

COMUNE DI SONDRIO

PROVINCIA DI SONDRIO

PIANO DEL GOVERNO DEL TERRITORIO



**CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA
ANALISI SISMICA DI 2^A LIVELLO**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

giugno 2022

Geol. Danilo Grossi

Geol. Gaetano Conforto

INDICE

1 - PREMESSA.....	2
2 – ANALISI SISMICITÀ DEL TERRITORIO	3
3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-SISMICO	5
3.1. – <i>Geologia e geomorfologia generale - PSL</i>	5
3.2. – <i>Inquadramento sismico</i>	6
4 – ANALISI SISMICA DI 1^ LIVELLO DEL TERRITORIO COMUNALE	11
5 – ANALISI SISMICA DI 2^ LIVELLO DEL TERRITORIO COMUNALE	12
5.1. – <i>Premessa</i>	12
5.2. – <i>Indagini sismiche in sito – Analisi degli effetti litologici (Z4)</i>	14
5.2.1 – <i>Punto 1 – Mossini</i>	17
5.2.2 – <i>Punto 2 – Ponchiera</i>	18
5.2.3 – <i>Punto 3 – Cimitero</i>	19
5.2.4 – <i>Punto 4 – Agneda</i>	20
5.2.5 – <i>Punto 5 – Prati Vesolo</i>	21
5.2.6 – <i>Punto 6 – Stazione</i>	22
5.2.7 – <i>Punto 7 – Via dell'Industria</i>	23
5.2.8 – <i>Punto 8 – Salesiani</i>	24
5.2.9 – <i>Punto 9 – Torelli</i>	25
5.2.10 – <i>Punto 10 – Trippi</i>	26
5.2.11 – <i>Punto 11 – Via Brigata Orobica</i>	27
5.2.12 – <i>Punto 12 – Piazzale Bertacchi</i>	28
5.2.13 – <i>Punto 13 – Arquino</i>	29
5.2.14 – <i>Punto 14 – Campus 1</i>	30
5.2.15 – <i>Punto 15 – Via Zara</i>	31
5.2.16 – <i>Punto 16 – Bartesaghi</i>	32
5.2.17 – <i>Punto 17 – Aschieri</i>	33
5.2.18 – <i>Punto 18 – Via Paribelli</i>	34
5.2.19 – <i>Punto 19 – Via Nani</i>	35
5.2.20 – <i>Punto 20 – Via Bassi</i>	36
5.2.21 – <i>Punto 21 – Pradella di sotto</i>	37
5.2.22 – <i>Note conclusive</i>	38
6 – ANALISI DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI (Z3)	39

Tavole:

- Tavola S1
- Carta dei fattori di amplificazione – scala 1:10.000 – quadro unico

1 - Premessa

Il presente lavoro, eseguito su incarico del **Comune di Sondrio (SO)**, costituisce l'approfondimento sismico di II livello in fase di pianificazione, da allegare alla Componente Geologica del PGT, realizzato in accordo all'Allegato 5 della dgr n. IX/2616 del 30.11.2011.

Con l'entrata in vigore della dgr. X/2129 del 11.07.2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)" al pari di numerosi comuni valtellinesi, anche il Comune di Sondrio è passato da Zona sismica 4 a Zona sismica 3 per cui, in accordo all'art. 2 di tale norma, vige l'obbligo che in occasione della prima revisione del Documento di Piano venga aggiornata anche la componente sismica dello studio geologico di supporto al PGT.

Allo stato attuale, infatti, come previsto dalla normativa per i comuni in Zona sismica 4, nella componente geologica del PGT vigente è presente solo l'approfondimento sismico di 1^a livello con la stesura della "Carta di Pericolosità Sismica Locale" Tavola CG 04 dell'ottobre 2010. Essendo successivamente passato il comune in Zona sismica 3 è diventato obbligatorio integrare la componente sismica del PGT con l'approfondimento di 2^a livello negli scenari di PSL così come indicato nello schema procedurale della tabella seguente estratto dal par. 1.4.4. dell'Allegato B della dgr IX/2616 del 30.11.2011.

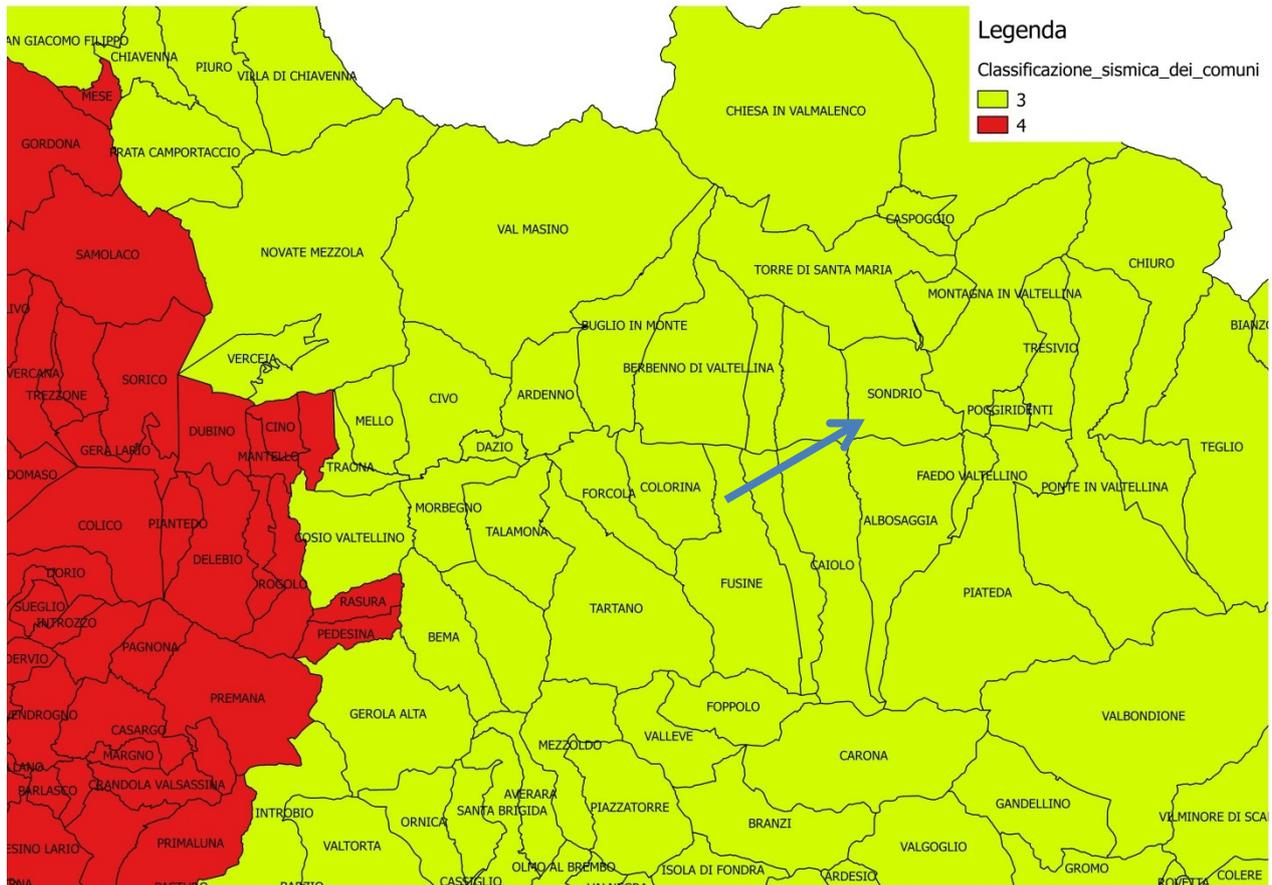
	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1 ^a livello fase pianificatoria	2 ^a livello fase pianificatoria	3 ^a livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2 ^a livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2 ^a livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Riferimenti normativi:

