

**REGIONE  
LOMBARDIA**

**PROVINCIA DI  
MILANO**

**COMUNE DI  
ROBECCHETTO  
CON INDUNO**

**COMUNE DI  
ROBECCHETTO CON INDUNO**

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**(L.R. 11.03.2005 N. 12)**

**DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA  
E GEOLOGICO TECNICA**

**AGGIORNAMENTO ALLA  
COMPONENTE SISMICA**

**(D.G.R. 22.12.2005 N. 1566  
D.G.R. 28.05.2008 N. 7374)**

**SETTEMBRE 2009**



**Dott. Geologo Fulvio Baraldi**

**Via Tito Speri n. 27, 46100 Mantova**

**Telefono: 0376-327306; fax: 0376-226351; cellulare: 329-4322787  
e-mail: fulvio.baraldi@studioidrogeologico.191.it  
Partita I.V.A. 02055030205**

**INDICE**

|  |                |
|--|----------------|
| <b>1. PREMESSA</b>   | <b>pag. 3</b>  |
| <b>1.1 Iter Procedurale</b>  | <b>pag. 3</b>  |
| <b>1.2 Normativa</b>   | <b>pag. 4</b>  |
| <b>1.3 Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata</b>                    | <b>pag. 5</b>  |
| <b>1.4 Documentazione disponibile presso la Regione Lombardia</b>                        | <b>pag. 6</b>  |
| <b>1.5 Studi e ricerche di carattere generale e locale</b>                               | <b>pag. 7</b>  |
| <br>   |                |
| <b>2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO</b>   | <b>pag. 9</b>  |
| <br>   |                |
| <b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>   | <b>pag. 10</b> |
| <br>   |                |
| <b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-SISMICO</b>  | <b>pag. 11</b> |
| <b>4.1 L'assetto tettonico della Pianura Padana</b>                                      | <b>pag. 11</b> |
| <b>4.2 Sismicità storica</b>   | <b>pag. 13</b> |
| <b>4.3 Classificazione sismica del territorio comunale</b>                               | <b>pag. 17</b> |
| <b>4.4 Azione sismica</b>  | <b>pag. 21</b> |
| <br>   |                |
| <b>5. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>                                       | <b>pag. 24</b> |
| <b>5.1 Risposta sismica locale. Generalità</b>   | <b>pag. 24</b> |
| <b>5.2 Analisi di 1° Livello</b>   | <b>pag. 29</b> |
| <b>5.3 Carta di Pericolosità Sismica Locale del<br/>Comune di Robecchetto con Induno</b> | <b>pag. 31</b> |
| <b>5.4 Analisi di 2° Livello</b>   | <b>pag. 31</b> |
| <br>   |                |
| <b>6. CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO</b>                                    | <b>pag. 38</b> |
| <b>6.1 Carta di fattibilità pregressa</b>  | <b>pag. 38</b> |
| <b>6.2 Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano</b>                              | <b>pag. 41</b> |
| <br>   |                |
| <b>7. NORME GEOLOGICHE DI PIANO</b>  | <b>pag. 42</b> |
| <b>7.1 Norme generali</b>  | <b>pag. 42</b> |
| <b>7.2 Norme specifiche</b>  | <b>pag. 43</b> |
| <br>   |                |
| <b>ALLEGATI</b>  |                |
| <b>Indagine sismica – Tromino - Micromed</b>   | <b>pag. 47</b> |

**TAVOLE****Tavola A – Carta della Pericolosità Sismica Locale****Tavola B – Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano**

## 1. PREMESSA

### 1.1 Iter Procedurale

Su incarico di COPRAT Soc. Coop. di Mantova viene redatto il presente “**Aggiornamento alla Componente Sismica**” del Comune di Robecchetto con Induno (MI), ai sensi della DGR 22.12.2005 n. 8/1566 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12*”, e della DGR 28.05.2008 n. 8/7374 “*Aggiornamento dei <Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12>, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566*”. Tale normativa è in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.12003 e successive modifiche e integrazioni, recepite dalla Regione Lombardia con DGR 07.11.2003 n. 7/14964, nonché con il D.M. 14.01.2008 *Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*.

Il Comune di Robecchetto con Induno è già dotato di “**Indagine geologica di supporto al P.G.T.**” redatta nell’anno 2005 dal Dottor Geologo Alberto Venegoni ai sensi della L.R. 11.03.2005 n. 12, estesa all’intero territorio comunale e alla quale si rimanda. Pertanto, ai sensi della DGR sopra richiamata, il Comune è tenuto ad aggiornare lo Studio Geologico alla sola componente sismica, tramite la redazione di:

- una **Carta della Pericolosità Sismica Locale**, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, così come indicate nella seguente Tabella 1 (Allegato 5 della DGR 28.05.2008 n. 8/7374), in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – PSL).

**Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale**

| <b>Sigla</b> | <b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>  | <b>EFFETTI</b>                           |
|--------------|---|--|
| 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 e geometriche |
| 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              |

- una **Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano**, aggiornamento di quella già in vigore, sulla quale vengono riportati con appositi retini “trasparenti” le aree a pericolosità sismica locale, distinguendo quelle con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al *valore soglia* comunale da quelle con Fa minore al *valore soglia* comunale. La procedura di individuazione del Fa è fissata dalla DGR 28.05.2008 n. 8/7374, Allegato 5. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di Classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14.01.2008 *Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° Livello (fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore).
- redazione delle **Norme e Prescrizioni** di carattere geologico da inserire nel Piano delle Regole del nuovo P.G.T.

## 1.2 Normativa

Ai fini della redazione di quanto sopra esposto, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

### a) Nazionale

- Legge 02.02.1974 “*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*”;
- D.M. 16.01.1996 “*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”;
- D.M. 11.03.1988 “*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 n. 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*” e successive modifiche e integrazioni;
- Decreto 21 ottobre 2003 “*Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante <Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica>*”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28.04.2006 n. 3519;
- Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20.11.2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici. Tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28.04.2006 n. 3519;
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 *Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*.

### b) Regionale

- L.R. 24.11.1997 n. 41 “*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*”;
- DGR 07.11.2003 n. 14964 “*Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 <Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica>*”;

- d.d.u.o. 21.11.2003 n. 19904 “*Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003*”;
- L.R. 11.03.2005 n. 12 “*Legge per il governo del territorio*”;
- DGR 22.12.2005 n. 1566 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”;
- DGR 28.05.2008 n. 8/7374 “*Aggiornamento dei <Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12>, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566*”.

Nel dettaglio, per quanto riguarda la normativa in relazione agli aspetti di sismicità, con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 Ottobre 2005, data coincidente con l’entrata in vigore del D.M. 14 Settembre 2005; da allora è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni.

La Regione Lombardia, con D.G.R. 07.11.2003 n. 14964, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/2003; si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al D.M. 5 Marzo 1984 all’attuale.

**Sulla base della normativa sopra indicata il Comune di Robecchetto con Induno è classificato in ZONA 4, con valore di accelerazione massima ( $a_g$ ) convenzionale su suolo di classe A è pari a 0,05g.**

### **1.3 Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata**

Per quanto riguarda il raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

a) Piani Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico, approvati dall’Autorità di Bacino del Fiume Po; in particolare:

- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del fiume Po (PSFF), approvato con d.p.c.m. 24.07.1998;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI), approvato con d.p.c.m. 24.05.2001 e successive varianti e integrazioni;
- Piano Straordinario per le Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato (PS267) e successivi aggiornamenti;

b) Programma di Tutela e Utilizzo delle Acque (PTUA), approvato con DGR 29.03.2006 n. 8/2244;

c) Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 55 del 14.10.2003.

#### **1.4 Documentazione disponibile presso la Regione Lombardia Direzione Generale Territorio e urbanistica, altre Direzioni o Comuni i cui dati sono stati considerati nel presente studio di aggiornamento sismico**

##### **a) Carte dei centri abitati instabili**

Non riguardano il territorio di Robecchetto con Induno o limitrofi.

##### **b) Studi idraulici**

Non riguardano il territorio di Robecchetto con Induno o limitrofi.

##### **c) Studi effettuati per approfondimenti o per la formulazione di osservazioni al PAI**

Non riguardano il territorio di Robecchetto con Induno o limitrofi.

##### **d) Ulteriore documentazione consultabile**

Si tratta di elaborati di vario genere utili da consultare per la stesura degli studi geologici e disponibili presso le Strutture geologiche regionali

- Cartografia geologica predisposta dalla Struttura Analisi e informazioni territoriali nell'ambito del Progetto CARG (Carta Geologica)
- Archivio dell'U.O. Tutela e valorizzazione del Territorio con relazioni di sopralluogo e studi geologici di supporto alla progettazione di opere di difesa del suolo.
- Progetti ordinanze eventi calamitosi
- Schede frane della Provincia di Sondrio
- Studi sul rischio sismico:
  1. Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia. Regione Lombardia, CNR, 1996
  2. Analisi del comportamento di edifici dei centri storici in zona sismica nella Regione Lombardia". Regione Lombardia 1998
  3. "Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell' Oltrepo Pavese". Regione Lombardia 1998
  4. "Carta dei movimenti franosi" - 15 tavole della C.T.R. a scala 1:10.000 della zona dell' Oltrepo Pavese". Regione Lombardia 1998
  5. "Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell' Oltrepo pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica". Regione Lombardia 1999
  6. "Analisi di stabilità in condizioni dinamiche e pseudostatiche di alcune tipologie di frane di crollo finalizzata alla stesura di modelli di indagine e di interventi". Regione Lombardia 2000
  7. "Vulnerabilità sismica delle infrastrutture a rete in zona campione della Regione Lombardia". Regione Lombardia 2000
  8. "Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia". Regione Lombardia - D.G. Territorio e Urbanistica, 2001.
  9. "Prevenzione dei fenomeni di instabilità delle pareti rocciose. Confronto dei metodi di studio dei crolli nell'arco alpino". Progetto Falaises - programma Interreg IIC - Medoc, 2001.
  10. "Mitigation of hydro-geological risk in Alpine catchments - Linee Guida". Progetto CatchRisk - programma Interreg IIIB - Spazio Alpino, 2005 .

11. "Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale". Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

- Studi sul rischio di esondazione dal punto di vista storico-geomorfologico

1. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Staffora (PV)" .Studio IReR + cartografie 1999
2. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Pioverna (LC) e Fiume Serio (BG)" .Studio IReR + cartografie + CD-rom 1999
3. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Fiume Oglio (Alta Valcamonica) – in corso di pubblicazione

#### e) Dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale

Si riporta una sintesi dei dati attualmente disponibili, in continuo aggiornamento.

Cartografia On line – Banche dati del SIT – Ambiente e Territorio

- Servizi tematici
- Uso del suolo
- Dissesto idrogeologico
- Basi ambientali della pianura
- Basi informative dei suoli
- Geologia degli acquiferi padani

Progetti

- Catchrisk
- Censimento geositi lombardi
- NAB - Gestione del rischio idrogeologico in ambiente montano

Sistemi informativi tematici

- CARG – Cartografia geologica
- SIBA – Sistema Informativo Beni Ambientali
- GEOIFFI – Inventario Frane e Dissesti
- SIBCA – Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua
- STUDI GEOLOGICI – Sistema informativo studi geologici e PAI

#### 1.5 Studi e ricerche di carattere generale e locale

Oltre a quanto già riportato nello Studio Geologico redatto in passato (2005) dal Dottor Geologo Alberto Venegoni e al quale si rimanda, sono stati presi in esame documenti che rivestono importanza nella presente fase di aggiornamento alla componente sismica; in particolare:

REGIONE LOMBARDIA, ENI DIVISIONE AGIP (2002) – Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia. A cura di C. Carcano e A. Piccin. S.EL.CA., Firenze.

GRUPPO DI LAVORO (2004) – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2006) - Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio. Milano, febbraio 2006.

ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI (2006) – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006. G.U., Serie Generale, anno 147°, numero 108.

## 2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il territorio comunale di Robecchetto con Induno è rappresentato nella seguente cartografia:

**- Cartografia I.G.M. alla scala 1:25.000**

Tav. 44 IV SE

Tav. 44 I SO

Tav. 44 III NE

Tav. 44 II NO

**- Carta tecnica Regionale alla scala 1:10.000**

Sezione A6 c1 Castano Primo

Sezione A6 c2 Turbigo sud

Sezione A6 d1 Busto Garolfo

Sezione A6 d2 Magenta nord

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Robecchetto con Induno ha una superficie di circa 13,9 km<sup>2</sup> ed è compreso nel Parco della valle del Ticino; esso confina con i comuni di Turbino a N-O, di Castano Primo a N-E, di Cuggiono a S-E e di Galliate a S-O. (Figura 1).



**Figura 1 – Inquadramento geografico**

Il territorio comunale è interessato dalla presenza del Fiume Ticino, dal Canale naviglio Grande e da piccoli corsi d'acqua ben individuati nell'indagine geologica sopra citata.

I depositi superficiali individuati dall'indagine geologica di cui sopra nel territorio comunale sono:

- a) **alluvioni ghiaiose recenti ed attuali (Olocene)**, presenti nell'alveo del fiume Ticino;
- b) **alluvioni fluvio-glaciali e fluviali ciottolose (Olocene)**, presenti nella zona di valle del Ticino;
- c) **alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose con paleosuolo argilloso talora ricoperte da limi più recenti (Pleistocene)**, presenti nella parte alta del terrazzo originato dal fiume Ticino.

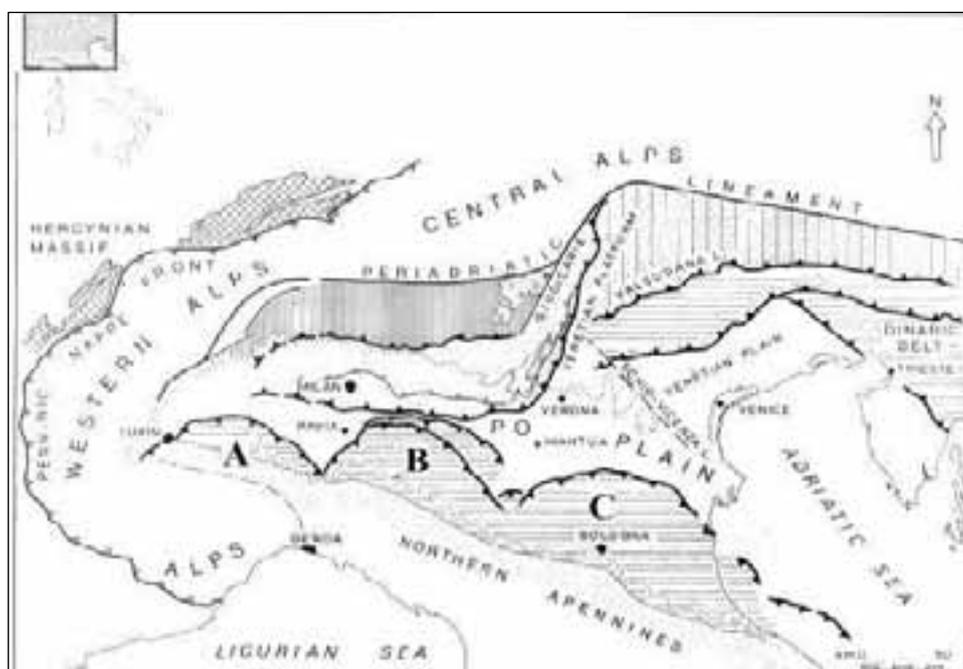
## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-SISMICO

### 4.1 Assetto tettonico della Pianura Padana

L'attuale assetto tettonico della Pianura Padana è determinato dai fenomeni orogenetici che hanno prodotto i suoi due principali confini strutturali: le Alpi Meridionali che la delimitano a Nord, l'Appennino Settentrionale che la delimitano a Sud (Figura 2). L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali deriva dalla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.

È all'interno di queste strutture tettoniche che si possono ricercare le sorgenti sismogenetiche, storicamente attive o potenziali, rilevanti per la pericolosità sismica della provincia di Mantova.

L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali sono dovute alla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.



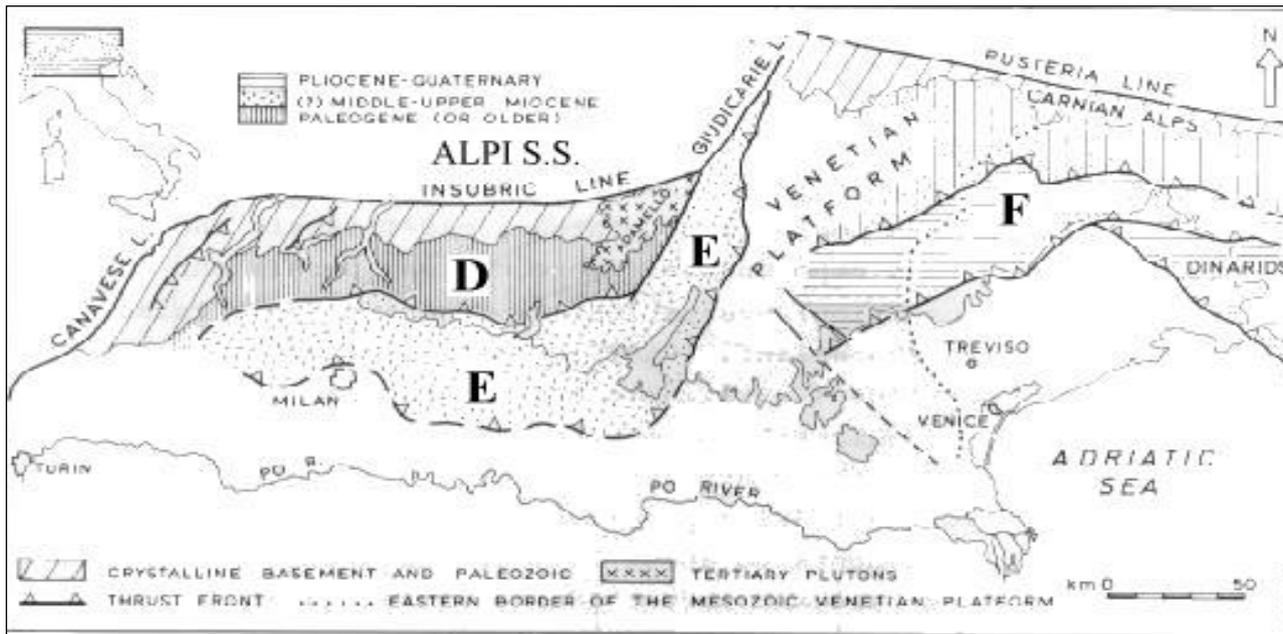
**Figura 2 - Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana; “A” Pieghe del Monferrato, “B” Pieghe Emiliane, “C” Pieghe Romagnole-Ferraresi.**

Nel fronte strutturale Nord Appenninico, che si estende infatti per più di 50 Km nella Pianura Padana al di sotto della copertura Quaternaria, si identificano tre principali sistemi arcuati di sovrascorrimento, grossolanamente orientati E-W, partendo da occidente:

- 1) **Sistema di Pieghe Arcuate del Monferrato (A)**, è il più interno ed occidentale, esso segna l'ultima fase orogenetica tardo Pliocenica.
- 2) **Sistema di Pieghe Arcuate Emiliane (B)**, rappresentano il sistema centrale di sovrascorrimenti arcuati più prossimo all'Omoclinale Alpina e ampiamente collidente con il contrapposto, antico e sepolto, Fronte Sudalpino. L'ultima e più importante fase che ha interessato questo sistema arcuato si è attuata dal tardo Pliocene.
- 3) **Sistema di Pieghe Romagnole-Ferraresi (C)**, costituiscono il più orientale e complesso tra i sistemi di archi ed anche il più complesso tra i maggiori allineamenti della Pianura

Padana. Le “Pieghie Romagnole”, le strutture più interne dell’arco, sono caratterizzate da una disarmonia strutturale delle formazioni clastiche Terziarie rispetto alle formazioni carbonatiche Mesozoiche.

