COMUNE DI TERNI

DIREZIONE ASSETTO DEL TERRITORIO - URBANISTICA

Piano Attuativo della zona E(Q)
interessata dal percorso dell'Elettrodotto a 380KW
denominato
"Raccordi di Villavalle alla Montalto-Villanova"

RELAZIONE DI MICROZONAZIONE SISMICA
DGR 377/2010

il Funzionario Tecnico
Dott. Geol. Paolo Paccara

Aggiornamento gennaio 2013 – febbraio 2013

INDICE

Premessa	pag. 3
Normativa di riferimento	pag. 3
Macrosismicità, caratteristiche sismologiche dell'area	pag. 4
Sismicità storica dell'area	pag. 9
Catalogo ISIDE ricerca per 20 e 30 Km di raggio	pag. 15 e 17
Disaggregazione della pericolosità sismica	pag. 19
Moto di imput	pag. 21
Definizione dello spettro target [Target spectrum]	pag. 24
Utilizzo degli abachi Nazionali per la determinazione degli effetti di amplificazione litostratigrafici	pag. 27
Conclusioni	pag. 32

PREMESSA

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 8 marzo 2010, n. 377 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica" si sono indicati gli studi relativi alla microzonazione simica in fase di Piano Attuativo. Alla DRG 377/2010 ha fatto seguito lo "Standard minimo della Relazione Geologica per il Piano Attuativo" (Relazione geologica, idrogeologica e gotecnica e studio di microzonazione sismica – nei casi previsti - comma 9 dell'art. 24 della L.R. 11/2005), da parte dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbria. Il presente studio integrativo alla relazione di prima stesura del 2010, descriverà le condizioni di moto sismico in superficie (livello 2), assumendo che le carte geotematiche allegate fuori testo possano essere assunte come conoscenza del livello 1. Il moto di superficie sarà determinato con metodi semplificati, in accordo con le indicazioni del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, parte III (sett. 2008). Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. Le amplificazioni sono espresse attraverso due fattori di amplificazione (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV).

Nella presente relazione sono comunque forniti anche ulteriori dati geologici, stratigrafici e geofisici derivanti dagli studi di MSS eseguiti dal comune di Terni e dalla Regione Umbria nel periodo 2002-2004. Si fa riferimento infatti agli studi di Microzonazione sismica dell'area narnese e ternana colpita dall'evento sismico del 12/12/2000 – "Relazione conclusiva a cura del Servizio Geologico della Regione Umbria", ed al successivo "Rapporto finale di Completamento della Microzonazione sismica della città di Terni" a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano in occasione della redazione del PRG di Terni.

Si fa presente che il presente PA non prevede la realizzazione di edifici strategici e di edifici rilevanti in quanto, come già espresso nella relazione del 2010 e nelle NTA del piano, gli interventi ammessi sono essenzialmente interventi modesti di ampliamenti ad edifici sparsi esistenti o nuovi edifici residenziali, fino ad un massimo di 2 piani fuori terra.

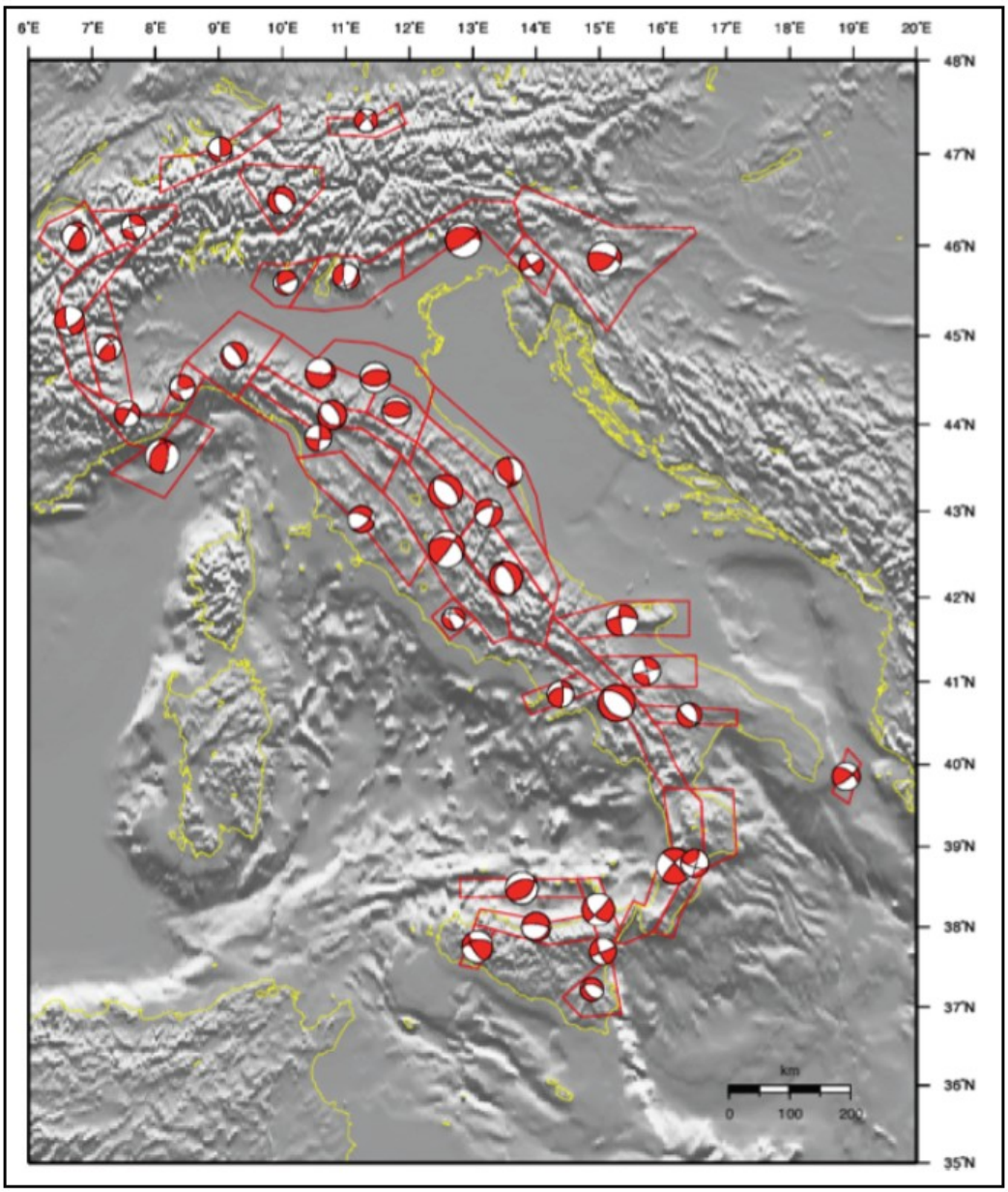
NORMATIVADI RIFERIMENTO

- **D.M. 14.01.2008** "Norme Tecniche per le costruzioni".
- **Circolare 2 Febbraio 2009 n.617** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni"di cui al D.M.14.01.2008.
- **Allegato Al voto n.36 Del 27.07.2007 -** Pericolosità Sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- **O.P.C.M. 28.04.2006 n.3519** Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- **D.G.R.18.06.2003n. 852**"Approvazione Classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".
- **Delib.G.R.n°852/2003**
- **Delib.G.R. n°1700/2003** (cfr. Allegato B edifici rilevanti…)

- **L.R.11/2005** (art.24Comma 9)
- **Linee Guida del DPC- sett. 2008** (punto 1.6.3.3"Indirizzi e Criteri Per la Microzonazione Sismica").
- **Delib.G.R.n°377/2010** (Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica - Punti 5 e 6);

MACROSISMICITA', CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE DELL'AREA

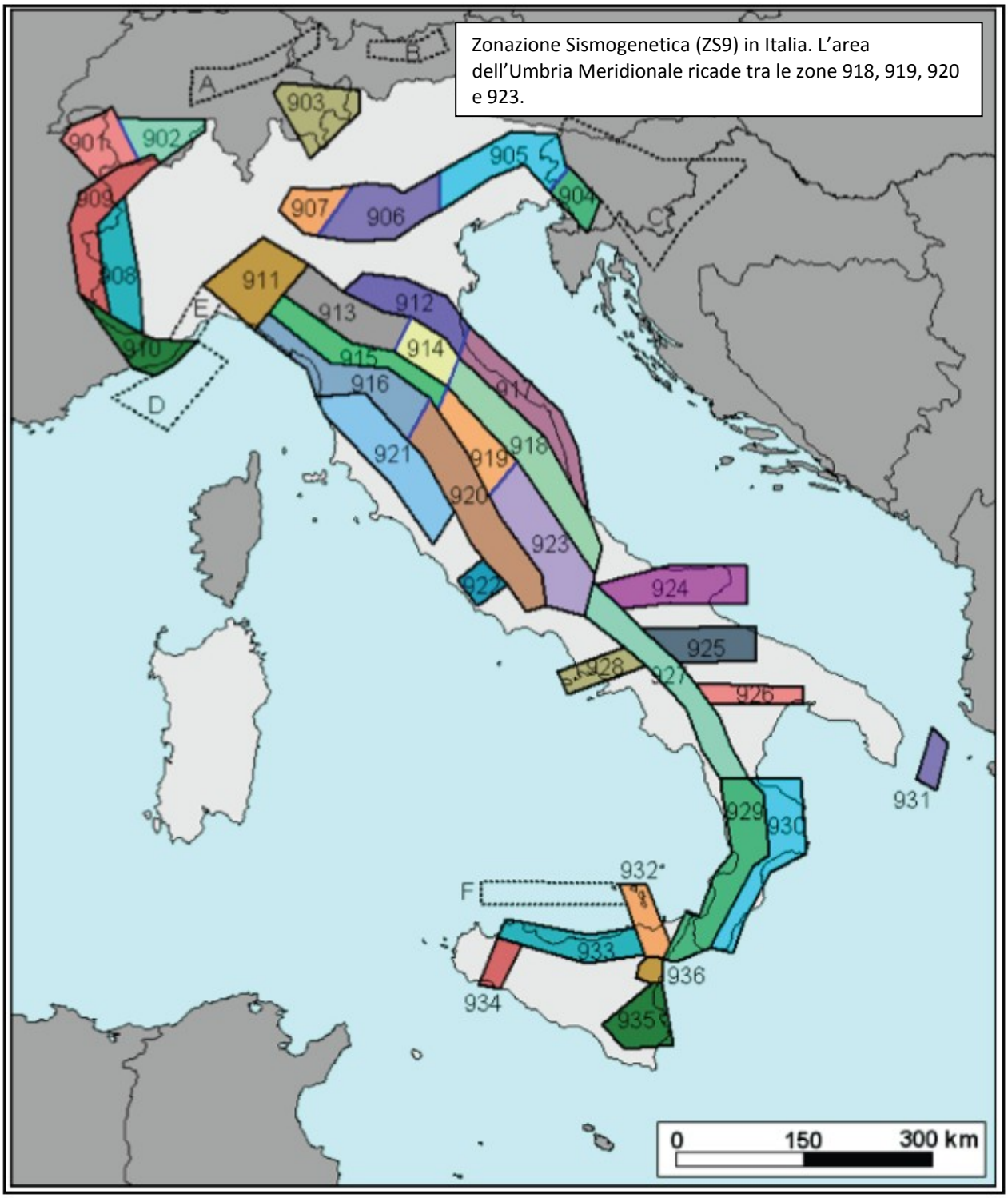
L'area in oggetto risulta inserita all'interno delle imponenti strutture sismo genetiche dell'Appennino centrale. L'attività sismica negli Appennini umbro-marchigiani manifesta un accoppiamento sincrono (o dualità) tra regimi distensivi e compressivi. I meccanismi focali dei terremoti in prossimità della costa adriatica mostrano tutti una componente compressiva preponderante (legata alla fase di migrazione verso est del *wedge* appenninico, ancora in atto) mentre i terremoti nella parte interna della catena, tra 50 e 150 km ad O della costa adriatica, sono di natura spiccatamente distensiva. L'Umbria in particolare risulta inserita nella fascia intermedia delle strutture appenniniche; i meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza di cinematismi di tipo dip-slip (distensivo) e anche con cinematica trastensiva (obliqua), ovvero distensiva ma con una componente trascorrente.



