16.19 ± 0.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m ³]
1	0.5	258	110	1.6
2	2	586	250	1.7
3	3	704	300	2
4	25	1313	560	2.2
5	0	2111	900	2.4
6				
7			's30=453m/	
8				

[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. HVSr at 16.19 ± 0.22 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	16.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	15540.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 778 times	OK	
Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	27.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.05 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00664 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1074 < 0.80938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1173 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Sito: CASTO

Start recording: 10/07/08 14:50:52 End

recording: 10/07/08 15:02:53

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis

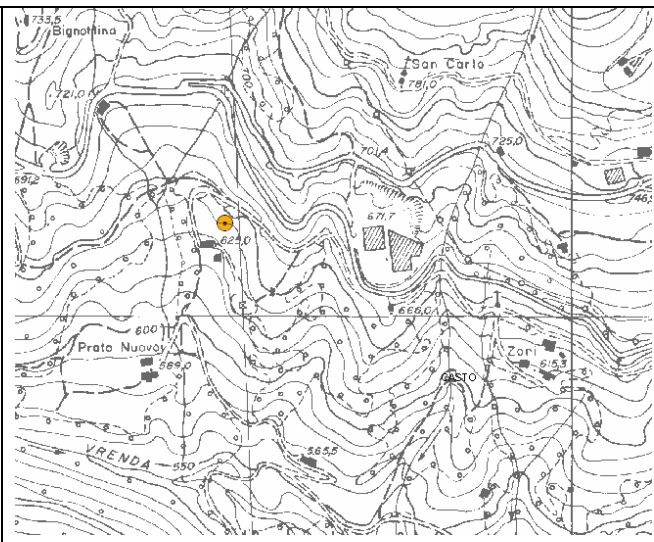
performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

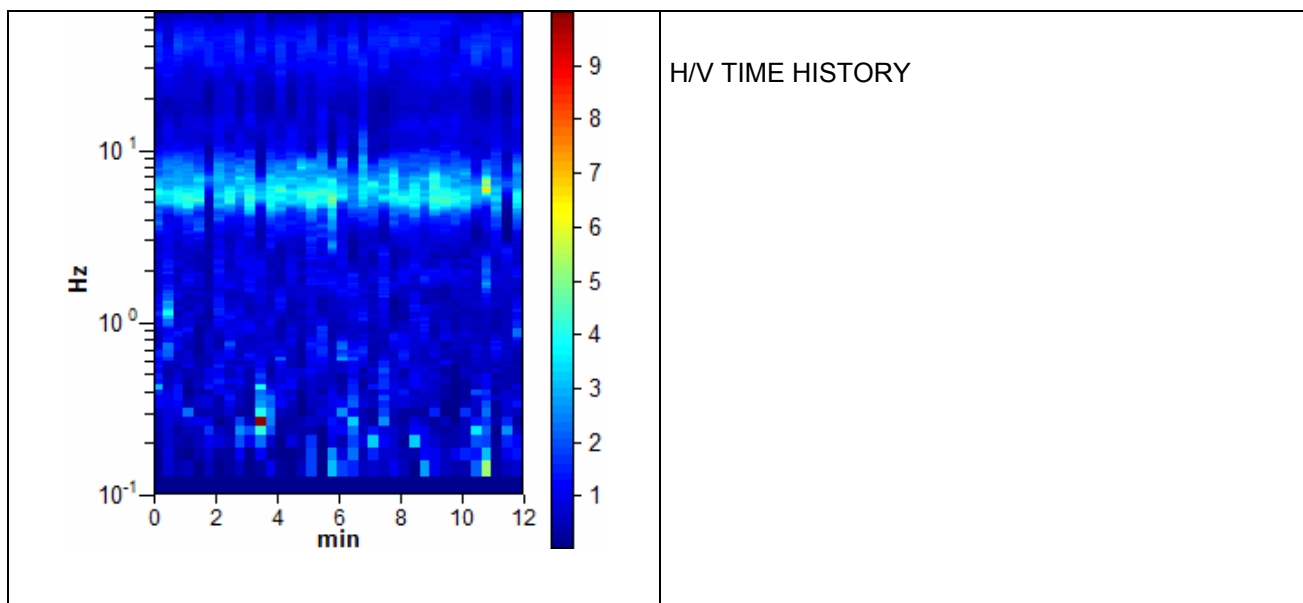
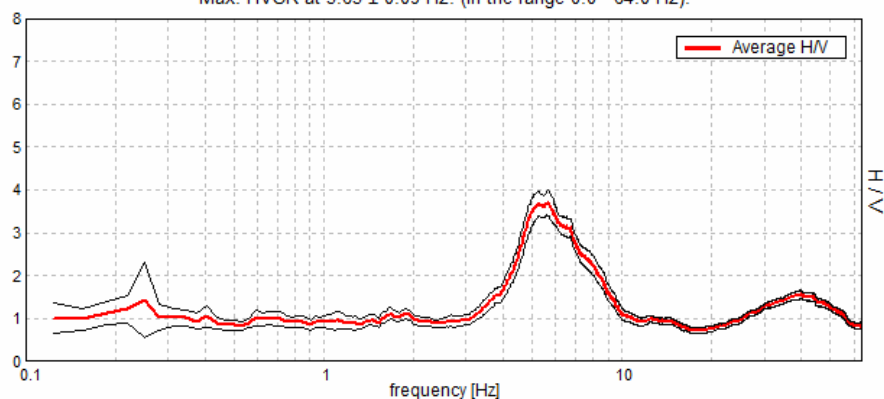
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

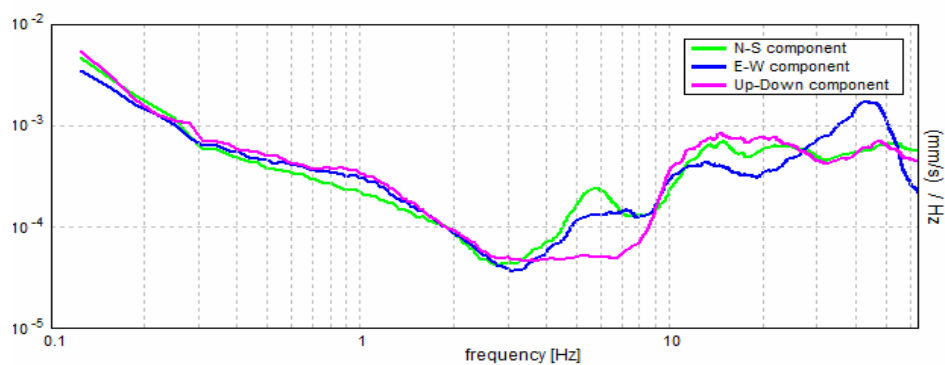


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. HVSR at 5.63 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

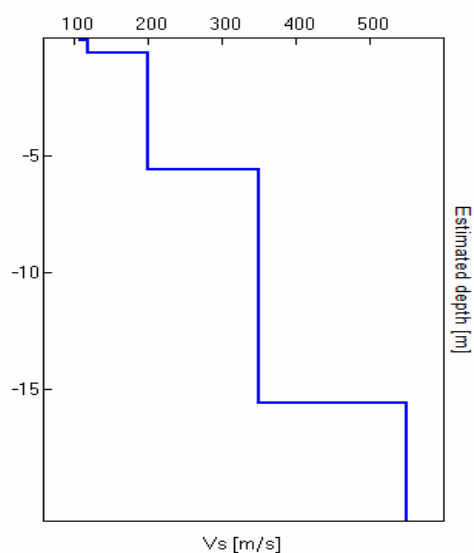
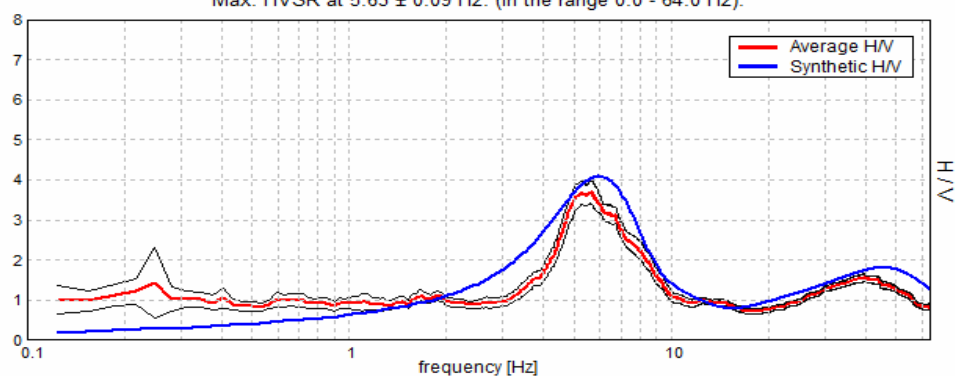