La struttura della Catena Alpina è divisa principalmente in due grandi domini tettonici dal Lineamento Insubrico o Periadriatico (costituito dai segmenti detti Linea della Gail-Pusteria, delle Giudicarie, del Tonale e del Canavese): a Nord del lineamento si distinguono le Alpi S.S., mentre a sud il Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali (Figura 3).



**Figura 3 - Classificazione cronologica generale dei fronti compressionali all’interno delle Alpi Meridionali. “D” Arco Orobico, “E” Arco delle Giudicarie-Val Trompia. “F” Arco del Friuli-Giulia.**

Nelle Alpi Meridionali vengono distinti tre sistemi arcuati:

- 1) **Arco Orobico (D)**. Rappresenta il sistema più interno; attivo dal Cretaceo Superiore al Paleogene, si sviluppa circa est-ovest tra la zona dei Laghi ed il Massiccio dell’Adamello in prossimità del quale subisce una netta deviazione verso SW.).
- 2) **Arco delle Giudicarie-Val Trompia (E)**. È il sistema intermedio che risale al Miocene medio-inferiore. La direzione preferenziale NNE-SSW assunta dall’asse delle Giudicarie è fortemente curvata verso ovest in corrispondenza della Val Trompia e del bresciano (Gomito del Garda) incuneandosi al di sotto della Pianura Padana..
- 3) **Arco del Friuli-Giulia (F)**. È il sistema più esterno che rappresenta la maggior parte del settore orientale delle Alpi Meridionali. L’arco presenta un complesso fronte esterno concavo di età Pliocenica-Quaternaria, ed è la principale zona simogenica responsabile dell’elevata sismicità dell’area carnico-friulana.

Tra le Alpi Meridionali e l'Appennino si estende il bacino padano in cui si è sviluppata la successione detritica pliocenico-quadernaria, potente migliaia di metri; questi sedimenti poggiano su un substrato rigido formato da rocce carbonatiche mesozoico-eoceniche, interessato da una serie di faglie ad andamento Ovest-Est.

In sintesi, l'area padana è il risultato di una compressione asimmetrica bilaterale che ha agito in più tempi nell'intervallo Miocene superiore-Pliocene, compressione applicata in modo differente nei bordi meridionali e settentrionali del sistema. Quest'ultima condizione ha provocato una progressiva riduzione dello spazio indeformato della Pianura Padana ed il suo graduale assottigliamento. L'alto tasso di sedimentazione Plio-Pleistocenico all'interno dell'Avanfossa Padana in restringimento è da mettersi in relazione con il generale arretramento ed approfondimento del depocentro Padano. La conseguente subsidenza della Pianura Padana è stata incrementata dalla compressione Neogenica, come pure dai carichi implicati dagli spostamenti tettonici dei depositi sedimentari più recenti.

#### 4.1.1 Pozzo Turbigo 1

La stratigrafia del Pozzo Turbigo 1, che ha raggiunto la profondità di 6642,50 metri, permette di delineare la struttura geologica profonda del territorio in esame; essa risulta la seguente:

| da m | a m     | età         | litologia                                   |
|------|---------|-------------|---|
| 0,00 | 620     | Quaternario | Sabbie, ciottoli e argille                  |
| 620  | 1211    | Pliocene    | Argille, sabbie e ciottoli                  |
| 1211 | 3027    | Miocene     | Sabbia e argille                            |
| 3027 | 5410    | Oligocene   | Argille, arenarie e conglomerati            |
| 5410 | 5431    | Eocene      | Marne e calcari                             |
| 5431 | 5675    | Cretaceo    | Marne, arenarie e calcari                   |
| 5675 | 5927    | Giurassico  | Marne, calcari, dolomie e selce             |
| 5927 | 6642,50 | Triassico   | Calcari, dolomie, marne, argille e arenarie |

#### 4.2 Sismicità storica

Per lo studio della sismicità di un'area è fondamentale poter disporre di informazioni relativamente al passato, in quanto i terremoti, essendo provocati da cause geologiche, si ripresentano sempre nei medesimi areali.

La ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), I.N.G.V., Bologna;
- il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) utilizzate per la compilazione dello stesso parametrico (CPTI04).

Attraverso l'accesso al Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04) è possibile disporre delle osservazioni macrosismiche dell'intero territorio italiano attraverso due modalità: consultazione per terremoto di riferimento ovvero consultazione per località.

La consultazione per località permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04.

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la “*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*” e la “*Mapa di pericolosità sismica*” di riferimento per l’individuazione delle zone sismiche.

Il Catalogo Parametrico dei Forti Terremoti in Italia o CPTI permette di ricostruire gli effetti macrosismici per la provincia di Milano e per la vicina provincia di Novara; le aree epicentrali nelle quali si sono verificati i massimi effetti che hanno provocato risentimenti anche nel milanese e nel novarese sono:

**Storia sismica di Milano (MI) [45.464, 9.190]**

**Osservazioni disponibili: 88**

| Is  | Anno | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE                                  | Io  | Mw   | Rt     | Rt1    |
|-----|------|----|----|----|----|----|-------------------------------------|-----|------|--------|--------|
| 7   | 1117 | 01 | 03 | 13 |    |    | Veronese                            | 10  | 6.49 | CFTI   | BOA997 |
| 6   | 1222 | 12 | 25 | 11 |    |    | Basso bresciano                     | 8-9 | 6.05 | CFTI   | BOA997 |
| 6   | 1755 | 12 | 09 | 13 | 30 |    | Vallese                             | 8   | 5.90 | CFTI   | BOA997 |
| 6   | 1951 | 05 | 15 | 22 | 54 |    | LODIGIANO                           | 6-7 | 5.24 | DOM    | GDTSP  |
| 5-6 | 1806 | 02 | 12 |    |    |    | NOVELLARA                           | 7   | 5.26 | DOM    | ENL985 |
| 5   | 1695 | 02 | 25 | 05 | 30 |    | Asolano                             | 10  | 6.61 | CFTI   | BOA997 |
| 5   | 1802 | 05 | 12 | 09 | 30 |    | Valle dell'Oglio                    | 8   | 5.67 | CFTI   | BOA997 |
| 5   | 1810 | 12 | 25 |    | 45 |    | NOVELLARA                           | 7   | 5.28 | DOM    | ENL985 |
| 5   | 1873 | 06 | 29 | 03 | 58 |    | Bellunese                           | 10  | 6.33 | CFTI   | BOA997 |
| 5   | 1901 | 10 | 30 | 14 | 49 | 58 | Salo'                               | 8   | 5.67 | CFTI   | BOA997 |
| 5   | 1914 | 10 | 27 | 09 | 22 |    | GARFAGNANA                          | 7   | 5.79 | DOM    | MEA988 |
| 4-5 | 1348 | 01 | 25 |    |    |    | CARNIA                              | 10  | 6.66 | DOM    | HAM994 |
| 4-5 | 1740 | 03 | 06 | 05 | 15 |    | GARFAGNANA                          | 7   | 5.18 | DOM    | ENL988 |
| 4-5 | 1828 | 10 | 09 | 02 | 20 |    | Valle dello Staffora                | 7-8 | 5.67 | CFTI   | BOA997 |
| 4-5 | 1855 | 07 | 25 | 12 |    |    | Vallese                             | 8-9 | 5.81 | CFTI   | BOA997 |
| 4-5 | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 | 50 | Liguria occidentale                 | 9   | 6.29 | CFTI   | BOA997 |
| 4-5 | 1891 | 06 | 07 | 01 | 06 | 14 | Valle d'Illassi                     | 8-9 | 5.71 | CFTI   | BOA997 |
| 4-5 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | 40 | Garfagnana                          | 10  | 6.48 | CFTI   | BOA997 |
| 4   | 1738 | 11 | 05 |    | 30 |    | PARMA<br>LIGURIA<br>ORIENTALE       | 7   | 5.40 | DOM    | ENL985 |
| 4   | 1873 | 09 | 17 |    |    |    | ORIENTALE                           | 6-7 | 5.52 | DOM    | CAA996 |
| 4   | 1885 | 02 | 26 | 20 | 48 |    | SCANDIANO                           | 6   | 5.22 | DOM    | ENL985 |
| 4   | 1929 | 04 | 20 | 01 | 09 | 46 | Bolognese                           | 7   | 5.55 | CFTI   | BOA997 |
| 4   | 1954 | 05 | 19 | 09 | 34 | 55 | Vallese                             | 6   | 5.46 | CFTI   | BOA997 |
| 4   | 1960 | 03 | 23 | 23 | 08 | 49 | Vallese                             | 6-7 | 5.36 | CFTI   | BOA997 |
| 4   | 1972 | 10 | 25 | 21 | 56 |    | PASSO CISA<br>BORGIO VAL DI<br>TARO | 5   | 4.95 | DOM    | MEA988 |
| 4   | 1975 | 11 | 16 | 13 | 04 |    | TARO                                | 5-6 | 4.85 | DOM    | GDTSP  |
| 4   | 1976 | 05 | 06 | 20 |    |    | FRIULI                              | 10  | 6.43 | DOM    | GDTSP  |
| 4   | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | 52 | Parmense                            | 6-7 | 5.10 | CFTI   | BOA000 |
| 4   | 1996 | 10 | 15 | 09 | 55 | 60 | CORREGGIO                           | 7   | 5.44 | INGVAM | INGVAM |
| F   | 1065 | 03 | 27 | 06 |    |    | Brescia                             | 7   | 5.17 | CFTI   | BOA997 |
| F   | 1295 | 09 | 03 |    |    |    | COIRA                               | 8-9 | 5.79 | DOM    | STA988 |
| F   | 1570 | 11 | 17 | 19 | 10 |    | Ferrara                             | 7-8 | 5.48 | CFTI   | BOA997 |
| F   | 1661 | 03 | 12 |    |    |    | Montecchio                          | 7   | 5.17 | CFTI   | BOA997 |
| F   | 1780 | 02 | 06 | 04 |    |    | Bolognese                           | 5-6 | 4.85 | CFTI   | BOA997 |
| F   | 1811 | 07 | 15 | 22 | 44 |    | SASSUOLO                            | 7   | 5.24 | DOM    | ENL985 |
| F   | 1826 | 06 | 24 | 12 | 15 |    | SALO'                               | 5-6 | 4.74 | DOM    | ENL985 |
| F   | 1831 | 09 | 11 | 18 | 15 |    | Reggiano                            | 7-8 | 5.48 | CFTI   | BOA997 |
| F   | 1886 | 09 | 05 |    |    |    | VAL DI SUSÀ                         | 6-7 | 5.27 | DOM    | GDTSP  |
| F   | 1915 | 01 | 13 | 06 | 52 |    | AVEZZANO                            | 11  | 6.99 | DOM    | MOA996 |
| F   | 1916 | 08 | 16 | 07 | 06 | 14 | Alto Adriatico                      | 8   | 5.92 | CFTI   | BOA997 |
| 3-4 | 1834 | 07 | 04 |    | 35 |    | ALTA LUNIGIANA                      | 6-7 | 5.14 | DOM    | CAA996 |
| 3-4 | 1884 | 09 | 12 |    |    |    | PONTOGLIO                           | 6   | 4.83 | DOM    | GDTSP  |

|     |      |    |    |    |    |    |                     |     |      |      |        |
|-----|------|----|----|----|----|----|---------------------|-----|------|------|--------|
| 3-4 | 1914 | 10 | 26 | 03 | 45 |    | TAVERNETTE          | 7   | 5.36 | DOM  | ENL985 |
| 3-4 | 1971 | 07 | 15 | 01 | 33 | 23 | Parmense            | 7-8 | 5.61 | CFTI | BOA997 |
| 3-4 | 1976 | 09 | 15 | 09 | 21 | 18 | Friuli              | 8-9 | 5.92 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1786 | 04 | 07 |    |    |    | PIACENZA            | 6-7 | 5.31 | DOM  | ENL985 |
| 3   | 1796 | 10 | 22 | 04 |    |    | Emilia orientale    | 7   | 5.63 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1818 | 02 | 23 | 18 | 10 | 1  | Liguria occidentale | 7-8 | 5.55 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1818 | 12 | 09 | 18 | 52 |    | LANGHIRANO          | 7-8 | 5.57 | DOM  | ENL985 |
| 3   | 1832 | 03 | 13 | 03 | 30 |    | Reggiano            | 7-8 | 5.59 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1834 | 02 | 14 | 13 | 15 |    | ALTA LUNIGIANA      | 8-9 | 5.64 | DOM  | CAA996 |
| 3   | 1836 | 06 | 12 | 02 | 30 |    | BASSANO             | 7-8 | 5.48 | DOM  | GDTUD  |
| 3   | 1846 | 08 | 14 | 12 |    |    | ORCIANO PISANO      | 8-9 | 5.71 | DOM  | CAA996 |
| 3   | 1851 | 08 | 03 |    |    |    | GIUDICARIE          | 6   | 4.96 | DOM  | ALA994 |
| 3   | 1854 | 12 | 29 | 01 | 45 |    | Liguria occidentale | 7-8 | 5.77 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1857 | 02 | 01 |    |    |    | PARMENSE            | 6-7 | 5.26 | DOM  | GDTSP  |
| 3   | 1879 | 02 | 14 |    |    |    | GARGNANO            | 5-6 | 4.63 | DOM  | ENL985 |
| 3   | 1880 | 07 | 04 | 19 | 55 |    | Vallese             | 7   | 5.38 | CFTI | BOA997 |
| 3   | 1892 | 01 | 05 |    |    |    | GARDA OCC.          | 6-7 | 4.96 | DOM  | ENL985 |
| 3   | 1909 | 01 | 13 |    | 45 |    | BASSA PADANA        | 6-7 | 5.53 | DOM  | MEM987 |
| 3   | 1913 | 12 | 07 | 01 | 28 |    | NOVI LIGURE         | 5   | 4.72 | DOM  | GDTSP  |
| 3   | 1960 | 02 | 19 | 02 | 30 |    | GIUDICARIE          | 6   | 4.83 | DOM  | ALA994 |
| 3   | 1987 | 05 | 02 | 20 | 43 | 53 | REGGIANO            | 6   | 5.05 | DOM  | GDTRD  |
|     |      |    |    |    |    |    |                     | 9-  |      |      |        |
| 2-3 | 1743 | 02 | 20 | 16 | 30 |    | Basso Ionio         | 10  | 6.90 | CFTI | BOA997 |
| 2-3 | 1894 | 11 | 27 |    |    |    | FRANCIACORTA        | 6-7 | 4.95 | DOM  | GDTSP  |
| 2-3 | 1895 | 04 | 14 | 22 | 17 |    | Slovenia            | 8   | 6.25 | CFTI | BOA997 |
| 2-3 | 1898 | 03 | 04 |    |    |    | CALESTANO           | 6-7 | 5.07 | DOM  | CAA996 |
| 2   | 1703 | 01 | 14 | 18 |    |    | Appennino reatino   | 11  | 6.81 | CFTI | BOA997 |
| 2   | 1703 | 02 | 02 | 11 | 05 |    | Aquilano            | 10  | 6.65 | CFTI | BOA997 |
| 2   | 1808 | 04 | 02 | 16 | 43 |    | Valle del Pellice   | 8   | 5.67 | CFTI | BOA997 |
| 2   | 1873 | 03 | 12 | 20 | 04 |    | Marche meridionali  | 8   | 5.88 | CFTI | BOA997 |
| 2   | 1915 | 10 | 10 | 23 | 10 |    | REGGIO EMILIA       | 6   | 5.01 | DOM  | ENL985 |
| 2   | 1926 | 01 | 01 | 18 | 04 | 3  | Slovenia            | 7-8 | 5.71 | CFTI | BOA997 |
| 2   | 1927 | 10 | 28 | 21 | 49 |    | BEDONIA             | 6   | 5.13 | DOM  | CAA996 |
| NC  | 1346 | 02 | 22 | 11 |    |    | Ferrara             | 7-8 | 5.81 | CFTI | BOA997 |
| NC  | 1918 | 04 | 24 | 14 | 21 |    | LECCHESE            | 6   | 5.07 | DOM  | GDTSP  |
| NF  | 1875 | 03 | 17 | 23 | 51 |    | Romagna sud-orient. | 8   | 5.74 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1197 |    |    |    |    |    | Brescia             | 6-7 | 5.03 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1276 | 07 | 28 | 18 | 30 |    | Italia settent.     | 6   | 5.11 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1369 | 02 | 01 |    |    |    | Alessandria         | 6-7 | 5.03 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1383 | 07 | 24 | 20 |    |    | PARMA               | 5-6 | 4.63 | DOM  | ENL985 |
| NR  | 1410 | 06 | 10 | 21 |    |    | Verona              | 5-6 | 4.72 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1438 | 06 | 11 | 20 |    |    | Parmense            | 8   | 5.62 | CFTI | BOA997 |
| NR  | 1474 | 03 | 11 | 20 | 30 |    | MODENA              | 6   | 4.89 | DOM  | ENL985 |
| RS  | 1907 | 04 | 25 | 04 | 52 |    | BOVOLONE            | 6   | 4.94 | DOM  | ENL985 |
| RS  | 1909 | 08 | 25 |    | 22 |    | MURLO               | 7-8 | 5.40 | DOM  | CAA996 |
| RS  | 1911 | 09 | 13 | 22 | 29 |    | CHIANTI             | 7   | 5.14 | DOM  | CAA996 |
| RS  | 1919 | 10 | 22 | 06 | 10 |    | ANZIO               | 7   | 5.53 | DOM  | ENL985 |

