ORIGINALE

COMUNE DI FELTRE
Provincia di Belluno

P.I. 2009-E

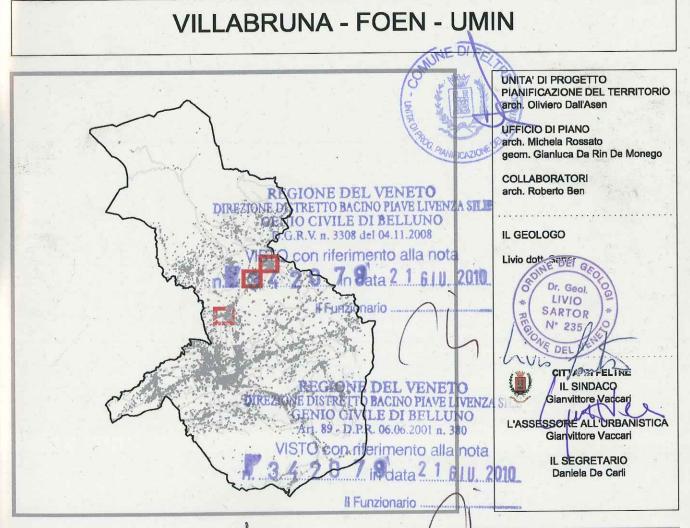
elaborato

VCS

A.T.O. 04 ambiti APP |06|07|08

scala

# Studio di Compatibilità Sismica



con deliberazione di Cc... n° 3. ... del 11.00 R. 201

Feltre, lì .....

#### 1. Premessa

Il PAT di Feltre è stato approvato prima dell'allegato "A" della DGRV 3308/2008, per cui non è stata eseguita la compatibilità sismica dell'intero territorio comunale: i "PI" devono però adeguarsi alla normativa Regionale.

Con delibera della Giunta n. 3308 del 04.11.2008 "Applicazioni delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica. Indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica", la Regione Veneto ha ritenuto di integrare la documentazione da allegare ai PAT e ai PI, con lo studio di "compatibilità sismica", da effettuare nelle zone sismiche 1 e 2, il quale dovrà fornire un supporto sulle modalità costruttive degli interventi, in modo da garantire un'adeguata sicurezza degli insediamenti e delle infrastrutture. Lo studio deve migliorare la conoscenza delle componenti che determinano la pericolosità sismica locale, e fornire i criteri di scelta finalizzati alla prevenzione dell'eventuale rischio, alla luce di quanto previsto anche dall'Eurocodice 8 e del DM 14.01.2008; in particolare si richiede che per la valutazione sismica siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e morfologiche attraverso dettagliati studi di microzonazione sismica locale, tenendo conto, sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo di terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche locali. La microzonazione sismica, con l'individuazione delle aree a diversa pericolosità sismica, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

L'allegato "A" della DGRV 3308/2008 prevede quanto segue:

- per i PAT "lo studio di compatibilità sismica sarà costituito dalla verifica della conciliabilità della trasformazione urbanistica con le indicazioni derivanti dalla caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica del territorio in esame, avendo preso in considerazione la zona sismica interessata dall'ambito comunale secondo le disposizioni regionali in vigore";
- per i PI, "che localizzano puntualmente le trasformazioni urbanistiche, lo studio di compatibilità sismica avrà lo sviluppo necessario a definire gli interventi ammissibili e le modalità esecutive nelle aree urbanizzate ed urbanizzabili".

L'elaborato finale cartografico sintetico della <u>compatibilità sismica per i PAT</u> prevede la mappatura dell'intero territorio comunale in:

a) aree "stabili" nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;

- aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) aree "suscettibili di instabilità"; le principali cause sono: instabilità dei versanti, liquefazione e cedimenti differenziali dei terreni, faglie attive.

L'allegato "A" della DGRV 3308/2008 prevede che "all'interno del PI, per il territorio urbanizzato, urbanizzabile (suscettibile di trasformazioni per l'espansione degli abitati) e relativo ad ambiti riguardanti i sistemi, le reti infrastrutturali e i corridoi per il trasporto energetico di rilevanza strategica a livello statale o provinciale, va effettuata:

- con riferimento alle "aree stabili" (v. lettera "a" punto "3" dell'allegato A) la caratterizzazione del terreno tramite la misura delle Vs30 (velocità di propagazione delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità come definita dalle vigenti norme tecniche sulle costruzioni);
- con riferimento alle "aree suscettibili di amplificazioni sismiche" (v. lettera "b" punto "3" dell'allegato A) uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio della vibrazione del sottosuolo e alla definizione dei profili di Vs30, unitamente alla valutazione degli effetti morfologici;
- con riferimento alle "aree suscettibili di instabilità" (v. lettera "c" punto "3" dell'allegato A), uno studio degli eventuali effetti di cui all'alinea precedente e uno studio specifico finalizzato all'individuazione degli ambiti potenzialmente soggetti a instabilità, utilizzando come parametri di riferimento quelli stabiliti dalla vigente normativa tecnica sulle costruzioni."

Inoltre sempre nell'allegato "A" si afferma che per le "varianti agli strumenti urbanistici che non comportino una trasformazione territoriale di urbanizzazione o, che comunque non alterino la protezione sismica prevista, il tecnico progettista è tenuto a sottoscrivere una asseverazione inerente la mancata necessità della valutazione sismica."

#### 2. Geologia strutturale del Feltrino

Le Vette Feltrine sono una parte delle Alpi Meridionali, la retrocatena dell'orogene alpino generatosi con la subduzione della placca Europea al di sotto di quella Adriatica. Le Alpi Meridionali hanno una caratteristica struttura di sovrascorrimenti, in una geometria a ventaglio embricato che indica una propagazione temporale dal più interno al più esterno. Da Nord a Sud, la struttura delle Vette Feltrine è compresa tra

i sovrascorrimenti della Valsugana, di Belluno e di Tezze. Due grandi strutture, l'anticlinale delle Vette Feltrine e la sinclinale di Belluno, accompagnano i sovrascorrimenti principali.

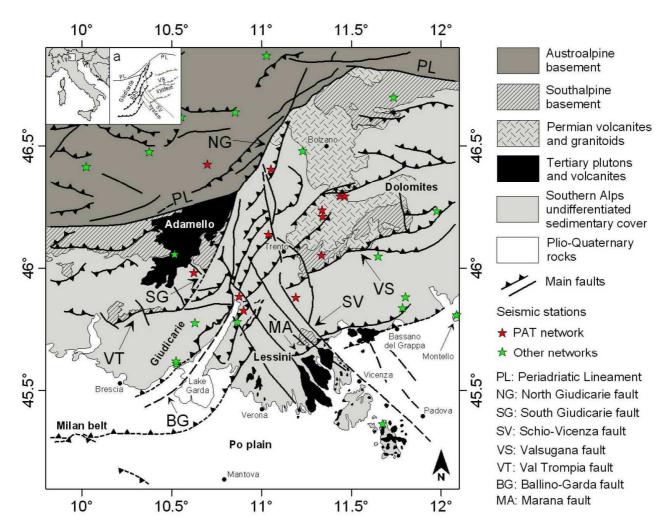


Fig. 1 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino centro-orientale (da A. Viganò e altri - 2008)

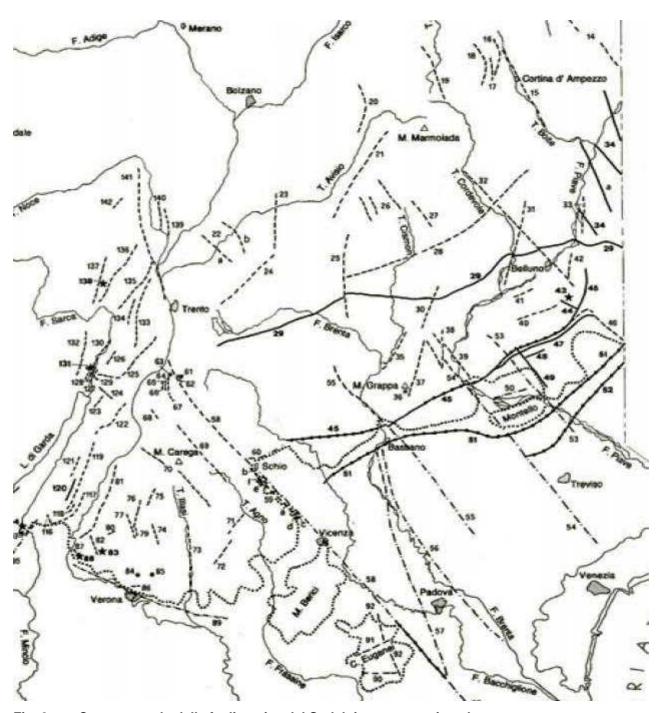


Fig. 2 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale (da Castaldini-Panizza - 1991)

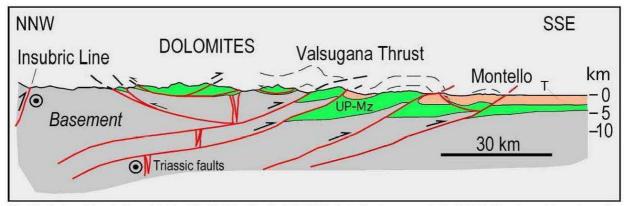


Fig. 18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del pop-up delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI, 2008).

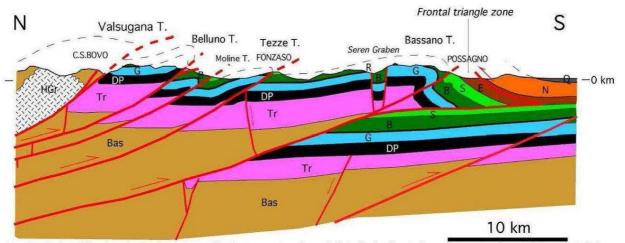


Fig. 19 - Sezione bilanciata da Canal San Bovo alla pianura veneta nei pressi di Asolo, localizzata immediatamente ad ovest delle Vette Feltrine. Bas, Basamento cristallino; HGr, Granito tardo ercinico; Tr, formazioni del Permiano superiore-Triassico inferiore e medio; DP, Dolomia Principale (Norico); G, Calcari Grigi [(Lias, facies di piattaforma passanti gradualmente verso sud a facies bacinali del Lias-Dogger (Fm di Soverzene, Fm di Igne, Calcare del Vajont)]; R, Ammonitico Rosso (sottile livello nero); B, Biancone, Cretaceo inferiore; S, Scaglia Rossa, Cretaceo superiore; E, Paleogene (Marna di Possagno, ecc.); N, Oligocene sup.-Neogene (Molassa); Q, Quaternario (tratto da Doglioni, 1992).

Fig. 3 - Sezioni rappresentative geologico strutturali

In base alla geometria a ventaglio embricato, è ipotizzabile un'età più antica per la Linea della Valsugana, a nord rispetto alle strutture più a sud. Attualmente il raccorciamento misurabile tramite GPS è dell'ordine di circa 2mm/anno, con una velocità di circa 2 km ogni milione di anni, compatibile con un raccorciamento di circa 20 km per gli ultimi 10 milioni di anni.

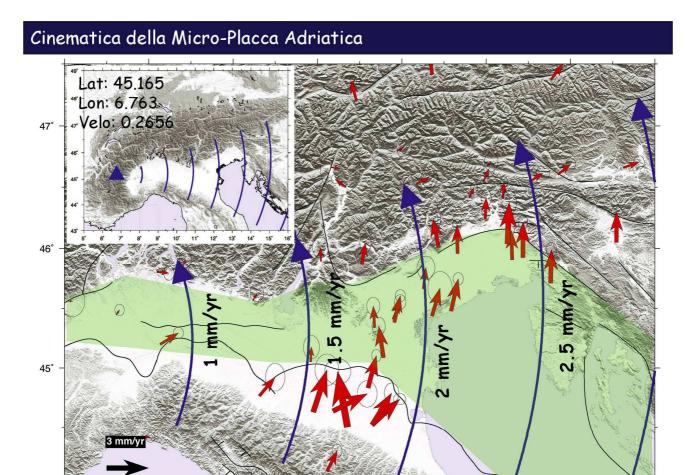


Fig. 4 - Cinematica (velocità di spostamento) della micro-placca Adriatica (E. Serpelloni –2008)

14°

### Accumulo di Deformazione Attraverso le Alpi Meridionali

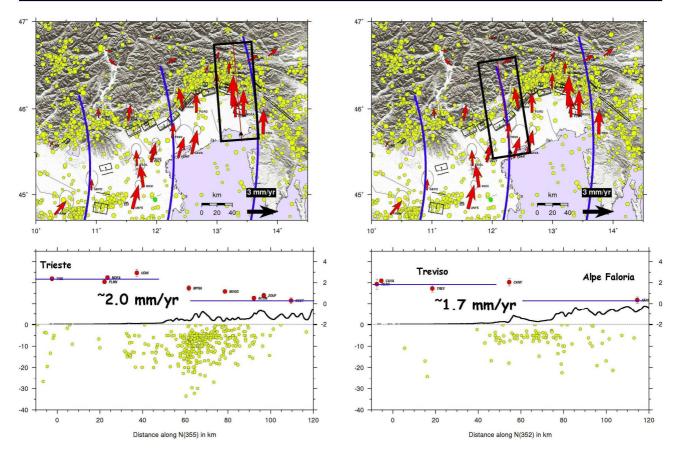


Fig. 5 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

L'area feltrina è caratterizzata da due pieghe anticlinali (Coppolo-Pelf e Grappa-Visentin) e la sinclinale di Belluno, sviluppate in direzione ENE. Questi elememti sono l'espressione più superficiale dei movimenti compressivi avvenuti lungo la "Linea della Valsugana", "Linea di Belluno", e la "Linea Bassano-Vittorio Veneto". Si evidenzia che, muovendosi da ovest ad est a scala regionale, dalla valle del Cismon verso la valle Agordina, la distanza tra la "Linea della Valsugana" e quella di "Belluno" aumenta, come aumentano il rigetto lungo la "Linea di Belluno" e la lunghezza del fianco frontale dell'anticlinale al tetto.

