



Provincia di Mantova

# Comune di ROVERBELLA



## Piano di Governo del Territorio

### Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica

Adozione: Delibera del Consiglio Comunale n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Approvazione: Delibera del Consiglio Comunale n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Pubblicazione: BURL n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

## RELAZIONE GEOLOGICA

*Agg.: Luglio 2013*

### **Dott. Geologo Alberto Baracca**

via dell'Unicef 9 - Castel d'Ario (MN)  
tel/fax 0376 661189 cell 329 1157077

Studio Tecnico Arch. Fausto Bianchi  
via Sala 38 - 25048 Edolo (BS)  
tel. 0364 73207 - fax 0364 71156

## INDICE

1 - PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI	2
2 - FASE DI ANALISI	
2.1 - ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	
LOCALE	3
<i>Analisi di 1° livello</i>	7
<i>Analisi di 2° livello</i>	9
3 - FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE	
3.1 - CARTA DEI VINCOLI	29
<i>Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/8</i>	29
<i>Vincoli di polizia idraulica</i>	29
<i>Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile</i>	29
<i>Vincoli derivanti dal Piano Cave Provinciale</i>	30
3.2 - CARTA DI SINTESI	31
<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i>	31
<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</i>	31
<i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</i>	32
4 - FASE DI PROPOSTA	
4.1 - CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	33
<i>Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni</i>	34
<i>Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni</i>	34
<i>Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni</i>	35
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	36

**COMUNE DI ROVERBELLA (MN)**  
**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**1 - PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI**

Il Comune di Roverbella è dotato di studio geologico ai sensi della L.R. 41/97 e della D.G.R. n. 7/6645 del 29/10/2001 esteso all'intero territorio comunale; tale studio è stato redatto ed approvato nel 2004 a supporto della variante generale del Piano Regolatore Comunale.

Il presente studio si è reso necessario per le modifiche sopravvenute a livello normativo in seguito all'emanazione della Legge Regionale n. 12/2005 "Legge per il governo del territorio", in particolare con l'art. 57 (Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio), e dei relativi criteri attuativi approvati con la D.G.R. 1566/2005, successivamente modificati con D.G.R. 7374/2008 e da ultimo aggiornati con D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12' approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374".

La presente relazione illustra quindi l'aggiornamento dello studio geologico relativamente alla componente sismica, all'analisi vincolistica, alla cartografia di sintesi e di fattibilità.

Ai sensi della D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 lo studio geologico del P.G.T., tra gli elaborati del Documento di Piano, deve citare anche gli elaborati di analisi degli studi precedenti. Per quanto riguarda la cartografia di inquadramento, gli elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici, gli elementi geomorfologici e idrogeologici si richiama pertanto quanto analizzato nello Studio Geologico del 2004; si allegano quindi:

- TAVOLE 1 NORD e 1 SUD – Carta geomorfologica con elementi geopedologici;
- TAVOLE 2 NORD e 2 SUD – Carta idrogeologica e della vulnerabilità;
- Relazione Geologica Tecnico Applicativa (agg. 30/11/2004), limitatamente alla parte di analisi, comprensiva degli allegati relativi alle stratigrafie dei pozzi censiti e alle prove penetrometriche.

## 2 - FASE DI ANALISI

### 2.1 - ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAVOLA 3)

La sismicità che caratterizza un determinato territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e alla presenza di strutture tettonicamente "attive".

Alla base di ogni stima della pericolosità sismica vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica temporale e della geologia strutturale responsabile della sismicità locale, strettamente connesse tra loro, che si è venuta a tradurre nella definizione di "zone" o "sorgenti sismogenetiche" presenti in tutto il territorio.

L'area in oggetto, inserita nel contesto del territorio padano, è il risultato di una compressione asimmetrica bilaterale che ha agito ripetutamente nell'intervallo temporale che va dal Miocene superiore al Pliocene, ed in modo differente lungo i bordi meridionali e settentrionali del sistema. La compressione ha provocato una progressiva riduzione dello spazio indeformato della Pianura Padana ed il suo graduale assottigliamento. L'alto tasso di sedimentazione Plio-Pleistocenica all'interno dell'Avanfossa Padana in restringimento è da mettersi in relazione con il generale arretramento ed approfondimento dell'area di massima deposizione all'interno del bacino sedimentario Padano. La conseguente subsidenza della pianura è stata incrementata dalla compressione Neogenica, come pure dai carichi implicati dagli spostamenti tettonici dei depositi sedimentari più recenti. I principali elementi tettonici regionali sono rappresentati nella seguente figura.



Fig. 1 - Carta degli elementi tettonici significativi

La classificazione sismica introdotta dall'"Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/3/2003" e recepita dalla Regione Lombardia con la DGR n. 14964/03, costituisce il quadro di riferimento del recente decreto ministeriale "Norme tecniche per le costruzioni" che rappresenta il "Testo Unico" per l'Ingegneria civile, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23/09/2005. L'OPCM 3274 introduce una classificazione sismica che, pur con qualche semplificazione, fornisce uno scenario abbastanza attendibile della pericolosità sismica in Italia.

Il territorio italiano è quindi classificato in 4 Zone a differente sismicità: dalla Zona 1, quella a più alta pericolosità, fino alla Zona 4 (bassissima sismicità). In tale contesto il Comune di Roverbella è classificato in Zona 4 (Fig. 2).

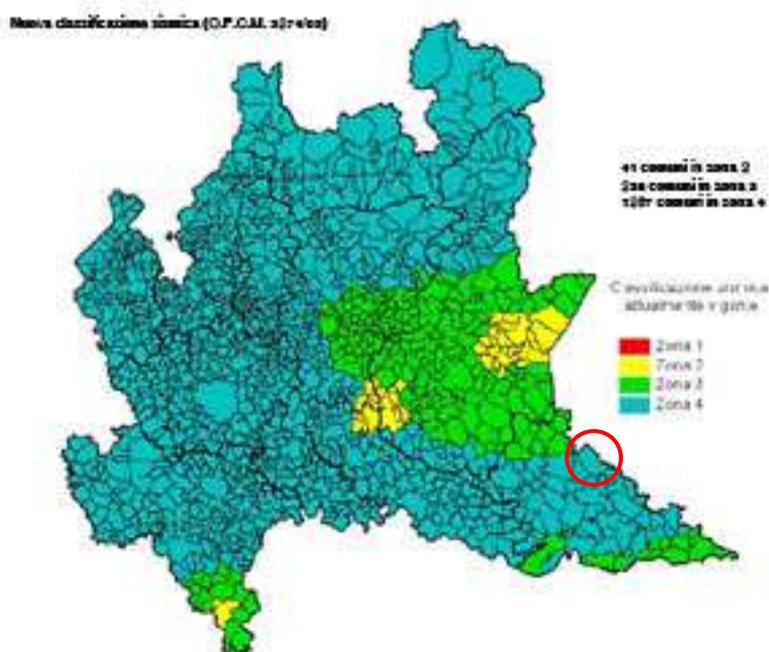


Fig. 2 – Classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia

Più recentemente è stata redatta una nuova Mappa di Pericolosità Sismica, approvata con Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519; la mappa si basa su una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, a partire da una sostanziale revisione della precedente zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. Ogni zona è corredata da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. Nella figura seguente viene riportato uno stralcio della nuova zonazione sismogenetica, il territorio mantovano risente della sismicità correlata alla Zona 906 "Garda-Veronese" a nord e alla Zona 912 "Dorsale Ferrarese" verso sud.

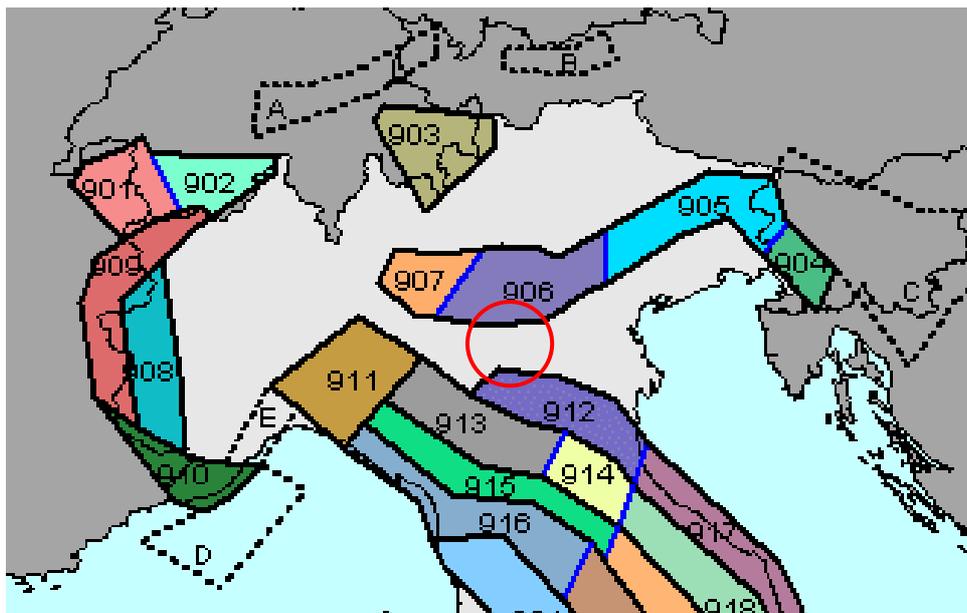


Fig. 3 – Zonazione Simogenetica ZS9

La nuova mappa di pericolosità sismica (Ordinanza P.C.M 28 aprile 2006 n. 3519) risulta essere la seguente:

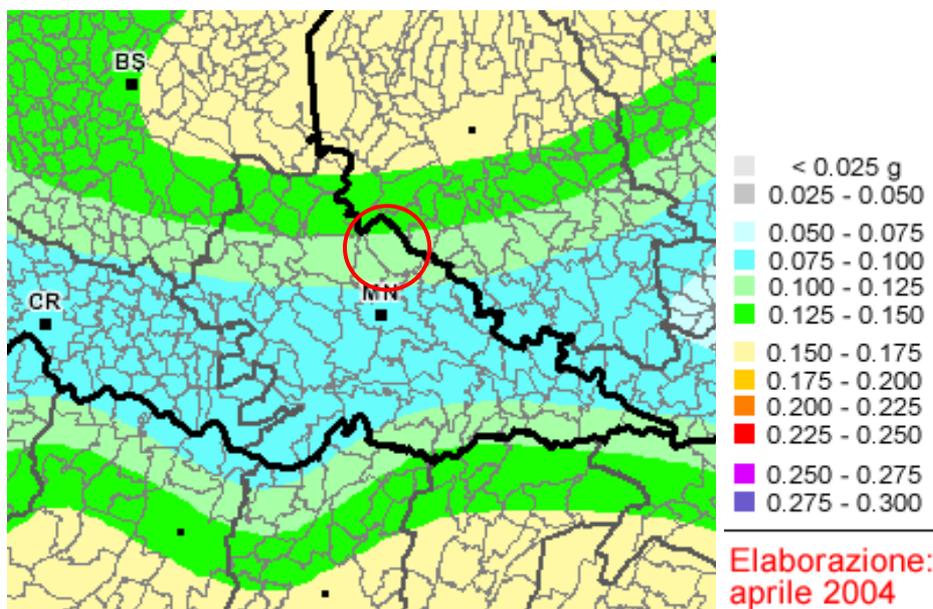


Fig. 4 – Nuova mappa di pericolosità sismica

Per quanto riguarda il territorio di Roverbella, che risente in particolare della sismicità della zona simogenetica ZS906 "Garda-Veronese", 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  $a_{max}$  compresi tra 0,106g e 0,140g. La nuova mappa quindi farebbe rientrare il territorio comunale di Roverbella in zona

sismica 3; allo stato attuale comunque vale la D.G.R. 14964/2003 che assegna il Comune di Roverbella alla Zona 4. Nella Tavola 3 – Carta della Pericolosità Sismica Locale, anche se non è previsto dalla normativa regionale, sono riportate le isolinee dell’accelerazione di picco con intervallo pari a 0,002g relative alla mappa di pericolosità sismica di cui all’O.P.C.M. n. 3519 /2006 nonché i nodi del reticolo sismico di riferimento (Allegato B – NTC 2008).

