

COMUNE DI SPINONE AL LAGO

PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE -

ADEGUAMENTO AI SENSI DELLA L.R. 12/05

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Committente: COMUNE DI SPINONE AL LAGO			Codice Progetto: 10_02_247		
I Tecnici: Dr. M. Spada – dr. G.M. Orlandi			Data: LUGLIO 2010		
Data:	Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
	Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S. Via Donizetti, 17 – Ranica (BG) Tel: 035/516090 – fax: 035/513738 – e_mail: info@studiogeospada.it				

INDICE

1.0 PREMESSE.....	3
2.0 DOCUMENTAZIONE COSTITUENTE LO STUDIO GEOLOGICO	4
3.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	6
4.0 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO	9
5.0 PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	12
6.0 ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO	15
7.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI PER IL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	19
8.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO.....	21
8.1 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	21
4.1.1 Z3b: zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	21
8.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA.....	24
8.2.1 Dati generali ed impostazione del lavoro	24
8.2.2 Risultati dei dati geofisici	26
8.2.3 Individuazione delle categorie di sottosuolo	27
8.2.4 Confronto tra modello geologico e geofisico.....	30
8.2.4 Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati.....	32
8.2.4. Valutazione dell'amplificazione litologica	33
9.0 CONSIDERAZIONI FINALI	40
ALLEGATI	44

1.0 PREMESSE

Il presente documento, redatto su incarico del Comune di Spinone al Lago (BG) rappresenta una prima fase del lavoro per l'adeguamento dello studio geologico vigente ai sensi delle nuove normative (L.R. 12/05 e successive delibere applicative).

Il Comune di Spinone al Lago è dotato di studio geologico redatto dagli Scriventi nel febbraio 2004 ai sensi della L.R. 41/97.

Lo stesso è stato ritenuto conforme dalla Regione Lombardia con parere prot. Z1.2006.13226 del 05/06/06 ed è stato approvato dal Comune di Spinone al Lago con il nuovo Piano Regolatore Generale, predisposto contestualmente.

A seguito dell'entrata in vigore della L.R. 12/05 si sono modificati, in Regione Lombardia, molti aspetti in materia urbanistica ed ambientale, compresi anche alcuni aspetti inerenti gli studi geologici di supporto alla pianificazione.

La D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/05, successivamente modificata dalla D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008, ha in seguito fornito i nuovi criteri attuativi per la componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto dei PGT.

Il Comune ha attualmente in corso la predisposizione del nuovo Piano di Governo del Territorio e quindi è tenuto, per legge, a prevedere l'adeguamento anche dello studio geologico vigente ai dettami della L.R. 12/05 e succ. delibere applicative.

Per quanto riguarda il Comune di Spinone al Lago il piano vigente è già conforme alla quasi totalità delle novità introdotte dalla delibera di cui sopra, quali:

- redazione della carta dei vincoli di carattere geologico, comprensiva della vincolistica PAI,
- estensione della carta di sintesi a tutto il territorio Comunale,

- estensione della carta di fattibilità a tutto il territorio Comunale,
- aggiornamento del quadro dei dissesti del PAI, ecc.

L'unico aspetto da completare ed integrare è quello relativo alla COMPONENTE SISMICA, con le procedure inerenti la microzonazione sismica del territorio Comunale. Quest'ultimo punto rappresenta l'unico aspetto completamente nuovo del lavoro, che era totalmente assente nel piano del 2004, in quanto Spinone al Lago non era classificato tra i Comuni sismici, mentre con le nuove disposizioni normative in materia è stato inserito in **classe 3**, su una scala che va da 1 (grado massimo) a 4 (grado minimo).

2.0 DOCUMENTAZIONE COSTITUENTE LO STUDIO GEOLOGICO

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

- è inserita ex novo la “Carta della pericolosità sismica locale” su tutto il territorio Comunale;
- è aggiornata, per i soli aspetti sismici (sovrapposizione dei retini), la “carta di fattibilità geologica”;
- è introdotto un articolo nuovo delle norme geologiche relativo all'aspetto sismico e sono aggiornate le norme stesse in relazione alle modifiche normative / legislative entrate in vigore rispetto alla data di stesura.

Tutti i documenti dello studio geologico L.R. 41/97 vigente, con la sola eccezione della carta di fattibilità geologica, che viene sostituita, restano validi e vengono integrati dalla documentazione sopra citata.

La documentazione tecnica che compone il presente studio è di seguito indicata:

Dello studio geologico L.R. 41/97 del febbraio 2004 (con aggiornamenti del giugno 2006 per gli adempimenti PAI) resta valida la documentazione di seguito elencata, che costituisce parte integrante ed essenziale dello studio geologico del territorio Comunale completo ed adeguato alla L.R. 12/05:

- **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA (febbraio 2004)**
- **ELABORATI GRAFICI (febbraio 2004)**
 - Tavola 1:** **Carta geologica, scala 1:5.000**
 - Tavola 2:** **Sezione geologica, scala 1:2.500/1:2.000**
 - Tavola 3:** **Carta geomorfologica, scala 1:5.000**
 - Tavola 4:** **Carta dell'idrografia superficiale, scala 1:5.000**
 - Tavola 5:** **Carta idrogeologica, scala 1:5.000**
 - Tavola 6:** **Sezione idrogeologica, scala 1:2.500/1:2.000**
 - Tavola 7:** **Carta dei manufatti e delle opere antropiche, scala 1:5.000**
 - Tavola 8:** **Carta dei vincoli, scala 1:5.000**
 - Tavola 9:** **Carta di dettaglio, scala 1:2.000**
 - Tavola 10:** **Carta di sintesi, scala 1:2.000**
- **Carta del dissesto con legenda uniformata PAI, scala 1:10.000 + Nota tecnica di commento (giugno 2006)**
- **ALLEGATI (febbraio 2004)**

Integrati dalla seguente documentazione prodotta con il presente lavoro:

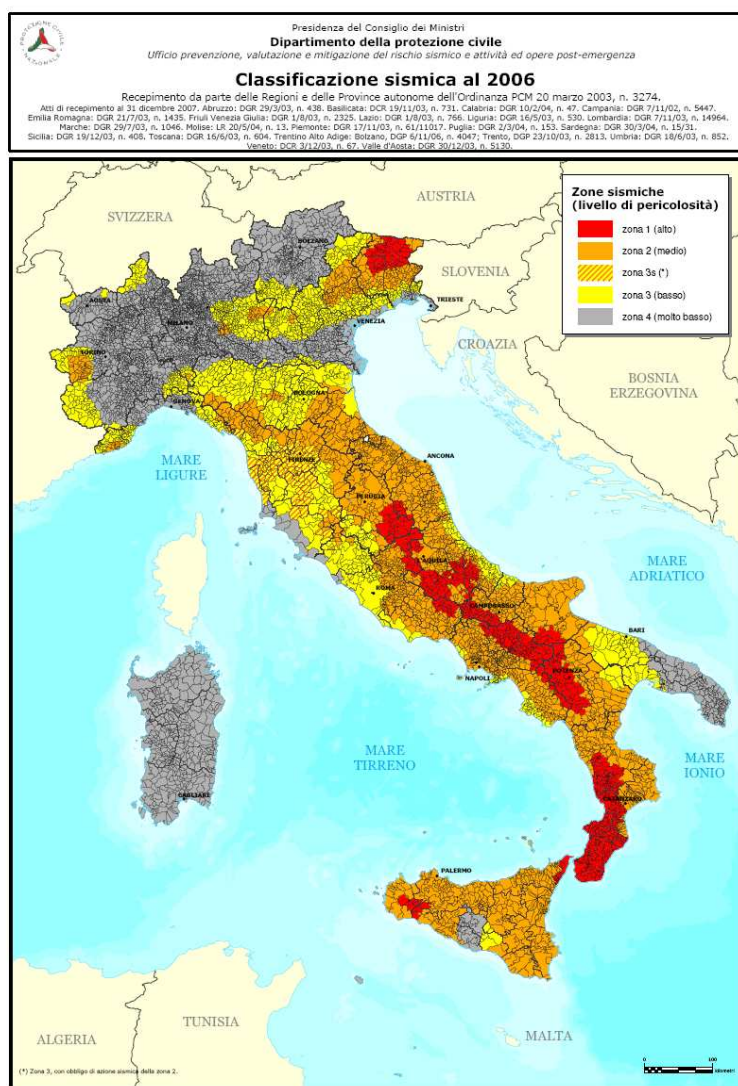
- **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA (analisi sismiche) (luglio 2010)**
- **ELABORATI GRAFICI (luglio 2010)**
 - Tavola 11:** **Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:3.000**
 - Tavola 12:** **Carta di sintesi dei risultati dell'analisi sismica di livello 2, scala 1:2.000**
 - Tavola 13:** **Carta della fattibilità geologica, scala 1:2.000**
- **NORME GEOLOGICHE DI PIANO (luglio 2010)**

3.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Il Comune di Spinone al Lago, come già in precedenza indicato, antecedentemente al 2003 non era considerato comune sismico e non rientrava in alcuna classificazione.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 ha introdotto le nuove classificazioni sismiche per tutto il territorio nazionale. La mappa finale, aggiornata al 2006, con le modifiche apportate dalle singole regione relativamente agli ambiti di competenza, è di seguito riportata.