Il grande elemento strutturale a scala regionale, presente a nord dell'area di studio, è rappresentato dalla "Linea della Valsugana" Si tratta di un sovrascorrimento il cui tetto è costituito dal basamento ercinico che si sovrappone a formazioni mesozoiche e terziarie. La Linea della Valsugana prende origine nei pressi di Trento (Caldonazzo) e procedendo verso est, con una direzione circa ENE, in

corrispondenza della val di Zoldo si biforca in due rami principali: uno verso la valle del Vajont, l'altro verso il Cadore. Il sovrascorrimento SE-vergente della "Linea della Valsugana" ha direzione E e un'inclinazione media di 30-40 gradi, localmente possono raggiungere anche inclinazioni maggiori (50-70 gradi).

La "Linea di Belluno" è un sovrascorrimento che si diparte da una ramificazione della "Linea Valsugana" nei pressi di Castel Tesino, ed ha un'estensione regionale, sviluppandosi sino ad Osoppo, percorrendo longitudinalmente il versante Nord del vallone Bellunese e passando per il monte Cavallo. Si tratta di un sovrascorrimento S-vergente con bassi angoli d'inclinazione (20-30 gradi) nella copertura sedimentaria. Un affioramento interessante è sul monte Pafagai, dove la parte culminante è costituita da cataclasite di Calcari Grigi e Dolomia Princiapale a diretto contatto col Biancone. Verso est, in località Vignaghe, è presente, inoltre, una faglia che raggiunge forcella S. Mauro interpretata come una diramazione della Linea di Belluno, che viene invece ipotizzata passante a monte degli abitati di Lasen e Arson. Associata alla Linea di Belluno c'è l'anticlinale del Coppolo – Pelf che dal M. Silana passando per il Coppolo, Vallazza, Vette Piccole raggiunge l'area a nord di Belluno e il Friuli.

Importanti dislocazioni trasversali all'asse della flessura si riconoscono sempre con orientazione NNW – SSE, sul versante occidentale del M. Pafagai in prosecuzione della faglia di Lamen – Stalle alla Fornace e sulla forcella del S. Mauro dove è evidenziata dalla presenza di una fascia di cataclasiti che separa un settore dolomitizzato ad occidente da uno orientale calcareo.

Tra il M. Pafagai ed il Dosso Perazze è riconoscibile un allineamento NNE – SSW, probabile prosecuzione della faglia di Facen, come sembrano indicare le cataclasiti di Stalle alla Fornace, importante zona di intersezione di più sistemi di faglie. In particolare la "Linea di Facen" (segmento NE-SW della Linea di Tezze), al tetto della linea di Belluno interessa la cresta a nord del M. Pafagai (val Fallonega) e la zona tra Ramezza e forcella Scarnia.

Altro elemento strutturale importante dell'area di studio è rappresentato dalla Sinclinale di Belluno. Si tratta di una sinclinale molto asimmetrica, con fianco nord raddrizzato, mentre quello meridionale si eleva con debole pendenze. Essa longitudinalmente presenta alcune culminazioni assiali che finiscono per isolare piccole sinclinali chiuse come ne caso di Vignai-Altin.

Il nucleo della sinclinale è costituito da sedimenti di età langhiana (Complesso arenaceo marnoso di Vignui) che rappresentano i terreni più recenti di tutta la Sinclinale di Belluno. Come riportato da Miglioranza (1981), il fatto che la "Glauconia

di Altin" affiorante anche nella zona di S. Gregorio, più ad est, non sia correlabile con la Glauconia di Belluno, ma sia ad essa sovrastante di circa 200 metri, dimostra che l'asse della sinclinale risulta molto più spostato verso il suo fianco settentrionale di raccordo con l'anticlinale M. Coppolo – M. Pelf.

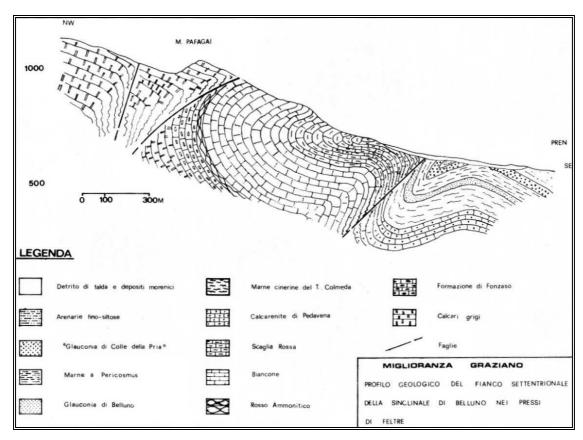


Fig. 6 - Traccia di profilo geologico M. Pafagai-Pren (da rel geol. PAT Feltre)

Vicariante a questa linea di disturbo tettonico è una faglia praticamente parallela che determina un ulteriore accavallamento di scaglie di Calcari Grigi sul Biancone (M. Pafagai e Solforino).

Più a sud il piede della flessura M. Coppolo – M. Pelf è attraversato da un'altra faglia (faglia di Lamen – Lasen), sempre ad andamento WSW - ENE con piano debolmente inclinato evidenziato da un rapido passaggio in un intervallo non affiorante da termini appartenenti alla Scaglia Rossa a Siltiti marnose di età burdigaliana.

La sinclinale di Belluno è attraversata da un altro sistema di faglie a prevalente rigetto orizzontale. Quelle più importanti sono la **faglia** che attraversa il versante occidentale del M. Pafagai **tra Lamen e Stalle alla Fornace** e quella di **Cart – Lasen** evidente sia lungo il Vallone che a nord di Lasen.

La "Linea di Tezze" è un sovrascorrimento del fascio Valsuganese che presenta delle caratteristiche evidenti nel tratto tra Tezze Valsugana e Fonzaso, ma poi si confonde tra Arten, Pedavena e Soranzen, dove confluisce nella linea di Belluno. Essa ha un andamento SO-NE. In mancanza di diretti affioramenti si presume che prenda una direzione NNE con assetto verticale alle pendici del monte Avena, aggirando il monte Aurin; ciò è suffragato anche dalla presenza di Scaglia Rossa intensamente fratturata presso S. Lucia, e del contatto tettonico su strati verticali nella direttrice tra Mugnai e la valle di Font. Nella zona di Pedavena, Lamen e Norcen, data la forte copertura, non si riesce a determinare l'andamento e la continuazione della stessa faglia, che viene ipoteticamente ad assumere l'andamento valsuganese.

Il **Graben di Seren**, struttura NNE-SSO che caratterizza la Val di Seren tra l'omonimo paese e Cima Grappa, è ritenuto influenzare l'andamento della "Linea di Tezze" tra Arten e Lamen, ed avere una sua espressione anche nella zona del M. Pafagai-m. San Mauro.

La "Linea di Schievenin" è una linea che con andamento SSO-NNE caratterizza la parte orientale del Massiccio del Grappa, ed ha una componente transpressiva con un rigetto verticale non inferiore agli 800 metri.

#### 3. Considerazioni sulla sismicità del territorio

Con la nuova normativa sismica, per definire l'azione sismica di progetto, si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In caso alternativa si può utilizzare la classificazione dei terreni presente nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" (dm 14.01.2008), basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs entro 30 metri di profondità. Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi.

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito. Nella espressione dello spetto di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in

funzione alla velocità delle onde di taglio Vs nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

Con l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi (Vs > 800 m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Feltre, in zona "2", riferita a suoli molto rigidi (Vs>800m/s) varia da 0,225g a 0.150g.

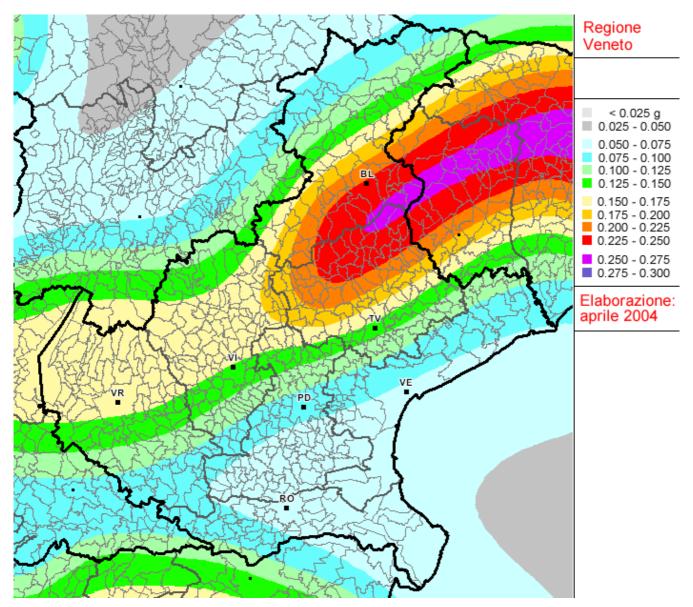


 Fig. 7 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi (Vs > 800 m/sec)

Nel 2004 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04) da parte di INGV; dall'analisi di questo catalogo possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre e con magnitudo Maw ≥ 5 (v. fig. 10) sono i seguenti:

- anno 1404 nel Bellunese con Maw=5.17;
- anno 1695 nell'Asolano con Maw=6.61;
- anno 1836 nel Bassanese con Maw=5.48;
- anno 1860 nel Valdobbiadenese con Maw=5.17;
- anno 1873 nel Bellunese con Maw=5.03;
- anno 1887 nell'Asolano con Maw=5.17;
- anno 1894 nella zona di Fonzaso con Maw=5.03;
- anno 1895 nel Valdobbiadenese con Maw=5.06;
- anno 1900 nel Valdobbiadenese con Maw=5.22;
- anno 1943 nel Valdobbiadenese con Maw=5.18.

Quello con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 25.02.1695 nell'asolano (lat. 45°48', long. 11°57' poco a Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo Maw=6.61.

Nella fig. 8 allegata sono indicati tutti i terremoti, presenti nel catalogo CPTI 04, avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre, con magnitudo da 3.92 ≤ Maw ≥ 5. La legenda della figura n. 8 è la seguente:

- **N** numero progressivo dei terremoti presenti nel catalogo CPTI04;
- **Tr** tipi di informazione che è alla base dei parametri;
- Tempo origine (Anno, Me, Gi, Or, Mi, Se) data in cui è avvenuto il sisma;
- **AE** denominazione dell'area dei massimi effetti:
- **Rt** codice dell'elaborato di riferimento;
- **Np** numero dei punti di intensità;
- **Imax** intensità massima;
- **lo** intensità epicentrale
- Lat, Long coordinate in gradi sessadecimali del luogo dell'epicentro;
- Magnitudo sono state indicate tre alternative di magnitudo: Maw con errore Daw e tipologia di stima TW, Mas (calcolata sulle onde superficiali) con errore Das e tipologia di stima TS, e infine Msp (da utilizzare nella relazione di attenuazione di Sabetta Pugliese) con errore Msp e tipologia di stima Dsp.

- **ZS9** è la zona sorgente cui l'evento è associato, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, descritta nell'appendice 2 del rapporto conclusivo.

rea	cir	colar	e c	con	ce	ntr	o C	(46.018, 11.91) e raggio 3	0 km																
	27	SH		28			10	8/27	3233	2628	(E)(E)	727	3555			227		8 :		128	10121		12	027230	
		Anno			Or		Se		Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat		TL		Daw							
		1392			200	30		BELLUNO	OGS87			60		46.133				0.26		0.39		4.53			
		1401						SEDICO	POS85			60		46.133				0.26		0.39		4.53			
		1404		1				BELLUNO	POS85			70			12.167			0.30		0.45		4.99			
3.75.000	32	1406	50	7.70	7335			BELLUNO	OGS87			55		46.133	Language Control		200	0.13		0.20		4.25		A 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17	100
		1411	7	1	6			BELLUNO	OGS87			55		46.133				0.13		0.20		4.25			
100	CP	1690	5	4				BELLUNO	OGS87			60		46.133	12.217		4.83	0.26	4.30	0.39		4.53	0000 - 5740V	10000	
115	DI	1695	2	25	5	30		Asolano	CFTI	82	100	95	M	45.8	11.95	A	6.61	0.11	6.61	0.11		6.61	0.11	905	(
313	DI	1836	6	12	2	30		BASSANO	DOM	26	80	75		45.807	11.823	A	5.48	0.13	5.26	0.19		5.42	0.18	906	1
909	CP	1857	3	10	3			PIEVE DI SOLIGO	POS85			55		45.9	12.1		4.63	0.13	4.00	0.20		4.25	0.19	905	1
918	DI	1859	1	20	7	55		COLLALTO	DOM	36	70	65		45.893	12.103	A	4.97	0.16	4.50	0.24		4.71	0.22	905	1
22	CP	1859	9	29	8	30		BELLUNO	POS85			55		46.133	12.217		4.63	0.13	4.00	0.20		4.25	0.19	905	133
24	CP	1860	7	19	15	38		VALDOBBIADENE	POS85			70		45.9	12.05		5.17	0.30	4.80	0.45		4.99	0.42	905	- 17
28	CP	1861	5	19	19	45		CASTELFRANCO	POSSS			65		45.75	11.917		5.03	0.33	4.60	0.49		4.80	0.45	905	
89	CP	1873	11	6	8	30		BELLUNO	POS85			65		46.133	12.217		5.03	0.33	4.60	0.49		4.80	0.45	905	
02	CP	1875	10	24	20	13		BELLUNO	POS85			60		46.133	12.217		4.83	0.26	4.30	0.39		4.53	0.36	905	
		1885						COL VISENTIN	POS85			60			12.283			0.26		0.39		4.53			
30	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POSSS			70			11.917			0.30		0.45		4.99			
		1894			1000	8077-00	1:00	FONZASO	DOM	11	65	65			11.821	A				0.49		4.80			
		1895			1	47		VALDOBBIADENE	DOM	73	65	65			12.073		5.06			0.22		4.84			
							52	MONTEBELLUNA	POS85		-	60		45.817	DECEMBER OF THE PARTY OF THE PA	-		0.26		0.39		4.53	300	1000	
		1900	1.00	1000		55	-	VALDOBBIADENE	DOM	99	65	60			12.067	2				0.15		5.06	177		
				12				ASOLO	POS85		-	55			11.917	-		0.09		0.13		4.73	100000000000000000000000000000000000000		
		1921			-	25		ASOLO	DOM		40	40			11.768	7.				0.21		4.52			
					10		20	FELTRE	POS85		40	60		46				0.15		0.22		4.46			
		1925	7			48		SEDICO	POS85			55		46.133	12.2			0.09		0.13		4.39			
1.020	77.	1937			379	30	ಾ	BELLUNO	POS85			60			12.217			0.26		0.39		4.53			
1000	37.53	2.7070							500000000000000000000000000000000000000			1000													
7000	ALC:	1940	137	1000	733	15		FONZASO	POS85	172	12/2	60		46.033	11.8	1 2	15000000	0.26		0.39		4.53	1.00	CHEST	
				24		44		VALDOBBIADENE	DOM	29	70	65			11.884	A				0.13		5.01			
91	CP	1943	11	15	8	30		FONZASO	POS85			60		46.017	11.8		4.83	0.26	4.30	0.39		4.53	0.36	906	