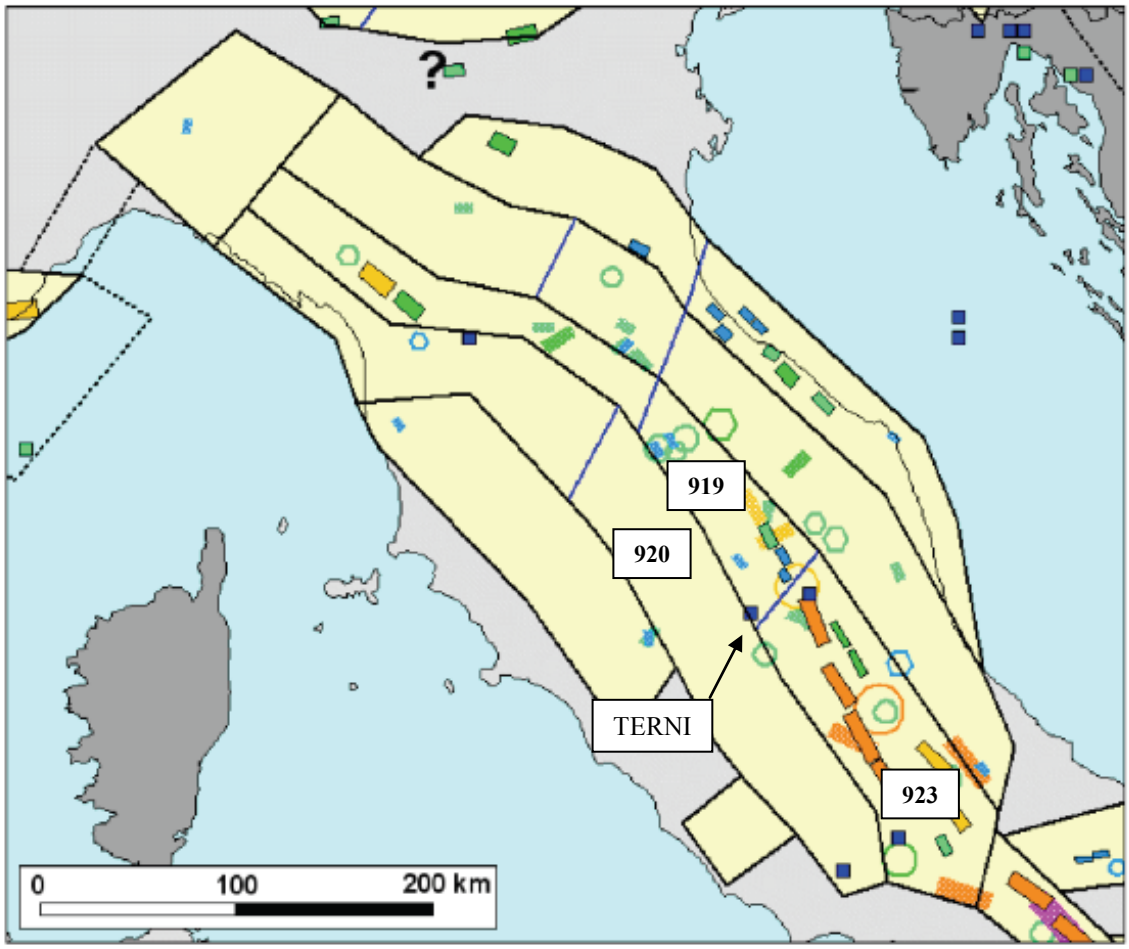
L'area oggetto di studio risulta inserita nella Zonazione sismo genetica ZS9 (Appennino settentrionale e centrale, ZS dalla 911 alla 923). La fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise veniva indicata in
ZS4 come l'area con il maggior rischio di rilascio di energia dell'Appennino centro-settentrionale. Essa corrisponde al settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Tali faglie immergono verso NE nel settore compreso tra la Toscana settentrionale e l'Umbria settentrionale e verso SW nel settore che si estende dall'Umbria centrale fino a tutto l'Abruzzo. Questa fascia è stata suddivisa in tre zone (920, 919 e 923) che includono le Sorgenti sismo genetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale.
Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici e paleosismici. Rispetto a ZS4, il nuovo assetto che deriva da questa proposta privilegia la continuità longitudinale delle strutture estensionali primarie.
La suddivisione in tre zone è stata dettata da osservazioni prevalentemente di tipo sismologico. Nella zona più meridionale (923, a sud della Valnerina, che delimita difatto il confine tra la 919 e la 923) sono infatti presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654* e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono state ancora in grado di definire in modo univoco le corrispondenti sorgenti sismogenetiche.

* Terremoto presente nel catalogo CPTI 11 con epicentro incerto (indicato nell'area Sorano – Marsica) il 24 luglio 1654, intensità I Max di grado 10 e Magnitudo momento da determinazione macrosismica Mw di 6.29 +/- 0.2)

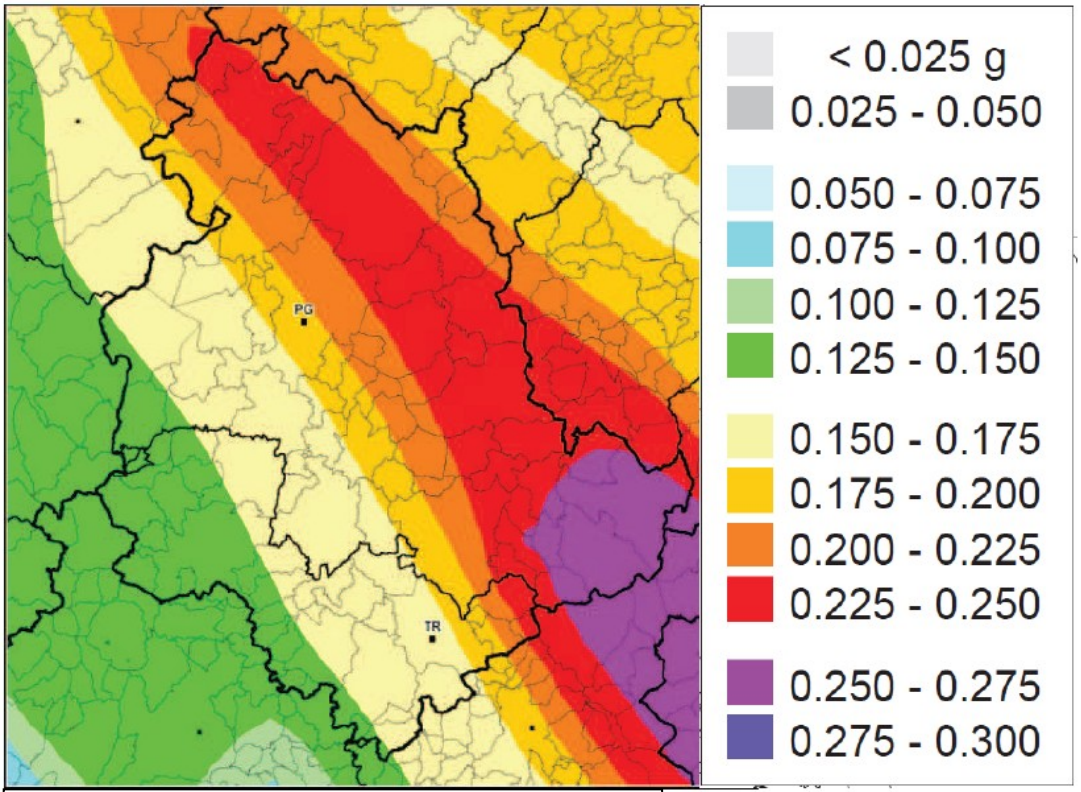
In particolare nella zona 919 (Appennino Umbro) sono previste magnitudo (MW Magnitudo momento sismico) massime attese (cautelative) pari a 6,37 e nella zona 920 (Val di Chiana-Ciociaria) pari a 6,14. Marginalmente interessata, ma non per questo meno importante, è fra le altre la zona 923 (Appennino Abruzzese) ove la Magnitudo massima attesa (cautelativa) raggiunge valori di 7.06.
L'area del comune di Terni, rientra tra le zone 920 e 919; è comunque assai vicina alla zona 923, zona alla quale è attribuita, come detto, la massima pericolosità sismica dell'Italia Centrale.



Zonazione Simogenetica ZS9

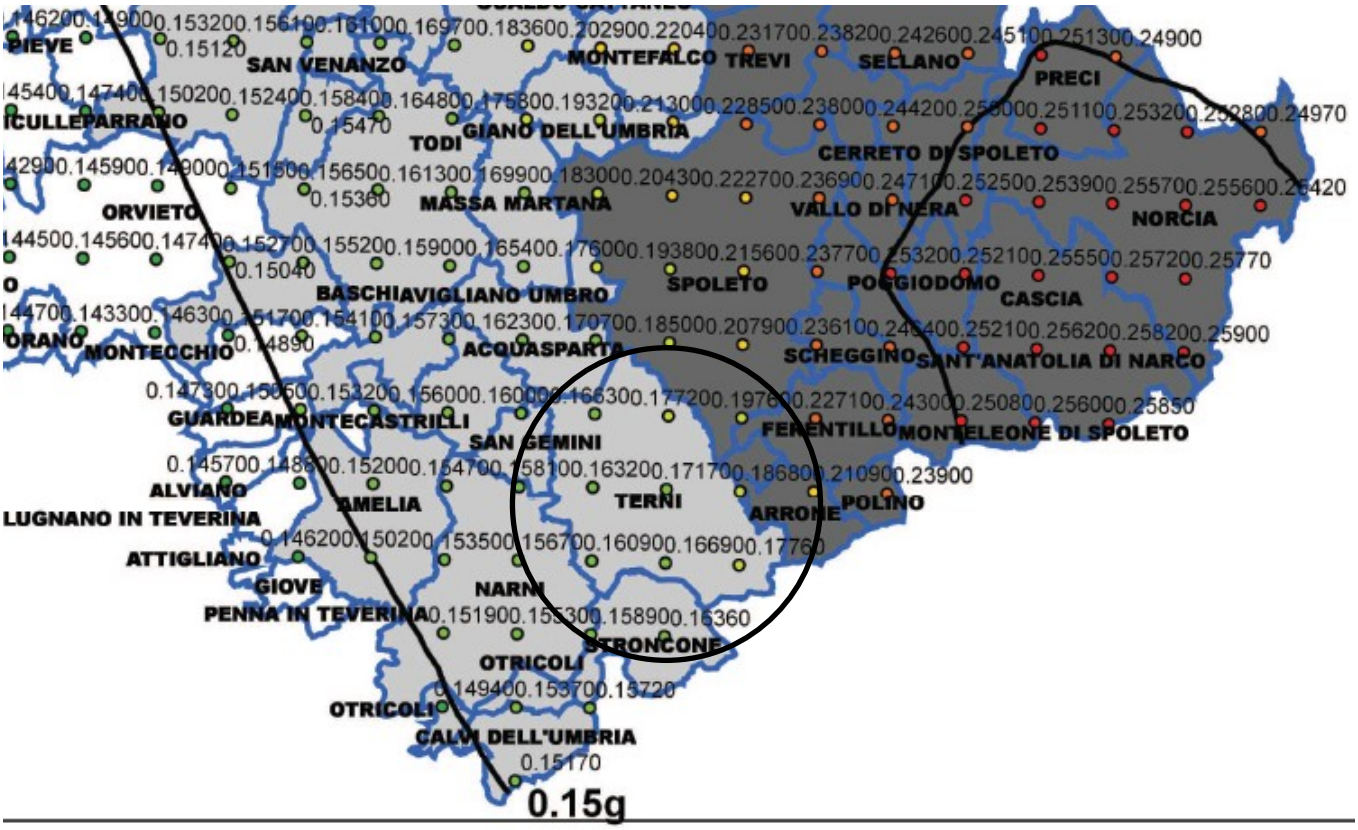


Dettaglio della Zonazione sismo genetica ZS9 per l'Appennino settentrionale e centrale.



Mappa di pericolosità sismica regionale

La Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale", espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a max), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi (Vs > 800 m/s, Cat. A). Su tale mappa (identica per l'Umbria a quella dell'OPCM n. 3274/03 e sotto riportata), l'isolinea della soglia d'ingresso in zona 2 (Ag475 > 0,15g) è unidirezionale, con orientamento N/NO-S/SE ed è posizionata immediatamente ad Ovest della Catena Narnese-amerina e del gruppo del Monte Peglia; invece l'isolinea d'ingresso in zona 1 (Ag475 > 0,25 g) è curvilinea, ha un andamento a semicerchio concavo verso S/SE ed è posizionata ad E/SE dell'allineamento F. Vigi - F. Nera.



SISMICITA'STORICA DELL'AREA

La zona oggetto del presente Piano Attuativo è ubicata nell'area NE del territorio comunale di Terni, quindi maggiormente vicina alle sorgenti sismiche responsabili dei maggiori terremoti storici dell'area umbro-laziale; per la ricerca dei sismi storicamente significativi oggi sono disponibili diversi cataloghi e in questa sede si è voluto selezionarli da due database principali. Il primo è il Catalogo **cpti 11** dall'anno 1000 al 2000 dove sono riportati i più forti terremoti (significativi per danni e vittime), il secondo database utilizzato è l'ISIDE che registra tutti i sismi di qualsiasi magnitudo che hanno però registrazioni strumentali, al contrario del CPT11 che utilizza dati di natura storica per poi giungere alla stima dell'Intensità e della Magnitudo (ad eccezione di terremoti più recenti dove sono disponibili anche registrazioni strumentali oltre a fonti storiografiche).

L'area ternana è stata sede di terremoti di magnitudo massima (Magnitudo Momento, Mw) 5.11, eventi del 1703 e del 12 maggio 1917 (fonte Catalogo **cpti 11** -catalogo parametrico terremoti italiani dall'anno 1000 al 2000, aggiornato nel 2011) mentre sono riportati almeno altri 3 eventi di magnitudo compresa tra 4 e 4.72. Quest'ultimi sono i sismi con epicentro a Terni e/o in zone immediatamente vicine (ternano) ma per il risentimento e quindi per i relativi effetti si deve comunque considerare anche terremoti in aree limitrofe specie se generati da sorgenti sismogenetiche di maggiore pericolosità, ubicate nell'area orientale della regione Umbria e nell'alto Lazio. Pertanto dal CPT11 si sono selezionati anche ulteriori eventi principali che comprendono sismi di un interno significativo ai fini del potenziale risentimento, ovvero terremoti avvenuti a Narni, Spoleto, Acquasparta, Sangemini, Rieti e Valnerina).

Recentemente l'area ternano-narnese è stata colpita dall'evento sismico del 16/12/2000, a seguito del quale la Regione Umbria – Servizio Geologico ha intrapreso una serie di studi di microzonazione sismica tra Terni, Narni e Stroncone, fino a determinare i fattori di amplificazione nelle aree investigate, determinando un accelerogramma di riferimento per Terni.

Nelle tabelle successive vengono rappresentati i dati relativi alla sismicità storica più significativa e a seguire i record di sismi da ISIDE con magnitudo locale Mw compresa tra 2.5 e 6.0.