Fig. 1: Classificazione sismica del territorio nazionale (al 2006)



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

- **Zona 1** (rischio alto) - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 725 comuni.
- **Zona 2** (rischio medio) - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti. Comprende 2.344 comuni
- **Zona 3** – (rischio basso) I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti. Comprende 1.544 comuni.
- **Zona 4** – (rischio molto basso) E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse. Comprende 3.488 comuni.

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

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

Sulla base di queste nuove disposizioni normative il Comune di Spinone al Lago è stato inserito direttamente in **classe sismica 3**.

Le figure seguenti rappresentano: la variazione di classificazione sismica (fig. 2) e l'accelerazione sismica al suolo attesa in dettaglio (fig 3).

Fig. 2: Variazione della classificazione sismica del territorio Comunale

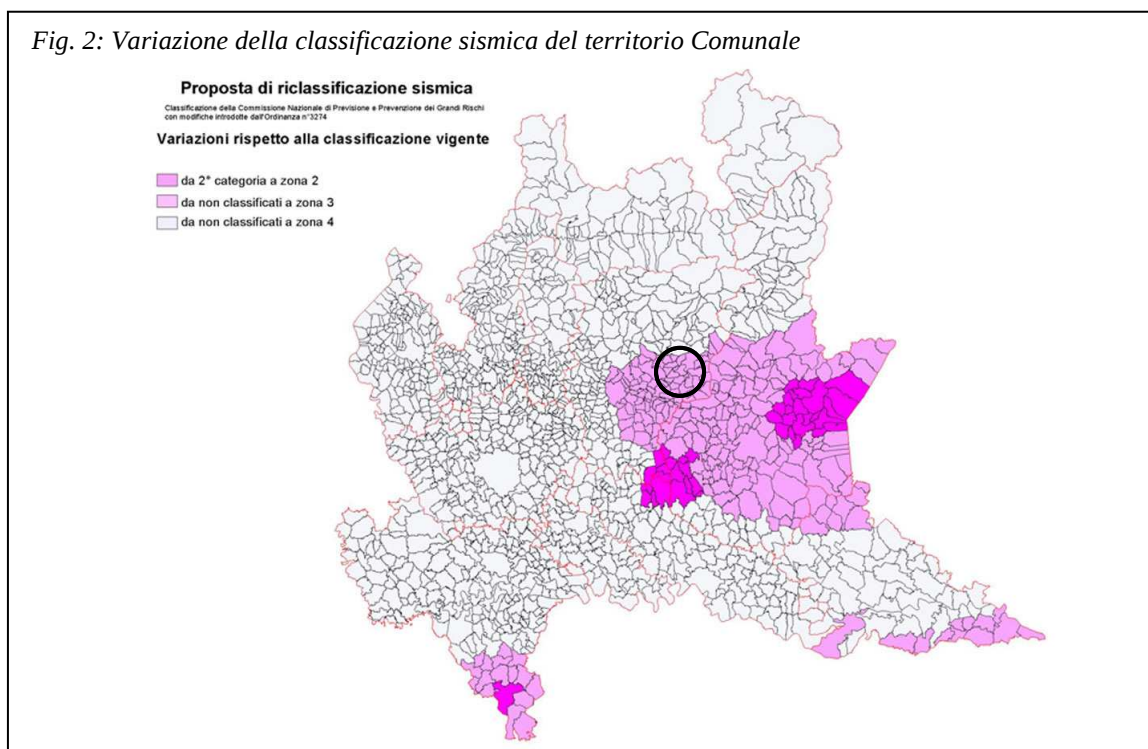
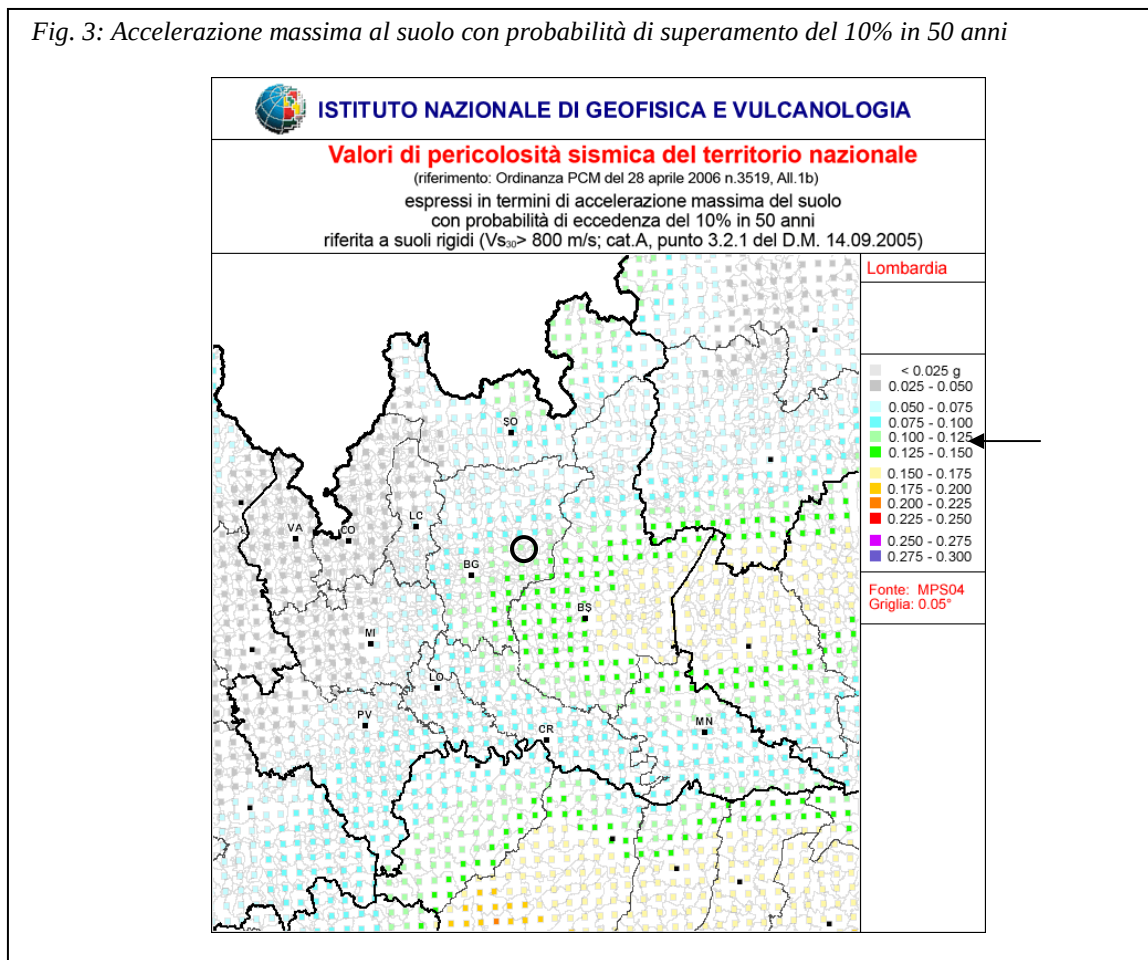


Fig. 3: Accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni



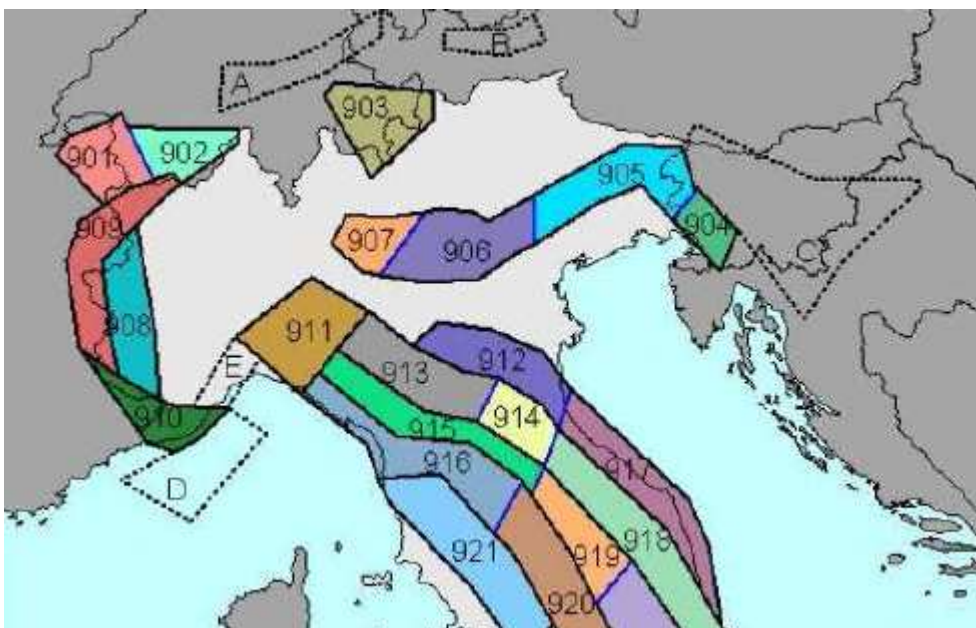
4.0 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il paragrafo precedente ha focalizzato la situazione relativa alla classificazione, in relazione al rischio sismico, del territorio Comunale di Spinone al Lago, sia passata che attuale, a seguito dell'entrata in vigore delle ultime disposizioni normative in materia.

