

**PROVINCIA
DI PARMA**

GEOSTUDI S.r.l.	COMMITTENTE: AMM. COMUNALE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI	
DIREZIONE TECNICA	A CURA DI	Dott. Geol. Lorenzo Negri Dott. Geol. Marco Vannucchi
NEGRI		

ELABORATO: Relazione illustrativa	CODICE COMMESSA: APT 08/11
--	-----------------------------------

UBICAZIONE: Comune di Neviano degli Arduini (PR)	
OGGETTO: Studio di microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) dei seguenti ambiti del territorio comunale: Neviano Capoluogo, Provazzano, Isolanda, Bazzano.	

DATA	REDATTO	APPROVATO	ATTIVITA'
GENNAIO 2012	DAVOLIO – BURATTI	NEGRI	PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

FILE	PERCORSO ARCHIVIAZIONE
RELAZIONE MS NEVIANO.DOC	3 – APT

GEOSTUDI S.r.l.

Via N.Nadi n°9/a - 43122 PARMA, Tel.0039 521 244693 - Fax 0039 521 241207 - www.geostudiparma.it - E MAIL: info@geostudiparma.it - PEC: geostudi@pec.it
Capitale Sociale € 15.000 i.v. - C.F. & P.I. 02078920341 - Iscritta al Registro Imprese n°02078920341 e R.E.A. n°209.223 C.C.I.A.A. di Parma

INDICE

1 – PREMESSA.....	3
1.1 – Microzonazione sismica: definizioni ed obiettivi	5
1.2 – Metodologia di studio ed elaborati prodotti	6
2 – INQUADRAMENTO SISMICO.....	10
2.1 – Quadro sismotettonico regionale.....	10
2.2 – Classificazione sismica del territorio comunale.....	14
2.3 – Sismicità storica	17
2.4 – Rischio sismico – Definizioni	20
2.5 – Pericolosità sismica di base.....	24
3 – INDAGINI INDIRETTE	28
3.1 – Prospezione sismica con metodo “HVSr”	28
3.2 – Cenni sulla metodologia d’indagine e sull’elaborazione dati	29
4 – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	33
4.1 – Carta delle indagini (Tav. 1).....	33
4.2 – Carta lito-morfologica (Tav. 2)	35
4.3 – Carta delle aree suscettibili di effetti locali o Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Tav. 3)	37
5 – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	43
5.1 – Carta delle nuove indagini (Tav. 4).....	43
5.2 – Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 5)	44
5.3 – Carta delle velocità “V _s ” delle onde di taglio S (Tav. 6).....	44
5.4 – Carta dei fattori di amplificazione “F.A.” (Tav. 7)	45
6 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	55

Allegato n°1: Misure di microtremore ambientale HVSr

Elaborati cartografici allegati:

Elaborati cartografici Macro-ambito 1 – Neviano capoluogo

Elaborati cartografici Macro-ambito 2A – Provazzano

Elaborati cartografici Macro-ambito 2B – Isolanda

Elaborati cartografici Macro-ambito 3 – Bazzano

1 – PREMESSA

Il presente studio, redatto su incarico dell'Amministrazione comunale di Neviano degli Arduini (PR) e condotto in accordo con le indicazioni operative e con l'ausilio del competente Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma, ha lo scopo di illustrare la MICROZONAZIONE SISMICA (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni ambiti del territorio comunale di interesse urbanistico (Neviano Capoluogo, Provazzano, Isolanda, Bazzano) individuati di concerto con l'Amministrazione comunale.

Il quadro normativo vigente in materia a cui si è fatto riferimento è il seguente:

- L.R. Regione E.R. n°20 del 24 marzo 2000 inerente la “Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio”;
- L.R. Regione E.R. n°19 del 30 ottobre 2008 inerente le “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- O.P.C.M. n°3907 del 13 novembre 2010, e s.m.i., e Decreto n°8422 del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 10/12/2010 “Attuazione dell'articolo 11 del Decreto-Legge n°39 del 28 aprile 2009, convertito, con modificazioni, dalla Legge n°77 del 24 giugno 2009, in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- Deliberazione Giunta Regionale n°1051 del 18 luglio 2011 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm.”.

Per quanto concerne i criteri e gli indirizzi metodologici seguiti, come anche specificato nella citata Deliberazione Giunta Regionale n°1051 del 18 luglio 2011, si è fatto riferimento a:

- D.A.L. 112/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, comma 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112 del 2 maggio 2007 pubblicata sul B.U. della R.E.R. n°64 del 17/05/2007;

- “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008;

oltre che a letteratura specifica in materia:

- “Microzonazione sismica e norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008)” di Crespellani T. e Martelli. L., Ingegneria sismica 2/2008.

Al fine di ottimizzare costi e tempi, il presente studio di microzonazione sismica ha interessato, così come indicato espressamente negli indirizzi metodologici di cui alla citata Deliberazione Giunta Regionale n°1051 del 18 luglio 2011, alcune delle principali aree urbanizzate e/o suscettibili di trasformazioni urbanistiche nonché interessate da reti infrastrutturali principali, delimitate dal perimetro del territorio urbanizzato e/o dei centri abitati nello strumento di pianificazione comunale, preventivamente individuate di concerto con l’Amministrazione Comunale:

- MACRO-AMBITO 1 – **Neviano capoluogo**;
- MACRO-AMBITO 2A – **Provazzano**;
- MACRO-AMBITO 2B – **Isolanda**;
- MACRO-AMBITO 3 – **Bazzano**.

Le considerazioni espresse emergono dalla sintesi delle seguenti acquisizioni d’indagine:

- reperimento dei dati informatizzati relativi all’assetto geolitologico, geomorfologico e sismotettonico regionale e locale;
- caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica di massima dei terreni del primo sottosuolo attraverso la ricerca e la raccolta delle indagini geognostiche dirette ed indirette pregresse, realizzate in passato, nell’arco temporale 1987 – 2011, sul territorio comunale di Neviano degli Arduini a supporto generalmente dell’attività pianificatoria;
- caratterizzazione sismica dei terreni del primo sottosuolo attraverso l’esecuzione di prospezioni sismiche tipo “HVSr” di misura del rumore sismico mediante tomografo digitale.

1.1 – Microzonazione sismica: definizioni ed obiettivi

Per MICROZONAZIONE SISMICA si intende la suddivisione dettagliata del territorio in zone omogenee rispetto al comportamento dei terreni in concomitanza ad un evento sismico ed ai possibili effetti indotti dal conseguente scuotimento.

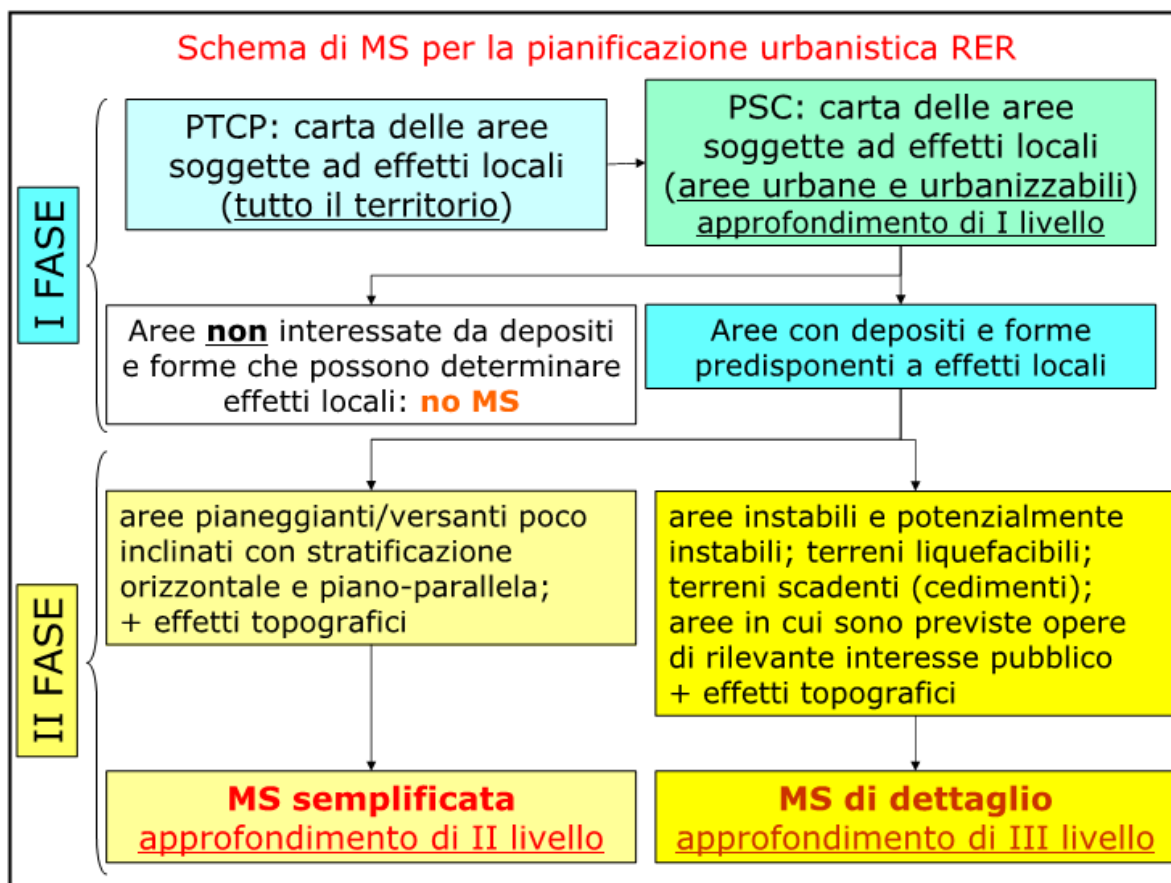
La microzonazione sismica tiene conto, pertanto, sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi, ecc.) sia delle caratteristiche geologiche e morfologiche locali del sito.

La stessa costituisce uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzata ed applicata già in fase di PIANIFICAZIONE URBANISTICA, al fine di indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree contraddistinte da minore pericolosità sismica.

In linea generale, come esplicitato nello schema di seguito riportato, gli studi di microzonazione sismica si propongono di:

- perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale, ovvero quelle parti di territorio suscettibili di effetti locali;
- identificare la tipologia degli effetti attesi (amplificazione stratigrafica e/o topografica, instabilità dei versanti, cedimenti, liquefazione, ecc.);
- stimare le risposte dei terreni nelle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità;
- fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio adeguata alla pericolosità sismica dello stesso.

I contenuti e la complessità di un'indagine di microzonazione sismica dipendono dai livelli di approfondimento che si vogliono raggiungere, a cui corrispondono risorse diverse, economiche e professionali da mettere in campo.



Tratta da “La microzonazione sismica in Emilia – Romagna” – Dott. Luca Martelli (2011)

1.2 – Metodologia di studio ed elaborati prodotti

Il presente studio di microzonazione sismica si è sviluppato attraverso n°2 successive fasi di realizzazione e rispettivi livelli di approfondimento:

- **I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, finalizzato a definire qualitativamente, per i macro-ambiti indicati, le zone a comportamento omogeneo in prospettiva sismica per finalità di pianificazione territoriale nonché ad orientare le indagini di approfondimento previste nel successivo II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO;
- **II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, finalizzato a definire, con maggiore dettaglio, attraverso l'esecuzione di specifiche indagini (essenzialmente geofisiche nel presente studio), il modello geologico del sottosuolo per le singole microzone ed a fornire, per ciascuna di esse, una quantificazione numerica descrittiva degli effetti attesi (fattore di amplificazione) ottenuta con metodi semplificati.

Il I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO si propone le finalità di seguito schematizzate:

- individuare, all'interno di ciascun macro-ambito, le aree suscettibili di effetti locali, ove concentrare le successive e più mirate indagini di microzonazione sismica;
- definire, per ciascuna zona individuata, la tipologia di effetti attesi in concomitanza ad eventi sismici;
- indicare, per ciascuna area, il livello di approfondimento necessario;
- ricostruire il modello geologico per ciascuna zona, in termini di caratteristiche litologiche, stratigrafiche e geometriche delle unità geologiche costituenti il sottosuolo, con stima indicativa, laddove possibile, della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato che costituirà la base per la successiva microzonazione sismica.

Per detto I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO sono stati prodotti, per ciascun macro-ambito, i seguenti elaborati cartografici:

- *Carta delle indagini* (scala 1:5.000), previo reperimento delle indagini geognostiche dirette ed indirette pregresse (realizzate dal 1987 ad oggi sul territorio comunale), interpretate, classificate ed archiviate per tipo e profondità di indagine raggiunta secondo i criteri di cui agli indirizzi metodologici in precedenza citati, con indicate anche eventuali indagini di nuova esecuzione, funzionali alla definizione del modello geologico, con particolare riferimento agli spessori ed alle geometrie delle coperture di versante nonché alla conseguente profondità del substrato;
- *Carta lito-morfologica* (scala 1:5.000), derivata dalla cartografia geologica allegata allo strumento di pianificazione comunale (P.S.C.) adottato con delibera del C.C. n°24 in data 28/07/2009, dalla "Carta del Dissesto" del P.T.C.P. della Provincia di Parma – Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale – approvato con Del. C.P. n°118 del 22/11/2008 – alla scala 1:10.000 – e dalla "Carta Geologica" della Regione Emilia Romagna alla scala 1:10.000, ove sono rappresentati i principali elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie, con particolare attenzione alla perimetrazione delle coperture detritiche, delle aree instabili e di quelle potenzialmente soggette a dissesti;
- *Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica* (scala 1:5.000), con distinte:

- ZONE STABILI, ovvero zone, con morfologia sub-pianeggiante (pendenza <math>< 15^\circ</math>), prive di significativi effetti di modificazione del moto sismico rispetto ad un “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s) affiorante e/o sub-affiorante;
- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI, ovvero zone nelle quali sono attese amplificazioni connesse a condizioni stratigrafiche, imputabili generalmente a marcati contrasti di impedenza tra terreni di copertura ed il substrato, e/o amplificazioni connesse a condizioni topografiche. In dette zone non si escludono fenomeni di potenziale instabilità delle coperture associati a pendenze ridotte (inferiori a 15°) o cedimenti per possibile addensamento dei depositi;
- ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ, ovvero zone nelle quali sono attesi, oltre a possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e/o topografica, anche fenomeni di instabilità di versante (aree in frana attiva, calanchive, aree soggette a soliflusso segnalate in P.T.C.P. provinciale) o fenomeni di potenziale instabilità dei depositi (aree in frana quiescente, depositi di versante in s.l.) se associati a pendenze superiori a 15° .

In detta cartografia, per ciascuna area, è altresì indicato il sistema di effetti attesi e i livelli di approfondimento da prodursi nelle successive fasi di microzonazione.

Il II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO si propone le finalità di seguito schematizzate:

- confermare le condizioni di pericolosità indicate dal precedente I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ed eventualmente dettagliare maggiormente la perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
- suddividere in modo dettagliato il territorio, sulla base dell'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- confermare o eventualmente ridefinire con maggiore dettaglio le aree, indicate dal I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, in cui si ritengono necessari ulteriori approfondimenti di III° LIVELLO e, nel caso, indicare le indagini ed analisi da effettuare.

