



**COMUNE DI DOSSENA**

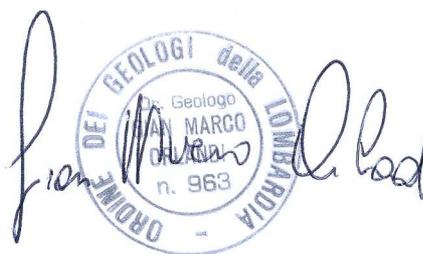
**PROVINCIA DI BERGAMO**

**AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DELLA**

**COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA**

**DI SUPPORTO AL PGT**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

  
ORINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA  
Geologo  
G.M. ORLANDI  
n. 963

<b>Committente: COMUNE DI DOSSENA</b>			<b>Codice Progetto: 18_02_437</b>		
<b>I Tecnici: dr. G.M. ORLANDI</b>			<b>Data: MARZO 2018</b>		
Data:	Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
	<i>Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S. Via Donizetti, 17 – Ranica (BG) Tel: 035/516090 – fax: 035/513738 – e_mail: <a href="mailto:info@studiogeospada.it">info@studiogeospada.it</a></i>				 <b>Swiss Certified ISO 9001</b>

## INDICE

<b>1.0 PREMESSE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.0 DOCUMENTAZIONE COSTITUENTE LO STUDIO GEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3.0 RECEPIMENTO DELLA “DIRETTIVA ALLUVIONI” .....</b>	<b>7</b>
<b>4.0 COMPONENTE SISMICA: CRONISTORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....</b>	<b>11</b>
<b>5.0 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA’ DEL TERRITORIO.....</b>	<b>15</b>
<b>6.0 PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE .....</b>	<b>24</b>
<b>7.0 ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO.....</b>	<b>27</b>
<b>8.0 ANALISI DI PERICOLOSITA’ SISMICA DI 2° LIVELLO – AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA .....</b>	<b>30</b>
<b>8.1 Z3A – ZONA DI CIGLIO H &gt; 10 m .....</b>	<b>30</b>
<b>8.2 Z3b – ZONA DI CRESTA ROCCIOSA E/O COCUZZOLO .....</b>	<b>35</b>
<b>8.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE ANALISI TOPOGRAFICHE .....</b>	<b>47</b>
<b>9.0 ANALISI DI PERICOLOSITA’ SISMICA DI 2° LIVELLO – AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA.....</b>	<b>48</b>
<b>9.1 STRUTTURA GEOLOGICA DEL TERRITORIO .....</b>	<b>50</b>
<b>9.2 INDAGINI UTILIZZATE PER LE ANALISI.....</b>	<b>57</b>
<b>9.2.1 Risultati delle indagini geofisiche – HVSR e frequenza di sito.....</b>	<b>60</b>
<b>9.2.2 Individuazione delle classi di sottosuolo .....</b>	<b>61</b>
<b>9.2.3 Confronto tra modello geologico e geofisico.....</b>	<b>62</b>
<b>9.2.4 Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati.....</b>	<b>65</b>
<b>9.3 VALUTAZIONE DELL’AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA .....</b>	<b>66</b>
<b>10.0 CONSIDERAZIONI FINALI E PROPOSTA DI NORMATIVA SISMICA.....</b>	<b>77</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>81</b>
<b>ELABORATI DELLO STUDIO GEOLOGICO VIGENTE INTEGRATI E/O SOSTITUITI.....</b>	<b>81</b>

## **1.0 PREMESSE**

Il Comune di Dossena è dotato di studio geologico del territorio Comunale ai sensi della L.R. 41/97 redatto dagli Scriventi nel marzo 1999 e considerato conforme dalla Regione Lombardia con parere prot. N° Z1.1999.0017869 del 05/10/1999.

In seguito il Comune ha anche ottemperato a quanto previsto dalla D.G.R. 7365 del 11/12/01 in relazione all'aggiornamento ed alle verifiche del quadro del dissesto dal P.A.I., come da lettera prot. Z1.2003.06290 del 05/02/2003 della Regione Lombardia

Il Comune di Dossena rientra tra i Comuni che hanno regolarmente completato l'iter di cui all'art. 18 della N.d.A. del PAI, come da tabella 2 – allegato 13 – della d.g.r. 8/7374 del 28/05/2008.

A seguito dell'entrata in vigore della L.R. 12/05 gli Scriventi hanno provveduto nel febbraio 2009 all'adeguamento dello studio geologico vigente ai dettami della nuova normativa e succ. delibere applicative (D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 che ha sostituito la d.g.r. n° 8/1566 del 22/12/05 a seguito dell'entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni)..

L'entrata in vigore di una serie di nuovi elementi, sia a carattere normativo (per es. riclassificazione sismica del territorio Comunale), sia a carattere vincolistico (approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – di seguito anche PGRA - con inserimento dello stesso nel PAI e conseguenti disposizioni Regionali per la sua applicazione in ambito urbanistico di cui alla DGR 6738/2017), rende necessario un aggiornamento del piano vigente, anche perché l'Amministrazione Comunale ha intenzione di procedere ad una variante generale del PGT.

Nello specifico il presente lavoro, redatto su incarico del Comune di Dossena (BG), ha affrontato i seguenti aspetti:

- recepimento delle indicazioni, sia cartografiche che normative, sulle aree allagabili delle mappe del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni e loro raccordo e coordinamento con le aree del PAI, già presenti nel territorio Comunale;
- nuova classificazione sismica del territorio Comunale e conseguente necessità di eseguire, già dalla fase di pianificazione, le analisi sismiche di 2° livello;
- aggiornamento, completamento e revisione delle relative cartografie;
- aggiornamento e revisione complessiva delle norme geologiche di piano in relazione a tutti gli aspetti di cui sopra, nonché con i nuovi riferimenti normativi e vincolistici.

Per quanto riguarda l'aspetto sismico nell'ambito di tale studio erano state condotte le analisi relative ai fenomeni di pericolosità sismica locale di primo livello, in considerazione del fatto che il Comune di Dossena era classificato in zona sismica 4.

Regione Lombardia, con D.g.r. 11 luglio 2014 – n.° X/2129 pubblicata sul BURL n° 29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014 ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni lombardi: tale classificazione è in vigore, dopo alcune proroghe, dall'aprile 2016.

Con la nuova classificazione tutti i 242 comuni della Provincia di Bergamo della zona sismica 4 (tra cui Dossena) sono stati riclassificati in Zona Sismica 3.

A questo punto è necessario procedere, secondo le disposizioni Regionali, alle analisi sismiche di secondo livello sulle aree di potenziale pericolosità / amplificazione di carattere topografico - litologico (Z3 e Z4) individuate con l'analisi di primo livello.

## **2.0 DOCUMENTAZIONE COSTITUENTE LO STUDIO GEOLOGICO**

Con il presente lavoro, rispetto allo studio L.R. 41/97, già aggiornato dalla L.R. 12/05, è stata realizzata ex novo / aggiornata la seguente documentazione tecnica:

- è stata inserita ex novo la “Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello” su tutto il territorio Comunale;
- è stata inserita ex novo la carta “PAI – PGRA” come previsto dalla DGR 6738/2017;
- sono state aggiornate, le “Carte di fattibilità geologica” che sostituiscono le precedenti, in relazione ai nuovi elementi di cui sopra (PGRA, sismica 2° livello);
- sono state aggiornate le norme geologiche di piano.

Tutti i restanti documenti dello studio geologico vigente restano validi e vengono integrati dalla documentazione sopra citata.

Si reputa importante mettere in evidenza, come fanno anche tutte le ultime disposizioni normative in materia, tra cui la DGR 6738/2017 che lo studio geologico comunale costituisce un elemento essenziale e fondamentale, per gli aspetti specifici del rischio idraulico, idrogeologico e sismico, della pianificazione di emergenza, che deve sempre essere coerente ed adeguata con le valutazioni specialistiche contenute nei presenti studi.

E' fondamentale che i piani di emergenza recepiscano le indicazioni del presente studio geologico, in relazione agli scenari di pericolosità, approfondiscano le possibili condizioni di rischio degli edifici esistenti e vengano puntualmente aggiornati in merito a tali situazioni, con particolare attenzione, nel contesto specifico, agli scenari di

frana e dissesto ed a quelli del rischio alluvione, come previsto e prescritto anche dal P.G.R.A. e dalla D.G.R. 6738/2017.

E' fondamentale rammentare che nelle aree a maggior rischio devono sempre essere adottate tutte le misure per la salvaguardia delle persone, sia tramite un'adeguata informazione preventiva che tramite opportune procedure di allertamento e di gestione delle criticità.

Questi aspetti assumono ancora maggiore importanza alla luce delle recenti evoluzioni del regime meteorologico e climatico, con un'accentuazione, anche nella provincia di Bergamo, degli eventi estremi, con particolare riferimento a precipitazioni di breve durata e fortissima intensità (ormai note anche come “bombe d'acqua”), in grado di mettere in crisi i sistemi geologici, idrogeologici ed idraulici e creare potenziali rischi per la popolazione.

### **3.0 RECEPIMENTO DELLA “DIRETTIVA ALLUVIONI”**

L’Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione 5/2015 del 17/12/2015 ha adottato il “Progetto di variante al PAI – Integrazione alla NdA” per il coordinamento tra il PAI stesso ed il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni (PGRA).

Il PGRA è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana per dare attuazione alla direttiva Europea 2007/60/CE, finalizzata ad individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni.

E’ un Piano complesso ed ampio che nel contesto del nord Italia è gestito dall’Autorità di Bacino del Fiume Po in collaborazione con le Regioni.

Il Piano prevede una serie di elaborati tecnici e divulgativi, tra cui, di particolare interesse, le mappe della pericolosità e del rischio per le alluvioni, oltre ad una serie di documenti che individuano le principali criticità e gli obiettivi strategici per la gestione.

Con la Deliberazione 5/2015 le carte del PGRA sono entrate ufficialmente a far parte del PAI e le perimetrazioni ivi riportate sono state assoggettate a specifica normativa, integrata nella NdA del PAI.

Le modalità di recepimento e le possibilità di adeguamento alla scala Comunale delle varie aree allagabili sono state puntualmente indicate da Regione Lombardia con la DGR 6738/2017.

La stesura del piano ha sfruttato tutti gli elementi disponibili e nello specifico, per i fiumi interessati dal PAI e/o da studi di dettaglio per l’individuazione delle fasce fluviali, nonché per la pericolosità sul reticolo secondario collinare montano si è fatto riferimento alle cartografie del PAI stesso.

Il territorio di Dossena è interessato da una serie di aree allagabili e precisamente:

- Aree allagabili in ambito del Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM) quali le conoidi alluvionali, le aree di esondazione / alluvionamento del torrenti montani minori;

Si ricorda che per ogni singola tipologia la Direttiva Alluvioni prevede tre differenti scenari, sulla base della frequenza dei fenomeni e delle pericolosità conseguente:

- Scenario frequente – pericolosità alta (P3/H) –  $Tr < 50/200$  anni (in base al tipo di fenomeno),
- Scenario poco frequente – pericolosità media (P2/M) –  $Tr 100/200$  e  $500$  anni,
- Scenario raro – pericolosità bassa (P1/L) –  $Tr > 500$  anni e/o massimo registrato.

Nel caso specifico si tratta di aree classificate come Scenario poco frequente – pericolosità media (P2/M).

Tutte le aree allagabili sul RSCM sono ricavate e derivate dal PAI aggiornato a livello Comunale: si tratta di aree classificate quali “Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio: Eb – pericolosità moderata”.

Tale classificazione comporta, secondo le procedure di redazione del PGRA l’inserimento nelle aree allagabili sul RSCM con una pericolosità media (P2 – scenario poco frequente).

Tali aree sono quindi già inserite nello studio geologico comunale vigente alla scala del piano e correttamente perimetrate e normate sulla base delle NdA del PAI.

Nella nuova carta PAI – PGRA, prevista dalla DGR 6738/2017 e redatta ex novo nel presente aggiornamento del Piano, le aree sono inserite con la doppia classificazione.

Le immagini seguenti sono uno stralcio delle cartografie del PGRA per Dossena.

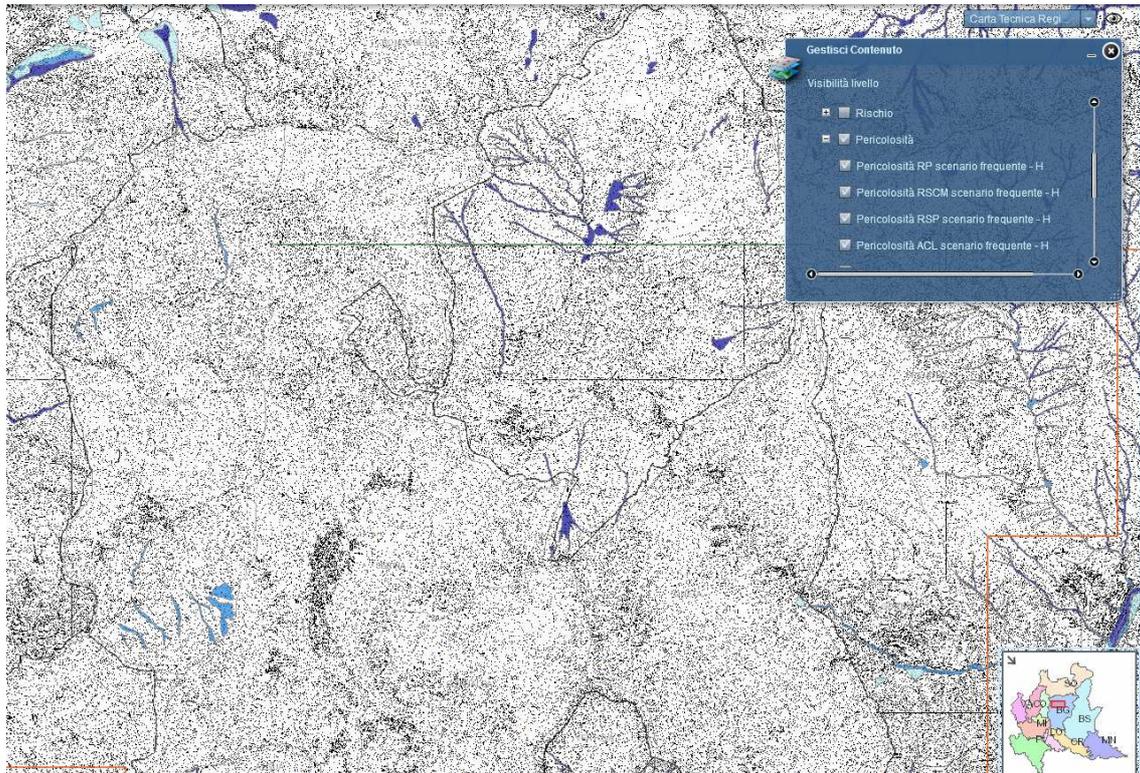


Fig. 1: Carta della pericolosità dell'intero territorio di Dosenna (Direttiva Alluvioni)

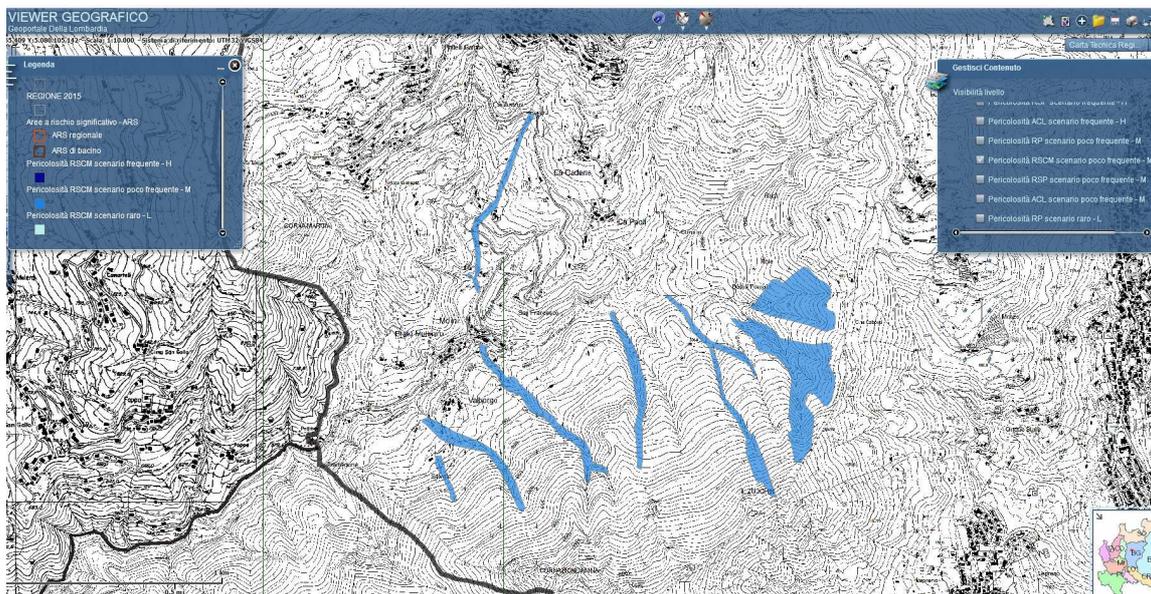


Fig. 2: Carta della pericolosità – dettaglio del settore sud del territorio di Dosenna (Direttiva Alluvioni)

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA**  
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

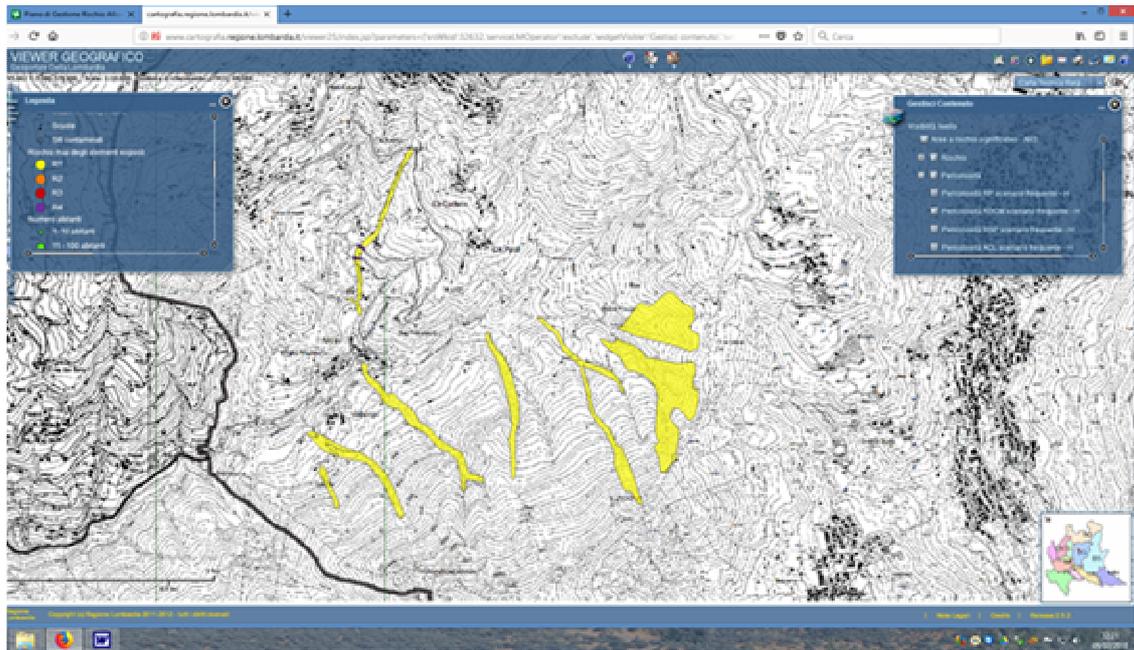


Fig. 3: Carta del rischio – dettaglio del settore sud del territorio di Dossena (Direttiva Alluvioni)