Fig. 8 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre, con magnitudo da 3.92 ≤ Maw ≥ 5 (dal catalogo CPTI04

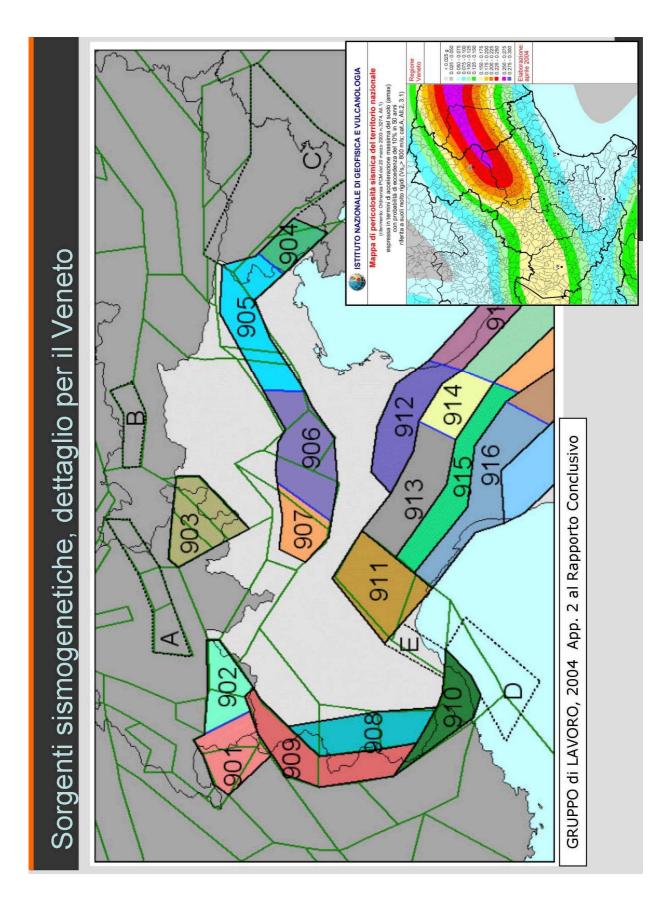


Fig. 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

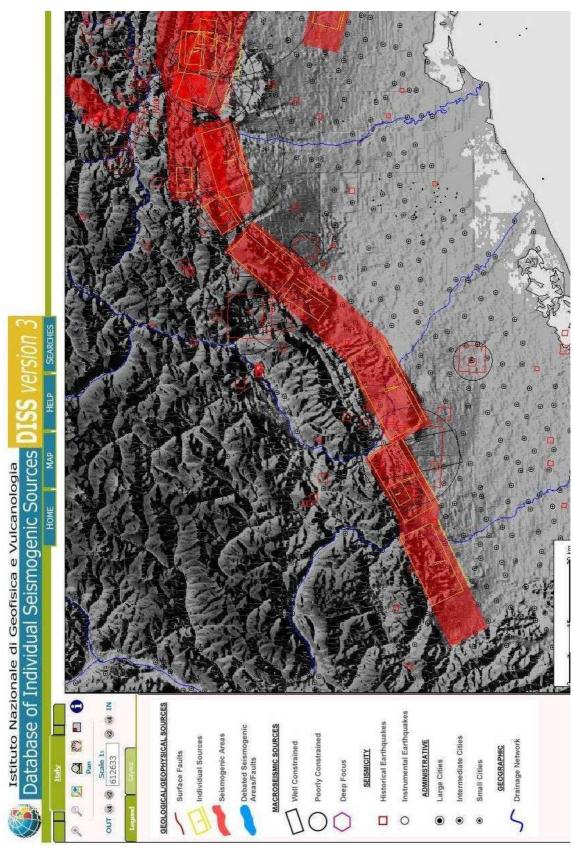


Fig. 10 - Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale inserite nel DISS v.3 (Buratto e altri 2008)

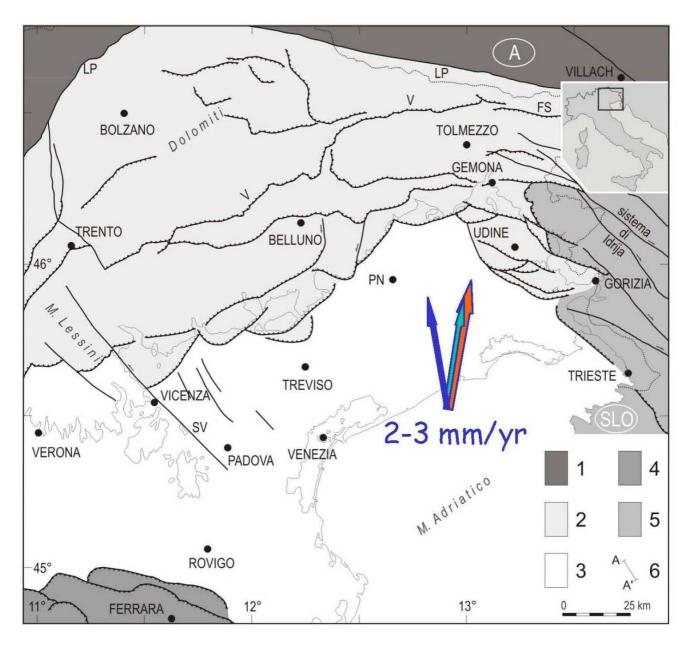


Fig. 11 - Schema strutturale delle Alpi meridionali ( da M.E. Poli 2008)

Negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Rapporto finale" (2008 – Conferenza Stato e Regioni), al cap. 3.1.4 "Fagliazione di superficie" si afferma che per fagliazione di superficie si intende la dislocazione istantanea (cosismica) verticale e/o orizzontale dei terreni di fondazione lungo uno o più piani di taglio. Tale dislocazione deve essere conducibile ad un intervallo temporale relativo agli <u>ultimi</u> 40.000 anni, periodo per il quale una faglia può essere considerata verosimilmente attiva in Italia".

Verso la fine degli anni '90 sono iniziate delle ricerche geologico-strutturali, sul fronte pliocenico (7-1.5 milioni di anni fa) - quaternario (1.5 milioni all'attuale) nell'Italia Nord Orientale e sul suo potenziale sismogenetico; con tale studio sono stati ridefiniti

l'architettura del fronte sepolto della pianura friulano-veneta, lo schema dei rapporti fra i sovrasorrimenti paleocenici dinarici WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell'evoluzione miocenica superiore-quaternaria dell'area. Lo schema strutturale aggiornato del fronte pliocenico-quaternario (v. fig. 11) evidenzia la segmentazione del fronte stesso in un sistema di "thrust" arcuati, in massima parte ciechi e spesso caratterizzati da rampe oblique, mediante le quali un "thrust" si accavalla lateralmente su un altro. Analisi morfotettoniche e neotettoniche applicate a tali strutture hanno permesso in vari casi di datarne l'attività e di definirne la cinematica quaternaria.

In figura n. 10 è rappresentato lo schema dei segmenti ritenuti attivi, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del trevigiano Nord-occidentale e il feltrino, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche:

- ITGG101 (Montello) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata all'area sismogenetica ITSA060 Montebelluna Montereale:
- ITGG113 (Monte Grappa) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda;
- ITGG102 (Bassano-Cornuda) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda.

Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo. In base alla cartografia ZS9 (v. fig. 9). Le aree del trevigiano settentrionale e del feltrino possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sudvergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo M>6, e racchiude un'area in cui la frequenza di eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con M>6), che, in base ai dati attualmente disponibili, è definita come "silente" (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa). La zona 906 interessa l'area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

Nella Fig. 12 sono indicate le faglie capaci, nell'area del Feltrino, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato al Settembre 2008; sono state inserite le seguenti lineazioni principali: S. Gottardo-Mt. Agaro (faglia di Belluno), Facen, Monte Grappa- Col dell'Orso, Montebelluna, Schievenin, Vas e Nervesa.

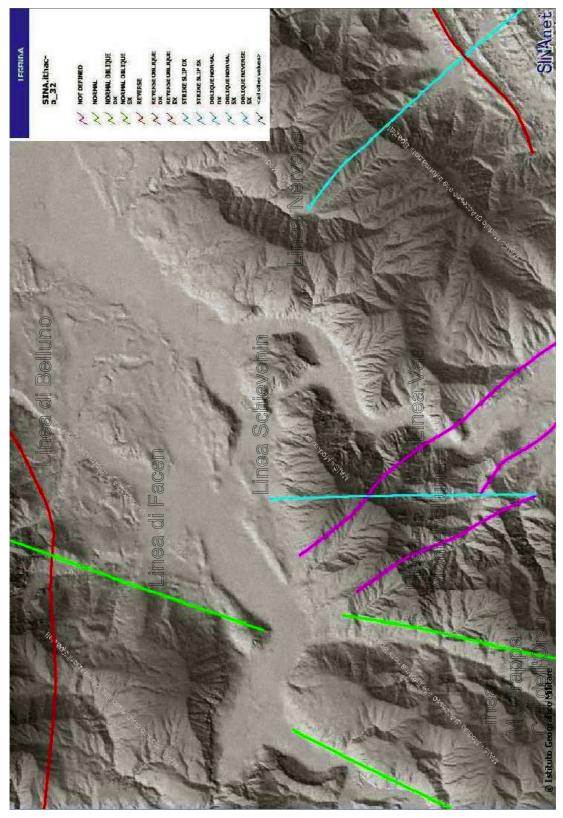
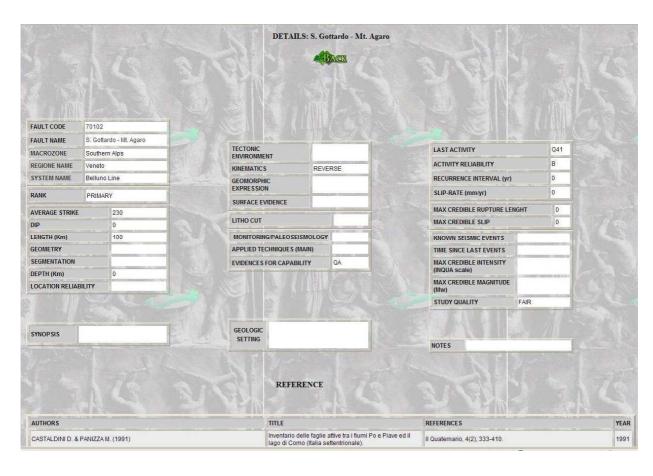
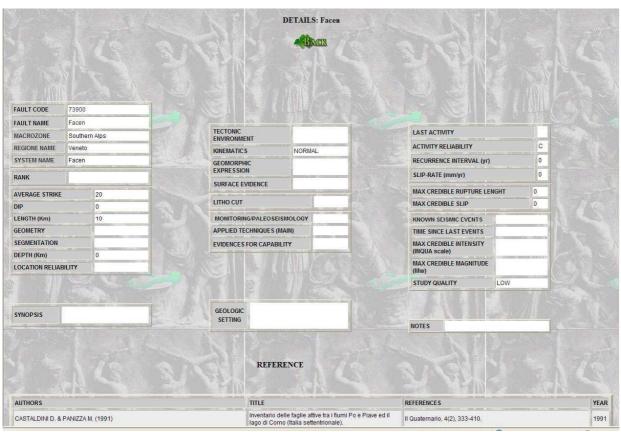
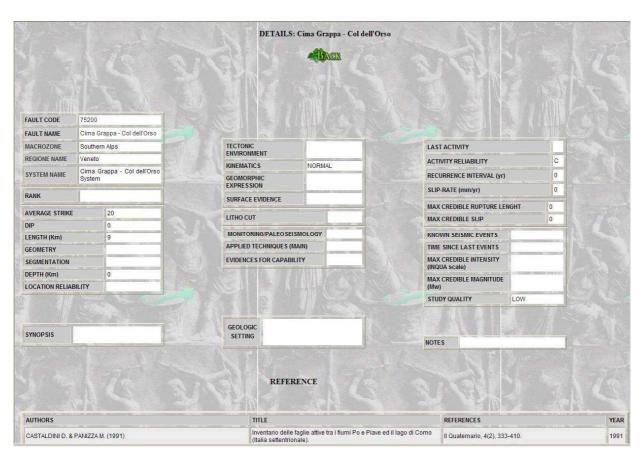
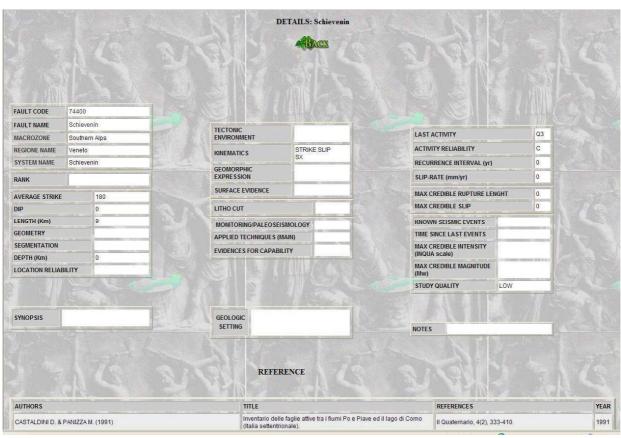