Per detto II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO sono stati prodotti, per ciascun macro-ambito, i seguenti elaborati cartografici:

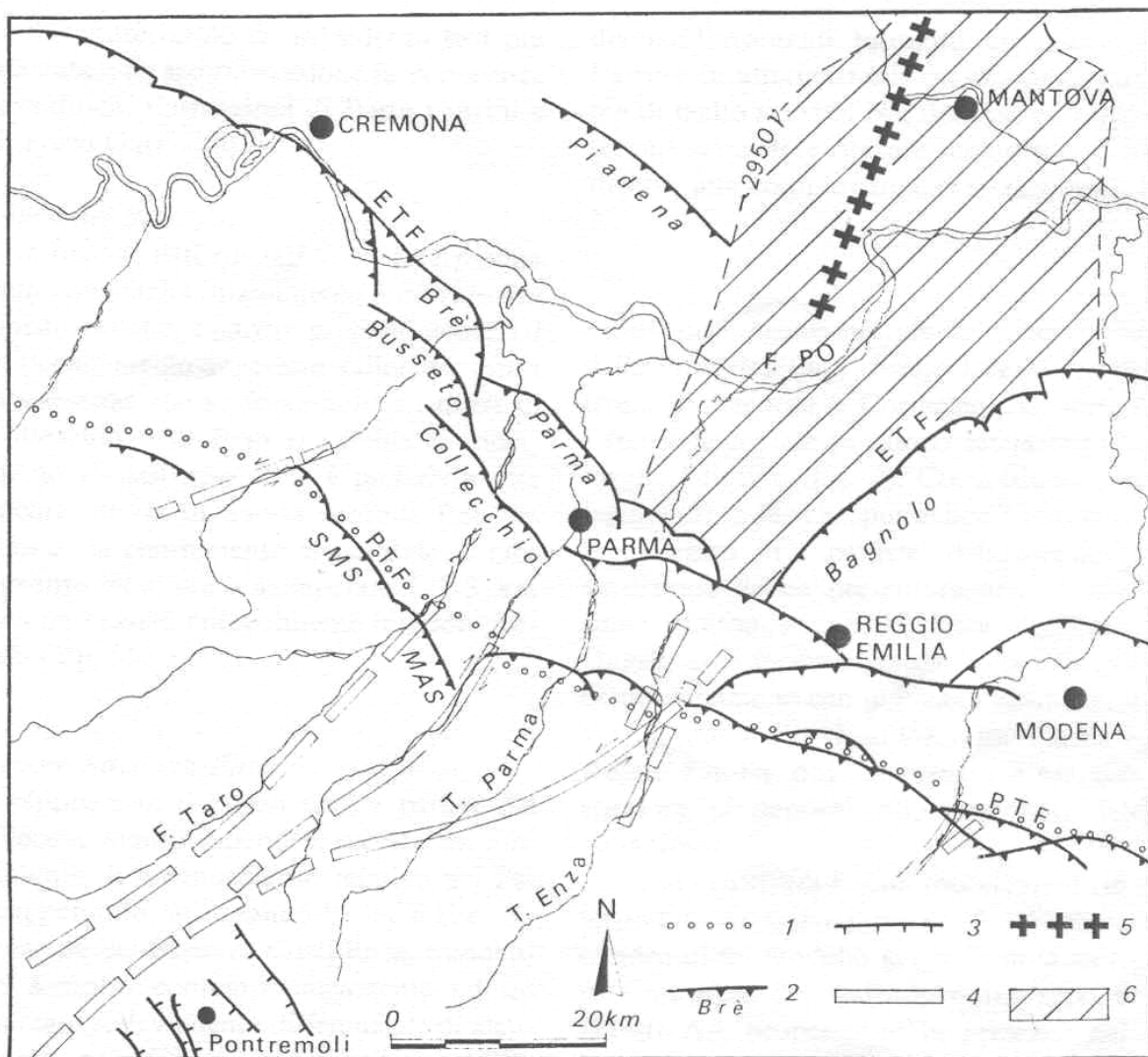
- *Carta delle nuove indagini* (scala 1:5.000), ovvero la cartografia delle indagini realizzate nella II° Fase, classificate per tipo e profondità di indagine raggiunta, funzionali a definire e confermare il modello geologico ricostruito in precedenza. In detto studio si è trattato essenzialmente di indagini di tipo geofisico (misure di microtremore ambientale HVSR), in quanto carenti tra le indagini pregresse;
- *Carta delle frequenze naturali dei terreni* ¹ (scala 1:5.000), derivata dalla campagna delle citate indagini sismiche (misure di microtremore ambientale HVSR, vd. All. n°1), con indicati i punti di misura e le risultanze di indagine (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi). Il territorio indagato è stato quindi dettagliato in base a classi di frequenza, allo scopo di distinguere le aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi da quelle interessate da possibili fenomeni di risonanza, con indicazione delle zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture;
- *Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)* (scala 1:5.000), in cui sono ubicati, per ciascun punto di misura, la profondità "H" da p.c. del "substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o del "substrato non rigido" ($V_s < 800$ m/s) nonché il valore di velocità " V_{SH} " delle onde di taglio S nei terreni sovrastanti di "copertura";
- *Carta dei fattori di amplificazione* (scala 1:5.000) delle aree in cui sono richiesti APPROFONDIMENTI DI II° LIVELLO, con stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate, utilizzando abachi e formule contenuti nei citati indirizzi metodologici.

¹ Detta cartografia, prevista nel I° livello di approfondimento secondo gli indirizzi metodologici di cui alla citata Deliberazione Giunta Regionale n°1051 del 18 luglio 2011, è stata demandata e realizzata nella II° Fase di studio, a seguito della campagna geognostica sismica (misure di microtremore ambientale HVSR), in accordo con il competente Ufficio Provinciale di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma.

2 – INQUADRAMENTO SISMICO

2.1 – Quadro sismotettonico regionale

La fascia di territorio in esame si inserisce in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell'edificio padano attraverso due importanti fasce parallele di strutture di embricazione sepolte, aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE (Fig. 1), le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria (Boccaletti et al., 1985).



1) Margine morfologico appenninico. 2) Strutture Agip citate nel testo. 3) Faglie normali della fossa tettonica della Lunigiana. 4) Linee trasversali di ordine maggiore. 5) Asse di alto del «basamento magnetico». 6) Massimo dell'anomalia magnetica residua (oltre 2950 γ).

Fig. 1: Schema strutturale del margine e del fronte appenninico (M. Bernini e G. Papani).

Il fascio più settentrionale (“*External Thrust Front*” – ETF), coincidente con l’allineamento Cremona – Parma – Reggio Emilia, appartiene all’arco delle cosiddette “*Pieghe Emiliane*” che dall’Appennino vogherese si estendono sino alla “*Linea del T.Sillaro*”; tale fascio risulta

costituito da un sistema di “*thrust*” ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente.

Il fascio meridionale (“*Pedeapenninic Thrust Front*” – PTF), coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani. Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni dei principali corsi d’acqua appenninici (T.Stirone, F.Taro, T.Baganza e T.Enza) che delimitano settori a diverso comportamento tettonico – sedimentario.

Le ricerche in campo sismo – tettonico avviate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sintetizzate nella “*Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*” (2004), hanno messo in evidenza gli elementi strutturali attivi del territorio, riconosciuti sulla base di indizi morfologici e geologici. In particolare, nel settore di territorio parmense in esame, risultano attivi i sovrascorrimenti che danno luogo agli archi del margine appenninico (Figg. 2, 3).

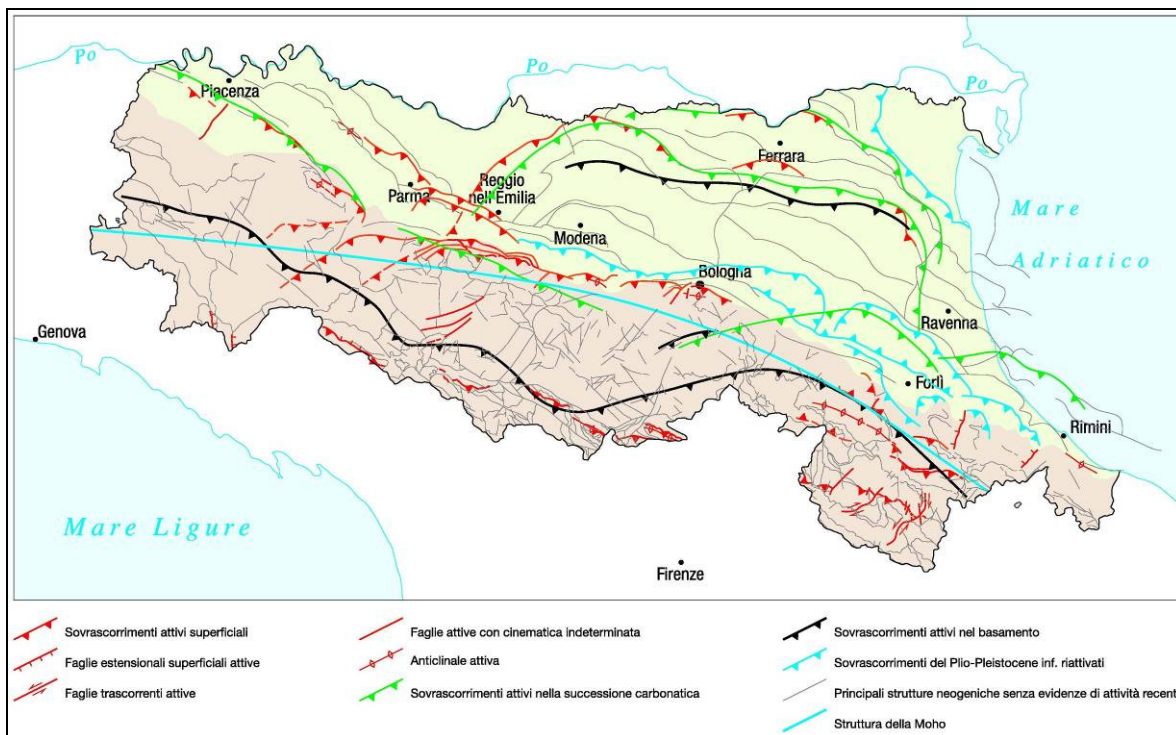


Fig. 2: Attività neotettonica in Emilia-Romagna (da: “Note illustrative – Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna” – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna – 2004).

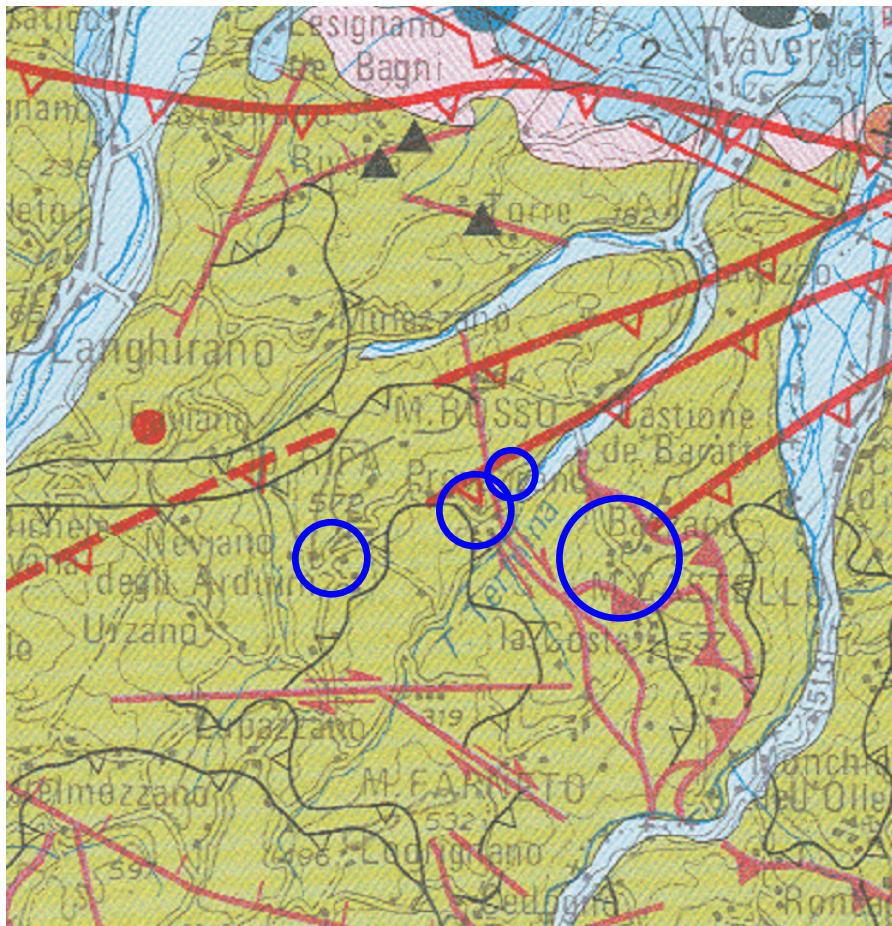
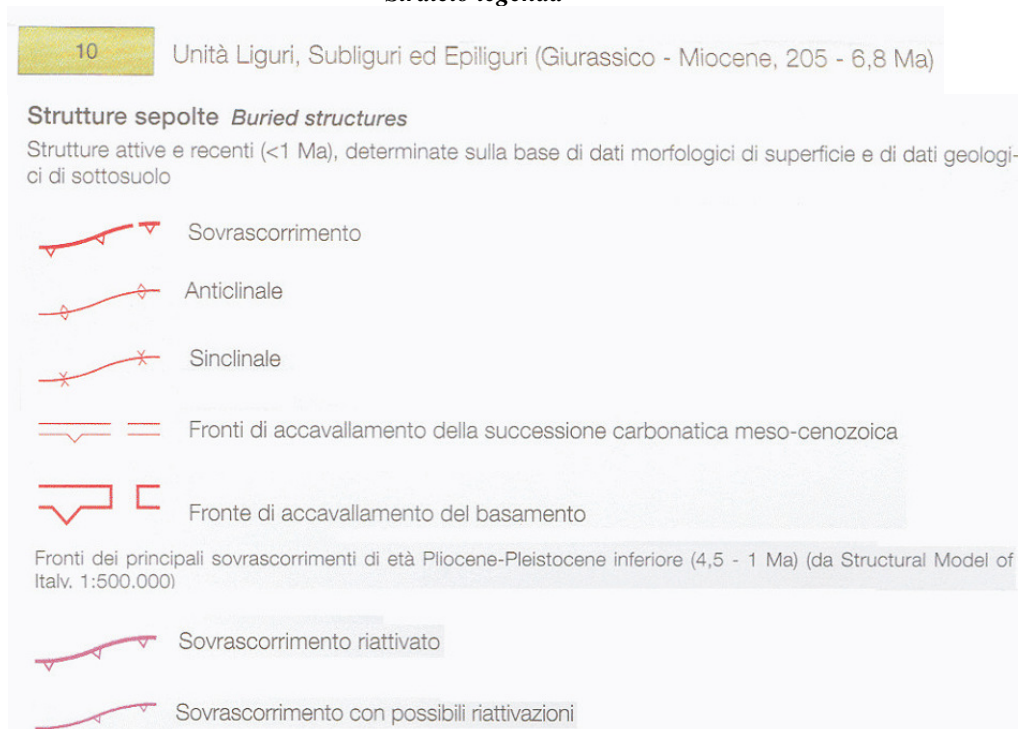


Fig. 3: Attività neotettonica in Emilia-Romagna (stralcio “Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna” – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna – 2004 e relativa legenda, con evidenziati in cerchio blu i quattro macro-ambiti oggetto di studio).

Stralcio legenda





Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9", che prevede una suddivisione in 36 zone (Fig. 4), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.).

Più specificatamente, il territorio di studio ricade nella zona sismogenetica "913", caratterizzata da terremoti di magnitudo medio – bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive.

Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km ed i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_{w,max} = 5,91$.