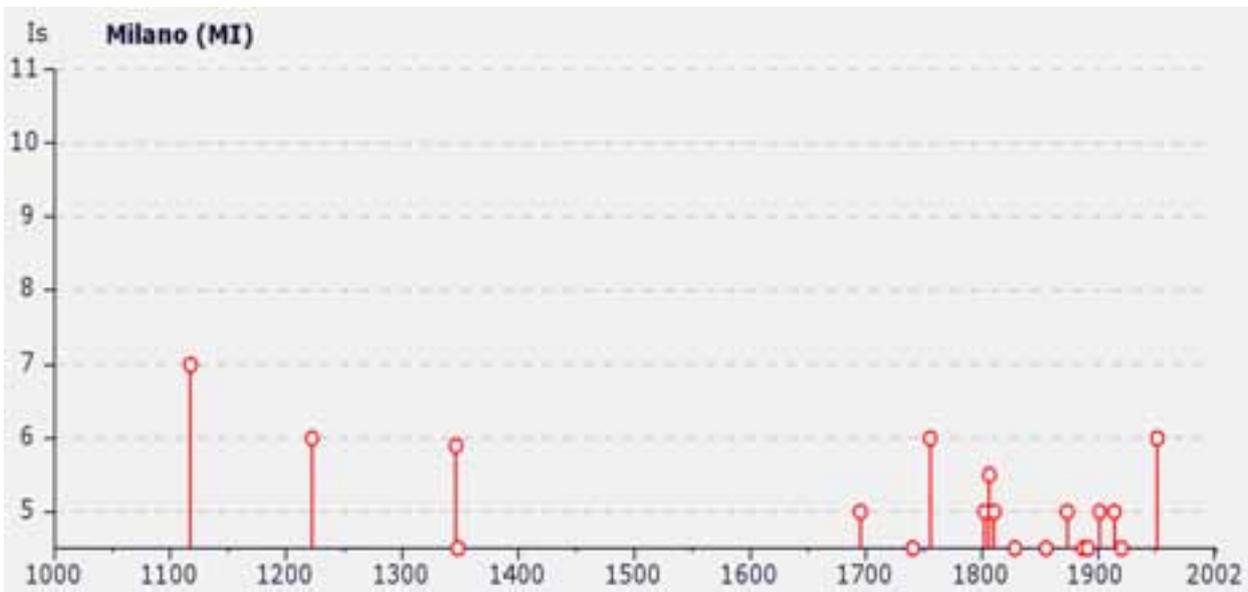
**Storia sismica di Novara (NO) [45.446, 8.623]**

Osservazioni disponibili: 16

| Is  | Ann  | o  | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE                  | Io  | Mw  | Rt   | Rt1    |
|-----|------|----|----|----|----|----|----|---------------------|-----|-----|------|--------|
| 5-6 | 1755 | 12 | 09 | 13 | 30 |    |    | Vallese             | 8   | 5.9 | CFTI | BOA997 |
| 5-6 | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 | 50 |    | Liguria occidentale | 9   | 6.2 | CFTI | BOA997 |
| 5   | 1901 | 10 | 30 | 14 | 49 | 58 |    | Salo'               | 8   | 5.6 | CFTI | BOA997 |
| 4-5 | 1855 | 07 | 25 | 12 |    |    |    | Vallese             | 8-9 | 7   | CFTI | BOA997 |
| 4-5 | 1905 | 04 | 29 | 01 | 46 | 45 |    | Alta Savoia         | 7-8 | 5.8 | CFTI | BOA997 |
| 4   | 1891 | 06 | 07 | 01 | 06 | 14 |    | Valle d'Ilasi       | 8-9 | 9   | CFTI | BOA997 |
| 4   | 1972 | 10 | 25 | 21 | 56 |    |    | PASSO CISA          | 5   | 5.7 | DOM  | ME98   |

|     |      |    |    |    |    |                     |     |     |      |        |
|-----|------|----|----|----|----|---------------------|-----|-----|------|--------|
|     |      |    |    |    |    |                     | 5   |     | 8    |        |
| F   | 1913 | 12 | 07 | 01 | 28 | NOVI LIGURE         | 5   | 4.7 | DOM  | GDTSP  |
| F   | 1914 | 10 | 26 | 03 | 45 | TAVERNETTE          | 7   | 5.3 | DOM  | ENL985 |
| 3-4 | 1854 | 12 | 29 | 01 | 45 | Liguria occidentale | 7-8 | 5.7 | CFTI | BOA99  |
| 3-4 | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | Parmense            | 6-7 | 7   | CFTI | 7      |
| 3   | 1796 | 10 | 22 | 04 |    | Emilia orientale    | 7   | 5.1 | CFTI | BOA00  |
| 3   | 1885 | 02 | 26 | 20 | 48 | SCANDIANO           | 6   | 5.6 | DOM  | BOA99  |
| 3   | 1929 | 04 | 20 | 01 | 09 | Bolognese           | 7   | 5.2 | CFTI | 7      |
| 3   | 1951 | 05 | 15 | 22 | 54 | LODIGIANO           | 6-7 | 5.5 | DOM  | ENL985 |
| 2   | 1947 | 02 | 17 |    | 12 | Alpi occidentali    | 5-6 | 4.9 | CFTI | BOA99  |
|     |      |    |    |    |    |                     |     | 7   |      | 7      |

Le intensità massime storiche riscontrate nel milanese e nel novarese sono pure indicate nei seguenti grafici:



### 4.3 Classificazione sismica del territorio comunale

Con la pubblicazione dell'Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", modificata dall'Ordinanza n. 3316 del 02.10.2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio italiano, con la individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona. Ogni zona è contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, secondo la seguente tabella:

| Zona sismica | Valore di $a_g$ |
|--------------|-----------------|
| 1            | 0,35g           |
| 2            | 0,25g           |
| 3            | 0,15g           |
| 4            | 0,05g           |

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 "disposizioni preliminari per l'attuazione dell'ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha accettato la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata ed ha stabilito i modi e i tempi di applicabilità della nuova normativa sismica sia per le costruzioni esistenti che per quelle future.

**Al Comune di Robecchetto con Induno è stata attribuita la zona sismica 4 (bassa sismicità, con  $a_g = 0,05 g$ ).**

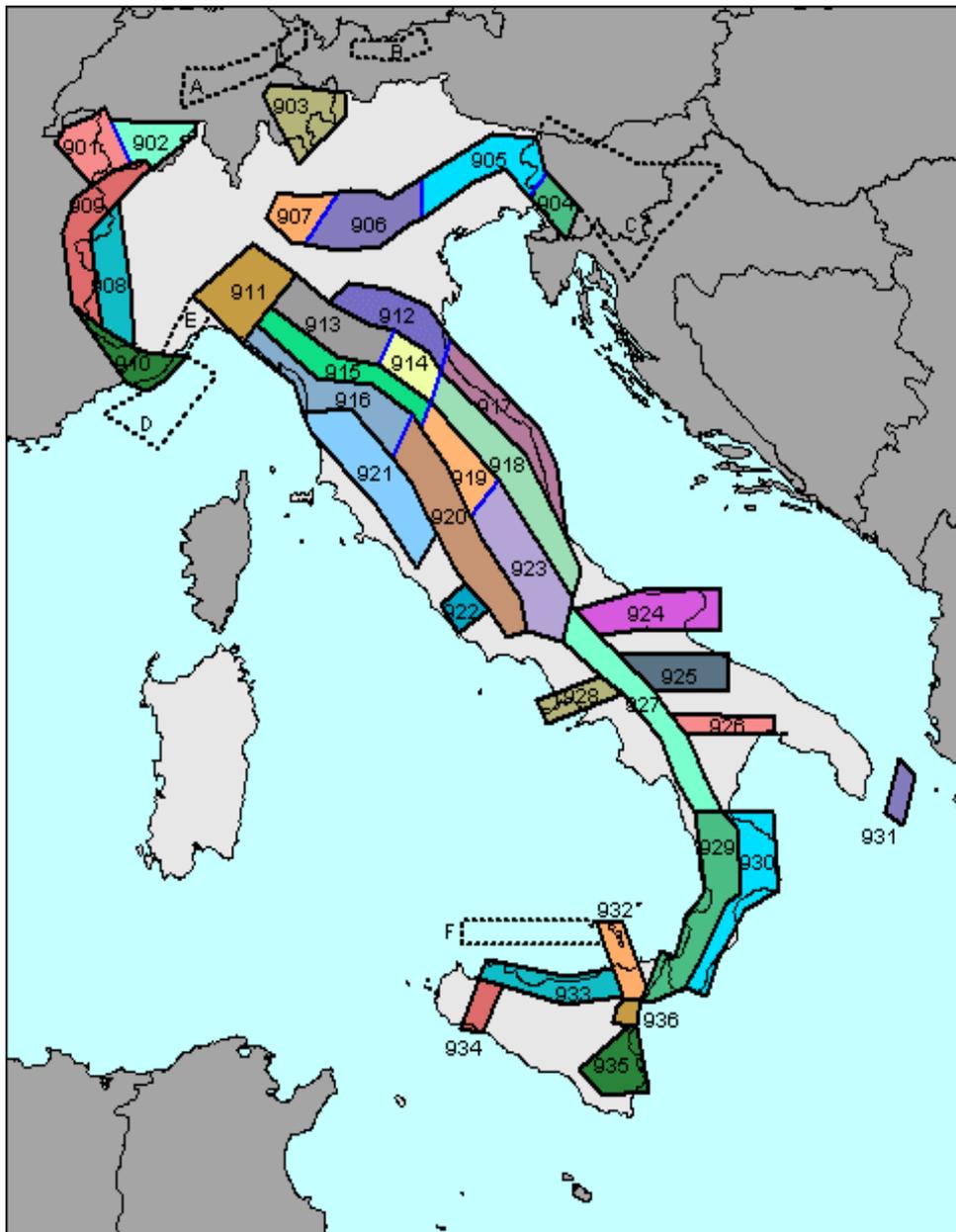
Recentemente è stata redatta una Mappa di Pericolosità Sismica [GRUPPO DI LAVORO (2004) – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici], prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003; tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.

Questa iniziativa è stata rivolta a soddisfare l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, esigenza formulata dall'Ordinanza PCM 20.03.2003 n. 3274, che ne fissa criteri e scadenza. In particolare:

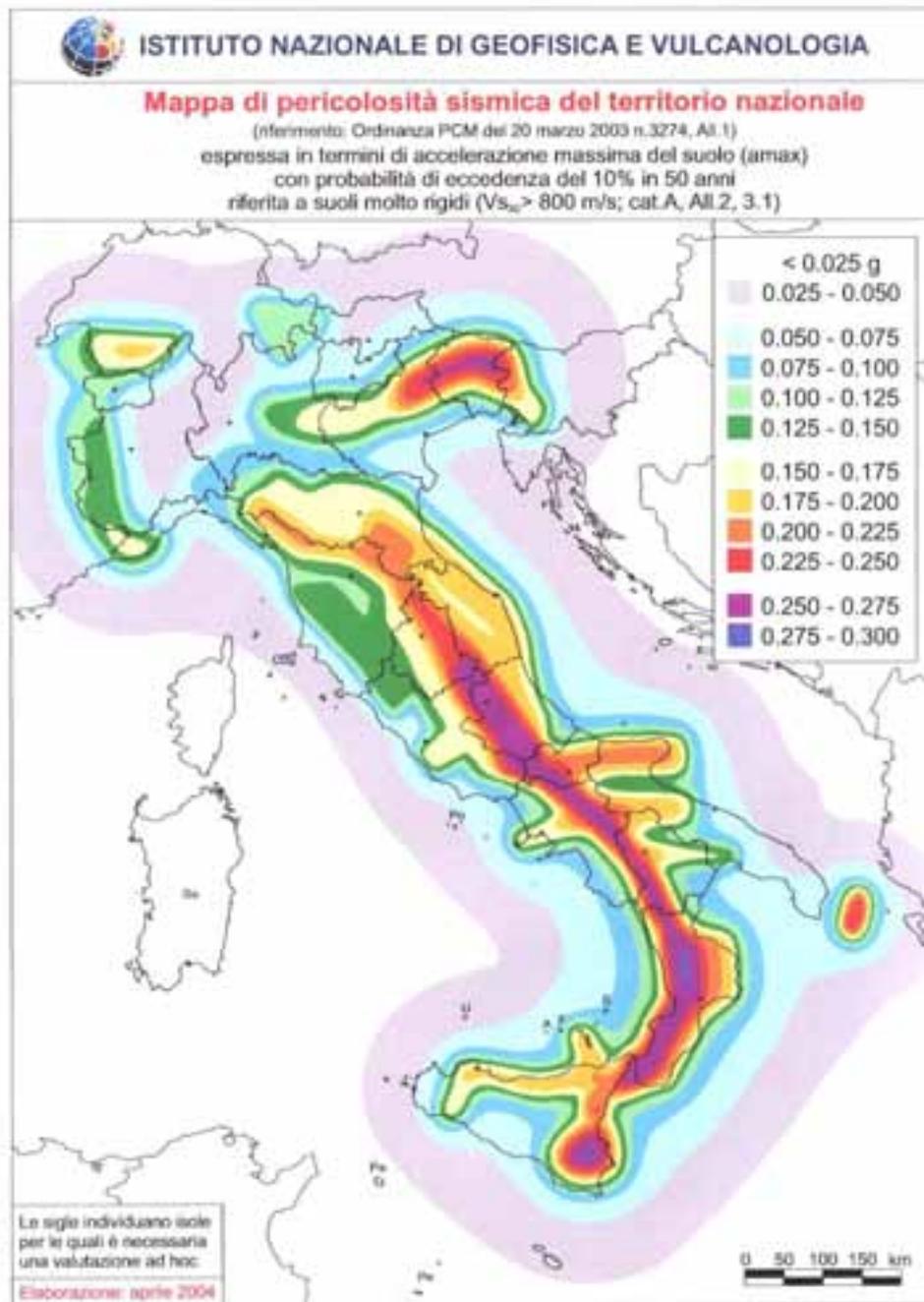
- è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata **ZS9**, a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. La nuova ZS9 viene riportata in Figura 4.
- è stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, detta CPTI2, mediante la ricompilazione ex-novo della porzione temporale 1981-1992 e la sua estensione al 2002;
- sono state verificate le relazioni di attenuazione di  $a_{max}$  definite a scala nazionale ed europea;
- sono stati determinati, con approcci storici e statistici, due insiemi di completezza dei dati del Catalogo CPTI2

Nella nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) per suoli molto rigidi ( $VS_{30} > 800$  m/sec, categoria A), viene rappresentata l'attesa probabilistica di terremoti (periodo di ritorno  $T_r = 475$  anni), caratterizzati da maggiore o minore energia.

La nuova mappa di pericolosità sismica (vedasi Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519) risulta essere la seguente (Figura 5):

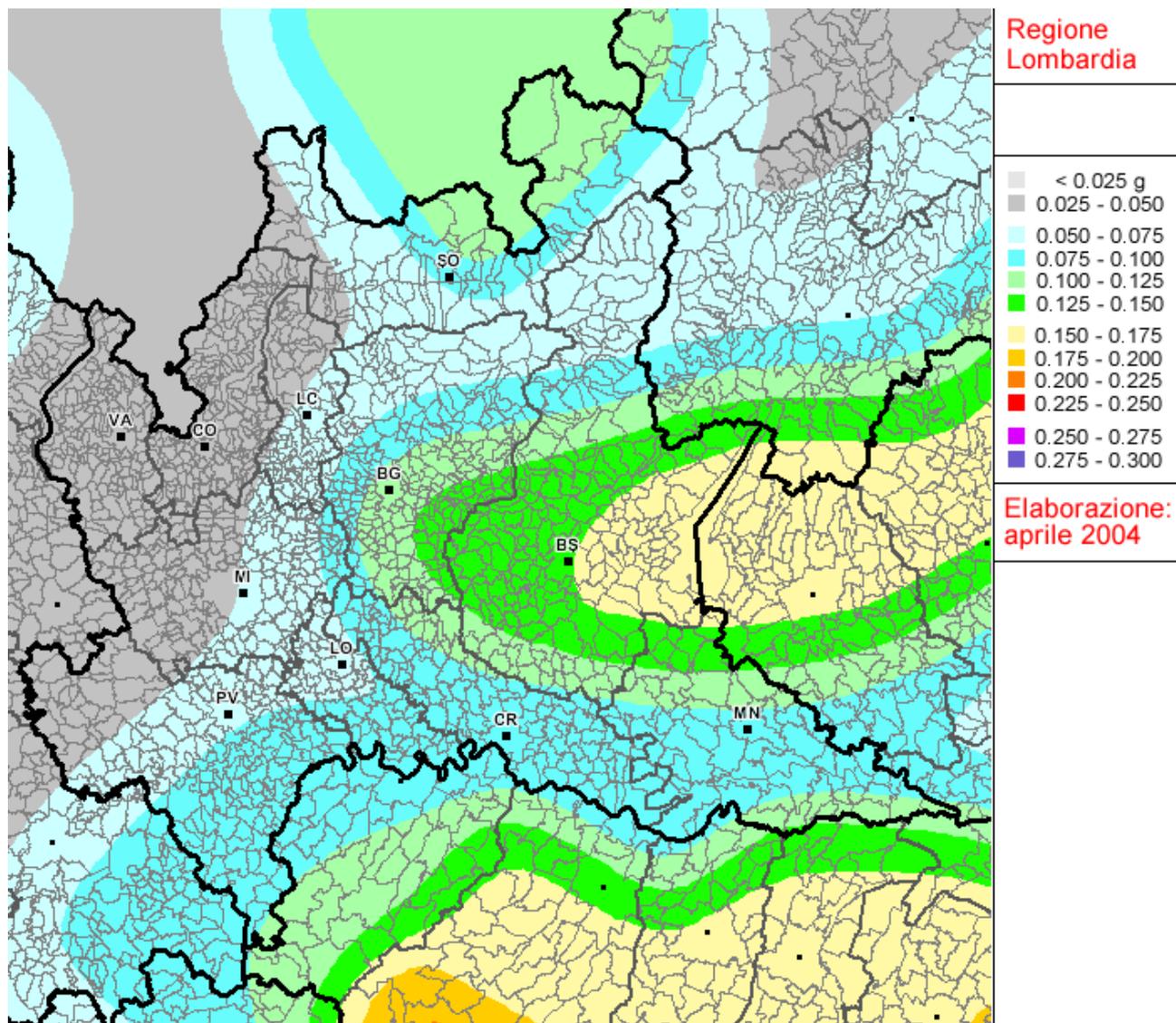


**Figura 4 - Zonazione Sismogenetica ZS9**



**Figura 5 - Nuova Mappa di Pericolosità Sismica**

Per quanto riguarda la Regione Lombardia, la Provincia di Milano e il Comune di Robecchetto con Induno, la nuova Mappa di Pericolosità Sismica viene riportata in Figura 6. In tutto il territorio comunale la nuova mappa di pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s), prevede valori di  $a_{max}$  variabile da 0,025 a 0,050 g.