Per la valutazione del rischio sismico si è fatto riferimento alla procedura indicata nell’Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011; La metodologia dei criteri regionali si fonda sull’analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno “Studio-Pilota” redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, disponibile sul Portale istituzionale della Regione Lombardia ([www.regione.lombardia.it](http://www.regione.lombardia.it)) nella sezione Territorio e urbanistica – Difesa del Territorio –Componente geologica nella pianificazione.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale di seguito definiti.

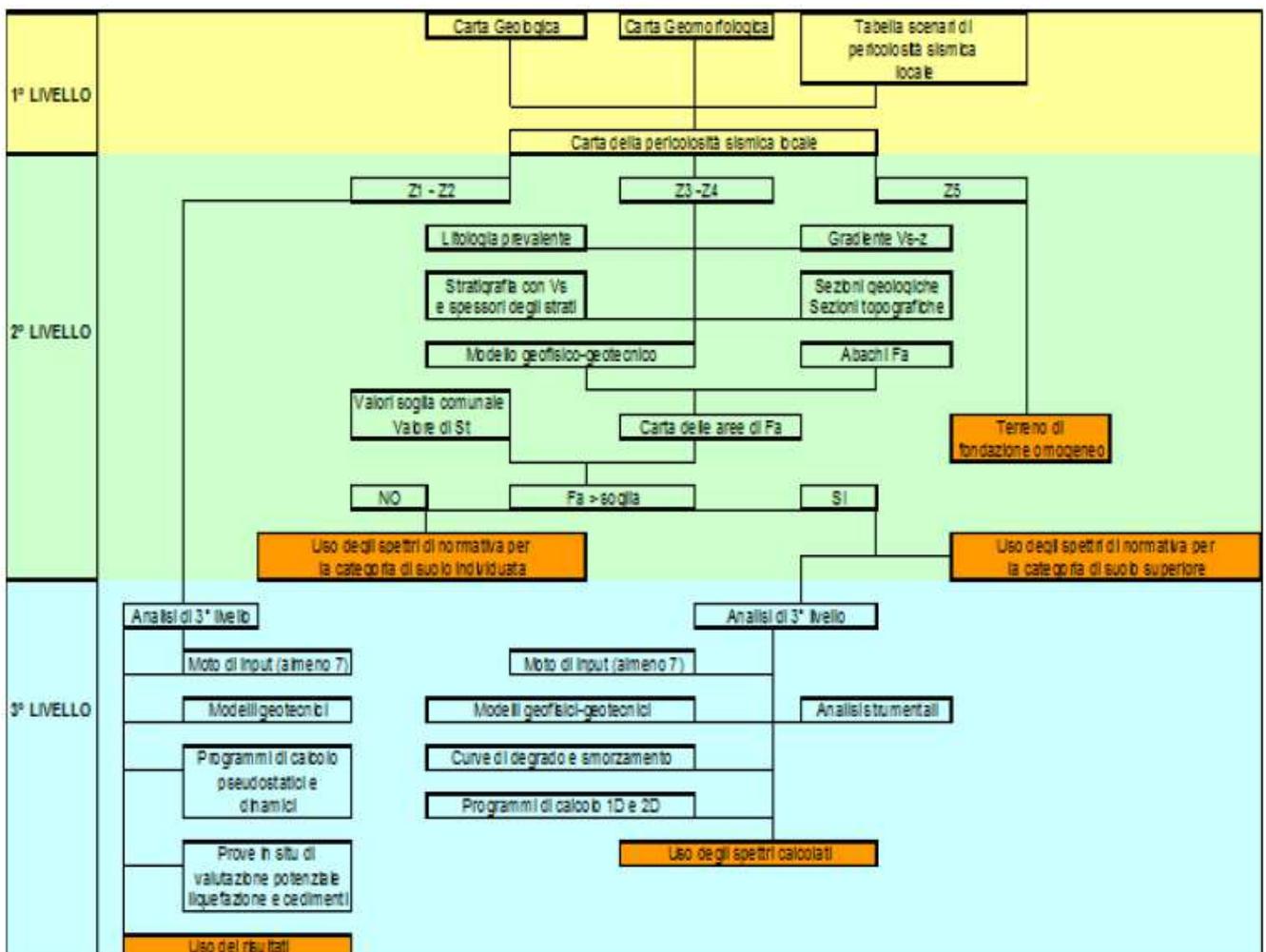


Fig. 5 – Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

Si specifica a questo proposito, che, ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica

territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'Allegato B al citato d.m.; la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

I livelli di approfondimento sono di seguito così definiti.

### **Analisi di 1° livello (fase pianificatoria)**

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della **Carta della pericolosità sismica locale** nella quale, sulla base di dati esistenti desumibili sia dalle cartografie di inquadramento sia da indagini pregresse, deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella tabella seguente (Tabella 1 dell'Allegato 5 - D.g.r. n. 9/2616 del 30/11/2011), in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura 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

Fig. 6 – Scenari di pericolosità sismica locale e possibili effetti correlati

Per la definizione degli effetti dell'azione sismica nell'ambito del territorio comunale di Roverbella, si è fatto riferimento alle cartografie di inquadramento e ai dati geotecnici e stratigrafici dello Studio Geologico redatto nel 2004 a supporto del P.R.G. (carta geomorfologica con elementi geopedologici, carta idrogeologica e della vulnerabilità, stratigrafie dei pozzi censiti e

prove penetrometriche) nonché ad altri dati pregressi in particolare gli studi sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche relativi al Piano di Risanamento delle Acque (Amm. Prov. di Mantova, 1998)

Sulla base dei dati disponibili sono stati quindi individuati nel territorio del comune di Roverbella i seguenti scenari di pericolosità sismica locale:

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z4a	Zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche

Z2b - Zone con depositi granulari fini saturi: nella definizione degli scenari di pericolosità sismica locale si è valutato che il sottosuolo possa essere soggetto a fenomeni di liquefazione o addensamento in un'ampia porzione del territorio comunale, a partire grosso modo dall'allineamento Roverbella-Pellaloco e procedendo in direzione sud-est fino al confine comunale; in tale zona sono generalmente presenti, a profondità variabili, terreni sabbiosi, sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi interessati dalla presenza della falda acquifera superficiale; resta esclusa la porzione più settentrionale del territorio caratterizzata da terreni con granulometrie medio-grossolane. Tale scenario è individuato nella Carta di Pericolosità Sismica Locale (Tavola 3) e nella Carta della Fattibilità (Tavola 6) con apposito retino areale.

La possibilità di avere effetti di liquefazione, anche se poco probabile in queste zone sulla base delle analisi storiche, andrà analizzata in fase progettuale mediante gli approfondimenti di 3° livello svolti ai sensi dell'Allegato 5 alla D.G.R n. IX/2616 del 30/11/2011. In zona sismica 4, come nel caso del Comune di Roverbella stante l'attuale classificazione della Regione Lombardia, in presenza di aree caratterizzate da possibili effetti di liquefazione (Z2b), la procedura di 3° livello si applica nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Z4a: zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi: sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche tale scenario interessa di fatto l'intero territorio comunale ed è passibile di amplificazioni litologiche e geometriche.

Per questo scenario, oltre al 1° Livello di approfondimento, è previsto il 2° Livello di approfondimento, sempre in fase pianificatoria.

## **Analisi di 2° livello**

Consiste in una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione ( $F_a$ ).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a$  calcolato superiore a  $F_a$  di soglia comunale fornito dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

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

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come il caso di Roverbella, tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura 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 ( $F_a$ ); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di  $F_a$ .

Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo tra  $0.1 \div 0.5$  secondi e  $0.5 \div 1.5$  secondi: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra  $0.1 \div 0.5$  s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra  $0.5 \div 1.5$  s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di  $F_a$  per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;

- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Nel presente studio, per quanto concerne i dati litologici e stratigrafici si è fatto riferimento ai risultati di prove in sito (prove penetrometriche realizzate per lo studio geologico a supporto del PRG, altre indagini pregresse realizzate per progetti esecutivi di interventi edificatori e i sondaggi realizzati per il progetto della tangenziale di Roverbella) e ai dati relativi alle stratigrafie dei pozzi idrici censiti; per quanto riguarda i dati geofisici, in termini di valori di Vs, sono state effettuate appositamente alcune prove sismiche dirette di superficie e inoltre sono stati utilizzati dati da prove indirette e relazioni empiriche.

Secondo la tabella seguente, riportata nei criteri regionali, per lo studio in oggetto l'attendibilità dei dati risulta quindi da "media" ad "alta".

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

*Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi*

Sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area di studio sono state individuate tre aree campione rappresentative del territorio roverbellese nelle quali si è proceduto ad effettuare prove sismiche dirette di tipo attivo mediante la metodologia M.A.S.W. (Multichannel Spectral Analysis of Waves) e di tipo passivo con il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

L'ubicazione delle indagini è riportato nella Tavola 3 – Carta della pericolosità sismica locale; i dati caratteristici delle prove MASW sono illustrati nella tabella seguente.

Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lung. stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Ubicazione		Località
						Latitudine N	Longitudine E	
MW_1	24	2,0	46	10	56	45°14'3,53"	10°50'45,4"	Canedole – campo sportivo
MW_2	24	1,5	34,5	15	49,5	45°14'31,8"	10°51'57,1"	Cavalcavia autostrada
MW_3	24	1,5	34,5	15	49,5	45°16'02,0"	10°45'19,0"	Roverbella

Dalle prove MASW, tarate con i dati geologici e stratigrafici disponibili, è stato possibile valutare il parametro Vs30 a partire dal piano campagna calcolato con la formula seguente:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove V<sub>s<sub>i</sub></sub> e h<sub>i</sub> sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore dello stato i-esimo.

Il valore Vs30, come da normativa tecnica, permette la classificazione del suolo convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità (tabella).