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

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

Fig. 4: Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)



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

In Lombardia la zona sismica che manifesta la maggiore attività è quella al margine della pianura Bresciana e la zona del Garda.

Per il territorio di Spinone al Lago la zona sismogenetica di riferimento è proprio la 907, zona che include la parte bassa delle Province di Bergamo e Brescia e che è caratterizzata da un'energia normalmente medio-bassa.

La localizzazione dei terremoti è nella crosta superiore, con profondità variabili tra 5 e 15 km, mentre l'attività sismica della crosta inferiore e del mantello è praticamente nulla.

In allegato alla presente (allegato 1) è riportato il risultato dell'interrogazione effettuata al "catalogo parametrico dei terremoti italiani – CPTI04" per tutto il periodo storico trattato (dal 1000 al 2002) per un area circolare intorno al Comune di Spinone al Lago con raggio crescente da 10 – 50 e 100 km.

Nel raggio di 0 km la ricerca ha evidenziato un unico sisma con magnitudo momento $M_{aw} = 4,57$; nel raggio di 50 km i terremoti individuati sono stati 34, mentre ampliando il raggio a 100 km si giunge ad un numero massimo di 93.

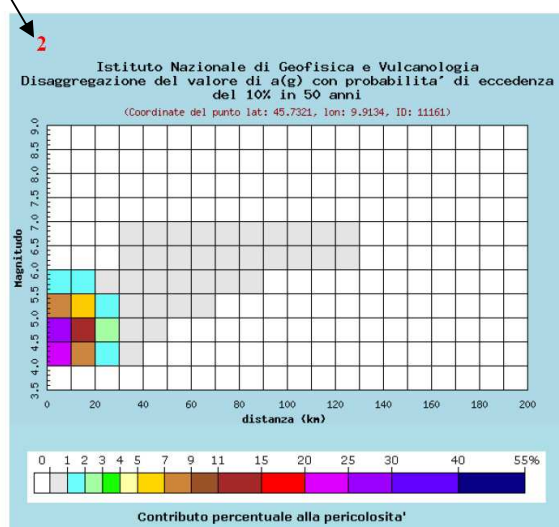
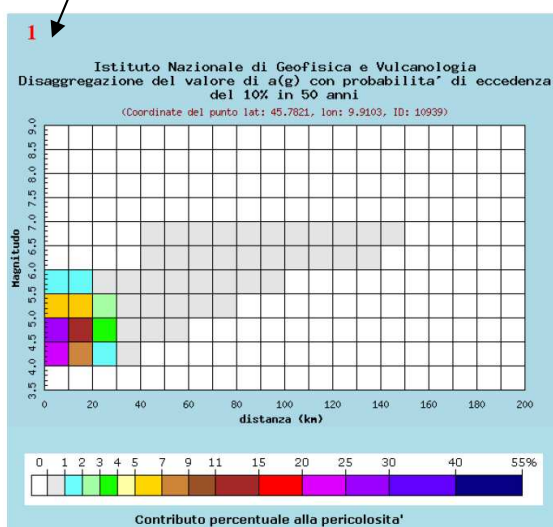
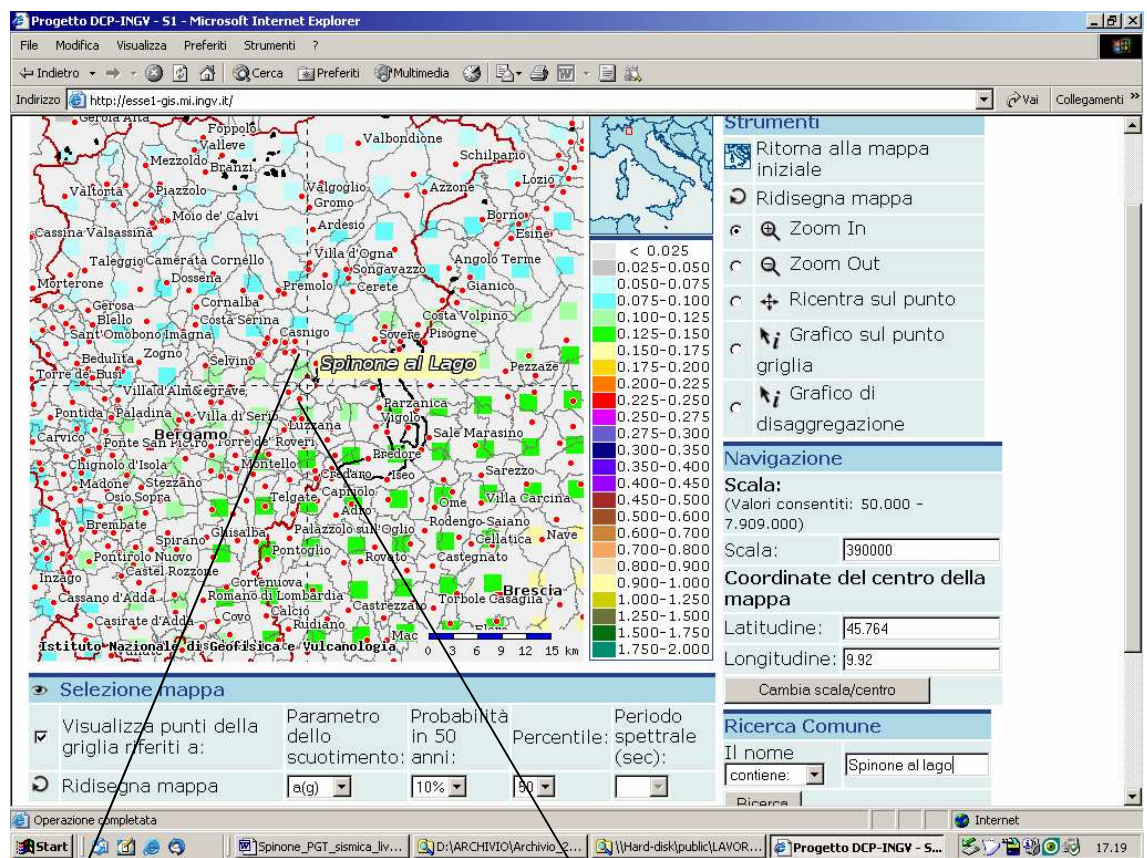
Si tratta in tutti i casi di sismi con valori generalmente di $M_{aw} = 4-5$, con il valore massimo relativo ad un sisma del 1222 nel basso bresciano con $M_{aw} = 6,05$.

Per passare con maggiore dettaglio al Comune di Spinone si è fatto riferimento agli studi di "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε" a cura di Spallarossa e Barani del 2007.

L'analisi della disaggregazione dei valori di accelerazione $a(g)$ riporta, per ogni nodo della carta di pericolosità sismica (fig. 3) la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori magnitudo e distanza del sisma che contribuisce alla valutazione stessa della pericolosità.

Nel caso del Comune di Spinone il territorio è coperto da due celle, poste rispettivamente a nord ed a sud.

Fig. 5: Estratto mappa di pericolosità sismica in termini di $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e grafici di diseggregazione Magnitudo – distanza per le due celle indicate e rappresentative del Comune di Spinone al Lago



Per la cella 1 i valori medi sono:

Magnitudo: 4.760 Distanza: 11.400 km

Per la cella 2 i valori medi sono:

Magnitudo: 4.750 Distanza: 9.760 Km.

5.0 PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La Regione Lombardia con D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/2005, successivamente modificata dalla n° 8/7374 del 28/05/2008, ha emanato i “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n° 12”.

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

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

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

- effetti di amplificazione del sisma (dovuti a particolari condizioni di carattere geologico e/o topografico)

- effetti di “instabilità” dei terreni per l’azione sismica (frane, liquefazioni, densificazione dei suoli, ecc.).