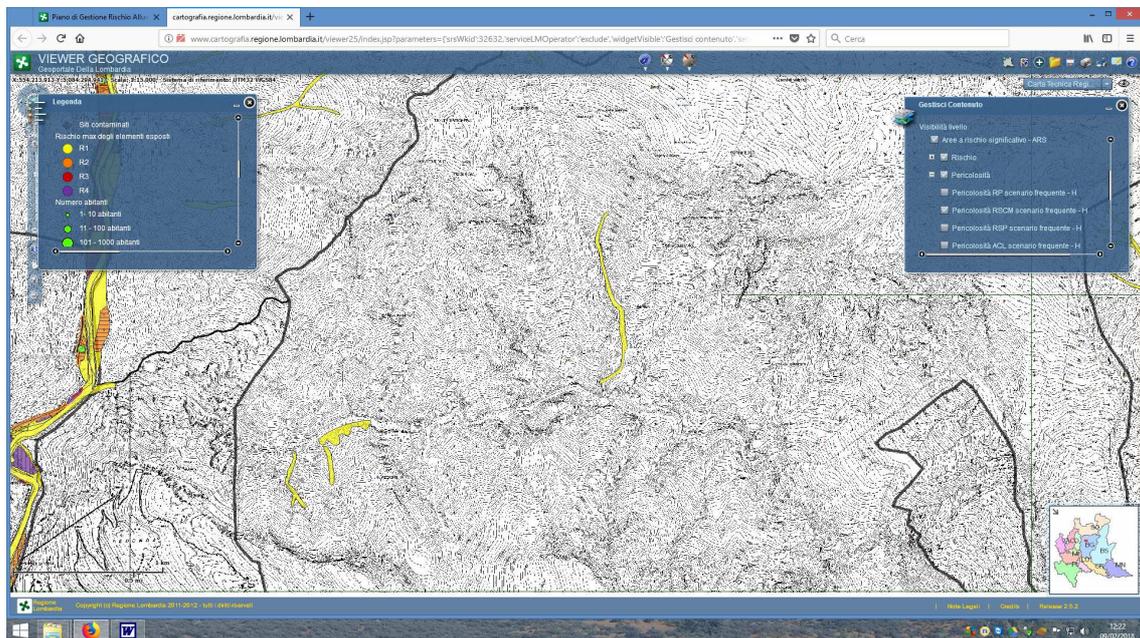
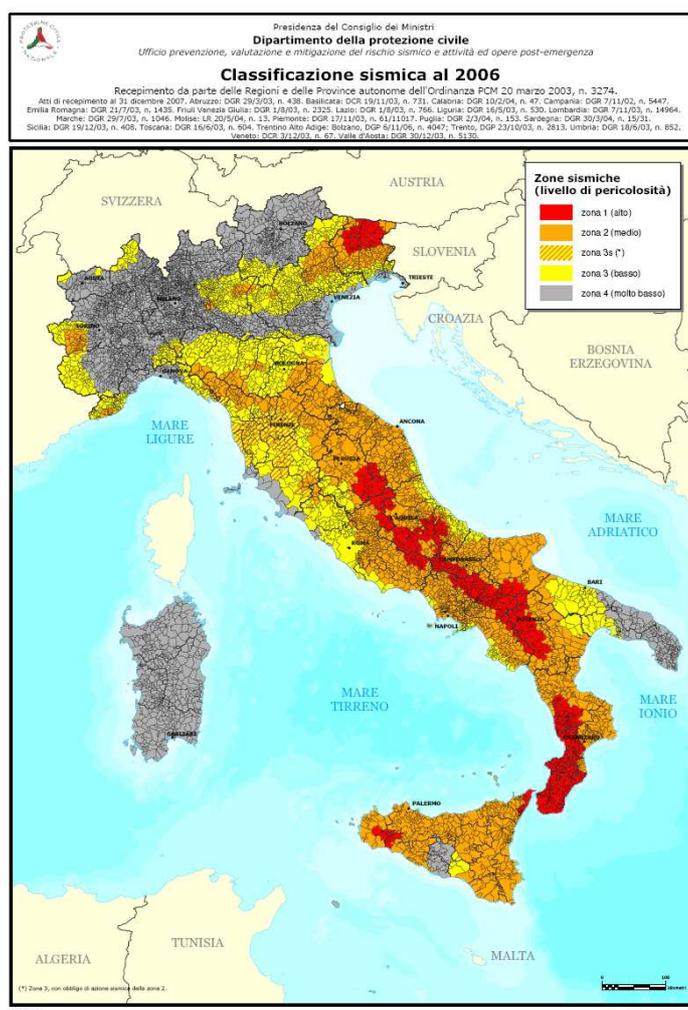


Fig. 4: Carta del rischio – dettaglio del settore nord del territorio di Dossena (Direttiva Alluvioni)

#### **4.0 COMPONENTE SISMICA: CRONISTORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

Il Comune di Dosseña precedentemente al 2003 non era considerato comune sismico e non rientrava in alcuna classificazione.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 introdusse le nuove classificazioni sismiche per tutto il territorio nazionale lasciando alle Regioni la facoltà di poter modificare i parametri del proprio territorio. La mappa nazionale, aggiornata al 2006 è di seguito riportata.



Tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, con grado di rischio decrescente dalla 1 alla 4 secondo il seguente schema:

- **Zona 1** (rischio alto) - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
- **Zona 2** (rischio medio) - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- **Zona 3** (rischio basso) - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- **Zona 4** (rischio molto basso) - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

La suddivisione in classi deriva dalla valutazione della pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale, valutata come accelerazione orizzontale massima al suolo, dovuta al sisma, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno del sisma di 475 anni), in base alla seguente distinzione:

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore dell'OPCM sopra indicata tutto il territorio nazionale venne classificato sismico, con differenti livelli, ed anche il territorio di Dossena entrò in questa classificazione in zona sismica 4, quella con il grado minore.

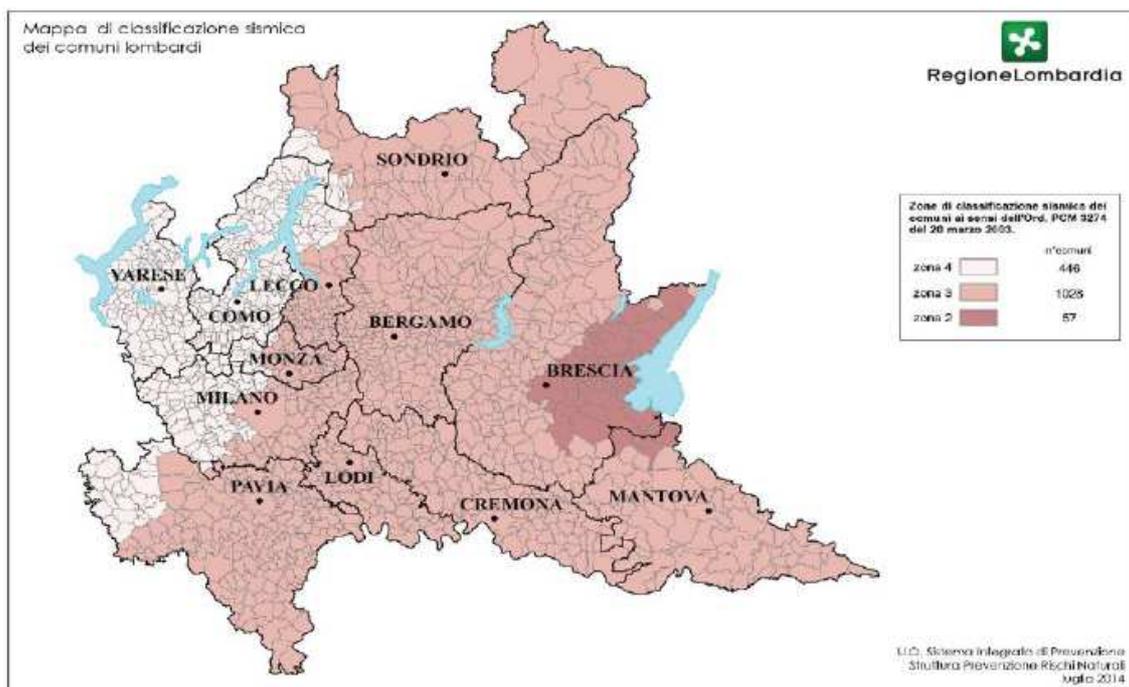
Regione Lombardia, nella prima fase di applicazione delle nuove disposizioni nazionali, approvò integralmente la classificazione nazionale, senza proporre alcuna modifica.

Recentemente, anche a seguito del forte evento sismico che ha colpito i territori delle Province di Mantova e Modena, la Regione Lombardia ha approvato, con il D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129, una nuova classificazione sismica del territorio Regionale.

La classificazione, dopo svariate proroghe, è entrata definitivamente in vigore nell'aprile 2016 ed il Comune di Dossena è stato inserito direttamente in **classe sismica**

### 3.

Le figure seguenti rappresentano: la variazione di classificazione sismica della Regione Lombardia entrata in vigore con il la D.G.R. 2129 del 11/07/14 (fig. 6) e l'accelerazione sismica al suolo attesa a scala nazionale ed in dettaglio della stessa Regione Lombardia (fig. 7).



*Mappa classificazione sismica in vigore dal 14.10.2014  
(D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129 pubblicata sul BURL n.29 Serie Ordinaria del 16.07.2014)*

*Fig. 6: Nuova classificazione sismica della Regione Lombardia in cui tutta la Provincia di Bergamo è inserita in classe sismica 3*

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA**  
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

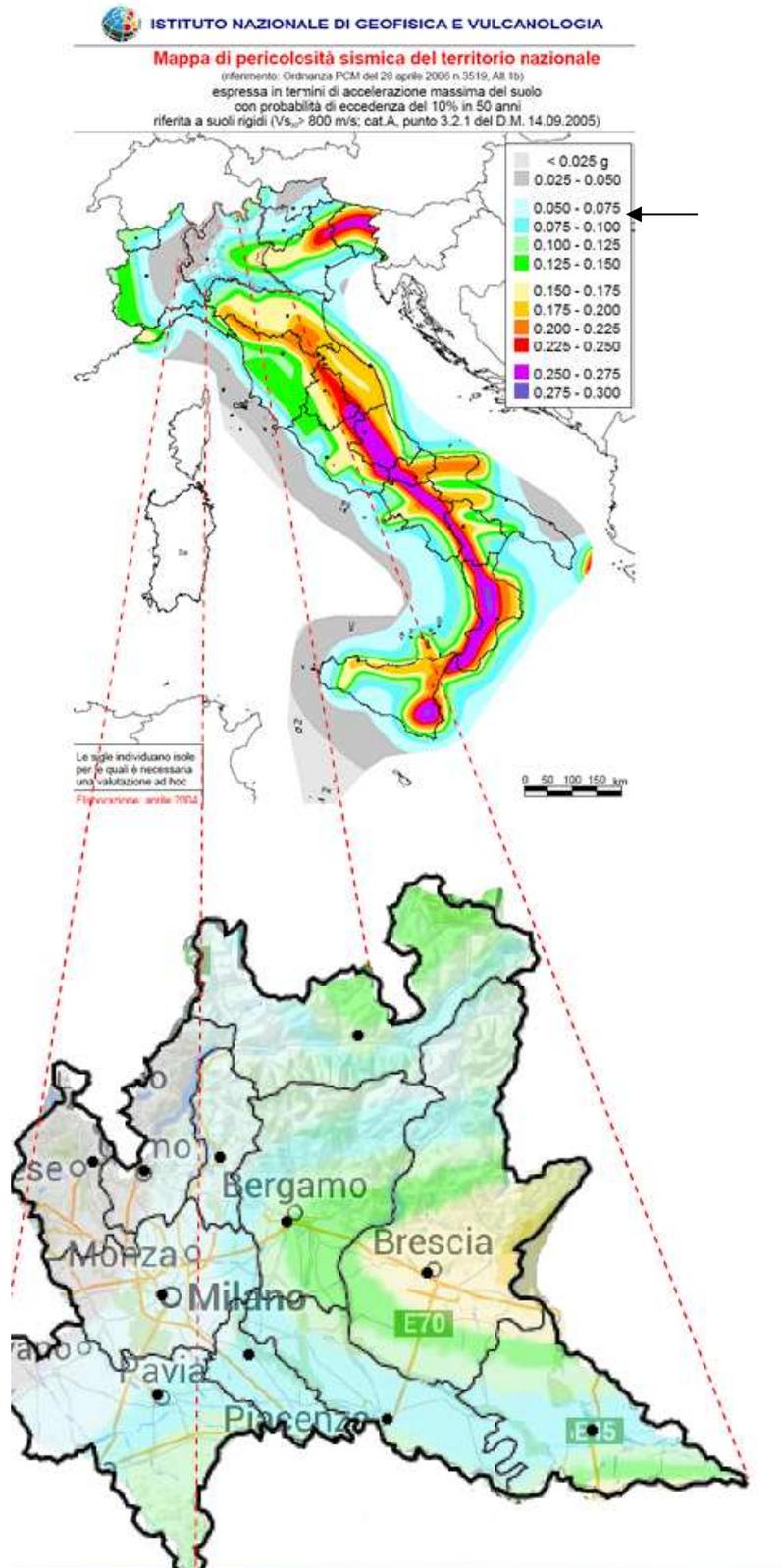


Fig. 7: Mappa dell'accelerazione sismica al suolo attesa a scala nazionale ed in dettaglio della Regione Lombardia

## **5.0 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO**

Il paragrafo precedente ha focalizzato la situazione relativa alla classificazione, in relazione al rischio sismico, del territorio Comunale di Dossena, sia passata che attuale, a seguito dell'entrata in vigore delle ultime disposizioni normative regionali in materia con il D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129.

La sismicità del nord Italia e della Lombardia in particolare è connessa, a grande scala, ai fenomeni attivi di convergenza tra la placca Adria e l'Europa (gli stessi che hanno generato la catena alpina), con fenomeni prevalentemente compressivi.

In questo contesto i terremoti avvengono tutti nella crosta superiore, con ipocentri a profondità variabili tra 5 e 15 km; in generale non si riscontra alcuna attività sismica nel mantello o nella crosta superiore.

In Lombardia la zona maggiormente sismica è al margine della Pianura Bresciana e nella zona del Lago di Garda, estremità sud del sistema di faglie delle Giudicarie.

La motivazione di tale sismicità è connessa alla struttura geologica:

- nella zona della pianura bresciana sono presenti nel sottosuolo numerose superfici di scorrimento delle falde, superfici connesse alla strutturazione delle Alpi Meridionali ed alla migrazione verso sud delle falde;
- nella zona del Garda i terremoti sono connessi ai movimenti ed ai rilasci energetici lungo la linea delle Giudicarie.

L'immagine seguente rappresenta la distribuzione dei terremoti in Lombardia dal 1000 al 1984: l'area dei simboli è proporzionale alla magnitudo dei sismi stessi (il maggiore è quello della zona di Brescia del 1222).

La sismicità decresce in maniera evidente da est andando verso ovest.

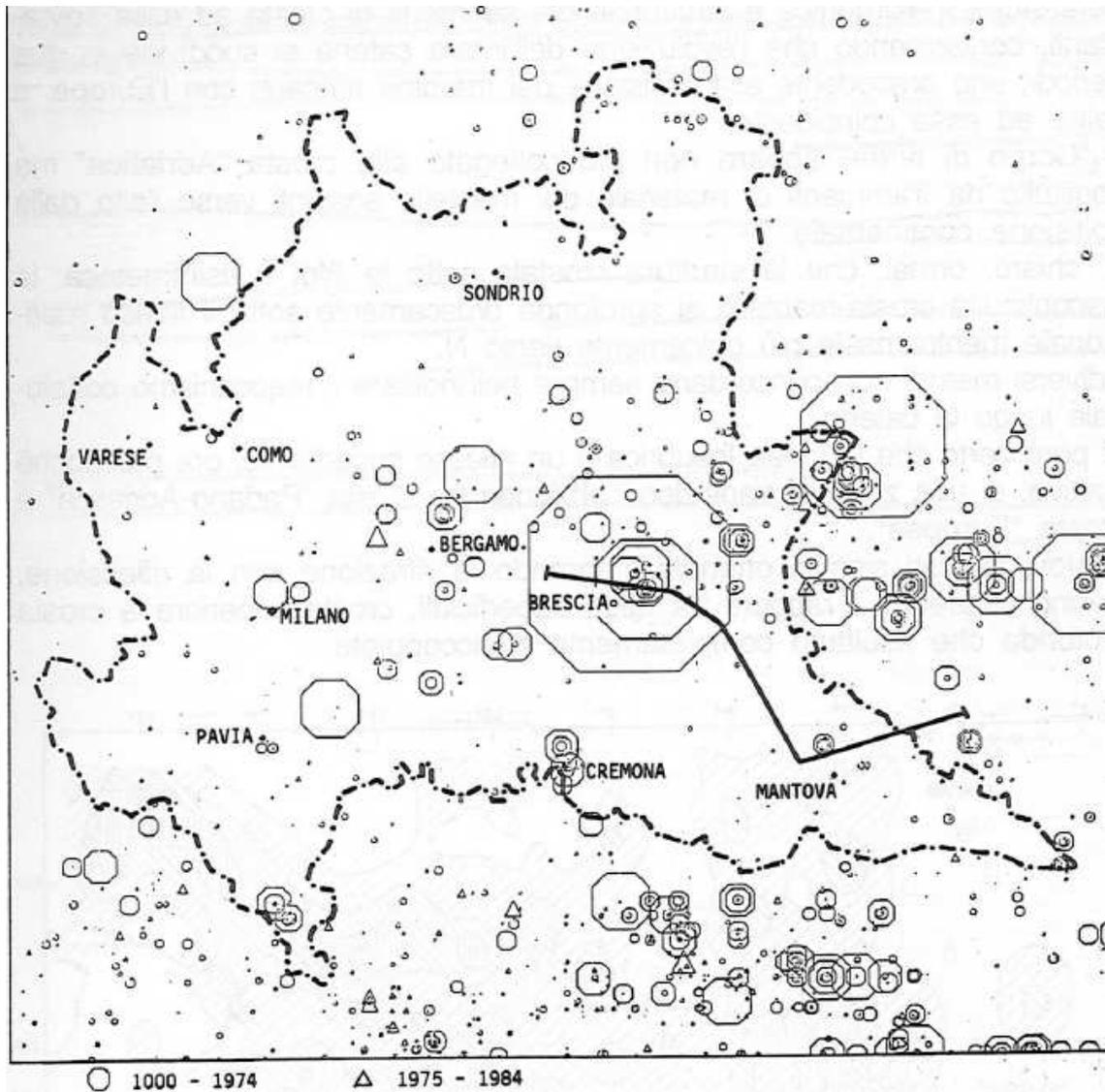


Fig. 8: *Mappa dei terremoti della Regione Lombardia dal 1000 al 1984 (tratta da “Guide Geologiche Regionali – Alpi e Prealpi Lombarde” – AAVV)*

L'immagine seguente rappresenta uno stralcio della zonazione sismogenetica ZS9, utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica di cui al precedente paragrafo.

Come si vede l'attività sismica nella zona Lombarda si concentra nelle Alpi Occidentali (zona 903) e nel Subalpino Meridionale (zona 907).

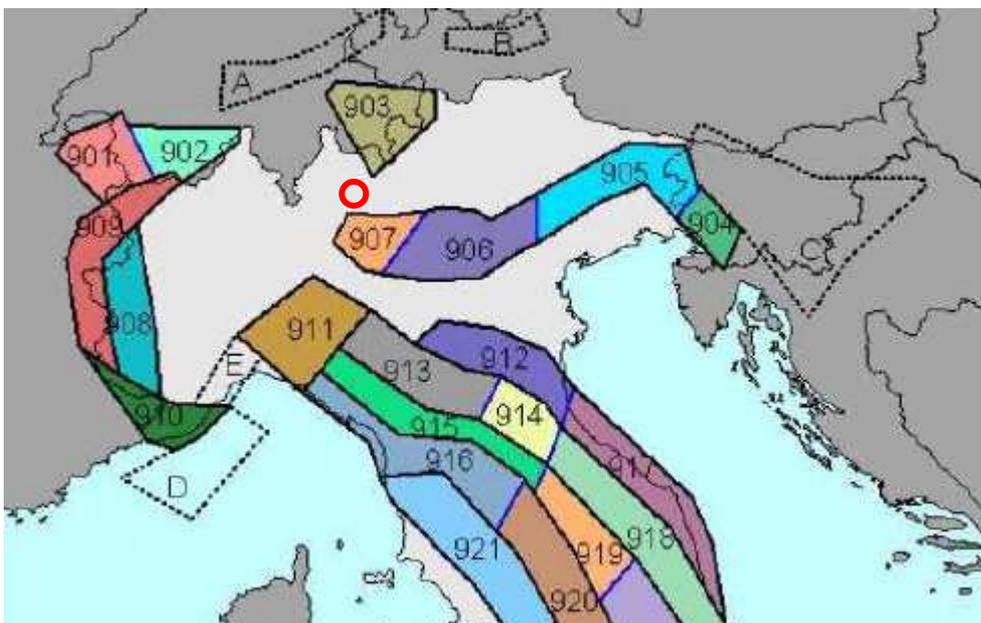


Fig. 9: Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

**In riferimento alla zonazione sismogenetica di cui alla fig. 9-10, il territorio di Dosenna è esterno a qualunque zona sismogenetica.**

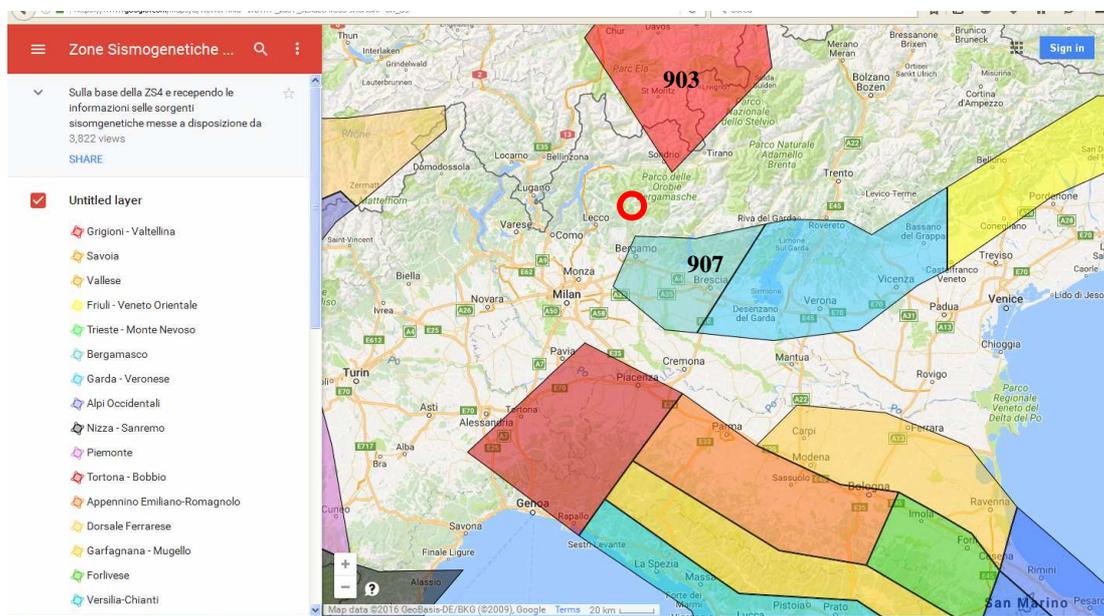


Fig. 10: Vista di dettaglio su google map della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

Il territorio Comunale si trova tra la zona 907 “Bergamasco” e la zona 903 “Grigioni – Valtellina”.