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs <sub>30</sub> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs <sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N <sub>spt</sub> > di 50 nei terreni a grana grossa e c <sub>u</sub> >250 kPa nei terreni a grana fina)	360-800 (N <sub>spt</sub> >50) (Cu>250 KPa)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs <sub>30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < N <sub>spt</sub> < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < c <sub>u</sub> <250 kPa nei terreni a grana fina)	180-360 (15<N <sub>spt</sub> <50) 70<Cu<250 KPa)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs <sub>30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero N <sub>spt</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e c <sub>u</sub> <70 kPa nei terreni a grana fina)	<180 (N <sub>spt</sub> <15) (Cu<70KPa)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con Vs <sub>30</sub> > 800 m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs <sub>30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < C <sub>u30</sub> < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100 (10<Cu<20 Kpa)
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti	

Classificazione del tipo di suolo secondo le "Nuove norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14/01/2008

Tabella 3.2.II (categorie di suolo) e 3.2.III (categorie di suolo aggiuntive) mod.

Le prove MASW in sito sono state eseguite utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24 a 24 canali.

Le specifiche tecniche dello strumento sono le seguenti:

-processore:	Pentium 200 MMx Intel,
-Trattamento dati:	Floating Point 32-Bit,
-Ambiente operativo:	Windows 3.11,
-Canali:	24
-Display:	VGA colori LCD_TFT 10,4"
-Supporto memorizz.:	Hard Disk 2,1 Gb
-Risoluzione acquisizione:	6/24 bit
-Sonde ambiente interne:	temperatura, umidità relativa
-Formato dati:	Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat),
-Durata acquisizioni:	Rifrazione, 32÷2048 ms      Riflessione, 32÷16384 ms,
-Tempi campionamento:	da 16 µs a 2 ms
-Filtri digitali:	Passa alto (25÷400 Hz)      Passa Basso (100÷250 Hz) Notch (50÷180 Hz)
-Attivazione filtri:	in acquisizione o manualmente
-Trigger:	inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

Completano l'attrezzatura:

- Ricevitori: 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da un cavo di lunghezza 46 m.
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.
- Bindella metrica per posizionare i ricevitori.

Per le prove sismiche passive si è utilizzato un tromografo digitale mod. Tromino® della Micromed avente le seguenti specifiche tecniche:

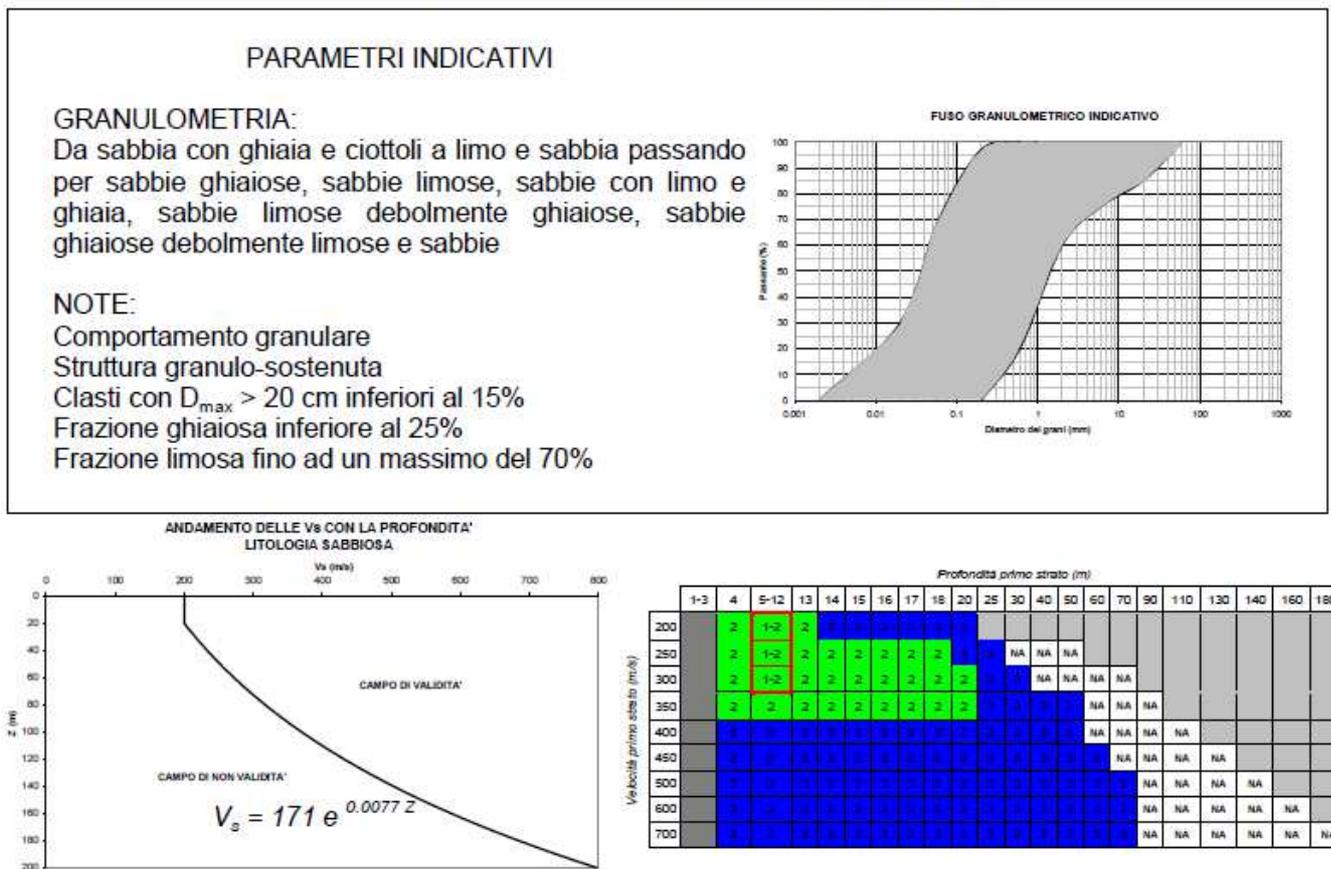
- alimentazione: 2 batterie alcaline x 1,5 VDC AA
- voltaggio interno: + 3,3 V, + 3,6 V per la sezione analogica
- numero di canali: 3 + 1 analogici
- amplificatori: tutti canali con input differenziali
- rumore: < 0,5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
- impedenza dell'input: 106 Ohm
- range di frequenze: DC - 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 µs)
- 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

Le prove HVSR, opportunamente tarate con i dati geofisici delle prove MASW e con dati provenienti da indagini geofisiche profonde, hanno permesso di valutare l'andamento della Vs a profondità maggiori di 30 m; alla profondità di circa 150 m è assegnato il valore convenzionale di 800 m/s, in quanto i materiali possono ipoteticamente essere considerati come substrato rigido.

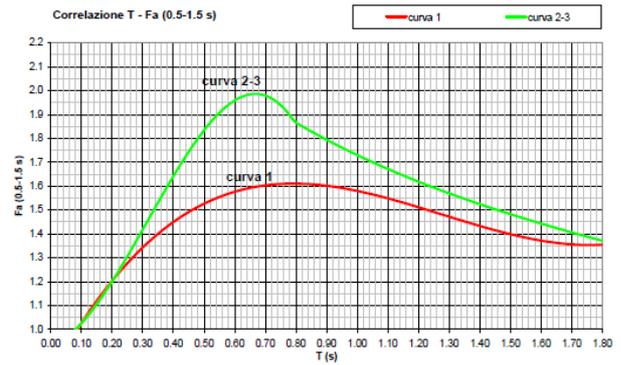
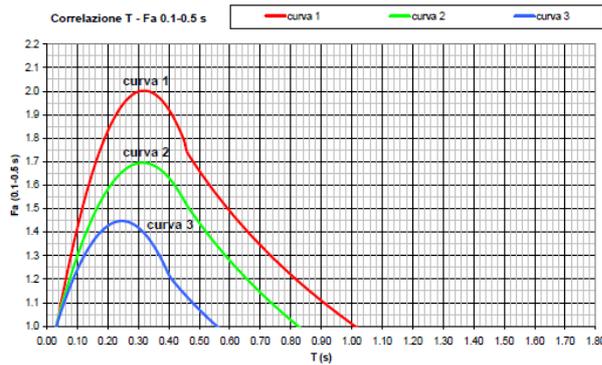
Sulla base delle caratteristiche litologiche e geotecniche si è individuata la litologia prevalente presente in ogni area indagata e, in accordo con quanto specificato nei criteri attuativi dell'Allegato 5 alla Dgr n. 9/2616, è stata scelta la scheda di valutazione di riferimento più appropriata valutando l'andamento della Vs con la profondità, in particolare per quanto riguarda il campo di validità, sulla base dei risultati delle prove sismiche effettuate.

Per tutti e tre i siti la scheda più idonea per la valutazione degli effetti sismici è risultata essere quella per la litologia sabbiosa in quanto rappresenta meglio l'andamento della Vs con la profondità.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA



All'interno della scheda di valutazione si è poi scelta la curva più appropriata (indicata con un numero ed un colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1÷0.5 s e nell'intervallo 0.5÷1.5 s, sulla base della matrice riportata nella scheda. La matrice permette di adottare la curva di riferimento per il calcolo di Fa, in funzione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale o dello strato superficiale equivalente qualora il primo strato abbia spessore < 4 m.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Dai dati geologici e sismici in tutte e tre le aree si è esclusa la presenza di uno strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s, situazione per la quale si dovrebbe adottare la curva 1.

Dopo aver individuato la curva appropriata, si è proceduto a calcolare il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione; il periodo  $T$  deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore gli 800 m/s, utilizzando 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  $h_i$  è lo spessore e  $V_{s_i}$  è la velocità delle onde S nello strato  $i$ -esimo individuato nel sottosuolo.

Il valore di  $Fa$  determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica allegata all' O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006.

La valutazione del grado di protezione viene quindi effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $Fa$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per il Comune di Roverbella e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo  $0.1 \div 0.5$  s e  $0.5 \div 1.5$  s.

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

Si possono presentare quindi due situazioni:

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

- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) per individuare gli spettri di risposta da utilizzare a livello progettuale.

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

Per il Comune di Roverbella i valori di soglia sono i seguenti:

INTERVALLO	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Di seguito si riportano i dati delle prove sismiche e l'analisi di 2° livello effettuata per le tre aree campione.