- dgr X/2129 del 11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)"
- dgr X/2489 del 10 ottobre 2014 "Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con DGR 21 luglio 2014, n. 2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)"
- L. R. 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"

- dgr. X/5001 del 30 marzo 2016 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”.



Estratto tavola classificazione sismica dei comuni lombardi

2 – Analisi sismicità del territorio

La determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’Allegato B al citato d.m.; la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria, ai sensi della dgr IX/2616 del 30.11.2011.

I livelli di approfondimento sono di seguito definiti:

1[^] livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni e già presente nell'attuale PGT di Sondrio, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale (PSL), nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della dgr IX/2616 del 30.11.2011, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

TABELLA 1 – SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

2[^] livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL), che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2[^] livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3[^] livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

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

Questo livello di approfondimento sismico sarà l'oggetto del presente lavoro in quanto è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1[^] livello, suscettibili di

amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

3[^] livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3[^] livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2[^] livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici non è prevista l'applicazione degli studi di 2[^] livello ma il passaggio diretto a quelli del 3[^] livello.

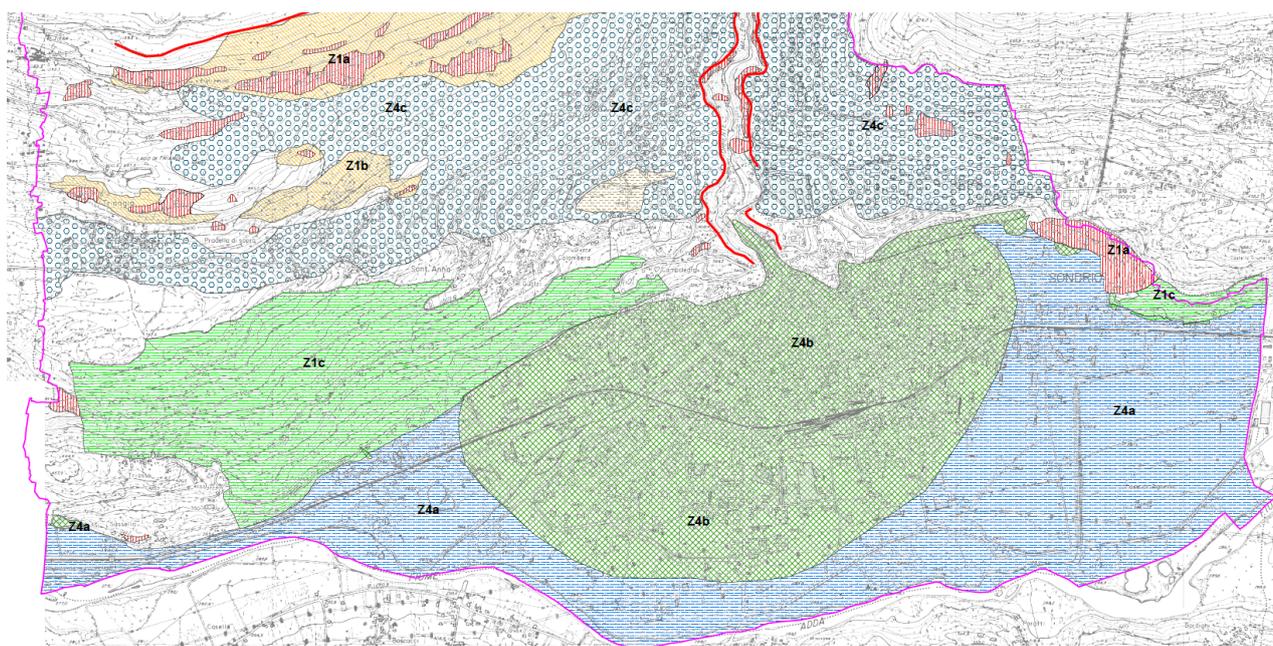
In fase progettuale dell'intervento edilizio l'approfondimento di 3[^] livello può essere sostituito prevedendo l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore con lo schema già riportato al punto precedente:

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

3 – Inquadramento geologico-sismico

3.1. – Geologia e geomorfologia generale - PSL

Le aree urbanizzate del comune di Sondrio sono prevalentemente concentrate sul conoide del Torrente Mallero (scenario PSL Z4b) e, in forma minore, sul fondovalle del Fiume Adda (scenario PSL Z4a) e nella parte inferiore del versante retico, generalmente in contesti di pendio morenico (scenario PSL Z4c) e/o con substrato roccioso in condizioni di affioramento o subaffioramento.