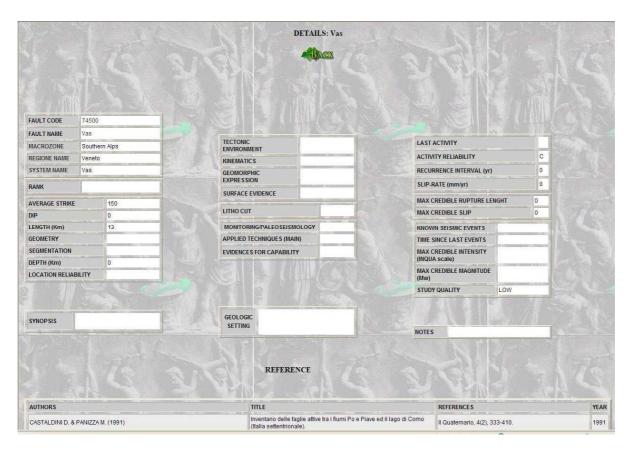
Fig. 12 - Faglie capaci nell'area Feltrina dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults)

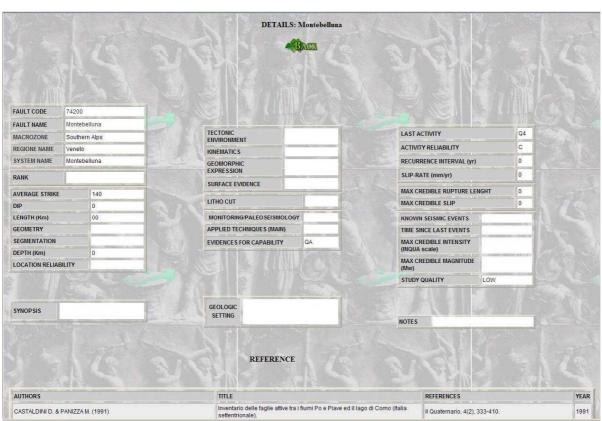












				D	ETAILS: Ner	vesa				
					BACIS		167			
			34 A.							
FAULT CODE	72500									
FAULT NAME Nervesa										
MACROZONE Southern Alps		5	TECTO	ONIC ONMENT	L	AST ACTIVITY				
REGIONE NAME	Veneto		VINEM	ATICS	STRIKE SLIP	A	CTIVITY RELIABILITY		c	
SYSTEM NAME	Nervesa			KINEMATICS		R	ECURRENCE INTERVAL (yr)	0		
ANK SUBORDINATE		TE		IORPHIC ESSION		s	LIP-RATE (mm/yr)	0		
AVERAGE STRIKE	E 140		SURFA	CE EVIDENCE		N. I	MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT		0	
DIP	0		LITHO CUT			I N	AX CREDIBLE SLIP		0	
ENGTH (Km)	30			MONITORING/PALEO SEISMOLOGY		K	NOWN SEISMIC EVENTS			
GEOMETRY				APPLIED TECHNIQUES (MAIN)			TIME SINCE LAST EVENTS			
SEGMENTATION				EVIDENCES FOR CAPABILITY			MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)		Maria Maria	
DEPTH (Km) LOCATION RELIAE	0 BILITY				A A P	N	IAX CREDIBLE MAGNITUDE			
							IW) TUDY QUALITY	LOW		
							TODY QUALITY	LOW		
SYNOPSIS			GEOL				DTES	PART S		
						The state of the s	JIE3	4		
				REFERI	ENCE					
AUTHORS	CIR.	Mary San B	34 34	TITLE			REFERENCES	STALL STALL	RefaC	YE
DECOMPOSITION OF THE LA	DANU77A M /40	04)		Description of the last of the	faglie attive tra i f	umi Po e Piave ed il lago di Com		222 440	CHARLES THE	
CASTALDINI D. &	FANIZZA M. (19	91)		(Italia settentrio			Il Quaternario, 4(2), 3	533-410.		19

Una prima analisi sulla presenza di "faglie attive" nel territorio Feltrino, può essere effettuato da dati bibliografici, attraverso i tabulati sopra allegati, presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults):

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' CHE LA FAGLIA SI RIATTIVI IN FUTURO
San Gottardo –Mt. Agaro	Q41 – Ultima glaciazione (9-15.000 anni fa)	В
Facen	/	С
Cima Grappa – Col dell'Orso	/	С
Schievenin	Q3 -Tardo Pleistocene	С
Vas	/	С
Montebelluna	Q4 - Olocene	С
Nervesa	/	С

Si sottolinea che l'individuazione delle faglie attive e capaci è di fondamentale importanza. Per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo dalle datazioni radiometriche). Una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno;

l'andamento di questa rottura in superficie è la superficie della faglia (v. cap. 3.1.4 "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni).

#### 4. Elementi geologici in prospettiva sismica

Per la redazione della carta degli "<u>Elementi geologici in prospettiva sismica</u>" si è proceduto a un rilievo di dettaglio di campagna e inoltre si è fatto riferimento alla Carta Litologica, Geomorfologica e Idrogeologica allegata al PAT.

Sono stati individuati i seguenti elementi geologici:

- "Rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere" sono costituite dalle "Marne cinerine a orizzonti bioclastici del T. Colmeda" (Eocene p.p.).

Questa formazione è costituita da marne argillose cinerine fogliettate con intercalazioni di arenarie grigio – rossastre ad abbondante biotite e da calcareniti bioclastiche in noduli e lenti. Il limite inferiore è netto: si passa bruscamente dai calcari bioclastici della formazione sottostante alle marne cinerine fogliettate. Anche il limite con la Glauconia di Belluno è facilmente individuabile in corrispondenza di un marcato contatto erosivo tra le marne debolmente arenacee e le soprastanti arenarie medio – fini molto glauiconitiche. Il contenuto paleontologico della frazione marnosa è rappresentato da foraminiferi, soprattutto platonici a testimonianza delle condizioni deposizionali pelagiche e di piattaforma esterna. Nelle intercalazioni bioclastiche sono frequenti i macroforaminiferidei generi Nummulites ed Alveolina e resti di alghe in associazione di aree di mare basso poste ad occidente suul'alto fondo trentino. La potenza di queste marne è ci circa 300 metri, l'età risale all'Eocene medio – superiore (Grandesso 1976).

- "Rocce tenere a prevalente coesione" sono costituite dalle "Marne a Pericosmus" del Cattiano, dalle "Marne e siltiti arenacee" del Brurdigaliano, e dalle "Marne siltose finemente arenacee" di età Langhiana.

Le "Marne a Pericosmus" sono costituite da marne argillose grigio – cenerine molto micacee con intercalazione di calcareniti e arenarie più o meno glauconitiche. Inferiormente e superiormente la granulometria è leggermente più

grossolana e più micacea con presenza più o meno abbondante di glauconite. Il tutto sembra concordante al letto con la Glauconia di Belluno e la tetto con il Complesso arenaceo glauconitico del Colle della Croce. Le frazioni più grossolane contengono la maggior quantità di fossili, soprattutto pettinidi e lamellibranchi, squame e denti di pesci, coralli ed echinidi. La potenza complessiva è valutabile intorno ai 45 – 50 metri ed un'età compresa tra il Cattivano p.p. e l'Aquitaniano p.p.

La parte inferiore della seconda formazione "Marne e Siltiti arenacee", è costituita da marne siltose fogliettate, debolmente arenacee ad abbondante mica, di colore grigio o verdastro e spesso ricoperte da una patina giallo – rossastra di ossidazione. Verso l'alto la loro granulometia diventa leggermente più grossolana sfumando a siltiti arenacee o ad arenarie fini localmente glauconitiche, per poi ritornare a tratti marnose. Sono concordanti al letto con la "Glauconia del Colle della Croce" e al tetto con arenarie grigie massicce a resti vegetali fluitati. La formazione è facilmente erodibile e se imbevuta d'acqua ha un comportamento plastico con alta predisposizione alla franosità; essa ha una grande estensione orizzontale; è infatti presente con caratteristiche litologiche analoghe in tutta la sinclinale di Belluno e in Alpago dove è indicata come Marna di Boiago. I fossili sono abbondanti nella parte inferiore e nei livelli più arenacei verso la sommità. La potenza rilevata nei dintorni di Feltre è di circa 120 – 130 metri e la sedimentazione di queste marne e siltiti arenacee è avvenuta durante il Burdigaliano.

Le "marne siltose finemente arenacee" sono di colore variabile tra il grigio verde alla base e il grigio cenerino verso la sommità. Hanno un elevato contenuto di muscovite e di fossili, non presentano alcuna stratificazione eccetto che nella parte mediana, più argillosa, dove risultano particolarmente fogliettate. Si sono depositate sopra la Glauconia di Altin dalla quale fanno passaggio in modo rapido ma graduale. Verso l'alto il contenuto fossilifero diminuisce e parallelamente si passa a siltiti marnose finemente arenacee su cui poggiano le calcareniti micacee grigio giallastre del "Sass Mort".I fossili sono rappresentati da lamellibranchi e in minor misura da gasteropodi e coralli. L'età di questa formazione è langhiana.

- "Rocce tenere a prevalente attrito interno" sono costituite dalla "Glauconia di Belluno" (Oligocene sup., Cattiano), dal "Complesso arenaceo glauconitico del

Colle della Croce" (Aquitaniano – Burdigaliano inf.), dalla "Arenaria di Altin" (Burdigaliano) e dalla "Glauconia di Altin" (Langhiano).

La prima formazione è costituita un conglomerato trasgressivo fortemente glauconitico e rappresenta un orizzonte guida nell'ambito del Bacino Bellunese. E' costituito da arenarie da medio – fini a grossolane, ricchissime in glauconite, con frequenti ciottoli guarzosi e selciferi, abbastanza arrotondati e zeppe soprattutto nella parte inferiore di macrofossili. La Glauconia di Belluno corrisponde al livello più antico della sucessione molassica bellunese ed è rappresentata da un bancone potente circa 5 metri, di colore verde scuro. Talora il banco glauconitico poggia con un contatto irregolare su di un banchetto calcarenitico a Nullipore, moloto bioturbato. La formazione è limitata inferiormente dal Flysch di Belluno ad oriente e dalle Marne cinerine del T. Col Meda ad occidente. Superiormente si passa gradualmente, in continuità di sedimentazione alle marne con intercalazioni arenacee più o meno glauconitiche. Il contenuto fossilifero è assai abbondante e vario ed è rappresentato soprattutto da lamellibranchi e subordinatamente da gasteropodi, echinidi squame e denti di pesce e resti di altri vertebrati. L'età di tale formazione è Oligocenica superiore (Cattiano).

La seconda formazione "Complesso arenaceo glauconitico del Colle della Croce" è rappresentata quasi totalmente da arenarie fini micacee passanti al letto e al tetto ad arenarie medio – fini fortemente glauconitiche. La Glauconia alla base indica come la "Glauconia del Colle della Pria" sia costituito da un unico bancone di circa 3 metri depositatosi in apparente concordanza sopra il livello marnoso della formazione sottostante. Verso l'alto si passa, attraverso alternanze di siltiti debolmente glauconitiche ed arenarie fini molto micacee e poco fossilifere a due banconi glauconitici ravvicinati denominati entrambi "Glauconia del Colle della Croce". Il bancone sommatale presenta numerosi ciottoli quarzosi e selciferi di dimensioni centimetriche. Il tetto della formazione sembra concordante con le marne siltose soprastanti. I macrofossili sono presenti quasi esclusivamente nei livelli glauconitici dove sono rappresentati da lamellibranchi, coralli, scafopodi, resti vegetali fluitati di dimensioni anche decimetriche. La potenza complessiva di questo intervallo è di circa 35 metri, mentre la sedimentazione è avvenuta durante l'Aquitaniano e l'inizio del Burdigaliano.

La terza formazione (*Arenaria di Altin*) è costituita da arenarie fini e medio – fini color grigio cenere, molto micacee e massicce, con frequenti tracce di bioturbazione che non presentano una evidente stratificazione. Sono concordanti al letto con le marne e siltiti arenacee della formazione sottostante e al tetto con la Glauconia di Altin. Il contenuto fossilifero è limitatoa resti vegetali di dimensioni anche decimetriche. Tale formazione potente circa 11 metri si è depositata durante il Burdigaliano superiore.

La quarta formazione (*Glauconia di Altin*) corrisponde ad un bancone massiccio, potente circa 6 metri, di arenarie medio – fini molto glauconitiche e micacee a rari ciottoli quarzosi contenenti una discreta frazione carbonatica. Verso la sommità passa gradualmente, con progressiva diminuzione di glauconite, a siltiti marnose finemente micacee. E' molto compatta e resistente ai processi di alterazione meteorica tanto da formare con la sottostante Arenaria di Altin un evidente gradino morfologico che contorna quasi ininterrottamente il rilievo di Altin – Vignui. Il contenuto fossilifero presenta un buon numero di forme soprattutto nella parte inferiore del banco. L'età della Glauconia di Altin è attribuita al Langhiano inferiore.

- "Materiali di accumulo morenico a tessitura prevalentemente limo-argillosa";
  Sono depositi glaciali (till) sono caratterizzati da una tessitura matrix supported (i clasti sono presenti ma sono completamente circondati e avvolti in una matrice limoso argillosa il più delle volte sovraconsolidata), il taglio granulomentrico dei clasti è compreso fra le ghiaie ed i ciottoli mentre la matrice si colloca nell'ambito dei limi argillosi e argilla debolmente limosa con una colorazione grigio brunastra.
  I clasti presenti nel deposito risultano poco alterati (eccezion fatte per quelli calcarenitici), molto arrotondati e alcuni mostrano tipiche striature da trasporto; talvolta si presentano in forma tabulare così detta a "ferro da stiro".
- "Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaioso sabbiosa più o meno addensati". Sono costituiti da eterogeneità litologica e granulometrica e da una disposizione caotica. I ciottoli sono immersi in matrice prevalentemete sabbioso limosa, i blocchi di grandi dimensioni (maggiore a 60 cm) sono rari.
- "Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di deiezione torrentizia, soprattutto ghiaiosi". Sono alluvioni di corsi d'acqua, attuali e non, costituite

prevalentemente da ghiaie e sabbie, spesso stratificate, con rari livelli limosi e con blocchi, poco arrotondati; la matrice è normalmente limoso sabbiosa.