La nuova metodologia introdotta dalla Regione Lombardia per affrontare le problematiche sopra riportate deriva da uno studio pilota effettuato dal Politecnico di Milano per conto della stessa Regione su alcune aree campione, dalle cui risultanze sono poi state derivate le norme e le indicazioni per tutti i Comuni della Lombardia.

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

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

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

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito puntualizzati:

1° livello

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

2° livello

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

3° livello

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

In considerazione del fatto che il Comune di Spinone al Lago è in classe sismica 3 la norma prevede, in fase di pianificazione, l'obbligo del 1° livello con la redazione della carta della pericolosità sismica locale nonché l'obbligo delle analisi anche del 2° livello per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili (con la sola esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi), sulla base dello schema delle norme regionali di seguito riportato:

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

6.0 ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO

Prima di procedere a descrivere le analisi eseguite si precisa che già con il piano geologico del febbraio 2004, dato che il Comune era appena stato inserito in classe sismica 3, anche in assenza dell'attuale normativa molto puntuale, si era già cercato di effettuare alcune analisi molto sommarie sui possibili effetti di amplificazione sismica nel territorio.

Le verifiche, di massima, avevano comunque messo in luce che ampie porzioni del territorio si trovano in condizione di possibile amplificazione sismica per assetto geologico-stratigrafico (per ulteriori dettagli si rimanda alle pagg. 98-101 della relazione tecnica-illustrativa dello studio geologico del 2004).

Di seguito si descrive in dettaglio la metodologia di applicazione del 1° livello, le procedure adottate per il Comune di Spinone al Lago e le principali risultanze emerse.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche.

La procedura si basa sulle evidenze dirette degli effetti dei terremoti, evidenze che hanno messo in luce che particolari contesti sia geologici che topografici possono causare un'amplificazione degli effetti di un sisma.

Questa fase del lavoro si basa quindi sulla raccolta dei dati disponibili, quali:

- cartografia topografica di dettaglio,
- cartografia geologica, geomorfologica, dei dissesti, ecc.
- risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già disponibili.

Tutti questi dati sono stati integrati da rilievi e verifiche geologiche puntuali e da analisi sia morfologiche che topografiche.

Gli elementi raccolti sono stati oggetto di un'analisi integrata con finalità ben definite.

Sono state analizzate, in questa fase, le condizioni geologiche e stratigrafiche generali, lo spessore delle coperture, la posizione ed il regime della falda, le caratteristiche di consistenza dei terreni, le proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.

Gli elementi raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per individuare le aree passibili di amplificazione sismica, sulla base degli scenari di pericolosità sismica locale codificati dalla normativa della Regione Lombardia. Gli stessi sono:

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

Nell'ambito degli studi di 1° livello, per il territorio comunale, sono stati utilizzati tutti i dati dello studio geologico del 2004, che sono stati integrati da tutti i dati di sottosuolo

(perforazione di pozzi, sondaggi, prove geognostiche, prove di laboratorio ed indagini geofisiche) che è stato possibile reperire, sia presso il nostro archivio sia presso altri Enti (Comune, Provincia, Regione, ecc.), sia derivanti da pubblicazioni e da studi di Terzi.

I dati raccolti hanno consentito l'esecuzione delle valutazioni richieste, per cui non è stato necessario, in questa prima fase di lavoro, eseguire delle indagini geologiche specifiche.

Il risultato finale di questa fase di lavoro è rappresentato dalla "Carta della pericolosità sismica locale", su tutto il territorio Comunale alla scala 1:3.000, sulla base dell'aerofotogrammetrico, in cui viene riportata la perimetrazione areale o lineare dei diversi scenari ritrovati nel Comune e suscettibili di amplificazione sismica.

Rispetto agli scenari di pericolosità sismica locale, per il territorio comunale di Spinone al Lago, le analisi effettuate hanno evidenziato la presenza di svariate condizioni di possibile amplificazione sismica.

Questa situazione è direttamente correlata all'elevata variabilità, sia geologica che morfologica del territorio, che configura molti scenari di possibile amplificazione, come per altro già messo in luce, sia pure in modo sommario, dalle prime verifiche eseguite nello studio geologico del febbraio 2004.

I principali elementi rilevati sono di seguito dettagliati (vedi tavola 11):

Z1a - zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Sono state inserite le due frane attive in valle del Tuf ed in valle dei Careggi.

Z1b – zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Sono state inserite tutte le aree di frana quiescente, come censite nella carta di sintesi.

Z1c – zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

Si tratta delle aree in dissesto e/o potenzialmente franose per le particolari condizioni geologiche e di acclività: i dati sono derivati dalla carta di sintesi dello studio geologico.

Queste aree sono chiaramente distribuite in modo vario nella zona collinare del comune.

Z2 – zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

In questa classe sono stati inclusi i depositi lacustri recenti.

Sono depositi a granulometria limoso-sabbiosa ed argillosa, poco consolidati e con presenza di falda superficiale e/o a debole profondità.

Questi depositi sono presenti nella stretta fascia di contatto tra la S.S. 42 ed il lago, fascia che risulta molto stretta presso la terminazione nord-est del Comune e si amplia notevolmente nella terminazione sud-ovest, in corrispondenza della zona umida della valle dei Careggi.

Z3b – zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate

La classe comprende le amplificazioni topografiche legate alla morfologia del territorio nella porzione a nord rispetto al centro abitato. Sul versante collinare che sale verso Bianzano sono presenti alcune linee di cresta, sia arrotondate che appuntite, e che fungono da spartiacque tra le diverse vallette che solcano il pendio.

Z4 – Amplificazioni litologiche e geometriche

La classe Z4 comprende le amplificazione legate principalmente all'assetto geologico-litologico, correlato ad aspetti geometrici deposizionali.

Nel territorio sono state censite due differenti situazioni:

Z4b – zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre. In questa categoria ricade la maggior parte dell’abitato di Spinone al Lago, poggiato su depositi di varia natura, originati principalmente dall’interazione delle valli che scendono dalla porzione collinare con il Lago, con una serie di conoidi tra loro coalescenti che costituiscono l’ossatura geologica della porzione mediana ed inferiore del territorio. A questi depositi sono frammisti anche quelli legati alle oscillazioni del lago, nonché quelle limitate lenti di detrito di versante.

Z4c – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

Sono stati inclusi tutti i depositi glaciali di tipo morenico che costituiscono ampia porzione del ripiano basso ed alcune lenti appoggiate sui versanti (per es. loc. Boffalora). Per quanto riguarda il pianoro morenico su cui sorge Bianzano solo limitate porzione di questa area rientrano nel confine comunale di Spinone, verso il limite settentrionale.

7.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI PER IL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Nel territorio del Comune di Spinone al Lago sono stati individuati, con gli studi di 1° livello, svariati scenari di possibile amplificazione sismica e quindi si è reso necessario procedere agli approfondimenti di secondo livello, sulla base di quanto emerso.

Si rammenta infatti che la carta della pericolosità sismica locale rappresenta, secondo le procedure da adottare, il riferimento per l’applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

Il 2° livello prevede la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

Per il Comune di Spinone al Lago, che ricade in zona sismica 3, l'analisi di secondo livello è obbligatoria per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili, con l'esclusione di quelle già inedificabili (classe di fattibilità geologica 4).

Gli approfondimenti da eseguire sono quindi di tipo sia topografico che geologico-geometrico.

Per quanto riguarda le verifiche topografiche (Z3b) l'unica cresta su cui saranno applicate è quella su cui sorge la località Boffalora; tutte le altre creste individuate sono inedificate, non vi sono nuove previsioni o rientrano già in classe di fattibilità 4.

Per quanto riguarda le verifiche relative agli aspetti geologici e stratigrafici (Z4) la procedura prevede un raffronto con alcune schede litologiche, predisposte dalla Regione Lombardia, che rappresentano riferimenti standard.

Per poter procedere ad analisi puntuali è necessaria una conoscenza corretta del sottosuolo, non solo in termini litologici, ma anche in termini di Vs e di struttura geologica.

Per questo motivo è stata effettuata una consistente campagna di indagini geofisiche, da abbinare ed integrare con i dati geologici già disponibili, per applicare correttamente la procedura Regionale e valutare la presenza o meno di condizioni reali di amplificazione dell'effetto del sisma.

8.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO

Per gli scenari Z3b - Z4b e Z4c evidenziati nel territorio di Spinone al Lago la normativa prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento per le aree urbanizzate e di possibile espansione, con l'esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi. Di seguito si illustrano, in dettaglio, le analisi eseguite, le procedure adottate, le scelte effettuate ed i risultati ottenuti.

8.1 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile (aerofotogrammetrico comunale e CTR).

