

predisposti nell'ambito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, d'intesa con il prof. Vincenzo Petrini, relatore sul tema "Azione sismica e criteri generali per la definizione della pericolosità e della classificazione" (Bologna, 19 giugno 2008)

## **1. ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA**

### ***1.1 INTRODUZIONE***

Per analisi di pericolosità sismica si intende una procedura che consente di determinare il livello di scuotimento, cioè l'entità del moto del suolo, che è lecito attendersi in una determinata area. A tal fine si utilizzano conoscenze di geologia strutturale e dati sulla sismicità storica.

Tutte le metodologie utilizzate per tale tipo di analisi sono caratterizzate da tre elementi fondamentali:

- il catalogo degli eventi sismici;
- la zonazione sismogenetica;
- le leggi di attenuazione.

La definizione di questi elementi, e l'assunzione di ulteriori ipotesi di base, fa sì che nel tempo si siano affinate numerose e differenti procedure per effettuare un'analisi di pericolosità. Per questo motivo, anche la sola lettura dei risultati di tali procedure richiede un'attenzione critica per poter considerare le incertezze connesse con le scelte fatte per la sua realizzazione.

Tra le procedure e le ipotesi che vengono di seguito illustrate, si pone una particolare attenzione ai passi seguiti nella redazione della nuova mappa di pericolosità del territorio nazionale del 2004 (Gruppo di Lavoro, 2004) che brevemente verrà citata come "mappa di pericolosità 2004".

### ***1.2 DATI DI BASE***

#### **1.2.1 Il catalogo**

I dati di sismicità, necessari per le applicazioni delle diverse procedure utilizzate per le analisi di pericolosità, sono raccolti in appositi cataloghi redatti secondo diverse ipotesi. La versione utilizzata per la redazione della mappa di pericolosità 2004 è il catalogo CPTI04 (citato anche come CPTI2) che riporta gli eventi compresi nell'arco temporale dall'anno 217 a.c. all'anno 2002. Di ciascuno degli eventi considerati viene data una serie di informazioni (Tabelle 1 e 2) tra le quali sono essenziali gli indicatori di severità: l'intensità epicentrale e la magnitudo, anche se quest'ultima è ricavata con apposite formule di trasformazione dall'intensità per i terremoti non recenti. Per tutti i terremoti il catalogo fornisce tre diversi valori di magnitudo: la magnitudo momento  $M_w$ , la magnitudo delle onde superficiali  $M_s$  e una variazione di quest'ultima  $M_{sp}$ . La presenza di tre diversi valori è dovuta al fatto che le varie leggi di attenuazione, descritte nel seguito, fanno riferimento a diversi tipi di magnitudo.

Ogni evento è associato ad una delle zone sismogenetiche in cui è stato suddiviso il territorio nazionale ed individuata dalla zonazione ZS9, di cui si parlerà in seguito. Per la compilazione del catalogo sono stati adottati i seguenti criteri:

- una soglia di  $I_0 \geq 5/6$  MCS o  $M_s \geq 4.0$  per le sezioni pre-1980,  $M_s \geq 4.15$  per le sezioni post-1980, mentre per la zona etnea è stata adottata la soglia  $M_s \geq 3.0$ ;
- non sono compresi eventi definiti come repliche, ovvero gli eventi avvenuti entro 90 giorni e 30 km da un evento di energia maggiore individuato come principale all'interno di una sequenza;
- sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato. In pratica sono stati presi in considerazione tutti i terremoti avvenuti all'interno di una finestra geografica che comprende, oltre all'Italia, una fascia di confine formata da una parte dei territori che si affacciano sull'Adriatico, sullo Jonio e sul Mar Ligure