L'attinenza dal punto di vista geologico, considerata l'appartenenza del territorio di Dossena al complesso del Sud Alpino, è con la zona "907 – Bergamasco".

Si tratta di una zona caratterizzata da energia medio-bassa, con una localizzazione dei terremoti nella crosta superiore, con profondità variabili tra 5 e 15 km, mentre l'attività sismica della crosta inferiore e del mantello è praticamente nulla.

La massima magnitudo attesa stimata è pari a 5,91, aumentata a 6,14 per opportune adozioni in termini di sicurezza.

Per quanto riguarda le strutture sismogenetiche (ossia le strutture geologiche in grado di produrre e generare terremoti) è possibile fare riferimento al DISS ver. 3.2.0 – Database of Sismogenetic Sources (fig. 11).

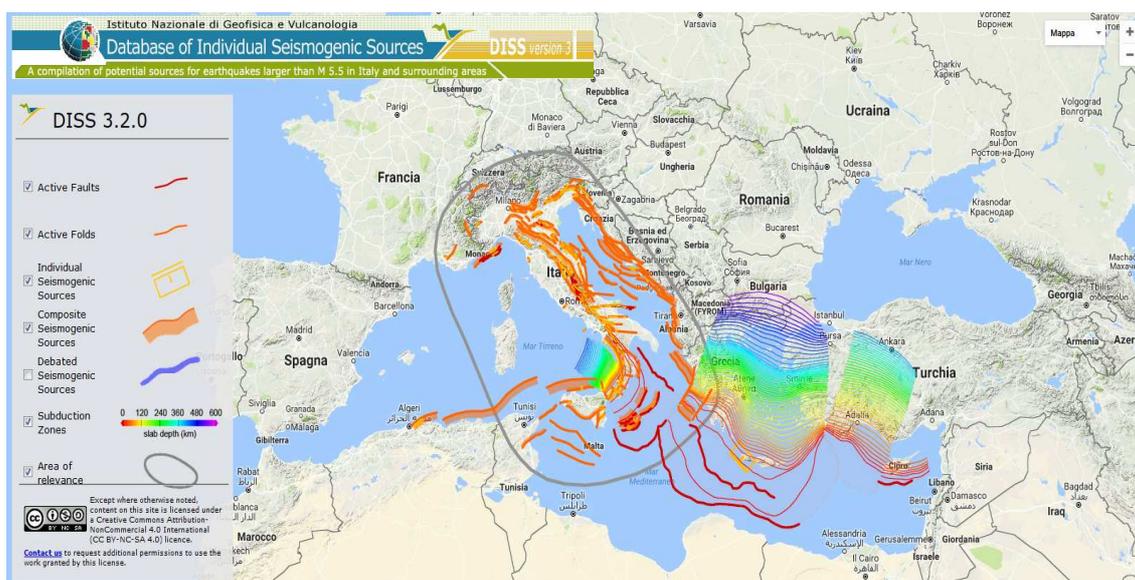


Fig. 11: Visualizzazione generale delle strutture sismogenetiche Italiane (DISS ver. 3.2.0)

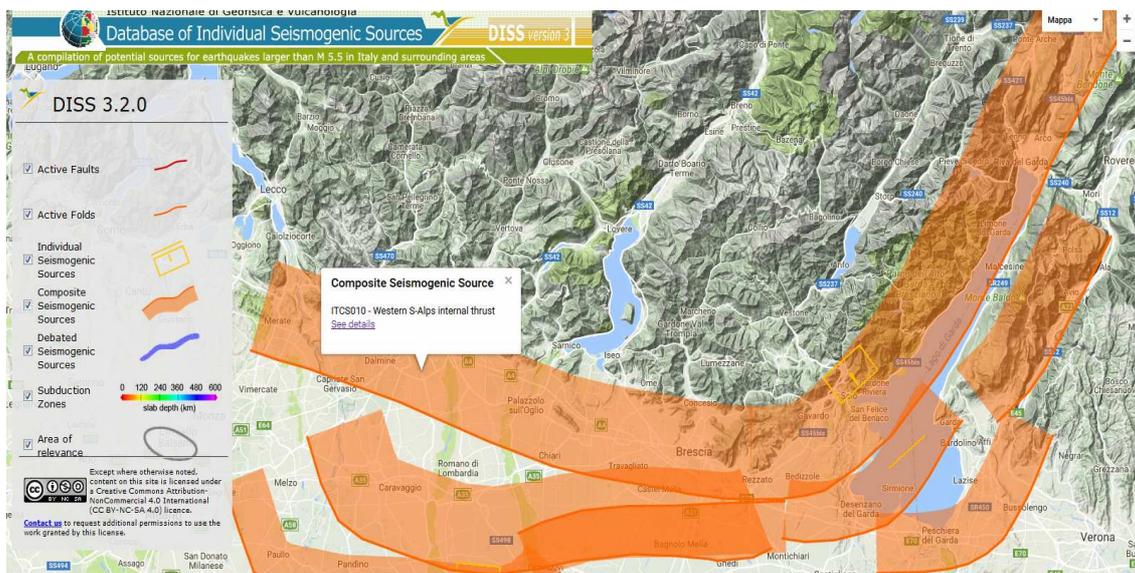


Fig. 12: Visualizzazione di dettaglio delle strutture sismogenetiche tra le Province di BG e BS (DISS ver. 3.2.0)

Per l'area compresa tra le Province di Bergamo e Brescia, interessante anche il territorio di Dossena, la struttura sismogenetica di interesse è la ITCS010 "Western S-Alps internal thrust" (fig. 12).

Si tratta di una struttura geologica complessa e composita, che va dalla parte nord del Lago di Garda fino alle città di Bergamo e Brescia, con un andamento nord-est / sud-ovest nella porzione orientale, per poi divenire quasi est-ovest nella porzione centrale ed occidentale.

Questa struttura appartiene ad un fronte di accavallamento interno, in connessione con il fronte di accavallamento tettonico del Sud Alpino (Giudicarie thrust system), con una direzione di vergenza delle falde verso sud ed una tettonica prevalentemente compressiva.

I cataloghi sismici strumentali e/o a carattere storico (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una

sismicità irregolare, con i fenomeni principali e di maggiore intensità presso la zona Gardesana.

In particolare i cataloghi storici individuano una serie di eventi sismici con una magnitudo compresa tra Mw 4.6 e 5.0, che potrebbero essere stati generati da questa sorgente composita.

*Le profondità minima e massima degli ipocentri sono basate sui dati delle strutture geologiche e sono variabili tra 5.0 and 12.0 km.*

Il tasso di movimento basato su dati geodinamici a carattere regionale è dell'ordine di 0.1 – 0.5 mm/y.

*La massima magnitudine attesa, ipotizzata in modo cautelativo in base alle informazioni sismologiche e geologiche regionali, è stimata in Mw 4.95.*

La distribuzione generale dei terremoti storici fino al 1984 in Regione Lombardia è visualizzata in fig. 8.

Di seguito è riportato il risultato dell'interrogazione effettuata al Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016).

Il Database fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

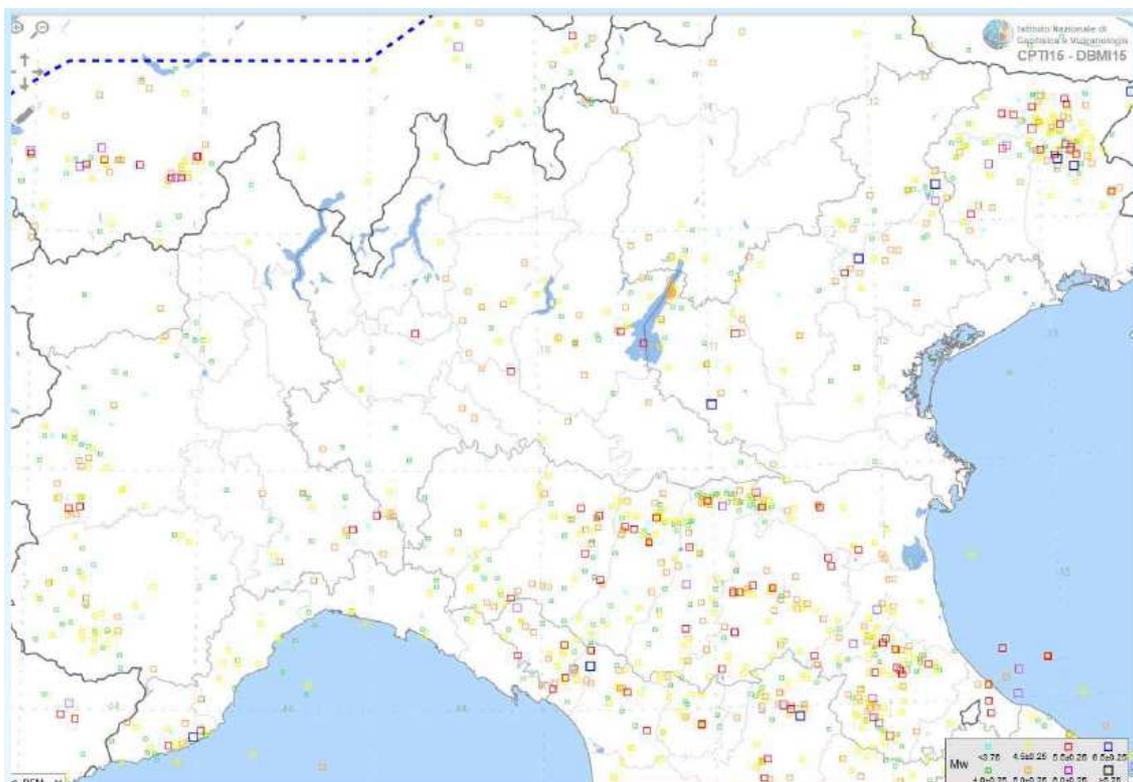


Fig. 13: Interrogazione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 per il Nord Italia.

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
3	1991	11	20	01	54	1	Grigionis, Vaz	468	6	4.70
3-4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

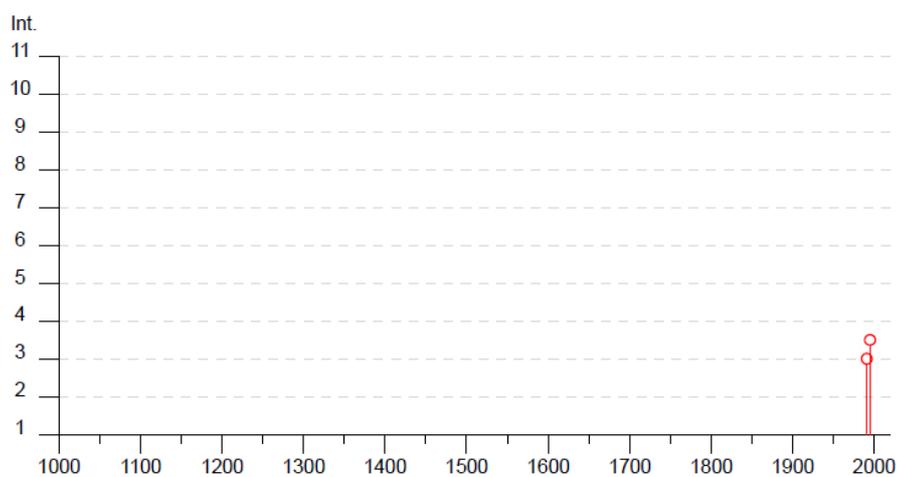


Fig. 14: Interrogazione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 per il Comune di Dosseña.

La ricerca effettuata per il Comune di Dossena evidenzia la presenza di possibili effetti solo in 2 terremoti (Val Venosta e Lago D'Iseo), con un'intensità epicentrale  $I_0 = 5-6$  ed una magnitudo momento  $M_w = 4,35 - 4,78$ .

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al possibile sisma atteso / di riferimento ed alle relative accelerazioni al suolo per il Comune di Dossena si è fatto riferimento agli studi di "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R- $\epsilon$ " a cura di Spallarossa e Barani del 2007.

L'analisi della disaggregazione dei valori di accelerazione  $a(g)$  riporta, per ogni nodo della carta di pericolosità sismica la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori magnitudo e distanza del sisma che contribuisce alla valutazione stessa della pericolosità.

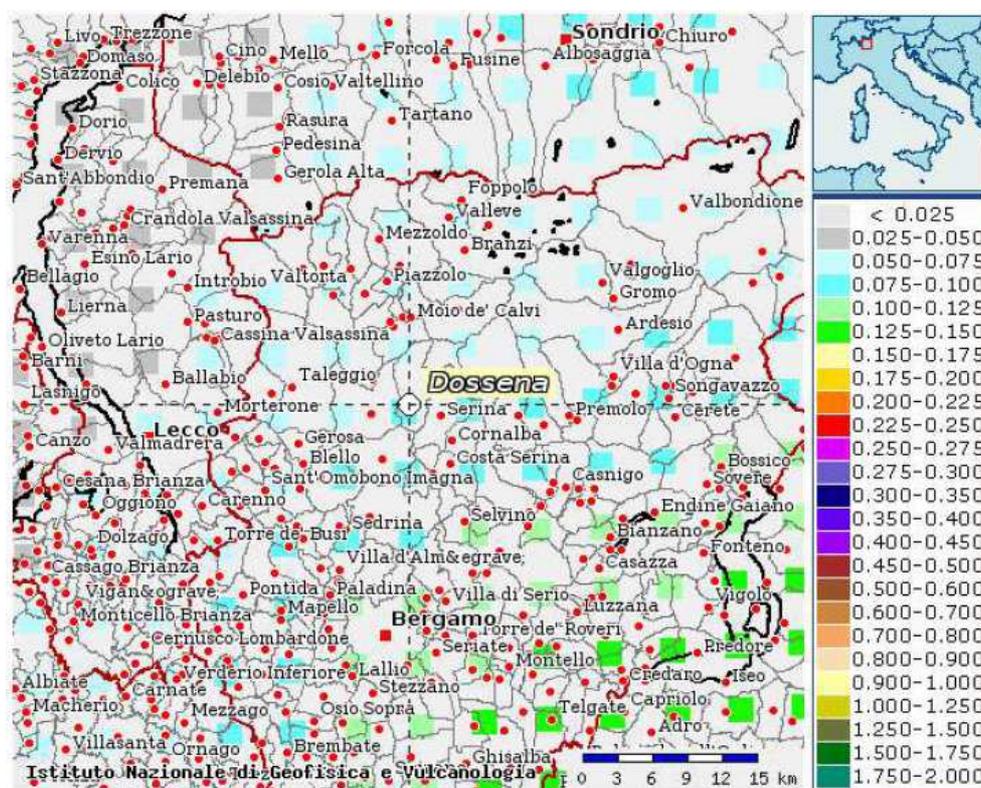


Fig. 15: Estratto mappa di pericolosità sismica in termini di  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni per il Comune di Dossena

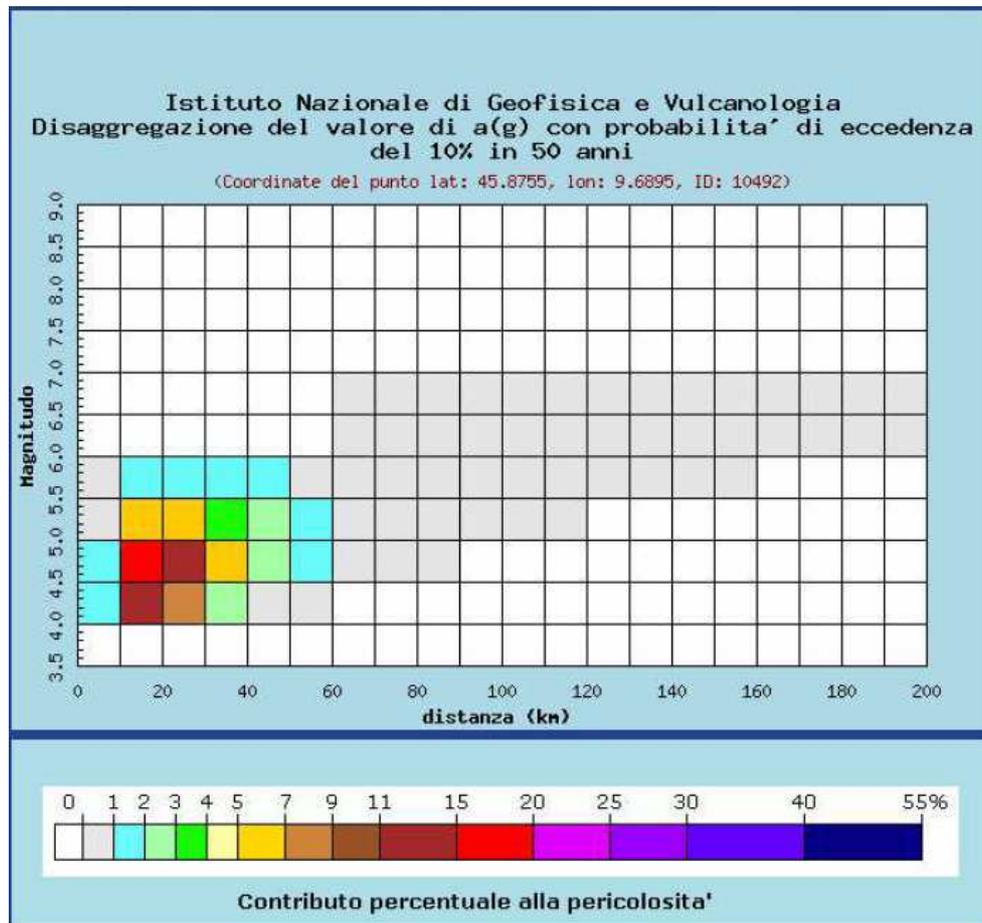


Fig. 16: Grafico di disaggregazione Magnitudo – distanza per la cella rappresentativa del Comune di Dossena

Per il territorio di Dossena è possibile ricavare i seguenti valori:

- il parametro dello scuotimento con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni è variabile tra 0,075 e 0,100, coerente con la zona sismica 3;
- sisma: magnitudo = 4,870– distanza = 27,70 Km.

## **6.0 PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

La Regione Lombardia con D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/2005, successivamente modificata dalla n° 8/7374 del 28/05/2008 e dalla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011, ha emanato i “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”.

I criteri hanno sostituito la metodologia di analisi riportata in un precedente studio dal titolo “Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996”, inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei P.R.G., in attuazione dell’art. 3 della l.r. 41/97.

Lo scopo dell’analisi è quello di individuare, al livello dell’intero territorio comunale, tutte le potenziali condizioni di “pericolosità sismica locale”, ovvero sia quelle particolari caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio che possono causare una accentuazione del fenomeno sismico e dei suoi effetti sull’abitato.

Le condizioni di pericolosità sismica locale fanno riferimento a due condizioni fondamentali:

- effetti di amplificazione del sisma (dovuti a particolari condizioni di carattere geologico e/o topografico)
- effetti di “instabilità” dei terreni per l’azione sismica (frane, liquefazioni, densificazione dei suoli, ecc.).

La metodologia introdotta dalla Regione Lombardia per affrontare le problematiche sopra riportate deriva da uno studio pilota effettuato dal Politecnico di Milano per conto

della stessa Regione su alcune aree campione, dalle cui risultanze sono poi state derivate le norme e le indicazioni per tutti i Comuni della Lombardia.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

*La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.*

I primi due livelli sono obbligatori (in base alle diverse condizioni) in fase di pianificazione, mentre il terzo livello è obbligatorio in fase di progettazione delle opere in casi specifici (quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per le aree di possibile amplificazione; per aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per edifici di particolari caratteristiche).

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito puntualizzati:

*1° livello*

E' una fase prettamente qualitativa, che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti; la stessa prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma (per maggiori dettagli vedi paragrafo seguente).