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSr at 5.63 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m ³]
1	0.1	258	110	1.6
2	0.5	281	120	1.7
3	5	469	200	1.9
4	10	821	350	2
5	0	1290	550	2.2
6				
7			/s30=512m/s	
8				

[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

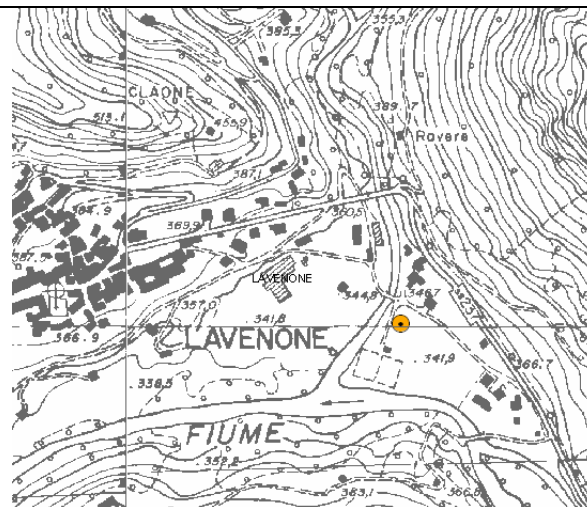
Max. HVSr at 5.63 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4050.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 271 times	OK	
Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.70 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00799 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04497 < 0.28125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1411 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

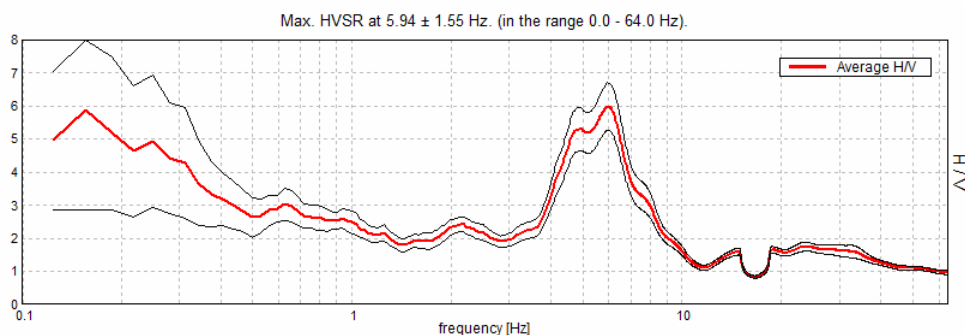
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Sito: LAVENONE

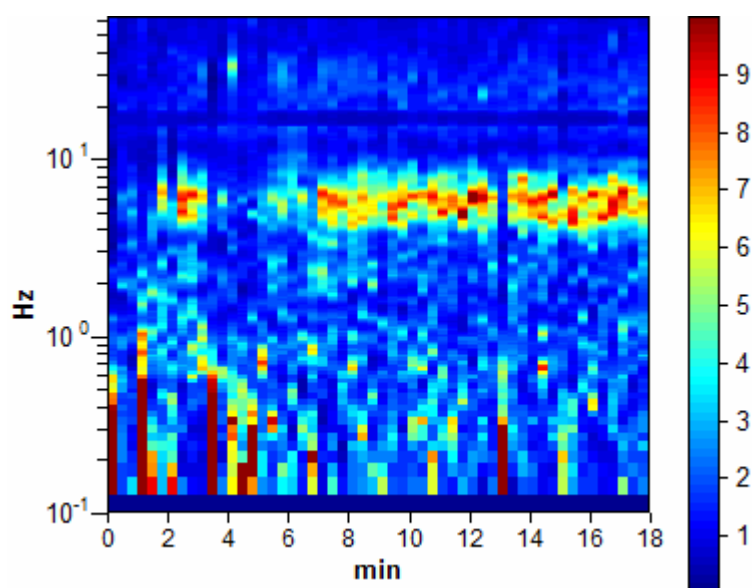
Start recording: 01/07/08 13:08:52 End
recording: 01/07/08 13:26:53
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST
; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h18'00". Analysis
performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



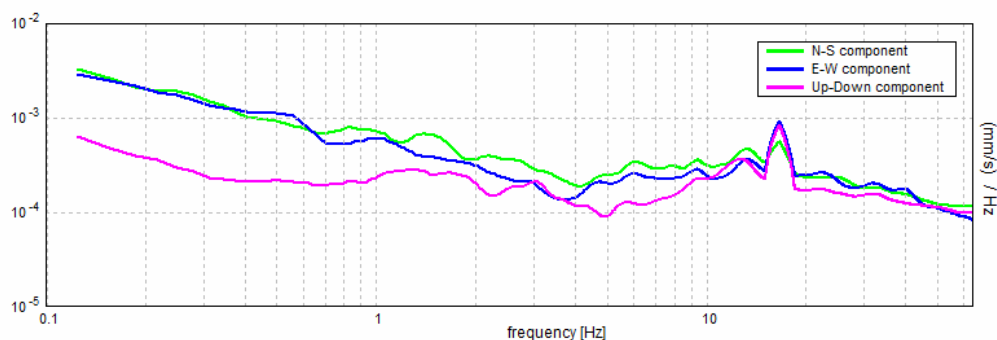
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



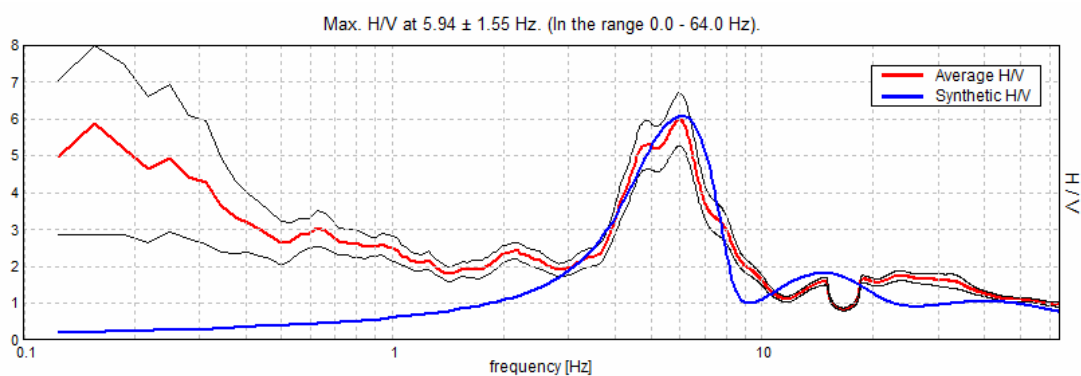
H/V TIME HISTORY



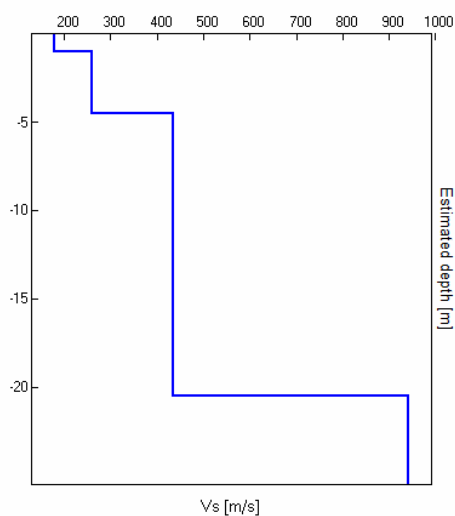
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	180
4.50	3.50	260
20.50	16.00	435
inf.	inf.	940



Vs 30 = 455 m/s

[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

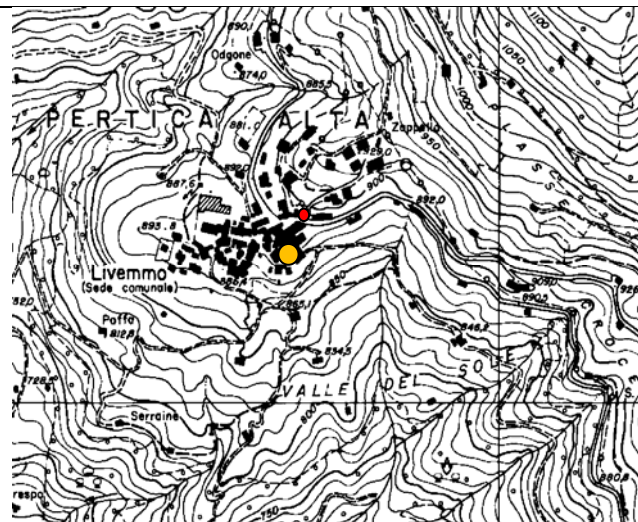
Max. HVSR at 5.94 ± 1.55 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$5.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6412.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 286 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.906 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.98 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12877 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.76456 < 0.29688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3537 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