Estratto Carta di Pericolosità Sismica Locale del PGT

Scenari di pericolosità sismica locale (P.S.L.)

	Z1a - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
	Z1b - Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
	Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
	Z2 - Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti
	Z3a - Zona di ciglio scarpata forra in roccia
	Z3b - Zona di cresta rocciosa
	Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali
	Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito e di conoide alluvionale
	Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

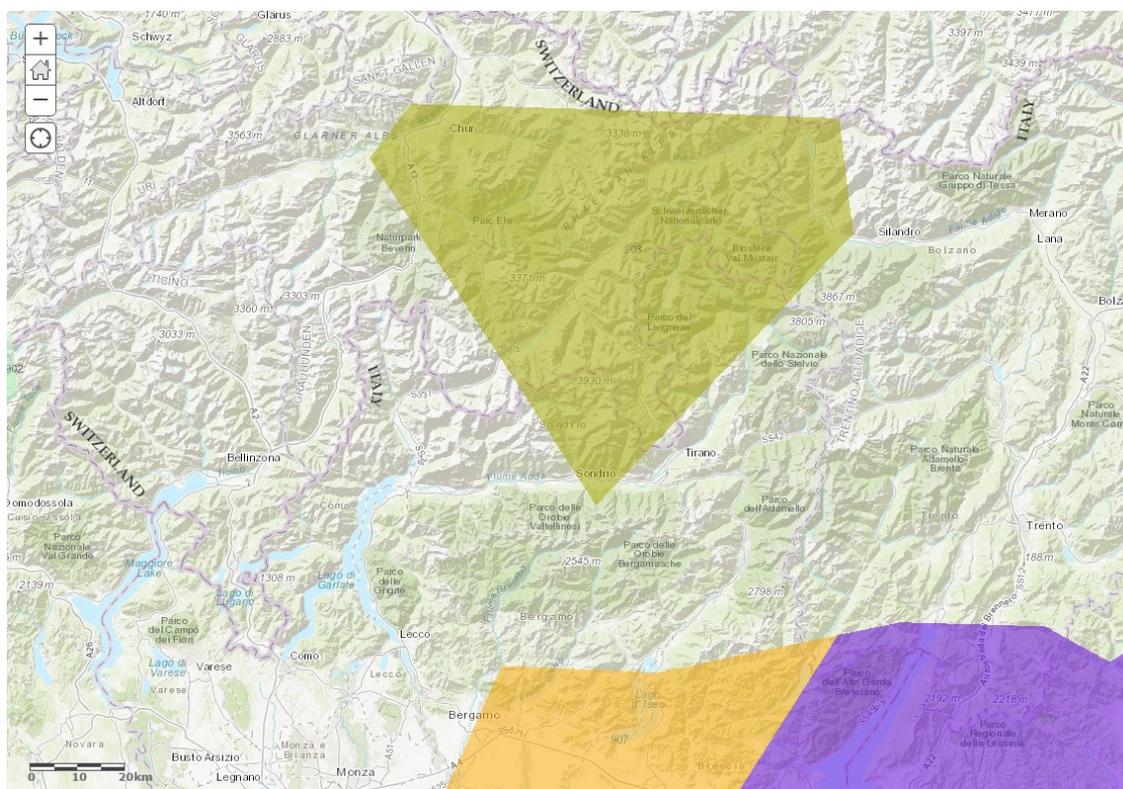
3.2. – Inquadramento sismico

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una suddivisione in 36 zone i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc. Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti. In

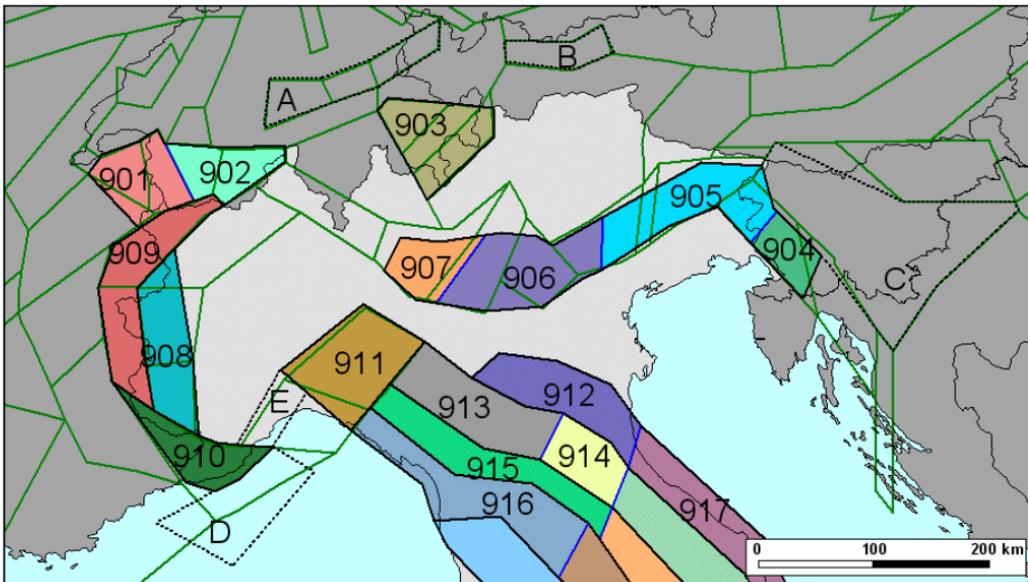
particolare, il territorio del comune di Sondrio si colloca all'interno della zona sismogenetica ZS9 – Grigioni Valtellina 903 che, a sua volta, fa parte del gruppo di ZS dell'Arco Alpino (901-910) legate all'interazione Adria-Europa.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9

Come indicato nella tabella precedente, in tale ZS 903 la profondità efficace, intesa come profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona, è pari a 9,0 km e comunque all'interno della classe di profondità 8-12 km. Per quanto riguarda, invece, il valore massimo di Md – magnitudo durata – è pari a 4,5.