*2° livello*

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

*3° livello*

In questo caso si tratta di procedure molto complesse da attuare in fase di progettazione quando il 2° livello verifica l'inadeguatezza della norma oppure in caso di particolari condizioni geologiche specifiche.

Nel 2013 il Comune di Dossena era in classe sismica 4 e quindi, in fase di studio geologico di supporto al PGT, era stato effettuato l'approfondimento di 1° livello, sull'intero territorio, in coerenza con le norme Regionali.

*La riclassificazione sismica del territorio, con il passaggio alla zona sismica 3, comporta la necessità di eseguire anche le analisi di 2° livello per gli eventuali scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili (con la sola esclusione della aree già inedificabili per altri motivi), sulla base dello schema delle norme regionali di seguito riportato:*

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione (PSL = pericolosità sismica locale)		
	1° Livello Fase pianificatoria	2° Livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
<i>Zona sismica 2-3</i>	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato o urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5
<i>Zona sismica 4</i>	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti

## **7.0 ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO**

Prima di procedere con le analisi di secondo livello si ritiene opportuno riepilogare i risultati delle analisi di primo livello effettuate nell'aggiornamento dello studio geologico del 2009, perché tali analisi costituiscono la base di quelle che si andranno ad effettuare di seguito nel presente lavoro.

Il 1° livello si basa su un approccio qualitativo e comporta la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) (Tavola 6 dello studio geologico vigente), direttamente derivata dai dati contenuti nelle carte di inquadramento geologico-geomorfologico del territorio comunale.

La raccolta sistematica di osservazione sui diversi effetti prodotti dai terremoti in funzione di parametri geologici, topografici e geotecnici, ha permesso di definire un numero limitato di situazioni tipo (scenari di pericolosità sismica locale) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

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.

Tra i principali dati da utilizzare vi sono: la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica, i risultati delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, ecc..

Il 1° livello è obbligatorio per tutti i comuni ed è esteso a tutto il territorio comunale.

Gli scenari di pericolosità sismica locale proposti dalla normativa vigente in Regione Lombardia, ed i relativi effetti, che devono essere individuati anche in via potenziale con le analisi di primo livello, sono illustrati nella tabella sottostante:

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona parzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zona con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o 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 fluvioglaciali 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 (comprese coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse	Cedimenti differenziali

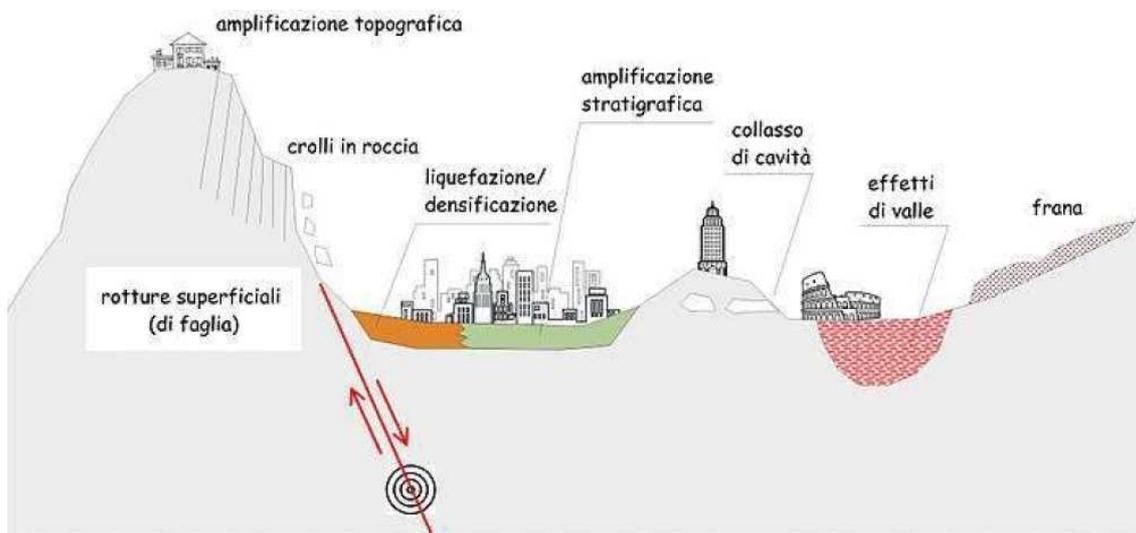


Fig. 17: Schematizzazione dei più comuni scenari di pericolosità sismica locale

Il Comune di Dosseña è caratterizzato da un territorio montano, fortemente articolato, sia dal punto di vista orografico che da quello geologico.

La carta della pericolosità sismica di 1° livello ha individuato possibili scenari di amplificazione / pericolosità sismica afferenti a quasi tutte le tipologie previste dalla normativa, con la sola esclusione della casistica Z2 (cedimenti e/o liquefazioni).

Per gli scenari Z3 e Z4 evidenziati nel territorio di Dossena la normativa prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento *per le aree urbanizzate e di possibile espansione, con l'esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi.*

Di seguito si procede al dettaglio degli approfondimenti effettuati per le due casistiche.

## **8.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO – AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA**

Di seguito si illustrano, in dettaglio, le analisi eseguite, le procedure adottate, le scelte effettuate ed i risultati ottenuti per le analisi sugli scenari connessi all'amplificazione topografica.

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfo-metrico e morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile, con particolare riferimento alle CTR di Regione Lombardia ed all'aerofotogrammetrico Comunale di Dossena.

### **8.1 Z3A – ZONA DI CIGLIO $H > 10 m$**

In questa categoria nel territorio di Dossena sono state censite una serie di scarpate, in parte associate a incisioni vallive, dovute sia alla dinamica dei corsi d'acqua sia al forte controllo gravitativo e geologico strutturale sulla morfologia dell'area.

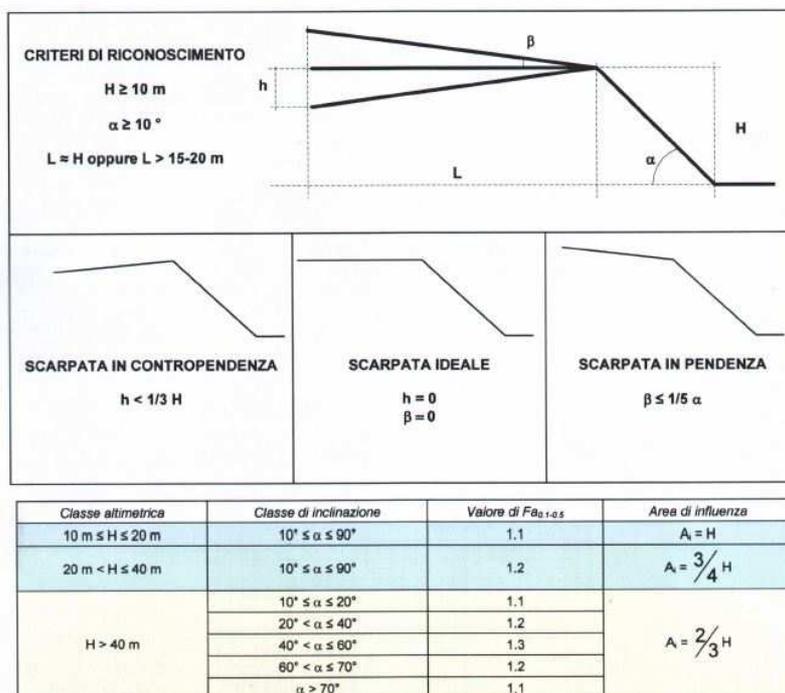
Le scarpate principali che interessano aree abitate sono legate ai vecchi fronti di cava nei pressi del campo sportivo in località Gromasera ed all'incisione della Valle Asnera in località Molini, nella porzione sud del territorio comunale.

I cigli oggetto di analisi hanno un'altezza compresa tra 30 e 80 metri.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per l'amplificazione topografica, sulla base delle sezioni analizzate attraverso le scarpate individuate.

I parametri geometrici di riferimento sono definiti dalla figura allegata, tratta dalle norme regionali.

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA**  
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna



La procedura prevede, a questo punto, il confronto tra i valori di  $F_a$  calcolati ed i valori di  $St$  delle Norme Tecniche delle Costruzioni.

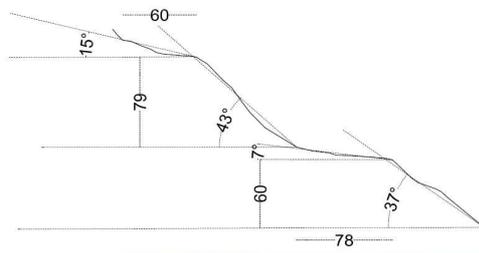
Il valore  $St$  rappresenta il valore soglia oltre al quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere conto della reale amplificazione del sito.

Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2. V della N.T.C.):

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Di seguito l'analisi delle singole sezioni ed i valori di riferimento:

**Sezione n° 1**



***Scarpata 1***

*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 43^\circ$   $\beta = 15^\circ$   
H max = 79 m L = 60 m

*Verifiche di riconoscimento*

H > 10 m  $\alpha > 10^\circ$  L > 15 – 20 m >>> SCARPATA  
 $0 < \beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

*Classe altimetrica:* H > 40 m

*Classe di inclinazione:*  $40^\circ < \alpha < 60^\circ$

Valore di  $Fa_{0,1-0,5}$ : 1,3 (+ 0,1) = 1,4

Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 53$  m

***Categoria topografica T2 = St 1.2 < Fa***

***Scarpata 2***

*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 37^\circ$   $\beta = 7^\circ$   
H max = 60 m L = 78 m

*Verifiche di riconoscimento*

H > 10 m  $\alpha > 10^\circ$  L > 15 – 20 m >>> SCARPATA  
 $0 < \beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

*Classe altimetrica:* H > 40 m

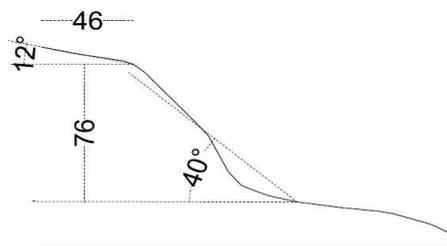
*Classe di inclinazione:*  $20^\circ < \alpha < 40^\circ$

Valore di  $Fa_{0,1-0,5}$ : 1,2 (+ 0,1) = 1,3

Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 40$  m

***Categoria topografica T2 = St 1.2 < Fa***

Sezione n° 2



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 40^\circ$   $\beta = 12^\circ$   
H max = 76 m L = 46 m

*Verifiche di riconoscimento*

H > 10 m  $\alpha > 10^\circ$  L > 15 – 20 m >>> SCARPATA  
0 <  $\beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

Classe altimetrica: H > 40 m

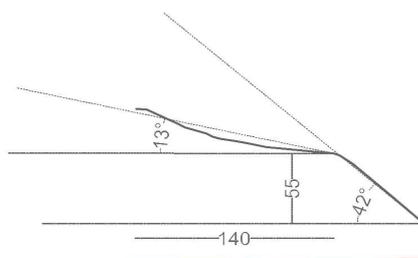
Classe di inclinazione:  $20^\circ < \alpha < 40^\circ$

Valore di  $Fa_{0.1-0.5}$ : 1,2 (+ 0,1) = 1,3

Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 51$  m

**Categoria topografica T2 = St 1.2 < Fa**

Sezione n° 3



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 42^\circ$   $\beta = 13^\circ$   
H max = 55 m L = 140 m

*Verifiche di riconoscimento*

H > 10 m  $\alpha > 10^\circ$  L > 15 – 20 m >>> SCARPATA  
0 <  $\beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

Classe altimetrica: H > 40 m

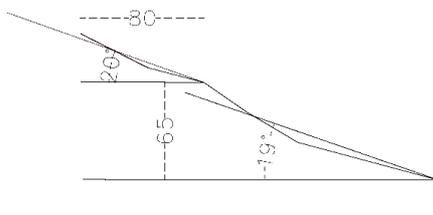
Classe di inclinazione:  $40^\circ < \alpha < 60^\circ$

Valore di  $Fa_{0.1-0.5}$ : 1,3 (+ 0,1) = 1,4

Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 36$  m

**Categoria topografica T2 = St 1.2 < Fa**

**Sezione n° 4**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 19^\circ$   $\beta = 20^\circ$

H max = 6.5 m L = 8.0 m

*Verifiche di riconoscimento*

H > 10 m  $\alpha > 10^\circ$  L > 15 – 20 m >>> SCARPATA

$0 < \beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

Classe altimetrica: H > 40 m

Classe di inclinazione:  $10^\circ < \alpha < 20^\circ$

Valore di  $Fa_{0.1-0.5}$ : 1,1 (+ 0,1) = 1,2

Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 4.3$  m

**Categoria topografica T2 = St 1.2 = Fa**

**Sezione n° 21**



***Scarpata 1***

*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha = 33^\circ$   $\beta = 14^\circ$

H max = 4.5 m L = 1.80 m

*Verifiche di riconoscimento*

$H > 10 \text{ m}$   $\alpha > 10^\circ$   $L > 15 - 20 \text{ m}$  >>> SCARPATA  
 $0 < \beta < 1/5 \alpha$  >>> SCARPATA IN PENDENZA

*Classe altimetrica:*  $H > 40 \text{ m}$   
*Classe di inclinazione:*  $20^\circ < \alpha < 40^\circ$

Valore di  $Fa_{0,1-0,5}$ :  $1,2 (+ 0,1) = 1,3$   
Area di influenza:  $\frac{2}{3} H = 23 \text{ m}$

*Categoria topografica*  $T2 = St 1.2 < Fa$

### **8.2 Z3b – ZONA DI CRESTA ROCCIOSA E/O COCUZZOLO**

Questo elemento morfologico è presente in modo massiccio su tutto il territorio comunale; l'area di Dossena infatti è caratterizzata da una morfologia prevalentemente "a dossi", come ricorda il toponimo stesso e da frequenti incisioni vallive.

In questa categoria, le forme che interferiscono con i nuclei abitati si racchiudono in un'area di circa 4 chilometri quadrati. L'abitato di Dossena è bordato a nord da una lunga cresta che si sviluppa con direzione est-ovest, ad est da una cresta orientata circa nord-sud che separa il versante su cui è impostato il centro abitato dal versante destro della Val Canali; questa cresta si estende verso sud-ovest, interessando la località Ca' Paoli e chiudendosi in corrispondenza della Valle Bretta.

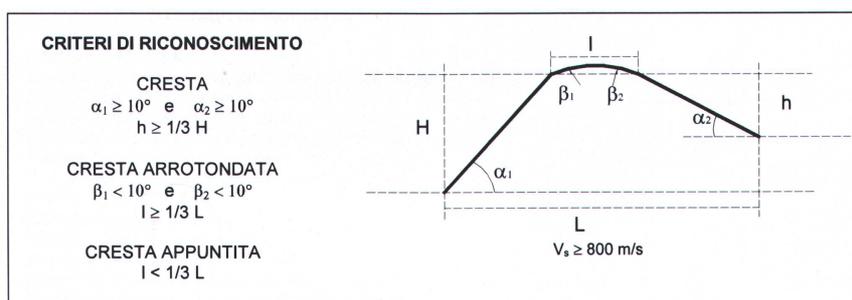
La parte bassa del paese è bordata a ovest da una lunga cresta che attraversa con direzione nord-sud la località Ca' Astori.

Altre forme, seppur di estensione più limitata, si trovano nella porzione sud-ovest del territorio comunale tra le località Prato Molinaro e Gromasera e, nella porzione più orientale verso il Passo della Crocetta.

Dal punto di vista geologico le creste sono caratterizzate, in prevalenza, da substrato roccioso subaffiorante, generalmente ricoperto da depositi eluvio-colluviali con spessori

variabili. In alcuni casi si riconoscono creste originate dai fenomeni gravitativi, con orientazione perpendicolare alle linee di massima pendenza.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per l'amplificazione topografica, sulla base delle sezioni analizzate attraverso le creste individuate. I parametri geometrici di riferimento sono definiti dalla figura allegata, tratta dalle norme regionali.



La procedura prevede, come per l'analisi delle "Zone di scarpata", il confronto tra i valori di Fa calcolati ed i valori di St delle Norme Tecniche delle Costruzioni.

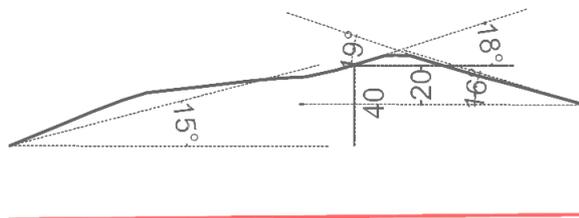
Il valore St rappresenta il valore soglia oltre al quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere conto della reale amplificazione del sito.

Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2. V della N.T.C.):

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Di seguito l'analisi delle singole sezioni ed i valori di riferimento:

**Sezione n° 5**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 15° e 16°  
 Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 18° e 19°  
 $H = 40$  m,  $h = 20$  m,  $L = 275$  m,  $l = 45$  m

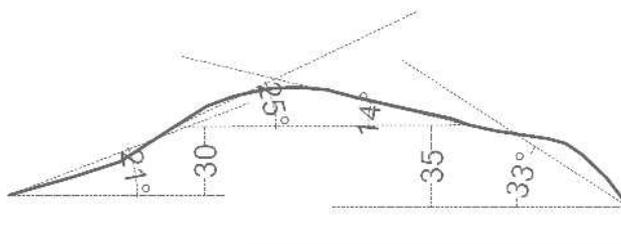
*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

$250 < L < 350$  >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,93H/L}$   
 $H/L = 40/275 = 0,15$   
 $Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

**Sezione n° 6**



*Dati topografici*

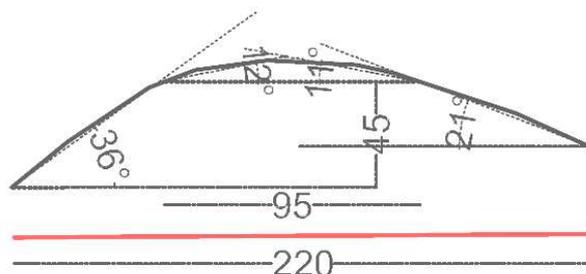
Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 33° e 21°  
 Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 14° e 25°  
 $H = 35$  m,  $h = 30$  m,  $L = 275$  m,  $l = 131$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,47H/L}$   
 $H/L = 35/275 = 0,13$   
 $Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica  $T3 = St 1,2 = Fa$**

**Sezione n° 7**



***Dati topografici***

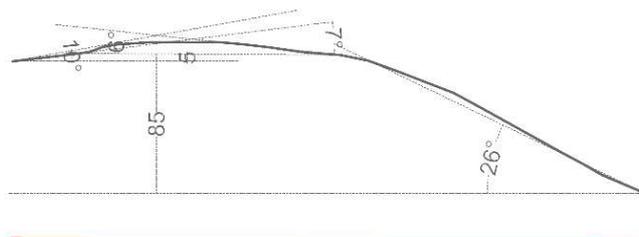
Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ :  $36^\circ$  e  $21^\circ$   
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $12^\circ$  e  $11^\circ$   
 $H = 45$  m,  $h = 25$  m,  $L = 220$  m,  $l = 95$  m

***Verifiche di riconoscimento***

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,47H/L}$   
 $H/L = 45/220 = 0,20$   
 $Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$

**Categoria topografica  $T3 = St 1,2 < Fa$**

**Sezione n° 8**



***Dati topografici***

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ :  $26^\circ$  e  $10^\circ$   
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $6^\circ$  e  $7^\circ$   
 $H = 85$  m,  $h = 5$  m,  $L = 390$  m,  $l = 157$  m

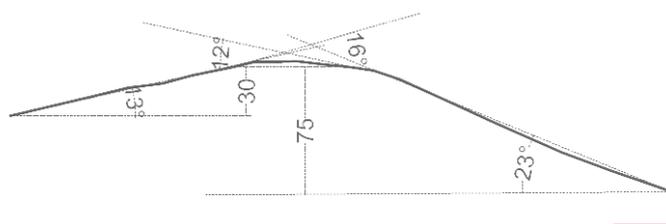
***Verifiche di riconoscimento***

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,47H/L}$   
 $H/L = 85/390 = 0,22$

$$Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

**Sezione n° 9**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 23° e 13°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 12° e 16°

H = 75 m, h = 30 m, L = 400 m, l = 90 m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

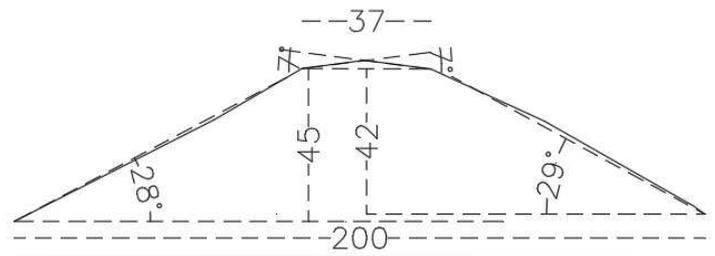
$L > 350$  >>>  $Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$