CPTI11 è citabile come:

A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI

Legenda simboli, rif. selezione terremoti sotto riportata

Sezione 1: parametri generali, tempo origine e area			
Year	Tempo origine: Anno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Anno**
Mo	Tempo origine: Mese	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Me**
Da	Tempo origine: Giorno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Gi**
Ho	Tempo origine: Ora	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Or**
Mi	Tempo origine: Minuti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Mi**
Se	Tempo origine: Secondi e centesimi	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Se**
Ax	Area dei maggiori effetti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**AE**
Sezione 2: parametri epicentrali macrosismici e loro provenienza			
RtM	Riferimento bibliografico dello studio macrosismico o del catalogo macrosismico	vedi tabella 1	**Rt**
Np	Numero di osservazioni macrosismiche	da DBMI10beta	**Np**
Imx	Intensità massima	da DBMI10beta	**Imx**
LatM	Latitudine epicentrale: determinazione macrosismica		
LonM	Longitudine epicentrale: determinazione macrosismica		
TLM	Tipo di localizzazione epicentrale	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine	
Io	Intensità epicentrale	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), oppure adottata dal catalogo macrosismico di origine	**Io**
MwM	Magnitudo momento: determinazione macrosismica		
DMwM	Errore associato alla stima di MwM	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), con il metodo BW (Bakun & Wentworth,1997), oppure =0.34 se calcolata da Io (0.26 per i terremoti etnei)	
TMwM	Tipo di magnitudo momento macrosismica	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) Io: determinata da Io con la relazione Mw = 0.423*Io+2.182 oppure Mw = 0.45*Io+1.01 per i terremoti etnei CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine	

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtM	Np	Imx	LatM	LonM	TLM	Io	MwM	DMwM	TMwM
1246						SPOLETO	Arch.Mac.GNDT, 1995	1	7-8	42,732	12,736	Bx	7-8	5,35	0,34	Bx
1277						SPOLETO	Arch.Mac.GNDT, 1995	1	8	42,732	12,736	Bx	8	5,57	0,34	Bx
1298	11	30				Rieti	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	42,404	12,867	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
1298	12	01				Reatino	Guidoboni et al., 2007	5	10	42,575	12,902	Bx	9-10	6,20	0,34	Bx
1349	09	09	08	15		Viterbese-Umbria	Guidoboni et al., 2007	9	8-9							
1496	06					SPOLETO	Arch.Mac.GNDT, 1995	3	6	42,805	12,742	Bx	5	4,30	0,87	Bx
1502						RIETI	Postpischl, 1985			42,383	12,950	CM	7	5,14	0,34	Io
1599	11	06	01	25		Valnerina	Guidoboni et al., 2007	20	9	42,724	13,021	Bx	9	5,99	0,32	Bx
1667						SPOLETO	Arch.Mac.GNDT, 1995	1	7	42,732	12,736	Bx	7	5,14	0,34	Bx
1703	01	14	18			Appennino umbro-reatino	Guidoboni et al., 2007	199	11	42,708	13,071	Bx	11	6,74	0,11	Bx
1703	01	16	13	30		Appennino umbro-reatino	Guidoboni et al., 2007	22	8							
1703	06	29	22			SPOLETO	Postpischl, 1985			42,750	12,750	CM	7	5,14	0,34	Io
1704	05	20				SPOLETO	Postpischl, 1985			42,750	12,750	CM	7	5,14	0,34	Io
1707	03	24				ACQUASPARTA	Arch.Mac.GNDT, 1995	8	7-8	42,699	12,617	Bx	7-8	5,13	0,64	Bx
1714						NARNI	Arch.Mac.GNDT, 1995	1	7-8	42,517	12,521	Bx	7-8	5,35	0,34	Bx
1730	05	12	05			Valnerina	Guidoboni et al., 2007	115	9	42,753	13,120	Bx	9	5,92	0,16	Bx
1745	03					SPOLETO	Convers. et al., 1990	2	8	42,732	12,736	Bx	7	5,14	0,34	Bx
1760	01					M.TERMINILLO	Postpischl, 1985			42,500	13,000	CM	7	5,14	0,34	Io
1767	06	05	01	30		SPOLETINO	Arch.Mac.GNDT, 1995	10	7-8	42,820	12,751	Bx	7-8	5,44	0,60	Bx
1776	03	29				REATINO	Arch.Mac.GNDT, 1995	2	D							
1815	09	03	23			Valnerina	Guidoboni et al., 2007	24	8	42,832	13,015	Bx	8	5,45	0,30	Bx
1821	03	22				RIETI	Postpischl, 1985			42,417	12,833	CM	7	5,14	0,34	Io
1838	01	05	14			Valnerina	Guidoboni et al., 2007	8	7	42,763	12,788	Bx	7	4,96	0,72	Bx
1838	02	14	07	30		Valnerina	Guidoboni et al., 2007	25	8	42,840	12,909	Bx	8	5,32	0,48	Bx
1838	08	05	17	15		Valnerina	Guidoboni et al., 2007	10	7							
1853	09	22				SPOLETO	Postpischl, 1985			42,683	12,667	CM	7	5,14	0,34	Io
1879	02	23	18	30		Valnerina	Guidoboni et al., 2007	15	8	42,766	13,043	Bx	8	5,57	0,37	Bx
1881	03	11	22	50		SPOLETO	Arch.Mac.GNDT, 1995	15	5-6	42,813	12,715	Bx	5	4,66	0,37	Bx
1896	01	06	15	59		NARNI	Postpischl, 1985			42,533	12,550	CM	6	4,72	0,34	Io
1898	06	27	23	38		RIETI	Spadea et al., 1985c	186	8	42,415	12,905	Bx	8	5,49	0,12	Bx
1900	05	19	16	55		ARRONE	Arch.Mac.GNDT, 1995	16	7	42,583	12,768	Bx	6	4,36	0,56	Bx
1901	08	04	06	52		SPOLETO	Postpischl, 1985			42,750	12,717	CM	6	4,72	0,34	Io
1902	10	23	08	51		REATINO	Dell'Olio & M., 1980	77	6-7	42,358	12,841	Bx	6	4,80	0,26	Bx
1903	05	26	21	07		RIETI	Postpischl, 1985			42,400	12,867	CM	5-6	4,51	0,34	Io
1903	11	02	21	52		Valnerina	Arch.Mac.GNDT, 1995	33	6-7	42,794	13,074	Bx	6	4,89	0,26	Bx

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtM	Np	Imx	LatM	LonM	TLM	Io	MwM	DMwM	TMwM
1905	12	09	21	41	12.00	MASSA MARTANA	Postpischl, 1985			42,833	12,567	CM	5-6	4,51	0,34	Io
1909	02	06	08	05	34.00	TERNI	Postpischl, 1985			42,567	12,617	CM	6	4,72	0,34	Io
1909	10	01	08	35		SPOLETO	Postpischl, 1985			42,733	12,733	CM	5-6	4,51	0,34	Io
1910	03	06	22	22		LEONESSA	Postpischl, 1985			42,583	12,983	CM	6	4,72	0,34	Io
1915	11	11	03	41		STRONCONE	Dell'Olio & M., 1980	16	7	42,529	12,655	Bx	6	4,68	0,55	Bx
1916	09	07	15	13		MASSA MARTANA	Postpischl, 1985			42,833	12,567	CM	5-6	4,51	0,34	Io
1916	11	16	06	35		REATINO	St. Geof. Amb., 2002	40	8	42,646	13,169	Bx	8	5,54	0,28	Bx
1917	05	12	15	34		Ternano	Guidoboni et al., 2007	34	7-8	42,590	12,641	Bx	7-8	5,11	0,38	Bx
1948	12	17	21	18	02.00	Ternano	Postpischl, 1985			42,600	12,900	CM	6	4,72	0,34	Io
1960	07	12	14	07	31.00	ACQUASPARTA	Postpischl, 1985			42,717	12,550	CM	6	4,72	0,34	Io
1960	07	18	04	07		Ternano	Postpischl, 1985			42,550	12,483	CM	6	4,72	0,34	Io
1963	02	02	19	34		RIETI	Postpischl, 1985			42,383	12,950	CM	7	5,14	0,34	Io
1970	05	25	12	56		TERNI	Postpischl, 1985			42,567	12,650	CM	5-6	4,51	0,34	Io
1974	12	02	01	55	16.00	Valnerina	Guidoboni et al., 2007	28	8	42,813	12,927	Bx	7-8	5,20	0,34	Bx
1979	09	19	21	35	37.00	Valnerina	Guidoboni et al., 2007	694	8-9	42,713	13,070	Bx	8-9	5,82	0,09	Bx
1979	09	19	21	52	50.50	Valnerina										
1979	09	21	00	52	44.00	VAL NERINA										
1980	02	28	21	04	41.00	VAL NERINA										
1980	03	16	01	04	27.34	VAL NERINA										
1980	05	14	09	01	15.00	Valnerina										
1980	05	24	20	16	06.40	Valnerina										
1994	06	02	17	38	13.80	MONTI REATINI										
1997	05	12	13	50	15.00	MASSA MARTANA	Camassi et al., 1997b	57	7	42,762	12,533	Bx	6	4,67	0,34	Bx
1997	11	06	02	20	27.00	MONTI SABINI	Boll. Macro. ING	91	5-6	42,046	12,868	Bx	5-6	4,47	0,16	Bx
1997	11	10	22	22	34.00	Valnerina										
1998	08	15	05	18	09.00	MONTI REATINI	Boll. Macro. ING	233	6	42,346	13,046	Bx	5-6	4,58	0,12	Bx
2000	12	16	07	31	08.00	Ternano	Boll. Macro. ING	128	5-6	42,452	12,608	Bx	5-6	4,52	0,14	Bx

Legenda simboli, rif. selezione terremoti sotto riportata

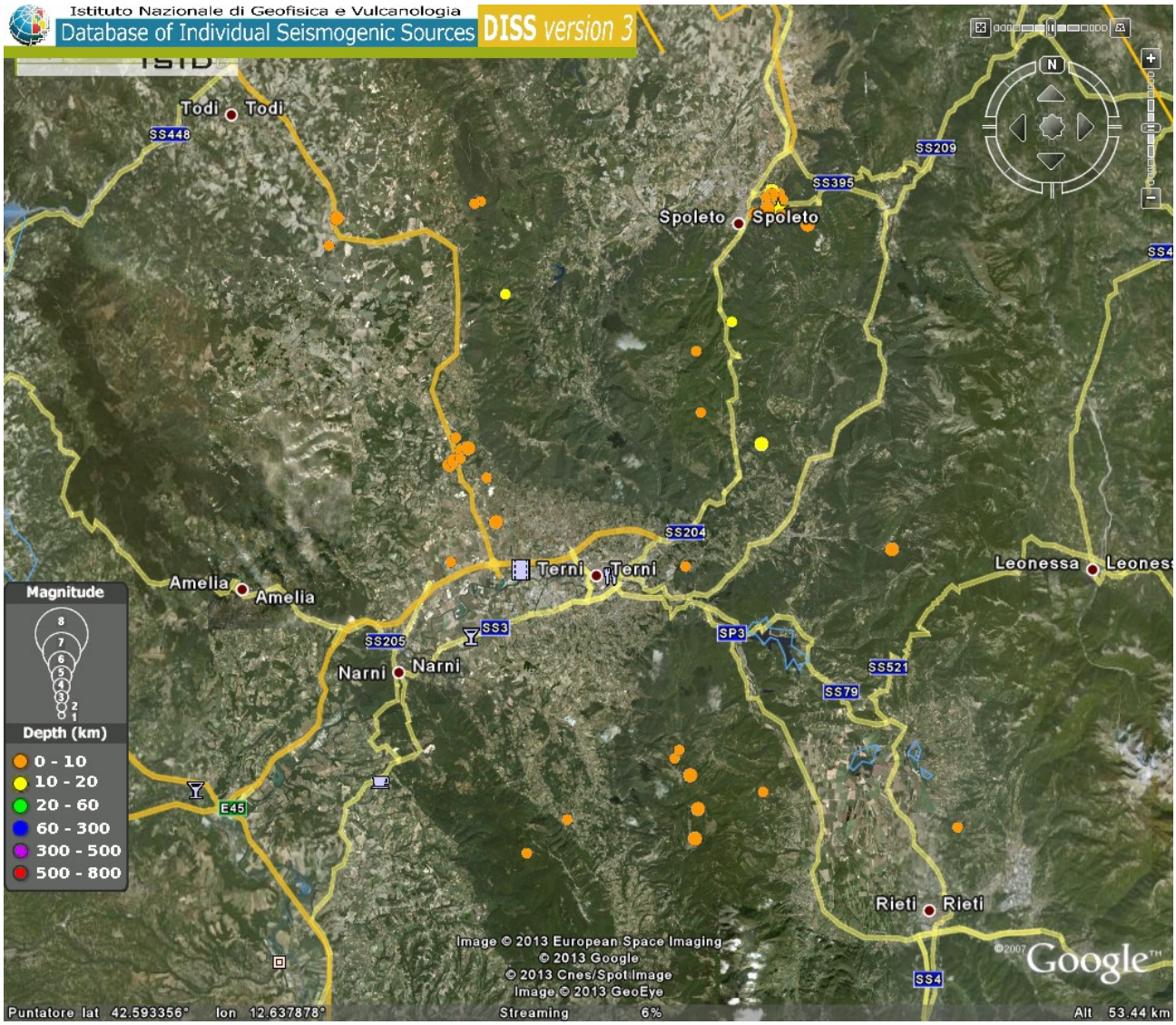
Sezione 1: parametri generali, tempo origine e area			
Year	Tempo origine: Anno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Anno**
Mo	Tempo origine: Mese	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Me**
Da	Tempo origine: Giorno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Gi**
Ho	Tempo origine: Ora	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Or**
Mi	Tempo origine: Minuti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Mi**
Se	Tempo origine: Secondi e centesimi	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**Se**
Ax	Area dei maggiori effetti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	**AE**

Sezione 3: parametri strumentali e loro provenienza		
RtIns	Riferimento bibliografico della fonte dell'epicentro strumentale	vedi tabella 2
LatIns	Latitudine epicentrale: determinazione strumentale	da RtIns
LonIns	Longitudine epicentrale: determinazione strumentale	da RtIns
De	Profondità ipocentrale	da RtIns
MwIns	Magnitudo momento strumentale	calcolata da tensore momento, da metodo spettrale, convertita da un'altra magnitudo strumentale, oppure ottenuta come media pesata tra più magnitudo strumentali convertite in Mw
DMwIns	Errore associato alla stima di Mw	0.09 se da tensore momento; 0.15 se da metodo spettrale; risultante dalle conversioni negli altri casi
TMwIns	Modalità di determinazione di Mw	MT = da tensore momento SM = da metodo spettrale Swa = da ampiezza onde S Reg1 = calcolata da Ms con la relazione Mw=0.673*Ms+1.938 (Ms<6.0); Mw = Ms (Ms≥6.0) Reg2 = calcolata da ML con la relazione Mw=0.812*ML+1.145 Reg3 = calcolata da mb con la relazione Mw=0.972*mb+0.265 Wmi = media delle magnitudo disponibili pesata con l'inverso dei quadrati delle rispettive incertezze
OrMwIns	Tipi di magnitudo convertite in Mw	Ms = calcolata da Ms ML = calcolata da ML mb = calcolata da mb oppure da una combinazione di queste
FMwIns	Fonte Mw	La fonte di: MwIns se TMwIns = MT o SM ; oppure della M convertita. In caso di conversione da più di una M, la sigla si riferisce alla prima M riportata in OrMwIns. Vedi tabella 3
Nio	Numero di stazioni usato nel calcolo delle M	Dalla fonte relativa (FMwIns)