Codice CPTI04	descrizione	contenuto	Codice CPTI04	descrizione	contenuto
N	numero d'ordine del record		--		
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici	--		
Anno	tempo origine: anno		--		
Me	tempo origine: mese		--		
Gi	tempo origine: giorno		Maw	Magnitudo momento	
Or	tempo origine: ora		Daw	Errore associato alla stima di Maw	
Mi	tempo origine: minuto		TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato
Se	tempo origine: secondo		Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti		Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99
Rt	codice dell'elaborato di riferimento		TE	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione $I_0/M_m$ di Azzaro e Barbano (1997)
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili		Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per $M_s > 5.5$ : $M_{sp} = M_s$ per $M_s \leq 5.5$ : $M_{sp} = (M_s + 0.584) / 1.079$
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)		Dsp	Errore associato alla stima di Msp	
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)		ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato	
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente	TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali		Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2	
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali		Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1	
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale	Ncpt	Numero d'ordine dei record nel catalogo CPTI99	

Tabella 1 – Formato dei record del catalogo dei terremoti CPTI04

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
1	DI	-217	6					Etruria	CFTI	2	100	100		43.250	11.250	A	6.56	0.27		6.56	0.27		6.56	0.27	921	G	9		1
2	DI	-174						Sabina	CFTI	1	100	100		42.250	12.670	A	6.60	0.30		6.60	0.30		6.60	0.30	920	G	13		2
3	DI	-100						Picenum	CFTI	1	85	85		43.170	13.500	A	5.84	0.14		5.80	0.21		5.80	0.21	918	G	20		3
4	DI	-99						Norcia	CFTI	2	90	80	M	42.800	13.100	A	5.57	0.19		5.40	0.28		5.55	0.28	923	G	21		4
5	DI	-91						Modena-Reggio Emilia	CFTI	3	85	80		44.650	10.780	A	5.66	0.17		5.53	0.25		5.53	0.25	913	G	24		5
6	DI	-91						Reggio Calabria?	CFTI	1	95	95		38.100	15.650	A	6.30	0.29		6.30	0.29		6.30	0.29	929	G	25		6
7	DI	-76						Rieti	CFTI	1	100	100		42.400	12.870	A	6.60	0.30		6.60	0.30		6.60	0.30	920	G	27		7
8	DI	-56	4					Potencia	CFTI	1	85	85		43.430	13.670	A	5.84	0.14		5.80	0.21		5.80	0.21	917	G	30		8
9	DI	17						Reggio C.-Sicilia	CFTI	2	85	85		37.800	15.200	A	5.14	0.24		4.76	0.35		4.95	0.32	929	A	40		9
10	DI	62	2	5				Pompei	CFTI	4	90	85		40.780	14.420	A	5.87	0.13		5.84	0.19		5.84	0.19	928	G	43		10
11	DI	79	8	25	7			Area vesuviana	CFTI	6	80	80		40.800	14.380	A	5.77	0.15		5.69	0.22		5.69	0.22	928	G	48		11
12	DI	99						Circello	CFTI	1	95	95		41.350	14.800	A	6.30	0.29		6.30	0.29		6.30	0.29	927	G	50		12
13	DI	101						S. Valentino in Ab.	CFTI	1	95	95		42.230	13.980	A	6.30	0.29		6.30	0.29		6.30	0.29	918	G	51		13
14	DI	346						Sannio	CFTI	5	90	90		41.380	14.430	A	6.00	0.26		6.00	0.26		6.00	0.26	927	G	60		14
15	DI	361						Sicilia	CFTI	1	100	100		37.500	14.000	A	6.60	0.30		6.60	0.30		6.60	0.30			61		15
16	DI	374						Reggio Calabria	CFTI	1	95	95		38.100	15.650	A	6.30	0.29		6.30	0.29		6.30	0.29	929	G	63		16
17	DI	375						Benevento	CFTI	1	90	90		41.130	14.780	A	6.00	0.26		6.00	0.26		6.00	0.26	927	G	64		17
18	DI	725						Classe-Ravenna	CFTI	2	85	80		44.400	12.220	A	5.57	0.19		5.40	0.28		5.55	0.28	912	G	77		18
19	DI	778						Treviso	CFTI	1	85	85		45.670	12.250	A	5.84	0.14		5.80	0.21		5.80	0.21			78		19
20	DI	801	4	29	20			Roma	CFTI	2	75	75		41.900	12.480	A	5.37	0.30		5.10	0.45		5.27	0.42			79		20
21	DI	848	6					Sannio	CFTI	6	95	90		41.480	14.270	A	6.00	0.26		6.00	0.26		6.00	0.26	927	G	82		21
22	DI	853	8	31				Messina	CFTI	1	95	95		38.180	15.550	A	6.30	0.29		6.30	0.29		6.30	0.29	929	G	83		22
23	DI	951						Rossano	CFTI	1	90	90		39.570	16.630	A	6.00	0.26		6.00	0.26		6.00	0.26	930	G	85		23