$H/L = 75/400 = 0,19$

$Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

**Sezione n° 10**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 28° e 29°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 7° e 7°

H = 45 m, h = 42 m, L = 200 m, l = 37 m

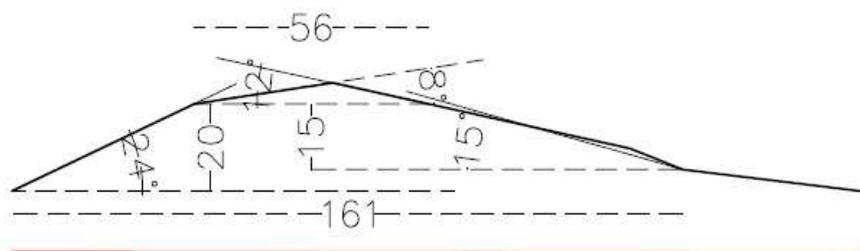
*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H \gg \gg$  CRESTA  
 $l < 1/3 L \gg \gg$  CRESTA APPUNTITA

$150 < L < 250 \gg \gg Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$   
 $H/L = 45/200 = 0,23$   
 $Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

**Sezione n° 11**



*Dati topografici*

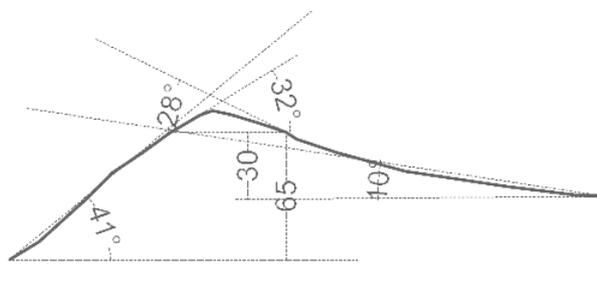
Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 24° e 15°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 8° e 12°  
 $H = 20$  m,  $h = 15$  m,  $L = 161$  m,  $l = 56$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H \gg \gg$  CRESTA  
 $l > 1/3 L \gg \gg$  CRESTA ARROTONDATA  $\gg \gg Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$   
 $H/L = 20/161 = 0,12$   
 $Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

**Sezione n° 12**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 41° e 10°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 32° e 28°

$H = 65 \text{ m}$ ,  $h = 30 \text{ m}$ ,  $L = 290 \text{ m}$ ,  $l = 55 \text{ m}$

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

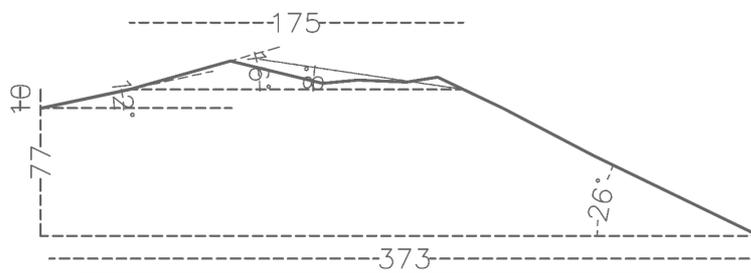
$250 < L < 350$  >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,93H/L}$

$H/L = 65/290 = 0,22$

$Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

**Sezione n° 13**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ :  $26^\circ$  e  $12^\circ$

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $8^\circ$  e  $16^\circ$

$H = 77 \text{ m}$ ,  $h = 10 \text{ m}$ ,  $L = 373 \text{ m}$ ,  $l = 175 \text{ m}$

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

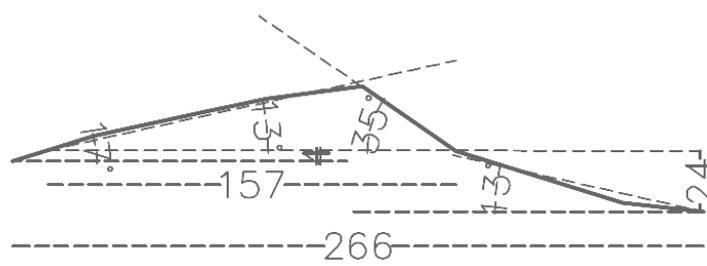
$l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,11H/L}$

$H/L = 77/373 = 0,21$

$Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

**Sezione n° 14**



*Dati topografici*

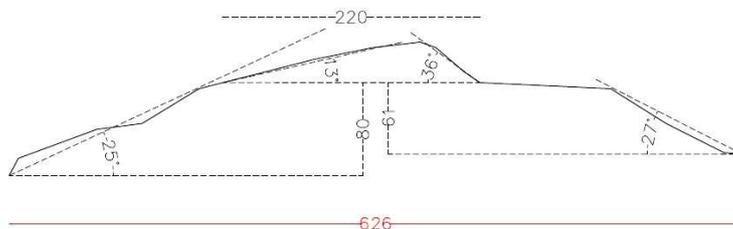
Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 13° e 17°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 35° e 13°  
H = 24 m, h = 4 m, L = 266 m, l = 157 m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$   
 $H/L = 24/266 = 0,21$   
 $Fa = 1,0 (+ 0,1) = 1,1$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 > Fa**

**Sezione n° 15**



*Dati topografici*

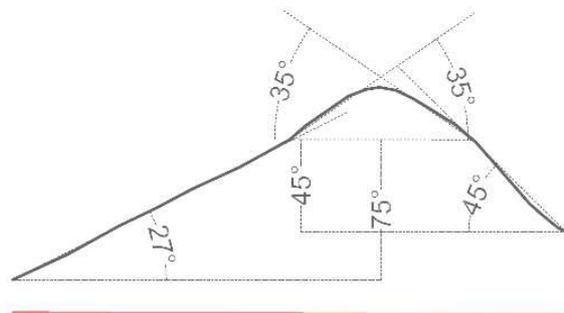
Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 25° e 27°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 13° e 36°  
H = 80 m, h = 61 m, L = 626 m, l = 220 m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$   
 $H/L = 80/626 = 0,13$   
 $Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

**Sezione n° 16**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 27° e 45°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 35° e 35°  
 $H = 75$  m,  $h = 45$  m,  $L = 290$  m,  $l = 94$  m

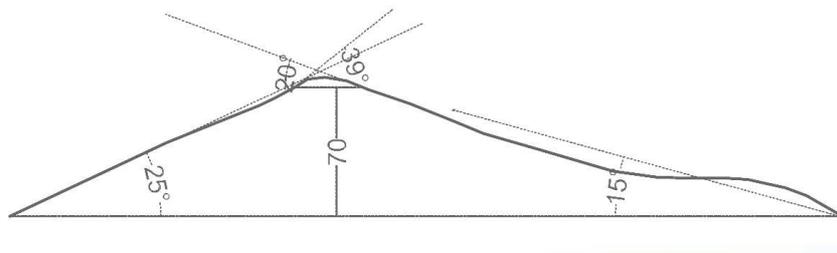
*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

$250 < L < 350$  >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0,93H/L}$   
 $H/L = 75/290 = 0,26$   
 $Fa = 1,3 (+ 0,1) = 1,4$

**Categoria topografica T4 = St 1,4 = Fa**

**Sezione n° 17**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 25° e 15°  
Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 39° e 20°  
 $H = 70$  m,  $h = 70$  m,  $L = 450$  m,  $l = 37$  m

*Verifiche di riconoscimento*

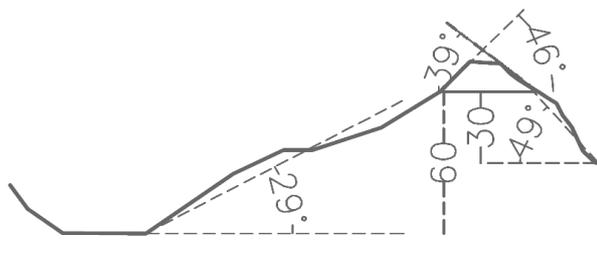
$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA  
 $l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

$250 < L < 350$  >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{1,11H/L}$   
 $H/L = 70/450 = 0,16$

$$Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

**Sezione n° 18**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 29° e 49°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 46° e 39°

H = 60 m, h = 30 m, L = 180 m, l = 39 m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

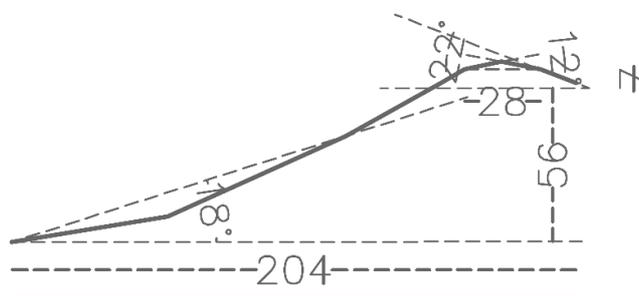
$150 < L < 250$  >>>  $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$

$H/L = 60/180 = 0,33$

$Fa = 1,3 (+ 0,1) = 1,4$

**Categoria topografica T4 = St 1,4 = Fa**

**Sezione n° 19**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 18° e 22°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 12° e 11°

H = 56 m, h = 7 m, L = 204 m, l = 28 m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

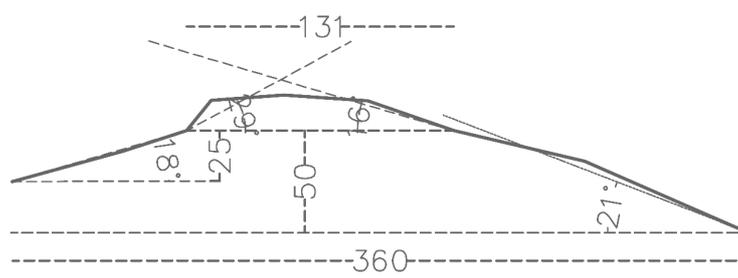
$150 < L < 250$  >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$

$H/L = 56/204 = 0,27$

$Fa = 1,2 (+ 0,1) = 1,3$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

Sezione n° 20



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 21° e 18°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ : 16° e 29°

$H = 50$  m,  $h = 25$  m,  $L = 360$  m,  $l = 131$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

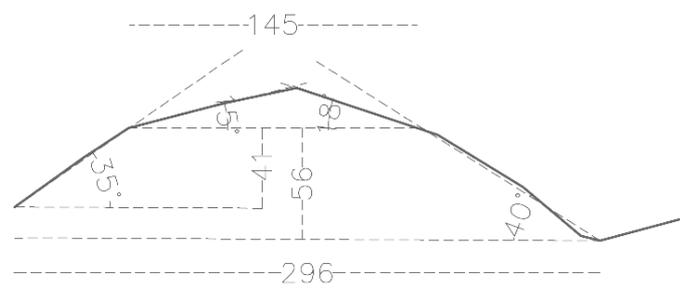
$l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA >>>  $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$

$H/L = 50/360 = 0,14$

$Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

Sezione n° 22



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ : 40° e 35°

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $18^\circ$  e  $15^\circ$   
 $H = 56$  m,  $h = 41$  m,  $L = 296$  m,  $l = 145$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l > 1/3 L$  >>> CRESTA ARROTONDATA

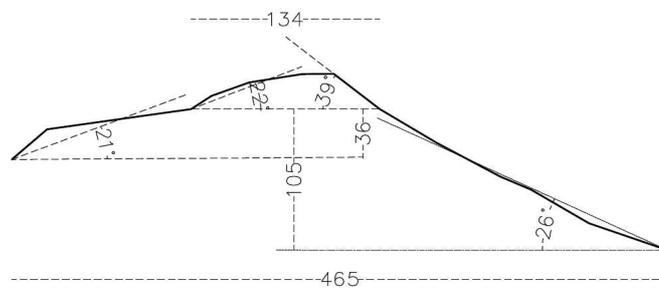
$250 < L < 350$  >>>  $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$

$H/L = 56/296 = 0,19$

$Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T4 = St 1,4 > Fa**

**Sezione n° 23**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ :  $26^\circ$  e  $21^\circ$

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $39^\circ$  e  $22^\circ$

$H = 105$  m,  $h = 36$  m,  $L = 465$  m,  $l = 134$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H$  – inclinazione  $\alpha_{1-2} > 10^\circ$  >>> CRESTA

$l < 1/3 L$  >>> CRESTA APPUNTITA

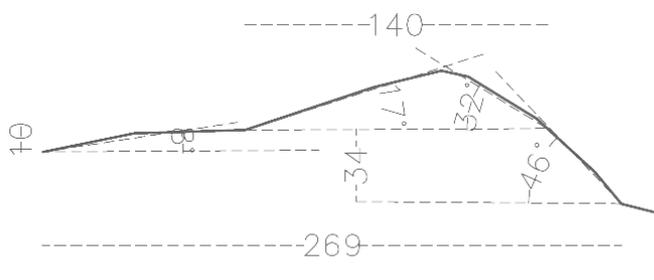
$L > 350$  >>>  $Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$

$H/L = 105/465 = 0,23$

$Fa = 1,3 (+ 0,1) = 1,4$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 < Fa**

**Sezione n° 24**



*Dati topografici*

Inclinazione del pendio  $\alpha_{1-2}$ :  $46^\circ$  e  $8^\circ$

Inclinazione della cresta  $\beta_{1-2}$ :  $32^\circ$  e  $17^\circ$

$H = 34$  m,  $h = 10$  m,  $L = 269$  m,  $l = 140$  m

*Verifiche di riconoscimento*

$h > 1/3 H \rightarrow \gg \gg$  CRESTA

$l > 1/3 L \gg \gg$  CRESTA ARROTONDATA  $\gg \gg Fa_{0.1-0.5} = e^{0,93H/L}$

$H/L = 34/269 = 0,13$

$Fa = 1,1 (+ 0,1) = 1,2$

**Categoria topografica T3 = St 1,2 = Fa**

### 8.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE ANALISI TOPOGRAFICHE

**I valori soglia calcolati sono in buona parte verificati.**

**Le aree non verificate sono riportate nella carta dedicata e sulle stesse si dovranno rispettare le indicazioni delle Norme Geologiche di Piano per l'aspetto specifico**

*Si rammenta che le verifiche sopra riportate sono valide per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 sec. (edifici bassi e tozzi, indicativamente fino ad un massimo di 5 piani e che rappresentano la totalità del costruito a Dossena), che sono gli unici coperti dalla procedura semplificata della Regione Lombardia.*

*Nel caso in cui si dovesse procedere alla realizzazione di edifici con periodo superiore (tipicamente 0.5 – 1.5 sec. – edifici alti e snelli) sarà necessario effettuare direttamente le verifiche di 3° livello.*

## **9.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO – AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA**

Di seguito si illustrano, in dettaglio, le analisi eseguite, le procedure adottate, le scelte effettuate ed i risultati ottenuti per le analisi sugli scenari connessi all'amplificazione litologica.

La delibera Regionale prevede quattro possibili tipologie: zona di fondovalle e di pianura, zona pedemontana di falde di detrito, zona morenica, zona con argille residuali.

*L'unica tipologia presenta a Dosseña è la Z4b*

*Z4b – Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre.*

In questa classe rientra tutta la fascia di raccordo con il fondovalle del versante nord del Monte Zucco.

La fascia è caratterizzata dalla presenza di depositi granulari di falda di detrito frammisti, nei pressi delle incisioni principali, a depositi di conoide detritico-alluvionale.

La normativa regionale prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento per le aree urbanizzate e di possibile espansione, con l'esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi.

Le verifiche di secondo livello si sono focalizzate sulle aree abitate presenti in questa fascia detritica ai piedi del Monte Zucco, con particolare riferimento all'abitato di Valborgo.

Si è poi ritenuto di effettuare un approfondimento anche sulla zona di frana che interessa il centro abitato principale di Dossena, zona che è perimetrata quale area a grave rischio idrogeologico ex Legge 267.

L'area è stata inserita come scenario Z1a – caratterizzata da movimenti franosi attivi nella tavola di pericolosità sismica locale del 2009.

Ulteriori indagini ed approfondimenti hanno consentito di conoscere meglio la struttura geologica ed evidenziare elementi di possibile amplificazione di tipo geologico; si è quindi ritenuto di approfondire con un'analisi di secondo livello anche questa zona.

L'area è sostanzialmente inedificabile ma, in base al livello di rischio, sono consentite varie tipologie di interventi sull'esistente ed è quindi opportuno che sia valutata l'adeguatezza della norma sismica vigente nei confronti di possibili fenomeni di amplificazione, legati alla peculiare struttura geologica della frana.

La procedura Regionale prevede una verifica di tipo litologico, basata sulla conoscenza del modello geologico del sottosuolo e del relativo modello geofisico semplificato, fino alla profondità del bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/sec.).

I dati di cui sopra vengono confrontati con una serie di schede tipo predisposte dalla Regione Lombardia ed in base alla litologia prevalente ed all'andamento delle  $V_s$  nel sottosuolo, si ricava, in modo semplificato, il fattore di amplificazione sismica del sito ( $F_a$ ), sia per edifici di altezza limitata (0.1 – 0.5 s) che per edifici di altezza maggiore (0.5 – 1.5 s).

I valori ricavati devono essere confrontati con i valori soglia, distinti in base alle categorie di suolo delle NTC/2018, forniti dalla Regione Lombardia, al fine di verificare se la normativa è in grado di coprire l'amplificazione calcolata o meno.

Nel secondo caso diviene necessario o prevedere il passaggio, in fase di progettazione, agli approfondimenti di 3° livello oppure l'utilizzo dello spettro di norma per una categoria di suolo maggiormente cautelativa.

### ***9.1 STRUTTURA GEOLOGICA DEL TERRITORIO***

Prima di procedere con le analisi e le valutazioni di dettaglio sulla struttura geologica e sismica delle aree oggetto di approfondimento si reputa importante una sintesi delle caratteristiche geologiche del territorio di Dossena.

Il territorio Comunale è esteso longitudinalmente per circa 8-9 km e proprio per questa sua caratteristica offre un significativo spaccato geologico-strutturale del Sudalpino Lombardo, cioè quella porzione di catena alpina posta a sud della Linea Insubrica, di provenienza Apula, caratterizzata da un sistema deformativo prevalentemente fragile, pressoché priva di metamorfismo Alpino e caratterizzata da una serie di scaglie e pieghe sud-vergenti.

Nel dettaglio il settore in esame è noto nella letteratura geologica con il nome di Parautoctono Bergamasco.

La struttura geologica di questo settore della val Brembana è nota proprio come "Monoclinale Brembana", cioè una zona in cui gli strati presentano una geometria sufficientemente regolare, con immersione complessiva verso sud-ovest ed inclinazione dell'ordine dei 20-30°.

La sezione geologica schematica (tratta dal CARG) seguente visualizza quanto sopra indicato:

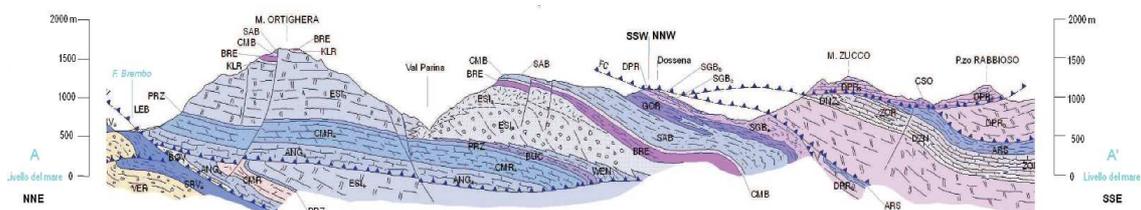


Fig. 18: Sezione geologica estratta dalla “Carta geologica della Provincia di Bergamo” – F. Jadoul e F. Forcella – 2000

La Monoclinale Brembana si conclude verso sud con l’Anticlinale di San Gallo, il cui piegamento è osservabile in sponda sinistra del fiume Brembo, proprio presso l’abitato omonimo, cui seguono una serie di fronti di accavallamento e retroscorrimento (Linea di Antea) dei piastroni compatti della Dolomia Principale e delle sue facies eteropiche.

La serie stratigrafica affiorante è del triassico medio superiore abbastanza continua dal Calcarea di Esino alla Dolomia Principale.

La conformazione del territorio deriva principalmente dall’assetto geologico e strutturale delle masse rocciose che lo costituiscono, ovvero dalla disposizione degli strati e dalla loro erodibilità: l’abitato principale sorge su rocce del carnico: gessi, dolomie, siltiti, calcari alternati ad argilliti, dove le pendenze sono più morbide.

La parte nord è più aspra e selvaggia dove affiora la piattaforma carbonatica del Calcarea di Esino mentre a sud della valle Antea o Asnera, presso il confine con il Comune di San Pellegrino Terme, affiora la Dolomia Principale.

Di seguito ci si concentra sulla descrizione delle formazioni rocciose che caratterizzano il territorio Comunale:

Calcare di Esino (Anisico superiore - Ladinico): costituito da calcari, calcari dolomitici e, subordinatamente, dolomie grigio biancastre, ad aspetto massivo e stratificazione indistinta: si tratta di rocce depositate in ambiente marino di piattaforma carbonatica.

Al tetto della formazione sono osservabili brecce e fenomeni carsici legati all'emersione della piattaforma: caratteristica di questa fase, nelle vicine zone di San Giovanni Bianco e Camerata Cornello, è lo sviluppo del Calcare Rosso, che recentemente (Carta geologica della Provincia di Bergamo e CARG- foglio Clusone) è stato inserito come formazione geologica autonoma.