- "Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa". Sono alluvioni recenti costituite prevalentemente da ghiaie e sabbie, spesso stratificate, con rari livelli limosi e con blocchi, poco arrotondati; la matrice è normalmente limoso sabbiosa. Talvolta sono presenti livelli limoso argillosi. La natura litologica dei componenti è estremamente variabile con maggioranza di calcari e dolomie, subordinatamente sono presenti termini arenaceo marnosi.
- "Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa". Sono alluvioni recenti costituite prevalentemente da limi argillosi, spesso stratificate, con rari livelli ghiaioso sabbiosi.
- "Materiali sciolti di accumulo di frana a prevalente matrice fine argillosa": sono accumuli eterogenei di materiali sciolti frana provenienti dai litotipi prevalentemente marnosi.
- "Nicchia di frana di crollo e/o scorrimento": sono forme attive di movimenti franosi complessi ovvero parte di crollo, parte di scorrimento e talvolta anche di scoscendimento.
- "Orlo di scarpata d'erosione o di terrazzo: con altezza tra 5 e 10 metri";
- "Traccia incerta di corso d'acqua e di scaricatore fluvioglaciale estinti";
- "Area di cava in parte ripristinata con terreno di riporto": si tratta di una cava di argilla per laterizi.
- "Faglia certa e/o presunta": è stata riprodotta in cartografia nella posizione indicata nelle tavole del quadro conoscitivo del PAT. Nell'area in esame non si può riscontrare la sua esatta ubicazione in quanto è mascherata dalla copertura alluvionale. In bibliografia non vi sono indicazione sull'attività di questa faglia, i rilievi di campagna non ci forniscono indizi morfotettonici sulla sua attività.

Le analisi allegate al PAT non riportano stratigrafie di sondaggi eseguiti nell'area d'indagine; inoltre nella carta idrogeologica allegata al PAT non sono state indicati i pozzi, le isofreatiche e la soggiacenza della falda dal piano campagna.

#### 5. Indagini in sito

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la normativa prevede il calcolo del parametro Vs<sub>30</sub>, indicando come metodologia di elezione la misura della velocità delle onde di taglio ed in subordine la prova SPT e, nei mezzi coesivi, il valore della *cu*. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

#### $Vs_{30}=30/\Sigma_{i=1.N} h_1/V_1$

dove  $h_1$  e  $V_1$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma<10^{-6}$ ) dello strato *i* esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (Vs) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico. Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie Rayleigh e/o Love (Dorman e Ewing, 1962).

Nel sito in esame sono stati realizzati profili ReMi, di 46m di lunghezza ciascuno.

La caratterizzazione è stata completata con test di Nakamura per la misura della curva di risposta elastica del terreno.

Ambedue le indagini sismiche sono state eseguite ed elaborate da una ditta specializzata.

#### 5.1 Indagine sismica mediante la tecnica a microtremori "ReMi"

#### - Premessa

Le tecniche correntemente usate per la stima della velocità di taglio per caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica sono troppo costose per essere impiegate come indagine di routine negli studi di microzonazione. In particolare esse richiedono l'adozione di sorgenti di elevata energia per essere

significative in ambienti rumorosi, come quelli urbani, o registratori indipendenti da disporre in estesi stendimenti.

La tecnica qui adottata (ReMi = Refraction Microtremor) si basa sulla constatazione che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, fatte con uno stendimento sismico "tradizionale" per rifrazione, possono essere utilizzate, con un opportuno trattamento numerico, per stimare la velocità delle onde di taglio Vs fino a profondità che possono essere superiori a 100 metri con una precisione del 20%. Questa metodologia studiata e sperimentata da J.N. Louie del Seismological Laboratory and Dept. Of Geological Sciences dell'Università del Nevada, si basa su due idee cardine, la prima delle quali è quella che molti sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24 bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz, la seconda è quella che una semplice trasformata bidimensionale (*p-f*) slowness (1/Velocità) – frequenza della registrazione di un rumore di fondo (*microtremor*) è in grado di separare le onde di Rayleigh da altri tipi di onde che compongono il sismogramma rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves). Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremori. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un "array" geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica.

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh. La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Un apposito grafico (spettro di potenza p-f) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo "slowness", che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata, presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di Vs<sub>30</sub> che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati.

#### Modalità operative

La sequenza del processo elaborativo sono i seguenti:

- trasformazione del formato dei dati;
- preprocessing dei dati;
- calcolo della trasformata p-f per ogni record e loro combinazione;
- picking per la costruzione della curva di dispersione;
- calcolo del modello 1D del VSP mediante modellazione diretta della curva di dispersione.

Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopra descritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *ReMi*, aggiornato alla sua ultima versione V.4, e prodotto dalla Optim LLC Reno, Nevada – USA). Operativamente è stato realizzato un stendimento da 46 metri; sono stati utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) ed un acquisitore digitale RAS24 a 24 canali con dinamica a 24 bit.

#### - Analisi delle risultanze

Sono state eseguite n.6 profili nella frazione di Villabruna (R1-6 Villabruna), n. 3 ad Umin (R1-3 Umin), e n. 7 a Foen (R1-7 Foen), in corrispondenza soprattutto delle nuove aree di espansione urbanistica.

Lo scopo era quello di caratterizzare lo spessore dei sedimenti alluvionali dal punto di vista geofisico-sismico e determinare il "bedrock" sismico lungo la valle.

#### Villabruna

Tutti i set di records temporali hanno fornito un dato spettrale di qualità da buona ad accettabile dove appare evidente la struttura del modo fondamentale.

Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs, dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- R1 i primi sei metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=210-230m/s) a più addensati (Vs=300-320m/s). Da circa sei a 14 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=540-560m/s). A profondità superiori a circa 14.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=960-1000m/s).
- R2 i primi sei metri del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=260-330m/s). Da circa sei a 26 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=500-540m/s). A profondità superiori a circa 26.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=1060-1100m/s).
- R3 i primi nove metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=190-210m/s) a più addensati (Vs=310-330m/s). Da circa nove a 53 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=600-640m/s). A profondità superiori a circa 53.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=800-820m/s).
- R4 i primi sei metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=140-230m/s) a più addensati (Vs=340-360m/s). Da circa sei a 31 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=550-580m/s da circa 7 a 20 metri di profondità e con Vs=390-410m/s da circa 20 a 31 metri di profondità). A profondità superiori a circa 31.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=800-830m/s).
- R5 i primi quindici metri del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=240-440m/s). Da circa quindici a 44 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=520-540m/s). A profondità superiori a circa 44.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=840-860m/s).
- **R6** i primi quattro metri del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=310-350m/s). Da circa quattro a 17 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con

Vs=470-530m/s). A profondità superiori a circa 17.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=840-860m/s).

Sulla base di questi dati i valori del parametro  $Vs_{30}$  risultano mediamente superiori a 400m/s, per profondità di incastro fondazione superiori a 1m; in questo caso la **categoria** del sottosuolo di fondazione è la **B** (v. allegati).

## COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 VILLABRUNA - ReMi1

#### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 319 Е Profondità [m] 399 В 1m 2m 420 В -25 3m 449 В Spettro di potenza p-f -35 Vir(1M) V4.0 Vspect C:\dati\+L1HE1\11.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 1, 3 -40 -45 Curve di Dispersione 1100 1000 Dispersione calcolata dispersione misurata Velocità di fase [m/s] 300

Periodo [s]

200

0.05



0.2

0.15

## COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 VILLABRUNA - ReMi2

#### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] 900 Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m **49**8 В Profondità [m] 522 В 1m 2m 549 В -25 3m 573 В Spettro di potenza p-f -35 V4.0 Vspect: C:IdatiV-ELSHET/12.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 1, 2, 4, 5, Frauenov, Hz 34,8 -40 -45 Averaged ReMi Spectral Ratio 0.0 Curve di Dispersione 1100 1000 Dispersione calcolata dispersione misurata Velocità di fase [m/s]

Periodo [s]

300 · 200 · 100 ·

0.05



0.2

0.15

### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione -20 0m 462 В Profondità [m] 481 В 1m 2m 517 В 3m 550 В -40 Spettro di potenza p-f m(IM) V4.0 Vspect: C:\(\dau\text{V=L IHE INI3.sgy} + Step 2, 3, 4, 5 - Frequency, Hz\) -50 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] Nelocità di fase [m/s] Nelocità di fase [m/s] 300

Periodo [s]

200

0.05



0.2

0.15

### Profilo verticale (Vs)

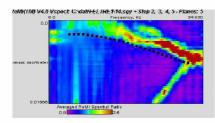
# Vs Refraction Microtremor

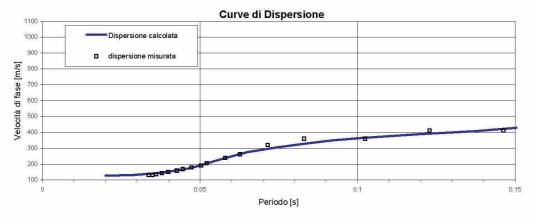
Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	374	В
1m	403	В
2m	440	В
3m	468	B

# 

### Spettro di potenza p-f







## Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s]

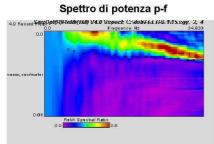
900

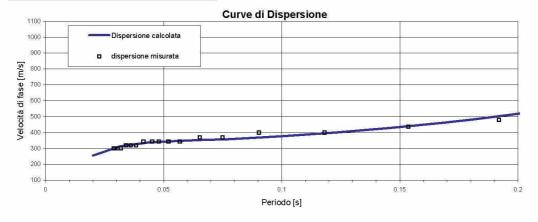
# Vs Refraction Microtremor

Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	425	В
1m	435	В
2m	446	В
3m	452	В

# -10 -15 -15 -20 -25 -35 -35 -35 -35 -50







## Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s]

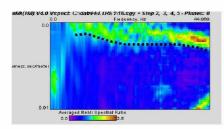
# Vs Refraction Microtremor

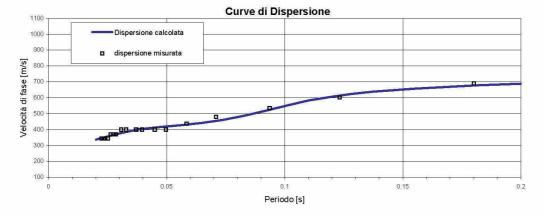
Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	475	В
1m	456	В
2m	465	В
3m	475	В

# 100 200 300 400 500 800 700 800 900 1000 1100 120 -5-10 -10 -20 -30 -30 -40 -45 -50

### Spettro di potenza p-f







### > Umin

Tutti i set di records temporali hanno fornito un dato spettrale di qualità da buona ad accettabile dove appare evidente la struttura del modo fondamentale.

Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs, dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- R1 i primi otto metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=180-200m/s) a più addensati (Vs=310-330m/s). Da circa otto a 13 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=520-560m/s). A profondità superiori a circa 13.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=900-940m/s).
- R2 i primi undici metri del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=280-350m/s). Da circa undici a 26 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=520-560m/s). A profondità superiori a circa 26.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=900-940m/s).
- R3 i primi sei metri circa del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=260-380m/s). Da circa sei a 41 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=420-460m/s). A profondità superiori a circa 41.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=920-940m/s).

Sulla base di questi dati i valori del parametro Vs<sub>30</sub> risultano mediamente superiori a 400m/s in R2 e R3, per profondità di incastro fondazione superiori a 1m, mentre in R1 sono mediamente superiori a 300m/sec. La **categoria** del sottosuolo di fondazione è **B** per R2 e R3, mentre è **E** per R1. (v. allegati).

# COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 UMIN - ReMi1

### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 288 Ε Profondità [m] 301 E 1m 2m 320 E -25 3m 342 E Spettro di potenza p-f -35 -40 -45 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Velocità di fase [m/s] Velocità di fase [m/s] 400 400 300 200 100 0.05 0.15 0.2 Periodo [s]



# COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 UMIN - ReMi2

### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 452 В Profondità [m] 468 В 1m 2m 486 В -25 505 3m В Spettro di potenza p-f -35 -40 -45 Averaged ReMi Spectral Ratio Curve di Dispersione 1100 1000 Dispersione calcolata dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] Nelocità di fase [m/s] Nelocità di fase [m/s]

Periodo [s]

300 -200 -100 -

0.05



0.2

0.15

# COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 UMIN - ReMi3

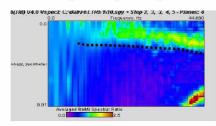
### Profilo verticale (Vs)

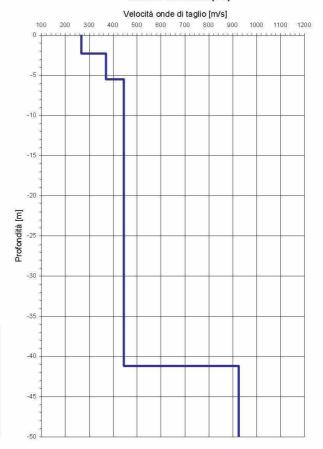
# Vs Refraction Microtremor

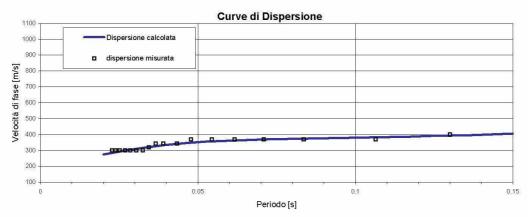
Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	415	В
1m	424	В
2m	433	В
3m	438	В

### Spettro di potenza p-f









### > Foen

Tutti i set di records temporali hanno fornito un dato spettrale di qualità da buona ad accettabile dove appare evidente la struttura del modo fondamentale.

Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs, dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- R1 i primi sette metri del terreno di copertura sono terreni sciolti (Vs=190-230m/s). Da circa sette a 22 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=460-490m/s). A profondità superiori a circa 22.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=820-860m/s).
- R2 i primi due metri del terreno di copertura sono sciolti (Vs=120-180m/s). Da circa due a 21 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=490-500m/s da circa 2 a 10 metri di profondità e con Vs=440-460m/s da circa 10 a 21 metri di profondità). A profondità superiori a circa 21.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=810-830m/s).
- R3 i primi undici metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=140-160m/s) a molto addensati (Vs=500-530m/s). Da circa undici a 25 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=570-600m/s). A profondità superiori a circa 25.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=860-900m/s).
- R4 i primi otto metri del terreno di copertura sono da poco addensati (Vs=240-270m/s) a sciolti (Vs=190-210m/s). Da circa otto a 23 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=450-490m/s). A profondità superiori a circa 24.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=820-860m/s).
- R5 i primi dodici metri del terreno di copertura sono da sciolti (Vs=150-170m/s) a molto addensati (Vs=500-530m/s). Da circa dodici a 35 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=570-600m/s). A profondità superiori a circa 35.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=860-900m/s).
- R6 i primi quattro metri circa del terreno di copertura sono da moderatamente addensati (Vs=340-380m/s) a sciolti (Vs=210-240m/s). A profondità superiori a circa 4.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=820-840m/s), con una leggera

- inversione da circa 13 a 23 metri dal p.c. (Vs=770-790m/s), e a profondità superiori a 23 metri (Vs=880-910m/s).
- R7 i primi tre metri del terreno di copertura sono terreni sciolti (Vs=170-290m/s). Da circa tre a 38 metri vi è la presenza di terreni decisamente più rigidi (alluvioni molto addensate o roccia molto alterata con Vs=510-540m/s). A profondità superiori a circa 38.00 metri, vi è il bedrock sismico (Vs=800-820m/s).

Sulla base di questi dati i valori del parametro Vs<sub>30</sub> risultano mediamente superiori a 400m/s in R1, R2, R3, R4, R5, e R7, per profondità di incastro fondazione superiori a 1m, mentre in R6 sono mediamente superiori a 300m/sec. La **categoria** del sottosuolo di fondazione è **B** per R1,R2,R3,R4, R5, R7, mentre è **E** per R6 con profondità di incastro fondazione di 1m e **A** con profondità di incastro fondazione superiore a 1m. (v. allegati).

### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 388 В Profondità [m] 406 В 1m 2m 425 В 3m 447 В -30 Spettro di potenza p-f -35 N) V4.0 Vspect C:\dan\delta\text{\text{IRET\01.sgy}} + Step 2, 3, 4, 5 \cdot Pa -40 -45 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] 700 600 400 300 200

Periodo [s]

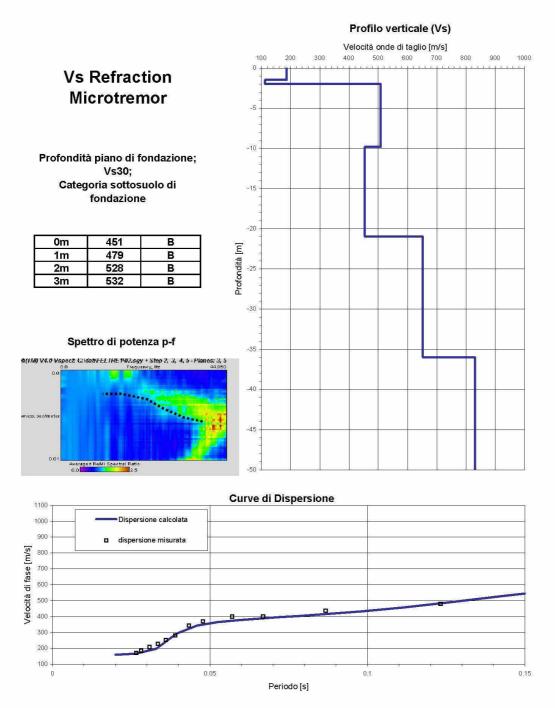
100

0.05



0.2

0.15



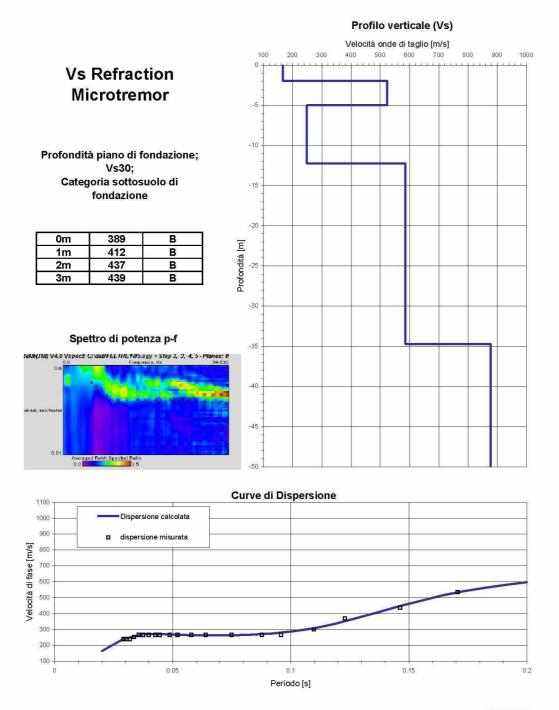


### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 437 В Profondità [m] 1m 475 В 2m 521 В 3m 528 В -30 Spettro di potenza p-f ## V4.0 Vspect C:\data\=LIRE 1\03.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 7, 2, 4, 5 -40 -45 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] 700 600 400 300 200 100 0.05 0.15 0.2 Periodo [s]



### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 395 В Profondità [m] 410 1m В 2m 426 В 3m 443 В Spettro di potenza p-f -35 R(INI) V4.0 Vspect C:\dau\-ELIHET\04.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 0, 3 0.0 Frequency, Hz 44 akm -40 -45 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] 700 600 400 300 200 100 0.05 0.15 0.2 Periodo [s]







### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 Vs Refraction **Microtremor** -5 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione -10 0m 300 E Profondità [m] 1m 285 Е 2m Α 3m Α -20 Spettro di potenza p-f -25 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] 700 600 400 300 200 100 0.05 0.15 0.1 Periodo [s]



### Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] Vs Refraction **Microtremor** -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 446 В Profondità [m] 474 1m В 2m 506 В 3m 544 В -30 Spettro di potenza p-f (IM) V4.0 Vspect CudebV£LINE NO.Lsgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 0, 2, 3 0.0 Figuranov, Hz 34,830 -40 -45 Curve di Dispersione 1100 Dispersione calcolata 1000 dispersione misurata Nelocità di fase [m/s] 700 600 400 300 200 100 0.05 0.15 0.2 Periodo [s]



# 5.2 Indagine sismica passiva con tecnica "HVSR" (Horizontal Vertical Spectra Ratio)

### - Premessa

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio e conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

- 1. Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
- 2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata:
- 3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **As** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come

### SE=Hs/Hb As=Vs/Vb

dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido.

Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da SM come:

### SM= Se/As ↔ SM=HsVb/VsHb

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*.

Il metodo Nakamura per essere preciso necessita di misure ripetute nel corso della giornata per verificare la costanza temporale dei massimi di frequenza e la possibile interferenza con sorgenti vibrazionali antropico industriali che, ovviamente, mostreranno una sensibile variabilità tra le ore diurne e quelle notturne.

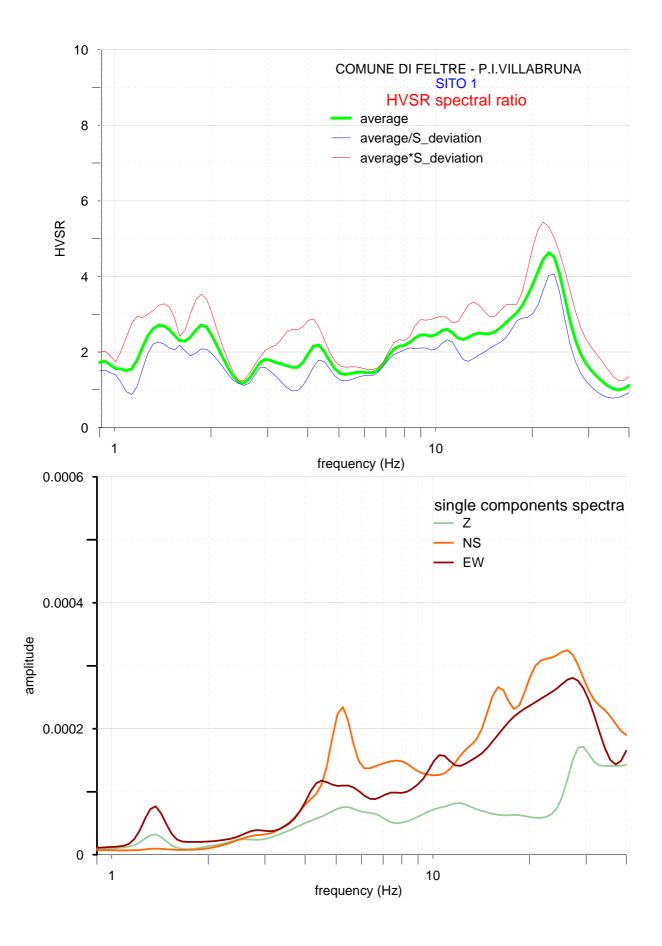
In conclusione questa affermazione implica che una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

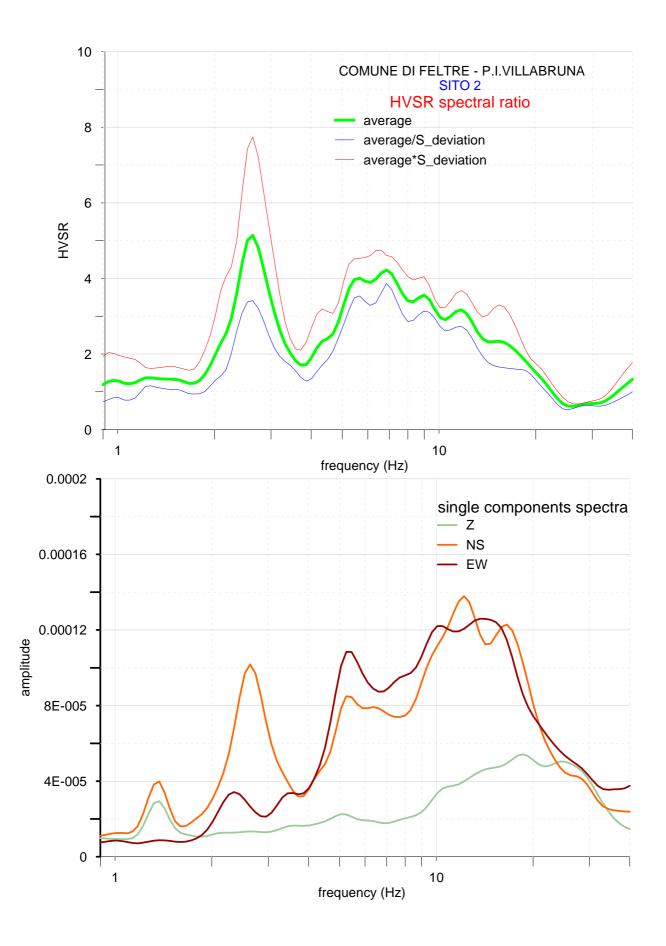
### - Sintesi dei risultati

### > Villabruna

Il test di Nakamura Villabruna 1 ( **N1**) coincide con ReMi Villabruna 6. Il sito è risultato molto disturbato dal traffico veicolare. La curva dei rapporti spettrali mostra un andamento privo di picchi significativi nella fascia di frequenza compresa tra 1 e 10Hz con un solo massimo a 25Hz di scarso significato ai fini sismici.

Il test di Nakamura Villabruna 2 ( **N2**) corrisponde a ReMi Villabruna 5 che presenta un modello di velocità con il bedrock a 44m di profondità. Fortissima somiglianza vi è anche con la curva HVSR di Umin mostrando anche qui un massimo di elevata ampiezza (5) centrato a 2.5Hz. Un altro picco significativo è a 7.3 Hz che corrisponde a un'interfaccia a 14.8 metri, con una Vs media dello strato sovrastante di 434 m/sec.



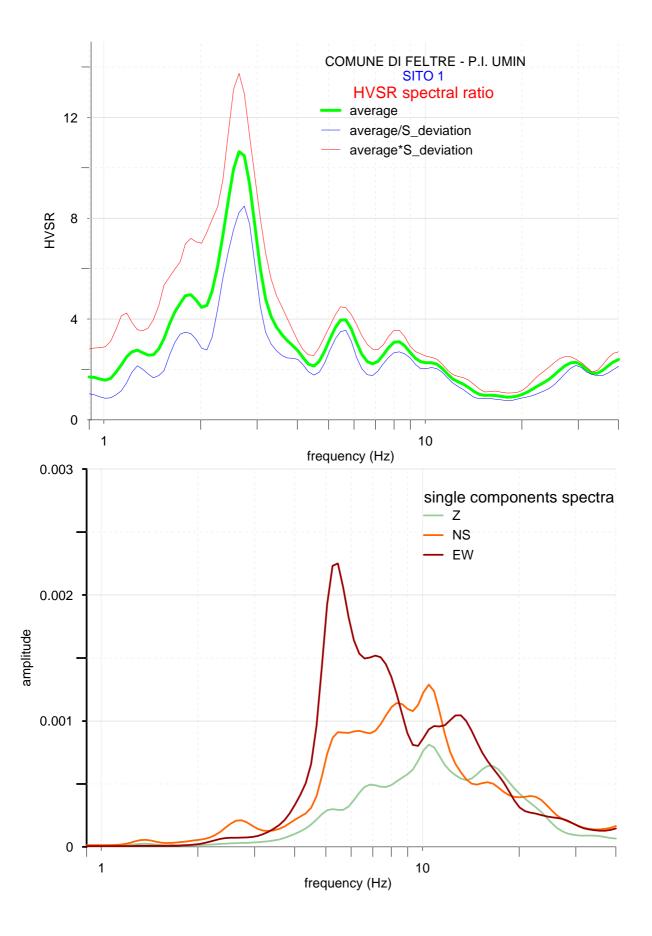


### > Umin

Il test di Nakamura Umin ( N1) è riferito al sito ReMi Umin 3, nella zona di fondovalle, su terreno pianeggiante.

Il profilo di velocità mostra una sequenza relativamente monotona con un grosso pacco di sedimenti con Vs=445m/s che parte da pochi metri di profondità e va fino a 40m dove è stato intercettato il bedrock.

La curva HVSR è caratterizzata da un forte massimo a 2.5Hz di chiara origine naturale con ampiezza paria 10. Esso è verosimilmente prodotto dall'interfaccia posta a 40m. Per verifica è stata risolta la relazione H=Vs/4f adottando una Vs della copertura di 427m/s ottenendo una profondità di 42m in eccellente accordo con il modello delle Vs.