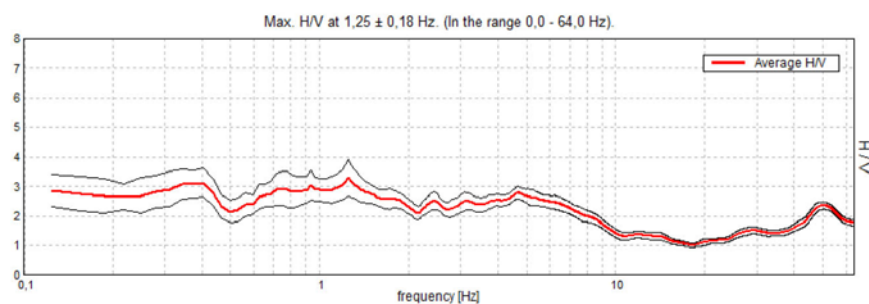
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PERTICA ALTA - LIVEMMO

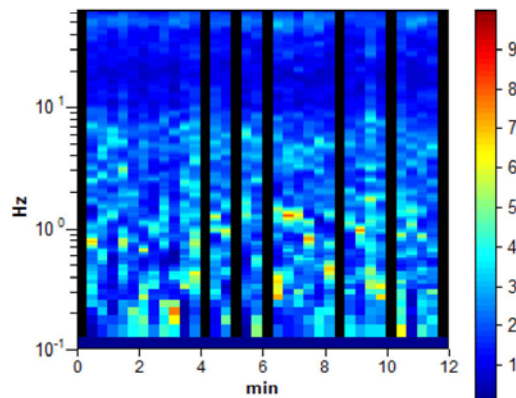
Start recording: 10/07/08 17:08:52 End
recording: 10/07/08 17:26:53
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST
WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis
performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%



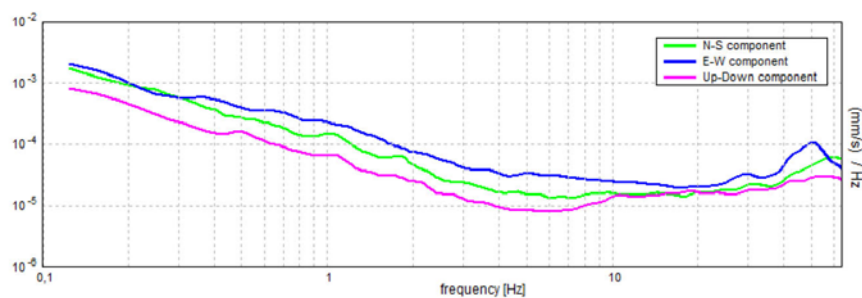
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



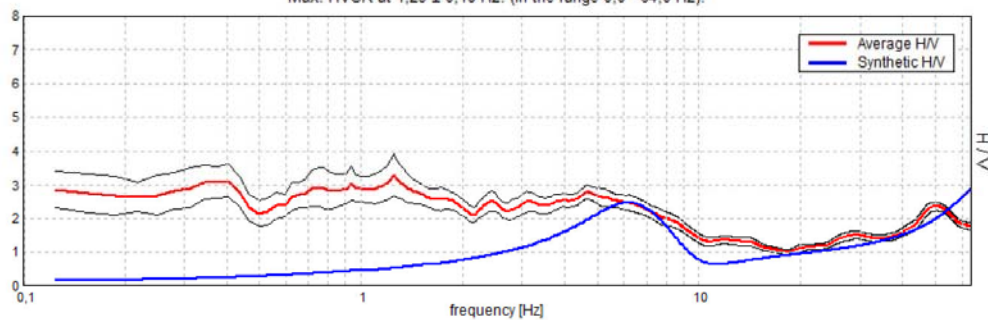
SINGLE COMPONENT SPECTRA



TROMINO® Grilla
www.tromino.it

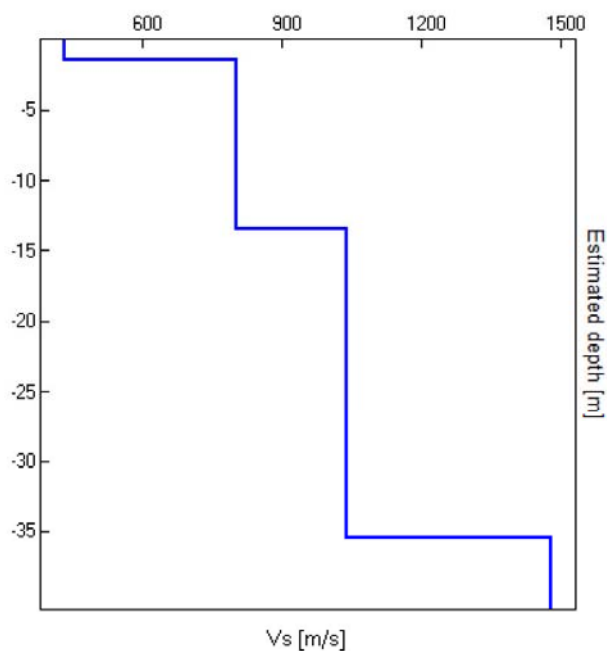
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSr at $1,25 \pm 0,18$ Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1,50	1,50	430
13,50	12,00	800
35,50	22,00	1040
inf.	inf.	1480

Vs 30= 873 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. HVSR at 1,25 ± 0,18 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1,25 > 0,50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	725,0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3,30 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,0697 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,08712 < 0,125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0,3008 < 1,78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Sito: PERTICA BASSA - ONO DEGNO

Start recording: 09/07/08 09:22:12 End

recording: 09/07/08 09:40:13

GPS data not available

Trace length: 0h18'00". Analysis

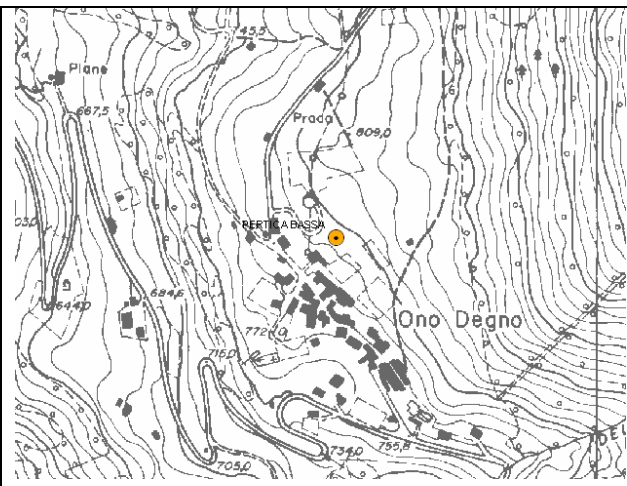
performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

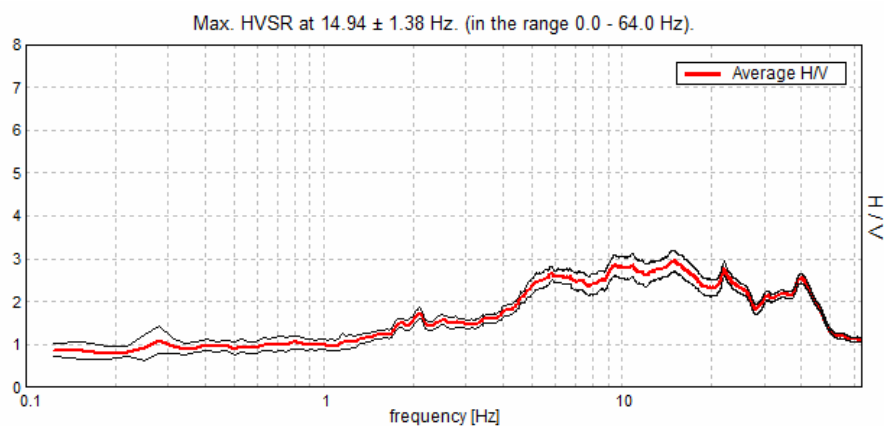
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