**AREA 1**



Loc.  
 Canedole  
 (campo sportivo)

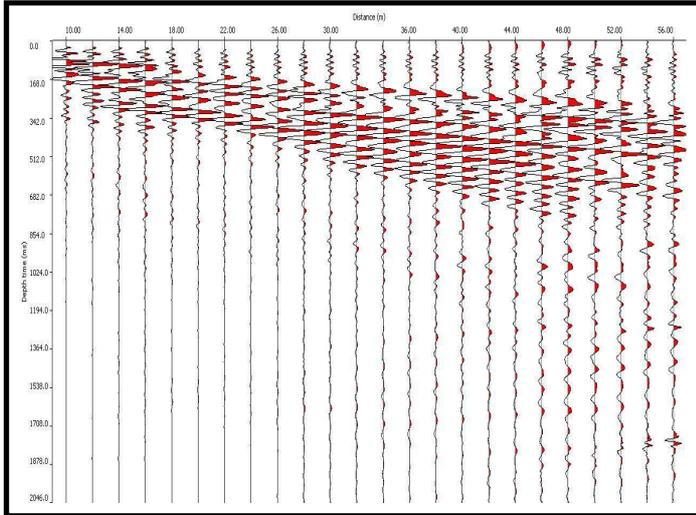
Ubicazione  
**Masw\_MW\_1**

**0** Punto di Shot  
**56** ubicazione  
 geofono 24

Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lunghezza stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Ubicazione		Vs <sub>30</sub> m/sec	Categoria suolo
						Latitudine N	Longitudine E		
MW_1	24	2,0	46	10	56	45°14'3,53"	10°50'45,4"	237	C



Piazzamento Masw\_1



Sismogramma nel dominio spazio/tempo

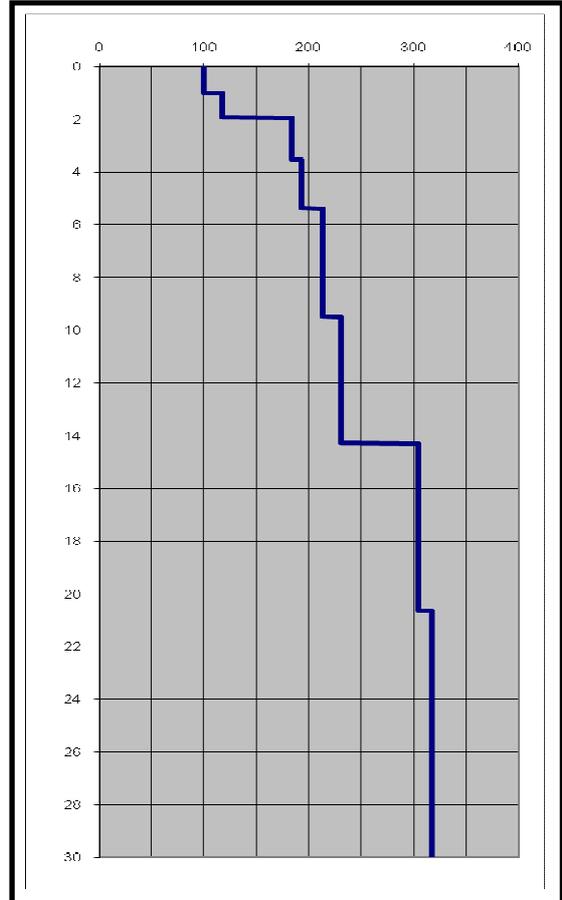
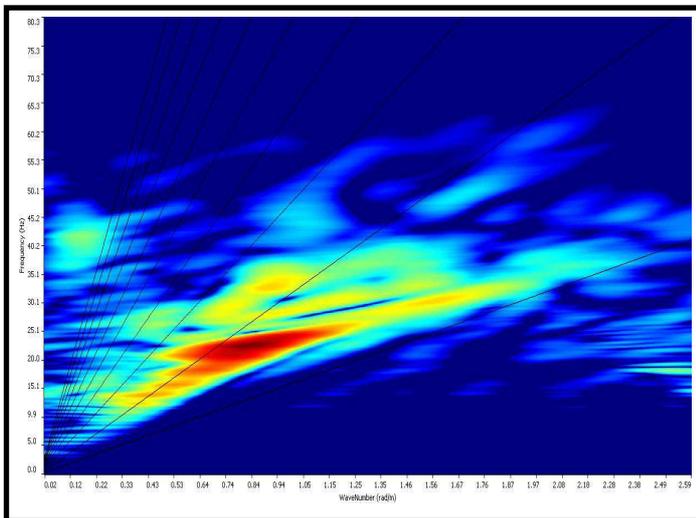
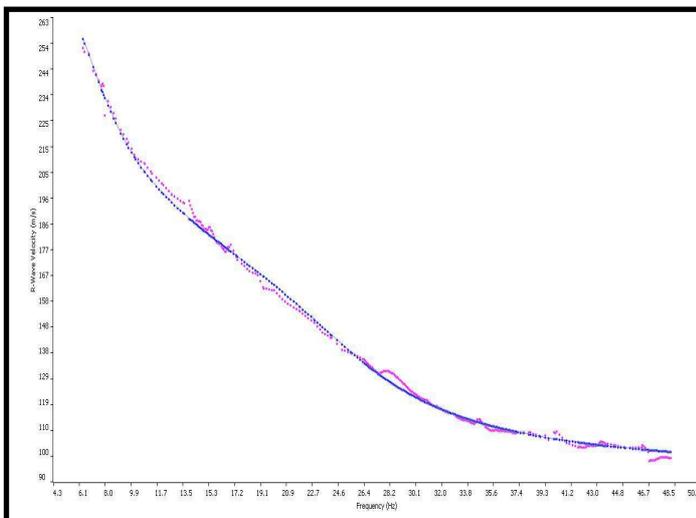


Grafico velocità (m/s) / profondità (m) delle onde di taglio Vs



Spettro FK - Rappresentazione del sismogramma nel dominio numero d'onda - frequenza



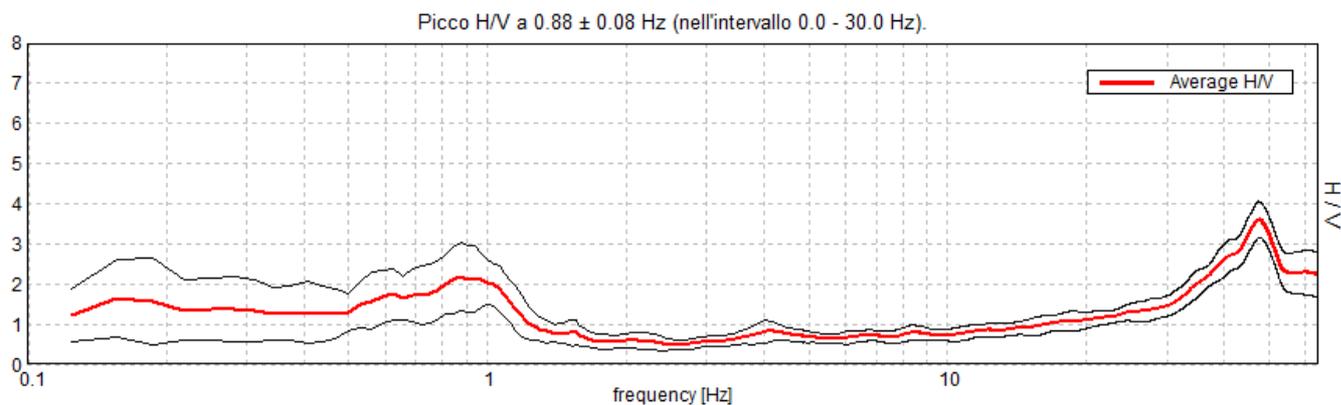
Sovrapposizione curva di dispersione calcolata / curva teorica rappresentata nel dominio Frequenza/Velocità

Risultati Elaborazione MW_1				
Strato	profondità		Spessore m	Vel. m/sec
	da	a		
Strato1	0,0	1,00	1,00	100
Strato2	1,00	1,93	0,93	117
Strato3	1,93	3,52	1,59	184
Strato4	3,52	5,37	1,85	193
Strato5	5,37	9,49	4,12	214
Strato6	9,49	14,29	4,80	231
Strato7	14,29	20,62	6,33	305
Strato8	20,62	30	9,38	318

**$V_{s30} = 237 \text{ m/sec}$**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s*)

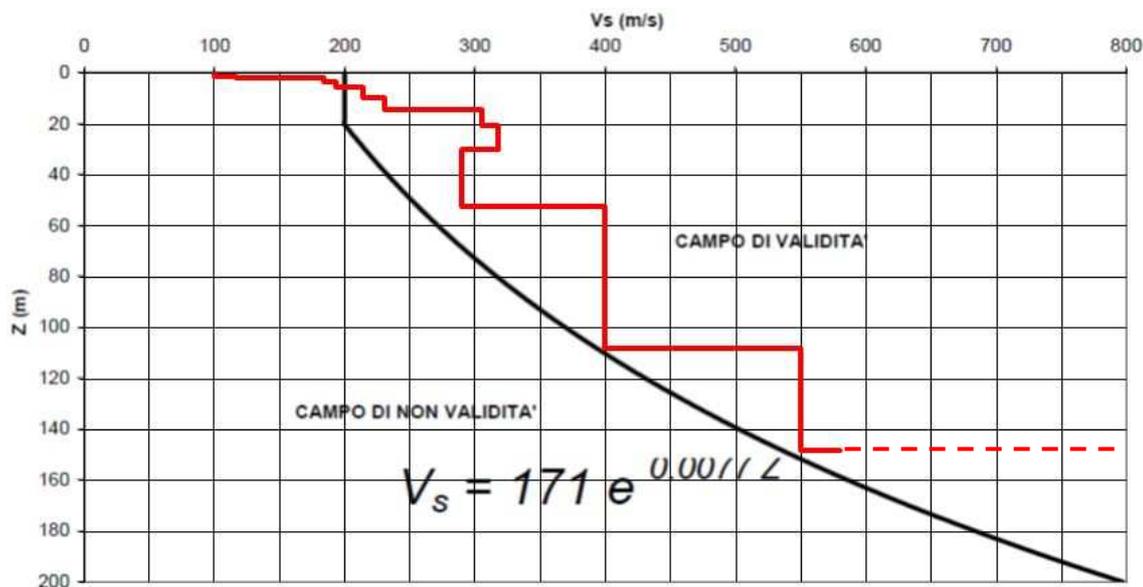
Prova HVSR 1



La successione stratigrafica è stata dedotta da una prova penetrometrica e dal pozzo dell'acquedotto ubicato a Canedole.

da m	a m	Litologia
0.0	2.5	Limo e argilla
2.5	7.0	Sabbia limosa / limi argillosi
7.0	10.0	Argilla e limo
10.0	15.0	Argilla
15.0	30.0	Sabbia
30.0	40.0	Ghiaia con sabbia
40.0	66.0	Sabbia
66.0	70.0	Argilla
70.0	78.0	Ghiaia e Sabbia
78.0	84.0	Argilla
84.0	93.0	Sabbia e ghiaia
93.0	99.0	Argilla
99.0	125.0	Ghiaia e sabbia

Dai risultati della prova MASW e della prova HVSR l'andamento della Vs può essere valutato nel grafico seguente che riporta anche il campo di validità per la scheda di riferimento scelta, corrispondente alla litologia sabbiosa.



Andamento dei valori di Vs con la profondità – scheda litologia sabbiosa

Il modello geofisico risulta quindi così schematizzabile.