Il Calcare Rosso è cavato come pietra ornamentale, nota come Marmo Arabescato Orobico, per le belle e particolari colorazioni dal grigio al rosso, in una serie di cave, sia a cielo aperto che in sotterraneo, tra i Comuni di Dossena e Camerata Cornello.

La formazione del Calcare di Esino occupa praticamente tutta la porzione settentrionale del Comune di Dossena: dalle pendici dei Monti Ortighera e Valbona alla valle Parina fino al Monte Vaccareggio.

Il suo limite di base con le formazioni anisiche è a nord del Comune mentre è osservabile il suo limite di tetto con il Calcare di Breno.

Formazione di Breno (Carnico inferiore): è costituita da calcari di colore da grigio chiaro a biancastro, in strati pianoparalleli da sottili fino a grossi banchi; in particolare si tratta di depositi di mare basso caratterizzati da cicli deposizionali a piccola scala. Localmente sono intercalati livelli di tufiti e sottili livelli scuri.

Nel territorio comunale è presente la serie completa della formazione che arriva fino a 100-120 metri con visibili i limiti di letto e di tetto.

La formazione è di estremo interesse perchè contiene la maggior parte delle mineralizzazioni a piombo, zinco, fluorite e barite della zona di Paglio Pignolino e Vaccareggio, aree in cui affiora in modo più esteso.

Calcarea Metallifero Bergamasco (Carnico inferiore): costituito da calcari di colore grigio scuro, ben stratificati, di spessore da 10 a 30 cm; è caratterizzato alla base da calcari oolitici, calcari stromatolitici e calcari con selce nella parte alta.

La serie completa raggiunge lo spessore massimo di 10-15 metri ed affiora a Paglio Pignolino e presso i Monti Vaccareggio e Pedrozio.

Anche questa formazione è importante perchè al suo interno sono presenti le mineralizzazioni oggetto di attività estrattiva.

Arenarie di Val Sabbia (Carnico inferiore – medio): costituita da una potente successione di arenarie tufacee, siltiti ed argilliti di colore verde e rosso, di ambiente deposizionale continentale e transizionale.

La serie raggiunge spessori notevolissimi, oltre i 200 metri lungo il versante che scende da Dossena verso il Brembo ed il suo limite superiore con la formazione di Gorno è ben visibile lungo la strada per Serina, mentre presso il suo limite inferiore è localmente presente un'intercalazione della lingua basale della formazione di Gorno.

La formazione affiora estesamente a nord dell'abitato di Dossena e precisamente tra Lavaggio ed il Monte Pedrozio e sul versante occidentale della costa dei Borrelli.

Formazione di Gorno (Carnico inferiore-medio): si tratta di calcari e calcari marnosi da grigio scuri a nerastri, intercalati ed alternati a marne nere; la formazione è, in genere, riccamente fossilifera.

Questa formazione affiora nei pressi dell'abitato di Dossena.

In particolare è possibile osservare queste rocce sul versante settentrionale del Colle di Dossena, a sud di Lavaggio ed in alcune scaglie tettoniche lungo la faglia della valle Canali. Inoltre tutta la porzione orientale dell'abitato principale di Dossena sorge su un'area di affioramento della Formazione di Gorno, con giacitura a franappoggio, delimitato da una serie di faglie.

Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico superiore): A questa formazione appartengono le rocce che compongono la maggior parte del territorio tra lo spartiacque a nord di Dossena e la valle Antea.

Le litologie che appartengono a questa formazione sono molte e varie: argilliti e siltiti verdi e rossastre, dolomie marnose, dolomie saccaroidi nocciola, spesso molto ricristallizzate, carniole, gessi ed anidriti.

La parte superiore della formazione è caratterizzata da lenti di rocce evaporitiche, quali gessi ed anidriti.

Nella carta geologica sono state evidenziate le due grosse lenti di gesso-anidrite presenti nei pressi dell'abitato di Dossena, oggetto di attività estrattiva: la prima ad ovest dell'abitato (zona campo da calcio) e la seconda in valle Canali, una terza, più ridotta è posizionata sopra la località Cà Paoli.

Le rocce, come detto, sono gessi ed anidriti: queste ultime presentano struttura saccaroide evidente, grana media e colore grigio, i gessi sono in genere a struttura cristallina minuta, di colore biancastro, facilmente sfaldabili, di aspetto farinoso.

Si ritiene che le anidriti siano di origine primaria (deposizione diretta per evaporazione di acque salate) mentre i gessi di origine secondaria per idratazione delle prime da parte

delle acque meteoriche, e proprio questi ultimi sono oggetto di attività estrattiva a cielo aperto.

In genere le rocce evaporitiche non affiorano mai direttamente in superficie, perchè sono coperte da potenti spessori di materiali limoso-argillosi-ghiaiosi ocra, con clasti di gessi e carniole, in quanto facilmente erodibili: le stesse sono direttamente osservabili nella aree di cava (attuali e/o dismesse) o negli immediati dintorni delle stesse, dove l'attività estrattiva ha messo a giorno queste rocce.

*Dolomia Principale (Carnico superiore – Norico superiore):* dolomie da grigio chiare a grigio scure, in banchi da metrici a decametrici, con stratificazione amalgamata, con dispersi livelli stromatolitici, accumuli di alghe e fossili; localmente si ritrovano anche brecce tettono-sedimentarie.

Il limite basale della formazione è sempre tettonico e lo spessore massimo osservabile nel Comune è di oltre 500 metri.

Questa formazione costituisce tutta la porzione sud-orientale del territorio comunale: da Valborgo fino alla cima della Corna Rondanina.

Al suo interno sono state incluse anche le brecce basali e la Formazione di Castro, quest'ultima presente nel Klippe ad est di Dossena e nella parte alta della Corna Rondanina.

#### *Terreni di copertura*

Sono stati distinti in base ai fenomeni che li hanno generati nelle seguenti categorie:

- depositi di versante s.l.: detriti di falda, depositi di versante, materiali di frana e depositi di inerti legati alle vecchie miniere
- alluvioni attuali e recenti

*Depositi alluvionali:* si tratta di depositi connessi all'azione delle acque incanalate.

Le alluvioni attuali sono quelle presenti negli alvei attuali fluviali e torrentizi e nelle aree di normale esondazione degli stessi.

Si tratta di depositi a prevalente composizione ghiaiosa, subordinatamente sabbiosa e scarsi limi ed argille di spessori estremamente limitati.

*Depositi di versante s.l.* si tratta di materiali generatisi per l'azione della forza di gravità sui versanti rocciosi a pendenze elevate che si accumulano ai piedi degli stessi.

Sono, in genere, materiali grossolani composti da ghiaie sabbiose e ghiaie, con poca frazione fine e pressoché privi di limi ed argille; gli stessi hanno localmente all'interno blocchi e massi anche di dimensioni notevoli.

In molte aree tali depositi sono già perfettamente stabilizzati e rinverditi, in altre sono ancora in forte evoluzione; lo spessore di questi materiali va da pochi decimetri fino anche a molti metri.

La composizione litologica dei clasti è chiaramente funzione della geologia dei versanti.

*Un deposito molto potente è stato cartografato tra Valborgo e la valle Asnera:* si tratta di conglomerati a supporto clastico, con clasti spigolosi, costituiti da depositi di versante, in genere cementati (tali depositi sono indicati sulla nuova carta 1:50.000 della Provincia di Bergamo come "Complesso del Culmine-Unità di Valborgo").

*Proprio questi depositi sono stati investigati per i possibili effetti di amplificazione sismica di tipo litologico.*

Per le analisi sulla pericolosità sismica di secondo livello l'attenzione è stata focalizzata sulle caratteristiche e sugli spessori dei depositi di copertura, nonché sull'andamento del

tetto del substrato roccioso, perché tali elementi rappresentano la condizione di massima attenzione per la possibile amplificazione sismica.

Al fine di acquisire maggiore conoscenza su tali elementi è stata effettuata la raccolta dei dati di sottosuolo disponibili presso l'archivio Comunale, nonché nei SIT di Regione Lombardia e Provincia di Bergamo.

## ***9.2 INDAGINI UTILIZZATE PER LE ANALISI***

Si è deciso, in accordo con il Comune, considerato che la conoscenza della struttura geofisica del sottosuolo è fondamentale per l'analisi di pericolosità di 2° livello, di effettuare alcune indagini a supporto delle presenti valutazioni.

In relazione alla struttura geologica, alle tipologie di potenziale amplificazione individuate, all'urbanizzazione attuale e revisionale, si è deciso di utilizzare i molti dati di sottosuolo disponibili (sia sondaggi che indagini di tipo geofisico di varia natura) e di integrarli puntualmente con indagini di tipo HVSR in modo sempre da poter incrociare più dati di sottosuolo ed avere un controllo sulle elaborazioni.

Le zone di investigazione sono state due:

1. area in frana ex legge 267/98 interessante il centro abitato
2. fascia con potenti depositi di versante tra Molini e Valborgo.

Complessivamente nelle due zone sono stati individuati 5 punti di investigazione ed analisi (3 nella zona di frana e due a Valborgo), ritenuti significativi delle caratteristiche geologiche e sismiche degli areali da investigare.

Le immagini seguenti mostrano l'ubicazione delle indagini sulla carta della pericolosità sismica di primo livello.

La numerazione è progressiva e di seguito si dettaglierà la tipologia di indagini presenti.

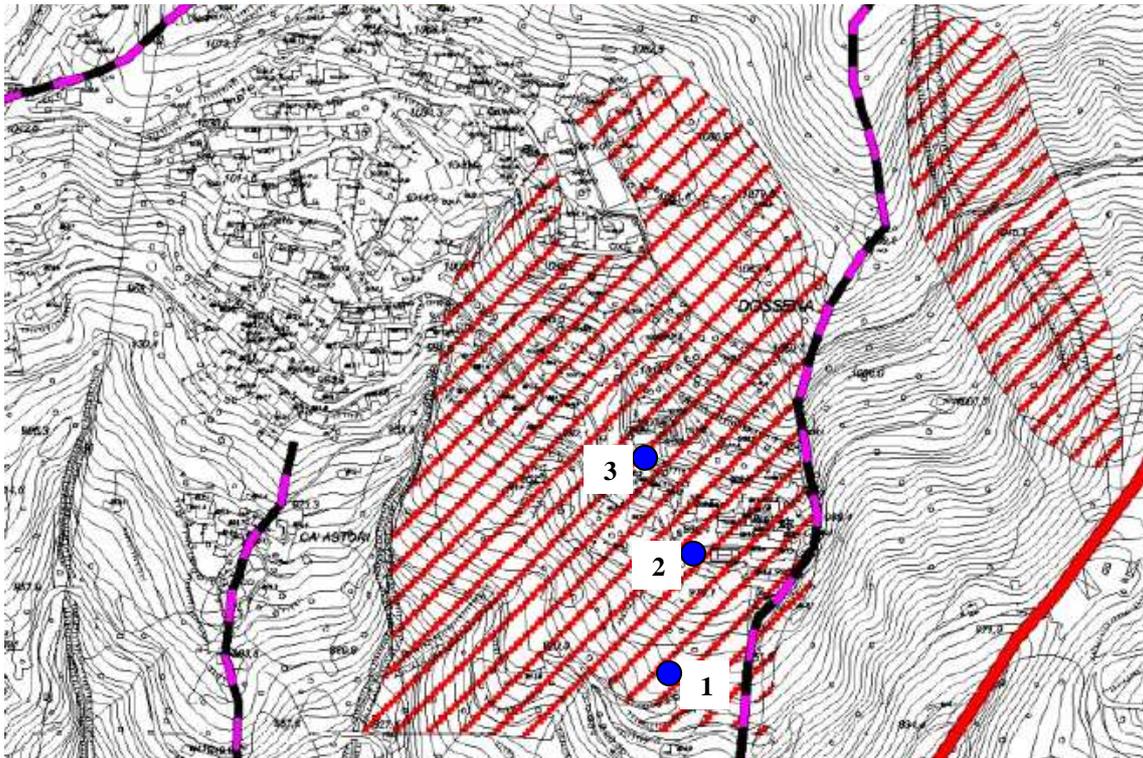


Fig. 19: Ubicazione delle indagini sulla carta della pericolosità sismica di primo livello – Area di frana ex L. 267/98

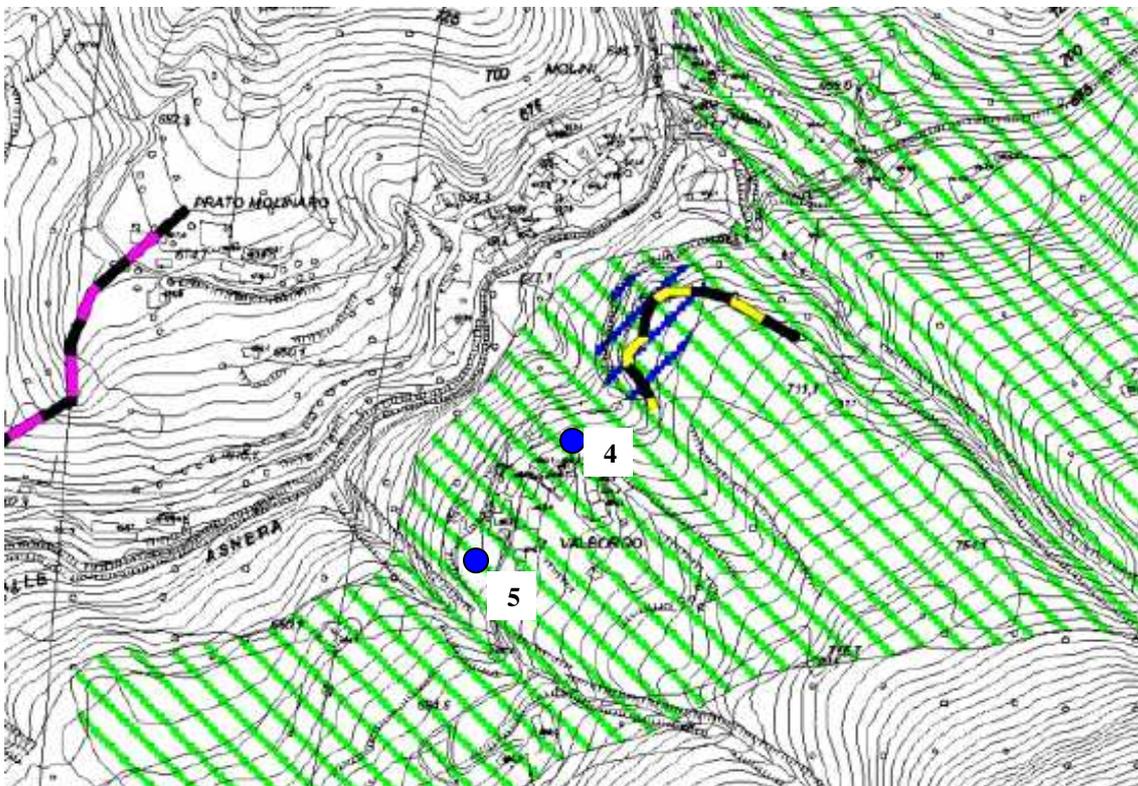


Fig. 20: Ubicazione delle indagini sulla carta della pericolosità sismica di primo livello – Zona Valborgo

Dati disponibili ed utilizzati per il modello geologico – geofisico del sottosuolo:

1. RE.MI + HVSR
2. HVSR + sondaggio a carotaggio continuo (15 metri) con DOWN HOLE
3. sondaggio a carotaggio continuo (20 metri) con DOWN HOLE + sismica a rifrazione di superficie
4. HVSR
5. sismica a rifrazione di superficie + sondaggio a carotaggio continuo (10 metri)

Lo scopo delle stesse è prioritariamente quello di acquisire gli elementi necessari ad applicare la procedura Regionale (andamento Vs in profondità, categoria di sottosuolo e profondità del bedrock sismico con Vs > 800 m/sec).

E' evidente che le indagini sono comunque in numero esiguo e quindi sarà comunque opportuno, per il futuro, incrementare tale conoscenza sia con nuove indagini geofisiche specifiche che utilizzando quelle che nel frattempo verranno effettuate a supporto dei singoli interventi e delle singole opere.

Per la scelta delle schede Regionali, che sono organizzate per tipologie litologiche ben definite (ghiaiose – limoso argillose – limoso sabbiose – sabbiose), si è quindi fatto riferimento ai dati di sottosuolo disponibili, cercando la litologia prevalente, ma si è comunque sempre considerato prioritario l'andamento delle Vs con la profondità.

Nei casi dubbi è stata eseguita la verifica anche sulle ulteriori schede applicabili, cercando di operare sempre in termini cautelativi.

### **9.2.1 Risultati delle indagini geofisiche – HVSR e frequenza di sito**

**La prova HVSR** fornisce ulteriori elementi che aiutano ad elaborare ed analizzare correttamente la struttura geofisica del sottosuolo, in abbinamento ad altre prove quali MASW, REMI, dati di sondaggi, sismica a rifrazione di superficie, ecc..

La prova fornisce la frequenza caratteristica del sito, pari a:

- sito 1: 4,2 Hz
- sito 2: 2,10 Hz (picco principale) – 4,47 (picco secondario)
- sito 4: 5,49 Hz

La maggior parte delle frequenze sono comprese circa tra 2 e 5.5 Hz, ad indicare uno scenario geologico caratterizzato da spessori dei depositi tra 10 e 30/40 metri.

I contrasti di impedenza sono da medi ad elevati, con un'ampiezza di picco generalmente compresa tra 2,5 e 3,0: si tratta di un parametro di notevole rilevanza ai fini dell'analisi dell'amplificazione sismica locale.

La frequenza di sito è un elemento di grande importanza nella realizzazione di eventuali edifici.

*In sede progettuale deve essere verificato che la struttura di progetto abbia una frequenza DIVERSA da quella del sito.*

*In caso di coincidenza dei valori propri di frequenza di sito e della struttura (o di periodo, che è l'inverso della frequenza stessa) il rischio è quello, in caso di sisma, di un effetto di doppia risonanza, con possibili pesanti danneggiamenti della struttura.*

### 9.2.2 Individuazione delle classi di sottosuolo

La procedura Regionale prevede che il fattore di amplificazione  $F_a$  calcolato con la presente procedura semplificata venga poi confrontato con i valori soglia Comunali, forniti dalla stessa Regione.

I parametri di riferimento del valore soglia del  $F_a$  per il Comune di Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Come si vede dalla tabella sopra riportata i valori di riferimento sono distinti in base al periodo di riferimento per gli edifici e soprattutto in relazione alle categorie di sottosuolo, secondo la classificazione introdotta dalle NTC 2018

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Il parametro di riferimento principale per la classificazione sono le  $V_{s_{eq}}$ .

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA**  
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Sulla base del profilo delle  $V_s$  in profondità ricavato dalle MASW sono state calcolate le  $V_{s30}$  ed è stata definita la categoria di sottosuolo.

Il calcolo delle  $V_{s,eq}$  effettuato ha condotto ai seguenti risultati:

***Area ex L. 267/98 Centro Abitato***

***SITO 1: CLASSE B -  $V_{s30}$  429 m/sec –bedrock sismico > 110 metri da p.c.***

***SITO 2: CLASSE B -  $V_{s30}$  417 m/sec - bedrock sismico > 60 metri da p.c.***

***SITO 3: CLASSE B -  $V_{s30}$  370 m/sec***

***Area Valborgo***

***SITO 4: CLASSE E -  $V_{s,eq}$  250 m/sec - bedrock sismico > 18 metri da p.c***

***SITO 5: CLASSE E -  $V_{s,eq}$  228 m/sec - bedrock sismico > 14 metri da p.c***

Le indagini evidenziano suoli di categoria B, con un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/sec) profondo per la zona di frana ex L. 267/98.