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtIns	LatIns	LonIns	De	MwIns	DMwIns	TMwIns	OrMwIns	FMwIns
1916	11	16	06	35		REATINO					5,52	0,37	Reg1	Ms	MARAL993
1917	05	12	15	34		Ternano					5,09	0,37	Reg1	Ms	MARAL993
1948	12	17	21	18	02.00	Ternano									
1960	07	12	14	07	31.00	ACQUASPARTA					4,82	0,37	Reg1	Ms	MARAL993
1960	07	18	04	07		Ternano					4,56	0,37	Reg1	Ms	MARAL993
1963	02	02	19	34		RIETI									
1970	05	25	12	56		TERNI									
1974	12	02	01	55	16.00	Valnerina	NEIC-PDE cat.	42,988	12,970		4,62	0,19	Wmi	Ms, ML, mb	MARAL993
1979	09	19	21	35	37.00	Valnerina	Boll. Strum. ING	42,730	12,956	6,00	5,86	0,09	MT		GLOBCMT
1979	09	19	21	52	50.50	Valnerina	ISC Bull.	42,812	13,012		4,59	0,22	Wmi	ML, mb	GASP008
1979	09	21	00	52	44.00	VAL NERINA	Boll. Strum. ING	42,733	13,033	1,00	4,56	0,25	Reg2	ML	BSING
1980	02	28	21	04	41.00	VAL NERINA	Boll. Strum. ING	42,800	12,967	12,00	5,00	0,09	MT		PONAL006
1980	03	16	01	04	27.34	VAL NERINA	Boll. Strum. ING	42,800	13,895	10,00	4,51	0,22	Wmi	ML, mb	GASP008
1980	05	14	09	01	15.00	Valnerina	ISC Bull.	42,812	13,013		4,53	0,22	Wmi	ML, mb	GASP008
1980	05	24	20	16	06.40	Valnerina	Boll. Strum. ING	42,815	13,126	15,00	4,62	0,19	Wmi	Ms, ML, mb	ISC
1994	06	02	17	38	13.80	MONTI REATINI	GdL CSTI, 2005	42,476	13,226	0,01	4,56	0,25	Reg2	ML	CST1.1
1997	05	12	13	50	15.00	MASSA MARTANA	Castello et al., 2006	42,763	12,526	1,44	4,83	0,19	Wmi	Ms, ML, mb	ISC
1997	11	06	02	20	27.00	MONTI SABINI	Castello et al., 2006	41,988	12,769	24,10	4,09	0,22	Wmi	ML, mb	GASP008
1997	11	10	22	22	34.00	Valnerina	Castello et al., 2006	42,826	12,964	4,80	4,96	0,25	Reg2	ML	CSI1.1
1998	08	15	05	18	09.00	MONTI REATINI	Castello et al., 2006	42,362	13,056	2,91	4,45	0,09	MT		PONAL002
2000	12	16	07	31	08.00	Ternano	Castello et al., 2006	42,516	12,586	9,17	4,25	0,09	MT		PONAL002

Catalogo ISIDE:

Epicentri sismi dal 2005 alla data odierna 16/1/2013 dal Ml 2.5 a Ml 6.0 raggio di 20 Km intorno alla città di Terni



#Data Da: 2000/01/01 A: 2013/01/16

#Area Comune: TERNI Distanza (km): 20.0

#Magnitudo Min: 2.5 Max: 6.0 Tipo: Mag pref

#Profondità (km) Min: ND Max: ND

#Terremoti totali: 41

#Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
2012-02-01 01:10:41.160	42.461	12.750	8.06	2.08	BOLLSI
2011-07-13 09:55:12.310	42.439	12.706	6.09	3.08	BOLLSI
2011-07-13 03:37:31.180	42.453	12.708	8.00	3.00	BOLLSI
2011-01-21 12:07:48.790	42.448	12.624	5.00	2.05	BOLLSI
2011-01-19 14:06:58.440	42.589	12.578	7.00	3.00	BOLLSI
2010-10-13 20:35:20.410	42.626	12.749	10.06	3.00	BOLLSI
2010-03-25 13:13:16.760	42.670	12.707	6.07	2.07	BOLLSI
2009-09-21 22:01:27.430	42.733	12.475	3.08	3.01	BOLLSI
2009-09-21 17:07:56.270	42.720	12.470	10.00	2.07	BOLLSI

2009-08-31 17:23:59.920	42.477	12.693	7.03	2.06	BOLLSI
2009-08-25 21:46:00.590	42.481	12.696	8.02	2.07	BOLLSI
2009-08-16 07:11:25.770	42.469	12.703	5.08	3.00	BOLLSI
2009-06-09 20:40:04.480	42.570	12.549	7.06	2.06	BOLLSI
2009-04-22 12:32:25.310	42.576	12.833	8.09	3.06	BOLLSI
2008-12-07 22:57:50.320	42.568	12.700	8.05	2.07	BOLLSI
2008-10-12 06:58:47.530	42.741	12.568	7.00	2.06	BOLLSI
2008-10-11 18:55:41.320	42.740	12.564	4.09	2.07	BOLLSI
2008-09-15 13:07:49.780	42.743	12.752	6.06	2.05	BOLLSI
2007-11-11 09:07:24.390	42.641	12.710	10.00	2.05	BOLLSI
2007-09-27 14:16:39.980	42.432	12.598	8.01	2.06	BOLLSI
2007-08-30 14:42:46.210	42.684	12.730	10.09	2.07	BOLLSI
2006-11-24 08:03:52.880	42.444	12.875	8.01	2.05	BOLLSI
2006-11-05 16:57:35.170	42.742	12.763	3.03	2.06	BOLLSI
2006-11-02 11:27:38.390	42.735	12.762	10.00	2.06	BOLLSI
2006-07-08 02:27:24.220	42.610	12.572	8.08	2.08	BOLLSI
2006-06-24 07:16:34.420	42.616	12.548	5.03	3.01	BOLLSI
2006-06-24 06:35:04.570	42.618	12.551	2.06	3.02	BOLLSI
2006-06-23 19:21:37.510	42.629	12.552	2.01	2.08	BOLLSI
2006-06-22 00:31:59.390	42.623	12.556	4.06	3.00	BOLLSI
2006-05-16 21:02:51.810	42.624	12.560	6.03	3.06	BOLLSI
2006-05-01 15:59:14.880	42.619	12.555	10.00	2.08	BOLLSI
2006-04-24 23:48:58.230	42.625	12.559	5.08	2.05	BOLLSI
2006-03-31 22:48:08.330	42.730	12.779	6.01	3.00	BOLLSI
2006-02-24 00:48:04.190	42.733	12.758	5.09	2.05	BOLLSI
2006-01-05 17:30:39.210	42.744	12.756	4.08	3.06	BOLLSI
2005-12-18 08:06:48.300	42.738	12.753	9.08	3.05	BOLLSI
2005-12-16 20:12:37.780	42.735	12.745	6.05	3.04	BOLLSI
2005-12-16 01:07:47.430	42.745	12.761	6.09	2.06	BOLLSI
2005-12-15 13:28:39.590	42.738	12.760	18.04	4.02	BOLLSI
2005-12-13 07:12:12.800	42.746	12.756	10.05	3.00	BOLLSI
2005-06-27 02:43:05.740	42.697	12.584	19.01	2.08	BOLLSI

Catalogo ISIDE:
Epicentri sismi dal 2005 alla data odierna 16/1/2013 dal Ml 2.5 a Ml 6.0 raggio di 30 Km intorno alla città di Terni

#Data Da: 2000/01/01 A: 2013/01/16
#Area Comune: TERNI Distanza (km): 30.0
#Magnitudo Min: 2.5 Max: 6.0 Tipo: Mag pref
#Profondità (km) Min: ND Max: ND
#Terremoti totali: 68

#Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
2012-09-17 23:54:39.000	42.549	12.910	13.08	2.06	SISBAS
2012-09-17 19:46:55.000	42.550	12.920	10.01	2.06	SISBAS
2012-04-30 21:53:10.400	42.323	12.844	10.09	2.08	BOLLSI
2012-02-01 01:10:41.160	42.461	12.750	8.06	2.08	BOLLSI
2011-07-13 09:55:12.310	42.439	12.706	6.09	3.08	BOLLSI
2011-07-13 03:37:31.180	42.453	12.708	8.00	3.00	BOLLSI
2011-01-21 12:07:48.790	42.448	12.624	5.00	2.05	BOLLSI
2011-01-19 14:06:58.440	42.589	12.578	7.00	3.00	BOLLSI
2010-12-05 20:54:44.570	42.790	13.003	8.01	3.00	BOLLSI

2010-10-13 20:35:20.410	42.626	12.749	10.06	3.00	BOLLSI
2010-08-29 10:11:17.870	42.832	12.664	5.03	3.01	BOLLSI
2010-08-28 19:43:52.010	42.834	12.662	7.07	3.01	BOLLSI
2010-08-28 09:24:52.530	42.820	12.662	3.02	2.07	BOLLSI
2010-08-28 07:08:03.250	42.834	12.654	6.07	4.01	BOLLSI
2010-06-20 15:56:01.510	42.804	12.732	6.05	2.08	BOLLSI
2010-03-25 13:13:16.760	42.670	12.707	6.07	2.07	BOLLSI
2010-03-07 16:59:51.420	42.756	12.546	8.00	2.07	BOLLSI
2009-12-26 02:08:10.430	42.748	12.573	4.06	2.08	BOLLSI
2009-12-15 17:58:33.400	42.777	12.730	5.08	2.09	BOLLSI
2009-09-21 22:01:27.430	42.733	12.475	3.08	3.01	BOLLSI
2009-09-21 17:07:56.270	42.720	12.470	10.00	2.07	BOLLSI
2009-08-31 17:23:59.920	42.477	12.693	7.03	2.06	BOLLSI
2009-08-25 21:46:00.590	42.481	12.696	8.02	2.07	BOLLSI
2009-08-16 07:11:25.770	42.469	12.703	5.08	3.00	BOLLSI
2009-06-09 20:40:04.480	42.570	12.549	7.06	2.06	BOLLSI
2009-04-22 12:32:25.310	42.576	12.833	8.09	3.06	BOLLSI
2009-03-05 18:55:46.390	42.366	12.662	14.07	2.05	BOLLSI
2009-01-02 22:54:05.580	42.661	12.985	9.03	2.07	BOLLSI
2008-12-07 22:57:50.320	42.568	12.700	8.05	2.07	BOLLSI
2008-10-27 07:06:05.410	42.405	12.964	9.03	2.07	BOLLSI
2008-10-12 06:58:47.530	42.741	12.568	7.00	2.06	BOLLSI
2008-10-11 18:55:41.320	42.740	12.564	4.09	2.07	BOLLSI
2008-09-15 13:07:49.780	42.743	12.752	6.06	2.05	BOLLSI
2008-05-05 12:36:04.270	42.778	12.764	5.05	2.05	BOLLSI
2008-01-02 09:04:47.080	42.384	12.879	8.06	2.09	BOLLSI
2007-11-11 09:07:24.390	42.641	12.710	10.00	2.05	BOLLSI
2007-10-25 09:15:47.780	42.393	12.992	7.07	2.09	BOLLSI
2007-10-25 07:38:58.040	42.389	12.986	9.01	2.09	BOLLSI
2007-10-25 07:36:18.680	42.385	12.993	8.04	2.08	BOLLSI
2007-10-21 03:55:36.430	42.401	12.963	8.00	3.09	BOLLSI
2007-09-27 14:16:39.980	42.432	12.598	8.01	2.06	BOLLSI
2007-08-30 14:42:46.210	42.684	12.730	10.09	2.07	BOLLSI
2006-11-24 08:03:52.880	42.444	12.875	8.01	2.05	BOLLSI
2006-11-05 16:57:35.170	42.742	12.763	3.03	2.06	BOLLSI
2006-11-02 11:27:38.390	42.735	12.762	10.00	2.06	BOLLSI
2006-10-17 21:22:31.170	42.395	12.943	9.02	2.09	BOLLSI
2006-07-08 02:27:24.220	42.610	12.572	8.08	2.08	BOLLSI
2006-06-24 07:16:34.420	42.616	12.548	5.03	3.01	BOLLSI
2006-06-24 06:35:04.570	42.618	12.551	2.06	3.02	BOLLSI
2006-06-23 19:21:37.510	42.629	12.552	2.01	2.08	BOLLSI
2006-06-22 00:31:59.390	42.623	12.556	4.06	3.00	BOLLSI
2006-05-16 21:02:51.810	42.624	12.560	6.03	3.06	BOLLSI
2006-05-01 15:59:14.880	42.619	12.555	10.00	2.08	BOLLSI
2006-04-24 23:48:58.230	42.625	12.559	5.08	2.05	BOLLSI
2006-03-31 22:48:08.330	42.730	12.779	6.01	3.00	BOLLSI
2006-02-24 00:48:04.190	42.733	12.758	5.09	2.05	BOLLSI

2006-02-09 05:55:48.380	42.756	12.797	7.05	2.09	BOLLSI
2006-02-09 01:01:07.730	42.760	12.803	6.08	3.01	BOLLSI
2006-01-05 17:30:39.210	42.744	12.756	4.08	3.06	BOLLSI
2005-12-18 08:06:48.300	42.738	12.753	9.08	3.05	BOLLSI
2005-12-16 20:12:37.780	42.735	12.745	6.05	3.04	BOLLSI
2005-12-16 01:07:47.430	42.745	12.761	6.09	2.06	BOLLSI
2005-12-15 17:57:14.260	42.751	12.784	21.05	2.06	BOLLSI
2005-12-15 13:28:39.590	42.738	12.760	18.04	4.02	BOLLSI
2005-12-15 06:00:32.810	42.748	12.773	19.03	3.03	BOLLSI
2005-12-13 07:12:12.800	42.746	12.756	10.05	3.00	BOLLSI
2005-12-11 01:51:21.850	42.749	12.766	7.09	2.06	BOLLSI
2005-06-27 02:43:05.740	42.697	12.584	19.01	2.08	BOLLSI