Strato	Prof. Z (m)	Vs (m/s)
1	1,0	100
2	1,9	117
3	3,5	184
4	5,4	193
5	9,5	214
6	14,3	231
7	20,6	305
8	30,0	318
9	52,0	290
10	108,0	400
11	148,0	550

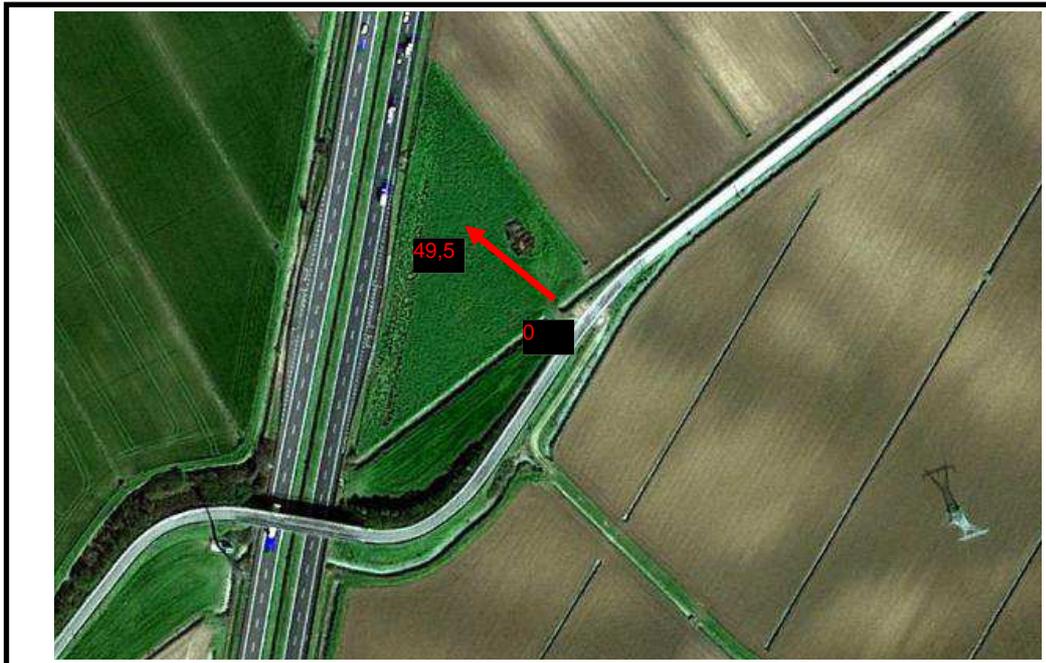
Il periodo proprio del sito T risulta quindi pari a 1,5 s.

Dalle caratteristiche dello strato superficiale, il quale presenta una Vs equivalente di 148 m/s per uno spessore di 5,4 m, risulta appropriato fare riferimento alla curva 2 (verde) della matrice presente nella scheda della litologia sabbiosa.

Quindi i fattori Fa calcolati risultano essere:

- $Fa_{0.1 \div 0.5} = 1.0$  (poiché  $T > 0.8$ )
- $Fa_{0.5 \div 1.5} = 1.73 - 0.61 \ln(1.5) = 1.48$  (approssimato a 1.5)

**AREA 2**



Loc.  
 Cavalcavia  
 autostrada A22

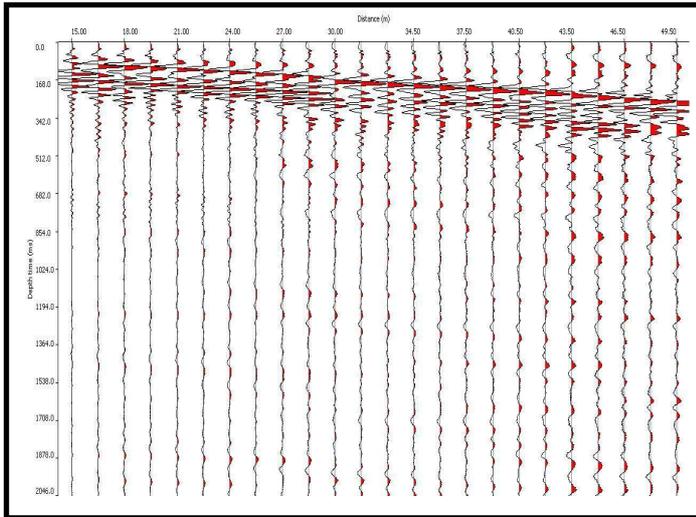
Ubicazione  
**Masw\_MW\_2**

**0** Punto di Shot  
**49,5** ubicazione  
 geofono 24

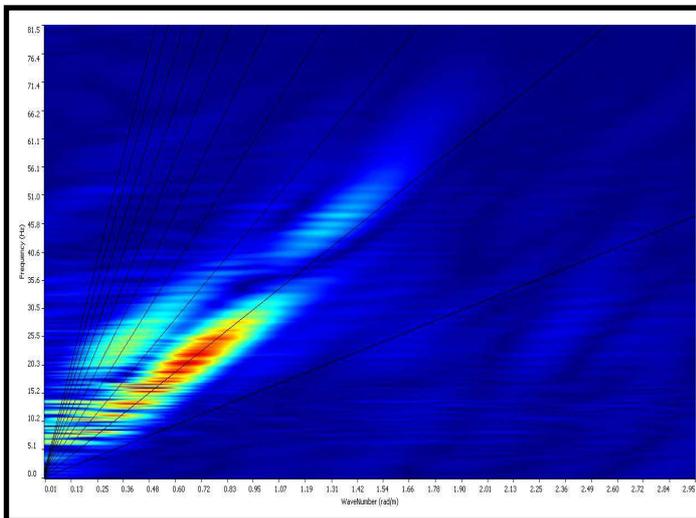
Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lunghezza stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Ubicazione		Vs <sub>30</sub> m/sec	Categoria suolo
						Latitudine N	Longitudine E		
MW_2	24	1,5	34,5	15	49,5	45°14'31,8"	10°51'57,1"	242	C



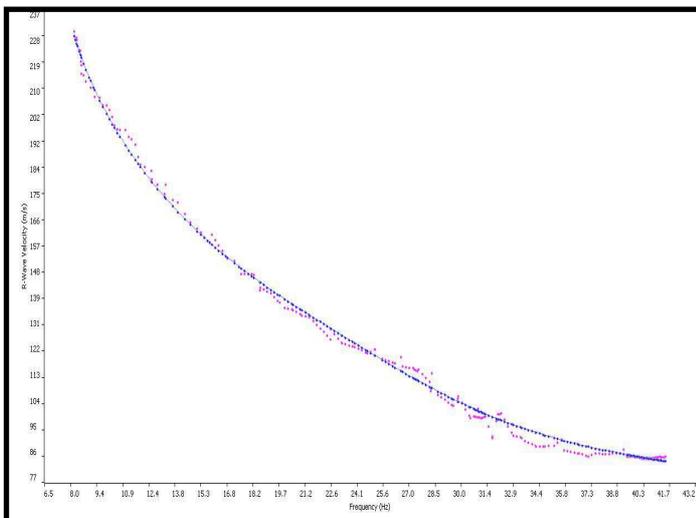
Piazzamento Masw\_2



Sismogramma nel dominio spazio/tempo



Spettro FK - Rappresentazione del sismogramma nel dominio numero d'onda - frequenza



Sovrapposizione curva di dispersione calcolata / curva teorica rappresentata nel dominio Frequenza/Velocità



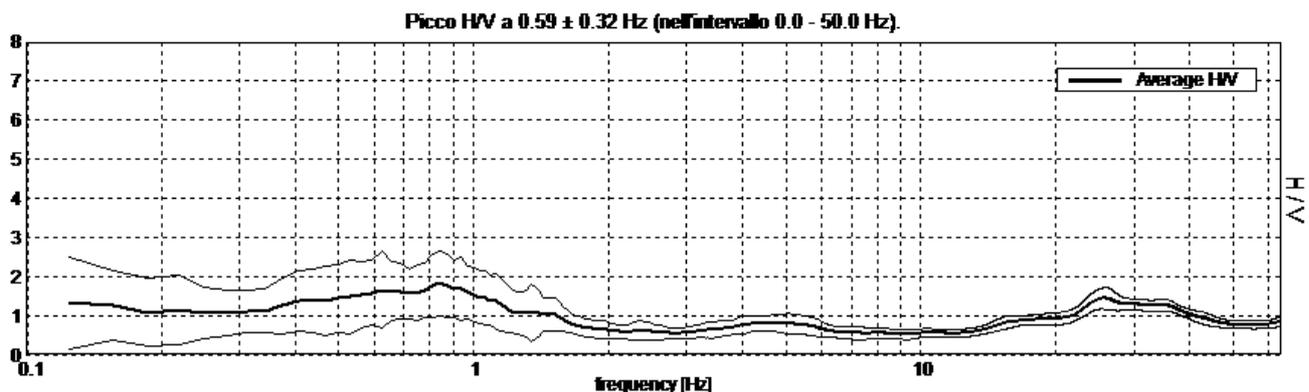
Grafico velocità (m/s) /profondità (m) delle onde di taglio Vs

Risultati Elaborazione MW_2				
Strato	profondità		Spessore m	Vel. m/sec
	da	a		
Strato1	0,0	0,93	0,93	78
Strato2	0,93	1,72	0,79	112
Strato3	1,72	3,40	1,68	152
Strato4	3,40	4,76	1,36	171
Strato5	4,76	7,17	2,41	187
Strato6	7,17	10,17	3,00	222
Strato7	10,17	18,48	8,31	270
Strato8	18,48	30	11,52	401

$$V_{s30} = 242 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s)

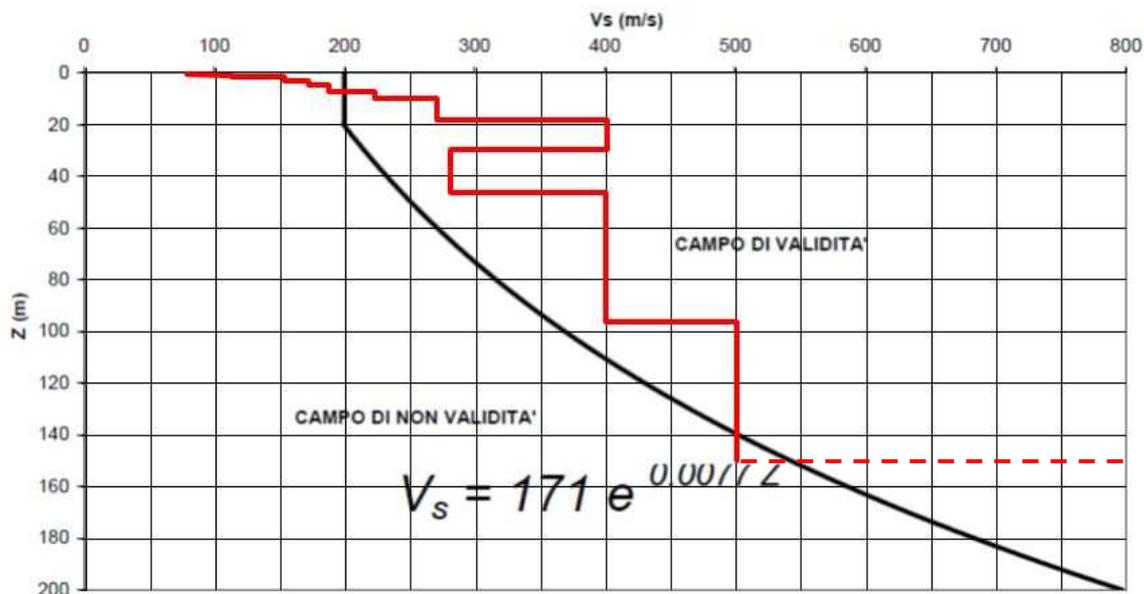
Prova HVSR 2



La successione stratigrafica è stata dedotta da due prove geognostiche in prossimità del tracciato autostradale e da un pozzo idrico.

da m	a m	Litologia
0.0	5.0	Argilla
5.0	10.5	Sabbia e limo
10.5	18.0	Ghiaia e sabbia
18.0	30.5	Sabbia e sabbia limosa
30.5	46.5	Argilla
46.5	96.0	Sabbia e ghiaia
96.0	104.0	Argilla
104.0	146.0	Ghiaia e sabbia

Dai risultati della prova MASW e della prova HVSR l'andamento della Vs può essere valutato nel grafico seguente che riporta anche il campo di validità per la scheda di riferimento scelta, corrispondente alla litologia sabbiosa.