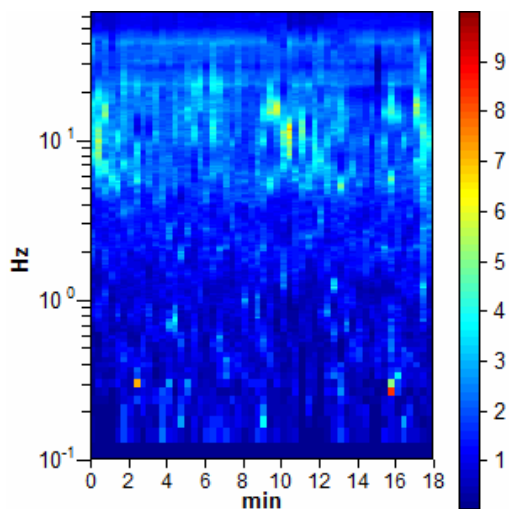
Smoothing: 10%



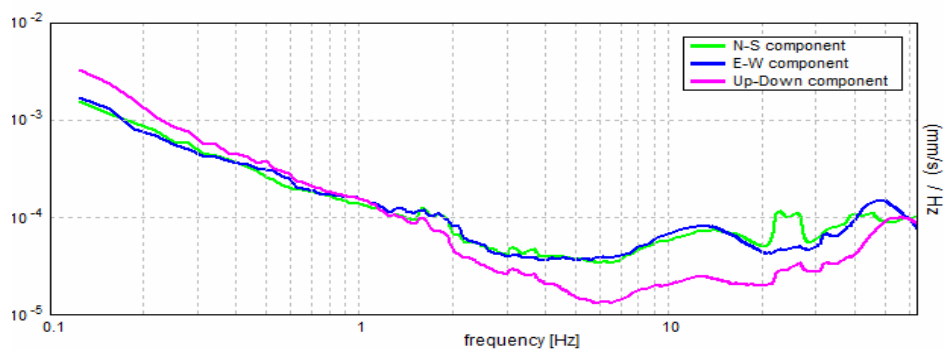
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

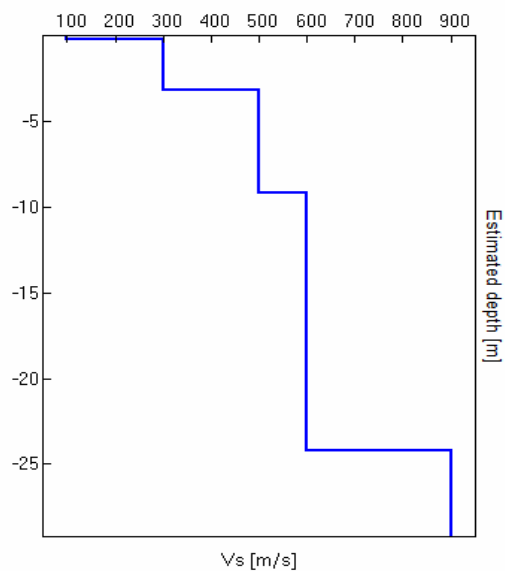
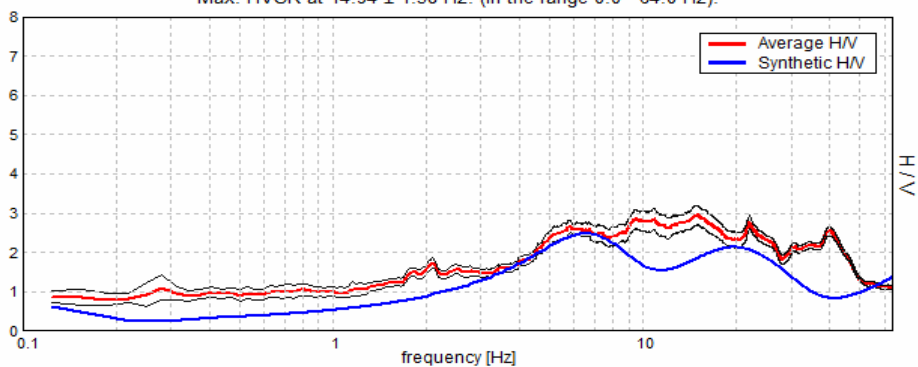


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSR at 14.94 ± 1.38 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	0.2	235	100	1.6
2	3	704	300	1.8
3	6	1173	500	2.2
4	15	1407	600	2.5
5	0	2111	900	2.8
6				
7			$\sqrt{s}30=612\text{m/s}$	
8				

[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. HVSr at 14.94 ± 1.38 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	14.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	16132.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 718 times	OK	
Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	48.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.94 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04556 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.68059 < 0.74688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1173 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Per riguarda Provaglio Val Sabbia si sono utilizzati i dati relativi all'indagine, sempre tramite sismica passiva – microtremore) eseguita dal Dott. Geol. D. Martello relativamente ad un intervento edilizio realizzato in località Arveaco (vedi cantieri geotecnici).

Sito: PROVAGLIO VAL SABBIA – LOC. ARVEACO

Start recording: 12/09/07 16:34:51

End recording: 12/09/07 16:43:19

GPS data not available

Trace length: 0h08'24". Analysis 88%

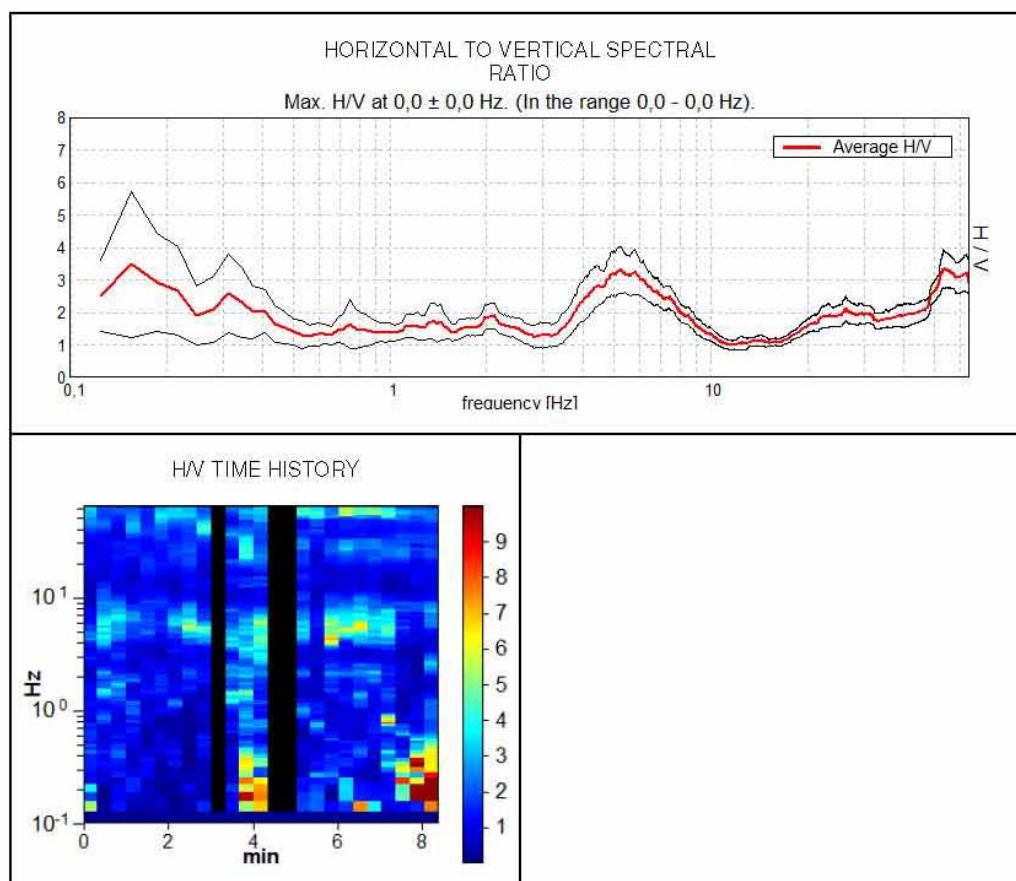
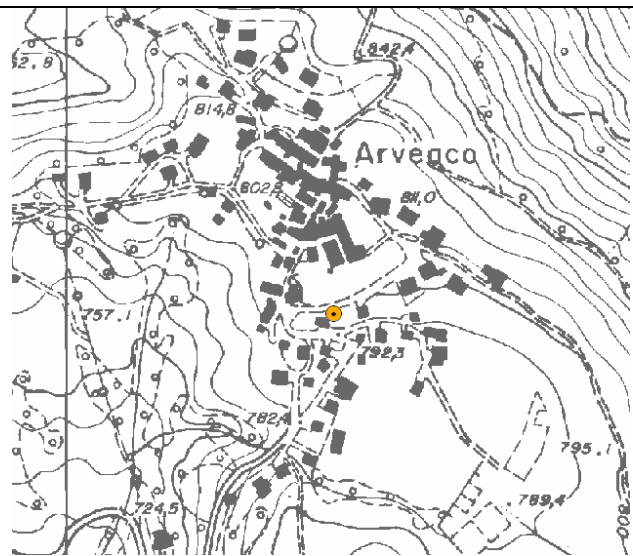
trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