Tabella 2 – Estratto dal catalogo dei terremoti CPTI04

### 1.2.2. Zone sorgenti

Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico strutturale e soprattutto cinematico.

Il nuovo modello sismogenetico usato in Italia, introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Fig. 1).

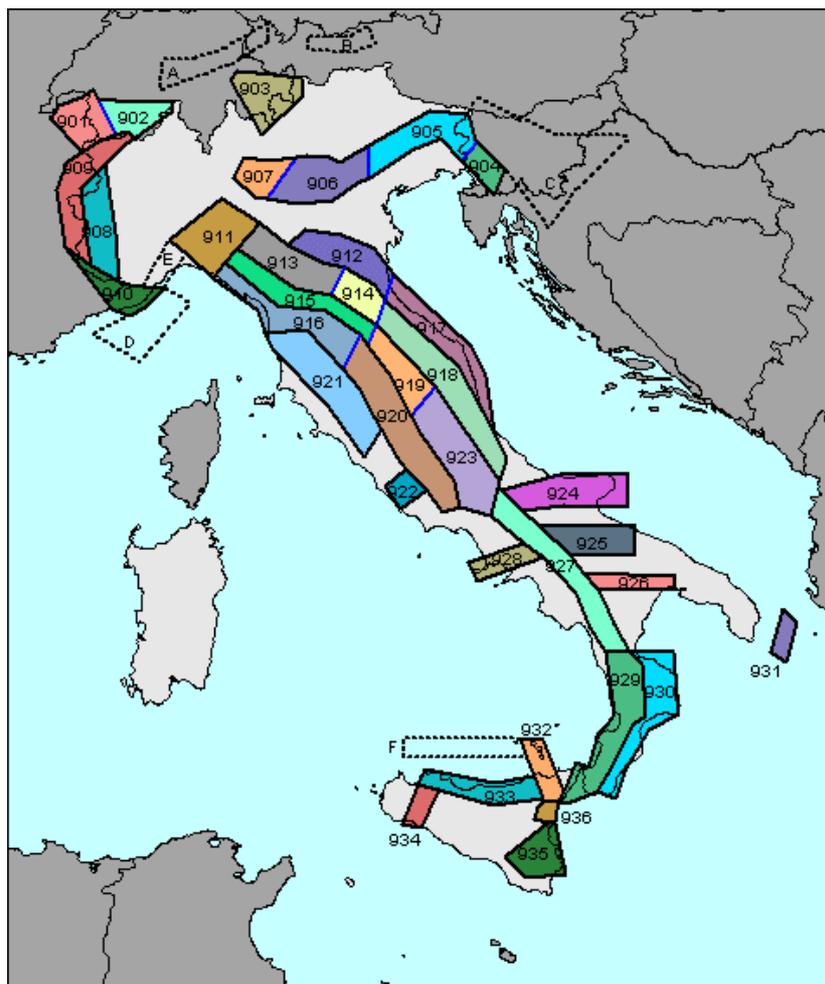


Fig. 1: Zonazione Sismogenetica ZS9

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Si è valutato, inoltre, il grado di incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

Ogni zona sismogenetica è caratterizzata da una propria sismicità definita attraverso la distribuzione degli eventi in base alla loro severità. In particolare per la redazione della mappa di pericolosità 2004 si sono usate due diverse rappresentazioni: una distribuzione di tipo esponenziale degli

eventi e una distribuzione discreta assegnando il numero medio annuo di eventi per classi di magnitudo.