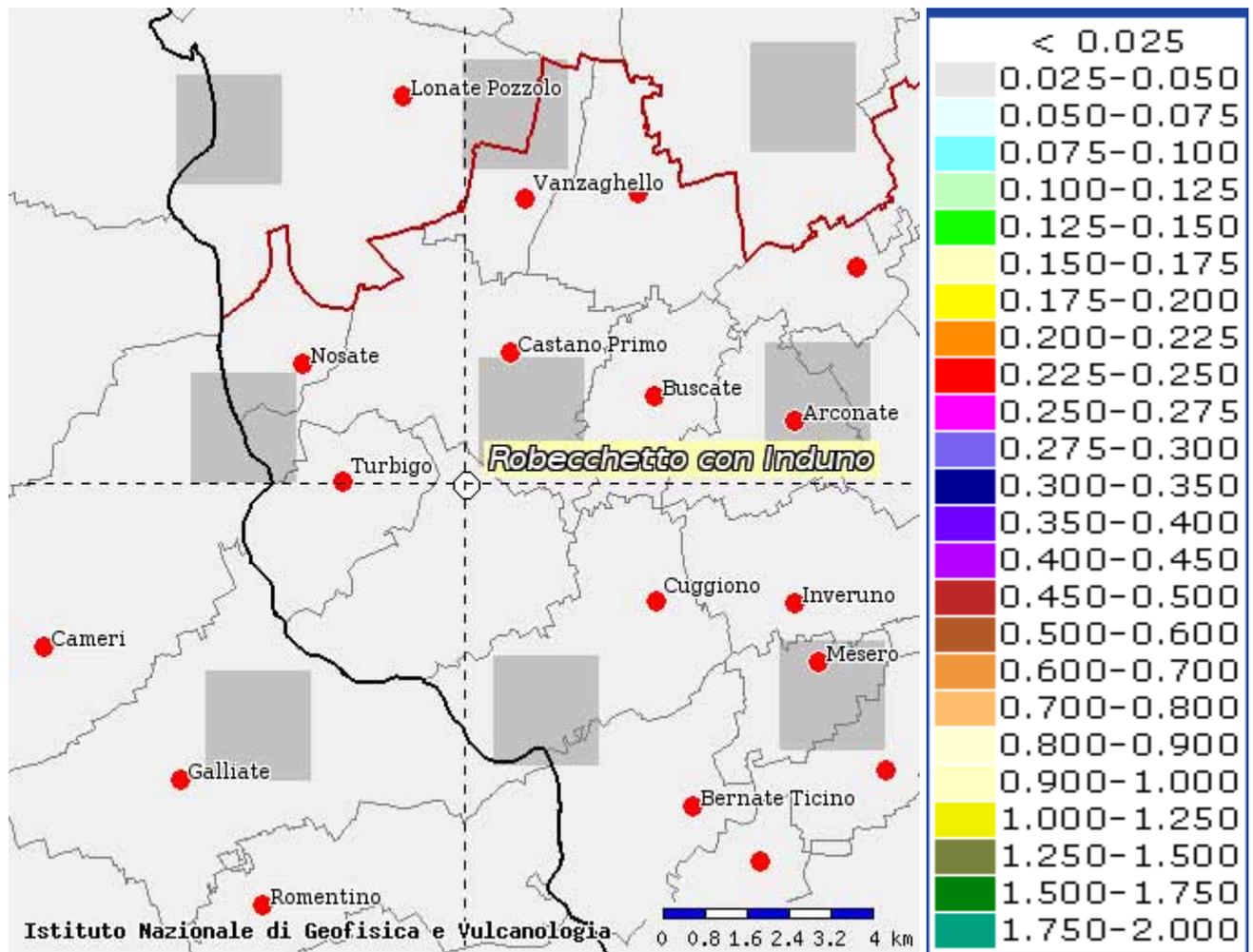


**Figura 6 - Nuova Mappa di pericolosità Sismica per la Regione Lombardia (INGV, 2004)**

Recentemente è stata resa disponibile la *Mappa Interattiva di pericolosità Sismica* (Progetto DPC-INGV-S1) dalla quale è possibile estrapolare quanto segue:

- parametro di scuotimento:  $a_g$
- probabilità di superamento in 50 anni: 10%
- percentile: 50%

Per quanto riguarda il territorio comunale di Robecchetto con Induno la situazione di pericolosità sismica è riportata in figura 7; da essa risulta che l'accelerazione massima attesa è compresa tra 0,025 e 0,050.



**Figura 7 - Mappa di pericolosità Sismica di Robecchetto con Induno (Progetto DPC-INGV-S1)**

**4.4 Azione sismica**

Il D.M. 14.01.2008 *Norme Tecniche per le Costruzioni* stabilisce che le azioni di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{V_r}$ , nel periodo di riferimento  $V_r$ .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_r}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

I valori sopraddetti sono riportati in allegato al D.M. di cui sopra; per il Comune di Robecchetto con Induno sono riportati nelle figure 8, 9 e 10:

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_a$ ,  $T_c$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

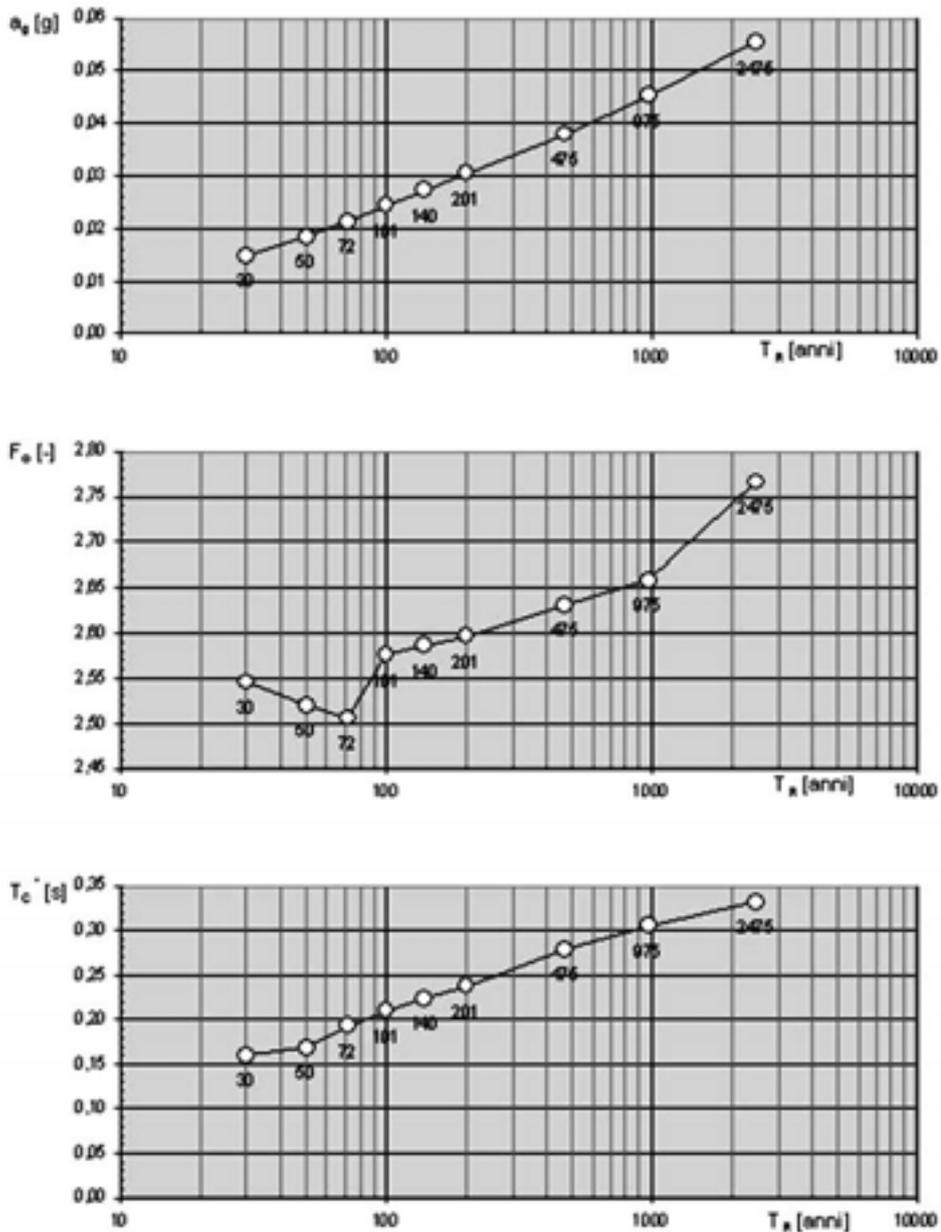


Figura 8 – Variabilità dei parametri e periodi di ritorno

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

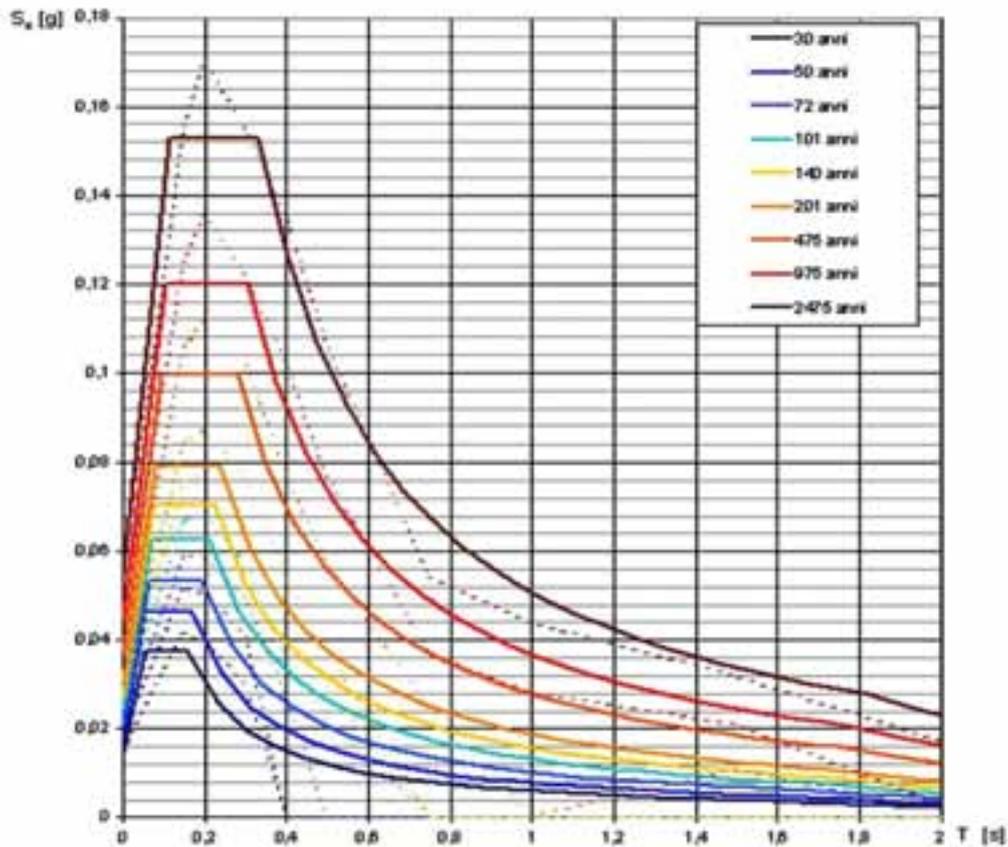
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_c$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 30              | 0,015        | 2,546        | 0,160        |
| 50              | 0,018        | 2,520        | 0,169        |
| 72              | 0,021        | 2,506        | 0,180        |
| 101             | 0,024        | 2,576        | 0,210        |
| 140             | 0,027        | 2,586        | 0,224        |
| 201             | 0,030        | 2,596        | 0,238        |
| 475             | 0,038        | 2,631        | 0,279        |
| 975             | 0,045        | 2,658        | 0,306        |
| 2475            | 0,055        | 2,766        | 0,332        |

Figura 9 – Parametri e periodi di ritorno

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S14NOV da cui sono derivati.

Figura 10 – Spettri di risposta elastici

## 5. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Per la definizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (P.S.L.) si è fatto riferimento alla seguente documentazione; le note che seguono sono tratte interamente dalle stesse.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2006) - Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio. Milano, febbraio 2006.

REGIONE LOMBARDIA (2005) - DGR 22.12.2005 n. 1566. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12.

REGIONE LOMBARDIA (2008) - DGR 28.05.2008 n. 7374 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566.

### 5.1 Risposta sismica locale. Generalità

#### 5.1.1 Effetti di amplificazione

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere presi in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, della categoria del terreno si distinguono due grandi gruppi di effetti locali:

**a) gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari *condizioni locali*. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **gli effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; tale amplificazione è condizionata dalle caratteristiche

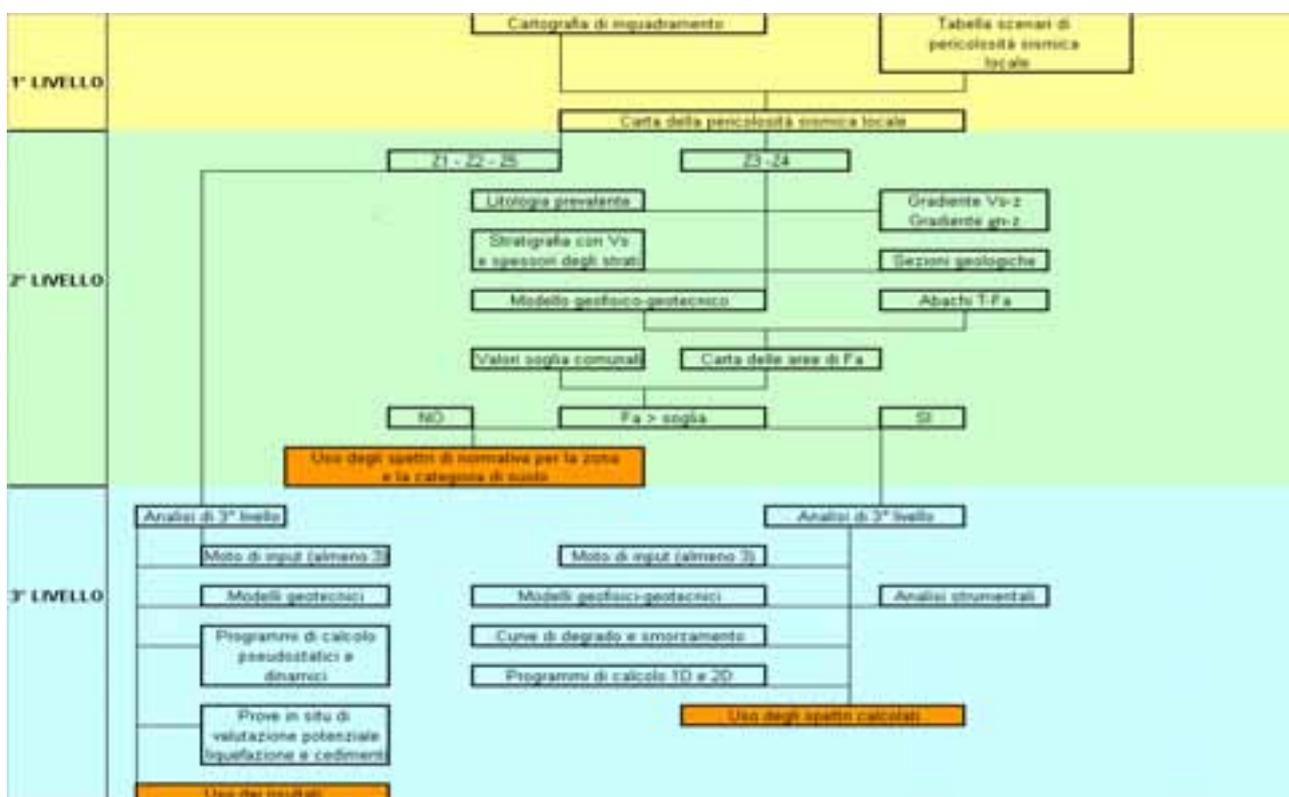
geometriche del rilievo (quali il fattore di forma  $h/L$ ), che devono essere tali per cui la lunghezza d'onda incidente  $\lambda$  sia comparabile con la semilarghezza  $L/2$  della base dell'irregolarità; lungo i fianchi del rilievo l'interazione tra onde incidenti ed onde diffratte produce rapide variazioni in ampiezza e frequenza delle onde sismiche generando un complesso campo di spostamenti con alternanza di amplificazioni ed attenuazioni che possono dare luogo a marcati movimenti differenziali; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia etc..) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

**b) gli effetti di instabilità:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

**5.1.2 Analisi della sismicità del territorio**

In Allegato 5 della DGR 28.05.2008 n. 7374 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale che prevede il seguente schema operativo (Figura 11).