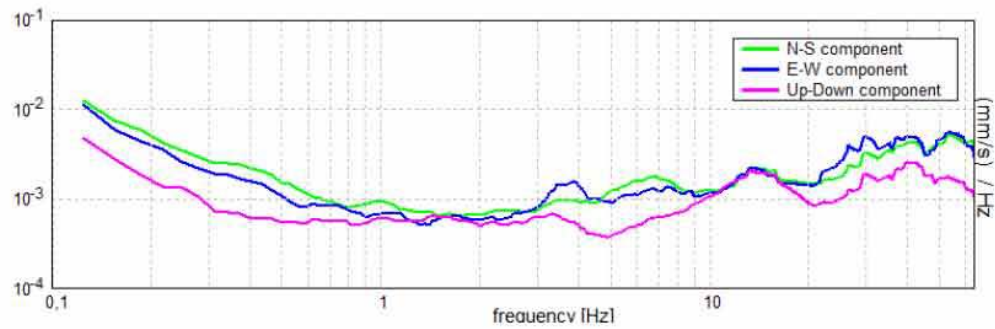
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%



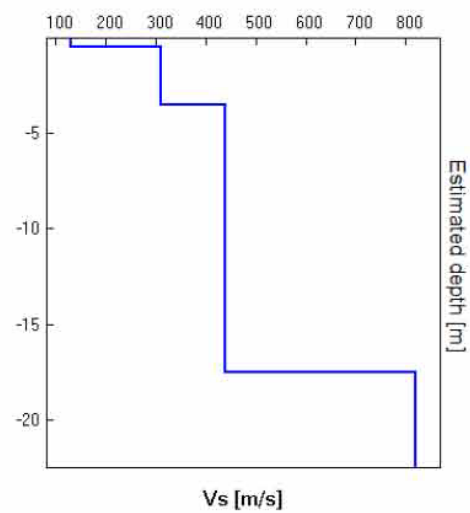
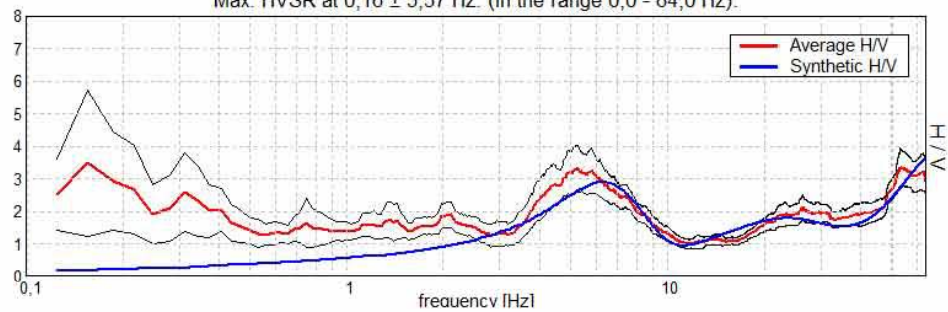
TROMINO® Grilla
www.tromino.it

SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSR at 0,16 ± 5,57 Hz. (in the range 0,0 - 64,0 Hz).



9.4.4.2. Indagine sismica attiva – stendimento sismico a rifrazione

Nei comuni di Capovalle e Mura si è proceduto all'esecuzione di due stendimenti sismici a rifrazione.

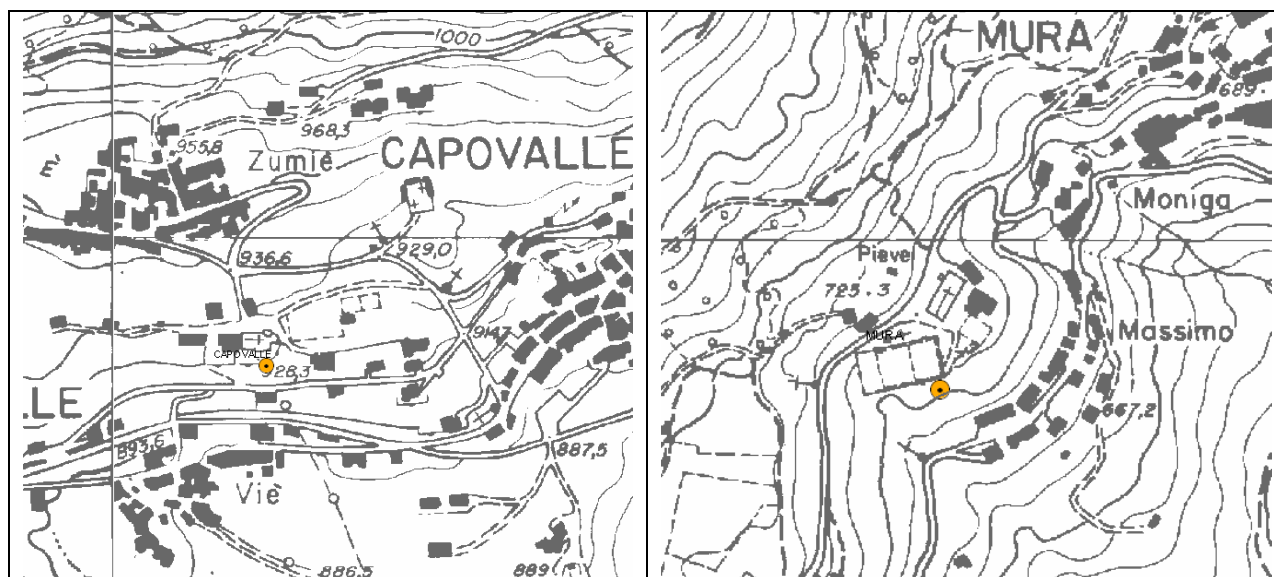


Figura 5: Ubicazione degli stendimenti sismici a rifrazione

Ogni indagine consiste in uno stendimento sismico lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche, sia longitudinali sia trasversali, prodotte da una specifica sorgente.

I 24 geofoni collegati in serie attraverso un cavo telemetrico su cui sono disposti 12 gruppi data loggers in grado di convertire il segnale elettrico proveniente dai geofoni in segnale digitale già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing.

Sono stati utilizzati 5 punti di energizzazione così disposti lungo lo stendimento:

- 2 end-shots posti a 5 m dai geofoni esterni
- 2 intermedi posti rispettivamente tra il 6° e il 7° geofono e tra il 18° e 19° geofono
- 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono.

L'indagine è stata eseguita utilizzando il sismografo Dolang JEA24.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da:

- sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul piano campagna per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.
- Sistema di energizzazione per le onde SH: la sorgente è costituita da una mazza di 10 kg battente orizzontalmente su parallelepipedo in legno rivestito di metallo disposto ortogonalmente allo stendimento (e parallelamente alla componente di registrazione dei geofoni orizzontali per massimizzarne l'acquisizione) e gravato da un carico statico addizionale, in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui

viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

- Sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali e 24 geofoni orizzontali del tipo elettromagnetico a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 10 Hz;
- Sistema di acquisizione dati: con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB 1.1 24V, notebook PC Windows XP con software Panel Acquisition a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale del sistema di ricezione.
- Sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

L'interpretazione dei dati ha consentito di ricostruire il modello geologico- geofisico riportato nella tabella seguente.

Modello geologico - geofisico		CAPOVALLE
spessore (m)	profondità (m)	Vs (m/s)
2.0	2.0	190
4.0	6.0	500
8.0	14.0	850
>5.0	19.0	950
T (s)	0.085	
Vs30 (m/s)	360 < Vs < 800	Cat. Suolo B

Figura 6: interpretazione stendimento sismico a rifrazione CAPOVALLE

Modello geologico - geofisico		MURA
spessore (m)	profondità (m)	Vs (m/s)
7.0	7.0	230
5.0	12.0	325
> 12	14.0	400
T (s)	0.49	
Vs30 (m/s)	360 < Vs < 800	Cat. Suolo C

Figura 7: interpretazione stendimento sismico a rifrazione MURA

L'elaborazione dei dati dello stendimento ha portato ai seguenti valori di Fa:

Capovalle

- Fa 0.1- 0.5= 1.3
- Fa 0.5- 1.5= 1.05

Mura

- Fa 0.1- 0.5= 2.0
- Fa 0.5- 1.5= 1.45

9.4.5. Zone soggette ad amplificazioni morfologiche Z3

Per quanto riguarda gli scenari di amplificazione topografica legati alle zone di scarpata (Scenario Z3a - $H > 10$ m) presenti nel territorio in esame e potenzialmente interferenti con l'urbanizzato e le aree di espansione, la scheda di valutazione di seguito riportata mostra come, considerando anche le condizioni geomorfologiche più penalizzanti dal punto di vista della focalizzazione delle onde sismiche, il valore di Fa massimo ottenibile risulta pari a 1.3. Tale valore risulta inferiore ai Valori soglia dei singoli comuni pertanto la condizione $Fa < \text{Valore Soglia comunale}$ risulta confermata. Gli spettri previsti dalla normativa vigente risultano pertanto sufficienti a considerare le eventuali amplificazioni di sito.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di Fa	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = 3/4 H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = 2/3 H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Tabella 10: Fa previsti per diversi scenari di Z3a.