Praticamente per costruire una funzione di distribuzione degli eventi di data severità bisogna innanzitutto selezionare gli eventi da considerare tra tutti quelli catalogati come appartenenti alla zona in questione.

Prendere come dato l'intero elenco degli eventi della zona potrebbe produrre notevoli errori di valutazione dovuti alla non completezza del catalogo stesso. Al diminuire della severità è infatti più probabile che, retrocedendo nel tempo, si siano persi degli eventi, mentre, più è elevata la severità e maggiore è la probabilità che tale evento sia stato registrato nelle cronache, anche se si è verificato in un passato remoto. È quindi necessario fissare dei limiti, *intervalli di completezza*, dipendenti dalla severità (per classi di intensità o magnitudo); in pratica, per ogni zona e per classi di severità si fissa l'anno a partire dal quale ragionevolmente il catalogo si può ritenere completo.

Nella redazione della mappa di pericolosità 2004 sono stati determinati due insiemi di intervalli di completezza ottenuti con diverse metodologie: si tratta di intervalli “prevalentemente storici” e “prevalentemente statistici”. Come si può intuire anche dai nomi, i primi sono basati essenzialmente su una valutazione della completezza dell'informazione storica relativa agli eventi, mentre per i secondi sono state seguite procedure di tipo prettamente statistico, partendo da una ipotesi sul tipo di processo di occorrenza (processo stazionario) e verificando in quali intervalli di tempo tale ipotesi è rispettata.

In Fig. 2 si riporta il grafico relativo agli intervalli di completezza di tipo “prevalentemente storico” per alcune zone (non si riportano tutte per chiarezza grafica): gli intervalli indicati dalla sigla G1 sono validi per le zone: 901, 902, 903, 904, 908, 909, 910, 911; quelli dalla sigla G2 per le zone 905, 906, 907, 912, 913, 914; sono riportati, anche, gli intervalli per la zona 931.

Un altro limite da porre è quello della soglia minima di severità degli eventi da considerare come significativi: nell'elaborazione qui descritta si sono assunti ad esempio le seguenti soglie minime per Mw: 4.645 per tutte le zone ad eccezione della zona etnea per la quale si è assunto il valore 4.185.

Una volta determinato l'insieme degli eventi da utilizzare, i passi da seguire per la costruzione della  $F(I)$  sono i seguenti:

- ordinare gli eventi selezionati della zona in base alla magnitudo;
- associare ad ogni classe di severità (nel caso esaminato, di magnitudo) il relativo numero di eventi;
- normalizzare il numero di eventi di ogni classe al periodo di osservazione (nel caso in esame si arriva a definire il numero di eventi per 100 anni) ;