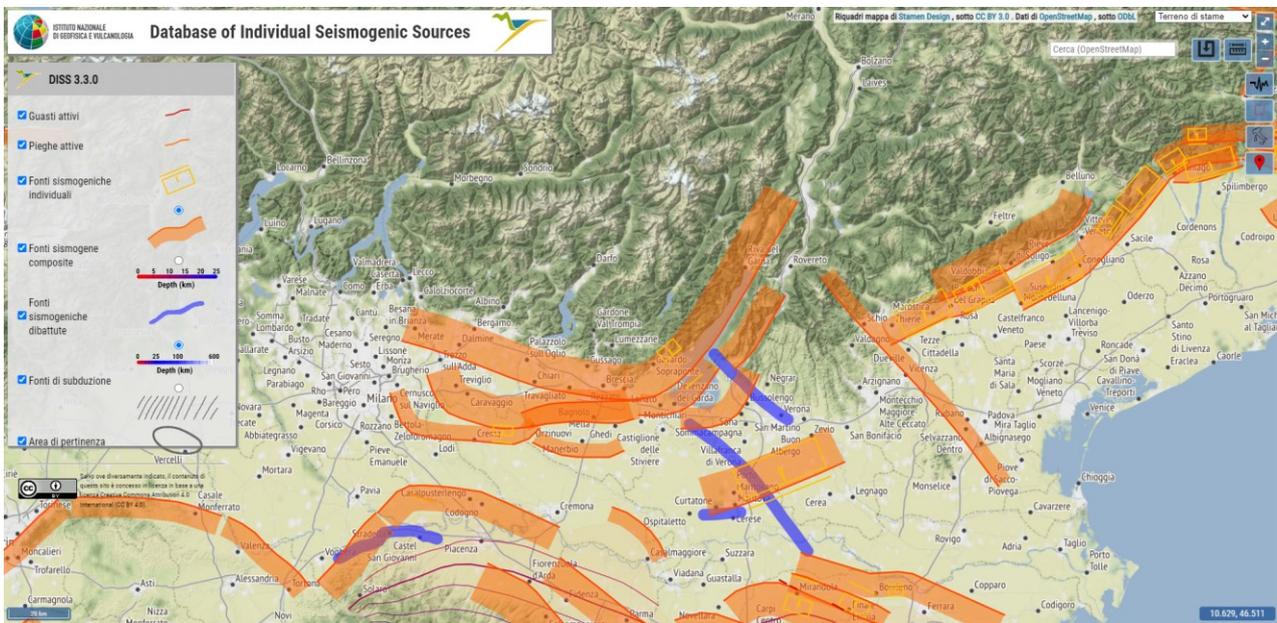


Zonazione sismogenetica ZS9 – immagine tratta da Carta sismogenetica d'Italia- Zona 903



Zonazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia

Nel database DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources) non vengono riportate “fonti sismogenetiche” (Composite sismogenic source) nell’area in esame e nel territorio provinciale (Valtellina) mentre sono presenti all’interno della parte settentrionale della Pianura Padana, ai margini meridionali della catena sudalpina (ITCS010 - Western S-Alps internal thrust, ITCS002 - Western S-Alps external thrust deep).



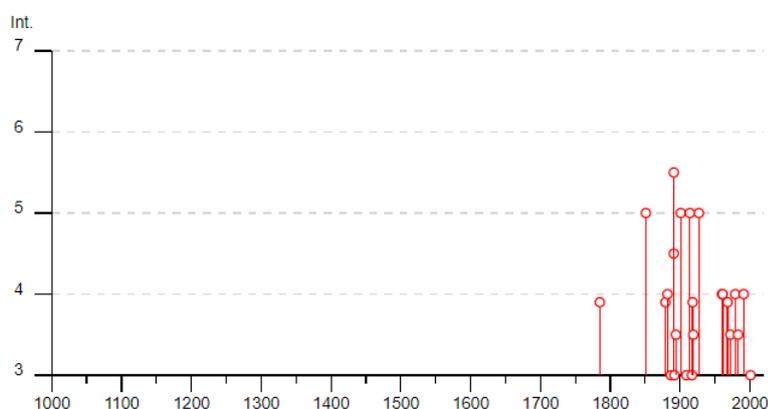
Estratto cartografia DISS version 3.3.0

Relativamente all'attività sismica storica nel territorio comunale di Sondrio si è fatto riferimento al Database Macrosismico Italiano "DBMI15" versione 4.0 del gennaio 2022, a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020.

Sondrio



PlaceID IT_12272
 Coordinate (lat, lon) 46.171, 9.872
 Comune (ISTAT 2015) Sondrio
 Provincia Sondrio
 Regione Lombardia
 Numero di eventi riportati 25



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1785	11	18				Bassa Engadina	4		
5	1851	02	05	09	50		Valtellina	30	5	4.72
F	1879	02	14				Garda occidentale	13	5	4.62
4	1882	02	27	06	30		Valle Seriana	37	6-7	4.81
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
5-6	1891	12	22				Valtellina	7	5-6	4.41
3	1892	01	05				Garda occidentale	93	6-7	4.96
3-4	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
5	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3	1917	12	09	21	40		Alta Engadina	39	6	4.60
F	1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
3-4	1919	09	16	02	18	3	Alta Valtellina	10	4-5	3.50
2	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1927	08	13	01	00	5	Alta Engadina	19	5	4.40
4	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
4	1961	11	23	01	12	0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
F	1968	06	22	12	21	3	Val Lagarina	27	6-7	4.74
3-4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1991	11	20	01	54	1	Grigion, Vaz	468	6	4.70
3	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Montagna in Valtellina	5	3
Albosaggia	4	3
Faedo Valtellino (San Carlo)	1	3
Cagnoletti	1	4
Poggiridenti	4	4
Caiolo	4	5
Piateda (Centro)	1	5
Spriana	2	5
Castione	2	6
Tresivio	4	6
Torre di Santa Maria	2	7
Postalesio	1	7
Ponte in Valtellina	9	8
Cedrasco	3	8
Chiuro	5	9
Fusine	4	10