Considerando le caratteristiche morfologiche dell'area in esame non si è ritenuto opportuno evidenziare tali aree nella Tavola 04.

Per quanto riguarda le aree di cresta interessate da amplificazioni morfologiche (scenario Z3b) si precisa che:

- Dalla lettura dell'allegato 5 alla Dgr n. 8/7374 della tabella relativa alla determinazione del Fa per le creste arrotondate risulta come l'amplificazione nelle condizioni più gravose sia pari a $Fa = 1.3$. Tale valore risulta inferiore ai valori di soglia comunale per i singoli comuni (V. soglia minimo= 1.4) pertanto la condizione $Fa < \text{Valore Soglia comunale}$ risulta confermata. Gli spettri previsti dalla normativa vigente risultano pertanto sufficienti a considerare le eventuali amplificazioni di sito.
- Le aree potenzialmente interessate da amplificazioni morfologiche legate alla presenza di creste rocciose appuntite non interferiscono con l'urbanizzato e/o l'urbanizzabile e pertanto non sono state oggetto di approfondimento di 2° livello. Nel caso di interventi in aree aventi tali caratteristiche sarà necessario procedere a tale approfondimento.

9.5. CONCLUSIONI FINALI

Si riportano di seguito le risultanze della prima caratterizzazione sismica eseguita nel corso dei primi nove studi geologici comunali per conto della Comunità Montana Valsabbia:

COMUNE	T(s) da indagine	Cat. Suolo da indagine	Intervallo 0,1 – 0,5			Intervallo 0,5 – 1,5		
			Fa	Soglia	Cat. Suolo da utilizzare	Fa	Soglia	Cat. Suolo da utilizzare
BIONE	0,25	B	1,90	1,4	D	1,2	1,7	B
CASTO	0,18	C	2,0	1,8	D	1,2	2,4	C
PERTICA BASSA	0,17	B	1,5	1,4	C	1,1	1,7	B
PERTICA ALTA	-	A	-	-	A	-	-	A
ANFO	0,90	C	1,8	1,9	C	1,4	2,4	C
LAVENONE	0,18	B	1,8	1,5	C	1,2	1,7	B
PROVAGLIO V.S.	0,18	B	1,5	1,5	B	1,1	1,7	B
CAPOVALLE	0,085	B	1,3	1,5	B	1,05	1,5	B
MURA	0,49	C	2,1	1,8	D	1,45	1,7	C

Tabella 11: Risultati analisi di II° livello eseguite.

Si precisa che tali risultati non possono che ritenersi indicativi per cui si ritiene opportuno che vengano verificate puntualmente le condizioni locali per ciascun intervento edificatorio mediante approfondimenti che tengano conto anche dell'importanza dell'opera da realizzare.

10. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

La Delibera di Giunta riportante i “Criteri per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.” prevede che lo Studio Geologico comunale recepisca quanto riportato negli strumenti di pianificazione sovracomunale esistenti in materia di rischio idrogeologico, consentendone anche la modifica.

10.1. PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il comune in esame è assoggettato al Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Fiume Po. Nel presente studio si sono recepiti gli elementi di dissesto idrogeologico contenuti nel piano, integrandoli con quanto emerso in fase d’indagine.

Per approfondimenti si rimanda alla Tavola 03 – Carta del dissesto con legenda uniformata PAI. Gli elementi di dissesto riportati in carta rappresentano una proposta di aggiornamento al quadro vigente del PAI.

10.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

Per quanto riguarda il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia (PTCP), viste le finalità del presente studio, si è proceduto all’analisi delle Tavole “Ambiente e Rischi – Atlante dei Rischi idraulici ed idrogeologici” e “Carta inventario dei dissesti”.

Durante la fase di analisi del contesto geologico- geomorfologico ed idrogeologico e nell’individuazione delle aree con criticità tali da essere considerate in sede di redazione della Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano, si sono considerati anche gli elementi segnalati dal PTCP per quanto riguarda le componenti sopraelencate.

11. CARTA DEI VINCOLI

I vincoli vengono riportati nella Tav. 05 redatta per tutto il territorio comunale. L'elaborato riporta tutte le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative esistenti;

11.1.1. Vincoli di polizia idraulica (D.g.r. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e successiva DGR n. 7/1395 del 01 agosto 2003)

Nella Tav. 05 viene individuato il reticolo idrico minore redatto ai sensi della D.g.r. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e successiva DGR n. 7/1395 del 01 agosto 2003. Per quanto riguarda la fascia di rispetto è stata considerata un'ampiezza pari a 10 m come previsto dal Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523, rimandando le ridelimitazioni di tale valore allo studio del reticolo idrico minore comunale.

11.1.2. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (art. 94 del D.L.vo n. 152 del 03.04.06 e D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693)

Nella Tavola 05 sono riportate le aree di salvaguardia (di tutela assoluta e di rispetto) delle sorgenti potabili ad uso acquedottistico comunale.

La zona di tutela assoluta coincide con un cerchio di raggio di 10 m dall'opera di presa,

La zona di rispetto è definita mediante un Raggio di 200 m dalla sorgente, ma solo nella zona a monte della curva di livello della sorgente stessa.

11.1.3. Aree in dissesto da perimetrazione PAI

Nella Tavola 05 sono riportate le aree in dissesto individuate dal PAI e riportate nella Tavola del dissesto con legenda uniformata PAI.

In tale sede si ricorda come la Tavola del dissesto con legenda uniformata PAI allegata alla presente relazione rappresenti una proposta di aggiornamento al quadro del dissesto vigente.

12. CARTA DI SINTESI

Gli elementi di Sintesi vengono per comodità di lettura riportati con i vincoli nel medesimo elemento cartografico denominato CARTA DEI VINCOLI E CARTA DI SINTESI. Essi vengono riportati nella Tav. 05 redatta per tutto il territorio comunale. L'elaborato riporta tutte le limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'analisi geologica del presente studio.

Nella Carta di Sintesi sono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità dei dissesti e della vulnerabilità di sito. In tale carta si distinguono le aree con pericolosità elevata o molto elevata dalle aree con pericolosità moderata o potenziale. Si individuano inoltre le aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico ed i terreni con caratteristiche scadenti. Per quanto riguarda il territorio in esame sono state individuate le seguenti aree: aree allagate o adiacenti ai corsi d'acqua per consentirne l'accesso, substrato roccioso con caratteristiche potenziali scadenti per cavernosità o carsismo e aree con pericolosità potenziale riguardo all'instabilità dei versanti.

13. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La stesura della Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano è stata redatta sulla base delle indicazioni contenute nel D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la determinazione della componente geologica ed idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione all'art. 57, comma 1 della L.R. n. 12 del 11 Marzo 2005" e succ. modifiche e integrazioni.

Le problematiche che determinano l'attribuzione delle classi si concretizzano nella qualificazione e quantificazione della tipologia di "rischio idrogeologico" per aree omogenee, dato dal prodotto della pericolosità x vulnerabilità x valore. Come previsto dalla normativa vigente sono stati fatti raggruppamenti di aree sulla base della tipologia dei dissesti, distinguendo aree pericolose per instabilità dei versanti, aree vulnerabili per le acque sotterranee ed aree vulnerabili dal punto di vista delle esondazioni ed erosioni torrentizie. Quando il grado di rischio è elevato o molto elevato tali dissesti comportano l'attribuzione della classe 4, la quale vieta qualsiasi nuova edificazione.

Si passa poi a limiti di fattibilità geologica inferiori dove si possono verificare tipologie di dissesto poc'anzi citate, ma per grado di rischio decisamente inferiore (rischio medio o moderato). Oppure si tratta di pericolosità potenziale dovuta ad elementi strutturali visibili dall'intreccio delle informazioni acquisite. L'acclività del versante (es. > 25°) o la giacitura degli strati possono diventare così fattori limitanti alla edificazione in quanto rappresentano pericolosità potenziali. Tali tipologie di pericolosità permettono di formare aree omogenee alle quali si attribuisce la classe 3. In questa classe si prevede di considerare anche le aree con ristagni idrici, le aree sortumose e paludose; i depositi colluviali e/o detritico colluviali limoso-argillosi di spessore significativo; i depositi con disomogeneità tessiturali; i riporti antropici. Inoltre in questa classe si collocano anche le aree a pericolosità per potenziali cedimenti, cavernosità sia del substrato che delle coperture) per possibili lenti di gesso e/o anidrite nel substrato lapideo, che nella zona corrispondono agli areali della formazione di San Giovanni Bianco e/o ad aree con fenomeni carsici profondi.