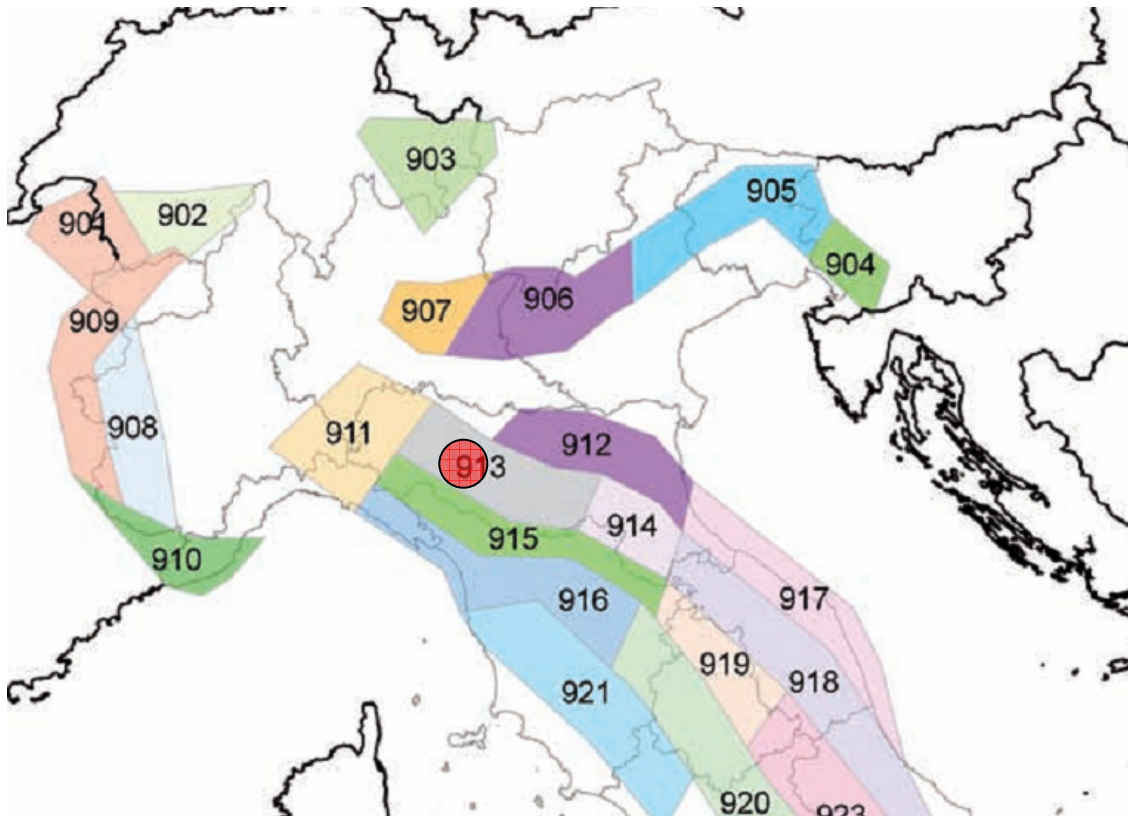


Fig. 4: Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Gruppo di lavoro, 2004). Il punto rosso individua approssimativamente l'area di intervento.

2.2 – Classificazione sismica del territorio comunale

In riferimento alla prima classificazione sismica d'urgenza introdotta dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Allegato 1, punto 3), nonché in base alla Deliberazione della Giunta Regionale n. 1435 del 21.07.2003, il territorio comunale di Neviano degli Arduini (Codice ISTAT 8034024) risulta classificato in **Zona 3** (vd. Fig. 5), come da Allegato A (Classificazione sismica dei comuni d'Italia).

Precedentemente all'emanazione della citata Ordinanza, sotto il profilo della normativa sismica, il Comune di Neviano degli Arduini risultava non classificato.

I valori di accelerazione sismica di progetto a_g , così come proposta dal C.N.R. (1985) "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e dall'Eurocodice EC8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5, Fondazioni, Strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", per le aree classificate alla III^a categoria risultano pari a 0,15.

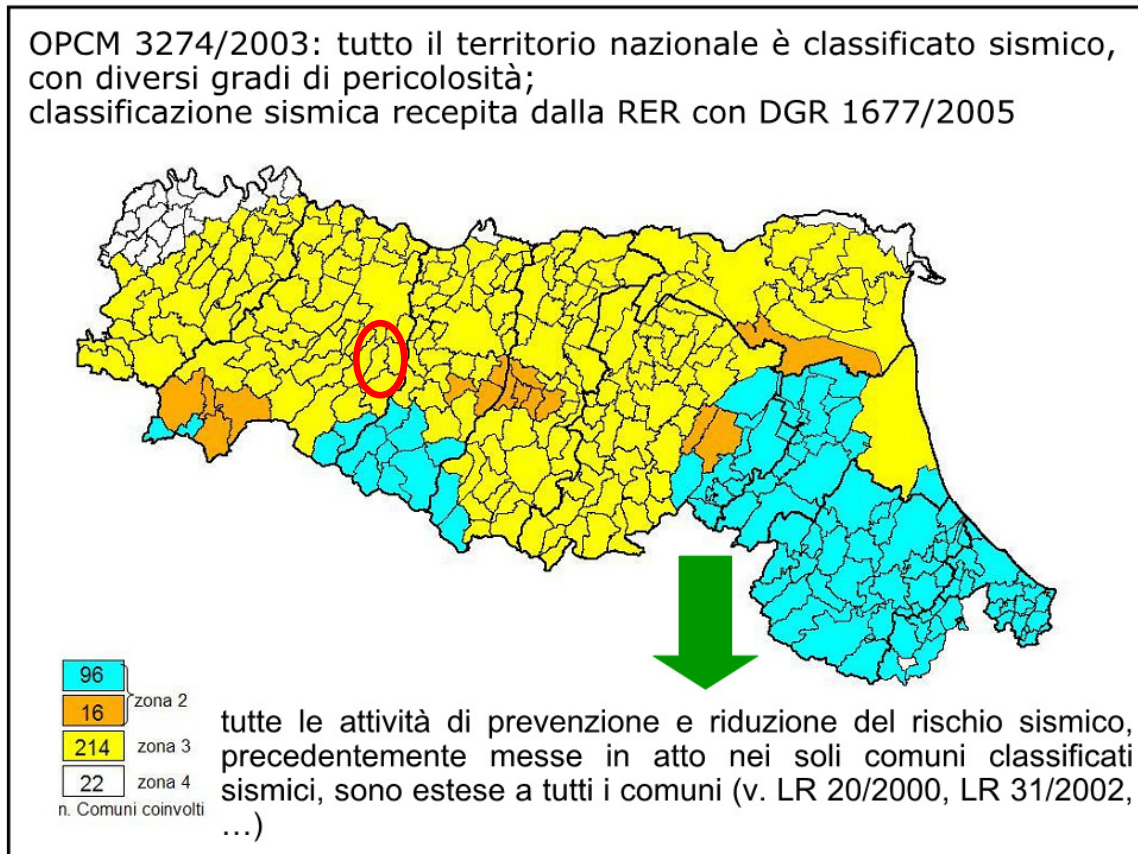


Fig. 5: Classificazione sismica Regione Emilia – Romagna, tratta da “La microzonazione sismica in Emilia – Romagna” – Dott. Luca Martelli (2011). In cerchio rosso è indicato il territorio comunale di Neviano Arduini.

In Fig. 6 si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo).

I valori di cui sotto sono coerenti con quanto riportato nell’Allegato A4 della Del. Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007 che attribuisce al Comune di Neviano degli Arduini un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo a_g (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), per $T = 0$, pari a 0,158 g.

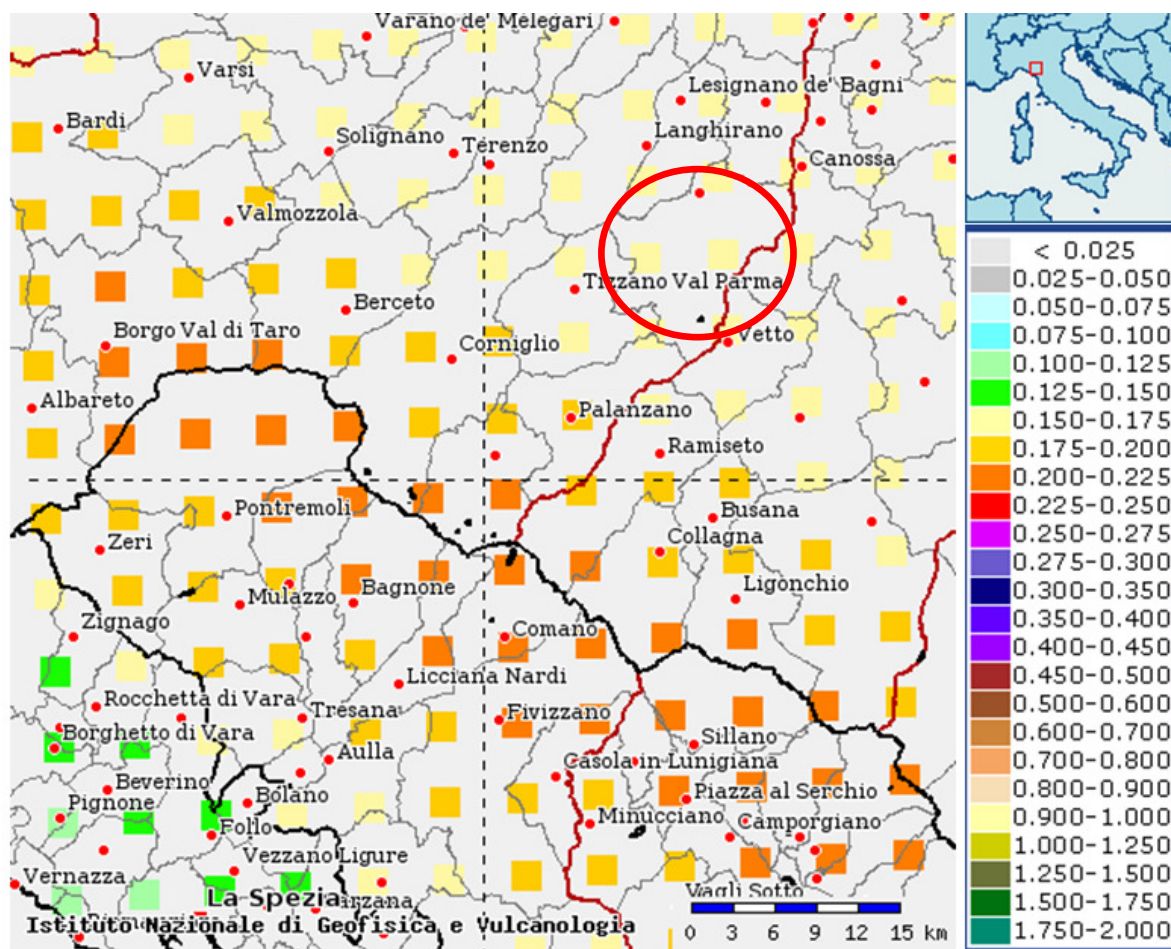


Fig. 6: Mappa di pericolosità sismica (stralcio mappa di pericolosità sismica espressa in termini di a_g per un Tempo di ritorno di 475 anni, consultabile sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>). In cerchio rosso è indicato il territorio comunale di Neviano Arduini.

Con l'entrata in vigore del DM 14.01.2008, la distinzione in zone del territorio italiano assolve la funzione di definire i criteri di controllo da parte degli Enti preposti (si veda sentenza della Corte Costituzionale n. 182/2006). Per quanto concerne l'*input sismico*, inteso come accelerazione di picco al suolo (PGA), le specifiche contenute nello stesso decreto prevedono che siano verificate le condizioni locali (*microzonazione sismica*), tramite specifiche e mirate indagini geognostiche dirette e/o indirette, relativamente a:

- *Modificazioni dello scuotimento del suolo* causate da condizioni geologiche – geomorfologiche – geotecniche locali quali:
 - vicinanza a faglie sismogenetiche attive (*effetti di campo-vicino*), di cui all' Eurocodice 8;
 - amplificazione stratigrafica (*effetti di sito – S_s*);
 - amplificazione topografica (*effetti di sito – S_T*);
- *Effetti di instabilità indotti dal terremoto* causati da condizioni geologiche-geomorfologiche-geotecniche locali quali:
 - apertura di faglie e fratture in superficie (*effetti indotti*);
 - instabilità di pendii e versanti (*effetti indotti*);
 - cedimenti del suolo (liquefazioni/densificazioni) (*effetti indotti*).

La caratterizzazione più puntuale della pericolosità sismica del sito di intervento viene definita mediante un approccio “*sito dipendente*”, in base al quale definire l’azione sismica di progetto necessaria a valutare il rispetto dei diversi stati limite.

La pericolosità sismica di base di un sito, ovvero la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, è rappresentata da uno specifico diagramma di spettri di risposta elastici.

“ [...] La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PvR nel periodo di riferimento V_R

Più specificatamente, utilizzando gli appositi fogli di calcolo disponibili sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (“Azioni sismiche – Spettri di risposta, ver. 1.03”) e/o della *GeoStru Software* ed inserendo le coordinate geografiche decimali del sito, sono stati definiti gli spettri di risposta elastici rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche attese per un generico sito del territorio.

2.3 – Sismicità storica

La verifica delle osservazioni sismiche disponibili in bibliografia per l’areale in esame, ossia l’esame dei terremoti con area epicentrale situata in zone di influenza (entro un raggio di circa 100 – 150 km) con magnitudo maggiore di 5, reperita dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI) aggiornato all’anno 2000, ha evidenziato la seguente casistica storica:

Anno	Località	Intensità max (x10) scala MCS	Intensità epicentrale max (x10) scala MCS	Latitudine	Longitudine	Magnitudo
-91	Modena-Reggio Emilia	85	80	44.65	10.78	5,66
1065	Brescia	80	70	45.55	10.22	5.17
1117	Veronese	90	95	45.33	11.2	6.49
1197	Brescia	65	65	45.55	10.22	5.03
1222	Basso bresciano	90	85	45.48	10.68	6.05
1234	FERRARA	70	70	44.836	11.618	5.17
1249	Modena	75	65	44.65	10.93	5.03
1276	Italia settent.	55	60	45.08	9.55	5.11
1285	FERRARA	70	65	44.836	11.618	5.03
1293	PISTOIA	80	80	43.932	10.913	5.57
1346	Ferrara	75	75	44.92	11.02	5,81

1365	Bologna	75	65	44.5	11.33	5.03
1399	Modenese	70	70	44.47	11.07	5.40
1410	FERRARA	65	65	44.836	11.618	5.03
1433	Bologna	70	60	44.5	11.33	5.03
1438	Parmense	80	80	44.85	10.23	5,62
1455	BOLOGNESE		75	44.4	11.25	5.37
1455	Media valle del Reno	75	70	44.42	11.27	5.18
1465	Reggio Emilia	65	65	44.7	10.63	5.03
1470	APPENNINO BOLOGNESE	80	70	44.161	11.037	5.17
1481	LUNIGIANA	85	85	44.276	10.13	5,84
1501	Appennino modenese	90	85	44.52	10.85	5,85
1505	Bologna	70	70	44.48	11.25	5.47
1527	PISTOIA	75	75	43.932	10.913	5.37
1545	BORGO VAL DI TARO	75	75	44.498	9.844	5.33
1547	Reggio Emilia	80	70	44.7	10.63	5.21
1570	Ferrara	80	75	44.82	11.63	5.48
1572	PARMA	70	70	44.851	10.422	5.13
1574	FINALE EMILIA	70	70	44.833	11.294	5.12
1628	PARMA	70	70	44.801	10.329	5.17
1671	RUBIERA	70	70	44.709	10.814	5.34
1693	GOITO	70	70	45.28	10.644	5.27
1731	MONTALE		65	44	11	5.03
1738	PARMA	70	70	44.906	10.028	5.40
1740	GARFAGNANA	75	70	44.124	10.59	5.18
1743	FERRARA	65	65	44.836	11.618	5.03
1767	Fivizzano	75	65	44.18	10.11	5.06
1786	PIACENZA	70	65	45.298	9.595	5.31
1790	AULLA		65	44.167	10	5.03
1796	Emilia orientale	70	70	44.62	11.67	5,63
1799	CASTENEDOLO	65	65	45.403	10.271	5.06
1802	Valle dell'Oglio	85	80	45.42	9.85	5,67
1806	NOVELLARA	70	70	44.862	10.671	5.26
1810	NOVELLARA	70	70	44.898	10.712	5.28
1811	SASSUOLO	70	70	44.572	10.728	5.24
1818	LANGHIRANO	75	75	44.668	10.286	5.57
1829	CREMONA	65	65	45.136	10.024	5.03
1831	Reggiano	75	75	44.75	10.55	5.48
1832	Reggiano	75	75	44.77	10.47	5.59
1834	ALTA LUNIGIANA	85	85	44.449	9.859	5,64
1834	ALTA LUNIGIANA	65	65	44.439	10.021	5.14
1835	PASSO CISA		65	44.417	9.833	5.03
1837	ALPI APUANE	100	95	44.174	10.181	5,65
1843	VERNIO	75	70	44.072	11.144	5.22
1849	VAL DI TARO	65	65	44.485	9.73	5.03
1857	PARMENSE	65	65	44.749	10.48	5.26
1864	ZOCCA	65	65	44.337	11.059	5.03
1869	VERGATO	75	75	44.314	11.116	5.32
1869	SERRAMAZZONI		65	44.5	10.75	5.03
1873	REGGIANO	65	65	44.612	10.701	5.13
1873	LIGURIA ORIENTALE	65	65	44.497	10.283	5.52
1878	CASTEL DEL RIO		70	44.25	11.5	5.17
1881	Bolognese	70	65	44.32	11.35	5.14
1885	SCANDIANO	60	60	45.208	10.169	5.22