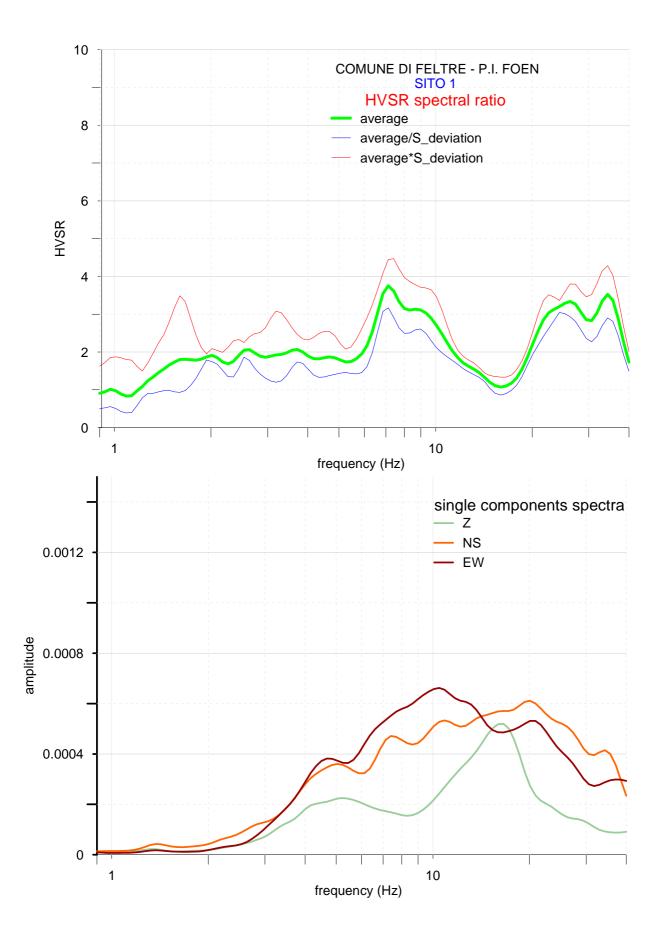
### > Foen

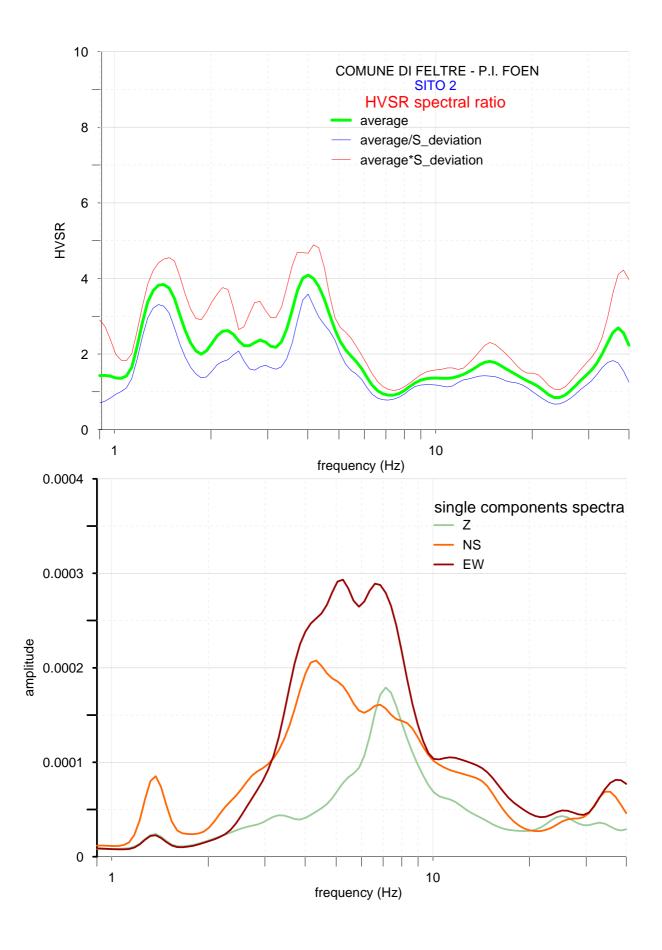
Il test di Nakamura Foen 1 ( N1) è stato eseguito in prossimità di ReMi Foen 2 e la serie temporale appare notevolmente perturbata dal traffico veicolare della vicina strada per Pedavena. In ogni caso si può rilevare un massimo di ampiezza 4 posto tra 7 e 8Hz di chiara origine naturale ed un secondo picco a frequenza più alta da 11 a 13 Hz.. Analizzando il modello Vs di ReMi Foen 2 si evidenzia la presenza di un materiale decisamente rigido a partire da 3m di profondità con Vs>500m/s ed il bedrock (Vs>800m/s) a oltre 35m. Considerando il sito come 1D ed utilizzando la relazione H=Vs/4f si può stimare la profondità dell'interfaccia sorgente del picco a 7Hz. H=540m/s/4\*7= 20m circa che corrisponde all'interfaccia posta a 21m con velocità Vs=650m/s che rappresenta probabilmente il top del substrato roccioso marnoso alterato.

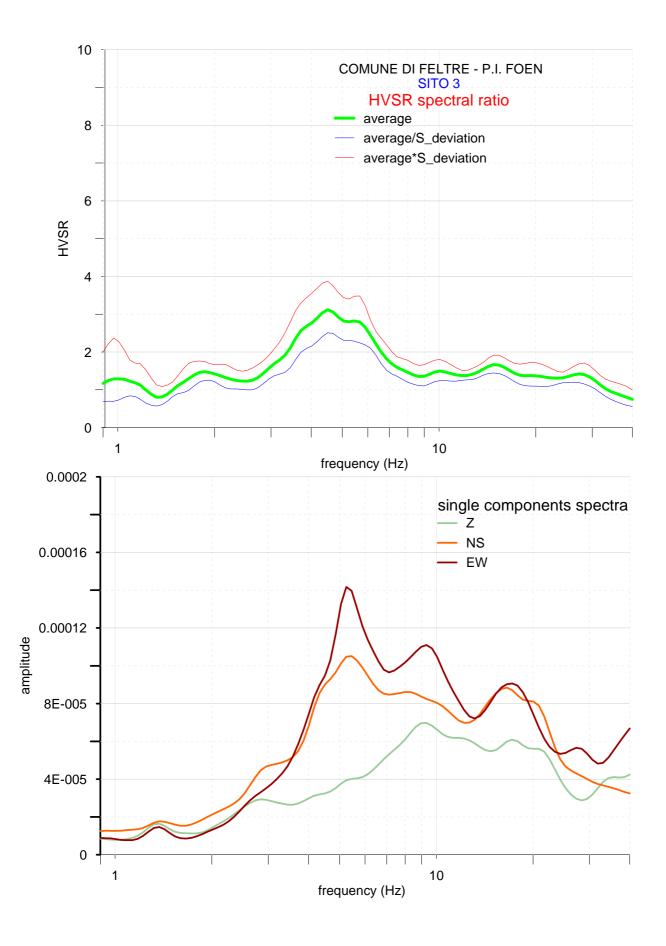
Il test di Nakamura Foen 2 (**N2**) coincide con il sito di ReMi Foen 5, dal cui profilo verticale delle Vs si ricava la presenza di un primo riflettore significativo posto a circa 13m caratterizzato da una Vs di oltre 600m/s con il bedrock (Vs=890m/s) a oltre 35m. La curva HVSR presenta due picchi principali entrambi con ampiezza 4 centrati intorno a 1.5Hz e 4Hz. Il primo è di chiara origine antropico/industriale (tutte e tre le componenti mostrano un aumento di frequenza per questo valore), mentre il secondo è naturale. Ipotizzando che sia prodotto dalla superficie riflettente posta a 13m, si è calcolata la velocità media dei terreni soprastanti (Vs=260m/s) da utilizzare nella relazione H=Vs/4f ottenendo un profondità di 16m che è in buon accordo con quella calcolata dalla curva di dispersione (13m).

Il test di Nakamur Foen 3 ( N3) è stato ottenuto in vicinanza del profilo ReMi Foen 7. Questo propone una sismostratigrafia costituita da un tristrato con il bedrock a 37m ricoperto da una coltre di terreni addensati con Vs=500m/s a partire da 3m di profondità. La curva dei rapporti spettrali mostra una serie di picchi coalescenti nel range di frequenza 3.5-6.5Hz e ampiezza massima pari a 3. Esaminando le curve spettrali delle componenti singole si evidenzia come un minimo della componente verticale si abbia a 3.5Hz, mentre per frequenze superiori l'ampiezza tenda ad aumentare progressivamente fino a 9Hz dove si registra un massimo. Il valore di 3.5Hz rappresenta quindi il valore della frequenza di risonanza che è qui perturbato da sorgenti antropiche che assumono ampiezze più elevate.

Calcolando la velocità Vs media dei 35m di terreno soprastante il contatto con il bedrock si ottengono 460m/s che inseriti nella relazione sopra enunciata assieme alla frequenza di 3.5Hz portano ad un risultato di 33m in ottimo accordo con il dato sismico. I valori di ampiezza misurati non superano mai il 4, per cui si può ritenere che il rischio di effetti di sito sia da considerare medio-basso.







### 6. Direttive per le "zone omogenee in prospettiva sismica"

La DGRV n. 3308 del 04.11.08 prevede che, per la redazione dei P.I., "il numero e la tipologia delle indagini da effettuarsi devono essere commisurate alle caratteristiche geologiche, all'importanza dell'opera, e alle dimensioni dell'area in esame"; si è ritenuto perciò di demandare l'esecuzione di indagini specifiche all'atto degli interventi edilizi puntuali.

Nelle analisi del quadro conoscitivo del PAT non sono allegati sondaggi e pozzi, non è stato ricostruito l'andamento delle isofreatiche e non è stata indicata la soggiacenza della falda. Vista la mancanza delle caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti e degli acquiferi, si ritiene che, in sede di elaborazione della relazione geologica per la costruzione di opere disciplinate dal DM 14.01.2008, sia necessario approfondire il **rischio di liquefazione**.

Le **analisi in sito** hanno messo in evidenza la velocità Vs, il bedrock sismico e la frequenza di risonanza propria del sito, nelle aree rappresentate in cartografia.

Nel capitolo precedente sono state indicate le Vs30 dei singoli stendimenti con il metodo Remi, come previsto dalla normativa vigente (Dm 14.01.2008); viste le amplificazioni misurate attraverso il metodo di Nakamura (v. soprattutto N2 Villabruna e N1 Umin), si consiglia a scopo cautelativo, anche se non previsto dalla normativa vigente, di adottare categorie di suolo inferiori a quelle determinate con le prove in sito Remi, nel presente studio.

In particolare nelle misure in sito con il metodo Nakamura è stato evidenziato quanto segue:

- Villabruna: ampiezze significative a 2/3 e 7/8 hz;

Umin : ampiezza significativa a 2/3 hz;

- Foen : ampiezze significative 3/4, 3.5/4.5, 7/8 Hz.

Se consideriamo la relazione tipica "altezza edificio-frequenza di risonanza" (es. graico Masi 2007 per edifici in cemento armato), si evidenzia che, considerando le frequenze di risonanza del terreno misurate in sito, gli edifici soggetti all'effetto di doppia risonanza suolo-struttura sono per Villabruna quelli di altezza maggiore a 15 metri circa (frequenza di circa 2/3 Hz) e di altezza compresa tra 3 e 8 metri circa (frequenza di 7/8 Hz), per Umin quelli di altezza maggiore a 15 metri circa (frequenza di circa 2/3 Hz), e infine per Foen quelli di altezza tra 8 e 30 metri circa (frequenza di circa 3.5/4 Hz) e di altezza compresa tra 3 e 8 metri circa (frequenza di 7/8 Hz).

L'ambito di progettazione puntuale del P.I. di Villabruna-Umin-Foen, è stato suddiviso in due aree (v. Carta "Zone omogenee in prospettiva sismica"):

- 1. un'area "stabile suscettibile di amplificazioni sismiche" nelle quali sono attese amplificazioni sismiche per "effetto topografico" e/o "litostratigrafico".
- 2. un'area "suscettibile ad instabilità" per potenziali cedimenti differenziali dovuti al contatto stratigrafico tra terreni a diversa competenza.

Nell'area di cui al <u>punto "1." ("stabile suscettibile ad amplificazioni sismiche")</u>, in cui si ritiene di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni e opere infrastrutturali, si dovrà procedere a :

- caratterizzare il terreno tramite la misura delle Vs30, come previsto dal DM 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni" : "la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio "Vs" ovvero sul numero medio di colpi Nspt ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media "cu"", per terreni granulari. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni metro lineare di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008.
  - Le misure dirette delle onde di taglio "Vs" acquisite con metodi geofisici di superficie e riconosciuti dalla comunità scientifica (es. MASW, ReMi, ecc.), sono sempre preferibili ai metodi indiretti spraesposti.
- uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo;
- evitare l'effetto di doppia risonanza suolo-struttura;
- valutare le amplificazioni locali di carattere <u>litostragrafico</u> qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 mt (v. dm 14.01.2008), e <u>topografico</u>. L'amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall'Eurocodice 8 e/o da altra documentazione riconosciuta dalla comunità scientifica (es. "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni).

Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio "Vs" eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purchè i litotipi, la morfologia superficiale e sepolta, l'idrogeologia, e le caratteristiche sismiche siano compatibili a quelle riscontrate nell'area in studio.

La relazione tecnica illustrativa e le modalità di presentazione dei dati dovranno essere in linea con gli "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica. Rapporto finale -

2008 (Conferenza Stato Regioni)"; in ogni caso dovranno essere allegate le tabelle e i diagrammi delle prove in sito.