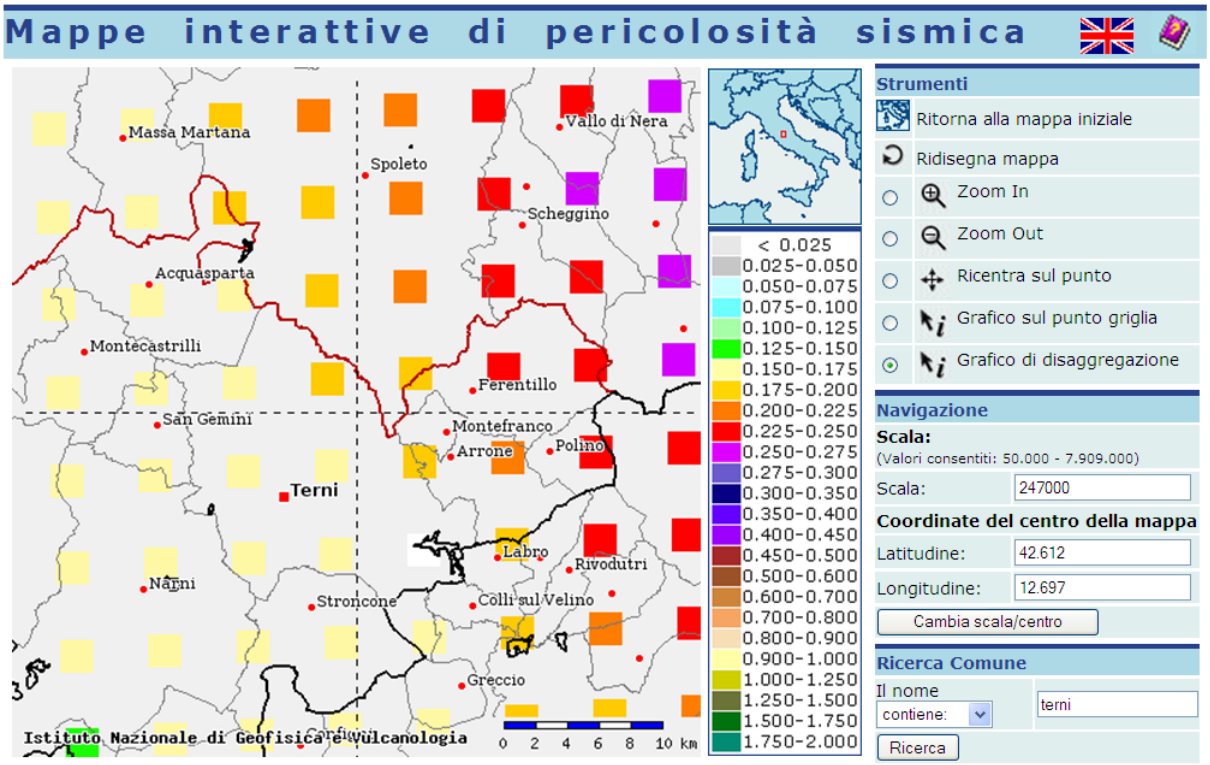
Come è possibile notare dal database ISIDE, allargando la ricerca dei terremoti intorno alla città di Terni da 20 Km di raggio a 30 Km, il numero dei records di sismi ottenuti cresce sensibilmente; nonostante la ricerca sia limitata ad un arco temporale relativamente ristretto – 8 anni, e per fortuna con assenza di sismi rilevanti, tutti inferiori a 4, si sono ottenuti 68 registrazioni strumentali di terremoti. Dalla mappa di ubicazione degli epicentri - su base aerea *Google* – si nota come siano ricompresi anche sismi generati dalle aree di Norcia, Leonessa e Antrodoco, quindi con eventi di magnitudo locale Ml > di 4.0 (4.01 del 28/08/2010) precedentemente non ricompreso nella prima ricerca entro 20 Km di raggio. Nell'arco temporale estraibile da ISIDE si nota un'elevata concentrazione di epicentri nella zona tra Cesi e Sangemini, relativa ad una piccola sequenza sismica nel 2006, ma anche nell'area della città di Spoleto ed altri sull'asse della Catena Sabina in vicinanza di Stroncone.
Gli eventi sismici del 2006 tra Cesi e S.Gemini sono ascrivibili all'attività della Faglia bordiera Martana, a carattere distensivo o trastensivo, mentre i terremoti di Spoleto si ricollegano all'attività della "faglia di Spoleto", sistema tettonico ubicato al bordo meridionale della Valle Umbra. Gli epicentri sono allineati secondo un asse SSW-NNE coerentemente alla direzione delle zone sismo genetiche 919, 920 e 923. Un altro interessante dato emerge osservando l'allineamento (circa NS) tra i terremoti dei m.ti Sabini a sud e quelli della Valserra poco a nord di Terni. Si determina così un lineamento di circa 20-30 Km di lunghezza corrispondente all'asse della faglia Sabina, nota in letteratura geologica come faglia ad attività recente (intervallo Pleistocene medio 450 Ka – Attuale) con cinematismo trastensivo e distensivo, di importanza regionale.

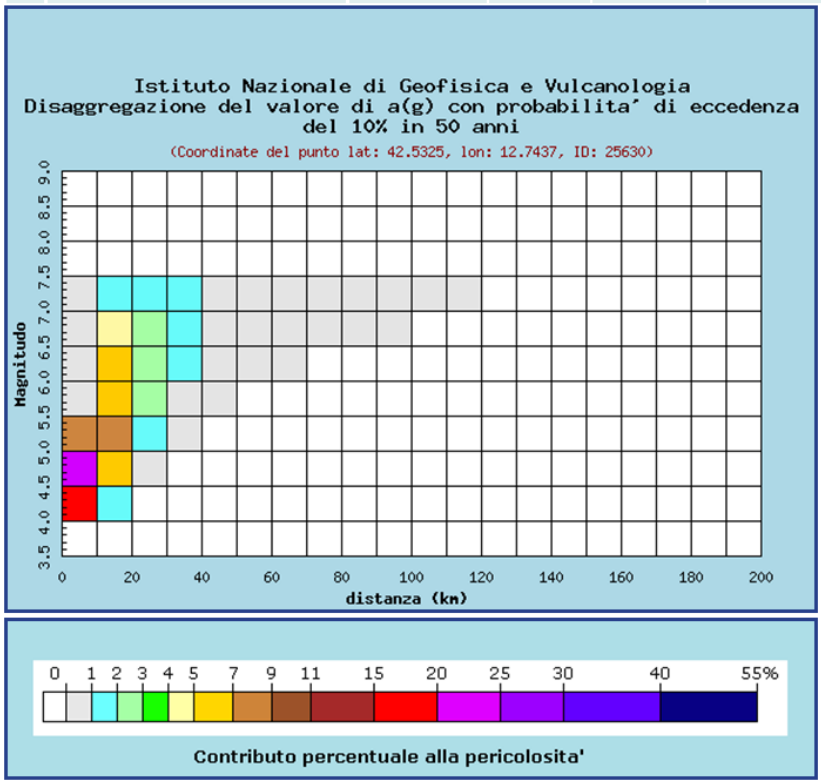
DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare il contributo di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La disaggregazione in termini di Magnitudo - R (distanza), fornisce quindi il sisma che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) e tale terremoto è quello inteso come evento di magnitudo M e a distanza R che più contribuisce alla pericolosità sismica del sito in questione.

Questo procedimento quindi consente di determinare, nelle modellazioni numeriche, i corretti accelerogrammi di riferimento.


Mappe interattive di pericolosità sismica
Massa Martana
Spoleto
Vallo di Nera
Scheggino
Acquasparta
Montecastrilli
Ferentillo
San Gemini
Montefranco
Arrone
Polino
Terni
Labro
Rivodutri
Narni
Stroncone
Colli sul Velino
Greccio
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 2 4 6 8 10 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000
Strumenti
Ritorna alla mappa iniziale
Ridisegna mappa
Zoom In
Zoom Out
Ricentra sul punto
Grafico sul punto griglia
Grafico di disaggregazione
Navigazione
Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)
Scala: 247000
Coordinate del centro della mappa
Latitudine: 42.612
Longitudine: 12.697
Cambia scala/centro
Ricerca Comune
Il nome contiene: terni
Ricerca
Selezione mappa
Visualizza punti della griglia riferiti a:
Parametro dello scuotimento: a(g)
Probabilità in 50 anni: 10%
Percentile: 50
Periodo spettrale (sec):
Ridisegna mappa


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 42.5325, lon: 12.7437, ID: 25630)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.5325, lon: 12.7437, ID: 25630)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	16.600	23.500	8.840	0.396	0.287	0.172	0.068	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.620	5.890	7.130	5.990	5.580	4.150	1.980	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.103	1.120	2.150	2.910	2.740	1.680	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.023	0.485	1.160	1.410	1.070	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.403	0.703	0.640	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.088	0.341	0.379	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.091	0.134	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.056	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.026	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.350	12.500	1.220

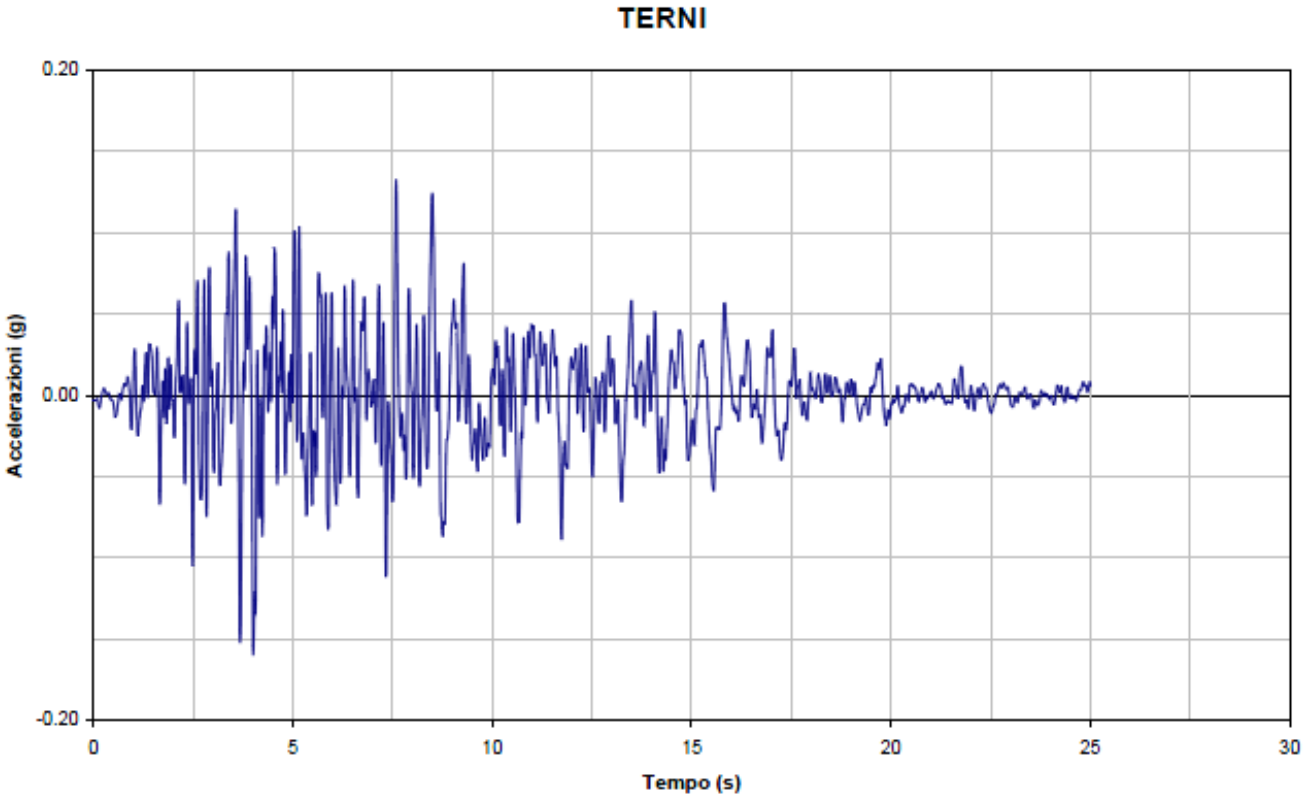
Il procedimento della disaggregazione sismica eseguito inserendo la località Terni ha fornito i seguenti valori di Magnitudo attesa: M = 5.35, e distanza R = 12.5 Km, quindi la massima pericolosità è determinata da un potenziale terremoto con tempo di ritorno 50 Anni, con magnitudo **M = 5.35 e da una sorgente sismica a distanza R = 12.5 Km.**