Andamento dei valori di Vs con la profondità – scheda litologia sabbiosa

Il modello geofisico risulta quindi così schematizzabile.

Strato	Prof. Z (m)	Vs (m/s)
1	0,9	78
2	1,7	112
3	3,4	152
4	4,8	171
5	7,2	187
6	10,2	222
7	18,5	270
8	30,0	401
9	46,3	280
10	96,3	400
11	143,3	500

Il periodo proprio del sito T risulta quindi pari a 1,47 s.

Dalle caratteristiche dello strato superficiale, il quale presenta una Vs equivalente di 124 m/s per uno spessore di 6 m, risulta appropriato fare riferimento alla curva 2 (verde) della matrice presente nella scheda della litologia sabbiosa.

Quindi i fattori Fa calcolati risultano essere:

- $Fa_{0.1 \div 0.5} = 1.0$  (poiché  $T > 0.8$ )
- $Fa_{0.5 \div 1.5} = 1.73 - 0.61 \ln(1.47) = 1.49$  (approssimato a 1.5)

**AREA 3**



Località:  
 Roverbella (MN)

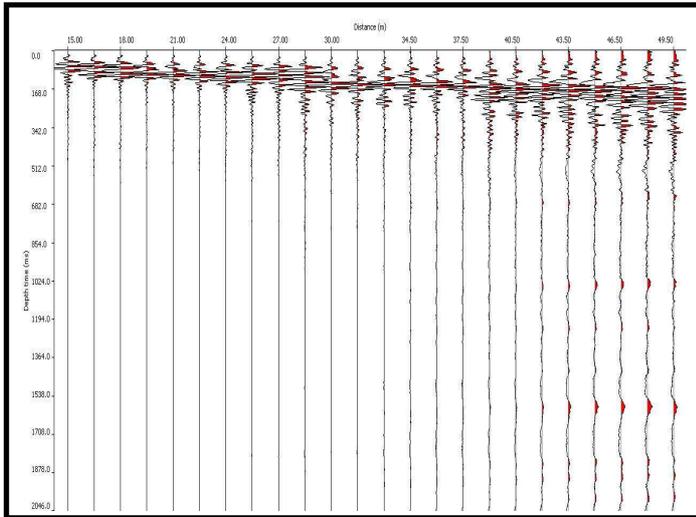
Ubicazione  
**Masw\_MW\_3**

**0** Punto di Shot  
**49,5** ubicazione  
 geofono 24

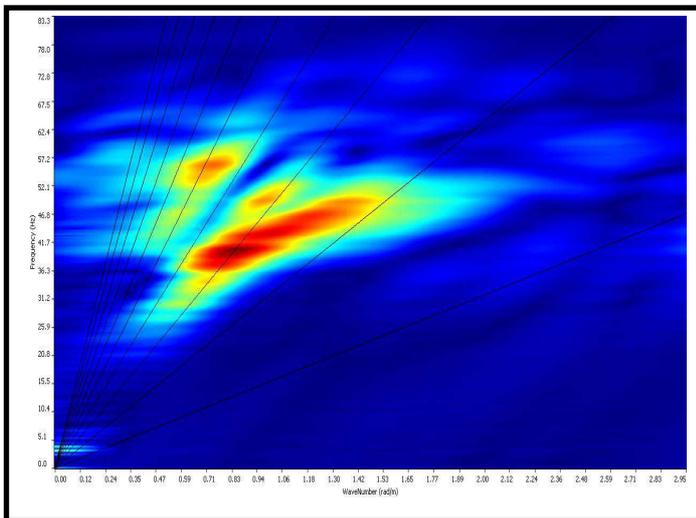
Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lunghezza stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Ubicazione		Vs <sub>30</sub> m/sec	Categoria suolo
						Latitudine N	Longitudine E		
MW_3	24	1,5	34,5	15	49,5	45°16'02,0"	10°45'19,0"	352	C



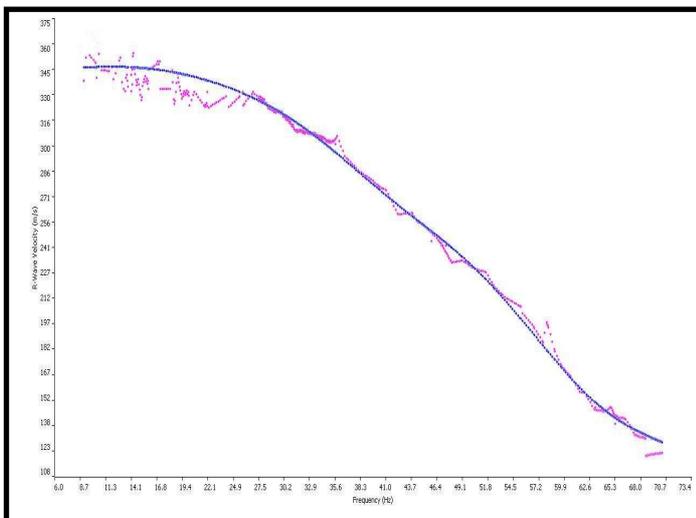
Piazzamento Masw\_3



Sismogramma nel dominio spazio/tempo



Spettro FK - Rappresentazione del sismogramma nel dominio numero d'onda - frequenza



Sovrapposizione curva di dispersione calcolata / curva teorica rappresentata nel dominio Frequenza/Velocità

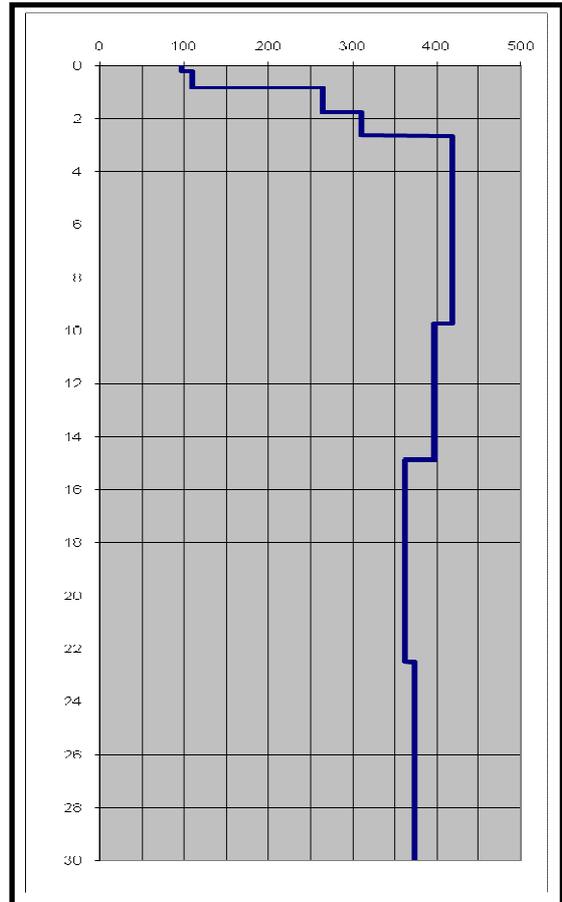


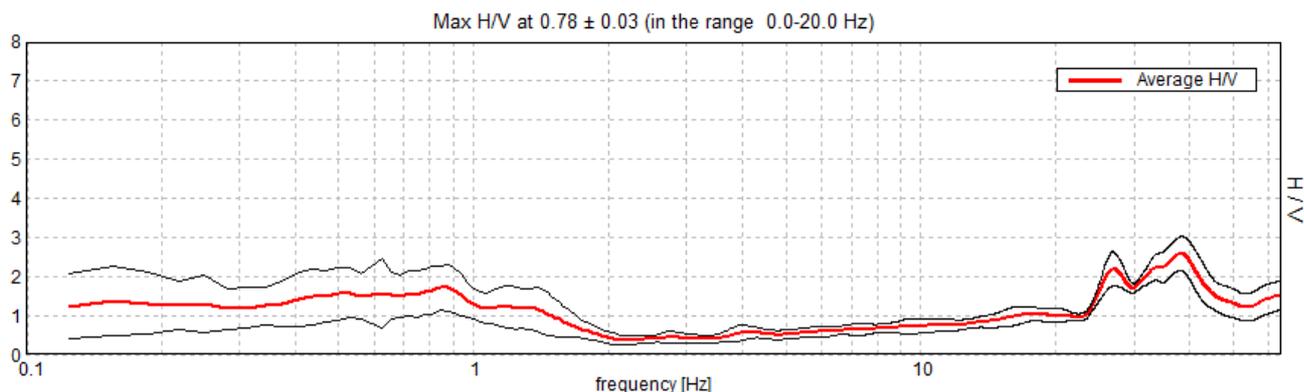
Grafico velocità (m/s) /profondità (m) delle onde di taglio Vs

Risultati Elaborazione MW_3				
Strato	profondità		Spessore m	Vel. m/sec
	da	a		
Strato1	0,0	0,20	0,20	97
Strato2	0,20	0,82	0,62	110
Strato3	0,82	1,75	0,93	265
Strato4	1,75	2,64	0,89	310
Strato5	2,64	9,72	7,08	418
Strato6	9,72	14,87	5,15	397
Strato7	14,87	22,50	7,63	362
Strato8	22,50	30	7,50	374