**Figura 11 – Valutazione dell'amplificazione sismica**

I tre livelli di approfondimento possono essere sintetizzati come segue:

1° LIVELLO

Il 1° livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni; esso consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10000 e 1:2000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, etc..).

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia (**Carta della pericolosità sismica locale**) a scala 1:10000 - 1:2000, derivata dalle precedenti carte di base ( carta geologica, geomorfologica, idrogeologica, ecc.), in cui è riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (Tabella 2) in grado di determinare gli effetti locali (Scenari di pericolosità sismica locale).

**Tabella 2 – Scenari di pericolosità sismica locale**

| <b>Sigla</b> | <b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>  | <b>EFFETTI</b>                                  |
|--------------|---|---|
| <b>Z1a</b>   | <b>Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi</b>  | <b>Instabilità</b>                              |
| <b>Z1b</b>   | <b>Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti</b>  |   |
| <b>Z1c</b>   | <b>Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana</b>   |   |
| <b>Z2</b>    | <b>Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)</b>                    | <b>Cedimenti e/o liquefazioni</b>               |
| <b>Z3a</b>   | <b>Zona di ciglio H &gt; 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)</b> | <b>Amplificazioni topografiche</b>              |
| <b>Z3b</b>   | <b>Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate</b>   |   |
| <b>Z4a</b>   | <b>Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi</b>  | <b>Amplificazioni litologiche e geometriche</b> |
| <b>Z4b</b>   | <b>Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre</b>  |   |
| <b>Z4c</b>   | <b>Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)</b>  |   |
| <b>Z4d</b>   | <b>Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale</b>  |   |
| <b>Z5</b>    | <b>Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse</b>                                      | <b>Comportamenti differenziali</b>              |

2° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione; gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e geometriche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di *F<sub>a</sub>*.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose, sabbiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle velocità  $V_s$  fino a valori pari o superiori a 800 m/s. In mancanza del raggiungimento del bedrock ( $V_s \geq 800$  m/s) è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine e tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità  $V_s$  e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento.

In funzione dello spessore e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s<sup>1</sup> (riportati negli Schemi seguenti).

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo.

Il valore di  $F_a$  determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della nuova normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dall'abaco con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D, E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati (soglie\_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre la quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  con l'abaco di correlazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di  $\pm 0.1$  che tiene in conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma;

<sup>1</sup> Nel caso il valore di  $V_s$  dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del  $F_a$  in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ( $F_a = 1.0$ ).

- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) per individuare gli spettri di risposta da utilizzare a livello progettuale o, in alternativa, utilizzare lo spettro caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo il seguente schema:

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

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

### 3° LIVELLO

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da un valore di  $F_a$  superiore al valore soglia corrispondente ricavato con l'analisi di 2° livello. Esso consiste in un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

In presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (Z1 e Z2), si applica a tutte le costruzioni nelle Zone sismiche 2 e 3, mentre nella Zona sismica 4 è obbligatorio solo per gli edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o 19904/2003.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati, basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo; è inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Riassumendo, i vari livelli di approfondimento necessari sono definiti, per le varie Zone sismiche, come dalle seguenti tabelle 3 e 4.

**Tabella 3 – Zone sismiche 2-3**

|                  | <i><b>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</b></i> |  |   |
|------------------|---|--|---|
|                  | <i><b>1° livello<br/>fase pianificatoria</b></i>                | <i><b>2° livello<br/>fase pianificatoria</b></i>   | <i><b>3° livello<br/>fase progettuale</b></i>   |
| Zona sismica 2-3 | obbligatorio  | Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale.</li> <li>- Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.</li> </ul> |

**Tabella 4 – Zona sismica 4**

|                | <i><b>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</b></i> |   |  |
|----------------|---|---|--|
|                | <i><b>1° livello<br/>fase pianificatoria</b></i>                | <i><b>2° livello<br/>fase pianificatoria</b></i>  | <i><b>3° livello<br/>fase progettuale</b></i>  |
| Zona sismica 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) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale.</li> <li>- Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.</li> </ul> |

PSL = Pericolosità Sismica Locale.

**5.2 Analisi di 1° Livello**

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona probabilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta di dati disponibili, quali:

- a) cartografia topografica di dettaglio, cartografia geologica, cartografia geomorfologica, cartografia idrogeologica;
- b) risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, necessarie per definire le condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda,

proprietà indice dei depositi, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche, ecc.).

Per il territorio comunale di Robecchetto con Induno sono disponibili i seguenti dati pregressi, allegati alla “Indagine geologica di supporto al P.G.T.” già sopra richiamata:

- Carta geololitologica, geomorfologia e geopedologica con elementi idrografici, alla scala 1:10.000
- Carta idrogeologica con elementi idrografici, della capacità d’uso dei suoli e degli elementi antropici, alla scala 1:10.000
- Carta di Sintesi, alla scala 1:5.000
- Carta di Fattibilità Geologica, alla scala 1:5.000

Per l’adeguamento sismico dello studio geologico pregresso sono state eseguite ex novo le seguenti indagini:

- N. 3 indagini geofisiche con TROMINO MICRORMED (vedasi allegato)

### 5.2.1 Caratteristiche litologiche

Sulla base delle indagini pregresse la situazione litologica superficiale e profonda può essere schematizzata come nella seguente tabella 5.

**Tabella 5 – Schema litologico profondo**

| <b>profondità<br/>(m dal p.c.)</b> | <b>descrizione</b>                  |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>0,00-0,50</b>                   | <b>Terreno vegetale</b>             |
| <b>0,50-7,00</b>                   | <b>Sabbia e ghiaia con ciottoli</b> |
| <b>7,00-34,00</b>                  | <b>Ghiaia con sabbia grossa</b>     |
| <b>34,00-37,00</b>                 | <b>Argilla</b>                      |
| <b>37,00-44,00</b>                 | <b>Ghiaia con ciottoli e sabbia</b> |

### 5.2.2 Caratteristiche idrogeologiche

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale di Robecchetto con Induno possono essere schematizzate, sulla base dell’indagine geologiche sopra citata, individuando nel sottosuolo due litopone come segue:

- Litozona A: è caratterizzata dalla presenza di depositi grossolani (ciottoli, ghiaie, sabbie) fino a circa 50-80 metri di profondità. L’acquifero ivi residente è assimilabile ad un unico acquifero monostrato;

- Litozona B: sottostante alla precedente, è caratterizzata da depositi più fini (sabbie, limi, argille) che si comportano complessivamente come substrato impermeabile nei confronti della Litozona A.

### 5.3 Carta di Pericolosità Sismica Locale del Comune di Robecchetto con Induno

Sulla base della documentazione esaminata, il livello di affidabilità e di attendibilità da assegnare ai risultati dell’analisi eseguita sono indicati (in rosso) nella tabella 6.

**Tabella 6 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall’analisi**

| <i>Dati</i>                     | <i>Attendibilità</i> | <i>Tipologia</i>  |
|---------------------------------|----------------------|---|
| <b>Litologici</b>               | <b>Bassa</b>         | <b>Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe</b>           |
| <b>Stratigrafici (spessori)</b> | <b>Bassa</b>         | <b>Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe</b>           |
|                                 | <b>Media</b>         | <b>Da pozzi e prove indirette (penetrometriche)</b>         |
|                                 | <b>Alta</b>          | <b>Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)</b> |
| <b>Geofisici (Vs)</b>           | <b>Bassa</b>         | <b>Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe</b>           |
|                                 | <b>Media</b>         | <b>Da prove indirette e relazioni empiriche</b>             |
|                                 | <b>Alta(*)</b>       | <b>Da prove dirette (sismica superficiale)</b>              |

(\*) Nelle aree indagate.

Lo scenario di **pericolosità sismica locale** che risulta per l’intero territorio comunale, in considerazione dell’uniformità geologica riscontrata, è indicato nella tabella 7; esso è del **tipo Z4a (Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi)** e per lo stesso si richiede un approfondimento di livello 2°. La Carta di Pericolosità Sismica Locale è riportata in Tavola A, allegata alla presente relazione.

**Tabella 7 – Pericolosità Sismica Locale: scenari, effetti, classe di pericolosità**

| <i>Sigla</i> | <i>SCENARIO PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE</i>   | <i>EFFETTI</i>                                  | <i>CASSE DI PERICOLOSITA’ SISMICA</i>     |
|--------------|--|---|---|
| <b>Z4a</b>   | <b>Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi</b> | <b>Amplificazioni litologiche e geometriche</b> | <b>H2 – livello di approfondimento 2°</b> |

### 5.4 Analisi di 2° Livello

#### 5.4.1 Caratteristiche geofisiche

Al fine di verificare, seppur puntualmente, le caratteristiche geofisiche inerenti il sottosuolo del territorio in esame, sono state seguite n. 3 indagini sismiche con il metodo HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), utilizzando la strumentazione “Tromino - Micromed”.

Le tre indagini sono state ubicate lungo un allineamento che, a partire dal Cimitero della frazione Malvaglio, passa per il ciglio della scarpata fluviale (Via Marsala) e termina nella valle del Ticino ad ovest di Cascina Graziella (Figura 12). Tale allineamento permette di indagare le tre situazioni tipiche del territorio comunale: la zona alta di terrazzo, il ciglio della scarpata di terrazzo, la zona di valle fluviale.



 indagini geofisiche

**Figura 12 – Ubicazione delle indagini geofisiche**

Le principali caratteristiche tecniche del “Tromino” sono le seguenti:



|                            |   |
|----------------------------|---|
| alimentazione              | 2 batterie alcaline x 1,5 VDC AA  |
| voltaggio interno          | + 3,3 V, + 3,6 V per la sezione analogica   |
| numero di canali           | 3 + 1 analogici   |
| amplificatori              | tutti canali con input differenziali  |
| rumore                     | < 0,5 $\mu$ V r.m.s. @ 128 Hz sampling  |
| impedenza dell'input       | 10 <sup>6</sup> Ohm   |
| range di frequenze         | DC – 360 Hz   |
| frequenza di campionamento | 32x, 64x, 128x  |
| conversione A/D            | equivalente a 24 bit  |
| massimo input analogico    | 51,2 mV (781 nV/digit)  |
| display grafico            | 128 x 64 pixel  |
| tastiera                   | 4 tasti a membrana  |
| orologio                   | interno, permanente con datario e allarme   |
| GPS                        | 12 channels con time-marker (precisione 1 $\mu$ s)  |
| livella                    | a bolla d'aria, sensibilità 0,083°  |
| registrazione dati         | memoria interna fino a 2 Gb   |
| condizioni operative       | temperatura: da – 10 a + 70°C; umidità: 0-90%   |
| sensori                    | 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, autobloccaggio quando non in acquisizione |

L'indagine ha permesso di valutare l'andamento delle velocità  $V_s$  fino a circa 300 metri di profondità (vedasi allegati).

Utilizzando la seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i/V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello,

si ottengono i seguenti valori:

indagine TR 1:  $V_{S30} = 328$  m/s

indagine TR 2:  $V_{S30} = 325$  m/s

indagine TR 3:  $V_{S30} = 359$  m/s

con un valore medio di  $V_{S30}$  pari a **337 m/s**.

Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza P.C.M. 3274/2003, il sito ricade nella **Categoria del suolo di fondazione C**: “*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < cu < 250$  kPa)*”. (Tabella 8).

**Tabella 8 – Categorie del suolo di fondazione**

| <b>Classe</b> | <b>Descrizione</b>  |
|---------------|---|
| <b>A</b>      | <b>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.</b>   |
| <b>B</b>      | <b>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math>, compresi fra 360 m/s e 800 m/s (<math>N_{spt}&gt;50</math> o coesione non drenata <math>&gt;250</math> kPa).</b> |
| <b>C</b>      | <b>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> compresi fra 180 e 360 m/s (<math>15 &lt; N_{spt} &lt; 50</math>, <math>70 &lt; cu &lt; 250</math> kPa).</b>  |
| <b>D</b>      | <b>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 180</math> m/s (<math>N_{spt} &lt; 15</math>, <math>cu &lt; 70</math> kPa).</b>   |
| <b>E</b>      | <b>Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di <math>V_{s30}</math> simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con <math>V_{s30} &gt; 800</math> m/s.</b>   |
| <b>S1</b>     | <b>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (<math>IP &gt; 40</math>) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 100</math> m/s (<math>10 &lt; cu &lt; 20</math> kPa).</b>   |
| <b>S2</b>     | <b>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.</b>   |

**5.4.2 Modello geofisico**

Il modello geofisico attribuibile al sottosuolo può essere schematizzato, utilizzando valori medi, come segue (Tabella 9):

**Tabella 9 – Modello geofisico**

| <i>profondità<br/>(metri)</i> | <i>V<sub>s</sub><br/>(m/s)</i> | <i>V<sub>S30 medio</sub><br/>(m/s)</i> | <i>Categoria del suolo di<br/>fondazione</i> | <i>Periodo T<br/>(s)</i> |
|-------------------------------|--------------------------------|--|--|--------------------------|
| 0,00-3,00                     | 150                            |  |  |                          |
| 3,00-8,00                     | 250                            |  |  |                          |
| 8,00-28,00                    | 410                            |  |  |                          |
| 28,00-126,00                  | 520                            | 337                                    | C  | 1,12                     |
| 126,00-150,00                 | 800                            |  |  |                          |

Il periodo proprio del terreno può essere calcolato con la seguente relazione:

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

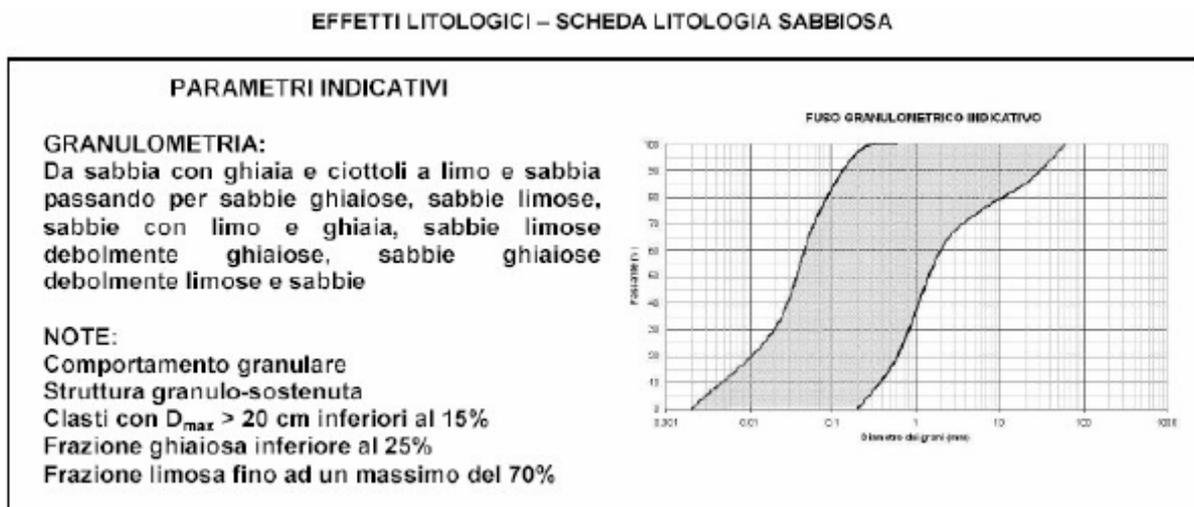
dove  $h_i$  e  $Vs_i$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello.

Utilizzando i valori del modello geofisico adottato si ottiene **T ≈ 1,12 secondi**.

**5.4.3 Fattore di amplificazione Fa**

Lo scenario di pericolosità sismica locale (Z4a) prevede per il territorio in esame possibili effetti di amplificazione sismica (amplificazione litologica). Per la valutazione del fattore di amplificazione (Fa) devono essere utilizzate le schede di valutazione previste dalla DGR 22.12.2005 n. 8/1566 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12*”, nonché dalla DGR 28.05.2008 n. 8/7374 “*Aggiornamento dei <Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12>, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566*”. Alla luce delle caratteristiche litologiche, geotecniche e geofisiche presenti nel territorio comunale di Robecchetto con Induno, la scheda che meglio si avvicina alle caratteristiche riscontrate è la “SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA”, riportata in Tabella 10.

**Tabella 10**



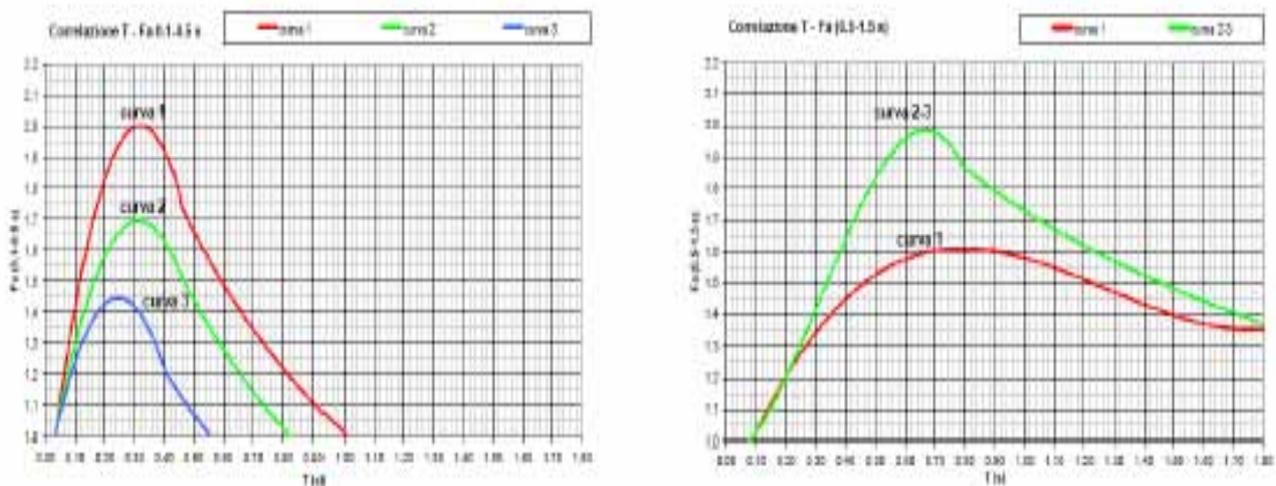
All'interno della scheda di valutazione riportata in Tabella 10, è stata scelta la curva più appropriata (indicata con il numero ed il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa negli intervalli 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,5 secondi, utilizzando la matrice riportata in Tabella 11.