Nell'area di cui al <u>punto "2." ("suscettibile ad instabilità"),</u> in cui si ritiene di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni e opere infrastrutturali, si dovrà procedere a :

- caratterizzare del terreno tramite la misura delle Vs30, come previsto dal DM 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni": "la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio "Vs" ovvero sul numero medio di colpi Nspt ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media "cu"", per terreni granulari. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni metro lineare di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008.
  - Le misure dirette delle onde di taglio "Vs" acquisite con metodi geofisici di superficie e riconosciuti dalla comunità scientifica (es. MASW, ReMi, ecc.), sono sempre preferibili ai metodi indiretti spraesposti.
- uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo;
- valutare le amplificazioni locali di carattere litostragrafico qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 mt (v. dm 14.01.2008), e topografico. L'amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall'Eurocodice 8 e/o da altra documentazione riconosciuta dalla comunità scientifica (es. "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni).
- Verificare attraverso prove in sito se i contatti tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse possono causare cedimenti differenziali, ed evitare di porre le fondazioni dei fabbricati "a cavallo" tra litotipi con caratteristiche marcatamente diverse.
- La relazione geologica dovrà verificare, con specifiche indagini, se l'area è interessata da una faglia "attiva e capace", ubicata tra gli abitati di Umin e Villabruna. Se il risultato dello studio sarà positivo e/o incerto, il progettista dell'opera dovrà considerare l'eventualità di incrementare l'accelerazione sismica prevista al bedrock e al suolo, e valutare eventuali cedimenti differenziali.

Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio "Vs" eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purchè i litotipi, la morfologia

superficiale e sepolta, l'idrogeologia, e le caratteristiche sismiche siano compatibili a quelle riscontrate nell'area in studio.

La relazione tecnica illustrativa e le modalità di presentazione dei dati dovranno essere in linea con gli "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica - rapporto finale - 2008 (Conferenza Stato Regioni)"; in ogni caso dovranno essere allegate le tabelle e i diagrammi delle prove in sito.

Treviso, febbraio 2010

Il geologo

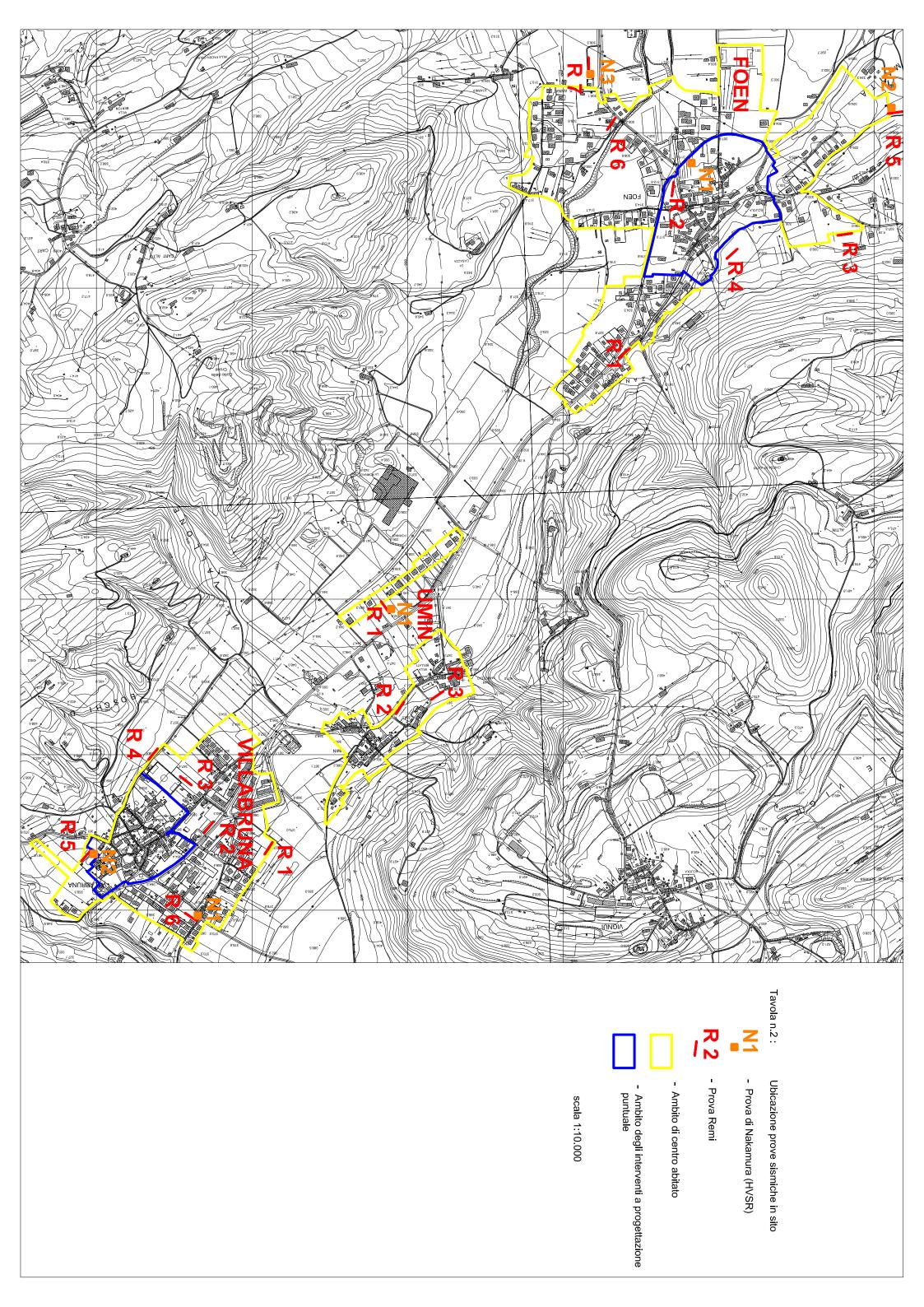
### **ALLEGATI**

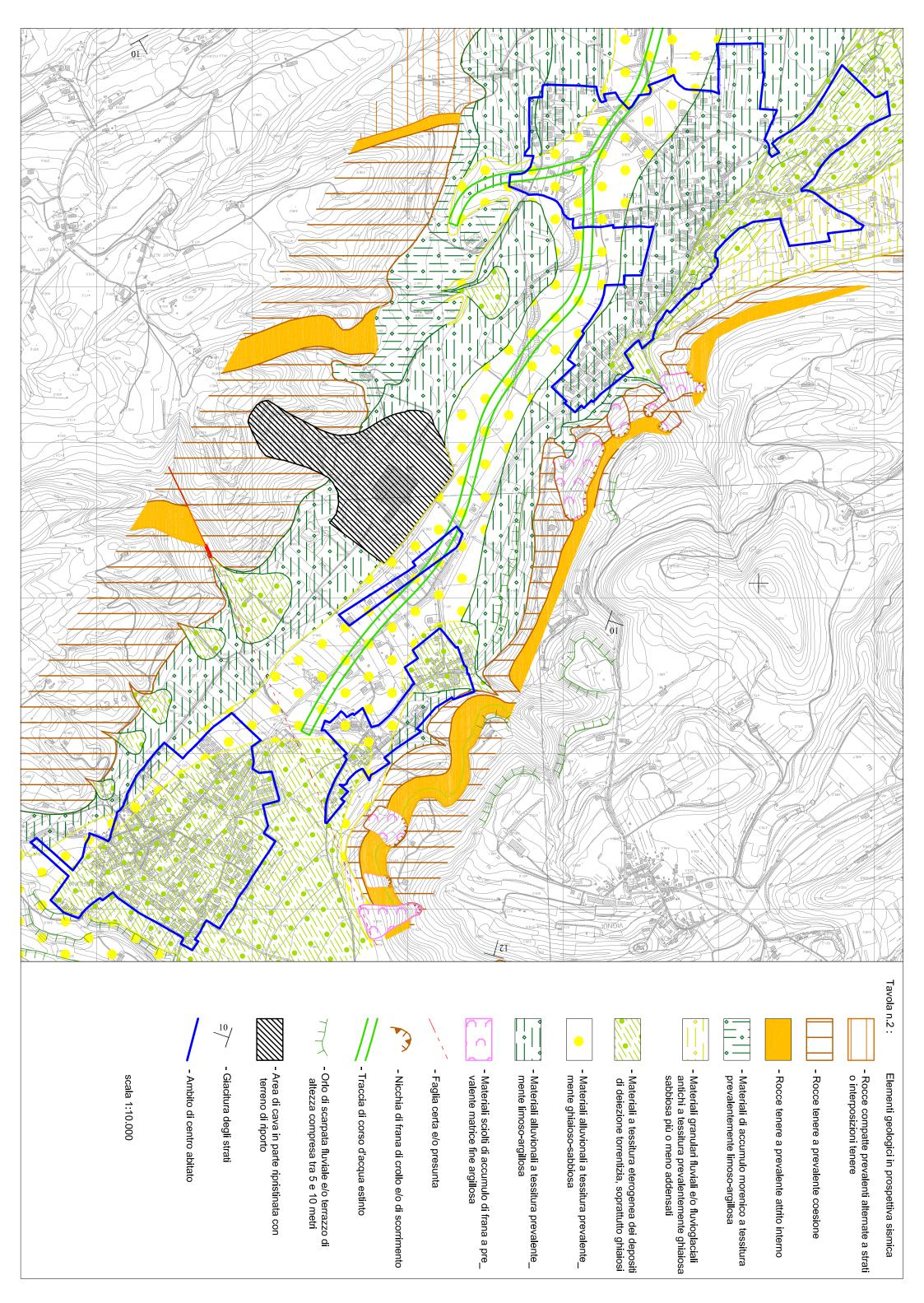
• TAV. 1 : UBICAZIONE PROVE SISMICHE IN SITO

• TAV 2 : ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

• TAV. 3/b/c : CARTA DELLE "ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA

SISMICA"





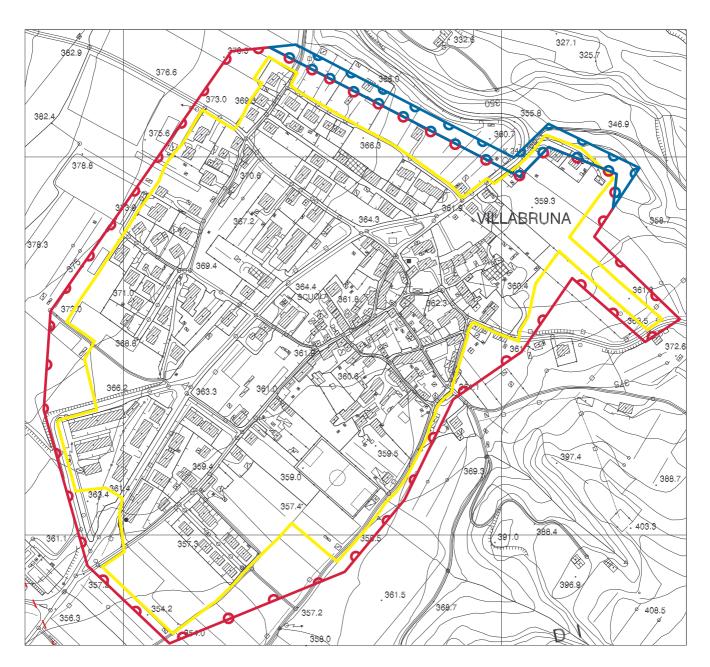


Tavola n.3a: Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:5.000



- aree "stabili suscettibili ad amplificazione sismica stratigrafica"



- aree "stabili suscettibili ad amplificazione sismica topografica e/o stratigrafica"



- faglia presunta

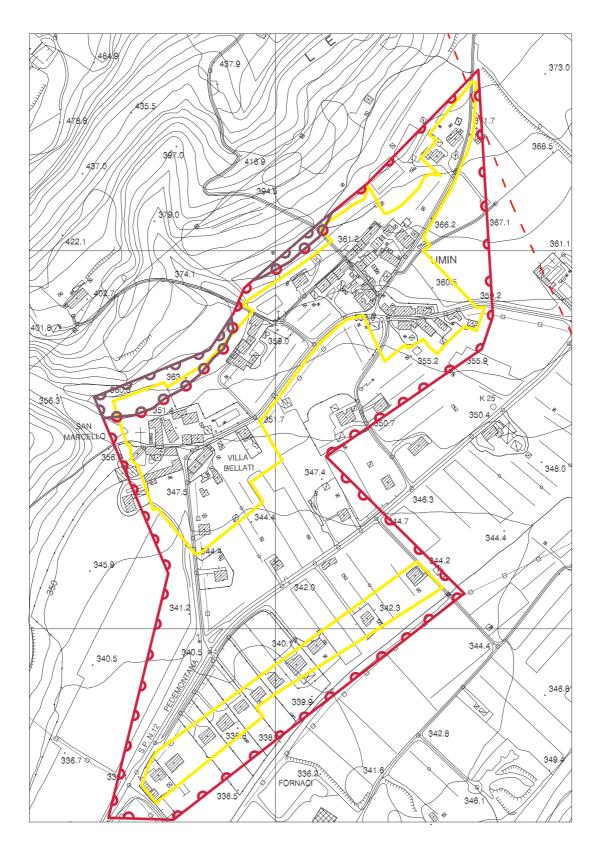


Tavola n.3b: Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:5.000

- aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche"

- aree "suscettibili di instabilità"

- traccia di faglia presunta

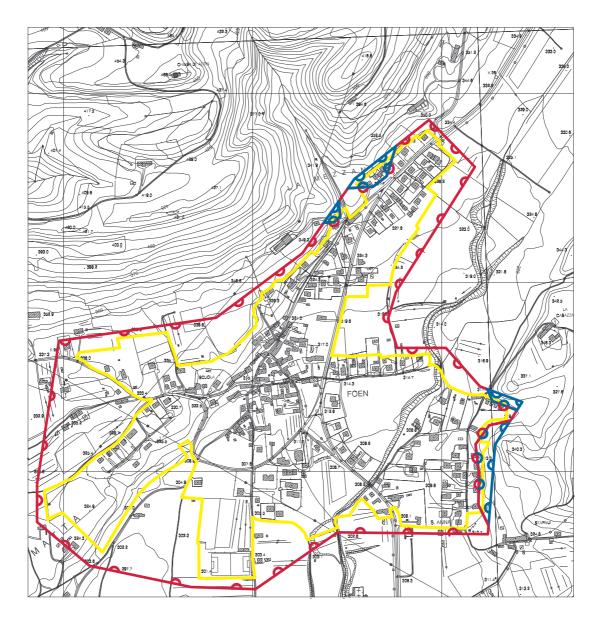


Tavola n.3c : Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:10.000



- aree "stabili suscettibili ad amplificazione sismica stratigrafica"



- aree "stabili suscettibili ad amplificazione sismica topografica e/o stratigrafica"