Una volta che si è attribuito al territorio ognuna di queste pericolosità reali e/o potenziali è possibile che rimangano ancora delle aree non appartenenti ad alcuno dei raggruppamenti di cui sopra. Si tratta delle aree che appunto, non presentando alcuna delle caratteristiche di pericolosità sopra descritte, costituiscono la classe di fattibilità geologica alle azioni di piano con minori limitazioni: Classe 2. Nel territorio comunale in esame non si è rilevata la presenza di aree aventi caratteristiche tali da essere inserite in tale classe.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle classi e sottoclassi individuate ed i relativi criteri di attribuzione.

In tale sede si precisa come tale tabella sia relativa alle casistiche rilevate sull'intero lotto dei comuni e non solamente al territorio comunale in oggetto.

VINCOLI (da PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
	Aree pericolose riguardo all'instabilità dei versanti	Aree pericolose riguardo all'instabilità dei versanti	CLASSE 4 Sottoclasse 4 a Aree pericolose riguardo all'instabilità dei versanti Per le aree: Fa: si applica anche l'art. 9 comma 2 NTA del PAI Fq: si applica anche l'art. 9 comma 3 NTA del PAI
Fa) Frana attiva (Crolli di massi, attivi e potenziali - per pareti in roccia fratturata)		Crolli di massi, attivi e potenziali (per pareti in roccia fratturata)	
Fa) Frana attiva (frane, colate di detrito o terreno attive)		Frane, colate di detrito o terreno attive	
Fa) Frana attiva (Aree soggette a frane superficiali diffuse)			
Fq) frana quiescente (priva di studio)		Frana quiescente	
	Zone soggette a sprofondamento	Zone soggette a sprofondamento	

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico	CLASSE 4 Sottoclasse 4 b Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico Per le aree: Ee si applica anche l'art. 9 comma 5 NTA del PAI Ca: si applica l'art. 9 comma 7 delle NTA del PAI
	Aree con emergenze idriche diffuse	Aree con emergenze idriche diffuse	
	Aree interessate da doline e inghiottitoi	Aree interessate da doline e inghiottitoi	
Ee - pericolosità molto elevata (per esondazione)		Aree allagate e/o potenzialmente inondabili (indicativamente Tr = 25-50 anni) con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua e/o con consistenti fenomeni di trasporto solido ed aree potenzialmente inondabili tramite criterio morfologico ed aree interessate da erosione fluviale	
	Aree adiacenti ai corsi d'acqua per consentire accesso interventi di difesa	Aree adiacenti ai corsi d'acqua per consentire accesso interventi di difesa	
Aree Fasce Fluviali "PAI" (fasce A e B all'esterno dei centri edificati)		Aree Fasce Fluviali "PAI" (fasce A e B all'esterno dei centri edificati)	
Ca) Conoide attiva non protetta		conoide attiva non protetta e/o elementi lineari erosivi rapidi e/o trasporti in massa di detrito	

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
Ve) aree di pericolosità elevata o molto elevata		Pericolosità molto elevata o media per fenomeni valanghivi	CLASSE 4 Sottoclasse 4 c Aree soggette a valanghe Per le aree: Ve si applica anche l'art. 9 comma 10 delle NTA del PAI Vm: si applica l'art. 9 comma 11 delle NTA del PAI
Vm) aree di pericolosità media o moderata			

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
	Aree con pericolosità potenziale riguardo all'instabilità dei versanti	Aree con pericolosità potenziale riguardo all'instabilità dei versanti	CLASSE 3 Sottoclasse 3 a Aree con pericolosità potenziale riguardo all'instabilità dei versanti
	Aree a pericolosità potenziale legata a pendenze > 20-25° o ad orientazione sfavorevole degli strati	Aree a pericolosità potenziale legata a pendenze > 20-25° o ad orientazione sfavorevole degli strati	3a1
Fq - frana quiescente (con verifica di compatibilità e studio specifico)		Frana quiescente (con verifica di compatibilità e studio specifico)	3a2 (si applica anche l'art. 9 comma 3 delle NTA del PAI)
Fs - frana stabilizzata		Fs - frana stabilizzata	3a3 (si applica anche l'art. 9 comma 4 delle NTA del PAI)

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	CLASSE 3 Sottoclasse 3 b Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
Eb - pericolosità elevata di esondazione		Aree interessate da esondazioni (indicativamente con Tr >100 anni) e/o da potenziali flussi di detrito e/o protette con idonee opere di difesa	3b1 (con norma più restrittiva art. 9 comma 6 NTA del PAI)
Em – pericolosità media o moderata di esondazione			3b2 (con norma più restrittiva art. 9 comma 6bis PAI)
Cp - conoide parzialmente protetto		conoide parzialmente protetta	3b3 (con norma art. 9 comma 8 NTA PAI più restrittiva)
Cn - Area di conoide non recentemente attivatasi o completamente protetta		Area di conoide non recentemente attivatasi o completamente protetta	3b4 (si applica anche l'art. 9 comma 9 delle NTA del PAI)

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE
	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	CLASSE 3 Sottoclasse 3 c Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
	Aree ad elevata vulnerabilità della falda e/o con carsismo diffuso	Aree ad elevata vulnerabilità della falda e/o con carsismo diffuso	

VINCOLI (Dissesto PAI)	SINTESI	FATTIBILITA'	CLASSE 3
	Terreni con caratteristiche geotecniche scadenti	Terreni con caratteristiche geotecniche scadenti	Sottoclasse 3 d Terreni con caratteristiche geotecniche scadenti
	Aree con ristagni idrici, limi-argillosi di spessore significativo; riporti antropici	Aree con ristagni idrici, limi-argillosi di spessore significativo; riporti antropici	3d1
	Aree a pericolosità potenziale legata cedimenti e cavernosità sia del substrato che delle coperture (per possibili lenti di gesso e/o anidrite nel substrato lapideo)	Aree a pericolosità potenziale legata cedimenti e cavernosità sia del substrato che delle coperture (per possibili lenti di gesso e/o anidrite nel substrato lapideo)	3d2

13.1. NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE

13.1.1. Classe 4 – fattibilità con gravi limitazioni.

L'alta vulnerabilità e pericolosità degli ambiti compresi in tale classe comporta gravi limitazioni all'utilizzo del suolo a scopi edificatori e/o alla modifica dell'attuale destinazione d'uso. Sulla base delle tipologie di pericolosità o vulnerabilità dei terreni sono state individuate le sottoclassi riportate nella tabella precedente.

In queste aree deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere finalizzate al consolidamento e/o sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti e la mitigazione del rischio.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente gli interventi previsti dall'art. 31, lett. a) b) c) della L. 457/1978 e dall'art. 27 della L.R. 12/05.

Per tali aree è opportuno predisporre sistemi di monitoraggio del dissesto per controllare l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Nelle zone in classe 4 è consentita inoltre la realizzazione di infrastrutture pubbliche e/o d'interesse pubblico se non altrimenti localizzabili sul territorio comunale. Nel caso di eventuali nuove infrastrutture pubbliche che attraversino aree in classe 4 le documentazioni progettuali dovranno essere supportate da approfondimenti tecnici mirati alla verifica di compatibilità delle opere ed il conseguente incremento del rischio idrogeologico dell'area.

Si precisa che tutte le aree perimetrate nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, oltre alle presenti NTA, si dovrà considerare le limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo contenute negli art. 9 e 50 delle NTA del PAI, ed in particolare:

- Per le aree perimetrate come Fa: art. 9 comma 2;
- Per le aree perimetrate come Fq: art. 9 comma 3;
- Per le aree perimetrate come Ee: art. 9 comma 5;

All'interno delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile riportate nella carta dei vincoli valgono le prescrizioni contenute nell' art. 94 del D.L.vo n. 152 del 03.04.06 e nella D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693).

Per le fasce di rispetto dei corsi d'acqua si rimanda allo studio del reticolo idrico minore (D.g.r. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e s.m.i) Per quanto riguarda la fascia di rispetto all'interno del centro storico e/o edificato è stata considerata un'ampiezza pari a 10 m come previsto dal Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523, rimandando le ridelimitazioni di tale valore allo studio del reticolo idrico minore comunale ed al relativo regolamento (previo parere positivo da parte della sede territoriale regionale competente). Fino all'espressione di tale parere ed al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge n. 36 del 5 gennaio 1994, e relativo regolamento, valgono i vincoli disposti dall'art. 96 lettera f) del regio decreto 25 Luglio 1904 n. 523.