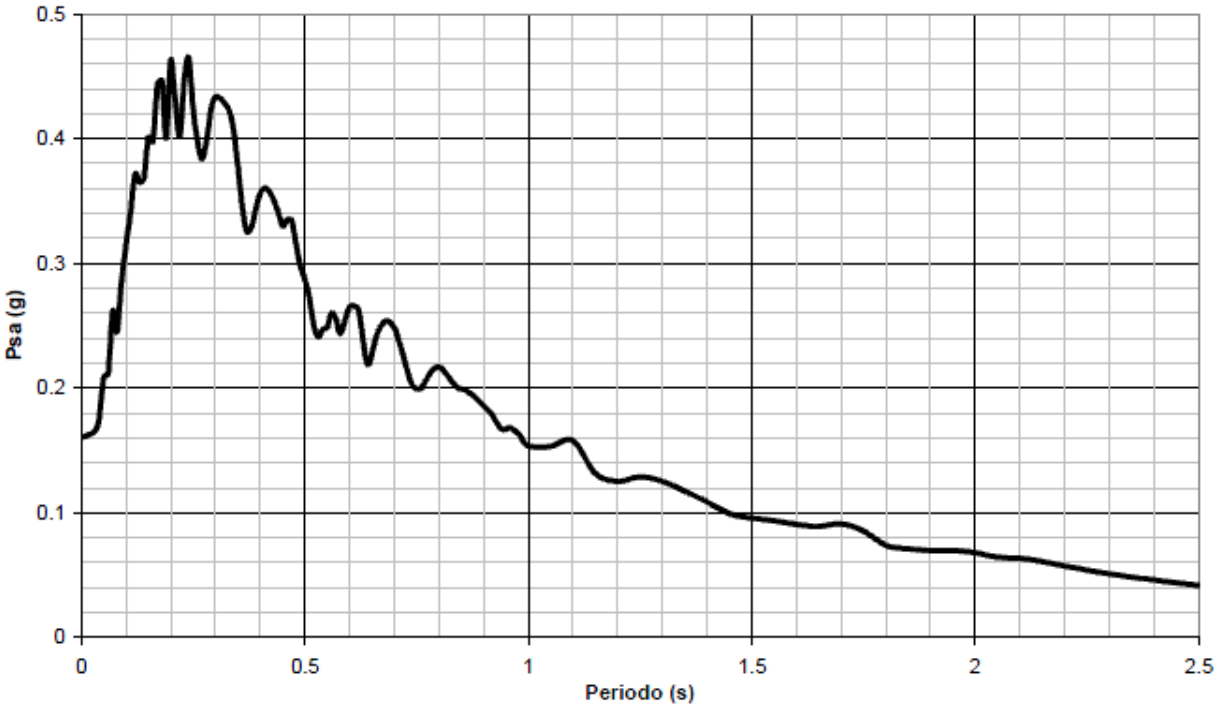
MOTO DI INPUT

Dall'analisi della pericolosità sismica eseguita per la città di Terni con il metodo della *disaggregazione sismica* (vedi paragrafo precedente), è possibile determinare il moto di imput sismico di riferimento per il sito del Piano Attuativo in oggetto. Dal procedimento prima descritto s**i è ottenuto una Magnitudo di riferimento 5.35 e con sorgente sismica a 12.5 Km di distanza.** Ora considerando che l'area del PA è ubicata nella zona NE del comune, quindi più vicino alle sorgenti appenniniche più pericolose dell'area, si ritiene ancora utile e cautelativo indicare come accelerogramma di riferimento quello utilizzato dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale di Milano in occasione degli studi di MSS dell'area Terni-Narni-Stroncone e anche per il completamento della MSS di Terni. Questo accelerogramma è infatti determinato da un sisma di Magnitudo di 5.5 ed una distanza epicentrale più vicina ancora, pari a 7 Km, sebbene ottenuto da un catalogo parametrico dei terremori italiani aggiornato al 1999 (CPTI 1999- vedi sotto), mentre la ricerca storica sopra commentata è aggiornata al 2011 (CPTI 2011) ed il successivo utilizzo del programma REXEL 3.5 utilizza diversi databese tutti più recenti come data di aggiornamento. Comunque la procedura di individuazione dell'accelerogramma eseguita

è ancora valida; si sono infatti definiti i parametri di scuotimento del terreno attesi, su sito rigido, aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno equivalente = 475 anni), così come raccomandato dalla DGR 377/2010 e anche dalle NTC08 - D.M. 14.01.2008 edal le linee guida del DPC-sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica").

Quindi il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato in molte normative internazionali (tra cui anche l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1, 1994), a fini di classificazione sismica. I risultati di dette analisi consistono in spettri a pericolosità uniforme in pseudoaccelerazione con il 5% dello smorzamento critico. La scelta degli spettri a pericolosità uniforme anziché di quello deterministico con pari periodo di ritorno, è stata dettata dalla impossibilità di separare all'interno della zona sismogenetica il contributo di ciascuna singola struttura, e pertanto si è ritenuto più corretto utilizzare il contributo cumulato, su base probabilistica, della scuotibilità derivante da tutte le potenziali sorgenti esistenti nell'area.
In particolare utilizzando il catalogo dei terremoti (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999), le zone sismogenetiche (Scandone, 1999) e leggi di attenuazione (Sabetta e Pugliese, 1996), si sono ottenuti per il centro oggetto di indagine i valori attesi di picco di accelerazione (Pga), picco di velocità (Pgv), Arias Intensity (Ai), durata dell'evento (d), ordinate spettrali per i vari periodi, in termini di pseudovelocità (Psv) al 5% dello smorzamento critico (da relazione del politecnico di milano per il completamento degli studi di MS per la città di Teni).
A partire dagli spettri ottenuti sono stati generati accelerogrammi sintetici (Sabetta e Pugliese, 1996), fissata la magnitudo e distanza compatibile con la Pga ottenuta dall'analisi precedente.
In particolare si è ottenuto uno spettro in pseudoaccelerazione e un relativo accelerogramma per il sito, considerando un evento con magnitudo 5.5 e distanza epicentrale 7.0 km.





Spettro utilizzato per il sito di Terni dal Politecnico di Milano in occasione degli studi di MSS del posto sisma di Narni (16.12.2000 e per il completamento degli studi di microzonazione sismica del PRG di Terni (2002-2004).

I risultati delle analisi sono stati riassunti in una serie di spettri elastici in pseudo accelerazione calcolati per ciascuna stratigrafia tipo (stratigrafie individuate per le varie zone della città). Per ogni spettro elastico è stata calcolata l'intensità spettrale (SI) nell'intervallo 0.1-0.5 s, assunto come rappresentativo del periodo proprio delle tipologie di edifici presenti nell'area e nell'intervallo 0.1-2.5 s come definito da

Housner (1952). L'intensità spettrale è stata calcolata sugli spettri in pseudovelocità (PSV) al 5% dello smorzamento critico ξ:

$$SI\ (PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi)\, dT$$

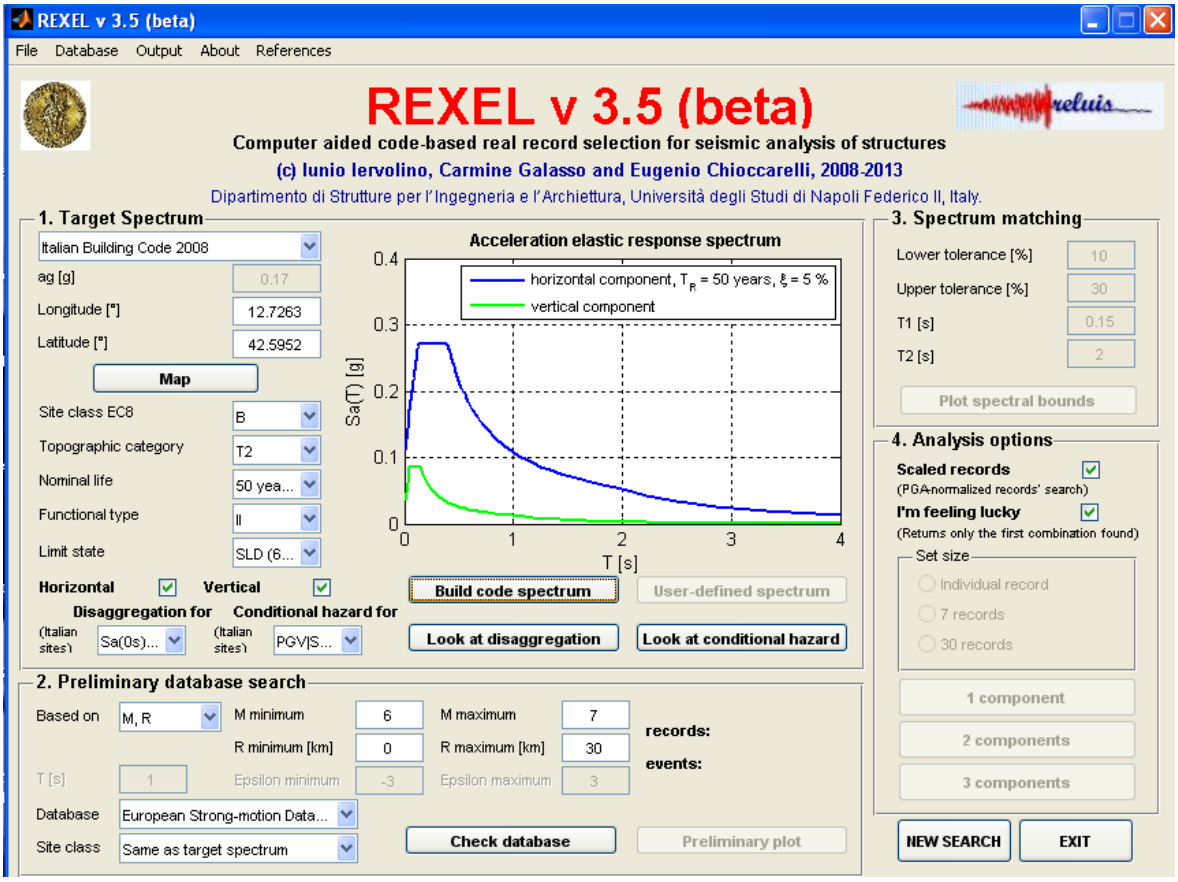
Sono stati quindi calcolati i rapporti tra l'intensità spettrale calcolata per ciascuna colonna stratigrafica analizzata e l'intensità spettrale dello spettro di
input. Questo rapporto (*Fa*) definisce il fattore di amplificazione legato agli effetti di sito, da valutare comunque caso per caso per ogni intervento edilizio, considerato anche il fattore topografico oltre a quello stratigrafico.
I valori del *Fa* per intervalli di periodo devono essere compresi tra 0.1-0.5 s e 0.1-2.5 s. nel successivo paragrafo, l'uso del programma REXEL 3.5 permetterà di individuare una serie di accelerogrammi di riferimento (non scalati) per l'area in questione con un intervallo di periodo T compreso tra 0.1 e 2 s (NTC 08 3.2.3.6 Impiego di accelerogrammi).

DEFINIZIONE DELLO SPETTRO TARGET [TARGET SPECTRUM]

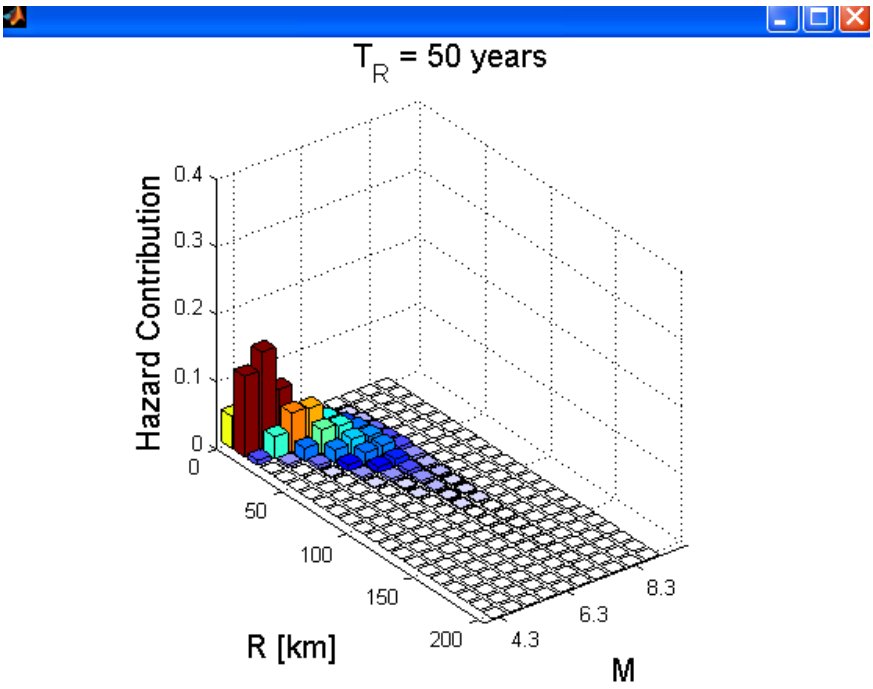
Il software REXEL* v 3.5 beta permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC - CS.LL.PP., 2008), dell'Eurocodice 8 (EC8 – CEN, 2003), dell' ASCE/SEI 7-05 (ASCE, 2006) o completamente definiti dall'utente; le combinazioni trovate possono anche rispecchiare caratteristiche di sorgente di interesse. Le combinazioni, come discusso sotto, sono anche quelle che minimizzano la dispersione degli spettri singoli rispetto allo spettro obiettivo.
I database inclusi nel software sono lo European Strong-motion Database (ESD), (aggiornato a luglio 2007) scaricabile dal sito internet http://www.isesd.cv.ic.ac.uk, l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) (aggiornato ad ottobre 2010) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), scaricabile dal sito internet http://itaca.mi.ingv.it e il database contenente Selected Input Motions for displacement-Based Assessment and Design (SIMBAD v 3.0) (aggiornato a gennaio 2013) di Smerzini e Paolucci (2011) sviluppato nell'ambito della Linea 1.2 (Sviluppo di approcci agli spostamenti per la valutazione della vulnerabilità), Task 1.2.1 (Principi, Aspetti Generali, Azioni) del progetto ReLUIS 2010-2013 (http://www.reluis.it/).
Nei primi due casi si fa riferimento a registrazioni di terremoti con magnitudo maggiore di 4 e in condizioni di free-field. Nel caso di ITACA la classificazione del suolo secondo l'Eurocodice 8 fa riferimento ai risultati del task 2 del Progetto S4 dell'INGV http://esse4.mi.ingv.it/ e può essere aggiornata in futuro. Il database SIMBAD fa riferimento a registrazioni di terremoti mondiali con magnitudo non minore di 5 e distanza epicentrale non maggiore di 30 km.

**Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339–362.*

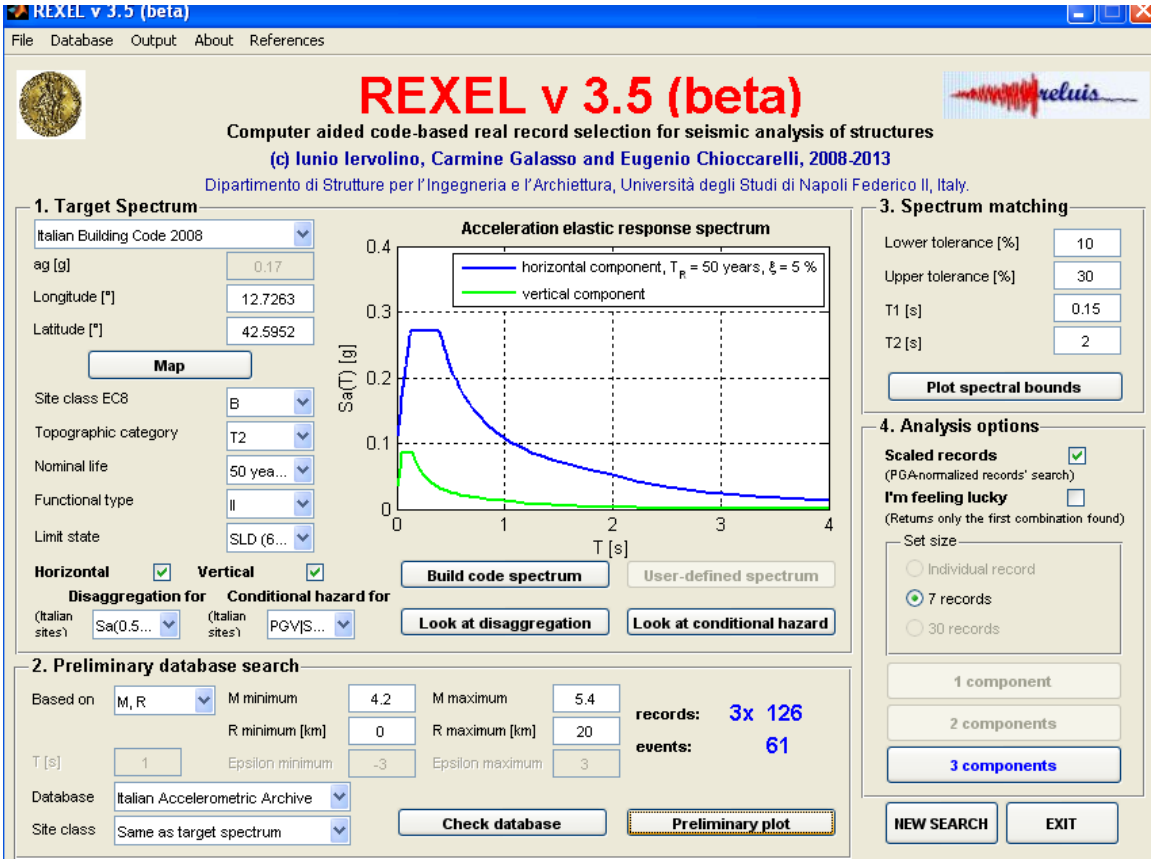
Dati di imput: lat 42.5952 long 12.7263, categoria di suolo B, categoria topografica T2 (Pendii con inclinazione media i > 15°), vita nominale struttura 50 anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza Normale), classe d'uso II, (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente), stato limite danno SLD.



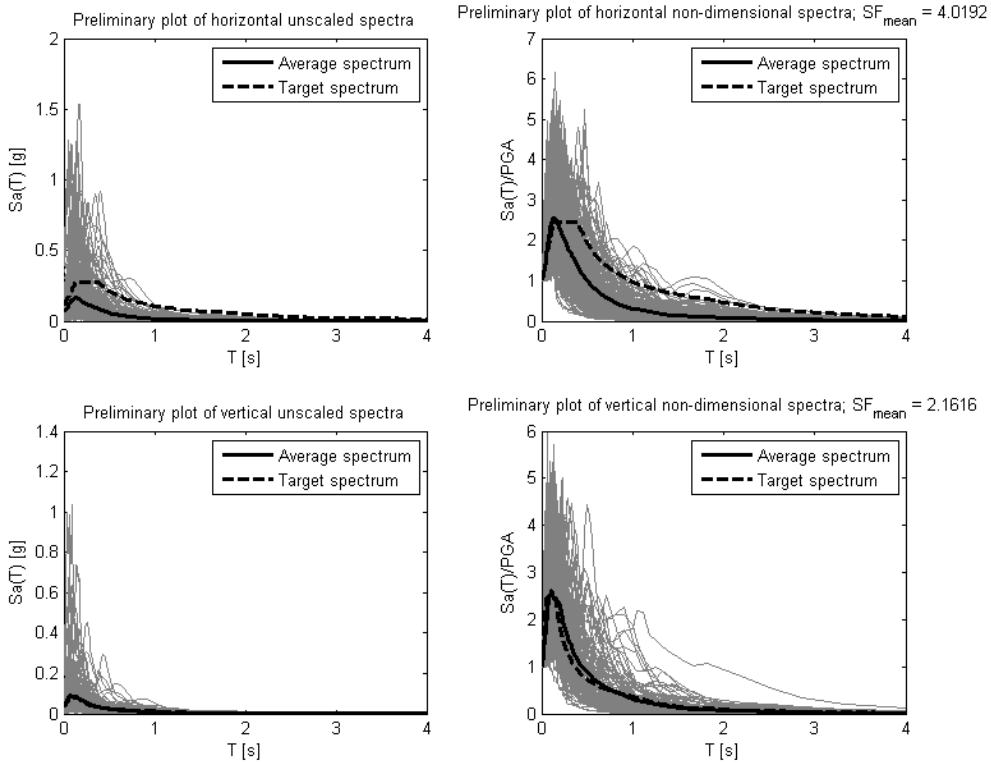
La schermata alla pagina precedente riporta il valore e l'andamento dei valori di componenti orizzontali e verticali dell'accelerazione sismica con tempo di ritorno Tr = 50 anni. La successiva fase di analisi della pericolosità sismica mediante disaggregazione, con periodo T 0.5 s, e per analoghe condizioni di rischio di pgv, ha fornito la sotto indicata grafica.



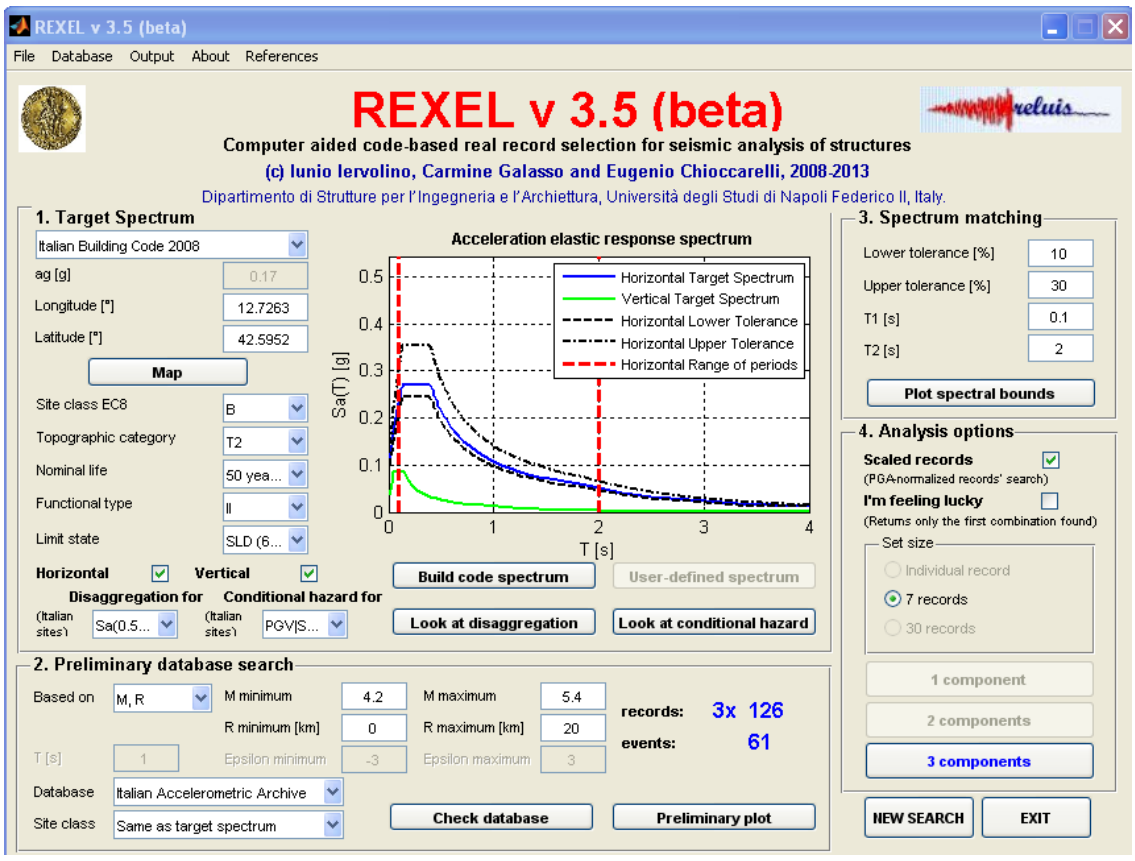
Realizzando la ricerca degli eventi sismici di riferimento, secondo M magnitudo ed R distanza, e come database l'archivio accelerometrico italiano, M minimo 4.2 e M max 5.4, ha fornito ben 3 x 126 records riferiti a 61 eventi sismici (vedi sotto).



Il plottaggio preliminare di questa selezione di eventi ha fornito i sotto indicati spettri orizzontali e verticali preliminari non scalati, per la classe di suolo B prima selezionata. L'elevato numero di records di accelerogrammi, riferiti a 61 eventi, non permette un agevole utilizzo del software, quando si tratta di determinare gli spettri scalati a 1, 2 o 3 componenti (frequentemente si blocca il pc e non si ottengono accelerogrammi). La ricerca andrebbe quindi eseguita su un numero ristretto di eventi.



La schermata seguente è relativa al passaggio 3, dove è stato eseguito il procedimento di selezione del periodo di riferimento dell'accelerogramma, tra 0,1 e 2 s, in accordo alle indicazioni delle NTC 2008.



UTILIZZO DEGLI ABACHI NAZIONALI PER LA DETERMINAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOSTRATIGRAFICI

Il livello 2 prevede l'impiego di parametri che quantificano la variazione del moto sismico in superficie e che sono determinabili con metodi semplificati. Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. Le amplificazioni sono espresse attraverso due fattori di amplificazione (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV). Nel seguito viene descritta una applicazione della metodologia riportata nel capitolo 2.5 delle linee guida del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, parte III (sett. 2008). Gli abachi allegati sono realizzati sintetizzando i risultati di analisi numeriche mono-dimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio effettuate con il programma SHAKE91 (Idriss e Sun, 1992). Tali analisi sono di tipo non lineare equivalente e sono condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente, poggianti su un semispazio.

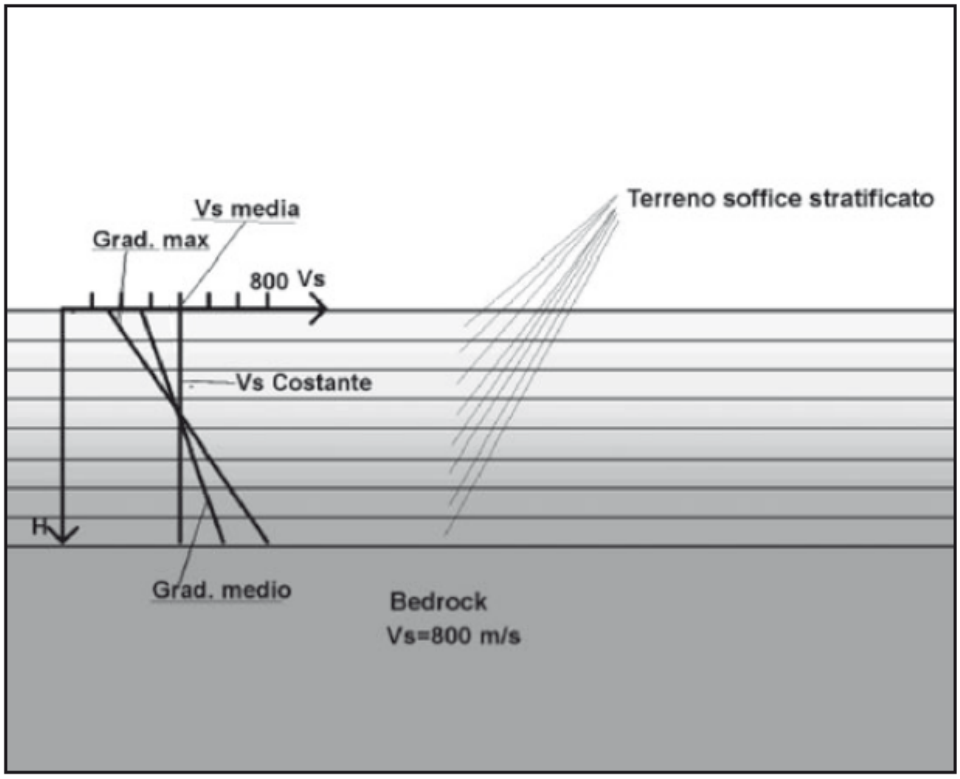


Figura 3.2.1 - Modello del sottosuolo e profili di velocità considerati.

MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello di sottosuolo si riferisce a un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido avente Vs = 800 m/s (bedrock sismico). Il deposito, qualunque sia lo spessore complessivo, è stato diviso in 50 sublayer di spessore costante (es. se lo spessore totale del deposito è 25 m, lo spessore di ciascun sublayer è di 0.50 m; se lo spessore del deposito è di 100 m, lo spessore dei sublayer è di 2 m). Questa suddivisione consente di descrivere con sufficiente dettaglio la variazione del profilo di rigidezza dei terreni soffici lungo la verticale nel campo di profondità indagato per la redazione degli abachi.

SPESSORE DEL DEPOSITO
Lo spessore totale del deposito di terreni soffici (H) varia nei calcoli da 5 a 150 m, per un totale di 19 valori:
H = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 m.

Velocità media del deposito e profili di velocità
La velocità equivalente del deposito di terreni soffici (VsH) copre l'intervallo tra 100 e 700 m/s per un totale di 10 valori:
VsH = 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700 m/s.

Per ognuno dei suddetti valori di velocità equivalente VsH, sono stati considerati 3 diversi profili di velocità per lo spessore del deposito (Figura 3.2.1):
• Profilo 1 - velocità costante (VsH) lungo tutto lo spessore del deposito

• Profilo 2 - velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo compatibile con i seguenti limiti:
− la Vs alla base del deposito non deve superare gli 800 m/s
− la Vs in superficie non deve essere inferiore a 50 m/s
Al fine di verificare che il gradiente determinato porti effettivamente alla velocità equivalente scelta, è stata utilizzata la seguente espressione che mette in relazione la Vi (velocità dell'iesimo strato) con la VsH (velocità equivalente del deposito)

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,50} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:
H è lo spessore totale del deposito e *hi* indica lo spessore (in metri) dello strato i-esimo, variabile come già scritto.
Un procedimento iterativo permette di risolvere l'equazione e di determinare quindi i valori di *Vi*.