[Visualizza Sondrio in [Google Maps](#), [Bing Maps](#)]

Attività sismica storica nota di Sondrio (SO) da "Database Macrosismico Italiano DBMI 2015"

4 – Analisi sismica di 1^a livello del territorio comunale

Per l'analisi sismica di 1^a livello è stata utilizzata la "Carta di Pericolosità Sismica Locale– PSL" – Tavola CG 04 realizzata in scala 1:10.000 nell'ottobre 2010 ed allegata alla vigente Componente Geologica del PGT. Dall'esame di tale cartografia, in relazione all'assetto urbanizzato del comune (dove sarà necessario eseguire l'analisi di 2^a livello), emerge quanto segue:

Scenari Z1– Si tratta di aree franose, attive, quiescenti o potenziali, individuate in gran parte dal PAI e poste in corrispondenza di pareti rocciose instabili, nella parte medio-sommitale dei bacini imbriferi, lungo il versante sinistro della Val Malenco e nel settore a monte del versante terrazzato della Località Cà Bianca inserito, quest'ultimo, nelle aree ex PS 267. Tali zone, generalmente, non interferiscono con le aree urbanizzate esistenti ed in previsione.

Scenari Z2– Si tratta di aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche e falda freatica in posizione superficiale.

Scenari Z3 – Si tratta di quelle aree che per le loro caratteristiche topografiche (zona di ciglio con $h > 10$ m, scarpata con parete subverticale, nicchia di distacco, zona di cresta rocciosa ecc) possono essere sede di fenomeni di amplificazione topografica. Vengono indicate le scarpate che bordano i terrazzi strutturali-glaciali del versante retico, il ciglio della forra incisa del Torrente Mallerò (Cassandre).

Scenari Z4 – Si tratta delle zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali eterogranulari, aree pedemontane di falda di detrito e conoide alluvionale, versanti morenici ed eluvio-colluviali. Gran parte delle aree urbanizzate di fondovalle e di versante del comune di Sondrio ricadono all'interno di questi scenari di pericolosità sismica e saranno, quindi, oggetto dell'approfondimento sismico di 2^a livello.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zona con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zona 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

TABELLA 1 – SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

5 – Analisi sismica di 2^a livello del territorio comunale

5.1. – Premessa

Il 2^a livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche, per la valutazione degli “effetti di sito” o di “amplificazione sismica locale” di natura topografica (effetti morfologici – Z3) o litologica (effetti litologici – Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a). Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

Effetti litologici (Z4)

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- ✓ litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- ✓ stratigrafia del sito;
- ✓ andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle V_s può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- ✓ spessore e velocità di ciascun strato;
- ✓ sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base delle conoscenze del sito d'indagine viene individuata la litologia prevalente presente nell'area e quindi la relativa scheda di valutazione di riferimento tra quelle proposte da Regione Lombardia per le principali litologie caratteristiche. Una volta individuata la scheda di riferimento ne è stata verificata la validità, in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T .

Effetti morfologici (Z3)

La procedura si applica in corrispondenza degli scenari di scarpata con parete subverticale in roccia, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo, così come individuati e cartografati nella Carta di Pericolosità Sismica Locale. Per l'analisi degli effetti morfologici si utilizzano due schede di verifica predisposte da Regione Lombardia.

In particolare, nella Carta dei fattori di amplificazione, allegata al presente studio, sono state distinte, nell'ambito delle zone urbanizzate di Sondrio, le aree con F_a maggiore al valore soglia comunale da quelle con F_a minore prendendo come riferimento i valori indicati da Regione Lombardia e riportati nella tabella seguente. Tale distinzione fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dalle NTC 2018 ($FAC \leq FAS$), oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3^a livello ($FAC > FAS$), fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

<i>Intervallo di periodo di riferimento</i>	<i>Suolo di tipo B</i>	<i>Suolo di tipo C</i>	<i>Suolo di tipo D</i>	<i>Suolo di tipo E</i>
T 0.1 – 0.5 s	1.5	1.9	2.3	2.1
T 0.5 – 1.5 s	1.7	2.5	4.4	3.1

Valori soglia comune di Sondrio

I valori di F_a sopra indicati si riferiscono agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Per quanto riguarda, invece, la classificazione dei suoli si fa riferimento a quanto riportato nelle nuove NTC 2018 (tabella 3.2.II).

Suoli di tipo A : *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Suoli di tipo B : *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