13.1.2. Classe 3 – fattibilità con consistenti limitazioni

Si tratta di aree interessate da pericolosità potenziali riguardo l'instabilità dei versanti, oppure riguardo la vulnerabilità idraulica si tratta di aree allagabili da eventi con Tr superiori a 100 anni ed aree protette da idonei interventi di difesa. In questa classe ricadono anche le aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

Per tali fenomeni di dissesto reale o potenziale è doveroso porre consistenti limitazioni all'utilizzo del suolo a scopi edificatori e/o alla modifica dell'attuale destinazione d'uso.

Le modificazioni d'uso dei terreni che ricadono nella Classe 3 dovranno essere subordinati ad interventi di messa in sicurezza preventivi alle opere edilizie, e/o a specifica indagine geomorfologica – idrogeologica – geotecnica che attesti la eventuale “non necessità” di tali interventi.

La progettazione edificatoria dovrà essere supportata da specifica relazione geotecnica-sismica contenente i parametri necessari all'edificazione.

Dal punto di vista sismico il tecnico potrà attenersi alle risultanze del presente studio previa verifica lito-stratigrafica locale e determinazione della profondità del substrato lapideo (bedrock sismico) nell'area di intervento.

Sottoclasse 3a - Aree con pericolosità potenziale riguardo all'instabilità dei versanti

3a1 - aree a pericolosità potenziale legata a pendenze > 20-25° o ad orientazione sfavorevole degli strati

Le eventuali trasformazione d'uso del suolo, con particolare riferimento alle operazioni di scavo, sbancamento e riporto, dovranno essere subordinate ad indagini di stabilità di versante prima e dopo l'esecuzione degli interventi.

3a3 – frana stabilizzata (Fs)

Si riferiscono ad aree stabilizzate. Le eventuali trasformazione d'uso del suolo, con particolare riferimento alle operazioni di scavo, sbancamento e riporto, dovranno essere subordinate ad indagini di stabilità di versante prima e dopo l'esecuzione degli interventi. Queste aree sono soggette all'art. 9 comma 4 delle NTA del PAI.

Sottoclasse 3b - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

3b1 – aree a pericolosità elevata di esondazione (Eb)

Si tratta di aree soggette ad una elevata pericolosità (indicativamente per Tr >100 anni) riguardo alle esondazioni e di aree soggette a potenziali flussi di detrito e/o protette con idonee opere di difesa. I nuovi interventi dovranno essere supportati da uno studio idraulico di dettaglio a firma di professionista abilitato che valuti le condizioni idrauliche ed il relativo rischio delle opere previste. La progettazione delle opere dovrà comprendere anche eventuali accorgimenti tecnici localizzati in corrispondenza delle vie di accesso delle acque verso l'edificio (finestre a raso, bocche di lupo, soglia delle porte, accessi agli interrati etc..). Queste aree sono soggette all'art. 9 comma 6 delle NTA del PAI.

3b2 – pericolosità media o moderata di esondazione (Em)

Si tratta di aree soggette ad esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio localizzate lungo le aste dei corsi d'acqua coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata. I nuovi interventi dovranno essere supportati da uno studio idraulico di dettaglio a firma di professionista abilitato che valuti le condizioni idrauliche ed il relativo rischio delle opere previste. La progettazione delle opere dovrà comprendere anche eventuali accorgimenti tecnici localizzati in corrispondenza delle vie di accesso delle acque verso l'edificio (finestre a raso, bocche di lupo, soglia delle porte, accessi agli interrati etc.). Queste aree sono soggette all'art. 9 comma 6bis delle NTA del PAI.

3b3 – conoide parzialmente protetto (Cp)

Si tratta di aree soggette a trasporto di massa su conoidi attivi o potenzialmente attivi, parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte, caratterizzate da pericolosità elevata. Gli interventi edificatori saranno subordinati da studio idraulico di dettaglio contenente anche una valutazione dello stato di conservazione delle opere idrauliche. Tali aree sono soggette all'art. 9 comma 8 delle NTA del PAI.

Sottoclasse 3d – terreni con caratteristiche geotecniche scadenti

3d2 - aree a pericolosità potenziale legata a cedimenti e cavernosità sia del substrato che delle coperture (per possibili lenti di gesso e/o anidride nel substrato lapideo)

Tali aree risultano critiche in quanto interessate da fenomeni carsici superficiali (doline) o profondi (inghiottitoi, cavità sotterranee). Le limitazioni d'uso sono legate sia all'elevata vulnerabilità delle acque sotterranee, sia alla possibilità che si verifichino crolli del soffitto di cavità sotterranee. Gli interventi di nuova edificazione sono subordinati all'esecuzione di un'indagine geologica tecnica, idrogeologica e geomorfologica attestante la compatibilità delle opere in progetto con i fenomeni carsici presenti.

Per quanto riguarda la vulnerabilità delle acque sotterranee (analogamente alla classe 3c) si dovrà porre particolare attenzione alla gestione degli scarichi provenienti dalle nuove edificazioni. La realizzazione di insediamenti potenzialmente inquinanti è subordinata ad apposita indagine idrogeologica di dettaglio che ne accerti la compatibilità con il grado di vulnerabilità delle risorse idriche, individuando anche interventi di mitigazione/riduzione degli impatti.

Per quanto riguarda la stabilità dei terreni di sottofondazione in sede d'indagine particolare attenzione andrà posta alla ricostruzione dei fenomeni carsici presenti ed alla loro interazione con gli interventi in progetto, con particolare riferimento al rischio di cedimenti connessi a crolli dei soffitti delle cavità sotterranee.

Dal punto di vista sismico il tecnico potrà attenersi alle risultanze del presente studio previa verifica lito-stratigrafica locale e determinazione della profondità del substrato lapideo (bedrock sismico) nell'area di intervento.

Gli interventi edificatori dovranno essere supportati da indagini di dettaglio volte anche alla verifica di eventuali amplificazioni sismica dovuta a fattori topografici e geometrici a scala di dettaglio (scenario Z3). Nelle zone Z4e (v. Tav. 02 Carta della pericolosità sismica) dovrà essere previsto un piano di indagini finalizzato alla ricerca di cavernosità sotterranee sino ad una profondità adeguata alle dimensioni dell'intervento.

Qualora le indagini di dettaglio evidenziassero la presenza di spessori significativi con scadenti caratteristiche geotecniche il tecnico estensore dell'indagine geologica tecnica dovrà valutare la possibilità o meno che ci si trovi nello scenario di pericolosità sismica Z2 rendendo necessario un approfondimento di terzo livello.

Si precisa che in tutte le aree perimetrate nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, oltre alle presenti NTA, si dovrà considerare le limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo contenute negli art. 9 e 50 delle NTA del PAI, ed in particolare:

- Per le aree perimetrate come Fs: art. 9 comma 4;
- Per le aree perimetrate come Eb: art. 9 comma 6;
- Per le aree perimetrate come Cp: art. 9 comma 8;
- Per le aree perimetrate come Cn: art. 9 comma 9;

Per le fasce di rispetto dei corsi d'acqua si rimanda allo studio del reticolo idrico minore (D.g.r. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e s.m.i.) Per quanto riguarda la fascia di rispetto all'interno del centro storico e/o edificato è stata considerata un'ampiezza pari a 10 m come previsto dal Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523, rimandando le ridelimitazioni di tale valore allo studio del reticolo idrico minore comunale ed al relativo regolamento (previo parere positivo da parte della sede territoriale regionale competente). Fino all'espressione di tale parere ed al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge n. 36 del 5 gennaio 1994, e relativo regolamento, valgono i vincoli disposti dall'art. 96 lettera f) del regio decreto 25 Luglio 1904 n. 523.

All'interno delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile riportate nella carta dei vincoli valgono le prescrizioni contenute nell' art. 94 del D.L.vo n. 152 del 03.04.06 e nella D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693).

Per gli ambiti di trasformazione da industriale a residenziale, ai sensi dell'Art. 62 delle N.T.A. del PTCP, dovrà essere eseguita un'indagine preliminare secondo le modalità attualmente previste dall'art. 242 del D.Lgs. 152/06 sulle matrici ambientali. Tale indagine sarà finalizzata alla verifica del rispetto delle concentrazioni relative alle soglie di contaminazione indicate nella Tabella 1, colonna A, dell'allegato 5 del D.Lgs. 152/06.

Palazzolo s/O, febbraio 2009

Dott. Geol. Massimo Marella
n. 1178 o.g.l.

Dott. Geol. Marco Carraro
n. 701 o.g.l.