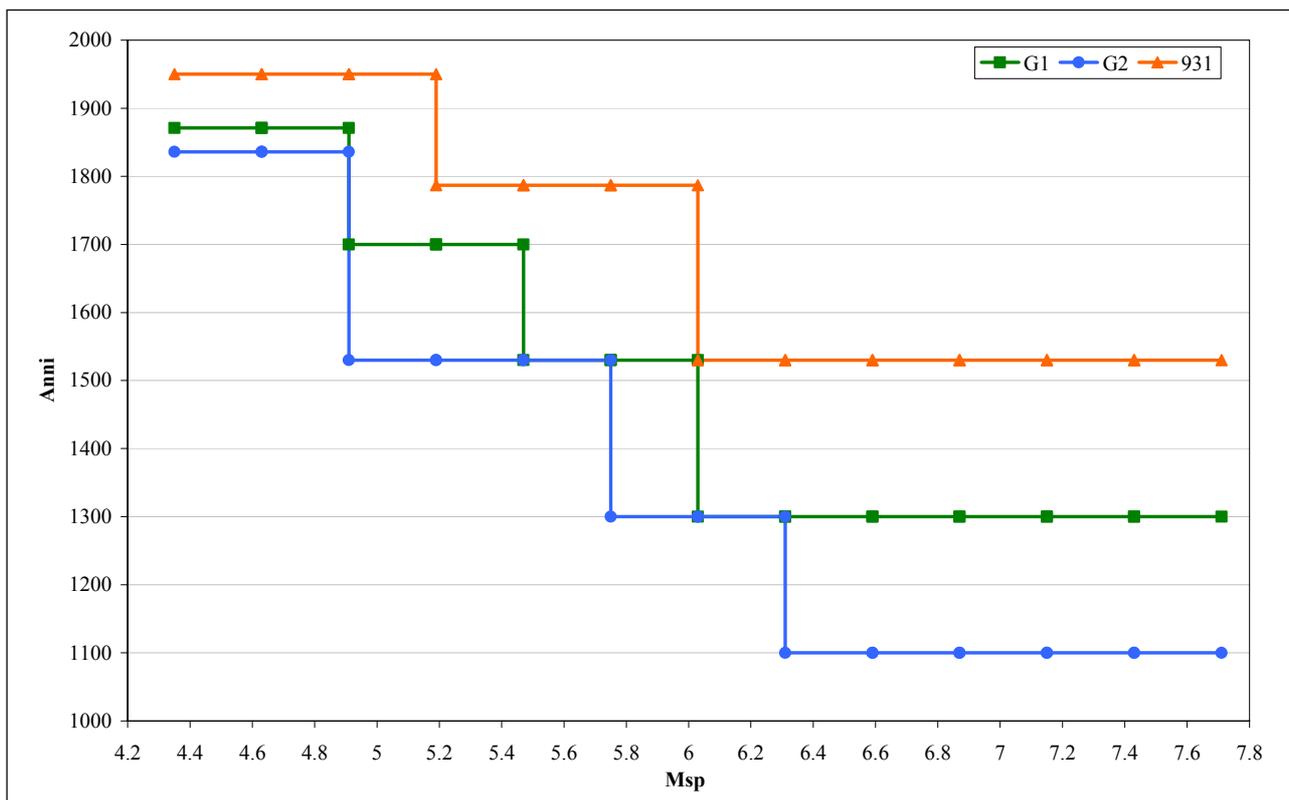


Fig. 2 - esempi di intervalli di completezza “prevalentemente storici” adottati per la redazione della mappa di pericolosità 2004

Volendo costruire la funzione di distribuzione vera e propria è necessario compiere anche i seguenti passi:

- calcolare i punti della funzione di distribuzione (curva cumulata) per ogni classe di severità (M):  $F(M) = (n^\circ \text{ eventi con magnitudo } < M) / (n^\circ \text{ eventi totali})$ ;
- interpolare i punti ricavati con la funzione più idonea.

### 1.2.3. Modelli di attenuazione

Nella valutazione della pericolosità è necessario conoscere oltre alla localizzazione ed ai parametri di severità epicentrali, anche le modalità di propagazione del fenomeno con la distanza dall'epicentro e, di conseguenza, il variare dei parametri che ne definiscono la severità. Esistono diverse tipologie di modelli di attenuazione a seconda di alcuni fattori, in particolare a seconda del parametro di severità che viene considerato: magnitudo o intensità.

Considerando come parametro la magnitudo, le leggi di attenuazioni esistenti in letteratura sono numerosissime, specie a livello internazionale. A livello nazionale, la legge utilizzata più frequentemente è la legge Sabetta-Pugliese (Fig. 4), adottata, in combinazione con altre, nella redazione della mappa di pericolosità 2004. Questo modello permette di ricavare direttamente i valori di molte grandezze al sito (picco di accelerazione, picco di velocità, picco di spostamento, intensità di Arias, ordinate spettrali, ecc.). Il principale inconveniente dei modelli di attenuazione di questo tipo

è che necessitano di registrazioni accelerometriche. Queste sono disponibili solo per gli eventi più recenti (in Italia dal 1971) che sono poco numerosi; ne segue che è possibile soltanto determinare un'unica legge media per tutto il territorio nazionale.

La sua espressione matematica è del tipo:

$$\log_{10}(Y) = a + bM + c \log_{10}(R^2 + h^2)^{1/2} + e_1 S_1 + e_2 S_2 \pm \sigma$$

dove Y è la grandezza da valutare, M è la magnitudo, R è la distanza dall'epicentro, S<sub>1</sub> ed S<sub>2</sub> sono due parametri che si riferiscono al sito da un punto di vista geologico, mentre a, b, e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, σ (deviazione standard), sono i parametri che variano a seconda della grandezza che si intende determinare.