1898	CALESTANO	70	65	44.503	10.314	5.07
1901	Salo'	80	80	45.58	10.5	5,67
1902	GARFAGNANA	70	70	44.093	10.463	5.17
1902	FIVIZZANO		70	44.2	10.2	5.17
1903	LUNIGIANA	75	70	44.329	9.953	5.15
1904	Reggiano	70	60	44.48	10.63	5.13
1904	Frignano	70	60	44.18	10.78	5.08
1904	PISTOIESE	70	70	43.964	10.82	5.18
1909	BASSA PADANA	65	65	44.579	11.688	5.53
1914	GARFAGNANA	70	70	43.911	10.598	5,79
1915	REGGIO EMILIA	65	60	44.732	10.469	5.01
1920	Garfagnana	100	95	44.18	10.28	6.48
1921	PONTREMOLI	70	65	44.377	9.882	5.03
1923	FORMIGINE	60	60	44.595	10.799	5.21
1927	BEDONIA	60	60	44.52	9.59	5.13
1929	Bolognese	80	70	44.47	11.13	5.55
1930	FIUMALBO	60	60	44.136	10.724	5.22
1932	Monte Baldo	80	75	45.63	10.73	5.01
1934	BORGO VAL DI TARO	60	60	44.438	9.725	5.22
1937	APPENNINO MODENESE	70	65	44.334	10.834	5.42
1939	GARFAGNANA	70	65	44.119	10.255	5.20
1951	LODIGIANO	60	65	45.254	9.55	5.24
1957	ZOCCA	60	60	44.394	10.994	5.06
1965	ALTA V. SECCHIA	50	50	44.373	10.355	5.01
1971	Parmense	80	75	44.82	10.35	5,61
1980	VERNASCA			44.817	9.85	5.03
1983	Parmense	70	65	44.765	10.27	5.10
1987	REGGIANO	60	60	44.797	10.697	5.05
1995	LUNIGIANA		70	44.179	10.06	5.04
1996	CORREGGIO	70	70	44.782	10.683	5.44
2000	REGGIANO					4.7 (<5)
* 2008	PARMA / REGGIO			44.519	10.382	5.1
* 2012	POVIGLIO					4.9 (<5)
* 2012	BERCETO - CORNIGLIO					5.4

N.B.: Tratto da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), aggiornato al 2000.

N.B.: * Terremoti non ancora presenti nel Catalogo Parametrico (CPTI).

Il recente terremoto del 27.01.2012 ha registrato una magnitudo pari a 5.4 della scala Richter (pari a quella che il 31.10.2002 che a San Giuliano di Puglia causò la morte di 27 persone) ed è stato avvertito in tutto il Nord Italia attorno alle 15.53. L'epicentro della scossa è stato rilevato tra Corniglio, Berceto e Monchio delle Corti, nel Parmense, alla profondità di 60,8 chilometri dalla superficie.

Il terremoto avvenuto in data 23.12.2008 alle ore 16:24, di magnitudo pari a 5.1, che ha colpito l'area appenninica fra il reggiano e il parmense, è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'I.N.G.V. a profondità ipocentrale stimata pari a circa 27 km. L'evento è stato avvertito in un'area molto vasta, dalla Toscana e dalla Liguria a tutta l'Italia Settentrionale, e in particolare in Emilia Romagna, Veneto e Lombardia. La scossa principale è stata seguita nelle ore successive e fino a oggi da oltre 250 repliche, alcune delle quali hanno superato la

soglia di magnitudo 3. Quella principale, al momento, si è verificata nella serata del 23 alle ore 22:58, con magnitudo 4.7, ed è stata sensibilmente avvertita dalla popolazione; la profondità è stata stimata in circa 31 km. Il danneggiamento più diffuso è stato riscontrato in alcune località minori lungo le due sponde del T. Baganza, fra i Comuni di Felino, Sala Baganza e Calestano, ove è stata assegnata un'intensità fra il 6° ed il 7° MCS. Si tratta in particolare delle frazioni di San Michele de' Gatti, Poggio Sant'Ilario e Sant'Ilario Baganza in Comune di Felino e di San Vitale di Baganza in Comune di Sala Baganza. In queste località il danneggiamento risulta abbastanza diffuso, talora elevato, anche se interessa in generale edifici in sasso della prima metà del '900 piuttosto vulnerabili. Non si esclude che la posizione su fondovalle possa aver contribuito a generare effetti di amplificazione di sito nelle località suddette. Nella frazione di Poggio Sant'Ilario è stato danneggiato anche un condominio recente in c.a., pur senza determinare problemi strutturali. (da *"Rapporto sugli effetti del terremoto emiliano del 23 dicembre 2008"*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

2.4 – Rischio sismico – Definizioni

Il terremoto, per l'intensità e la globalità del suo impatto, è senza dubbio l'evento naturale più disastroso che caratterizzi il nostro territorio nazionale.

L'Italia è, infatti, un paese ad elevata sismicità, sia per la frequenza degli eventi che hanno interessato il territorio sia per l'intensità che alcuni di essi hanno storicamente raggiunto, determinando un rilevante impatto sociale ed economico.

Alcuni dati numerici permettono di evidenziare la reale importanza delle dimensioni delle problematiche connesse al rischio sismico in Italia:

- 2.500 terremoti con intensità Mercalli maggiore del V grado hanno colpito il nostro territorio nell'ultimo millennio, 200 dei quali distruttivi;
- 120.000 vittime nell'ultimo secolo (85.000 delle quali dovute al terremoto di Reggio Calabria e di Messina del 1908);
- 20 terremoti con intensità superiore od uguale al IX grado MCS dal 1900 ad oggi, un terremoto disastroso in media ogni 4 anni, ed un danno economico, valutato per gli ultimi venticinque anni in circa 75 miliardi di euro (145.000 miliardi delle vecchie lire), impiegati per il ripristino e la ricostruzione post-evento.

A ciò si devono aggiungere le conseguenze sul patrimonio storico, artistico, monumentale fortemente esposto agli effetti del terremoto.

Considerando alcuni dei più recenti e maggiori terremoti avvenuti nel mondo, eventi di energia (magnitudo) equivalente fra loro hanno determinato vittime e danni molto diversi in funzione delle caratteristiche del patrimonio abitativo (età, tipologia edilizia, uso), distribuzione dei centri abitati e densità di popolazione, vie di comunicazione, presenza e dislocazione dei centri operativi di pronto intervento, attività produttive, industrie a rischio, etc.

In Italia il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti e l'energia rilasciata nel corso degli eventi è molto più alto rispetto a quello che si verifica normalmente in altri paesi ad elevata sismicità, quali la California o il Giappone.

Ad esempio, il terremoto verificatosi in Umbria e nelle Marche nel 1997 ha prodotto un quadro di danneggiamento (senza tetto: 32.000, danno economico: 5 miliardi di Euro atualizzabili al 2002) confrontabile con quello della California del 1989 (14.5 miliardi di dollari americani), malgrado fosse caratterizzato da un'energia circa 30 volte inferiore.

Ciò è dovuto principalmente al fatto che il nostro patrimonio edilizio è caratterizzato da una notevole fragilità, a causa soprattutto della sua vetustà, delle sue caratteristiche tipologiche e costruttive nonché dello scadente stato di manutenzione.

Nell'ambito della sicurezza del territorio, la valutazione del rischio sismico, parallelamente alla previsione e prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico, deve assumere un concreto significato di strumento operativo a supporto di una corretta pianificazione urbanistico – territoriale.

La valutazione del **Rischio sismico** (R) associato ad un evento tellurico è funzione della Pericolosità (P), distinta in **Pericolosità sismica di base** (P_b) ed in **Pericolosità sismica locale** (P_l), della **Vulnerabilità** (V) e del **Valore esposto** (E).

La **Pericolosità sismica di base** (P_b) rappresenta la probabilità che l'evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento.

La **Pericolosità sismica locale** (P_l) rappresenta, invece, una stima a scala di dettaglio delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche,

geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in cui si prevede l'evento sismico (condizioni locali). In altri termini, la Pericolosità sismica locale deve considerare i fattori locali che possono variare la Pericolosità sismica di base.

Severità dell'azione

- - **Pericolosità (P_b)** = frequenza ed intensità probabilisticamente prevedibili degli eventi che interesseranno in futuro un territorio;
- - **Effetti locali (P_l)** = variazioni della pericolosità all'interno di un territorio per condizioni specifiche dei luoghi (*anche temporanee*)

RISCHIO SISMICO (R)

$$R = [P_b \cdot P_l] \cdot [E \cdot V]$$

Severità delle conseguenze

- - **Esposizione (E)** = distribuzione di persone anche in rapporto all'età, di attività produttive, risorse e infrastrutture di un territorio;
- - **Vulnerabilità (V)** = Effetti distruttivi e/o di danno prevedibili che un determinato evento di data intensità avrà sulle attività produttive, gli insediamenti umani e le infrastrutture di un territorio.

Per **Vulnerabilità (V)** si intende il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale. Riferito ad una struttura, la vulnerabilità è la sua tendenza a subire un determinato livello di danno a fronte di un evento sismico di data intensità. Il concetto di vulnerabilità è stato inserito nelle scale macrosismiche, in particolare con la scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1917) vengono definiti i gradi di intensità da I a XII in base agli effetti sulle costruzioni descritti qualitativamente. Successivamente l'evoluzione delle scale macrosismiche ha introdotto schemi di classificazione degli edifici con differenti tipologie costruttive e con diversa resistenza nei confronti della severità della scossa rilevata nella zona d'indagine. Un esempio è la scala MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik, 1981) che definisce n°3 classi tipologico – costruttive a vulnerabilità sismica decrescente, n°6 livelli di danno per ciascuna classe e n°3 quantificazioni del numero di edifici di ciascuna classe con certo livello di danno. L'Italia ha una vulnerabilità delle costruzioni presenti sul territorio molto elevata poiché la maggior parte di queste è stata costruita senza criteri antisismici.

Il **Valore esposto (E)** indica il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, case, stalle, ecc.). Tale fattore, pertanto, nel nostro Paese si attesta su valori altissimi, in considerazione dell'alta densità abitativa, della presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo, etc. In questo senso sono particolarmente significativi l'evento del 1997 in Umbria e Marche, che ha fortemente danneggiato circa 600 chiese ed, emblematicamente, la basilica di S. Francesco d'Assisi, e quello del 2009 dell'Aquila, mettendo in evidenza proprio il problema della particolare esposizione del patrimonio culturale del nostro paese.

I differenti effetti che le condizioni locali di un'area possono provocare vengono suddivisi in due categorie principali:

- **EFFETTI DI SITO O DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE:** interessano i terreni che presentano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono legati alle caratteristiche topografiche e/o litologiche del territorio in grado di generare un'esaltazione locale delle azioni sismiche di base;
- **EFFETTI DI INSTABILITÀ:** interessano i terreni che presentano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono causare fenomeni di franamento, di liquefazione, di subsidenza, di cedimento assoluto e differenziale.

Nello schema seguente vengono riassunti i principali elementi del territorio che concorrono potenzialmente alla pericolosità sismica locale (P_1), desunti dalla citata Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna 112/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112 del 2 maggio 2007 pubblicata sul B.U. della R.E.R. n°64 del 17/05/2007.

I livello: individuazione delle condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali (Emilia-Romagna)

Effetto atteso: **AMPLIFICAZIONE**

Depositi (spessore ≥ 5 m):

- a) detriti di versante (di frana, di falda, eluvio-colluviali, depositi morenici, depositi da geliflusso, ...)
- b) detriti di conoide alluvionale
- c) depositi alluvionali
- d) accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e con di deiezione)
- e) depositi fluvio-lacustri
- f) riporti antropici
- g) rocce del substrato alterate e/o intensamente fratturate
- h) litotipi del substrato costituiti da argille poco o mediamente consistenti e da sabbie poco cementate (litotipi caratterizzati da $V_s < 750-800$ m/s)

Elementi morfologici (cfr. EC8):

- creste, cocuzzoli, dorsale allungate e versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m

Effetti attesi: **AMPLIFICAZIONE E CEDIMENTI**

- Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 m da p.c., con profondità media stagionale del tetto della falda acquifera minore di 15 m da p.c. (**fattori predisponenti al rischio di liquefazione e densificazione**)
- **Depositi (spessore ≥ 5 m) con caratteristiche geo-meccaniche scadenti:** terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori $N_{SPT} < 15$ o $c_u < 70$ kpa o $V_{S_{30}} < 180$ m/sec
- Zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse (**comportamenti differenziali**)
- Cavità sepolte (**possibili comportamenti differenziali**)

Effetto atteso: **INSTABILITÀ DEI VERSANTI**

- Zone instabili: **zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi**
- **Zone potenzialmente instabili:** zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (pendii con acclività $> 15^\circ$ costituiti da accumuli detritici incoerenti o da terreni prevalentemente argillosi o intensamente fratturati; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; zone prossime a frane attive; scarpate subverticali; aree detritiche prossime a orli di scarpata)

Tratta da “La microzonazione sismica in Emilia – Romagna” – Dott. Luca Martelli (2011)

Nella definizione del **Rischio sismico (R)** intervengono, dunque, oltre alla pericolosità sismica (frequenza e intensità dei terremoti), anche le caratteristiche geologiche e geomorfologiche oltreché antropiche del territorio. A parità di pericolosità, un'area densamente popolata e caratterizzata da costruzioni poco resistenti al terremoto avrà un rischio elevato, mentre un'area dove non ci sono edifici, né popolazione, né altri beni avrà rischio nullo. Dunque elevata pericolosità sismica non significa necessariamente elevato rischio sismico.

2.5 – Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, di cui al D.M. 14/01/2008, la stima della **pericolosità sismica di base** di un sito può essere definita mediante un approccio “sito dipendente”.

Più specificatamente, utilizzando gli appositi fogli di calcolo scaricabili dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (“Azioni sismiche – Spettri di risposta, ver. 1.03”) ed inserendo le coordinate geografiche decimali del sito, si possono definire gli spettri di risposta elastici rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni

sismiche attese per un generico sito del territorio nazionale, nell'ipotesi di un suolo di categoria A su superficie orizzontale (categoria topografica T1).