• **Profilo 3 - profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i 2 precedenti.**
Per costruire il profilo 3 si determina la velocità del primo strato (*Vs*1,3) come media fra la velocità equivalente *VsH* e la velocità nel primo strato corrispondente al gradiente massimo, come desunta dal profilo 2 (*Vs*1,2).

$$V_{s1,3} = \frac{V_{sH} + V_{s1,2}}{2}$$

Si procede analogamente per l'ultimo punto del deposito determinando la velocità alla base Vs50,3. Si verifica quindi quale sia il valore della velocità equivalente VsH corrispondente al profilo ottenuto congiungendo il punto Vs1,3 con il punto Vs50,3.
Si ottiene in genere uno scarto che consente di stabilire se il valore di Vs50,3 debba essere aumentato o diminuito.
Si innesca quindi un ciclo iterativo che viene arrestato quando lo scarto fra due valori successivi di velocità equivalente è inferiore alla tolleranza assunta (0.25 m/s).

Velocità del bedrock sismico
La velocità del bedrock sismico è fissata sempre uguale a 800 m/s.
Peso per unità di volume
Il peso per unità di volume è stato considerato costante per il deposito e per tutto lo spessore è pari a 18.00 kN/m^3 , mentre è pari a 20 kN/m^3 per il bedrock sismico.
Litotipi e curve di decadimento
Per il deposito sono stati considerati, 3 litotipi diversi (argille, sabbie e ghiaie), a ciascuno dei quali sono state associate curve di decremento del modulo di rigidezza a taglio (G/G0) con la deformazione (γ) e curve di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione (γ) tratte dalla letteratura. In particolare, per le argille sono utilizzate le curve di Vucetic e Dobry (1991), relative ad argille con indice di plasticità del 50%; per le sabbie si utilizzano le curve "medie" di Seed et al. (1986); per le ghiaie le curve di Rollins et al. (1998).
Valore efficace della deformazione di taglio γ
Ai fini dell utilizzo delle curve di decadimento è stata assunta una deformazione efficace pari al 60% del valore di picco.

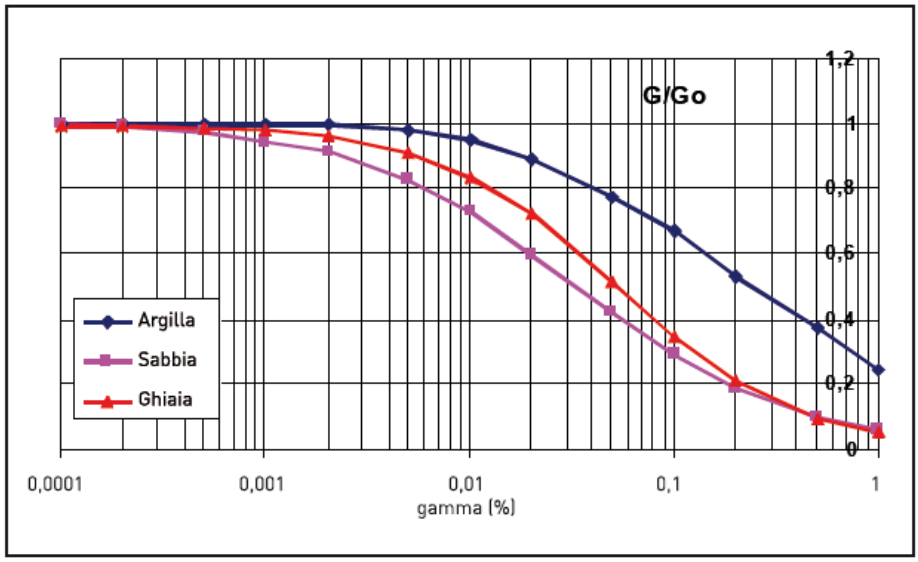


Figura 3.2-2 - Curve normalizzate di decadimento del modulo di taglio con la deformazione.

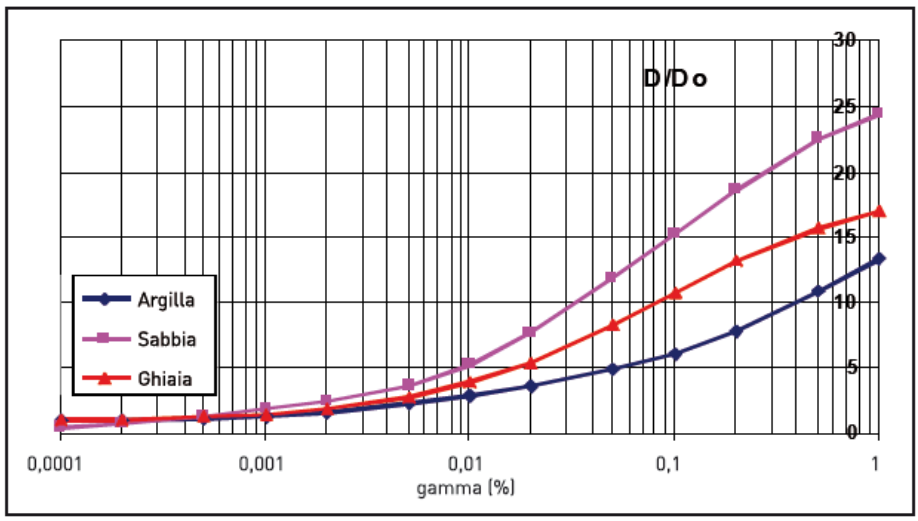


Figura 3.2-3 - Curve di variazione dello smorzamento relativo al critico.

Come input per le simulazioni si sono utilizzati 7 accelerogrammi artificiali spettro-compatibili con spettri medi derivati da studi di pericolosità e riferiti a 3 livelli di sismicità con accelerazioni di picco al suolo di 0.06g (bassa sismicità), **0.18g (media sismicità)** e 0.26g (alta sismicità).

Per il Piano Attuativo in oggetto si sono utilizzati gli abachi di riferimento per la determinazione dei fattori di amplificazione orizzontale e verticale (vedi gli abachi di riferimento per il sito in esame, come sotto riportati). I dati di imput secondo i quali si operata la successiva scelta dell'abaco di riferimento sono i seguenti.

Dati di imput

- Categoria di suolo di riferimento B (da NTC 2008)
- Situazione stratigrafica: depositi di ghiaie prevalenti di età pliocene superiore – Pleistecene inferiore, **spessore di prima ipotesi 40 m**, poggiante su bedrock.
- Velocità media del deposito 400 m/s
- • Profilo 3 - profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra il profilo di velocità costante e il profilo a velocità massima.

$V_{sH} =$ H/hi/Vsi = 40 m/40/400 = 400 ms

Dove H spessore totale del deposito 0 40
Hi spessore dello strato iesimo (pari a = 40 m)
Vsi velocita dello strato iesimo = 400 m/s

- Velocità del bedrock sismico 800 m/s.
- Vs_{30} di prima ipotesi 400 m/s (Vs_{30} come da NTC 2008).
- Peso unità di volume: costante per il deposito di ghiaie (pari a 18.00 kN/m^3) e per tutto lo spessore, mentre è pari a 20 kN/m^3 per il bedrock sismico.
- Litotipi e curve di decadimento, Valore efficace della deformazione di taglio γ come sopra indicato.
- livelli di sismicità con accelerazioni di picco al suolo pari a **0.18g (media sismicità), come per il comune di Terni.**

Fattore di amplificazione FA | **Tipo di terreno** Ghiaia | **a_g (g)** 0.18g | **Profilo di velocità** Lineare pendenza intermedia

H	$V_{s,H}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.47	1.91	1.70	1.51	1.30	1.16	1.09	1.05	1.02	1.01
10	-	2.39	2.14	1.79	1.56	1.38	1.26	1.18	1.08	1.03
15	-	2.22	2.19	1.99	1.78	1.58	1.43	1.30	1.14	1.05
20	-	1.90	2.08	1.99	1.80	1.65	1.50	1.38	1.19	1.07
25	-	1.63	1.87	1.90	1.77	1.65	1.51	1.41	1.23	1.09
30	-	1.57	1.68	1.73	1.71	1.61	1.51	1.40	1.22	1.10
35	-	-	1.62	1.65	1.59	1.57	1.47	1.38	1.22	1.09
40	-	-	1.60	1.59	1.53	1.47	1.43	1.35	1.21	1.09
50	-	-	1.47	1.52	1.46	1.38	1.33	1.27	1.17	1.07
60	-	-	1.37	1.47	1.42	1.35	1.29	1.23	1.13	1.04
70	-	-	1.25	1.34	1.38	1.32	1.27	1.21	1.10	1.01
80	-	-	1.13	1.26	1.29	1.29	1.23	1.19	1.08	1.00
90	-	-	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.17	1.07	0.99
100	-	-	1.02	1.13	1.19	1.19	1.19	1.15	1.06	0.98
110	-	-	0.98	1.11	1.15	1.17	1.14	1.13	1.04	0.97
120	-	-	0.92	1.06	1.11	1.11	1.12	1.09	1.03	0.96
130	-	-	0.87	1.00	1.08	1.09	1.09	1.06	1.02	0.95
140	-	-	0.85	0.96	1.04	1.06	1.07	1.05	0.99	0.94
150	-	-	0.80	0.92	1.00	1.02	1.04	1.02	0.97	0.93

Come è posibile evidenziare dall'uso dell'abaco per ghiaie, con a_g 0.18, spessore del deposito 40 m, profilo di velocità lineare a pendenza intermedia, Vs_h = 400 m/s, si ottengono per i soli effetti litostratigrafici un valore di Fattore di Amplificazione Fa orizzontale di 1.47 e dalla tabella successiva il valore di Fattore di amplificazione verticale Fv = 1.66.

Fattore di amplificazione FV | **Tipo di terreno** Ghiaia | **a_g (g)** 0.18g | **Profilo di velocità** Lineare pendenza intermedia

H	V_{sH} (m/s) 150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.25	1.10	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	-	1.73	1.22	1.12	1.08	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
15	-	2.36	1.73	1.36	1.18	1.12	1.08	1.06	1.03	1.01
20	-	2.70	2.15	1.66	1.38	1.21	1.14	1.10	1.05	1.02
25	-	2.72	2.36	1.94	1.58	1.37	1.22	1.15	1.07	1.03
30	-	2.67	2.51	2.07	1.74	1.50	1.33	1.21	1.10	1.04
35	-	-	2.50	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.12	1.04
40	-	-	2.44	2.25	1.93	1.66	1.47	1.33	1.15	1.05
50	-	-	2.34	2.19	1.98	1.78	1.59	1.42	1.20	1.08
60	-	-	2.19	2.11	1.95	1.76	1.61	1.47	1.23	1.09
70	-	-	2.14	2.00	1.89	1.75	1.60	1.46	1.24	1.10
80	-	-	1.99	1.96	1.81	1.69	1.58	1.46	1.26	1.11
90	-	-	1.87	1.89	1.75	1.63	1.54	1.45	1.25	1.11
100	-	-	1.85	1.81	1.72	1.59	1.50	1.41	1.25	1.11
110	-	-	1.83	1.72	1.66	1.56	1.47	1.38	1.24	1.10
120	-	-	1.81	1.69	1.63	1.53	1.43	1.36	1.21	1.08
130	-	-	1.76	1.67	1.55	1.50	1.41	1.33	1.20	1.06
140	-	-	1.73	1.67	1.55	1.45	1.40	1.30	1.18	1.06
150	-	-	1.71	1.65	1.53	1.41	1.36	1.28	1.16	1.05

E' comunque possibile valutare anche la corrispondenza tra Vs30 (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito); tale incrocio fornisce un valore di V_{sH} di 374 m/s. (vedi tabella 3.2.2 a seguire).

Tabella 3.2 2 - Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

H	V_{sH} (m/s) 150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.6	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

E’ inoltre possibile verificare le categorie di sottosuolo in funzione di Vs30, per il profilo a pendenza intemedia scelto per questo caso di analisi (vedi tab. 3.2.4 a seguire)

Tabella 3.2 4 - Categorie di sottosuolo in funzione dei valori di V_{s30} definiti nella Tabella 3.2 2 (profilo con pendenza intermedia).

	V_{s30} (m/s)										
	H	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	35	D	C	C	C	C	B	B	B	B	B
	40	D	C	C	C	C	B	B	B	B	B
	50	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	60	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	70	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	80	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	90	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	100	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	110	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
	120	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
	130	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
	140	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
	150	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B

CONCLUSIONI

I valori dei fattori di amplificazione sopra determinati sono ovviamente da considerarsi di primo riferimento, considerando che sono state fatte assunzioni sugli spessori e velocità del deposito conglomeratico che può ovviamente variare in funzione dello stato di addensamento. Nell’area di P.A. si riscontrano per esempio frequenti aumenti di spessore del deposito ghiaioso, fino a 100 m, ed in queste condizioni i valori di Fa e Fv diminuiscono fino al valore minimo prossimi a 1. Analogamente sulle velocità del deposito si possono avere range compresi tra 300 e 700 m/s ed anche più elevate, specie nelle zone contraddistinte da bancate cementate, o inversioni di velocità se presenti intercalazioni sabbiose o limose con spessori superiori a 3-5 m, quest’ultimi frequentemente intercalati nel deposito dei Conglomerati di Montefranco. Per esperienza dello scrivente l’assetto geologico e stratigrafico dell’areadi studio vede per lo più spessori elevati di depositi ghiaiosi (>50 m) poggianti su bedrock, dove le proprietà geotecniche e sismiche dei terreni di copertura sono gradualmente crescenti con la profondità e senza evidenti contrasti di impedenza sismica. Queste infatti sono le situazioni tipiche dei suoli di categoria C o B delle NTC 2008. Vero è che vi sono però zone dove gli spessori sono inferiori a 30 m, laddove il deposito di ghiaie è eroso e lascia in affioramento i calcari, o dove sono presenti coltri di detriti e colluvi, ed in questo caso andrebbe investigata la situazione sismostratigrafica e gli spessori relativi caso per caso di intervento edilizio.

Non ultimi devono poi essere considerati anche gli effetti topografici di amplificazione simica, ma anche in questo caso deve essere valutata ad hoc la conformazione topografica.

il Funzionario Tecnico

Dott. Geol. Paolo Paccara