8.1.1 Z3b: zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo

L'area individuata interessa la porzione collinare del Comune.

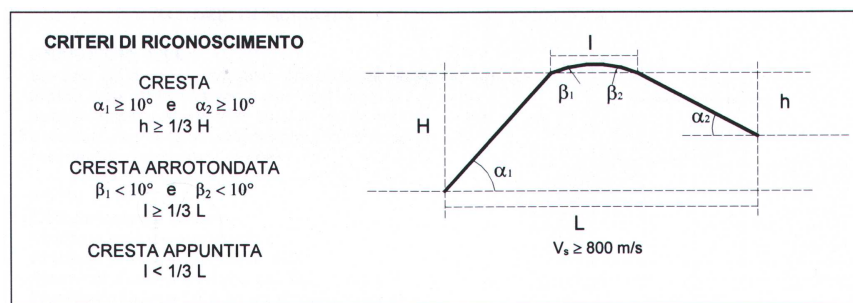
Le creste sono distribuite lungo quasi tutto il territorio e fungono da spartiacque tra i vari torrenti che scendono dal terrazzo di Bianzano.

Come già detto in precedenza gli approfondimenti di 2° livello sono stati effettuati solo nella zona compresa tra la Valle Careggi e la Valle del Tuf, in Località Boffalora, perché la zona è edificata. Le altre creste non sono edificate, sulle stesse non vi sono previste espansioni o sono già inedificabili in quanto in classe di fattibilità geologica 4 e quindi, come previsto dalla normativa, non sono stati effettuati approfondimenti in questa fase di pianificazione.

La zona della località Boffalora è caratterizzata, dal punto di vista geologico, da una lente di depositi glaciali – morenici, al di sopra del substrato.

In questo caso la procedura Regionale prevede una doppia verifica: sia di tipo morfologico – geometrico, per la cresta, che di tipo litologico (per la presenza dei depositi) e l'applicazione delle norme più restrittive tra le due situazioni.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per l'amplificazione topografica, sulla base di una sezione attraverso la cresta stessa. I parametri geometrici di riferimento sono definiti dalla figura allegata, tratta dalla norme regionali.



Dati topografici:

Inclinazione del pendio α_{1-2} : 35° e 16° - Inclinazione della cresta β_{1-2} : 7° e 5°

$H_{\max} = 50$ metri $h = 20$ metri $L = 255$ metri $l = 127,50$ metri

Verifiche di riconoscimento:

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

$l > 1/3 L$ - $\beta_{1-2} < 10^\circ$ >>> CRESTA ARROTONDATA

	$L > 350$	$250 < L < 350$	$150 < L < 250$	$L < 150$
Creste Appuntite	$Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,93H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$			

Equazione da utilizzare:

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

Rapporto H/L : $50/255 = 0,196$

$$Fa = 1,1$$

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

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

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

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

Nel caso specifico il valore di riferimento è $St = 1.2$

I valori di Fa calcolati in precedenza sono pari ad 1.1; considerando la variabilità del metodo con + 0.1 (come previsto dalla norma) si raggiunge al massimo il valore di 1.2, uguale al valore di soglia corrispondente.

I valori soglia calcolati sono quindi contenuti entro lo spettro coperto dalla normativa nazionale

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

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

8.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

8.2.1 Dati generali ed impostazione del lavoro

L'area analizzata interessa la quasi totalità dell'abitato di Spinone al Lago e precisamente tutta la porzione che degrada dalla fine del pendio verso il lago, con la sola esclusione delle porzioni collinari acclivi e non edificate.

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

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

I valori ricavati devono essere confrontati con i valori soglia, distinti in base alle categorie di suolo del D.M. 14/01/2008, forniti dalla Regione Lombardia, al fine di verificare se la normativa è in grado di coprire l'amplificazione calcolata o meno.

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

La particolare struttura geologica del Comune di Spinone al Lago fa sì che i depositi che costituiscono la porzione pianeggiante e subpianeggiante siano di varia natura e genesi (alluvionali, di versante, di conoide, glaciali e lacustri-palustri) .

I dati raccolti (per la maggior parte derivanti da indagini geotecniche, geofisiche e da pozzi e sondaggi), mostrano che la zona è caratterizzata da alternanze litologiche di ghiaie sciolte con blocchi e ciottoli, a volte cementate, ghiaie e sabbie, ghiaie sabbiose con limi ed argilla, limi argillosi ed argille con ciottoli, fino ad argille torbose.

Il tutto è poggiato al di sopra del substrato roccioso, che aumenta di profondità a partire dalle pendici (dove affiora direttamente in superficie), verso il lago.

In base alle sezioni geologiche la massima profondità ipotizzata è stata di oltre 80.00 m dal p.c.

Per poter avere una buona comprensione del sottosuolo, con particolare riferimento all'andamento del substrato ed agli spessori dei depositi, sono state realizzate quattro sezioni geologiche basate sui rilievi di superficie e sui dati di sottosuolo disponibili.

Queste sezioni, che sono ritenute rappresentative della struttura geologica di tutto il territorio Comunale, sono (vedi allegati 2, 3 e 4):

- sezione A-A' (zona valle Careggi) porzione caratterizzata da una notevole estensione dei depositi lacustri e palustri (sia areale che in profondità)
- sezioni B-B' e C-C' (zona valle del Tuf e valle dei Panni) – sono rappresentative della struttura geologica della quasi totalità delle aree edificate, con depositi caratterizzati da interdigitazioni e terreni glaciali, lacustri e di conoide
- sezione D-D' – porzioni del territorio con assenza di depositi di conoide alluvionale ed estrema riduzione dei depositi lacustri.

Le indagini geofisiche sono quindi state distribuite in corrispondenza delle sezioni, nelle porzioni caratterizzate dalla presenza di depositi, in modo da acquisire gli elementi

(andamento Vs in profondità, categoria di sottosuolo e profondità del bedrock sismico con $V_s > 800$ m/sec,) per applicare la procedura Regionale.

E' evidente che una situazione geologica come quella sopra descritta (alternanza ed interdigitazione di depositi di natura e genesi differente, con substrato in approfondimento e presenza di ghiaie, sabbie limi ed argille continuamente alternati e mescolati) fa sì che non vi sia una caratterizzazione litologica univoca ben definita.

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

Nei casi dubbi è stata eseguita la verifica anche sulle ulteriori schede applicabili ed i risultati sono sempre risultati coerenti in tutte le verifiche; di seguito si riportano solo quelle ritenute maggiormente coerenti con la situazione in sito.

8.2.2 Risultati dei dati geofisici

Alla luce di quanto sopra ed in considerazione del fatto che la risposta sismica litologica è funzione dell'andamento delle Vs in profondità si è ritenuto necessario, data la totale mancanza di dati geofisici puntuali in tal senso ed alla luce della particolare complessità del territorio di Spinone al Lago, eseguire una serie di indagini geofisiche specifiche per poter effettuare un raffronto con le schede Regionali.

In particolare si è deciso di effettuare tre indagini sismiche di tipo Re.Mi. e due indagini sismiche tipo MASW, distribuite in base alle sezioni geologiche individuate (vedi allegato 3).

La scelta di effettuare i due metodi è legata alla necessità di poter eseguire un'indagine in vari punti, con costi contenuti ed adeguati al livello di pianificazione, ed in grado di adattarsi alle condizioni del sito.

La scelta dell'applicazione di uno o dell'altro metodo è stata lasciata all'operatore geofisico, in base alla sua esperienza ed alle caratteristiche dei singoli luoghi.

L'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata in allegato n° 3, mentre in allegato n° 5 si riporta la relazione (cui si rimanda per tutti i dettagli) della Ditta Progea Consulting s.r.l., specializzata nel settore, che ha eseguito le indagini, con la descrizione delle modalità operative ed il riepilogo puntuale dei risultati ottenuti.

8.2.3 Individuazione delle categorie di sottosuolo

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

I parametri di riferimento del valore soglia del Fa per il Comune di Spinone al Lago, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Come si vede dalla tabella sopra riportata i valori di riferimento sono distinti in base al periodo di riferimento per gli edifici e soprattutto in relazione alle categorie di sottosuolo, secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 di seguito riportata:

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

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

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

Il parametro di riferimento principale per la classificazione sono le $V_{s,30}$.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}]. \quad (3.2.1)$$

Sulla base del profilo delle V_s in profondità ricavato sia dai Re.Mi. che dalle MASW sono state calcolate le $V_{s,30}$ ed è stata definita la categoria di sottosuolo.