Solo a seguito di specifiche indagini geognostiche (preferibilmente geofisiche), si può definire la categoria del suolo di fondazione e si valuta la **risposta sismica locale** in corrispondenza del sito di interesse, ovvero la modifica, tramite inserimento dell'amplificazione stratigrafica e/o topografica, dello spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento.

Vengono di seguito riportati gli spettri di risposta di riferimento per il territorio comunale di Neviano degli Arduini, nell'ipotesi di un suolo di categoria A su superficie orizzontale (categoria topografica T1).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 10,3167 LATITUDINE: 44,5833

Ricerca per comune REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Parma COMUNE: Neviano Degli Arduini

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

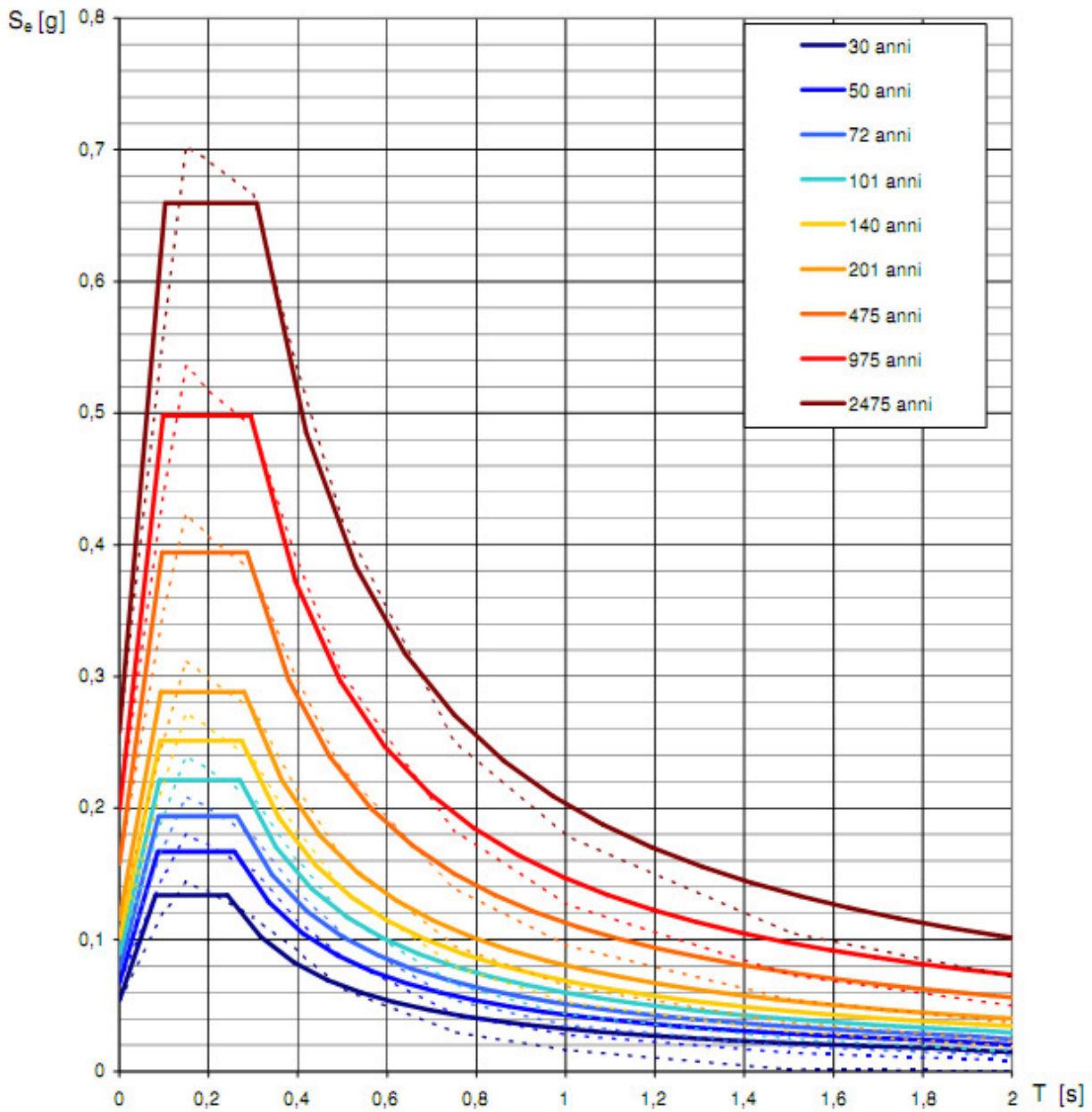
- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

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



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,054	2,478	0,242
50	0,067	2,484	0,258
72	0,078	2,490	0,264
101	0,089	2,481	0,270
140	0,101	2,486	0,274
201	0,116	2,490	0,279
475	0,158	2,499	0,286
975	0,198	2,510	0,294
2475	0,258	2,556	0,308

3 – INDAGINI INDIRECTE

3.1 – Prospezione sismica con metodo “HVSr”

Le misure di microtremore sismico sono state effettuate ed elaborate a cura del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma mediante l'impiego di tromografo digitale ed analisi dei dati misurati con *software* dedicato (vd. tabulati di indagine e criteri classificativi contenuti in All. n°1).

Per l'acquisizione dei dati di rumore sismico o microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti di nuova generazione più diffusi e certificati per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, coperto da brevetto internazionale.

Tecnicamente è un sismografo appositamente studiato per il rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica ≥ 23 bit. Dette caratteristiche strumentali consentono una elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di 10^{-4} , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

L'acquisizione consiste nell'installare solidalmente al suolo lo strumento e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l'area in esame, si ipotizza di misurare la frequenza della coltre di copertura del “*bedrock sismico*” (quindi con spessore max ipotizzabile non superiore a 300 metri), da cui ne deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo T pari a 2 sec.

Pertanto, per poter osservare e registrare dette frequenze, si mantiene in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Basandosi il metodo in questione su tecniche a risoluzione spettrale elevata, il segnale viene poi acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

E' indispensabile, inoltre, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni) tale da consentire di mediare opportunamente le registrazioni, onde evitare di interpretare rumori "locali" *random*.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono analizzare dati con durata di acquisizione > 15-20 minuti.

3.2 – Cenni sulla metodologia d'indagine e sull'elaborazione dati

Nell'ipotesi semplificata di un terreno omogeneo, avente spessore H, che poggia su di un substrato, soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale, è possibile assumere che il deposito mascherante il "bedrock" abbia un comportamento elastico lineare con densità (ρ), velocità delle onde di taglio (V_s) e fattore di smorzamento (D) indipendenti dal livello di deformazione. I rispettivi parametri, riferiti al basamento ("bedrock" o "bedrock like") sono ρ_B e V_B e, per semplicità, si assume $D_B=0$.

In tal caso, durante un'eccitazione sismica, si generano onde di taglio sinusoidali, con frequenza "f", differente a seconda che venga misurata al basamento o alla superficie del deposito, e con accelerazione la cui ampiezza massima varia se misurata in corrispondenza del "bedrock" (a_{MAXR}) oppure della superficie (a_{MAXS}).

Il rapporto fra a_{MAXS} / a_{MAXR} prende il nome di fattore di amplificazione "A" e dipende dalla frequenza (f) dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto tra impedenza sismica del basamento ($\rho_B V_B$) e del deposito di copertura ($\rho_S V_S$).

La variazione del fattore di amplificazione "A" con la frequenza (f) definisce la funzione di amplificazione A(f) del deposito.

Il moto sismico può essere pertanto amplificato (ma non sempre accade) in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali f_N (o dei periodi naturali T_N) di vibrazione del deposito in oggetto.

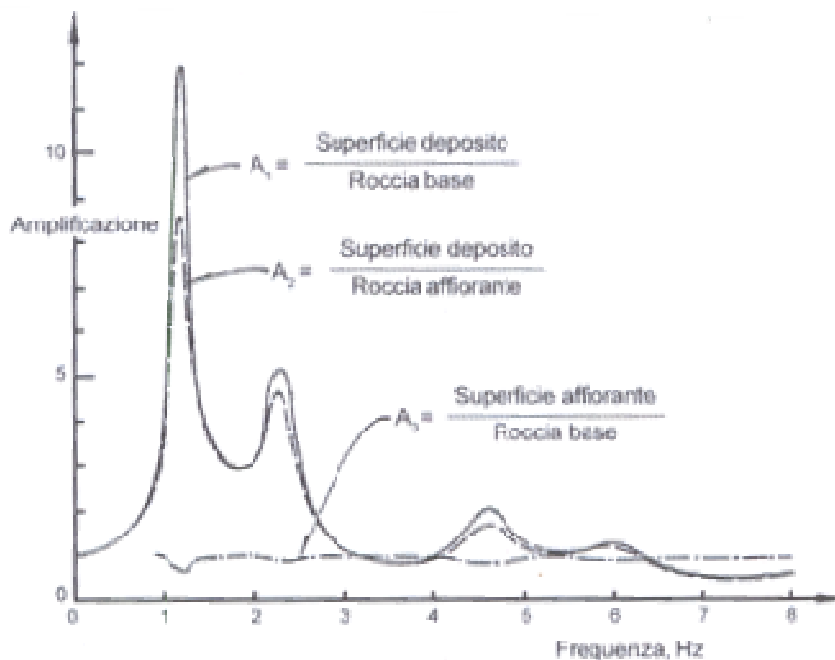
Nel caso semplificato di uno strato omogeneo di spessore H poggiate su un "substrato rigido", la frequenza f può essere assunta:

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{V_s}{4H}$$

OVE:

f_1 = prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata “*frequenza fondamentale*”

T_1 = primo periodo naturale di vibrazione del deposito o “*periodo fondamentale*”



Si sottolinea che, quando si considerano eccitazioni intense (come in caso di sisma) e si vuole tenere conto in maniera realistica del comportamento non lineare del terreno, i valori massimi della funzione di amplificazione e delle frequenze di risonanza possono risultare, di frequente, anche notevolmente inferiori a quelle determinate in base alle supposizioni semplicistiche basate su ipotesi di comportamento lineare; ciò in quanto l’energia di eccitazione del suolo viene in parte spesa in attrito interno e in deformazioni permanenti.

Alla luce di quanto sopra esposto, è quindi consigliabile una misura diretta della frequenza fondamentale del deposito di copertura del “*bedrock*” sismico (cioè del materiale contraddistinto da valori di $V_s \geq 750-800$ m/sec) con tecniche di acquisizione in sismica passiva e metodo di interpretazione delle curve H/V (o metodo di Nakamura) che possano fornire una più attendibile stima della funzione di amplificazione.

In prima approssimazione, detta funzione di amplificazione si può assumere pari a:

$$A_{max}(f_1) = \frac{1}{\frac{1}{I} + \frac{\pi D}{2}}$$

ove:

I= impedenza sismica;

D= fattore di smorzamento.

I dati acquisiti vengono successivamente analizzati mediante il codice di calcolo ‘Grilla’ che consente di archiviare, analizzare e revisionare segnale misurato in sito.

Tale *software* consente, inoltre, di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi “HVSr” secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2004).

I passi principali sono:

- uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni (tecnico – scientifiche);
- analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale, al fine di individuare ed eliminare componenti “monocromatiche” (possibile rumore antropico);
- eliminazione delle sottofinestre con contenuti TRANSIENTI (in genere la sequenza completa è di suddividere l’acquisizione in sottofinestre di 20 sec), ovvero delle porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (ad esempio passi o passaggi di autoveicoli);
- calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
 - eliminazione segnale di eventuali “offset”;
 - calcolo degli spettri di Fourier;
 - “*smoothing*” degli spettri Fourier per minimizzare effetti d’instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso per caso la percentuale di “*smoothing*”, onde evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva;
 - calcolo delle curve H/V in componente N-S – E-O – verticale;
- stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione della *deviazione standard*;

- identificazione delle curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima dell'indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettono di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi;
- qualora l'acquisizione venga eseguita in diverse condizioni d'acquisizione (ad es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc.), i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Il risultato dell'elaborazione viene esplicitato nel grafico dei Rapporti spettrali, nella serie temporale H/V e nelle curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto.

Dal grafico dei rapporti spettrali dei siti investigati, si evidenziano eventuali picchi di frequenza (f), espressi in Hz.

Si ricorda, a tal proposito, che il picco di interesse di campo ingegneristico è normalmente compreso tra 0,1 e 15 – 20 Hz.

4 – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Come specificato nelle premesse del presente studio, il I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO è finalizzato a definire qualitativamente, per i macro-ambiti individuati di concerto con l'Amministrazione comunale di Neviano Arduini, le zone a comportamento omogeneo in prospettiva sismica per finalità di pianificazione territoriale nonché ad orientare le indagini di approfondimento previste nel successivo II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.

La cartografia allegata, illustrativa delle risultanze di studio del I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, viene indicata tramite numerazione identificativa / progressiva della tavola (1° numero) e del macro-ambito (sigla identificativa), ovvero la **Tav. 1 - M3** corrisponde all'elaborato cartografico n°1 "Carta delle indagini", relativa al macro-ambito M3 (ovvero Bazzano).

4.1 – Carta delle indagini (Tav. 1)

La redazione della *Carta delle indagini* (scala 1:5.000) per ciascun macro-ambito oggetto di studio ha comportato il reperimento delle indagini geognostiche dirette ed indirette pregresse realizzate sul territorio di Neviano degli Arduini.

Si tratta, in prevalenza, di indagini geognostiche dirette (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche e dinamiche, pozzetti esplorativi con escavatore meccanico), condotte in passato sul territorio, nell'arco temporale 1987 – 2011, nell'ambito, generalmente, della pianificazione comunale.

L'osservazione della cartografia evidenzia una copertura areale di indagini relativamente omogenea per ciascun macro-ambito.

Dette indagini sono state interpretate, classificate ed archiviate per tipo e profondità di investigazione raggiunta secondo i criteri, per quanto possibile, di cui agli indirizzi metodologici citati in premessa, al fine di definire, per ciascun macro-ambito e/o porzione dello stesso, un "modello geologico", con particolare riferimento agli spessori ed alle presunte geometrie delle coperture mascheranti il substrato.

Si segnala, tuttavia, come l'interpretazione delle risultanze di prove penetrometriche statiche (tipo C.P.T.) e dinamiche (tipo S.C.P.T.), realizzate in un contesto geologico complesso, quale quello del territorio in esame, caratterizzato da coperture detritiche per loro natura eterogenee, con presenza di inclusi lapidei nella frazione fine di dimensioni e percentuali

variabili e, talora, da formazioni a componente argillosa dominante (es. Argille varicolori della Val Samoggia), non consenta spesso di definire in modo certo la profondità del substrato in posto.

Risultano, pertanto, di difficoltosa applicazione in detto contesto, a parere degli scriventi, i criteri per discriminare un substrato in posto (rifiuto strumentale o $R_p > 250 \text{ Kg/cm}^2$ per prove penetrometriche statiche e $N > 60$ per prove penetrometriche dinamiche) riportati nell'Allegato B "Criteri per studi di micro zonazione sismica (II Livello di approfondimento)" – O.P.C.M. n°3907 del 13 novembre 2010, e s.m.i., validi per un contesto sedimentario alluvionale (profondità del tetto delle ghiaie).

Analogo problema di interpretazione è stato riscontrato, talvolta, anche per alcuni pozzetti esplorativi, ove l'assenza di adeguata documentazione fotografica, il ridotto approfondimento di indagine entro l'orizzonte rinvenuto a fondo scavo nonché il contesto lito-geomorfologico al contorno lascia qualche dubbio sull'effettivo raggiungimento del substrato.