**$V_{s30} = 352 \text{ m/sec}$**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s*)

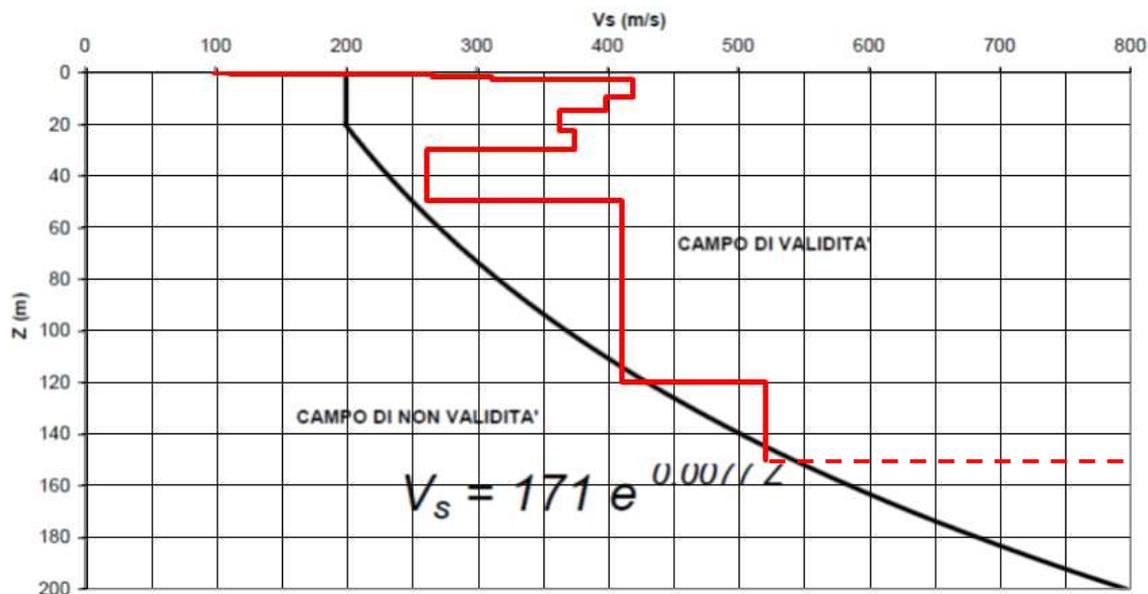
### Prova HVSr 3



La successione stratigrafica è stata dedotta dai sondaggi effettuati per il progetto della tangenziale e dal pozzo dell'acquedotto ubicato a Roverbella.

da m	a m	Litologia
0.0	0.4	Terreno agrario ghiaioso
0.4	1.4	Limo e argilla con ghiaia
1.4	11.0	Ghiaia e sabbia
11.0	14.0	Argilla limosa
14.0	15.0	Sabbia e limo
15.0	16.0	Sabbia e ghiaia
16.0	23.0	Argilla
23.0	40.0	Sabbia e ghiaia
40.0	53.0	Argilla
53.0	78.0	Sabbia e ghiaia
78.0	92.0	Argilla con livelli torbosi
92.0	118.0	Ghiaia
118.0	120.0	Argilla

Dai risultati della prova MASW e della prova HVSr l'andamento della Vs può essere valutato nel grafico seguente che riporta anche il campo di validità per la scheda di riferimento scelta, corrispondente alla litologia sabbiosa. In considerazione della litologia presente nel sito in esame si è valutata anche la possibilità di utilizzare la scheda di riferimento per la litologia ghiaiosa ma in questo caso risulterebbe evidente l'incompatibilità con il campo di validità dell'andamento di Vs.



Andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità – scheda litologia sabbiosa

Il modello geofisico risulta quindi così schematizzabile.

Strato	Prof. Z (m)	$V_s$ (m/s)
1	0.20	97
2	0.82	110
3	1.75	265
4	2.64	310
5	9.72	418
6	14.87	397
7	22.50	362
8	30.00	374
9	49.7	260
10	119.7	410
11	150.0	520

Il periodo proprio del sito T risulta quindi pari a 1,48 s.

Dalle caratteristiche dello strato superficiale, il quale presenta una  $V_s$  equivalente di 313 m/s per uno spessore di 9,7 m, risulta appropriato fare riferimento alla curva 2 (verde) della matrice presente nella scheda della litologia sabbiosa.

Quindi i fattori  $F_a$  calcolati per il sito in oggetto risultano essere:

- $F_a_{0.1 \div 0.5} = 1.0$  (poiché  $T > 0.8$ )
- $F_a_{0.5 \div 1.5} = 1.73 - 0.61 \ln(1.48) = 1.49$  (approssimato a 1.5)

Come si diceva i valori calcolati di Fa vanno confrontati con i valori di soglia riportati nella banca dati regionale (*soglie\_lomb.xls*); per il Comune di Roverbella i valori di soglia sono i seguenti:

INTERVALLO	Valori soglia di Fa			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	<b>1.8</b>	2.2	2.0
0.5 - 1.5	1.7	<b>2.4</b>	4.2	3.1

Sulla base delle indagini geofisiche si è visto che il parametro  $V_{s30}$ , calcolato a partire dal piano campagna, presenta valori compresi tra 237 e 352 m/s pertanto la categoria di suolo da attribuire al territorio in oggetto è la C; ne deriva che i valori di Fa calcolati per i tre siti in esame (considerando anche una variabilità di +0.1 che tiene conto della variabilità di Fa del metodo semplificato) risultano sempre inferiori ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia sia per l'intervallo  $0,1 \div 0,5$  s che per l'intervallo  $0,5 \div 1,5$  s.

L'analisi di 2° livello ha evidenziato quindi che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica dei siti nelle aree Z4a e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

### **Analisi di 3° livello**

Sulla base dei risultati dell'analisi di 1° e 2° livello, il 3° livello si applicherà in fase progettuale per gli interventi ricadenti in aree caratterizzate da scenari di pericolosità sismica Z2b suscettibili di liquefazioni. Per il Comune di Roverbella, attualmente classificato in Zona sismica 4, gli approfondimenti di 3° livello sarebbero obbligatori solo per gli edifici e/o le opere infrastrutturali strategici e rilevanti di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904, ferma restando la facoltà di estenderlo anche alle altre categorie di edifici. Alla luce delle caratteristiche sismiche del territorio in oggetto evidenziate precedentemente, nelle Norme geologiche di piano si prescrive comunque la realizzazione degli approfondimenti di 3° livello per tutte le categorie di edifici e/o opere infrastrutturali. Per quanto riguarda le aree Z4a, come si diceva precedentemente, si è visto che non sono necessari approfondimenti di 3° livello.

Il 3° livello prevede la definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite; al fine di poter effettuare tali analisi la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati disponibili sul proprio sito internet istituzionale (*475-codice provincia.zip* contenente, per ogni comune, 7 diversi accelerogrammi attesi caratterizzati dal periodo di ritorno di 475 anni e *curve\_lomb.xls* contenente i valori del modulo di taglio normalizzato ( $G/G_0$ ) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (Y), per diverse litologie).

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità. In fase progettuale si dovrà comunque fare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/1/2008.

### **3 - FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE**

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite:

- la **carta dei vincoli**, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico;
- la **carta di sintesi**, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

#### **3.1 - CARTA DEI VINCOLI**

Nella Tavola 4 sono rappresentati i seguenti vincoli che rappresentano le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico.

##### Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/8

Il territorio del Comune di Roverbella non è interessato dalla presenza del bacino idrografico del Fiume Po. Una parte del territorio ricade invece nel Bacino Idrografico del fiume Fissero-Tartaro-Canal Bianco; dall'esame del relativo Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico l'autorità competente non segnala aree di pericolosità idraulica, inoltre non sono individuate fasce fluviali.

Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, devono essere riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore, previo parere positivo da parte della Sede territoriale regionale competente; fino all'espressione di tale parere e al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, devono essere evidenziati i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f), del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523.

Nella Tavola 4 sono indicati tutti i corsi d'acqua del reticolo idrico distinti tra quelli gestiti dal Consorzio di Bonifica Fossa di Pozzolo, quelli di competenza comunale e quelli privati.

##### Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Per i cinque pozzi del pubblico acquedotto, ubicati a Belvedere, Malavicina, Roverbella, Castiglione Mantovano e Canedole, sono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4.

Si ricorda che le aree di rispetto individuate con i criteri idrogeologico e temporale ai sensi della d.g.r. n.6/15137 del 27 giugno 1996 diventano efficaci solo a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente sulla base dei risultati di un apposito studio idrogeologico; in assenza di tale studio i relativi vincoli devono essere applicati sull'ambito individuato con criterio geometrico.

Per i pozzi in oggetto non risulta alcun atto autorizzativo rilasciato dall'autorità competente relativamente alla definizione di aree di rispetto definite con i criteri idrogeologico e temporale, allo stato attuale quindi si fa riferimento al criterio geometrico per cui è individuata una zona di tutela assoluta avente raggio di 10 m e una zona di rispetto avente raggio di 200 m a partire dal punto dell'opera di captazione.

Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono fare riferimento alle disposizioni previste dalla d.g.r. 10 aprile 2003, n. 7/12693: "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni".

#### Vincoli derivanti dal Piano Cave Provinciale

Pur non essendo previsti tra le tipologie di vincoli della D.g.r. n. 9/2616 nella Tavola 4 sono stati indicati anche i giacimenti estrattivi potenzialmente sfruttabili individuati dal Piano Cave della Provincia di Mantova (approvato con D.C.R. n. 7/947 del 17/12/2003) che interessano il territorio del comune di Roverbella. Si tratta di una parte del giacimento G10 individuato a confine con il Comune di Marmirolo in località Corte Delia-Cà Rossa e del giacimento G11, ubicato a confine con il Comune di Valeggio sul Mincio a nord delle località Malavicina e Belvedere.

Ai sensi della D.g.r. n. 8/11347 del 10/02/2010 per definizione di giacimenti di cui è possibile lo sfruttamento si intende la porzione di territorio interessata dalla presenza di una risorsa (in questo caso appartenente al settore merceologico sabbia e ghiaia) da tutelare in quanto risorsa naturale non rinnovabile; essa deve essere potenzialmente sfruttabile ossia oggettivamente raggiungibile e priva di vincoli ineliminabili e ostacoli che ne impediscano lo sfruttamento. I giacimenti costituiscono prescrizione del Piano Cave agli effetti dell'art. 10 della L.r. 14/1998; eventuali prescrizioni da parte della pianificazione comunale, anche successivi allo scadere dell'efficacia del Piano Cave, incompatibili con la definizione del giacimento, dovranno essere motivate tenendo conto delle conseguenze sulla risorsa.

Si fa presente che al momento tali giacimenti non sono sfruttati e al loro interno non sono individuati Ambiti Territoriali Estrattivi nel vigente Piano Cave.

### **3.2 - CARTA DI SINTESI**

La carta di sintesi (Tavola 5) deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto tale carta deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

Vengono di seguito definiti gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi precedente.

Nel comune di Roverbella sono stati individuati i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

#### ***Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico***

- Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale: si tratta di un'ampia zona territoriale situata nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale, laddove sono presenti terreni ad elevata permeabilità sede di falda freatica a pelo libero. Pur non essendo prevista tra gli ambiti di pericolosità/vulnerabilità della D.g.r. 2616/2011, si segnala che all'interno di questa zona, nella porzione più settentrionale, è presente anche l'area di ricarica dell'acquifero profondo indicata nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

- Aree con emergenze idriche (fontanili, aree precedentemente scavate): si tratta di situazioni di origine naturale o antropica in cui la falda acquifera affiora in superficie e presenta quindi un grado di vulnerabilità estremamente elevato. I fontanili individuati sono ubicati in una fascia territoriale situata all'incirca lungo l'allineamento Roverbella-Pellaloco mentre i laghetti con affioramento della falda sono distribuiti in modo irregolare da nord a sud.