Il calcolo delle $V_{s,30}$ effettuato ha condotto ai seguenti risultati:

Re.Mi. n° 1: 666 m/sec (zona valle Ca de Grassi – sezione D-D')

Re.Mi. n° 2: 552 m/sec (zona valle dei Panni – sezione C-C')

Re.Mi. n° 3: 195 m/sec (zona valle dei Careggi – sezione A-A')

MASW n° 1: 186 m/sec (zona valle dei Careggi – sezione A-A')

MASW n° 2: 472 m/sec (zona valle del Tuf – sezione B-B')

Raffrontando tali valori con le tipologie di suolo previste dalle vigenti normative sismica emerge quanto segue:

- Re.Mi. 1 e 2 e MASW 2 ricadono nella seguente categoria: classe B*

- Re.Mi. 3 e MASW 1 ricadono invece nella seguente categoria: classe C**

In relazione alle attribuzioni sopra riportate è doveroso fare alcune precisazioni e puntualizzazioni, emerse anche dai colloqui e dalle discussioni con i tecnici della Soc. Progea.

*Classe B: nella descrizione della classe è previsto che lo spessore dei depositi sia superiore a 30 metri. Nei Re.Mi. lo spessore è inferiore, ma i terreni al di sopra non molto compatti, con elevati valori di V_s ($> 500-600$ m/sec), con contrasto di impedenza contenuto. Si è quindi ritenuta adeguata l'attribuzione del sottosuolo a tale classe, rispetto ad una eventuale S2 (categorie di sottosuolo non classificabile nelle precedenti), che è attribuita a terreni scadenti o con specifiche problematiche sismiche.

** Classe C: le velocità delle V_{s30} per entrambe le prove sono presso il limite inferiore della classe C, poco al di sopra di 180 m/sec. Si è quindi mantenuta la classe C perché maggiormente cautelativa per la analisi di pianificazione (ha un valore soglia inferiore a quello della classe D). Se il lavoro fosse stato a supporto di un progetto specifico la valutazione sarebbe stata opposta, scegliendo la classe D, perché caratterizzata da uno spettro più gravoso e quindi più cautelativo.

L'allegato 5 riporta una classificazione del territorio Comunale di Spinone in base alla categoria di sottosuolo: la classificazione deriva dai limitati dati a disposizione e

quindi deve essere considerata puramente indicativa e non può essere considerata sostitutiva delle indagini puntuali da eseguire in fase di progettazione delle opere e degli interventi.

8.2.4 Confronto tra modello geologico e geofisico

Il modello geofisico semplificato ottenuto dai dati di Re.Mi. e MASW è stato confrontato con i dati geologici del sottosuolo, ottenuti da alcune prove geotecniche, dalle stratigrafie di alcuni pozzi e sondaggi, e con il modello geologico ipotizzato nelle sezioni trasversali.

Questo confronto è servito sia per controllare e tarare i dati geofisici in base alla geologica di sottosuolo sia per trasformare le sezioni geologiche in un modello geofisico del sottosuolo (vedi allegato 4).

I depositi che costituiscono la porzione subpianeggiante del Comune di Spinone al Lago sono di varia natura e genesi con un'alternanza litologica irregolare di ghiaie, sabbie, limi ed argille, argille torbose poggianti al di sopra del substrato roccioso che aumenta di profondità a partire dalle pendici verso il lago.

Considerando che la risposta sismica litologica è funzione dell'andamento delle Vs in profondità e che le Vs non hanno sempre un riscontro diretto con la litologia, è possibile concludere che, nel caso specifico, è stata osservata una buona coerenza tra i dati dei Re.Mi. 1,2,3 ed i MASW 1 e 2 ed i dati di sottosuolo disponibili nelle vicinanze.

In particolare è possibile mettere in luce una sostanziale coerenza tra i valori di Vs e gli spessori dei principali livelli di depositi, come ricavati dalle stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi profondi più vicini alla zona di indagine geofisica.

Nei Re.Mi. 1 e 2, effettuati nella porzione a nord-est del Comune, i depositi presentano uno spessore limitato e velocità delle onde Vs mediamente elevate (comprese tra 500 e 700 m/s). Questi valori ben si accordano con la presenza di depositi compatti di conoide, costituiti da ghiaie e sabbie con matrice limoso argillosa, intercalati ed interdigitati a depositi glaciali addensati, composti da un'alternanza di argilla, sabbia argillosa, con ciottoli e blocchi, che si compattano progressivamente con la profondità. A circa 17-22 m dal p.c. vi è un importante aumento della velocità delle Vs ad oltre 800 m/sec: tale aumento coincide con il substrato roccioso composto da argilliti e marne argillose intercalate a calcari marnosi, in coerenza con l'andamento ipotizzato nelle sezioni geologiche.

Il MASW 1 ed Re.Mi. 3 sono stati eseguiti nella zona della valle dei Careggi, caratterizzata da una notevole estensione dei depositi lacustri e palustri, sia arealmente che in profondità.

In entrambe le indagini si osserva, subito al di sotto dei terreni superficiali di riporto o artificialmente compattati, spessore estremamente potenti di depositi con velocità delle onde S inferiori a 200 m/sec, fino a profondità di oltre 20 metri dal p.c..

Le velocità aumentano leggermente al di sotto ma entro la massima profondità investigata (pari a 50 metri) non si è rinvenuto il bedrock sismico e le velocità restano inferiori a 350 m/sec.

Nel MASW 2 (zona valle del Tuf), spinto fino ad una profondità di -32.96 m dal p.c., non si è rilevata la presenza del substrato roccioso (verosimilmente per la maggiore incisione della valle rispetto alla zona dei Re.Mi. 1 e 2) ma si hanno strati che incrementano in modo omogeneo i valori di Vs passando da 247 a 681 m/sec.

Tali valori possono essere comparati ai valori riscontrati nei depositi rilevati al di sopra del substrato roccioso dei Re.Mi. 1 e 2 ad indicare un deposito di conoide costituito da ghiaie e sabbie con matrice limoso argillosa intercalato ad un deposito glaciale composto da un'alternanza di argilla, sabbia argillosa, con ciottoli e blocchi, che si addensa progressivamente con la profondità.

Queste valutazioni sono confermate anche dalla stratigrafia del pozzo Primula delle Fonti San Carlo, che è ubicato a valle della zona investigata.

8.2.5 Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati

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

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

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

8.2.6 Valutazione dell'amplificazione litologica

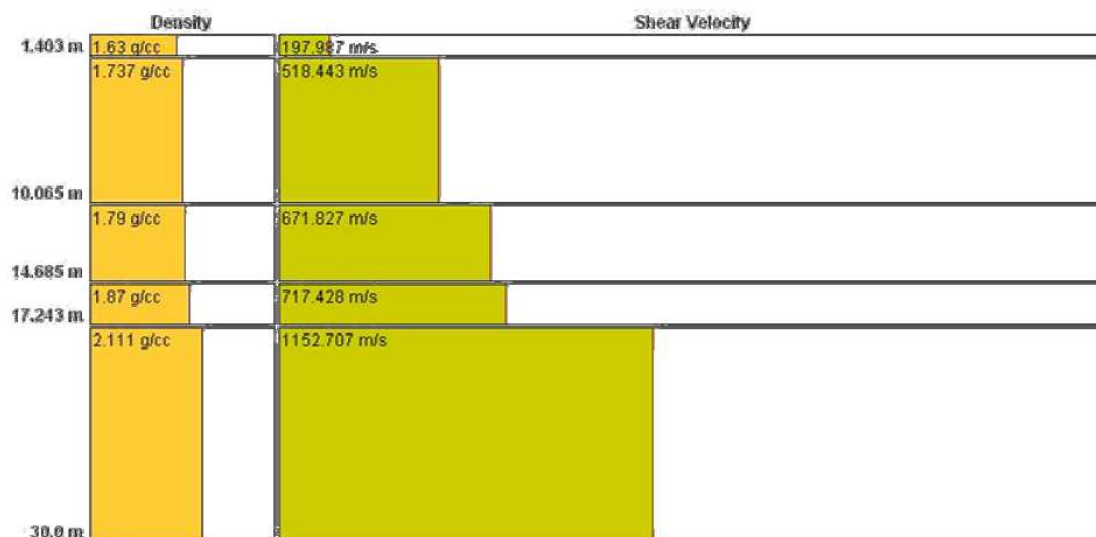
Di seguito si passa all'analisi puntuale delle singole prove e delle verifiche effettuate.

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

1- Modello geofisico del sottosuolo derivato dal Re.Mi. n° 1

(sezione di riferimento D-D' – zona Cà de Grassi)

Il modello geofisico del sottosuolo, in termini di Vs – profondità del Re.Mi. 1 è di seguito riportato:



La litologia, come sopra esposto, è molto variabile per cui si è effettuato il confronto della curva Vs-profondità con tutte le schede regionali, onde verificarne l'applicabilità.

È da tenere presente che attualmente le schede regionali sono solo 5 e che la metodologia è sperimentale e recente quindi vi è la possibilità che nessuna sia rispondente alle reali caratteristiche del sito.

Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la **limoso argillosa tipo 1**, che presenta anche buona analogia con il trend delle Vs in profondità.

La analisi di seguito riportate fanno riferimento a questa scheda.

Ad uso interno sono state effettuate anche le analisi con le altre schede compatibili con l'andamento delle Vs (ghiaiosa, limoso-sabbiosa 1, sabbiosa) ed i valori emersi portano alle medesime conclusioni).

Si effettua, quindi, la verifica del grafico da applicare.

Spessore strato superficiale: 10,00 m – Vs media 473 m/sec >> curva n° 3

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0,12$

Calcolo Fa (0.1 – 0.5s): $Fa = 1,23 (+ 0.1) = 1,3$

Calcolo Fa (0.5 – 1.5s): $Fa = 1,04 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1.1$

I parametri di riferimento di Fa per Spinone al Lago, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza dal Re-Mi., è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.3 < Fa \text{ soglia comunale (1.4)}$

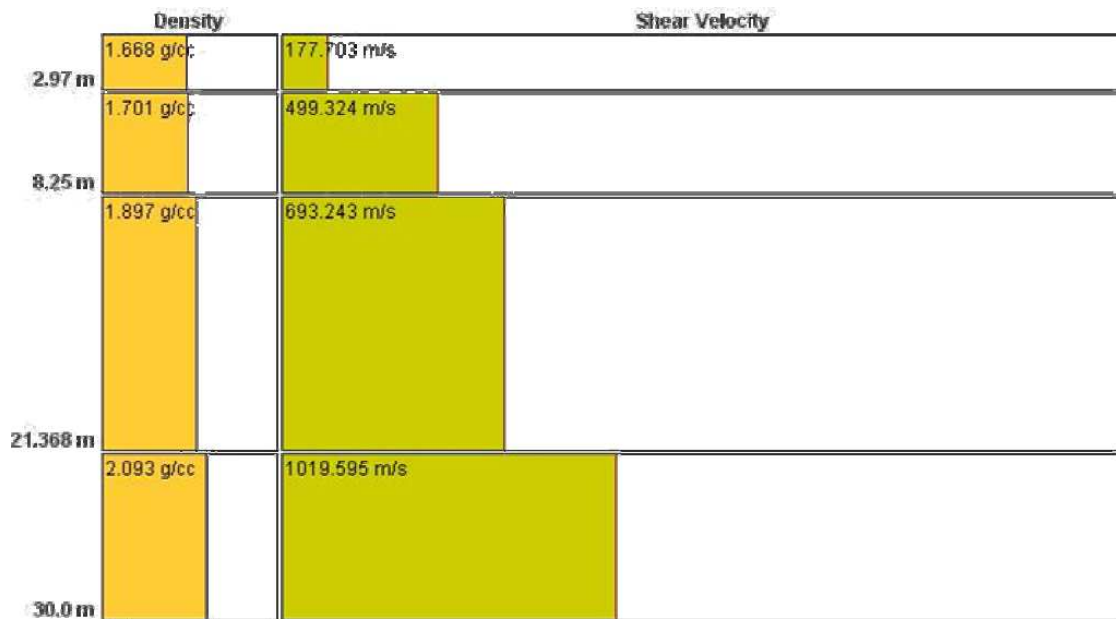
Per il periodo 0.5-1.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.1 < Fa \text{ soglia comunale (1.7)}$

Il valore soglia Comunale è in grado di coprire l'amplificazione calcolate per tutto il periodo compreso tra 0,1 ed 1,5 s.

2- Modello geofisico del sottosuolo derivato dal Re.Mi. n° 2

(sezione di riferimento C-C' – zona valle dei Panni)

Il modello geofisico del sottosuolo, in termini Vs – profondità del Re.Mi. 2 è di seguito riportato:



La litologia, come nel Re.Mi. precedente, è molto variabile, sempre con prevalenza di preferenza sulla limoso-argillosa.

Riportando il grafico di cui sopra nelle schede regionali, fino al substrato a quota 21.368 m dal p.c. dove $V_s > 800$ m/sec (1019.595 m/sec), la scheda che si avvicina e che presenta il trend migliore è la **limoso-argillosa di tipo 2** (la limoso-argillosa 1 non è applicabile perché il grafico esce dal campo di validità).

La analisi di seguito riportate fanno riferimento a questa scheda.

Anche in questo caso, ad uso interno, sono state effettuate anche le analisi con le altre schede compatibili con l'andamento delle V_s (limoso-sabbiosa 2, sabbiosa) ed i valori emersi portano alle medesima conclusioni).

Si effettua, quindi, la verifica del grafico da applicare.

Spessore strato superficiale: 8.25 m – V_s 383.08 m/sec >> curva n° 3

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0.149$

Calcolo F_a (0.1 – 0.5s): $F_a = 1,36 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1,5$

Calcolo Fa (0.5 – 1.5s): $Fa = 1,1 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1.2$

I parametri di riferimento di Fa per Spinone al Lago, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza dai Re-Mi., è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.5 > Fa \text{ soglia comunale (1.4)}$

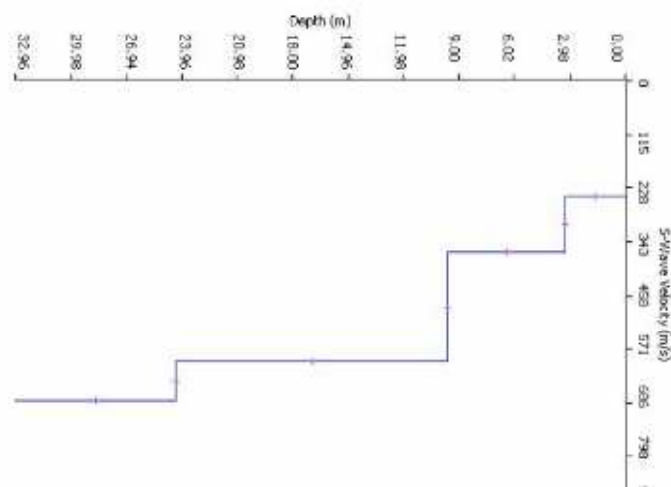
Per il periodo 0.5-1.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.2 < Fa \text{ soglia comunale (1.7)}$

Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s.

Modello geofisico del sottosuolo derivato dal MASW n° 2

(sezione di riferimento B-B' – zona valle del Tuf)

Il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità del MASW 2 è di seguito riportato:



Il MASW 2 presenta una crescita progressiva del valore di Vs fino a quota 32.96 m senza però raggiungere il substrato dove $V_s > 800$ m/sec.

Ai fini dei successivi calcoli il substrato è stato ipotizzato a circa quota 42 m da p.c., in base alla sezione geologica B-B' ed agli altri dati di sottosuolo disponibili.

L'unica scheda in cui l'andamento delle Vs rimane nel campo di validità è quella **limoso-sabbiosa tipo 2**.

Si effettua, quindi, la verifica del grafico da applicare.

Spessore strato superficiale: 9.58 m – Vs media 325 m/sec >> curva n° 3

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0,29$

Calcolo Fa (0.1 – 0.5s): $Fa = 1,77 (+ 0.1) = 1,9$

Calcolo Fa (0.5 – 1.5s): $Fa = 1,26 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1.4$

I parametri di riferimento di Fa per Spinone al Lago, presi dal database regionale, sono:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

La categoria di suolo di riferimento, come calcolata in precedenza dai Re-Mi., è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.9 > Fa \text{ soglia comunale} (1.4)$

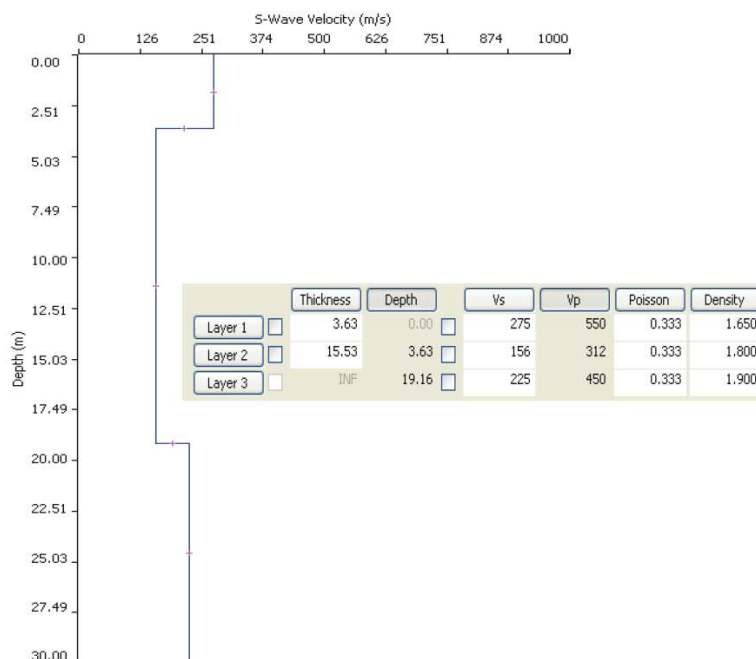
Per il periodo 0.5-1.5s $Fa \text{ calcolato} = 1.4 < Fa \text{ soglia comunale} (1.7)$

Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s.