Di contro, in alcuni casi caratterizzati dalla presenza di formazioni a componente argillosa dominante (es. Argilliti Varicolori della Val Samoggia), la presenza di affioramenti limitrofi e/o di pozzetti esplorativi ha consentito di "tarare" le indagini penetrometriche e di valutare con maggiore attendibilità l'effettiva profondità del substrato.

Per le suddette ragioni, si è ritenuto opportuno, in accordo con le indicazioni del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma, non indicare alcuna profondità nel campo "*profondità prime ghiaie*" (vd. dati informatizzati allegati al presente studio).

4.2 – Carta lito-morfologica (Tav. 2)

La *Carta lito-morfologica* (scala 1:5.000) è stata redatta per ciascun macro-ambito attraverso l'acquisizione dei dati informatizzati derivanti da:

- cartografia geologica allegata allo strumento di pianificazione comunale (P.S.C.) adottato con delibera del C.C. n°24 in data 28/07/2009;
- “Carta del Dissesto” del P.T.C.P. della Provincia di Parma – Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale – approvato con Del. C.P. n°118 del 22/11/2008 – alla scala 1:10.000;
- “Carta Geologica” della Regione Emilia Romagna alla scala 1:10.000².

In detta cartografia sono rappresentati i principali elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie, con particolare attenzione alla perimetrazione delle coperture detritiche, delle aree instabili e di quelle potenzialmente soggette a dissesti.

Si riporta di seguito, in sintesi, le principali peculiarità geologiche degli ambiti investigati.

MACRO-AMBITO 1 – NEVIANO CAPOLUOGO

L'areale in questione è situato in posizione pressoché crinalica e si sviluppa, nella porzione meridionale coincidente con il capoluogo, a ridosso della strada provinciale, in sinistra idraulica del T. Termina di Castione.

La cartografia allegata evidenzia la presenza di diffusi affioramenti, in corrispondenza di sezioni naturali e/o sbancamenti presenti in zona, del substrato lapideo calcareo e calcareo marnoso qui ascrivibile al Membro di Bersatico (MRO₁) della Formazione delle Marne Rosate di Tizzano (MRO).

Detto substrato risulta mascherato da coperture detritiche di genesi eluvio – colluviale di spessore generalmente ridotto o, localmente, di origine gravitativa quiescente, come osservabile lungo le pendici del Monte Sommariva.

MACRO-AMBITO 2A – PROVAZZANO

² Consultabile sul portale della Regione Emilia Romagna:

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/sito_cartografia.htm

L'areale in esame si colloca nella porzione terminale del versante sud-orientale, in sinistra idraulica del T. Termina di Castione, su terreni degradanti con modesta acclività.

L'areale insiste su una potente coltre detritica superficiale, di natura argillosa limosa, con inclusi elementi litoidi poligenici e spigolosi, caratterizzata da marcate ondulazioni e contropendenze ove occasionalmente ristagnano le acque meteoriche di ruscellamento superficiale.

Come si evince dalla cartografia del dissesto del P.T.C.P. della Provincia di Parma, tale copertura detritica è geneticamente riconducibile ad un esteso movimento gravitativo, classificato come quiescente, che in passato ha modificato la morfologia dell'intero versante nonché le caratteristiche morfologiche ed idrauliche dell'asta fluviale sottostante la quale presenta oggi un andamento sinuoso, proprio di deviazioni e/o ostruzioni parziali imputabili alle discese in alveo di detto corpo franoso.

E' stata altresì presa visione dello "Studio geologico – geomorfologico del versante su cui insiste l'abitato di Provazzano", redatto dal Dott. Geol. Giovanni Carra (agosto 2010) e trasmesso dall'Amministrazione Comunale, inerente la caratterizzazione della frana su cui sorge l'abitato (vd. Appendice alla Tav. 2 in cui è riportato uno stralcio della sezione interpretativa della frana in corrispondenza dell'abitato di Provazzano).

MACRO-AMBITO 2B – ISOLANDA

L'areale in oggetto si colloca nel fondovalle in fregio al T. Termina di Castione ed insiste su terreni a morfologia sub-pianeggiante e/o debolmente acclive.

Il rilevamento di superficie ha evidenziato la presenza generalmente di depositi alluvionali terrazzati laterali all'alveo, costituiti da ghiaie eterometriche, di natura prevalentemente calcareo-marnosa ed arenacea, in matrice fine sabbiosa, osservabili lungo le scarpate d'erosione.

I sondaggi a carotaggio continuo qui effettuati, a supporto di studi condotti nell'ambito della pianificazione comunale hanno rilevato generalmente, al di sotto di un orizzonte superficiale di riporto e colluvio, la presenza di alluvioni ghiaiose e ciottolose, in matrice fine, con aspetto conglomeratico, mascheranti un substrato argillitico milonitizzato, a consistenza lapidea, attestato a profondità variabile tra 4,0 e 11,0 metri circa da p.c., ascrivibile alle Argilliti Varicolori della Val Samoggia – Litofacies calcarea (AVS_C), localmente affioranti nelle limitrofe zone di impluvio.

MACRO-AMBITO 3 – Bazzano

L'areale in esame è ubicato in prossimità della dorsale che funge da spartiacque tra il bacino del Torrente Termina e quello del Torrente Enza ed è contraddistinto da un ampio pianoro a morfologia generalmente sub-pianeggiante e/o moderatamente acclive.

La cartografia lito-morfologica evidenzia la presenza, in superficie, di una coltre detritica di origine eluvio-colluviale, di potenza metrica, di natura prevalentemente argillosa, con inclusi elementi litoidi poligenici, spigolosi ed eterometrici, geneticamente connessa ai processi di degradazione ed alterazione superficiale delle sequenze calcarenitico-marnose ed arenaceo-pelitiche ascrivibili al FLYSCH di M. Caio (CAO) a luoghi affioranti in corrispondenza di sezioni naturali presenti al contorno dell'abitato.

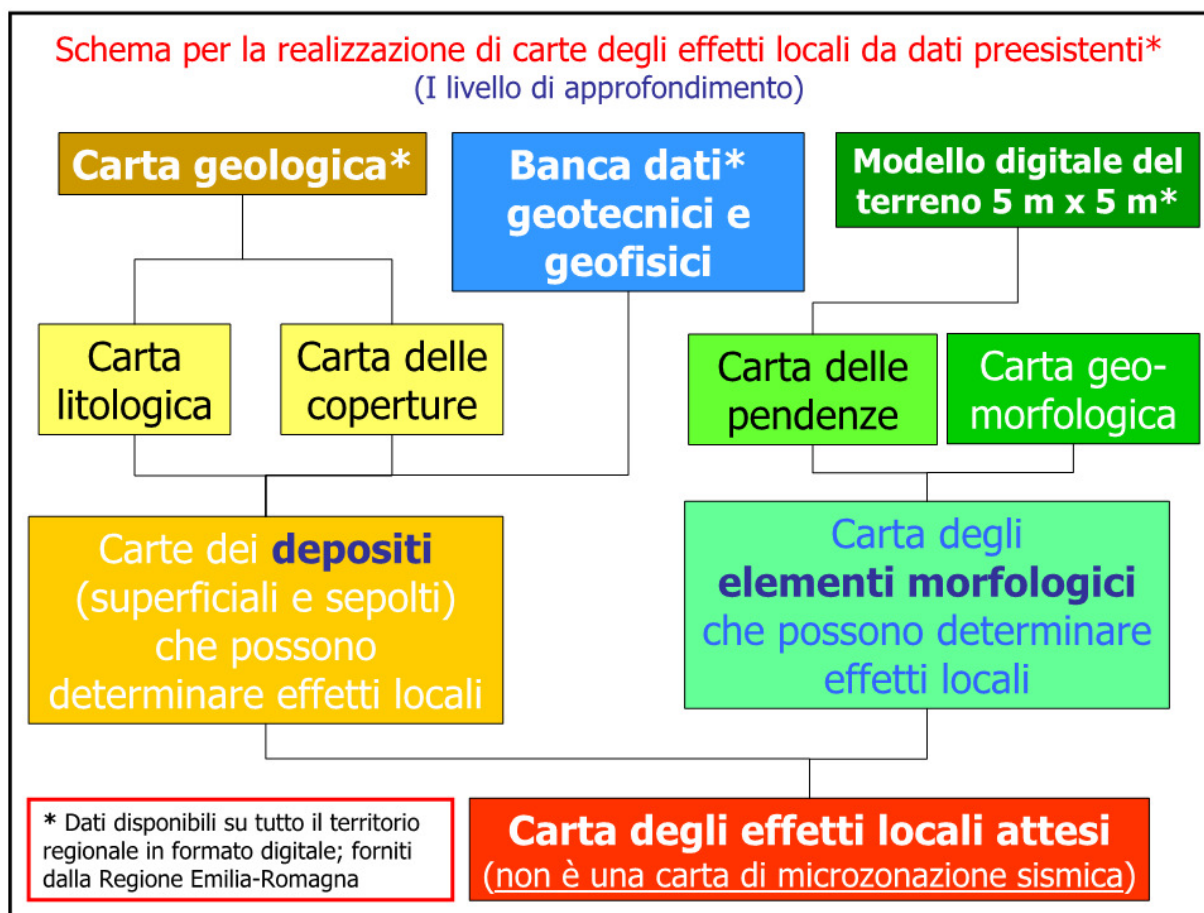
In località Pieve, situata a ridosso dell'abitato, si segnala la presenza di una potente coltre detritica superficiale, di origine eolica (spessore variabile da 3 metri sino oltre 11 metri da p.c.), di natura prevalentemente limosa, a paleosuolo argilloso di colore giallo-aranciato, a ridotte caratteristiche geomeccaniche, verificata da numerose prove penetrometriche dinamiche qui condotte.

Immediatamente a nord dell'abitato, al contorno della frazione di Corticone, si rileva la presenza di una coltre detritica eluvio-colluviale generalmente ridotta, di natura argilloso limosa, con inclusi elementi litoidi poligenici, spigolosi e di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, mascherante un substrato lapideo argillitico sub-affiorante, ascrivibile alle Argilliti Varicolori della Val Samoggia (AVS), a luoghi affiorante in corrispondenza di sezioni naturali presenti lungo il versante che progredisce a nord-est verso il Torrente Enza.

La cartografia allegata evidenzia, inoltre, la presenza di aree soggette a decorticamenti superficiali e/o soliflusso e, come tali, classificati a "pericolosità geomorfologica molto elevata" nella cartografia di P.T.C.P. (Art. 21 delle N.T.A.) nonché alcuni movimenti gravitativi attivi, localizzati al contorno dell'areale, i cui coronamenti non interferiscono, tuttavia, ad oggi, con il perimetro dell'abitato.

4.3 – Carta delle aree suscettibili di effetti locali o Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Tav. 3)

La redazione della *Carta delle aree suscettibili di effetti locali o Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.)* per ciascun macro-ambito (scala 1:5.000) rappresenta il documento fondamentale del I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ed è stata prodotta secondo il seguente schema metodologico:



Tratta da “La microzonazione sismica in Emilia – Romagna” – Dott. Luca Martelli (2011)

In detta cartografia, vengono riprese le formazioni geologiche costituenti il substrato ed i terreni di copertura (di versante e di fondovalle) di cui alla Tav. 2, in un’ottica di suscettibilità di effetti locali attesi in caso di sisma.

Seguendo lo schema riportato nella legenda allegata alla carta, vengono distinte, infatti, tramite differenti colorazioni (talora associate a retinatura nera inclinata volta a risaltare condizioni topografiche significative), zone a comportamento sismico differenziale (M.O.P.S.):

- ZONE STABILI, ovvero zone, a morfologia sub-pianeggiante (pendenza < 15°), in cui non sono attesi significativi effetti di modificazione del moto sismico rispetto ad un “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s). Si tratta, pertanto, di zone collocate in corrispondenza di litotipi assimilabili ad un “substrato rigido”, affiorante e/o sub-affiorante, con morfologia pianeggiante o poco acclive. Per dette zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI, ovvero zone nelle quali sono attese amplificazioni connesse a condizioni stratigrafiche, imputabili generalmente

a marcati contrasti di impedenza tra terreni di copertura ed il substrato, e/o amplificazioni connesse a condizioni topografiche. In dette zone non si escludono fenomeni di potenziale instabilità delle coperture associati a pendenze ridotte (inferiori a 15°) o cedimenti per possibile addensamento dei depositi. Per dette zone sono richiesti APPROFONDIMENTI DI II° LIVELLO;

- **ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ**, ovvero zone nelle quali sono attesi, oltre a possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e/o topografica, anche fenomeni di instabilità di versante (aree in frana attiva, calanchive, aree soggette a soliflusso segnalate in P.T.C.P. provinciale) o fenomeni di potenziale instabilità dei depositi (aree in frana quiescente, depositi di versante in s.l.) se associati a pendenze superiori a 15°. Per dette zone sono richiesti APPROFONDIMENTI DI III° LIVELLO.

Sono indicati, per ciascuna area, i possibili effetti attesi in concomitanza di un evento sismico ed i conseguenti livelli di approfondimento da prodursi nelle successive fasi di microzonazione.

Più specificatamente, sono state individuate cinque tipologie di effetti attesi nel contesto geologico – geomorfologico caratterizzante l’areale di studio:

- *Instabilità in atto;*
- *Instabilità potenziale;*
- *Amplificazione stratigrafica (contrasto di velocità V_s);*
- *Amplificazione topografica (acclività maggiore di 15°);*
- *Cedimenti.*

Si specifica, inoltre, che:

- per quanto concerne le formazioni geologiche cartografate costituenti il substrato, a struttura e litologia generalmente complessa, sono stati associati, in prima analisi, in analogia a situazioni note consimili e ai dati bibliografici disponibili, due classi di valori di velocità delle onde di taglio S (V_s) rispettivamente superiori a 800 m/s (“*substrato rigido*”) e inferiori a 800 m/s (“*substrato non rigido*”) ³;

³ Si segnala che, per quanto concerne le velocità del substrato costituito dalle Formazioni geologiche del Flysch del Monte Caio e delle Arenarie di Ponte Bratica nel macro ambito M3 “Bazzano”, si è ipotizzato, in prima analisi, da esperienze condotte nella Provincia di Parma dagli scriventi, una velocità delle onde sismiche superiore a 800 m/s (“*substrato rigido*”). Detta velocità non sempre è stata confermata nella successiva fase di indagine, presumibilmente per ragioni connesse a litofacies della formazione e/o giaciture.