- Aree con possibile bassa soggiacenza della falda: questa situazione è caratteristica di buona parte del territorio comunale situato a sud dell'allineamento Roverbella-Fienili-Paesaferruvia MN-VR in cui la falda superficiale presenta una soggiacenza minima (distanza tra il piano campagna e il livello di falda nel periodo di massimo innalzamento) che può essere inferiore a 1,5 m.

#### ***Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico***

- aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche. Si tratta di zone a moderato rischio

idraulico in relazione a criticità del reticolo idrico minore sia in ambito urbano sia in ambito agricolo, individuate dal Consorzio di Bonifica Fossa di Pozzolo e recepite anche nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. Tali zone sono ubicate nei pressi del capoluogo comunale (ad ovest e sud-ovest fino a località Castelletto, a nord-est fino alle località Fienili e Corte Castella), nei pressi della linea ferroviaria Mantova-Verona e della rotonda sulla S.P. 17 e S.P. ex S.S. 62 e infine nella zona ad est di Canedole (caseificio e autostrada A22).

### ***Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche***

- aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante; sono ubicate in una fascia nel settore orientale del territorio comunale che si estende da Pellaloco fino ad arrivare all'autostrada e al confine meridionale nei pressi di Cà Mantovane; dai dati a disposizione il grado di pericolosità non sembra particolarmente accentuato.

- aree con possibili consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali; si tratta di zone di limitata estensione situate all'interno dei principali paleovalvei, a morfologia più o meno depressa, individuabili in alcune aree quali la zona situata tra l'area produttiva a sud di Roverbella e località Castelletto, la zona situata tra le località di S. Lucia-Cà Nova e Corte Mussolina, la zona nei pressi di Corte Pinza e Dosso e infine la zona situata ad est della S.P. ex S.S. 249 tra le località di Corte Alta-Corte S. Gaetano-Canedole e l'autostrada A22.

## **4 - FASE DI PROPOSTA**

La fase di proposta è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica e delle norme geologiche di piano. Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica.

### **4.1 - Carta di fattibilità geologica**

La carta della fattibilità geologica (Tavola 6) è stata redatta alla scala 1:10.000 e si riferisce all'intero territorio comunale, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel Geoportale regionale.

La carta di fattibilità geologica viene desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono.

Al mosaico della fattibilità in scala 1:10.000, devono essere sovrapposte, con apposito retino "trasparente", le aree soggette ad amplificazione sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma alle quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

La carta di fattibilità geologica è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "Norme geologiche di piano" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di emergenza).

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

- nella prima fase, a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni della Tabella 1 della D.g.r. n. 9/2616 del 30/11/2011;
- successivamente il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da ulteriori indagini sulla pericolosità del comparto con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 ("Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 47, d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445").

Non possono essere variati i valori delle classi di ingresso di fattibilità per alcune situazioni di particolare pericolosità/vulnerabilità che comunque non sono presenti in comune di Roverbella.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto di classe di fattibilità desunto dalla Tabella 1 precedentemente citata; la relativa normativa associata deve contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

Nel comune di Roverbella sono state definite la classe 2 (fattibilità con modeste limitazioni), la classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) e la classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni) mentre non viene definita la classe 1 (fattibilità senza particolari limitazioni) in quanto nel territorio comunale non sono state individuate aree prive di limitazioni.

### ***Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni***

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe sono indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Sono state attribuite alla classe 2 le zone presenti nel settore centro-meridionale del territorio che presentano queste situazioni, anche non contemporaneamente:

- aree con possibile bassa soggiacenza della falda;
- aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante.

In entrambe le situazioni la classe di ingresso prevista dalla normativa regionale era la classe 3, per la maggior parte del territorio interessato dalle suddette situazioni si è proceduto quindi ad un declassamento in quanto si è ritenuto, sulla base dei dati a disposizione, che le caratteristiche di pericolosità/vulnerabilità non siano particolarmente penalizzanti. Restano escluse dal declassamento, tuttavia, le aree morfologicamente depresse localizzate all'interno dei paleovalvi in cui la soggiacenza della falda superficiale potrebbe assumere valori prossimi al piano campagna (falda sub-affiorante).

### ***Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni***

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

In questa classe rientra buona parte della zona settentrionale e centrale del territorio comunale, nella quale sono presenti le seguenti situazioni, anche non contemporaneamente:

- aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale;
- aree a rischio idraulico correlato al reticolo idrico minore;
- aree con possibile bassa soggiacenza della falda;
- aree con possibili caratteristiche geotecniche scadenti, dovute a disomogeneità tessiturali verticali e laterali.

Nelle norme geologiche di piano sono definiti i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito territoriale di riferimento e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità degli interventi con le situazioni esistenti o potenziali e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

#### ***Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni***

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

La classe 4 nel territorio comunale di Roverbella è stata individuata in alcune aree di limitata estensione nelle quali sono presenti le seguenti situazioni:

- aree con falda affiorante (laghetti dovuti ad escavazione del sottosuolo);
- fontanili, in questo caso la classe 4 è stata estesa per motivi di tutela ad una fascia di rispetto di raggio pari a 50 m dal fontanile, ad esclusione delle zone già urbanizzate.

Nell'elaborato "Norme Geologiche di Piano" sono riportate in apposite schede l'attribuzione delle classi di fattibilità nonché l'elenco degli aspetti geologici, idrogeologici e di pericolosità sismica per i diversi Ambiti di Trasformazione e Piani Attuativi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MANTOVA (1998) – Studio inerente le caratteristiche geomorfologiche, geologiche e di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi del settore occidentale della provincia di Mantova. Settore Ambiente Ecologia.
- AQUATER (1978) - Interpretazione delle strutture plioceniche e quaternarie delle pianure padane e venete. S. Lorenzo in campo. Relazione per ENEL
- ARCA S. & BERETTA G.P. (1985) - Prima sintesi geodetica e geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia Settentrionale. Boll. Geod. Sc. Aff., 44 (2).
- AUTORI VARI (1997 a) - Carta geomorfologica della Pianura Padana. Scala 1:250.000, 3 Fogli. S.E.L.C.A. Firenze
- AUTORI VARI (1997b) - Carta altimetrica e dei movimenti verticali del suolo della Pianura Padana. Scala 1:250.000, 3 Fogli. S.E.L.C.A. Firenze
- BARALDI F. ( 1983 ) - Lineamenti di geologia del territorio mantovano compreso tra il Garda, l'Oglio e il Po. Provv. Studi Mantova. Ass. Istruzione Amm.ne Prov. Mantova. 35 pp.
- BARALDI, F. & PELLEGRINI, M. (1978) -. I fontanili della pianura compresa tra i fiumi Chiese e Mincio (Province di Brescia e Mantova). Quad. IRSA 34 (18), 439 -446.
- BARALDI F., CARTON A., CASTALDINI D., PANIZZA M., PELLEGRINI M. & SORBINI L. (1980 b) - Neotettonica di parte dei fogli Peschiera del Garda (48), Verona (49), Mantova (62) e di tutto il foglio Legnago (63). In: CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.356 P.F. Geodinamica, 613-655.
- BARALDI F., CRISTOFORI F. & PELLEGRINI M. ( 1988 ) - Il sistema acquifero della Pianura Padana e vulnerabilità della falda, con particolare riferimento alla pianura mantovana. Atti Conv. "Inquinamento acque sotterranee, previsione e prevenzione" 11/3/1987, Mantova.
- BONDESAN M., CASTIGLIONI G.B. & GASPERI G. (1989) - Geomorphological Map of the Po Plain: Progress Report of the Working Group". Materiali, Dip. Geografia Univ. Padova, Imprimatur,8, 23 pp. Padova
- CASTELLARO S. e MULARGIA F. (2009a) – Vs30 estimates using constrained H/V measurements. Bull. Seism. Soc. Am., 99, 761-773.
- CASTIGLIONI G.B. et Alii (1997) – Carta Geomorfologica della Pianura Padana. Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica. SELCA, Firenze.
- COZZAGLIO A. (1939) – Carta geologica d'Italia. Foglio 47 "Brescia". R.Uff. Geologico. Roma.
- CREMASCHI M. & MARCHETTI M. (1995) - Changes in fluvial dynamics in the Central Po Plain (Italy) between the late glacial and the Early Holocene. in FRENZEL B. (Ed.): N.s. Palaeoclimate Research. 14, 173-190.
- ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3 vol. , 1-94, Milano
- ENEL (1984) – Rapporto per la localizzazione di una centrale elettroneucleare nella Regione Lombardia.
- E.R.S.A.L. (1983) – Censimento delle strutture di rilevamento meteorologico in Lombardia. Milano.
- E.R.S.A.L. (1997) – I suoli della pianura mantovana centrale. Milano.
- GEXON (1984) - Interpretazione sismica a riflessione di linee per il Progetto Regione Lombardia. ENEL, Rapporto interno.
- GRUPPO DI STUDIO SULLE FALDE ACQUIFERE PROFONDE DELLA PIANURA PADANA (1979) - "Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana", Quad. Ist. Ric. Acque C.N.R., 28, pp. 1-17.

- GRUPPO DI STUDIO SULLE FALDE ACQUIFERE PROFONDE DELLA PIANURA PADANA (1982) - "Contributi tematici per la conoscenza dell'idrogeologia padana", Quad. Ist. Ric. Acque C.N.R., 51, 52, pp. 1-70.
- I.R.S.A. (1981) - Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana. Contributi tematici per la conoscenza della idrogeologia padana. CNR, IRSA, vol. 3 (II), Roma.
- MARCHETTI M. (1992) - Geomorfologia ed evoluzione recente della Pianura Padana Centrale a Nord del Fiume Po. Tesi di dottorato, IV ciclo, 200 pp.
- MARCHETTI M. (1996) - Variazioni idrodinamiche dei corsi d'acqua della Pianura Padana centrale connesse con la deglaciazione. *Il Quaternario*, 9 (2), 465-472.
- PANIZZA M. (1985) - Schemi cronologici del Quaternario. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 8, 44-48.
- PETRUCCI F. & TAGLIAVINI S., (1969). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 61, Cremona. Servizio Geologico d'Italia, 43 pp.
- PIERI M. & GROPPPI G. (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. C.N.R., pubbl. 414 P. F. *Geodinamica*, 13, 7, 13 pp.
- REGIONE LOMBARDIA. ENI DIVISIONE AGIP (2002) - Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. Firenze.
- REGIONE LOMBARDIA - Progetto per il risanamento del bacino imbrifero del Fiume Mincio. Assessorato Ambiente, Ecologia. 1988.
- VENZO S. (1965). Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda, dal Chiese all'Adige. *Mem. Soc. It. Sci. Nat.*, 14 (1), 1-81.