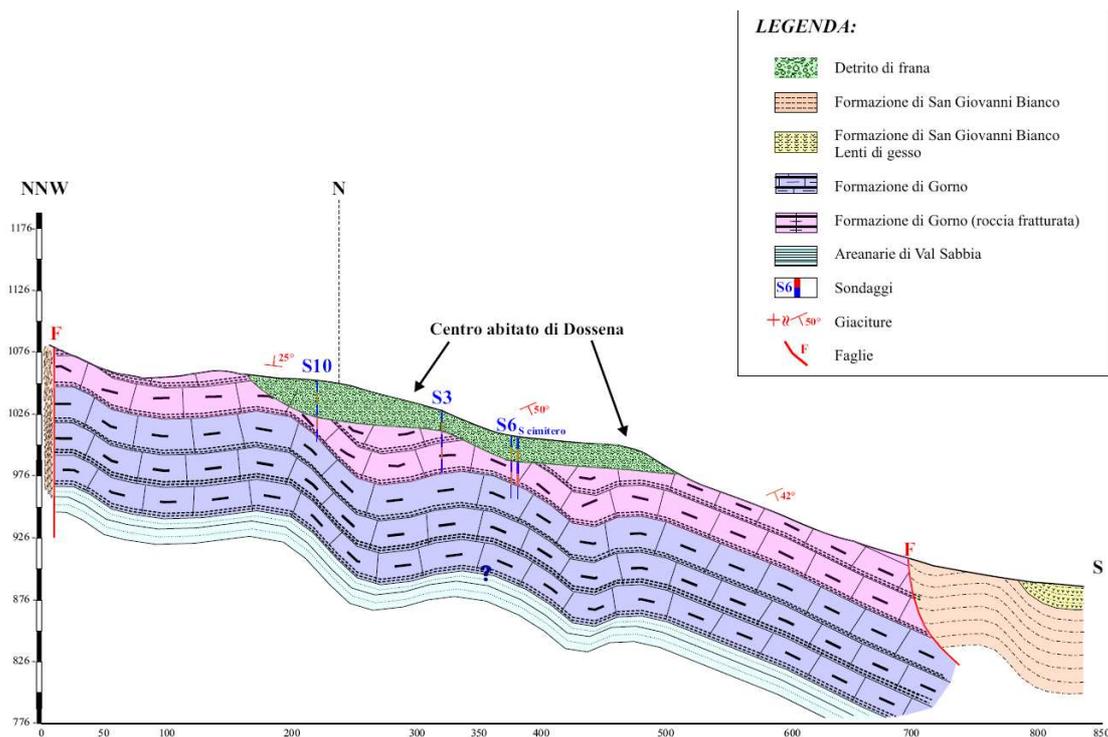
Nella zona di Valborgo i terreni sono di classe E, con un bedrock sismico tra 14 e 18 metri dal p.c..

### **9.2.3 Confronto tra modello geologico e geofisico**

Il modello geofisico semplificato ottenuto dai dati commentati in precedenza è stato confrontato con i dati geologici del sottosuolo disponibili.

Questo confronto è servito sia per controllare e tarare i dati geofisici in base alla geologia di sottosuolo sia per trasformare la sezione geologica in un modello geofisico del sottosuolo.

L'assetto geologico della zona di frana è visualizzato nella sezione seguente:



*Fig. 21: Sezione geologica semplificate attraverso l'area in frana ex legge 267/98 interessante il centro abitato*

Il contesto della frana è caratterizzato dalla presenza di depositi superficiali (vecchio detrito di frana), seguiti dal substrato roccioso molto fratturato e fratturato (Formazione di Gorno), seguito ad elevate profondità dalle Arenarie di Val Sabbia.

Questo assetto è coerente con quanto evidenziato dalle prove 1-2-3 in cui sia i terreni che la roccia fratturata si comportano come un suolo B (terreni addensati – roccia sfatta) ed il bedrock, sismico è molto profondo.

Per quanto riguarda la zona di Valborgo, il contesto è caratterizzato dalla presenza di un deposito molto potente di versante, costituito da ghiaie e ciottoli e conglomerati a supporto clastico, con clasti spigolosi, in genere cementati.

Rispetto alle indagini geofisiche il bedrock sismico posto a debole profondità è da porre in relazione ai conglomerati cementati e compatti, sovrastati da depositi ghiaiosi sciolti e da una porzione superiore colluviale a matrice limoso-sabbiosa.

Considerando che la risposta sismica litologica è funzione dell'andamento delle Vs in profondità e che le Vs non hanno sempre un riscontro diretto con la litologia, è possibile concludere che, nel caso specifico, è stata osservata una buona coerenza tra i dati delle prove geofisiche ed i dati di sottosuolo disponibili nelle vicinanze.

### 9.2.4 Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati

In conformità a quanto previsto dalle disposizioni Regionali si individua, di seguito, l'affidabilità dei dati utilizzati per le presenti valutazioni:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi)
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)

Si è ritenuto fondamentale avere la massima affidabilità sui dati che maggiormente condizionano la verifica e la buona riuscita delle analisi (profilo delle Vs in profondità).

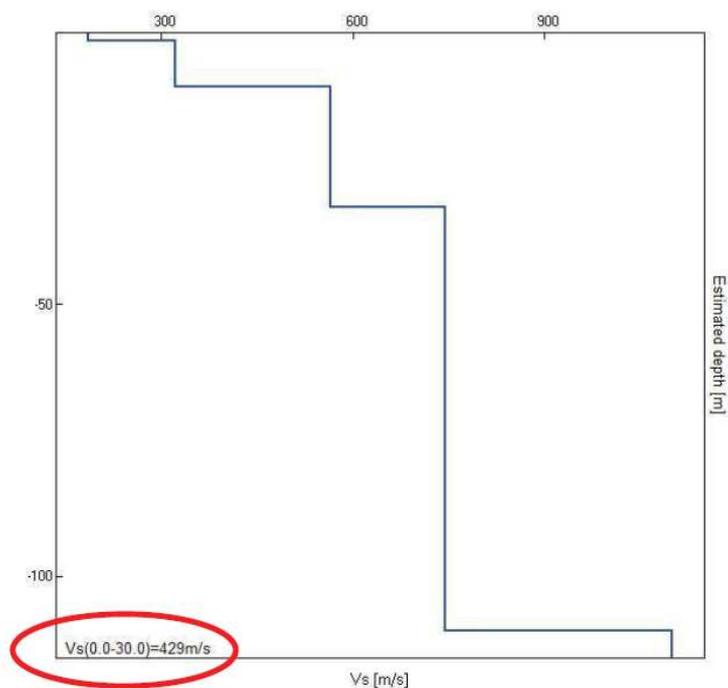
### 9.3 VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

Di seguito si passa all'analisi puntuale delle singole prove e delle verifiche effettuate.

Si è ritenuto opportuno fornire tutti gli elementi a disposizione degli Scriventi affinché possano essere utilizzati dai Tecnici che si avvarranno del presente piano in futuro.

#### Area di frana del centro abitato - Sito 1 - Modello geofisico del sottosuolo

Il modello geofisico del sottosuolo  $V_s$  – profondità ricavato dall'analisi incrociata di REMI ed HVSR è di seguito riportato:



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]
1,5	1,5	185
10,0	8,5	322
32,0	22,0	565
110,0	78,0	745
$\infty$	$\infty$	1100

Fig. 22: REMI – HVSR sito 1 – profilo  $V_s$  – profondità

Il bedrock sismico con velocità  $V_s > 800$  m/sec è stato intercettato ad una profondità di 110 metri.

I terreni presenti sopra il bedrock, in base ai dati disponibili, sono a granulometria mista, con prevalenza in profondità della componente ghiaiosa ed una maggiore quantità, in superficie di sabbie, limi ed argille

La scheda regionale ghiaiosa non risulta applicabile per il profilo delle  $V_s$  come anche le litologie limoso – argillose – sabbiose miste.

L'unica applicabile risulta essere la **scheda SABBIOSA**, in cui i terreni sono ancora a comportamento prevalentemente granulare ed in cui l'andamento delle  $V_s$  rimane nel campo di validità.

Periodo proprio del sito (da HVSr):  $T = 0,27$

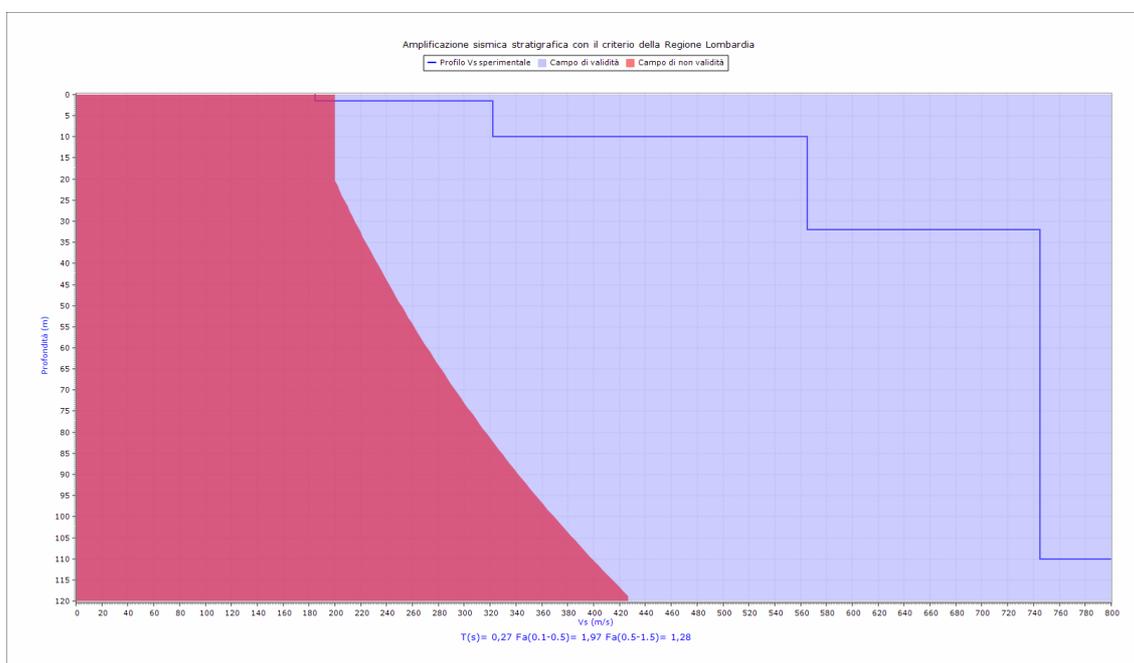


Fig. 23: Analisi di amplificazione sismica con la scheda per litologia SABBIOSA

**Calcolo  $F_a$  (0.1 – 0.5s):  $F_a = 1.97 >$  arrotondato a  $2.0 + 0.1 = 2.1$**

**Calcolo  $F_a$  (0.5 – 1.5s):  $F_a = 1.28 >$  arrotondato a  $1.3 + 0.1 = 1.4$**

I parametri di riferimento di Fa per Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza, è la B.

**Per il periodo 0.1-0.5s      Fa calcolato = 2.1 > Fa soglia comunale (1.4)**

**Per il periodo 0.5-1.5s      Fa calcolato = 1.4 < Fa soglia comunale (1.7)**

*Il valore soglia Comunale è in grado di coprire l'amplificazione calcolata solo per il periodo 0.5-1.5s mentre per il periodo 0.1-0.5s il valore Fa calcolato è superiore alla soglia comunale.*

**Area di frana del centro abitato - Sito 2 - Modello geofisico del sottosuolo**

Il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità ricavato dall'analisi incrociata di HVSR e sondaggio con down hole fino a 15 metri è di seguito riportato.

Il bedrock sismico con velocità Vs > 800 m/sec è stato intercettato ad una profondità di 61,55 metri.

Anche in questo caso, come per il sito 1, i terreni presenti sopra il bedrock, in base ai dati disponibili, sono a granulometria mista, con prevalenza in profondità della componente ghiaiosa ed una maggiore quantità, in superficie di sabbie, limi ed argille tra loro miscelati in percentuali variabili.

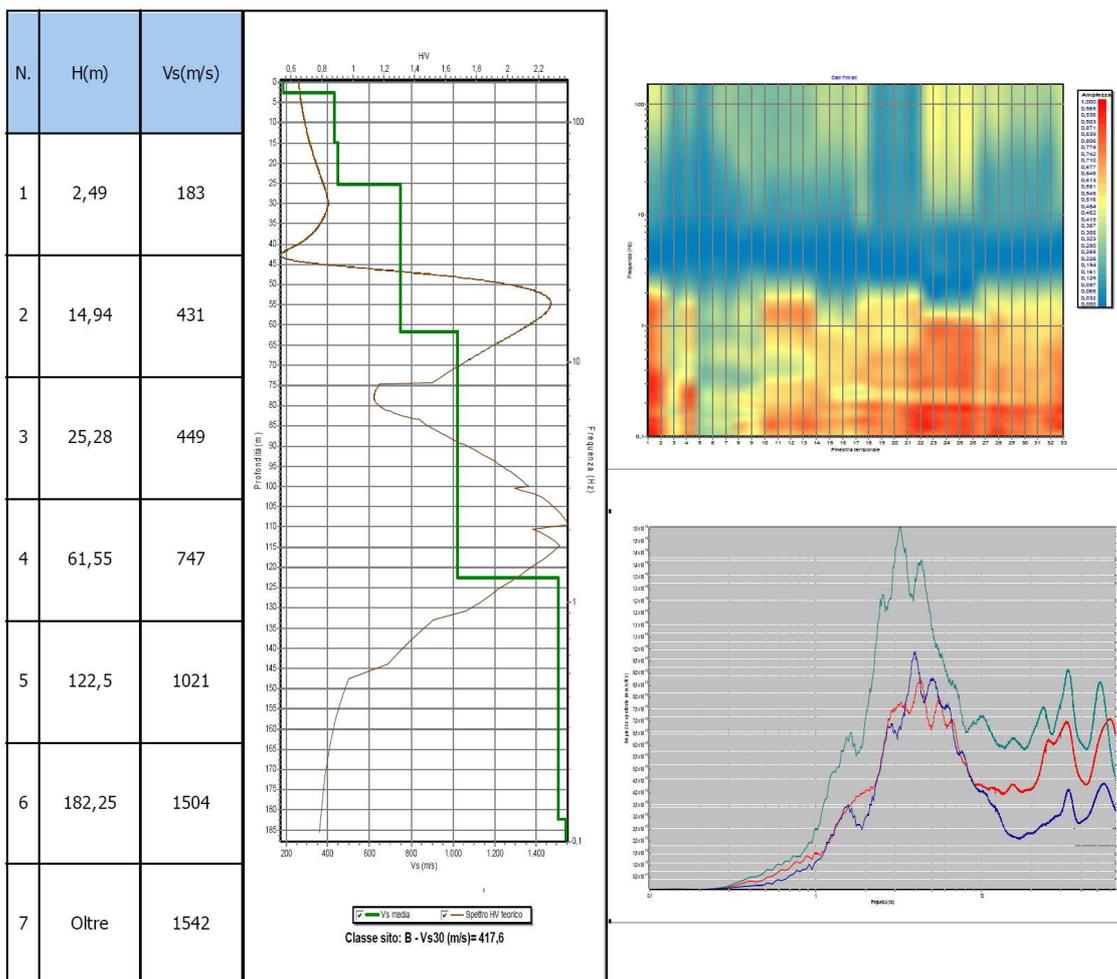


Fig. 24: HVSr sito 2 – profilo Vs – profondità

La scheda regionale ghiaiosa non risulta applicabile per il profilo delle Vs.

Tra le schede con litologie miste l'unica applicabile risulta essere la **scheda LIMOSO SABBIOSA TIPO 2**, in cui l'andamento delle Vs rimane nel campo di validità, ed evidenzia una notevole coerenza in profondità con il campo di validità.

Periodo proprio del sito (da HVSr):  $T = 0,48$

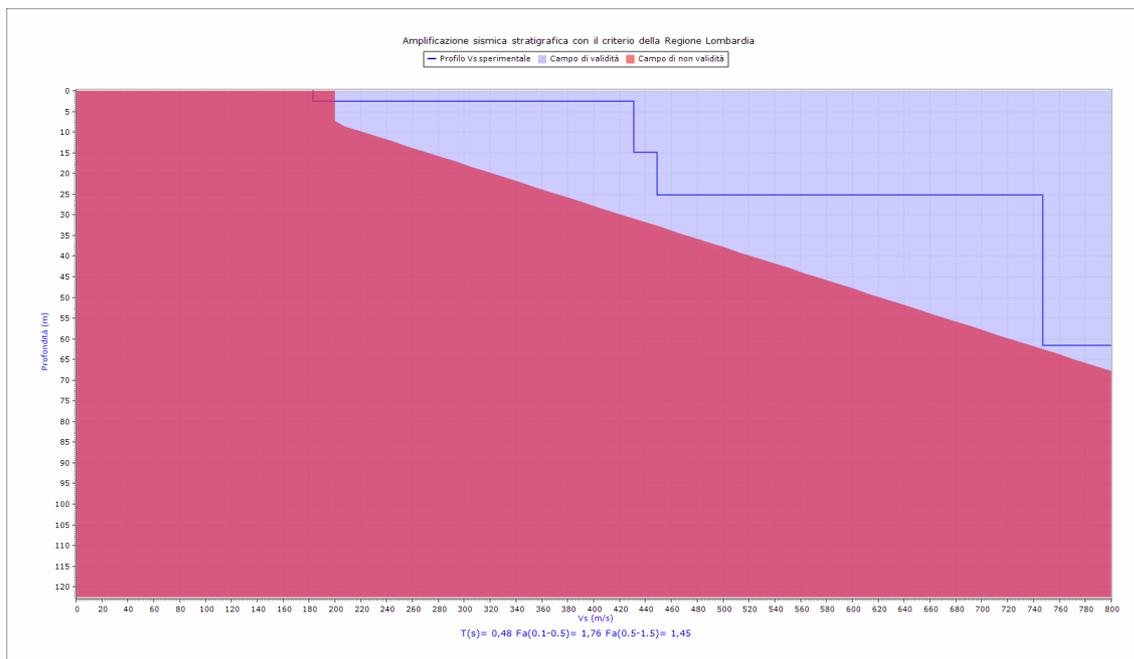


Fig. 25: Analisi di amplificazione sismica con la scheda per litologia LIMOSO SABBIOSA TIPO 2

**Calcolo Fa (0.1 – 0.5s): Fa = 1.76 > arrotondato a 1.8 + 0.1 = 1.9**

**Calcolo Fa (0.5 – 1.5s): Fa = 1.45 > arrotondato a 1.5 + 0.1 = 1.6**

I parametri di riferimento di Fa per Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza, è la B.

**Per il periodo 0.1-0.5s Fa calcolato = 1.9 > Fa soglia comunale (1.4)**

**Per il periodo 0.5-1.5s Fa calcolato = 1.6 < Fa soglia comunale (1.7)**

*Il valore soglia Comunale è in grado di coprire l'amplificazione calcolata solo per il periodo 0.5-1.5s mentre per il periodo 0.1-0.5s il valore Fa calcolato è superiore alla soglia comunale.*

**Area di frana del centro abitato - Sito 3 - Modello geofisico del sottosuolo**

Il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità ricavato dal down hole fino a 20 metri ed esteso in profondità. Il bedrock sismico con velocità Vs > 800 m/sec, individuato simulando un andamento costante con le profondità delle Vs, verrebbe intercettato a circa 45 metri da p.c.

Anche in questo caso, come per il sito 1, i terreni presenti sopra il bedrock, in base ai dati disponibili, sono a granulometria mista, con prevalenza in profondità della componente ghiaiosa ed una maggiore quantità, in superficie di sabbie, limi ed argille tra loro miscelati in percentuali variabili.

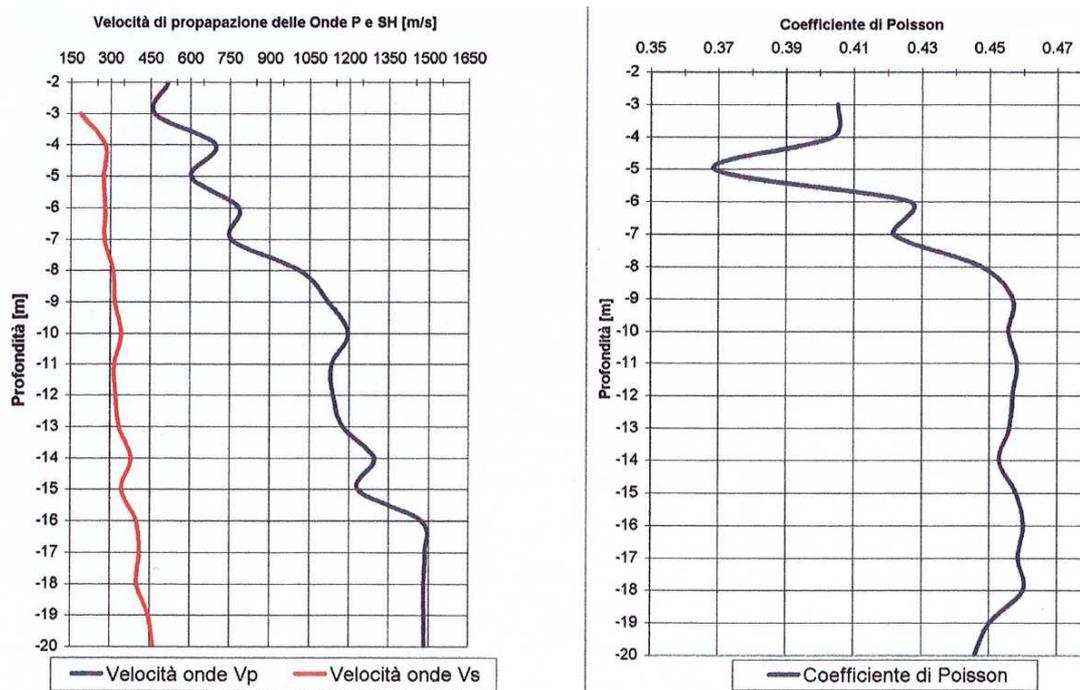


Fig. 26: Down hole sito 3 – profilo Vs – profondità

La scheda regionale ghiaiosa non risulta applicabile per il profilo delle Vs come anche le litologie limoso – argillose – sabbiose miste. L'unica applicabile risulta essere la **scheda SABBIOSA**, in cui i terreni sono ancora a comportamento prevalentemente granulare ed in cui l'andamento delle Vs rimane nel campo di validità.