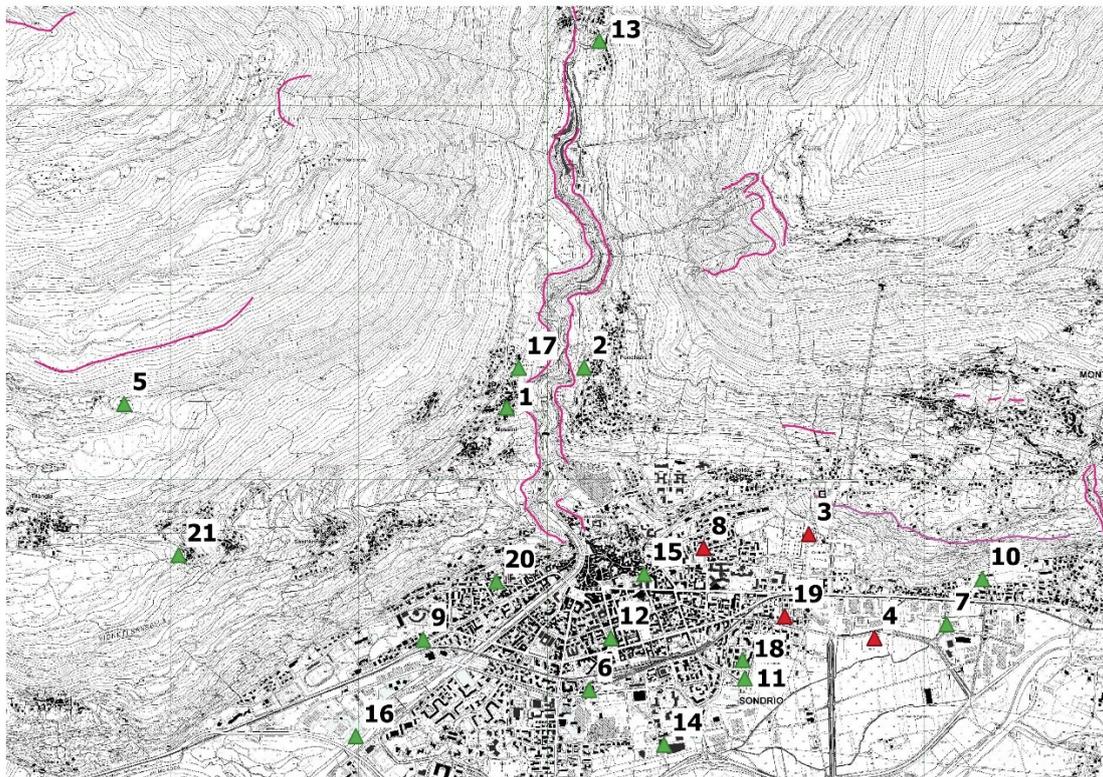
Suoli di tipo C : *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Suoli di tipo D : Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

Suoli di tipo E : Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

5.2. – Indagini sismiche in sito – Analisi degli effetti litologici (Z4)

Ai fini della determinazione dell'andamento in profondità delle $V_{s\ eq}$ sino a valori pari o superiori a 800 m/s sono stati utilizzati i dati di indagini sismiche in sito realizzate sul territorio comunale nell'ambito di relazioni geologiche a supporto di nuovi progetti edilizi, integrati con nuove indagini posizionate in corrispondenza di aree "scoperte". In particolare, sono stati utilizzati n. 27 "punti d'indagine sismica" diversamente distribuiti nel territorio comunale all'interno dei diversi contesti geologici/geomorfolologici e scenari di amplificazione sismica.



Planimetria con ubicazione dei siti di indagine sismica

Punto	Posizione/home
1	Mossini

2	Ponchiera
3	Cimitero
4	Agneda
5	Prati Vesolo
6	Stazione
7	Via dell'Industria
8	Salesiani
9	Torelli
10	Trippi
11	Via Brigata Orobica
12	Piazzale Bertacchi
13	Arquino
14	Campus
15	Via Zara
16	Bartesaghi
17	Aschieri
18	Via Paribelli
19	Via Nani
20	Via Bassi
21	Pradella di Sotto

punti di indagine sismica

In accordo al par. 3.2.2. delle nuove NTC 2018 la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5.2.1 – Punto 1 – Mossini

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata in località Mossini in corrispondenza di un versante morenico costituito da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa mediamente addensata.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4c**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1,1	190
1.1	11.1	480
11.1	inf	821

$$V_{s,eq} = 417 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.09 s

Categoria di suolo	B	
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.50	1.70	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.17	1.02	
FAC ≤ FAS*	FAC ≤ FAS*	

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.2 – Punto 2 – Ponchiera

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata in località Ponchiera all'interno di un versante morenico costituito da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa mediamente addensata.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4c**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	0,6	110
0.6	2,5	330
2,5	10	480
10	inf	1000

$$V_{s,eq} = 372 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.093 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.16	1.1
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.3 – Punto 3 – Cimitero

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata sul fondovalle valtellinese, ai margini distali del conoide alluvionale del Torrente Mallerò, all'interno della piana alluvionale del Fiume Adda. Il sottosuolo è costituito da un sottile strato superficiale di materiali di riporto a cui seguono sedimenti alluvionali del Fiume Adda, rappresentati da alternanze litostratigrafiche di sabbie fini limose e ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

$V_{s,eq} = 331$ m/s suolo di classe **C**

Scheda di valutazione: SABBIOSA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 0.44 s

Categoria di suolo	C
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.90	2.40
Fa calcolato in sito (FAC)	
2.10	
FAC > FAS*	-

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.4 – Punto 4 – Agneda

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata in località Agneda, in corrispondenza di un'area pianeggiante, in sponda destra del Fiume Adda e totalmente inserita nei depositi di piana alluvionale del Fiume Adda. Dal punto di vista litostratigrafico sono presenti terreni alluvionali di fondovalle, rappresentati da alternanze litostratigrafiche di sabbie e ghiaie mediamente consolidate.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.5	210
1.5	7.5	340
7.5	81.50	550
199.0	Inf	900

$V_{s,eq} = 457$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIOSA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 0.68 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.17	1.98
FAC < FAS*	FAC > FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.5 – Punto 5 – Prati Vesolo

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nel versante retico, in corrispondenza di un piccolo terrazzo morfologico in leggera pendenza. Il sottosuolo è costituito da un sottile strato superficiale di depositi morenici sovrapposti al substrato roccioso.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4c**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	3.90	510
3.90	Inf	830

$V_{s,eq} = 510$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.03 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.00	1.00
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.6 – Punto 6 – Stazione

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallero, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.50	170
1.50	16.0	470
16.0	Inf	850

$$V_{s,eq} = 441 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.14 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.53	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.26	1.05
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.7 – Punto 7 – Via dell'Industria

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella piana alluvionale del Fiume Adda. Il sottosuolo è costituito da depositi alluvionali stratificati con alternanze di sabbie limose e ghiaie minute in matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	0.8	180
0.8	8.8	350
8.8	178.8	590
178.8	Inf	920