**Tabella 11**

|                             |     | Profondità primo strato (m) |   |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |    |
|-----------------------------|-----|-----------------------------|---|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|                             |     | 1-3                         | 4 | 5-12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | 110 | 130 | 140 | 160 | 180 |    |
| Velocità primo strato (m/s) | 200 |                             | 2 | 1-2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |    |
|                             | 250 |                             | 2 | 1-2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | NA | NA | NA |    |    |     |     |     |     |     |    |
|                             | 300 |                             | 2 | 1-2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | NA | NA | NA | NA |    |     |     |     |     |     |    |
|                             | 350 |                             | 2 | 2    | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | NA | NA | NA  |     |     |     |     |    |
|                             | 400 |                             | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | NA | NA | NA  | NA  |     |     |     |    |
|                             | 450 |                             | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | NA | NA  | NA  | NA  |     |     |    |
|                             | 500 |                             | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | NA  | NA  | NA  | NA  |     |    |
|                             | 600 |                             | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | NA  | NA  | NA  | NA  | NA |
|                             | 700 |                             | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | NA  | NA  | NA  | NA |

Per il territorio in esame, in funzione delle possibili differenti condizioni di profondità e di velocità Vs dello strato superficiale<sup>2</sup>, si è assunta cautelativamente la curva 2 (Tabella 12).

**Tabella 12**



Il valore di Fa ottenuto dalla scheda di valutazione deve essere confrontato con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune della Lombardia, valido per ciascuna zona sismica

<sup>2</sup>Al riguardo si è esclusa la presenza di uno strato di spessore compreso tra 5 e 12 metri e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiante su uno strato con velocità maggiore di 500 m/s, condizione che imporrebbe l'utilizzo della curva 1.

(Zone 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (Categorie di Suolo B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,5 secondi.

Per il Comune di Robecchetto con Induno i valori di soglia, oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito, sono stati fissati come segue (tabelle 13 e 14):

**Tabella 13 – Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.1-0.5 s**

| COMUNE                        | Classificazione | Valori soglia |              |              |              |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                               |                 | Suolo tipo B  | Suolo tipo C | Suolo tipo D | Suolo tipo E |
| <b>Robecchetto con Induno</b> | <b>ZONA 4</b>   | <b>1,4</b>    | <b>1,9</b>   | <b>2,2</b>   | <b>2,0</b>   |

**Tabella 14 – Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.5-1.5 s**

| COMUNE                        | Classificazione | Valori soglia |              |              |              |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                               |                 | Suolo tipo B  | Suolo tipo C | Suolo tipo D | Suolo tipo E |
| <b>Robecchetto con Induno</b> | <b>ZONA 4</b>   | <b>1,7</b>    | <b>2,4</b>   | <b>4,2</b>   | <b>3,1</b>   |

Dall'esame delle curve sopra riportate si osserva che i valori di  $F_a$  risultano nei due intervalli di periodo 0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi, sempre inferiori a quelli calcolati per la categoria di suolo C (a cui appartiene presumibilmente l'intero territorio comunale).

Per quanto riguarda l'intervallo 0,1-0,5 secondi dalla scheda di valutazione si ottiene infatti un valore di  $F_a_{0,1-0,5} = 1,00$  inferiore al valore di soglia ammesso (1,9).

Per quanto riguarda l'intervallo 0,5-1,5 secondi dalla scheda di valutazione si ottiene infatti un valore di  $F_a_{0,5-1,5} = 1,73 - 0,61 \ln T = 1,66$  inferiore al valore di soglia ammesso (2,4).

Al fatto che i valori di  $F_a$  risultano inferiori ai valori soglia corrispondenti, consegue che il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica; pertanto si applicherà lo spettro previsto dalla normativa stessa.

## **6. CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO**

### **6.1 Carta di fattibilità pregressa**

Nella “*Indagine geologica di supporto al P.G.T.*” il Dottor Geologo Alberto Venegoni, sulla base dei risultati delle indagini eseguite e delle relative elaborazioni cartografiche (così come sintetizzate nell'Allegato 3 – Carta di Sintesi), nonché attraverso la valutazione incrociata degli elementi caratteristici del territorio, è pervenuto alla Zonizzazione dell'area studiata.

Gli elementi individuati nell'indagine sopra citata, quali fattori caratterizzanti per la formulazione di proposte di suddivisione del territorio in Classi di Fattibilità Geologica, vengono riportati qui di seguito; essi sono:

**CARATTERI GEOMORFOLOGICI  
VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA  
RISCHIO IDROGEOLOGICO  
DINAMICHE FLUVIALI  
FATTORI ANTROPICI**

In funzione della assenza o della presenza contemporanea di uno o più dei fattori sopra esposti sono state delimitate porzioni di territorio con differente CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA secondo quanto previsto dalla Legge Regionale 12/2005.

Sono state considerate quattro classi di FATTIBILITA' GEOLOGICA così definite:

**CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni**  
**CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**  
**CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni**  
**CLASSE 4 - Fattibilità con con gravi limitazioni**

La zonizzazione del territorio è stata rappresentata in ALL. 4 - CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA.

La situazione riscontrata è la seguente:

**CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni**

*In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso del suolo.*

Alla CLASSE 1 non viene ascritta nessuna porzione del territorio comunale.

**CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**

*In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni per superare le quali si rendono necessari approfondimenti di carattere geotecnico ed idrogeologico finalizzati ad opere di sistemazione e bonifica.*

**Ambito territoriale**

Nella CLASSE 2 ricade tutta l' area delimitata ad OVEST dalla Costa Turbigina, ad eccezione delle porzioni di territorio comprese all' interno dell' area di rispetto dei pozzi pubblici (appartenenti alla CLASSE 3a) e della fascia di rispetto del reticolo idrico minore (appartenenti alla CLASSE 4b).

**Fattori caratterizzanti**

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| CARATTERI GEOMORFOLOGICI     | <b>Assenti</b>         |
| VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA | <b>Medio - Elevata</b> |
| RISCHIO IDROGEOLOGICO        | <b>Medio - Alto</b>    |
| DINAMICHE FLUVIALI           | <b>Nessuno</b>         |
| VINCOLI NORMATIVI            | <b>Nessuno</b>         |

**CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni**

*Questa classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica di destinazione d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area o nell'immediato intorno.*

*L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla maggiore conoscenza geotecnica ed idrogeologica mediante studi specifici. Per l'edificato esistente dovranno essere previste indagini per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa e sistemazione idrogeologica.*

**Ambito territoriale**

Alla **CLASSE 3** vengono ascritte le seguenti sottoclassi:

**sottoclasse 3a** Fascia di rispetto del pozzo pubblico A e del pozzo pubblico B (D.Lvo 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i.; D.G.R. n.6/15137 del 27/06/96);

**sottoclasse 3b** Porzione di territorio delimitata ad EST dalla base della Costa Turbigina e ad OVEST dalla Fascia B prevista dal PAI; caratterizzata da elevata vulnerabilità idrogeologica e rischio idrogeologico estremamente elevati;

**sottoclasse 3c** Costa Turbigina, caratterizzata da pendenza superiore a 20°.

**Fattori caratterizzanti**

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| CARATTERI GEOMORFOLOGICI     | <b>Presenti</b>             |
| VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA | <b>Estremamente Elevata</b> |
| RISCHIO IDROGEOLOGICO        | <b>Estremamente Elevata</b> |
| DINAMICHE FLUVIALI           | <b>Presenti</b>             |
| VINCOLI NORMATIVI            | <b>Presenti</b>             |

La **sottoclasse 3a** comprende le fasce di rispetto dei pozzi pubblici determinate con criterio geometrico per il pozzo A (raggio pari a 200 metri) e con criterio temporale per il pozzo B.

Il territorio comprendente la **sottoclasse 3b** presenta tutte le problematiche connesse alla ridotta soggiacenza piezometrica ed alla conseguente elevata vulnerabilità idrogeologica unitamente ad un elevato rischio idrogeologico.

La **sottoclasse 3c** comprende la scarpata della Costa Turbigina, dove l' elevata acclività comporta limitazioni d' uso.

Le caratteristiche geotecniche, generalmente medio-buone, non assumono una particolare valenza in funzione delle destinazioni d'uso.

#### **CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni**

*L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere finalizzate al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica.*

*Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'Art.31, lettere a), b) e c) della L. 457/1978.*

*Per le fasce di rispetto del reticolo idrico minore vige quanto definito alla D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868*

*Eventuali opere pubbliche o di interesse pubblico dovranno essere corredate con specifica relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi con la situazione di rischio idrogeologico.*

#### **Ambito territoriale**

Alla CLASSE 4 vengono ascritte le seguenti sottoclassi:

**sottoclasse 4a:** Fascia di tutela assoluta di raggio 10 m per i **n. 2 pozzi** ad uso idropotabile;

**sottoclasse 4b:** Fascia di rispetto del reticolo idrico minore di pertinenza comunale (D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868);

**sottoclasse 4c:** Area con falda affiorante a seguito di attività estrattiva pregressa;

**sottoclasse 4d:** Fascia A e B di esondazione del fiume Ticino L. 183/1989 art.17, comma 6-ter.

#### **Fattori caratterizzanti**

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| CARATTERI GEOMORFOLOGICI     | <b>Presenti</b>             |
| VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA | <b>Estremamente Elevata</b> |
| RISCHIO IDROGEOLOGICO        | <b>Estremamente Elevato</b> |
| DINAMICHE FLUVIALI           | <b>Presenti</b>             |
| VINCOLI NORMATIVI            | <b>Presenti</b>             |

Nella **CLASSE 4** ricade la porzione di territorio caratterizzata dalla presenza concomitante di vulnerabilità elevata o estremamente elevata con vincoli fisico ambientali quali le fasce di rispetto fluviali o con dinamiche fluviali di particolare pericolosità.

## 6.2 Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale del territorio comunale, è stato individuato, con il 1° Livello di approfondimento, solamente lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a cartografato su **TAV. A – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**.

Nelle aree di scenario Z4a, a seguito dell'applicazione del 2° Livello di approfondimento previsto dalla D.G.R. 7374/2008, è stato calcolato il fattore di amplificazione  $F_a$  ottenendo i seguenti risultati:

- nell'intervallo  $T = 0,1- 0,5$  secondi il valore di  $F_a$  risulta inferiore al corrispondente valore di soglia.

La normativa vigente è pertanto sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è ammissibile, in fase di progettazione edilizia, usare lo spettro di normativa vigente;

- nell'intervallo  $T = 0,5 - 1,5$  secondi il valore di  $F_a$  risulta inferiore al corrispondente valore di soglia.

La normativa vigente è pertanto sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è ammissibile, in fase di progettazione edilizia, usare lo spettro di normativa vigente.

E' stata pertanto predisposta la **NUOVA CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO (TAVOLA B)**, che sostituisce la precedente (ALL. 4 - CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA).

## 7. NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Le "Norme geologiche di Piano" sono state formulate in modo tale da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T., come stabilito dalla disposizione della D.G.R. n. 7374/2008.

### 7.1 Norme generali

Le Norme Geologiche di Piano contengono la normativa d'uso della Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano e riportano, per ciascuna classe, precise indicazioni sulle indagini di approfondimento da effettuarsi prima degli eventuali interventi urbanistici. Copia della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica devono essere consegnate, congiuntamente alla restante documentazione di progetto, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (L.R. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/2005, art. 38).

La normativa di riferimento, per le indagini geologiche e per le relazioni geologica e geotecnica da allegare ai Piani Attuativi ed ai progetti delle costruzioni, è contenuta nel Decreto Ministeriale 14.01.2008 "**Norme Tecniche per le Costruzioni**" e nella successiva Circolare applicativa del Consiglio Superiore LL. PP. 26.02.2009 n. 617 "**Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008**".

Relativamente alle problematiche sismiche si ricorda che oltre al sopracitato D.M. (nello specifico nell'Allegato A), rimane comunque in vigore l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003.

La Relazione geologica comprende lo studio geologico per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, per una zona adeguata al tipo di opera ed al contesto geologico locale; pertanto illustra i lineamenti geomorfologici, stratigrafici, litologici, idrografici, idrogeologici e sismici locali.

La Relazione geotecnica comprende:

- l'illustrazione delle prove geotecniche (e delle prove geofisiche, quando è richiesto dalle norme vigenti) eseguite in sito e/o in laboratorio per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dell'area; le indagini, commisurate alle dimensioni ed al tipo di opera, devono permettere una adeguata caratterizzazione geotecnica del "volume significativo" del terreno inteso come parte del sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa;
- l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali;
- la determinazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici da utilizzare nelle diverse verifiche;
- le verifiche di sicurezza dell'opera in relazione al tipo di costruzione, in condizioni statiche e, quando richiesto dalla normativa vigente, in condizioni dinamiche.

In generale le Norme Tecniche per le Costruzioni impongono di adottare per le verifiche il metodo agli stati limite; fanno eccezione le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II limitatamente ai siti ricadenti in zona sismica 4 (come il Comune di Robecchetto con Induno), dove è ammesso il metodo di verifica alle tensioni ammissibili (Norme Tecniche per le Costruzioni, par. 2.7).

Le norme tecniche del D.M. 14.01.2008 riguardano tutte le costruzioni. Comunque nel caso di costruzioni o interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione potrà essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma

restando la piena responsabilità del progettista sulle ipotesi e sulle scelte progettuali (Norme Tecniche per le Costruzioni, paragrafo 6.2.2).

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale del territorio comunale, è stato individuato, con il 1° Livello di approfondimento, unicamente lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a cartografato su **TAVOLA A – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**.

Nelle aree di scenario Z4a, a seguito dell'applicazione del 2° Livello di approfondimento previsto dalla D.G.R. 7374/2008, valgono le seguenti indicazioni:

- nell'intervallo  $T = 0,1 - 0,5$  secondi il valore di  $F_a$  risulta inferiore al corrispondente valore di soglia.

La normativa vigente è pertanto sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è ammissibile, in fase di progettazione edilizia, usare lo spettro di normativa vigente;

- nell'intervallo  $T = 0,5 - 1,5$  secondi il valore di  $F_a$  risulta inferiore al corrispondente valore di soglia.

La normativa vigente è pertanto sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è ammissibile, in fase di progettazione edilizia, usare lo spettro di normativa vigente.

Si sottolinea infine che le indagini effettuate per il PGT e per i Piani Attuativi non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste per le singole costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”.

## 7.2 Norme specifiche

Nel Comune di Robecchetto con Induno, oltre alle norme generali sopra richiamate, vigono le seguenti Norme Specifiche relative a ciascuna Classe di Fattibilità in cui è stato suddiviso il territorio.

### □ CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

Nelle aree ricomprese nella Classe 2 di fattibilità (Aree a vulnerabilità idrogeologica e rischio idrogeologico da medio ad elevato), cartografate su **Tavola B - Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano**, i progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche commisurate all'importanza ed alla estensione dell'opera, così come previsto dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “*Norme Tecniche delle Costruzioni*”.

Tenuto conto di quanto disposto dal sopraccitato D. M., le indagini di approfondimento devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
- verifica della sicurezza allo stato limite ultimo (SLU) e allo stato limite di esercizio (SLE), quando previsto e/o richiesto (Metodo agli stati limite);
- valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda stessa;
- indicazioni sulle metodologie di abbattimento temporaneo della falda e dei sistemi di

impermeabilizzazione nei casi di realizzazione di strutture sotto falda;  
 - indicazioni sulle metodologie di prevenzione dall'inquinamento del livello acquifero superficiale non protetto.

### □ **CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

Nelle aree ricomprese in Classe 3 di fattibilità geologica e delle azioni di piano valgono le seguenti prescrizioni.

#### **Sottoclasse 3a**

Nelle fasce di rispetto dei pozzi pubblici A e B, ai sensi del D.Lvo 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i. e della D.G.R. n.6/15137 del 27/06/96, valgono i seguenti divieti:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame.

#### **Sottoclasse 3b**

Nelle aree con vulnerabilità e rischio idrogeologico estremamente elevato vanno applicate le norme previste dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e nella successiva Circolare 26.02.2009 n. 617 del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici “*Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*”, con particolare riferimento alle idonee indagini geognostiche e geotecniche per la corretta progettazione di nuovi interventi edificatori, in presenza di falda a ridotta soggiacenza.

Tenuto conto di quanto disposto dal sopracitato D. M., le indagini di approfondimento devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
  - verifica della sicurezza allo stato limite ultimo (SLU) e allo stato limite di esercizio (SLE), quando previsto e/o richiesto (Metodo agli stati limite);
  - valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda stessa;
  - indicazioni sulle metodologie di abbattimento temporaneo della falda e dei sistemi di impermeabilizzazione nei casi di realizzazione di strutture sotto falda;
- indicazioni sulle metodologie di prevenzione dall'inquinamento del livello acquifero superficiale

non protetto.

Sui corsi d'acqua del reticolo idrico principale, del reticolo di bonifica e delle loro relative fasce di rispetto, gli interventi consentiti e regolati dal R.D. 523/1904, dal R.D. 368/1904, dalla D.G.R. 25.01.2002 n. 7/7868 e dalla D.G.R. 01.08.2003 n. 7/13950, devono dimostrare la loro compatibilità con la situazione di rischio potenziale presente.