- non sono attesi effetti locali significativi di amplificazione (ZONE STABILI) esclusivamente nel caso di presenza di un “substrato rigido” caratterizzato, come tale, da valori di V_S superiori a 800 m/s (*Suolo A dell’Eurocodice 8, parte 1, dell’OPCM 3274/2003 e delle NTC 2008*), affiorante o sub-affiorante (profondità da p.c. inferiore a 3,0 metri secondo il D.M. 14/01/2008, profondità da p.c. inferiore a 5,0 metri secondo la D.A.L. R.E.R. 112/07) ed in assenza di elementi topografici che possano determinare amplificazione. In questa fase di studio, incrociando i dati geognostici disponibili, non sono state individuate zone ascrivibili in modo certo a detta categoria;
- per quanto concerne i depositi di copertura (frane attive e quiescenti, depositi eluvio – colluviali, detrito di falda, ecc.) indicati nella cartografia regionale e provinciale, gli spessori sono assunti prudenzialmente, in prima analisi, laddove non sono presenti dati geognostici, pari e/o superiori a 5,0 metri;
- per quanto riguarda i depositi di versante cartografati (gravitativi, eluvio-colluviali, di falda, ecc.), sono stati ipotizzati, in analogia a situazioni note consimili, valori di velocità delle onde di taglio S (V_S) verosimilmente inferiori a 800 m/s;
- per quanto concerne i depositi alluvionali terrazzati o in evoluzione cartografati, sono stati indicati, in prima analisi, in analogia a situazioni note consimili, valori di velocità delle onde di taglio S (V_S) inferiori a 360 m/s. Detti depositi presentano generalmente pendenze inferiori a 15° e, salvo situazioni locali (es. scarpate di erosione, ecc.), non sono soggetti generalmente ad amplificazione topografica, ad eccezione di locali situazioni in corrispondenza di scarpate;
- per quanto concerne i fenomeni di dissesto attivi (frane attive ed aree calanchive) e la loro possibile evoluzione nell’immediato intorno (ovvero alle “*zone a pericolosità geomorfologica molto elevata*” definite nella cartografia del dissesto di P.T.C.P. provinciale, ad eccezione delle zone soggette a soliflusso e/o decorticamento superficiale), è stato predisposto un limite di rispetto entro il quale sono stati considerati potenzialmente possibili gli stessi effetti di sito (ovvero APPROFONDIMENTI DI III° LIVELLO)⁴. Tale “*buffer*” è stato calcolato / dimensionato sulla base delle dimensioni areali dei fenomeni gravitativi presenti. In analogia a precedenti esperienze pianificatorie sul territorio provinciale, svolte in accordo con le indicazioni del competente Ufficio Provinciale di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma, si ritiene ragionevole attribuire le seguenti fasce di rispetto:

⁴ Tale zona di rispetto, ove cartografata, comporta, infatti, effetti attesi di III° livello e risulta gerarchicamente più rilevante, pertanto, rispetto ad eventuali effetti attesi di II° livello che competono alle porzioni di territorio colorate comprese tra il limite di rispetto e il perimetro del dissesto attivo.

<i>Superficie dissesti in ha</i>	<i>Fascia di rispetto dal perimetro</i>
<i>Inferiore 0,5 ha</i>	<i>10 metri</i>
<i>0,5 – 2 ha</i>	<i>20 metri</i>
<i>2 – 5 ha</i>	<i>30 metri</i>
<i>5 – 10 ha</i>	<i>40 metri</i>
<i>Maggiore 10 ha</i>	<i>50 metri</i>

- per quanto concerne la topografia del territorio e la potenziale amplificazione indotta dalla stessa in concomitanza di sisma, è stata ottenuta una carta clivometrica mediante l'elaborazione del DTM, in cui sono state evidenziate le porzioni di versante con acclività maggiore di 15°. Laddove presenti, dette condizioni topografiche / morfologiche che possono generare amplificazione topografica sono state riportate in carta con retinatura nera inclinata. Non sono segnalate nel territorio in esame condizioni topografiche / morfologiche significative conseguenti a differenti combinazione di diversi elementi morfologici del paesaggio (creste, cocuzzoli, dorsali allungate). Si tratta tuttavia di situazioni topografiche locali, contraddistinte da angoli di pendio ridotti, solitamente inferiori a 21°, e/o da dislivelli inferiori a 30 metri, condizioni che non comportano, di fatto, significative amplificazioni topografiche (valori di S_T prossimi a 1, vd. Paragr. 5.4 e Tav. 7).

Vengono inoltre riportati, in appendice alla Tav.3, i principali profili litostratigrafici interpretativi relativi alle *Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, ricostruiti, in detta fase di studio, sulla base delle risultanze dalle indagini geognostiche (essenzialmente indagini dirette) raccolte dagli scriventi nonché, talora, anche sulla base delle evidenze lito – morfologiche in loco (presenza di affioramenti, acclività e morfologia della pendice, ecc.), con indicati gli spessori medi delle coperture e le presunte velocità del substrato.

In detti profili, per le ragioni esposte in precedenza al Paragr.4.1 in merito alle incertezze sull'interpretazione dei dati geognostici progressi raccolti, vengono talora evidenziati con un punto interrogativo i limiti del passaggio copertura / substrato e, in alcuni casi, la formazione geologica costituente il substrato stesso.

Da quanto sopra esposto, si evince come detta cartografia, consenta di definire, in prima analisi, per ciascuna area evidenziata da differente colorazione e/o soprassegno (zone omogenee in prospettiva sismica – M.O.P.S.), un “modello geologico” e “geologico – sismico” interpretativo a cui è riconducibile un potenziale comportamento sismico differenziale rispetto alle zone circostanti.

Detto “modello geologico” e “geologico – sismico” interpretativo sarà oggetto di verifica nelle II° Fase di studio tramite mirati approfondimenti geognostici di tipo sismico (carenti tra le indagini pregresse raccolte), finalizzati ad accertare le effettive peculiarità sismiche (velocità delle “coperture” e del “substrato”, spessori, ecc.) delle zone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) qui definite in prima analisi.

5 – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Come specificato nelle premesse del presente studio, il II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO è finalizzato a definire, con maggiore dettaglio, attraverso l'esecuzione di specifiche indagini, il “modello geologico” del sottosuolo per le singole zone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) di Tav. 3 ed a fornire, per ciascuna di esse, una quantificazione numerica (fattore di amplificazione) descrittiva degli effetti attesi in sito ottenuta con metodi semplificati.

La cartografia allegata, illustrativa delle risultanze di studio del II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, viene indicata tramite numerazione identificativa / progressiva della tavola (1° numero) e del macro-ambito (sigla identificativa), ovvero la **Tav. 4 - M3** corrisponde all'elaborato cartografico n°4 “Carta delle nuove indagini”, relativa al macro-ambito M3 (ovvero Bazzano).

5.1 – Carta delle nuove indagini (Tav. 4)

La *Carta delle nuove indagini* (scala 1:5.000), redatta per ciascun macro-ambito, rappresenta la cartografia delle indagini geognostiche realizzate nella II° Fase, ad integrazione delle indagini geognostiche pregresse riportate in Tav. 1.

Si tratta, in detto studio, essenzialmente di indagini di tipo geofisico (misure di microtremore ambientale HVSR per la stima delle velocità sismiche “ V_s ” delle onde di taglio S attraverso la misura di microtremori, vd. All. n°1), effettuate ed elaborate a cura del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma, funzionali a definire, sulla base anche del “modello geologico” ricostruito in precedenza, la profondità “H” da p.c. del “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s) o del “substrato non rigido” ($V_s < 800$ m/s), la velocità “ V_{SH} ” delle onde di taglio S nei terreni di “copertura” nonché la frequenza fondamentale di risonanza degli stessi.

Le stesse sono state condotte ricercando le condizioni ottimali di esecuzione e talora ripetute laddove non soddisfacenti. Per quanto concerne i criteri di affidabilità delle indagini, si rimanda al rapporto redatto a cura del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma, allegato alla copia informatizzata del presente studio.

Per il macro – ambito M3 “Provazzano, dette indagini sono state integrate con le indagini HVSR riprese dal citato “*Studio geologico – geomorfologico del versante su cui insiste l'abitato di Provazzano*”, redatto dal Dott. Geol. Giovanni Carra (agosto 2010), previa interpretazione.

5.2 – Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 5)

La *Carta delle frequenze naturali dei terreni*, redatta per ciascun macro-ambito (scala 1:5.000), ha comportato una campagna di indagini sveditive di tipo sismico (trattasi in generale di misure di microtremore ambientale HVSR, vd. All. n°1).

In detta cartografia, sono ubicati in corrispondenza dei punti di misura, le risultanze di indagine, ovvero i valori di frequenza f_0 del picco significativo a più bassa frequenza, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale, e di altri picchi significativi a più alta frequenza, o l'indicazione dell'assenza di picchi.

Detta cartografia è finalizzata a distinguere le aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni nell'intervallo 0,1 – 20 Hz) da quelle interessate da possibili fenomeni di risonanza.

Sono state individuate, con differente colorazione dal giallo al viola, le seguenti classi di frequenza indicate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna:

- nessun picco di frequenza f_0
- $f_0 \leq 0,5$ Hz
- $0,5 \text{ Hz} < f_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 3$ Hz
- $3 \text{ Hz} < f_0 \leq 5$ Hz
- $5 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz
- $f_0 > 8$ Hz

nonché le zone caratterizzate da significativi contrasti di impedenza alla base delle “coperture” (ampiezza massima curva HVSR > 3), mediante maggiore ampiezza della simbologia impiegata.

5.3 – Carta delle velocità “ V_s ” delle onde di taglio S (Tav. 6)

La *Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)*, redatta per ciascun macro-ambito (scala 1:5.000), associa a ciascun punto di misura di microtremore ambientale HVSR (vd. Tav. 4):

- la profondità “H” da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato, riconducibile all’interfaccia terreni di “copertura” / “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s) o “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) sottostante;
- la velocità “ V_{SH} ” delle onde di taglio S dei terreni di “copertura” sovrastanti al “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s) o “non rigido” ($V_s < 800$ m/s).

Si tratta, per quanto possibile, di interpretare la prova condotta dal punto di vista sia sismico che geologico, con riferimento al “modello geologico” ricostruito, individuando il contrasto di impedenza più significativo (pari o superiore a 2 – 2,5) nel profilo di velocità.

Detta cartografia evidenzia un certo scostamento tra il “modello geologico” interpretativo, definito nella precedente fase di studio (vd. profili litostratigrafici interpretativi delle M.O.P.S. di cui all’Appendice di Tav. 3), e quello “sismico”, denotando, in genere, un aumento della profondità “H” dell’interfaccia “coperture” / “substrato”.

Tale scostamento appare presumibilmente imputabile alla diffusa presenza, nel territorio oggetto di studio, di formazioni a litologia e struttura complessa, a componente fine dominante o comunque rilevante (ad es. Complessi argillosi di base, Litofacies fini di formazioni flyscioidi, ecc.), caratterizzate generalmente da ridotti valori di velocità delle onde sismiche.

5.4 – Carta dei fattori di amplificazione “F.A.” (Tav. 7)

La *Carta dei fattori di amplificazione*, redatta per ciascun macro-ambito (scala 1:5.000), costituisce il documento finale di sintesi del II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.

In detta cartografia, attraverso correlazioni e confronti con i risultati del I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, si rivede criticamente il “modello geologico” e “geologico – sismico”, individuando zone contraddistinte da comportamento omogeneo.

Per dette zone si effettua una stima dell’amplificazione del moto sismico di riferimento tramite procedure semplificate, utilizzando abachi e formule contenuti nei citati indirizzi metodologici.

Più specificatamente, vengono distinte, in analogia al precedente I° livello di studio ed alla luce della campagna geognostica integrativa di indagine:

- **ZONE STABILI**, ovvero zone, a morfologia sub-pianeggiante (pendenza < 15°), in cui non sono attesi significativi effetti di modificazione del moto sismico rispetto ad un “substrato rigido” ($V_s \geq 800$ m/s). Si tratta, pertanto, di zone collocate in corrispondenza di litotipi assimilabili ad un “substrato rigido”, affiorante e/o sub-affiorante, con morfologia pianeggiante o poco acclive. Si conferma l’assenza di zone ascrivibili a detta categoria negli ambiti oggetto di studio;

- **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**, ovvero zone nelle quali sono attese:
 - amplificazioni connesse a condizioni stratigrafiche, imputabili generalmente a marcati contrasti di impedenza tra terreni di copertura ed il substrato (inteso come “substrato rigido” per $V_s \geq 800$ m/s o “substrato non rigido” per $V_s < 800$ m/s);
 - amplificazioni connesse a condizioni topografiche;
 - potenziale instabilità delle coperture in relazione alle condizioni topografiche (pendenze inferiori a 15°);
 - cedimenti per possibile addensamento in corrispondenza dei depositi;

- **ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ**, ovvero zone nelle quali sono attesi, oltre a possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e/o topografica, anche fenomeni di:
 - instabilità in atto (frane attive, zone calanchive, zone soggette a soliflusso e/o decorticamenti superficiali da P.T.C.P.);
 - potenziale instabilità per riattivazione di movimenti gravitativi e/o movimentazione gravitativa di depositi di versante in s.l. in relazione alle condizioni topografiche (pendenze superiori a 15°).

Per una più immediata lettura e comprensione delle carte, la numerazione identificativa delle microzone individuate, a cui si rimanda in legenda, nonché la colorazione delle stesse è indicata in relazione a condizioni di pericolosità sismica crescente (Fattori di Amplificazione P.G.A. e, a parità di F.A. P.G.A., i Fattori di Amplificazione Intensità Spettrale).

I Fattori di amplificazione indotti da effetti stratigrafici, definiti per le zone stabili suscettibili di amplificazione, sono stati ricavati in riferimento alle Tabelle di seguito riportate contenute nell’Allegato A2 della citata Delibera D.A.L. 112/2007, Paragr. A2.1.1.

Più specificatamente, si è fatto riferimento alle Tabelle che meglio rappresentassero le situazioni geologico – sismiche riscontrate negli areali investigati:

APPENNINO E MARGINE APPENNINICO – PADANO

- Substrato marino con $V_s \geq 800$ m/s (“substrato rigido”);
- Substrato marino con $V_s < 800$ m/s (“substrato non rigido”);
- Substrato marino affiorante con $V_s < 800$ m/s (“substrato non rigido affiorante”).

ALLEGATO A2

TABELLE E FORMULE PER LA VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI.

A2.1 - Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento)

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell’analisi semplificata devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del *bedrock* (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*)

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m);

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m).

I Fattori di Amplificazione (F.A.) sono riferiti al Suolo A come previsto dall’Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 “Norme tecniche per le costruzioni”, punto 3.2.1.

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s affiorante si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

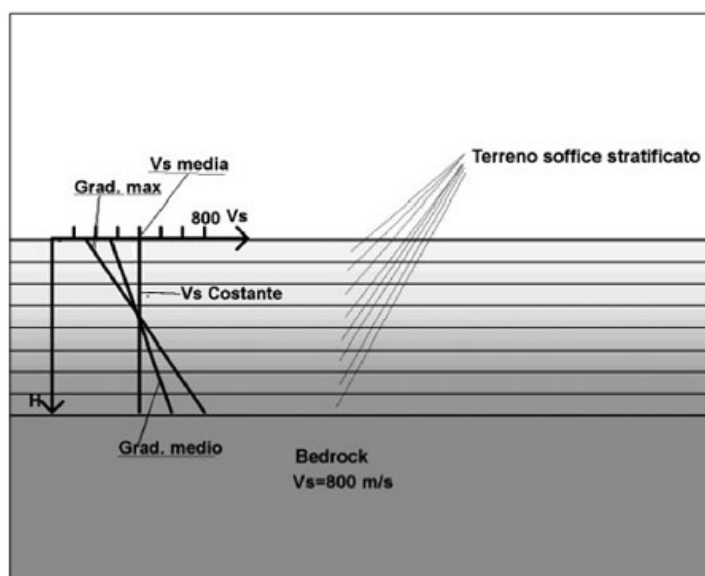
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

Si segnala come, nella maggior parte dei casi, la situazione generalmente riscontrata sia riconducibile al contesto di *Substrato marino con $V_s < 800$ m/s* (“*substrato non rigido*”) e, più raramente, a quello di *Substrato marino con $V_s \geq 800$ m/s* (“*substrato rigido*”).

Il contesto riferibile al *Substrato marino affiorante con $V_s < 800$ m/s* (“*substrato non rigido affiorante*”) non è mai stato di fatto applicato anche in ragione del citato scostamento tra il “modello geologico” e quello “sismico” evidenziato in precedenza. In un paio di situazioni particolari riscontrate nel macro-ambito M3 “Bazzano”, pur rilevando contrasti di velocità a profondità inferiore a 5 metri da p.c., l’assenza in affioramento del substrato (da dati geologici e geognostici) e le ridotte velocità sismiche nei primi 30 metri (da cui ricavare una eventuale V_{s30} ai fini della Tabella) hanno suggerito di applicare, in via prudenziale, un contesto riferibile al *Substrato marino con $V_s < 800$ m/s* (“*substrato non rigido*”).