$V_{s,eq} = 474$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 1.23 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.50	1.70	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00	1.60	
FAC < FAS*		FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.8 – Punto 8 – Salesiani

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallerò, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	2.2	227
2.2	7.1	258
7.1	19.4	459
19.4	30	581
30	Inf	800

$V_{s,eq} = 407$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIA
Curva: 2 VERDE
Periodo proprio del sito T: 0.265 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.67	1.34
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.9 – Punto 9 – Torelli

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallerò, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	3.50	310
3.50	133.5	530
133.5	Inf	850

$$V_{s,eq} = 489 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 1.01 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s		T 0.5 – 1.5 s
1.50		1.70
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00		1.72
FAC ≤ FAS*		FAC ≤ FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.10 – Punto 10 – Trippi

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata sul fondovalle del Fiume Adda, ai piedi del versante retico, in corrispondenza di un'area caratterizzata da un sottile strato superficiale di materiali alluvionali sovrapposti al substrato roccioso.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	3.50	460
3.50	inf	850

$V_{s,eq} = 460$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.03 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.01	1.00
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.11 – Punto 11 – Via Brigata Orobica

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata in corrispondenza della parte distale del conoide alluvionale del Torrente Mallero, all'interno della fascia di interdigitazione con i depositi alluvionali della piana del Fiume Adda. Il sottosuolo è costituito da alternanze litostratigrafiche di sabbie e ghiaie in matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	2.2	196
2.2	6.1	203
6.1	67.9	387
67.9	156.9	726
156.9	Inf	1000

$$V_{s,eq} = 325 \text{ m/s suolo di classe C}$$

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 1.53 s

Categoria di suolo	C
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.90	2.50
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.00	1.47
FAC ≤ FAS*	FAC ≤ FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.12 – Punto 12 – Piazzale Bertacchi

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallerò, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.1	150
1.1	4.6	320
4.6	194.6	500
194.6	Inf	900

$V_{s,eq} = 434$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 0.91 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s		T 0.5 – 1.5 s
1.50		1.70
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00		1.78
FAC < FAS*		FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.13 – Punto 13 – Arquino

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Antognasco, in corrispondenza di un'area a debole pendenza e caratterizzata da depositi alluvionali grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbiosa e sovrapposti al substrato roccioso affiorante sul fondo alveo.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	2.0	260
2.0	12.0	580
12.0	Inf	820

$$V_{s,eq} = 481 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.09 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.50	1.70	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.15	1.00	
FAC ≤ FAS*		FAC ≤ FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.14 – Punto 14 – Campus 1

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte medio-inferiore del conoide alluvionale del Torrente Mallero, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	0.4	65
0.4	3.4	160
3.4	11	295
11	18	352
18	22.8	372
22.8	28.3	478
28.3	35.8	576
35.8	inf	800

$V_{s,eq} = 434$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T : 0.38 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.25	1.61
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.15 – Punto 15 – Via Zara

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallero, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	2.0	300
2.0	62	580
62	inf	900

$$V_{s,eq} = 546 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.43 s

Categoria di suolo	B	
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.50	1.70	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.15	1.72	
FAC ≤ FAS*	FAC ≤ FAS*	

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.16 – Punto 16 – Bartesaghi

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallero, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.0	191
1.0	2.1	199
2.1	4.0	233
4.0	9.5	303
9.5	18.	364
18.6	100	454
100	inf	800

$$V_{s,eq} = 344 \text{ m/s suolo di classe C}$$

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 0.93 s

Categoria di suolo	C	
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.90	2.50	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00	1.77	
FAC \leq FAS*	FAC \leq FAS*	

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.17 – Punto 17 – Aschieri

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata in corrispondenza del terrazzo morfologico di Mossini-Aschieri. Il sottosuolo è costituito da uno strato superficiale di depositi morenici, rappresentati da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa consolidata, sovrapposti al substrato roccioso.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4c**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.0	210
1.0	6.0	530
6.0	inf	830

$$V_{s,eq} = 423 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.05 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s		T 0.5 – 1.5 s
1.50		1.70
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.07		1.00
FAC ≤ FAS*		FAC ≤ FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.18 – Punto 18 – Via Paribelli

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallerò, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	2.0	294
2.0	272	586
272	inf	1031

$$V_{s,eq} = 550 \text{ m/s suolo di classe B}$$

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 1.86 s

Categoria di suolo	B	
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s	
1.50	1.70	
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00	1.00	
FAC ≤ FAS*	FAC ≤ FAS*	

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.19 – Punto 19 – Via Nani

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata all'interno della piana alluvionale del Fiume Adda, ai margini distali del conoide del Torrente Mallerò. Il sottosuolo è costituito da alternanze litostratigrafiche di ghiaie in matrice sabbiosa e strati di sabbie limose.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4a**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	0.8	170
0.8	5.30	338
5.30	105.30	520
105.30	Inf	800

$V_{s,eq} = 458$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: SABBIA

Curva: 2 VERDE

Periodo proprio del sito T: 0.82 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s		T 0.5 – 1.5 s
1.50		1.70
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.00		1.84
FAC < FAS*		FAC > FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di +0,1

5.2.20 – Punto 20 – Via Bassi

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nella parte mediana del conoide alluvionale del Torrente Mallerio, in corrispondenza di un'area pianeggiante e caratterizzata da depositi alluvionali mediamente grossolani, rappresentati da ghiaie e ciottoli immersi in un'abbondante matrice sabbiosa.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4b**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	10.5	420
10.5	Inf	900

$V_{s,eq} = 420$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.10 s

Categoria di suolo		B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)		
T 0.1 – 0.5 s		T 0.5 – 1.5 s
1.50		1.70
Fa calcolato in sito (FAC)		
1.17		1.02
FAC < FAS*		FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.21 – Punto 21 – Pradella di sotto

Localizzazione ed inquadramento geologico-litostratigrafico: La zona d'indagine è situata nel versante retico, all'interno di un'area in leggera pendenza caratterizzata da uno strato superficiale di depositi morenici eterogranulari grossolani, sovrapposti al substrato roccioso.