Pertanto le indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche devono essere commisurate all'entità dell'intervento e raggiungere i seguenti risultati:

- verifica idraulica della portata del corso d'acqua e attestazione che gli interventi non comportino conseguenze negative sul regime delle acque;
- verifica di compatibilità ambientale con particolare riferimento alla possibilità di accesso, per i lavori di manutenzione, nel tratto del corso d'acqua interessato dagli interventi previsti;
- verifica di stabilità delle opere previste.

### **Sottoclasse 3c**

Nelle aree con elevata acclività vanno applicate le norme previste nel Decreto Ministeriale 14.01.2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" e nella successiva Circolare 26.02.2009 n. 617 del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici "*Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*", con particolare riferimento alle idonee indagini geognostiche e geotecniche per la corretta progettazione di nuovi interventi edificatori, in aree caratterizzate da elevata acclività.

Pertanto le indagini di approfondimento, tenuto conto di quanto disposto dal sopracitato D.M., devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
- verifica della sicurezza allo stato limite ultimo (SLU) e allo stato limite di esercizio (SLE), quando previsto e/o richiesto (Metodo agli stati limite);
- verifica di stabilità delle scarpate naturali e artificiali;
- valutazione delle opere necessarie per la regimazione delle acque superficiali.

### **□ CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

Nelle aree ricomprese in Classe 4 di fattibilità, sono escluse nuove edificazioni ad eccezione delle opere tese al consolidamento od alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili. A tal fine, alle istanze per l'approvazione di tali opere da parte dell'Autorità Comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

### **Sottoclasse 4a**

Nella fascia di tutela assoluta per pozzi ad uso idropotabile si applicano le prescrizioni di cui al D.Lvo 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i.; essa deve avere una estensione di almeno dieci metri di raggio

dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa ad infrastrutture di servizio.

#### **Sottoclasse 4b**

Nella fascia di rispetto del reticolo idrico minore di pertinenza comunale valgono le prescrizioni previste dalla D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 e s.m.i.. Per la definizione degli interventi vietati e ammessi previa autorizzazione si dovrà fare riferimento al documento “ *Individuazione del Reticolo Idrico Minore – Dicembre 2004*”.

#### **Sottoclasse 4c**

Nelle aree interessate da attività estrattive pregresse e con falda affiorante, unitamente al vincolo di inedificabilità sono da escludersi: dispersioni di acque reflue sul suolo e sottosuolo anche se depurate, stoccaggio rifiuti e sostanze chimiche di qualsiasi natura, pozzi perdenti.

#### **Sottoclasse 4d**

Per gli interventi consentiti dalle normativa vigente ed in particolare dalle Norme di Attuazione del PAI nelle Fasce Fluviali A e B del fiume Ticino, agli Artt. 29 - 30 - 32 - 38 - 38 bis - 38 ter e 39 per le Fasce A e B, sono previste le seguenti indagini di approfondimento:

- indagine geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica per la valutazione degli effetti dei nuovi interventi sulla situazione esistente e sull'ambiente e della compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

# **ALLEGATI**

**Indagine sismica  
TROMINO - MICROMED**

**Indagini eseguite dal Dottor Geologo  
Leonardo Calzolari  
Poggio Rusco (MN)**

**TR 1 - CIMITERO DI MALVAGLIO**



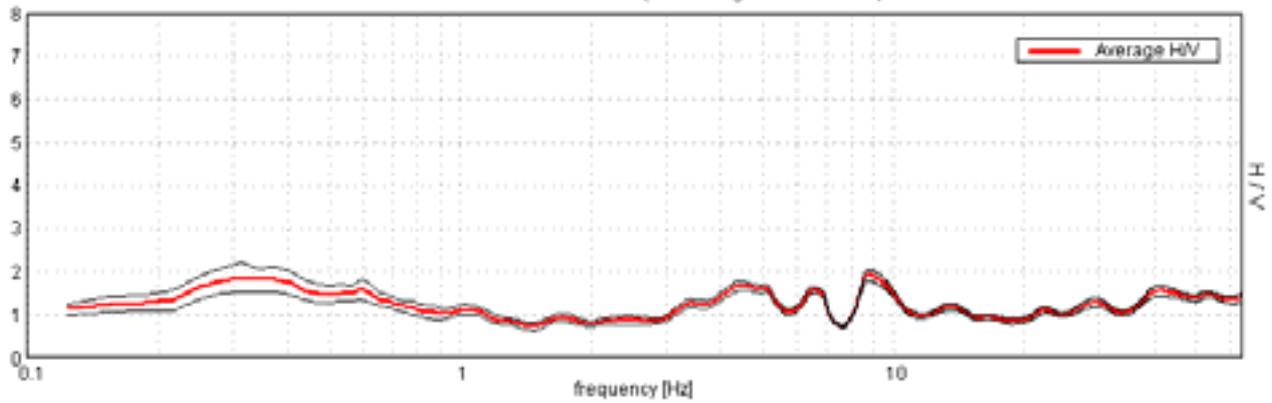
### ROBECCHETTO CON INDUNO, CIMITERO MALVAGLIO

Start recording: 26/06/09 08:54:36      End recording: 26/06/09 09:14:37  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 008°47.0984 E, 45°31.2558 N (209.7 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 04

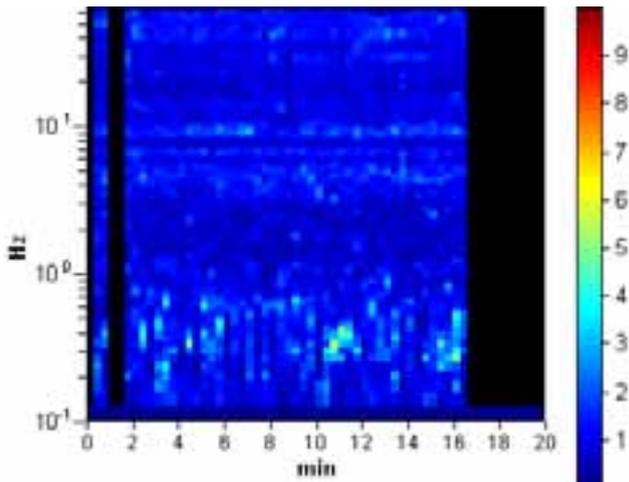
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 78% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

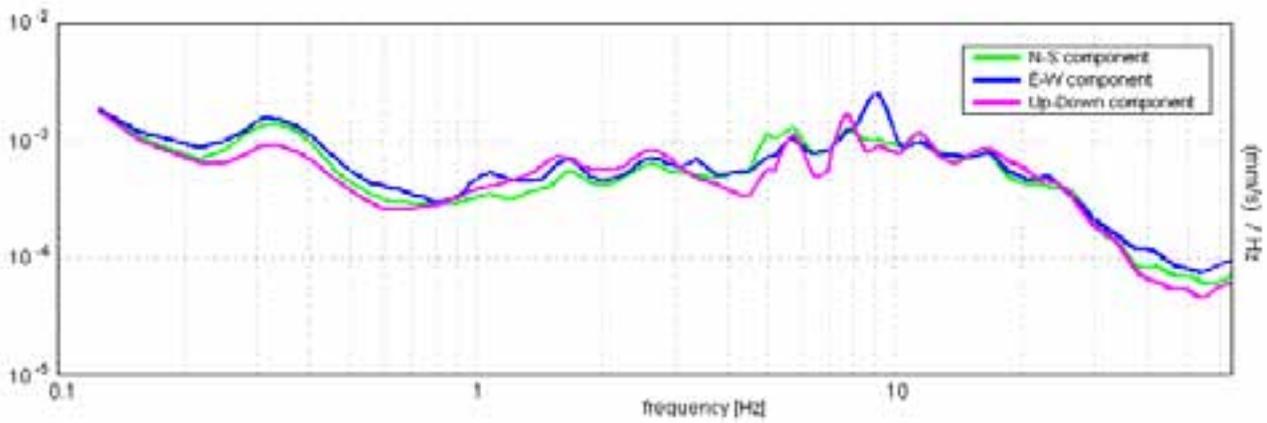
Max. HV at 8.75 ± 2.25 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



#### H/V TIME HISTORY

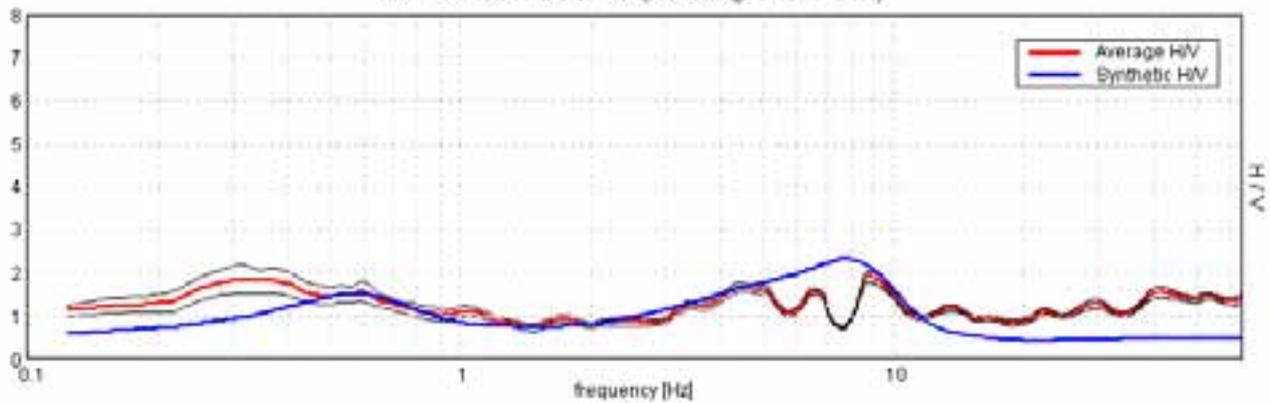


SINGLE COMPONENT SPECTRA



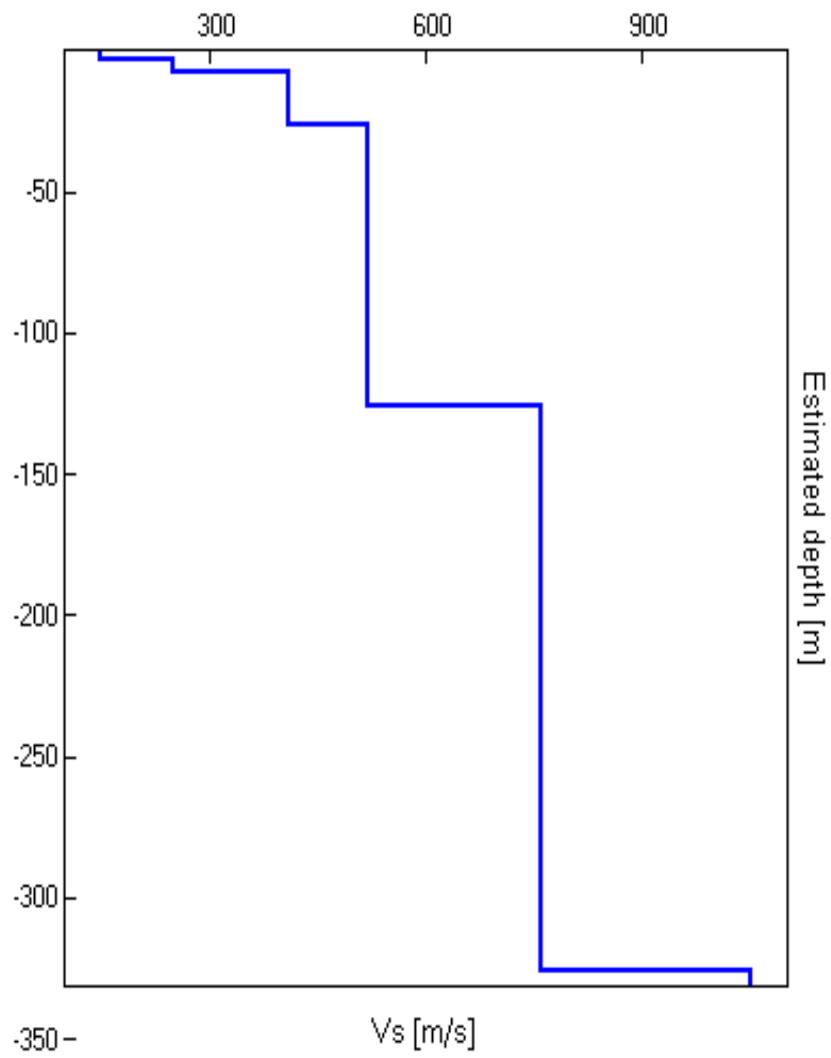
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HV at 8.75 ± 2.25 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] |
|--------------------------------------|---------------|----------|
| 3.00                                 | 3.00          | 150      |
| 8.00                                 | 5.00          | 250      |
| 26.00                                | 18.00         | 410      |
| 126.00                               | 100.00        | 520      |
| 326.00                               | 200.00        | 760      |
| inf.                                 | inf.          | 1050     |

Vs30 = 328 m/s



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

**Max. H/V at 8.75 ± 2.25 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

| <b>Criteria for a reliable HVSR curve</b><br>[All 3 should be fulfilled]   |                             |           |           |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 8.75 > 0.50                 | <b>OK</b> |           |
| $n_c(f_0) > 200$   | 8225.0 > 200                | <b>OK</b> |           |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 421 times | <b>OK</b> |           |
| <b>Criteria for a clear HVSR peak</b><br>[At least 5 out of 6 should be fulfilled]   |                             |           |           |
| <b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>                                   | 8.0 Hz                      | <b>OK</b> |           |
| <b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>                                    | 15.25 Hz                    | <b>OK</b> |           |
| $A_0 > 2$  | 1.91 > 2                    |           | <b>NO</b> |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$  | 0.1263  < 0.05              |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$  | 1.1051 < 0.4375             |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$  | 0.0551 < 1.58               | <b>OK</b> |           |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | 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  |
| $\sigma_f$             | 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 $\sigma_f$ 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       |

**TR 2 - VIA MARSALA**

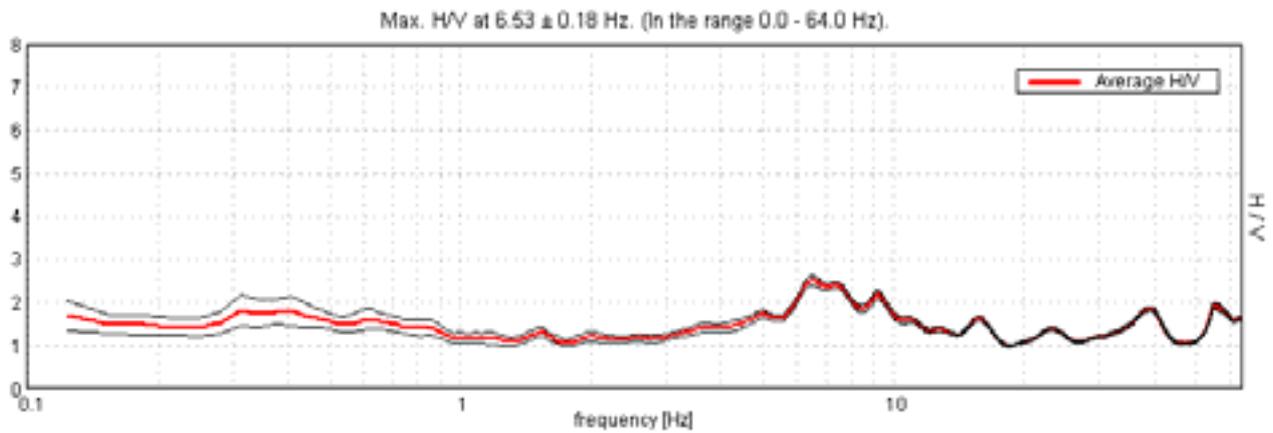


**ROBECCHETTO CON INDUNO, VIA MARSALA**

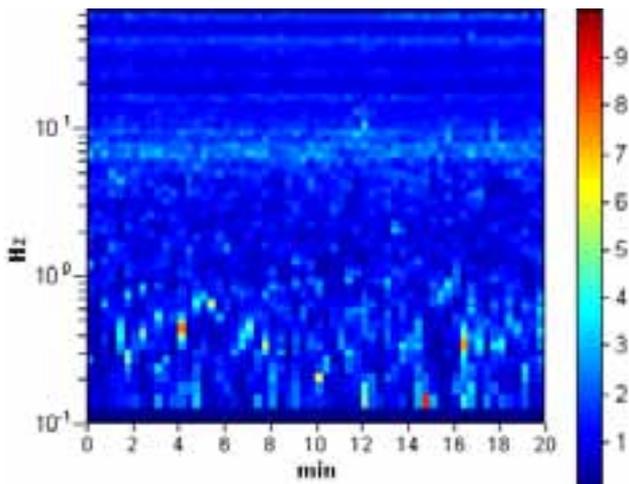
Start recording: 26/06/09 09:42:51      End recording: 26/06/09 10:02:52  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 008°46.4886 E, 45°31.0936 N (213.8 m)  
 UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
 Satellite no.: 07

Trace length: 0h20'00".      Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling frequency: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing window: Triangular window  
 Smoothing: 10%