Modello geofisico del sottosuolo derivato dal Masw 1 e dal Re.Mi. n° 3

(sezione di riferimento A-A' – zona valle dei Careggi)

Inizialmente è stato effettuato il MASW 1 ed il modello geofisico del sottosuolo Vs – profondità è di seguito riportato:



La litologia degli strati individuati presenta un'inversione di velocità a circa 3,5 metri ed i valori delle Vs rimangono bassi (< 250 m/sec) fino alla massima profondità investigata; nell'indagine non è stato trovato il bedrock sismico con velocità Vs > 800 m/sec.

Si è effettuato il confronto della curva Vs-profondità con tutte le schede regionali, onde verificarne l'applicabilità.

Il MASW 1 presenta uno strato con Vs di 275 m/sec per poi diminuire per uno strato molto spesso con Vs di 156 m/sec; successivamente vi è un trend medio di crescita progressiva del valore di Vs fino alla profondità investigata a quota 30.00 m da

p.c. dove non si è giunti al substrato roccioso. Il substrato roccioso è stato ipotizzato (in base alla sezione geologica A-A') a - 74.00 m dal p.c.

L'unica scheda applicabile è quella sabbiosa (anche se parte della curva rientra nel campo di non validità a causa dell'inversione).

Si effettua, quindi, la verifica del grafico da applicare.

Spessore strato superficiale: 19.16 m – Vs 178.5 m/sec

La scheda non è applicabile, in quanto le velocità dello strato superficiale sono troppo basse

Per il MASW 1 non vi è alcuna scheda Regionale utilizzabile

Stante questa situazione si decide di effettuare una ulteriore indagine, aumentando al massimo la profondità di investigazione (Re.Mi 3 – fino a 50 metri dal p.c.).

	Density	Shear Velocity
2.31 m	1.669 g/cc	415.351 m/s
	1.75 g/cc	162.829 m/s
11.25 m		
	1.831 g/cc	178.947 m/s
23.875 m		
	1.872 g/cc	264.912 m/s
47.125 m		
50.0 m	1.953 g/cc	324.013 m/s

La litologia è variabile, con un'inversione di velocità, per cui si è effettuato il confronto della curva Vs-profondità con tutte le schede regionali, onde verificarne l'applicabilità.

Il grafico per tutta la parte iniziale, con l'esclusione del primo strato di 2,6 metri, fino ad oltre 20 metri resta al di fuori del campo di validità.

Anche ipotizzando di utilizzare la scheda sabbiosa (unica utilizzabile, anche se al limite) il valore delle Vs in superficie è molto ridotto.

Escludendo lo strato superficiale di riporto (che in caso di interventi edilizi potrebbe anche essere asportato) la scheda non è applicabile, in quanto le velocità dello strato superficiale sono troppo basse.

Per il ReMi non vi è alcuna scheda Regionale utilizzabile

9.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Al termine delle analisi di pericolosità sismica di 2° livello è possibile trarre le seguenti considerazioni (vedi tavola n° 12):

A) Amplificazione topografica

(Z3b: Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo)

I valori soglia calcolati sono contenuti entro lo spettro coperto dalla normativa nazionale che può essere applicata senza alcuna ulteriore norma specifica a carattere locale per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 (edifici bassi e tozzi, indicativamente fino ad un massimo di 5 piani e che rappresentano la totalità del costruito a Spinone).

Nel caso in cui si dovesse precedere per la realizzazione di edifici con periodo superiore (tipicamente 0.5 – 1.5 sec. – edifici alti e snelli) sarà necessario, in fase di progettazione

edilizia effettuare analisi più approfondite di 3° livello perché la procedura semplificata Regionale non consente di affrontare questo problema.

B) Amplificazione litologica

(Z4b – zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre; Z4c – zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche))

I valori del Fa calcolati, per il periodo 0.5 – 1.5 (edifici indicativamente di oltre 5 piani snelli), sono sempre inferiori ai valori soglia Comunali e quindi non si pongono particolari problemi per questo tipo di edificazione.

Per quanto riguarda i valori del fattore di amplificazione calcolati (Fa), per il periodo 0.1 – 0.5 (edifici indicativamente da 1 a 5 piani), rispetto ai valori soglia comunali forniti dalla Regione (S) la situazione è la seguente:

<i>Indagine di riferimento</i>	<i>Sezione geologica di riferimento</i>	<i>Zona</i>	<i>Risultanze dell'analisi</i>
Re.Mi. 1	Sezione D-D'	Ca' de Grassi	Fa < S
Re.Mi. 2	Sezione C-C'	Valle dei Panni	Fa > S
MASW 2	Sezione B-B'	Valle del Tuf	Fa > S
ReMi 3 – MASW 1	Sezione A-A'	Valle dei Careggi	Non applicabile

Rapportando questi risultati al contesto geologico emerge che:

1. nella condizione tipica dell'abitato di Spinone, rappresentata dalle sezioni B e C, con presenza di tutti i depositi di conoide e glaciali (subordinatamente lacustri solo al bordo del lago) l'amplificazione attesa è maggiore di quanto la norma è in grado di coprire e quindi è necessario operare come di seguito dettagliato

2. nella condizioni locale di assenza di depositi di conoide e maggiore superficialità della roccia (sezione D – zona Ca de Grassi) la norma vigente è in grado di coprire l'amplificazione attesa.
3. Nell'area della valle dei Careggi (sezione A-A') la presenza di potenti terreni lacustri e palustri per oltre 20 metri non consente di applicare la procedura Regionale ed impone l'uso delle medesime cautele di cui al punto 1, dato che non è stato possibile dimostrare l'adeguatezza della norma vigente.

Nelle aree in cui la norma vigente non è in grado di coprire l'amplificazione (vedi tavole 12-13) è necessario, in fase di progettazione edilizia, procedere all'effettuazione delle analisi di 3° livello, secondo la procedura indicata dalle Direttive Regionali (allegato 5 della D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008).

In alternativa è possibile utilizzare per la progettazione edilizia lo spettro caratteristico della categoria di suolo superiore secondo lo schema di seguito dettagliato:

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

Chiaramente qualora in fase di progettazione/esecuzione delle opere si trovasse, all'interno delle aree di cui alla tavola 12 e 13, una categoria di suolo di tipo A *“roccia a debole profondità: ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3m”* si può procedere applicando

direttamente lo spettro della normativa, perché non si pone il problema dell'amplificazione.

Sarebbe interessante nel futuro, acquisire ulteriori dati geofisici del sottosuolo (dalle indagini a supporto delle costruzioni sia private che pubbliche) per ampliare e migliorare il modello e verificarne in modo più estensivo i risultati, soprattutto per la grande variabilità litologica del territorio.

La tavola 12 allegata al presente studio riporta le aree oggetto del presente studio (Z3 e Z4) distinte in funzione del superamento o meno della soglia coperto dalla normativa nazionale.

Tali retini sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità (tavola 13), insieme agli altri elementi individuati negli studi di primo livello (aree passibili di instabilità / aree suscettibili di cedimenti dei terreni e fenomeni di liquefazione) che necessitano direttamente dell'applicazione degli studi di 3° livello ed alle linee delle creste.

La normativa specifica da applicare è riportata nella Norme geologiche di Piano.

ALLEGATI

- Allegato n° 1: Estratto del “Catalogo parametrico dei terremoti italiani – CPTI04” per tutto il periodo storico trattato (dal 1000 al 2002) per un'area circolare intorno al Comune con raggio crescente da 10, 50 e 100 km.
- Allegato n° 2: Carta geologica con ubicazione sezioni, scala 1:10.000
- Allegato n° 3: Carta di localizzazione delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili, scala 1:10.000
- Allegato n° 4: Sezioni geologiche semplificate per modello geofisico, scala 1:2.000 / 1:2.500
- Allegato n° 5: Relazione sulle indagini geofisiche eseguite
- Allegato n° 6: Carta schematica delle categorie di sottosuolo, scala 1:10.000
- Allegato n° 7: Distribuzione del rapporto tra Fa e soglia comunale per il periodo 0,1 – 0,5 s, scala 1:10.000
- Allegato n° 8: Distribuzione del rapporto tra Fa e soglia comunale per il periodo 0,5 – 1,5 s, scala 1:10.000