Scenario di pericolosità sismica: **Z4c**

Profilo sismico:

Profondità (m)		Velocità V_s (m/s)
0.0	1.4	250
1.4	12.4	500
12.4	inf	830

$V_{s,eq} = 450$ m/s suolo di classe **B**

Scheda di valutazione: GHIAIA

Curva: 3 BLU

Periodo proprio del sito T: 0.10 s

Categoria di suolo	B
Fa di soglia (FAS) comune di Sondrio (SO)	
T 0.1 – 0.5 s	T 0.5 – 1.5 s
1.50	1.70
Fa calcolato in sito (FAC)	
1.18	1.02
FAC < FAS*	FAC < FAS*

* la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1

5.2.22 – Note conclusive

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati delle verifiche effettuate nei diversi siti d'indagine.

N	Sito	Scenario PSL	Categoria sismica del suolo	V _{s,eq} (m/s)	FAC (0.1-0.5s)	FAS (0.1-0.5s)	verifica	FAC (0.5-1.5s)	FAS (0.5-1.5s)	Verifica
1	Mossini	Z4c	B	417	1.17	1,50	FAC≤FAS	1.02	1,70	FAC≤FAS
2	Ponchiera	Z4c	B	372	1.16	1,50	FAC≤FAS	1.10	1,70	FAC≤FAS
3	Cimitero	Z4a	C	331	2.10	1,90	FAC>FAS		2,40	
4	Agneda	Z4a	B	457	1.17	1,50	FAC≤FAS	1.98	1,70	FAC>FAS
5	Prati Vesolo	Z4c	B	510	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.00	1,70	FAC≤FAS
6	Stazione	Z4b	B	411	1.26	1,50	FAC≤FAS*	1.05	1,70	FAC≤FAS
7	Via dell'Industria	Z4a	B	474	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.60	1,70	FAC≤FAS
8	Salesiani	Z4b	B	407	1.67	1,50	FAC>FAS	1.34	1,70	FAC≤FAS
9	Torelli	Z4b	B	489	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.72	1,70	FAC≤FAS
10	Trippi	Z4a	B	460	1.01	1,50	FAC≤FAS	1.00	1,70	FAC≤FAS
11	Via Brigata Orobica	Z4a	C	325	1.00	1,90	FAC≤FAS	1.47	2,50	FAC≤FAS
12	Piazzale Bertacchi	Z4b	B	434	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.78	1,70	FAC≤FAS
13	Arquino	Z4b	B	481	1.15	1,50	FAC≤FAS	1.00	1,70	FAC≤FAS
14	Campus	Z4b	B	434	1.25	1,50	FAC≤FAS	1.61	1,70	FAC≤FAS
15	Via Zara	Z4b	B	546	1.15	1,50	FAC≤FAS	1.72	1,70	FAC≤FAS
16	Bartesaghi	Z4b	C	344	1.00	1,90	FAC≤FAS	1.77	2,50	FAC≤FAS
17	Aschieri	Z4c	B	423	1.07	1,50	FAC≤FAS	1.00	1,70	FAC≤FAS
18	Via Paribelli	Z4b	B	550	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.00	1,70	FAC≤FAS
19	Via Nani	Z4a	B	458	1.00	1,50	FAC≤FAS	1.84	1,70	FAC>FAS
20	Via Bassi	Z4b	B	420	1.17	1,50	FAC≤FAS	1.02	1,70	FAC≤FAS
21	Pradella di sotto	Z4c	B	450	1.18	1,50	FAC≤FAS	1.02	1,70	FAC≤FAS

FAC: *fattore di amplificazione sismica calcolato*

FAS: *fattore di amplificazione sismica di soglia comunale*

* *la normativa consente una variabilità/tolleranza di + 0,1*

In tutti i siti d'indagine sono presenti terreni eterogranulari, generalmente medio-grossolani, di categoria sismica B e C; le $V_{s,eq}$ si mantengono generalmente sempre superiori a 300 m/s.

I punti n. 3, 4, 8 e 19 presentano valori di F_a calcolati in sito (FAC) superiori ai valori di soglia (FAS) evidenziando, in questi punti, che la normativa nazionale è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi, in fase di progettazione edilizia, è necessario effettuare analisi sismiche più approfondite (3^a livello) o utilizzare lo spettro di norma della categoria di suolo superiore. Utilizzando il diagramma di Voronoi, con un software QGis, è stato definito il poligono che definisce l'area in cui $FAC > FAS$.

Negli altri siti è sempre risultato $FAC < FAS$ per cui la normativa nazionale si è dimostrata adeguata.

6 – Analisi degli effetti morfologici (Z3)

In relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio comunale e alla relativa distribuzione delle aree urbanizzate sono state effettuate due verifiche degli effetti morfologici, per lo scenario di “zona di scarpata Z3a”, ritenute più significative e poste in corrispondenza del versante terrazzato situato a monte di Cà Bianca e Centrale Enel.

Lo scenario di zona di scarpata “rocciosa” (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10° (Scheda di valutazione).

Il materiale costituente il rilievo topografico dovrebbe avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s e, quindi, caratteristico della roccia in affioramento o subaffioramento. In realtà nel profilo considerato il versante è terrazzato con muri a secco e caratterizzato da substrato roccioso in affioramento non continuo, e subaffioramento alla base di un sottile spessore di materiali di riporto.

La scarpata presenta il fronte superiore in contropendenza con $h < 1/3 H$.

Il valore di F_a determinato è assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (A_i - fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

località	inclinazione scarpata	altezza	lunghezza	inclinazione fronte superiore	Area d'influenza	Fattore di amplificazione
	α (°)	H (m)	L (m)	β (°)	A_i (m)	$F_{a_{0,1-0,5}}$
Cà Bianca	35	195	50	-10	130	1,2
Centrale ENEL	28	111	50	-1	74	1,2

Risultati analisi effetti morfologici