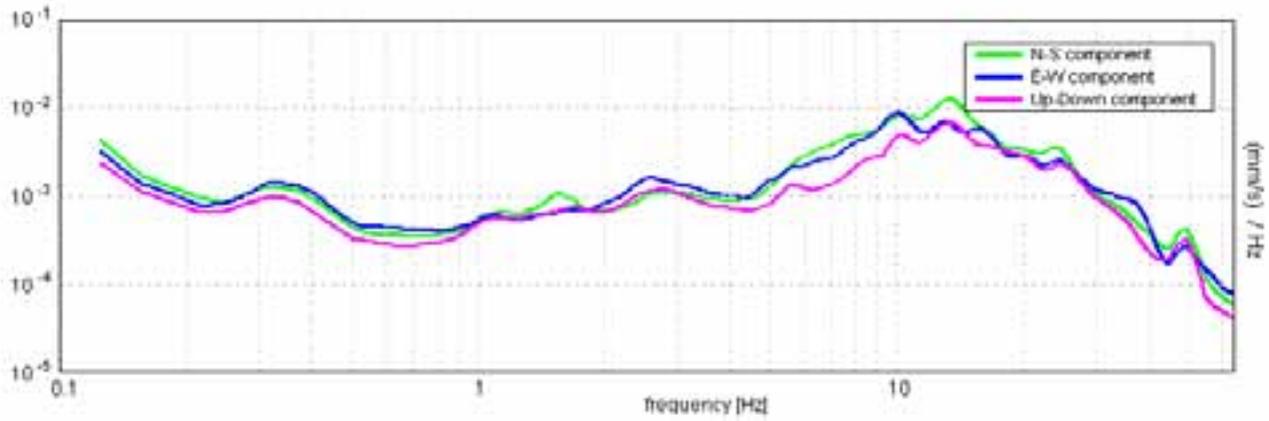
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



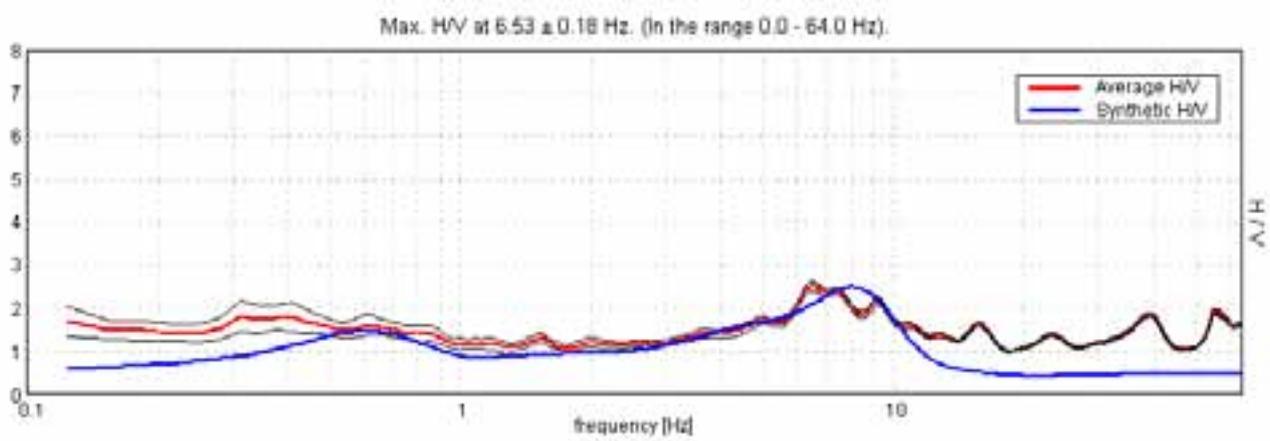
**H/V TIME HISTORY**



SINGLE COMPONENT SPECTRA

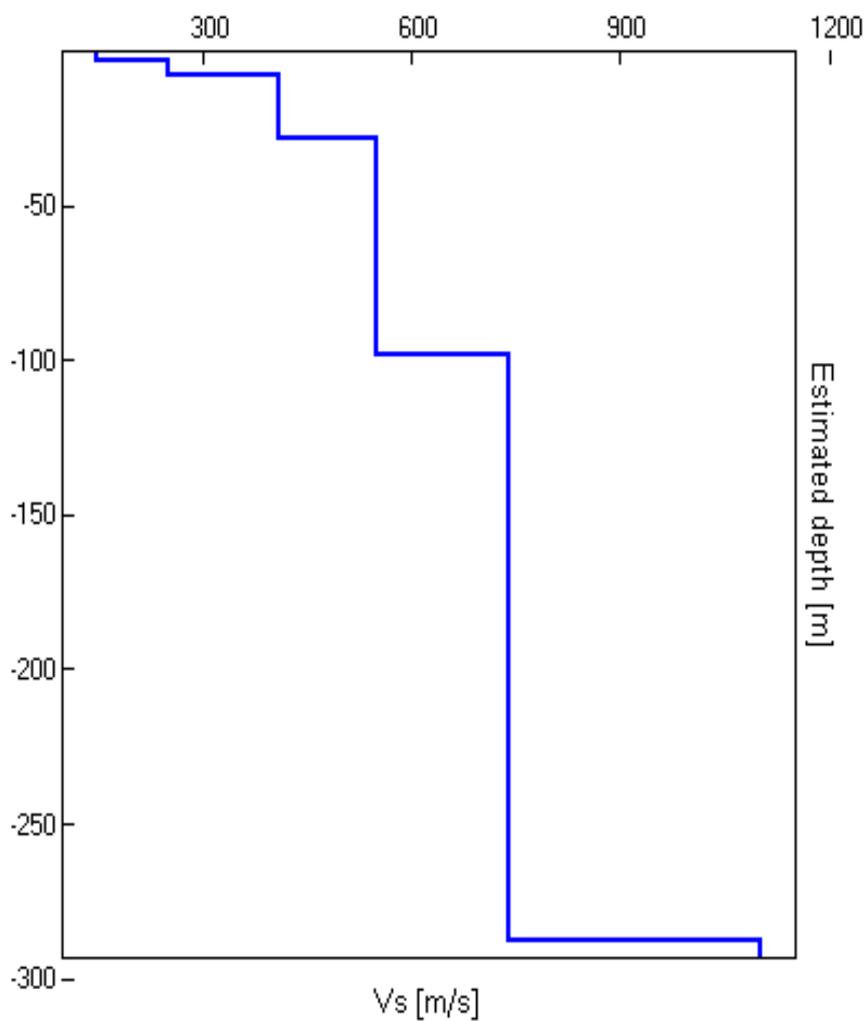


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] |
|--------------------------------------|---------------|----------|
| 3.00                                 | 3.00          | 150      |
| 8.00                                 | 5.00          | 250      |
| 28.00                                | 20.00         | 410      |
| 98.00                                | 70.00         | 550      |
| 288.00                               | 190.00        | 740      |
| inf.                                 | inf.          | 1100     |

Vs30 = 325 m/s



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

**Max. H/V at 6.53 ± 0.18 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

| <b>Criteria for a reliable HVSR curve</b><br>[All 3 should be fulfilled]   |                             |           |  |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 6.53 > 0.50                 | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 7837.5 > 200                | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 314 times | <b>OK</b> |  |
| <b>Criteria for a clear HVSR peak</b><br>[At least 5 out of 6 should be fulfilled]   |                             |           |  |
| <b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>                                   | 3.156 Hz                    | <b>OK</b> |  |
| <b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>                                    | 13.906 Hz                   | <b>OK</b> |  |
| $A_0 > 2$  | 2.52 > 2                    | <b>OK</b> |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$  | $ 0.01372  < 0.05$          | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$  | 0.08963 < 0.32656           | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$  | 0.0569 < 1.58               | <b>OK</b> |  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | 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  |
| $\sigma_f$             | 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 $\sigma_f$ 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       |

**TR 3 - CORTE GRAZIELLA**



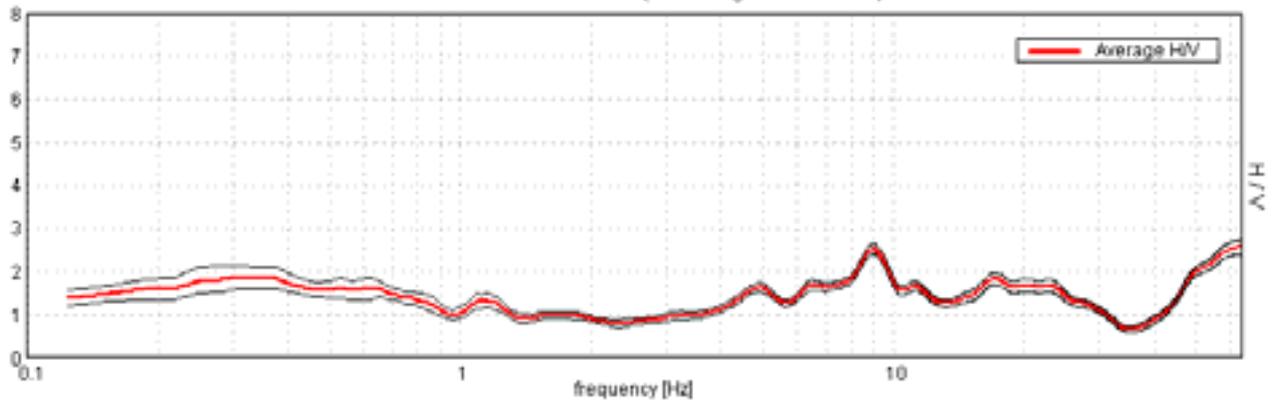
**ROBECCHETTO CON INDUNO, CORTE GRAZIELLA**

Start recording: 26/06/09 10:31:58      End recording: 26/06/09 10:51:59  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 008°46.1513 E, 45°30.9548 N (181.9 m)  
 UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
 Satellite no.: 06

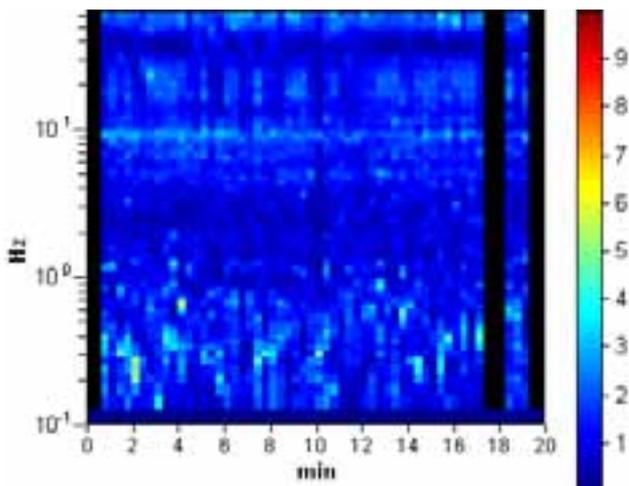
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 88% trace (manual window selection)  
 Sampling frequency: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing window: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

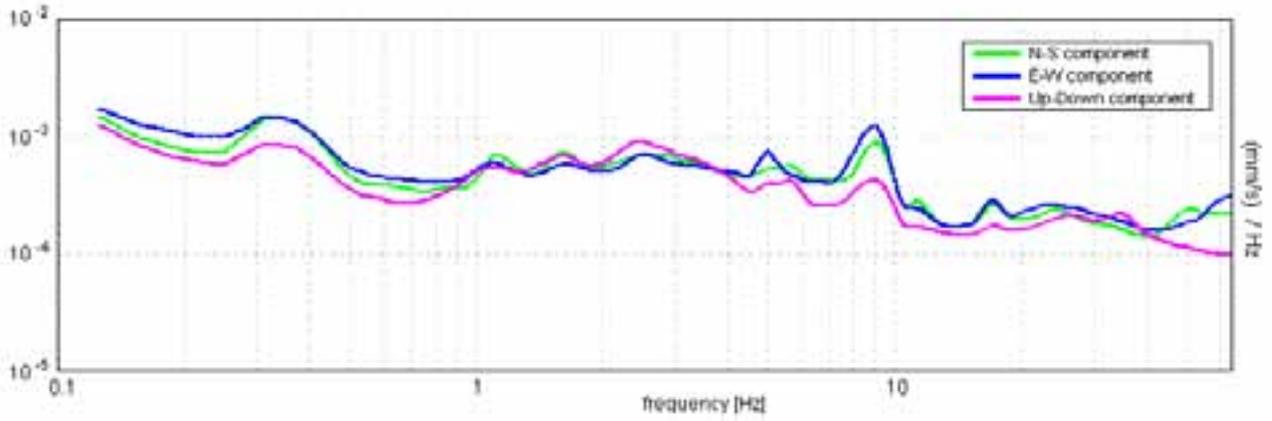
Max. HV at 9.06 ± 0.67 Hz. (in the range 0.0 - 50.0 Hz).



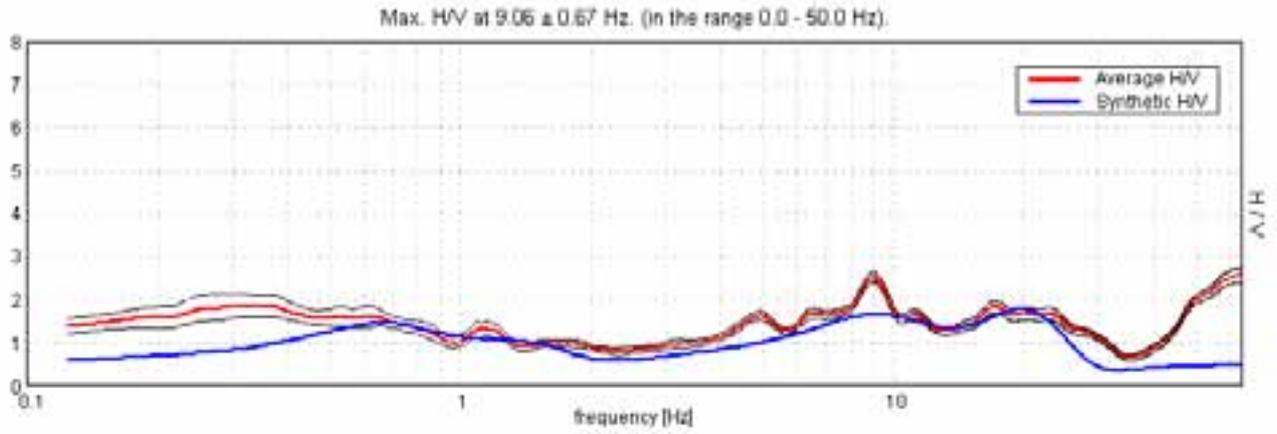
**H/V TIME HISTORY**



SINGLE COMPONENT SPECTRA

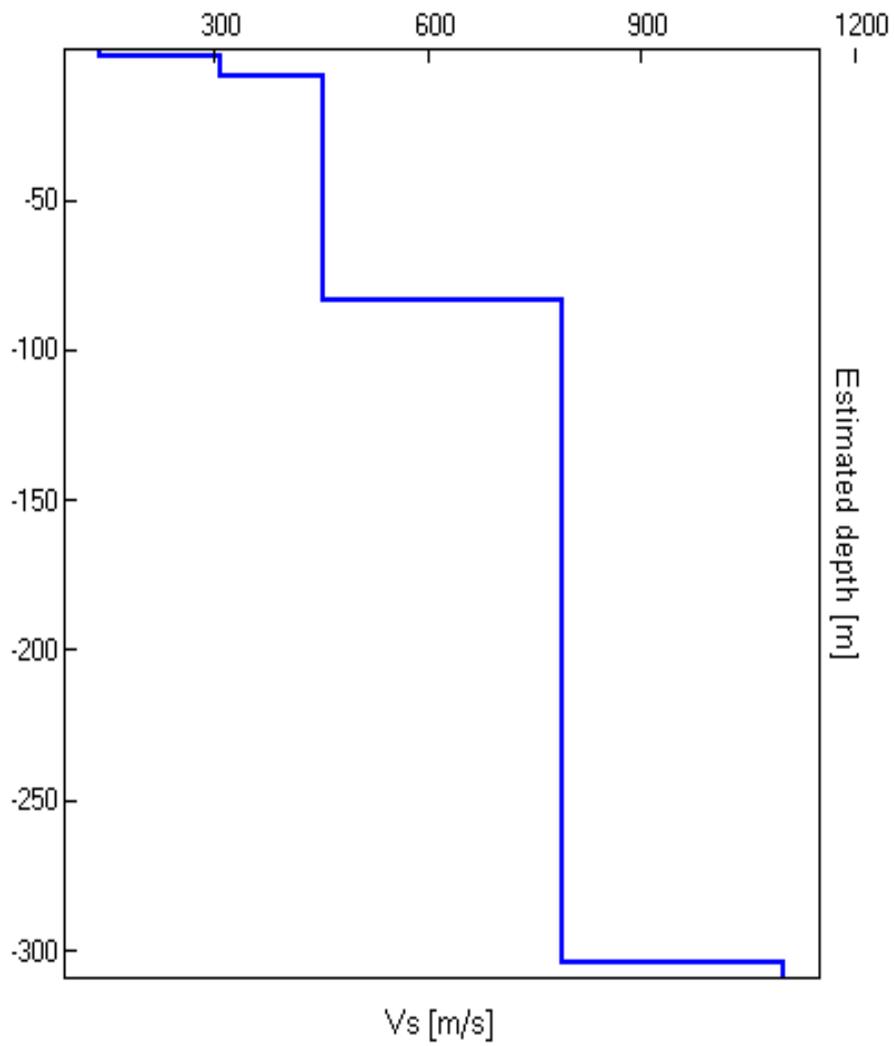


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] |
|--------------------------------------|---------------|----------|
| 1.80                                 | 1.80          | 140      |
| 8.80                                 | 7.00          | 310      |
| 83.80                                | 75.00         | 430      |
| 303.80                               | 220.00        | 790      |
| inf.                                 | inf.          | 1100     |

Vs30 = 359 m/s



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

**Max. H/V at 9.06 ± 0.67 Hz. (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

| <b>Criteria for a reliable HVSR curve</b><br>[All 3 should be fulfilled]   |                             |           |  |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 9.06 > 0.50                 | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | 9606.3 > 200                | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 436 times | <b>OK</b> |  |
| <b>Criteria for a clear HVSR peak</b><br>[At least 5 out of 6 should be fulfilled]   |                             |           |  |
| <b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>                                   | 5.625 Hz                    | <b>OK</b> |  |
| <b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>                                    | 13.031 Hz                   | <b>OK</b> |  |
| <b><math>A_0 &gt; 2</math></b>   | 2.54 > 2                    | <b>OK</b> |  |
| <b><math>f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>  | $ 0.03647  < 0.05$          | <b>OK</b> |  |
| <b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>   | 0.33049 < 0.45313           | <b>OK</b> |  |
| <b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>   | 0.0604 < 1.58               | <b>OK</b> |  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | 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  |
| $\sigma_f$             | 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 $\sigma_f$ 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       |