Dette tabelle consentono di definire i fattori di amplificazione stratigrafica del moto sismico da attribuire a ciascuna microzona, nell’ipotesi di un modello ideale di sottosuolo, costituito da terreni omogenei a stratificazione orizzontale, piano parallela, di estensione infinita e V_s costante, sovrastante un “*bedrock*” sismico ($V_s \geq 800$ m/s), come schematizzato nella figura di seguito riportata, o ad un “*substrato non rigido*” ($V_s < 800$ m/s) con significativo contrasto di velocità (pari o superiore a 2 – 2,5), come più frequentemente riscontrato negli areali oggetto di studio.



Modello ideale di sottosuolo per metodi semplificati

Si specifica che, ai fini della stima dei fattori di amplificazione F.A. e F.V., non si è fatto riferimento alle Tabelle ICMS 2008 di cui agli “*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 in quanto di problematica

applicazione nel contesto geologico dei luoghi in oggetto, pur non rientrando tale contesto nelle casistiche di seguito elencate:





Le situazioni di natura litostratigrafiche o topografiche nelle quali **NON E' POSSIBILE** utilizzare gli Abachi per il Livello 2, sono:

- forme molto acclivi di superficie (possibili effetti di amplificazione dovuti alla topografia);
- aree soggette a instabilità (possibili aggravii delle amplificazioni);
- bacini sepolti, ovvero forme concave del basamento sismico con riempimenti di sedimenti soffici, i cui effetti bidimensionali rendono non reali il calcolo con Abachi, nel caso in cui non sia verificata la seguente condizione:

$$\frac{h}{l} \leq 0.65 / \sqrt{C_v - 1}$$

dove h è la profondità della valle, l la sua semiampiezza, C_v il rapporto fra la velocità V_s nel basamento sismico e quella media nei terreni di riempimento della valle;

- situazioni litostratigrafiche con inversione di velocità nel profilo delle V_s , quando un terreno rigido sovrasta un terreno soffice con un rapporto $V_{s\text{ rig}} / V_{s\text{ sof}} > 2$, con la V_s dello strato più rigido > 500 m/s;
- Aree con deformazioni permanenti.



Si tratta, infatti, di tabelle “tarate” per un contesto di tipo sedimentario alluvionale, con presenza di un substrato rigido ($V_s \geq 800$ m/s) al di sotto di coperture caratterizzate da litologie riconducibili alle categorie di “argilla”, “sabbia” e “ghiaia”.

Il contesto appenninico quale quello investigato, di contro, è contraddistinto da coperture di versante a litologia complessa, estremamente eterogenee, costituite da clasti di dimensioni e percentuali variabili in matrice fine argilloso limosa, talora inglobanti estese placche flyscioidi, intensamente fratturate e tettonizzate, scollatesi dal substrato, e, come tali, non riconducibili, in modo univoco, alle suddette categorie.

Anche le coperture alluvionali di fondovalle presenti nel macro-ambito M2B – Isolanda presentano la medesima problematica, in quanto le risultanze dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo qui realizzati evidenziano la presenza di depositi ghiaiosi interdigitati a depositi di genesi eluvio – colluviale e/o gravitativa. I processi morfodinamici di versante interagiscono, infatti, frequentemente con le caratteristiche morfologiche ed idrauliche dell’asta fluviale sottostante, qui rappresentata dal T.Termina, che presenta un andamento

sinuoso, favorito anche dalle deviazioni o ostruzioni parziali causate dalle discese di masse gravitative in alveo avvenute in passato.

Da sottolineare, inoltre, come dette coperture detritiche mascherano sovente un “*substrato non rigido*” ($V_s < 800$ m/s) nell’areale di studio e, pertanto, condizione differente da quella di “*bedrock*” sismico ($V_s \geq 800$ m/s) di cui alle citate Tabelle ICMS 2008.

L’osservazione della cartografia di Tav.7 evidenzia, per ciascun macro – ambito, in linea generale, una certa corrispondenza tra le microzone sismiche e le zone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) di cui alla Tav.3 e relative appendici, definite a conclusione e sintesi della prima fase di studio.

Alcune difformità talora riscontrate e/o ulteriori suddivisioni delle M.O.P.S. appaiono riconducibili alle peculiarità geologico – sismiche del territorio in esame, sovente legate alla presenza di formazioni geologiche a litologia e struttura complessa, a componente argillosa dominante o comunque rilevante, intensamente fratturate a seguito delle vicissitudini tettoniche, contraddistinte in genere da valori ridotti di velocità delle onde sismiche, nonché a condizioni geologico – stratigrafiche e strutturali profonde e complesse e, come tali, non definibili attraverso la sola cartografia di superficie e/o in mancanza di specifiche ed approfondite indagini geognostiche dirette ed indirette condotte a significative profondità.

Per quanto concerne locali porzioni di territorio evidenziate in cartografia con retinatura nera inclinata, presenti all’interno di alcune microzone, queste possono risultare potenzialmente soggette anche ad un’amplificazione sismica indotta da effetti topografici, per la stima della quale si rimanda all’algoritmo di calcolo di cui all’Allegato A2.2 della citata Delibera D.A.L. 112/2007, di seguito riportato, nonché alle verifiche di cui agli ICSM 2008.

Si segnala, tuttavia, che si tratta frequentemente di situazioni topografiche locali, contraddistinte da angoli di pendio ridotti, solitamente inferiori a 21° (ovvero acclività del 38%), e/o da dislivelli inferiori a 30 metri, condizioni che non comportano, di fatto, significative amplificazioni topografiche (valori di S_T prossimi a 1).

Dette amplificazioni dovranno comunque essere oggetto di verifica, nel caso, in sede di pianificazione operativa (P.O.C.) od attuativa (P.U.A.).

A2.2 - Effetti della topografia

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza (H) superiore a 30 metri. Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore S_T (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo (v. figura 1):

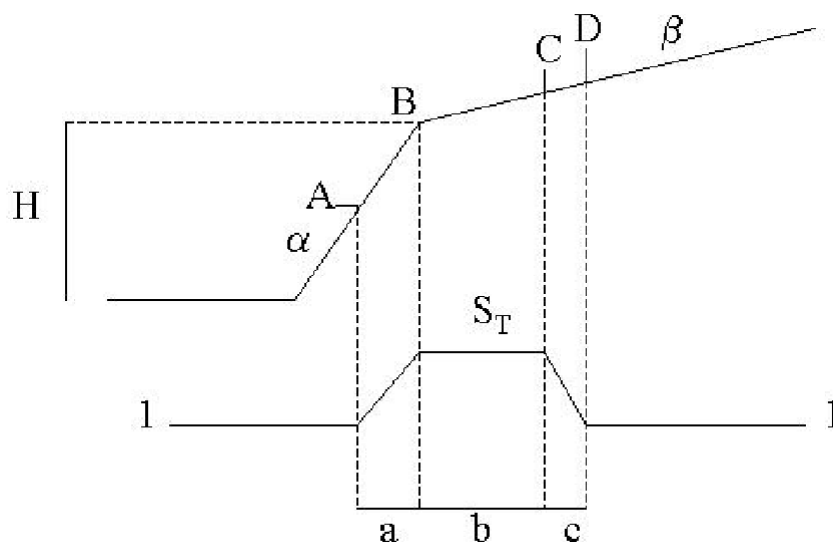


Figura 1

$$S_T = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4) \text{ sul segmento BC}$$

$$b: \text{ valore minimo tra } 20\alpha \text{ e } \frac{H + 10}{4}$$

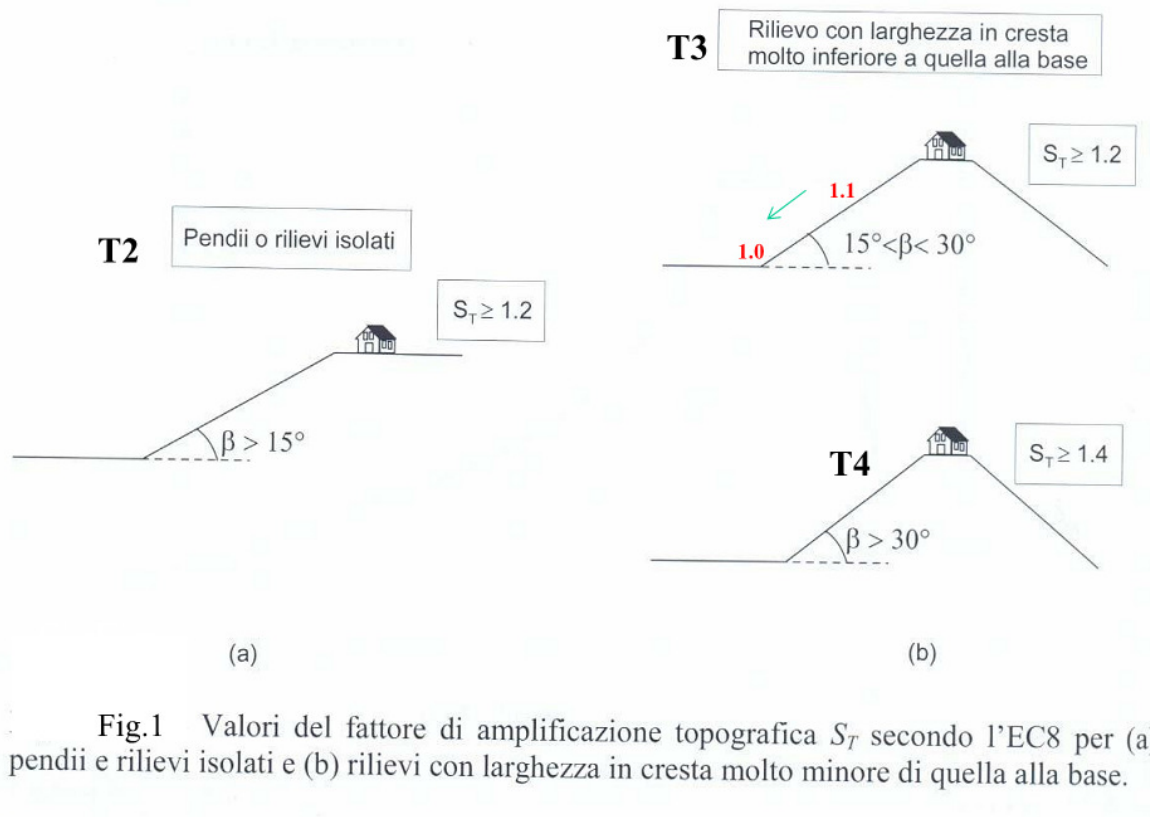
α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

$$S_T = 1 \text{ in A (a = H/3)}$$

$$S_T = 1 \text{ in D (c = H/4)}$$

S_T : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1.4

I valori risultanti dal suddetto all'algoritmo di calcolo sono generalmente correlabili con quelli del D.M. 14/01/2008 (per pendii di altezza superiore a 30 metri – vd. Fig. 1 di seguito riprodotta).



Per quanto concerne, infine, le AREE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ che necessitano, come tali, di eventuali APPROFONDIMENTI DI III° LIVELLO, queste vengono cartografate in Tav.7 ed evidenziate con campitura verde, ove presenti. L'indicazione del tipo di effetti di sito atteso per ciascuna di esse è evidenziato dalla precedente cartografia di Tav. 3.

Si specifica che in quelle AREE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ caratterizzate dalla presenza di fenomeni in atto (frane attive, aree calanchive e sub-calanchive, aree soggette a soliflusso, ecc., vd. Tav. 3), classificate, pertanto, come "Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata" soggette ai disposti di cui all'Art. 21 delle N.T.A. del P.T.C.P. provinciale, sono inibite, di fatto, le trasformazioni urbanistiche. Le procedure di riferimento e le eventuali analisi di approfondimento di III° livello sono specificate nell'Allegato A3 della citata D.A.L. 112/2007.

6 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La microzonazione sismica all'interno delle perimetrazioni dei quattro macro – ambiti del territorio comunale oggetto del presente studio (M1_Neviano capoluogo, M2A_Provazzano, M2B_Isolanda e M3_Bazzano preventivamente individuati di concerto con l'Amministrazione comunale), ovvero la suddivisione dettagliata del territorio in zone omogenee rispetto al comportamento dei terreni in concomitanza ad un evento sismico ed ai possibili effetti indotti dal conseguente scuotimento, si inserisce nell'ambito dell'attività pianificatoria comunale ed è funzionale, come tale, a fornire indicazioni, in via preventiva, su DOVE indirizzare preferibilmente, anche in una corretta ottica gestione risorse / benefici, le scelte pianificatorie e la conseguente realizzazione di futuri interventi edificatori e/o opere per quanto concerne l'aspetto sismico.

Detta microzonazione sismica, rapportata anche alle risorse economiche per la sua realizzazione, costituisce la base di partenza (suscettibile, come tale, di ulteriori e auspicabili approfondimenti e ampliamenti territoriali) per uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzata ed applicata già in fase di pianificazione, al fine di indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree contraddistinte da minore pericolosità sismica.

La stessa non si configura sostitutiva, inoltre, degli ulteriori ed inderogabili approfondimenti di indagine di carattere geologico, geotecnico e sismico da prodursi ai sensi della normativa vigente in materia (Decreto Ministeriale 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa Circolare n°617 del 02/02/2009 relativa alle istruzioni per l'applicazione) in sede di progettazione preliminare / definitiva / esecutiva, funzionali alla caratterizzazione delle peculiarità geologiche, geotecniche e geofisiche, finalizzate a definire COME realizzare un determinato intervento ovvero, per quanto concerne l'aspetto sismico, come dimensionare correttamente un'opera, nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese in un determinato sito.

Parma, gennaio 2012

p.GEOSTUDI S.r.l.
Dr. Geol. Lorenzo Negri
Dr. Geol. Marco Vannucchi

ALLEGATO n°1

Misure di microtremore ambientale HVSR

Elaborati cartografici Macro-ambito 1 – Neviano capoluogo

- *Tav.1 – M1: Carta delle indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.2 – M1: Carta lito-morfologica (scala 1:5.000);*
- *Tav.3 – M1: Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000) e relativa appendice (scala grafica);*
- *Tav.4 – M1: Carta delle nuove indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.5 – M1: Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:5.000);*
- *Tav.6 – M1: Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:5.000);*
- *Tav.7 – M1: Carta dei fattori di amplificazione (scala 1:5.000).*

Elaborati cartografici Macro-ambito 2A – Provazzano

- *Tav.1 – M2A: Carta delle indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.2 – M2A: Carta lito-morfologica (scala 1:5.000) e relativa appendice (scala grafica);*
- *Tav.3 – M2A: Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000) e relativa appendice (scala grafica);*
- *Tav.4 – M2A: Carta delle nuove indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.5 – M2A: Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:5.000);*
- *Tav.6 – M2A: Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:5.000);*
- *Tav.7 – M2A: Carta dei fattori di amplificazione (scala 1:5.000).*

Elaborati cartografici Macro-ambito 2B – Isolanda

- *Tav.1 – M2B: Carta delle indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.2 – M2B: Carta lito-morfologica (scala 1:5.000);*
- *Tav.3 – M2B: Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000) e relativa appendice (scala grafica);*
- *Tav.4 – M2B: Carta delle nuove indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.5 – M2B: Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:5.000);*
- *Tav.6 – M2B: Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:5.000);*
- *Tav.7 – M2B: Carta dei fattori di amplificazione (scala 1:5.000).*

Elaborati cartografici Macro-ambito 3 – Bazzano

- *Tav.1 – M3: Carta delle indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.2 – M3: Carta lito-morfologica (scala 1:5.000);*
- *Tav.3 – M3: Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000) e relativa appendice (scala grafica);*
- *Tav.4 – M3: Carta delle nuove indagini (scala 1:5.000);*
- *Tav.5 – M3: Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:5.000);*
- *Tav.6 – M3: Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:5.000);*
- *Tav.7 – M3: Carta dei fattori di amplificazione (scala 1:5.000).*