Periodo proprio del sito (calcolato):  $T = 0,44$

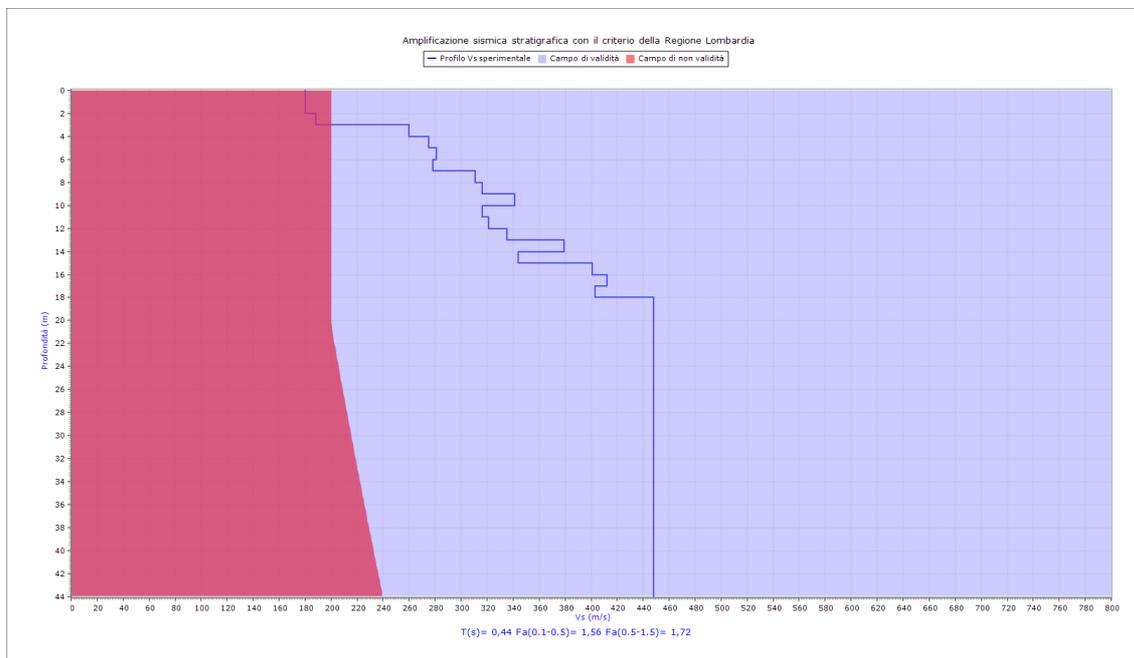


Fig. 27: Analisi di amplificazione sismica con la scheda per litologia SABBIOSA

**Calcolo Fa (0.1 – 0.5s):  $Fa = 1.56 > \text{arrotondato a } 1.6 + 0.1 = 1.7$**

**Calcolo Fa (0.5 – 1.5s):  $Fa = 1.72 > \text{arrotondato a } 1.7 + 0.1 = 1.8$**

I parametri di riferimento di Fa per Dosseña, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza, è la B.

**Per il periodo 0.1-0.5s  $Fa \text{ calcolato} = 1.7 > Fa \text{ soglia comunale (1.4)}$**

**Per il periodo 0.5-1.5s  $Fa \text{ calcolato} = 1.8 > Fa \text{ soglia comunale (1.7)}$**

*Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per entrambi i periodi.*

**Valborgo - Sito 4 - Modello geofisico del sottosuolo**

Il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità ricavato dall’analisi incrociata di HVSR e sondaggio è di seguito riportato. Il bedrock sismico con velocità Vs > 800 m/sec è stato intercettato ad una profondità di 18,12 metri da p.c..

I terreni presenti sopra il bedrock sono, in base ai dati disponibili, a granulometria mista, con prevalenza in profondità della componente ghiaiosa ed una maggiore quantità, in superficie di limi ed argille colluviali, con spessori anche di alcuni metri.

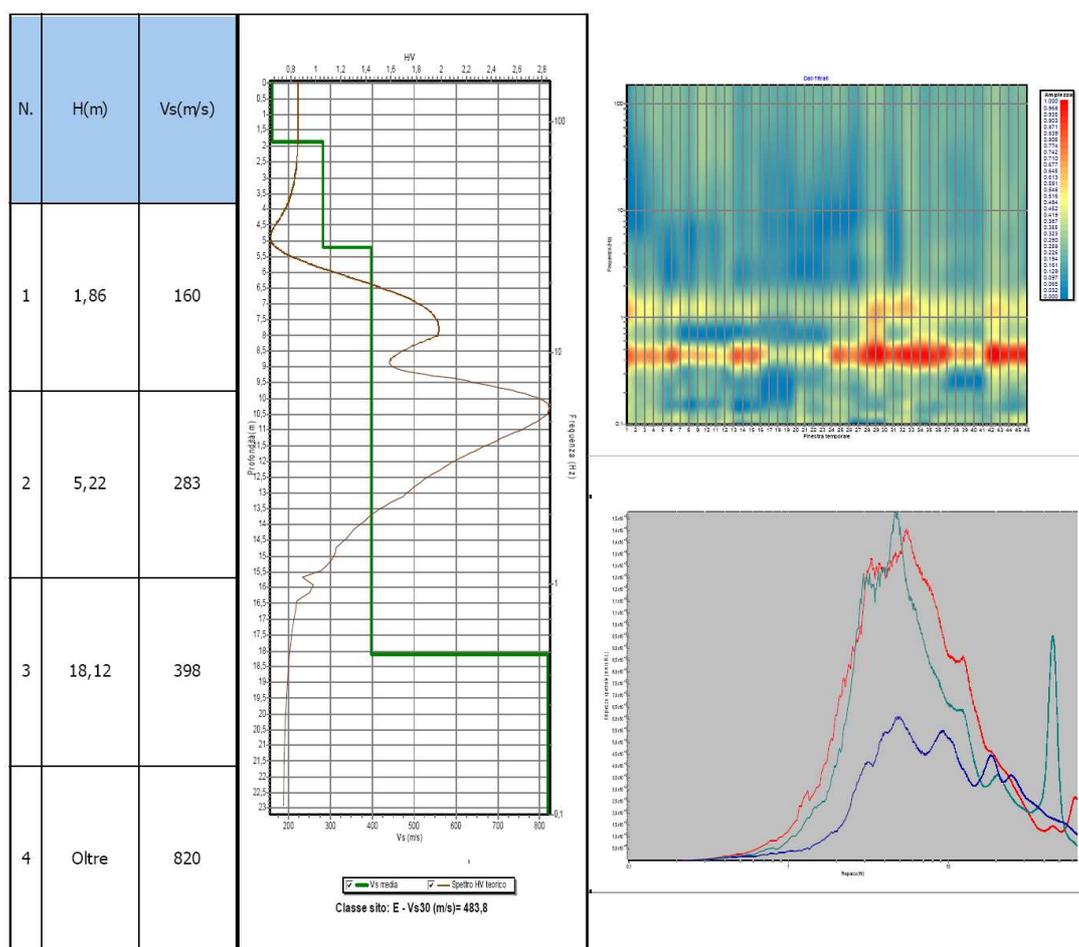


Fig. 28: HVSR sito 4 – profilo Vs – profondità

La scheda regionale limoso argillosa tipo 1 non risulta applicabile mentre risulta applicabile la **scheda LIMOSO ARGILLOSA TIPO 2**, in cui l’andamento delle Vs rimane nel campo di validità.

Il periodo proprio del sito (da HVSR) è  $T = 0,18$



Fig. 29: Analisi di amplificazione sismica con la scheda per litologia LIMOSO ARGILLOSA TIPO 2

**Calcolo Fa (0.1 – 0.5s):  $Fa = 1.72 > \text{arrotondato a } 1.7 + 0.1 = 1.8$**

**Calcolo Fa (0.5 – 1.5s):  $Fa = 1.11 > \text{arrotondato a } 1.1 + 0.1 = 1.2$**

I parametri di riferimento di Fa per Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza, è la E.

**Per il periodo 0.1-0.5s  $Fa \text{ calcolato} = 1.8 < Fa \text{ soglia comunale (2.0)}$**

**Per il periodo 0.5-1.5s  $Fa \text{ calcolato} = 1.2 < Fa \text{ soglia comunale (3.1)}$**

*Il valore soglia Comunale è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per entrambi i periodi.*

**Valborgo - Sito 5 - Modello geofisico del sottosuolo**

Il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità ricavato dall’analisi incrociata di sismica a rifrazione e sondaggio è di seguito riportato. Il bedrock sismico con velocità Vs > 800 m/sec è stato intercettato ad una profondità di circa 14 metri da p.c.

I terreni presenti sopra il bedrock sono, in base ai dati disponibili, a granulometria mista, con prevalenza in profondità della componente ghiaiosa ed una maggiore quantità, in superficie di limi ed argille colluviali, con spessori anche di alcuni metri.

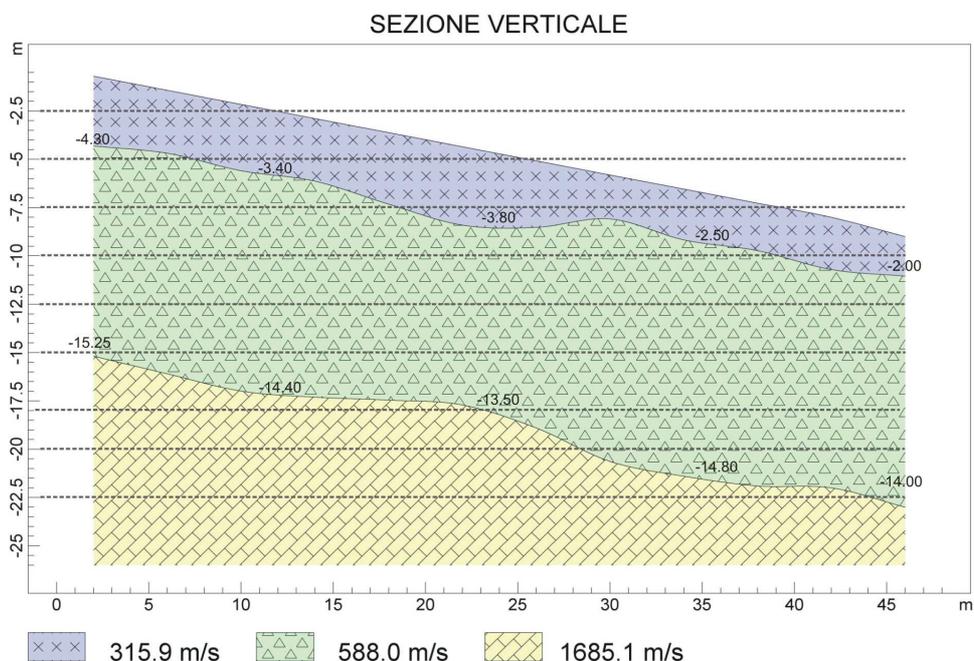


Fig. 30: Sito 5 – sismica a rifrazione superficiale (le Vs sono state stimate dalla Vp e dalle SPT in sondaggio)

La scheda regionale limoso argillosa tipo 1 non risulta applicabile mentre risulta applicabile la **scheda LIMOSO ARGILLOSA TIPO 2**, in cui l’andamento delle Vs rimane nel campo di validità.

Il periodo proprio del sito (calcolato) è  $T = 0,21$

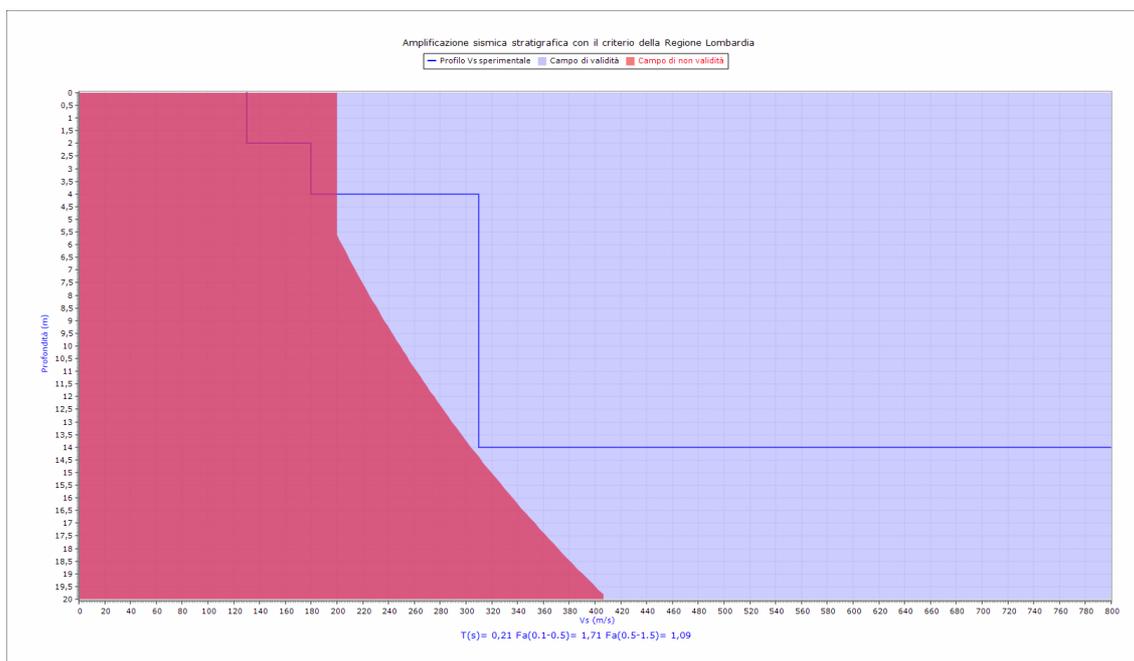


Fig. 31: Analisi di amplificazione sismica con la scheda per litologia LIMOSO ARGILLOSA TIPO 2

**Calcolo Fa (0.1 – 0.5s): Fa = 1.71 > arrotondato a 1.7 + 0.1 = 1.8**

**Calcolo Fa (0.5 – 1.5s): Fa = 1.09 > arrotondato a 1.1 + 0.1 = 1.2**

I parametri di riferimento di Fa per Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza, è la E.

**Per il periodo 0.1-0.5s Fa calcolato = 1.8 < Fa soglia comunale (2.0)**

**Per il periodo 0.5-1.5s Fa calcolato = 1.2 < Fa soglia comunale (3.1)**

*Il valore soglia Comunale è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per entrambi i periodi.*

### ***10.0 CONSIDERAZIONI FINALI E PROPOSTA DI NORMATIVA SISMICA***

Al termine delle analisi di pericolosità sismica di 2° livello è possibile trarre le considerazioni di seguito riportate.

Per le singole casistiche è stata inserita un'ipotesi di normativa per l'aspetto specifico.

Al termine delle analisi di pericolosità sismica di 2° livello è possibile trarre le considerazioni di seguito riportate.

Per le singole casistiche è stata inserita un'ipotesi di normativa per l'aspetto specifico.

#### **A) Amplificazione topografica**

*(Z3a: Zona di scarpata; Z3b: Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo)*

In questa parte di studio sono state verificate tutte le scarpate presenti nell'area e tutte le creste interferenti con l'abitato, come si può vedere dall'allegata tavola.

Per alcune di esse è stato verificato il superamento del fattore di amplificazione  $F_a$  previsto dalla norma e per questo sono state individuate sulla carta di pericolosità sismica di 2° livello.

#### **Proposta di normativa per l'amplificazione topografica**

In tali zone sarà quindi opportuno, secondo la normativa vigente, seguire una delle due soluzioni proposte durante la progettazione edilizia:

- 1) effettuare un'analisi di 3° livello,
- 2) utilizzare la categoria topografica T4 che è sempre risultata in grado di coprire l'amplificazione topografica massima calcolata.

*Si rammenta che le verifiche sopra riportate sono valide per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 sec. (edifici bassi e tozzi, indicativamente fino ad un massimo di*

*5 piani e che rappresentano la totalità del costruito a Dossena), che sono gli unici coperti dalla procedura semplificata della Regione Lombardia.*

*Nel caso in cui si dovesse procedere alla realizzazione di edifici con periodo superiore (tipicamente 0.5 – 1.5 sec. – edifici alti e snelli) sarà necessario effettuare direttamente le verifiche di 3° livello.*

**B) Amplificazione litologica**

La tabella seguente riassume le analisi effettuate, in termini di Fa calcolato e raffronto rispetto alla normativa, per la categoria di suolo specifica.

SITO	Località	Intervallo (s)	Classe suolo NTC	Valore soglia Comunale	Fa calcolato	NOTE
<b>1</b>	<b>Area frana 267</b>	<b>0,1-0,5</b>	<b>B</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>Fa&gt;soglia</b>
1	Area frana 267	0,5-1,5	B	1,7	1,4	OK
<b>2</b>	<b>Area frana 267</b>	<b>0,1-0,5</b>	<b>B</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>Fa&gt;soglia</b>
2	Area frana 267	0,5-1,5	B	1,7	1,6	OK
<b>3</b>	<b>Area frana 267</b>	<b>0,1-0,5</b>	<b>B</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>Fa&gt;soglia</b>
<b>3</b>	<b>Area frana 267</b>	<b>0,5-1,5</b>	<b>B</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>Fa&gt;soglia</b>
4	Valborgo	0,1-0,5	E	2,0	1,8	OK
4	Valborgo	0,5-1,5	E	3,1	1,2	OK
5	Valborgo	0,1-0,5	E	2,0	1,8	OK
5	Valborgo	0,5-1,5	E	3,1	1,2	OK

I parametri di riferimento di Fa per Dossena, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

*Nella zona di Valborgo la analisi hanno confermato che la soglia Comunale è sempre superiore al  $F_a$  calcolato per entrambi i periodi.*

*La normativa attuale è quindi adeguata a coprire la possibile amplificazione (previo l'utilizzo di un suolo di riferimento di classe E).*

Infatti l'unico caso in cui la normativa vigente risulterebbe insufficiente è quello del rinvenimento di un suolo di tipo B, che però appare estremamente improbabile nel contesto geologico analizzato e descritto.

*Nella zona del centro di Dosseña, in presenza di terreni di classe B, il valore del fattore di amplificazione  $F_a$  calcolato in sito è sempre superiore al valore di soglia comunale per il periodo 0,1 – 0,5 (che per altro è quello rappresentativo della tipologia costruttiva) ed in un caso anche nel periodo 0,5-1,5 s.*

Nella carta di amplificazione sismica di secondo livello si è proceduto nel modo seguente:

- a) sono state perimetrate le aree oggetto di analisi (come detto le verifiche sono relative solo alle aree edificate ed edificabili, non in classe 4 per altre criticità);
- b) tutta la zona di Valborgo è stata perimetrata come: “area in cui il fattore di amplificazione è minore della soglia comunale ( $F_a < S$ )”. In tali aree l'utilizzo della classe di suolo E garantisce l'adeguatezza della normativa vigente.
- c) tutta la zona del Centro Abitato (area ex l. 267/98) è stata perimetrata come: “area in cui il fattore di amplificazione è maggiore della soglia comunale ( $F_a > S$ )”. In tali aree è necessaria l'applicazione della seguente normativa

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA**  
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

*per qualunque struttura da realizzare la normativa nazionale NON è sempre sufficiente a coprire l'amplificazione sismica locale. In questa situazione si pongono due alternative ai Progettisti in fase di progettazione edilizia:*

- 2a) effettuare analisi più approfondite (3° livello della direttiva Regionale),*
- 2b) in caso di rinvenimento della classe di suolo B è necessario utilizzare lo spettro caratteristico della categoria di suolo superiore (nel caso specifico il suolo D che è in grado di coprire tutti i valori di amplificazione calcolati).*



***ALLEGATI***

Allegato n° 1: Ubicazione delle sezioni per le verifiche di amplificazione topografica

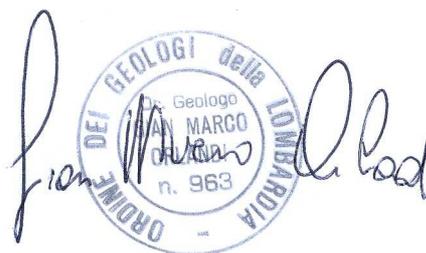
***ELABORATI DELLO STUDIO GEOLOGICO VIGENTE INTEGRATI  
E/O SOSTITUITI***

Tavole 9a/bis: Carta di fattibilità geologica, scala 1:5.000 (modificata, sostituisce la precedente)

Tavola 11: Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello, scala 1:5.000 (nuovo documento)

Tavola 12: Carta PAI - PGRA, scala 1:10.000 (nuovo documento)

Norme geologiche (sostituiscono ed aggiornano le precedenti)



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Gian Marco Orlandi'. Overlaid on the signature is a circular blue stamp. The stamp contains the text: 'ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDA' around the perimeter, 'Geologo' at the top, 'GIAN MARCO ORLANDI' in the center, and 'n. 963' at the bottom.