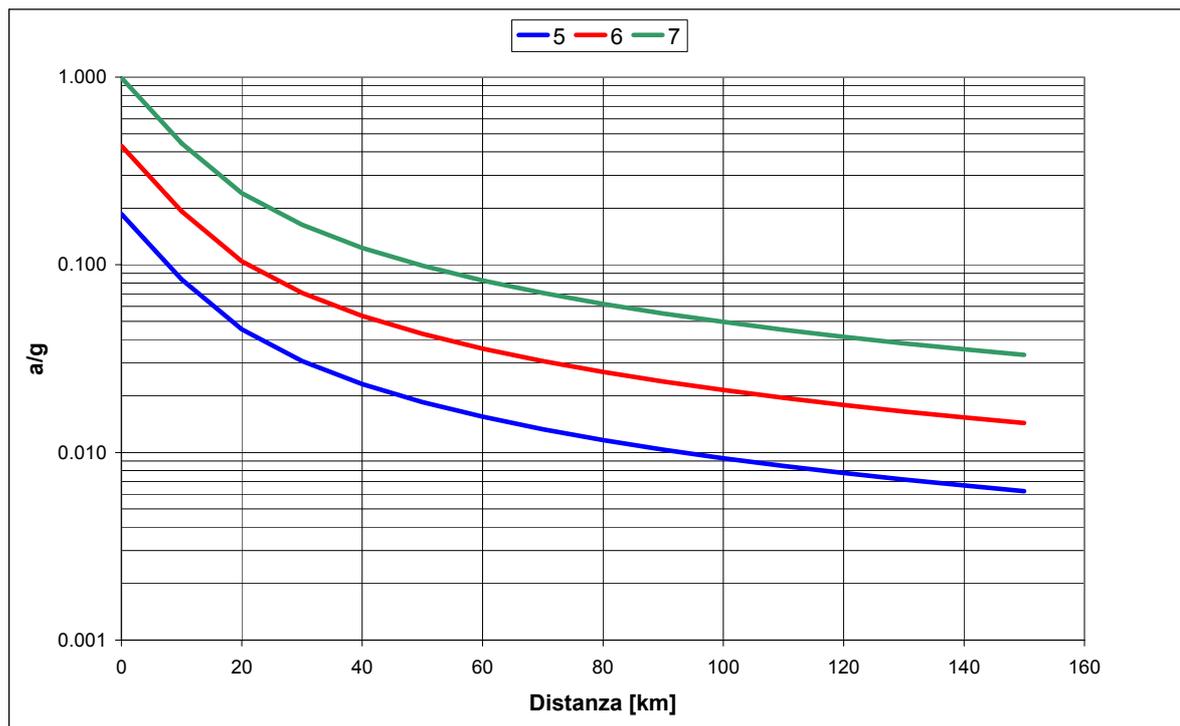


Fig. 4: Attenuazione Sabetta-Pugliese (curve relative alle Magnitudo 5, 6, 7)

Oltre a leggi che, come la Sabetta-Pugliese, sono applicate a livello nazionale (ed oltre), ne esistono altre strettamente legate a singole aree di dimensione più limitata, a scala regionale/interregionale. Tali leggi sono legate al territorio nel quale sono state messe a punto in quanto sono derivate dai dati di sismicità relativi all'area studiata. Si tratta comunque di leggi che in Italia, a parte alcuni esempi dopo il terremoto del Friuli, si stanno sviluppando recentemente e non hanno ancora una grande diffusione. Per la redazione della mappa di pericolosità 2004 sono state impiegate anche tre di queste leggi (Fig. 5), oltre a quelle riservate alle aree vulcaniche (Fig. 6), alla Sabetta-Pugliese già citata ed alla legge Ambraseys (sempre basata sui valori di magnitudo), realizzata con dati a scala europea.

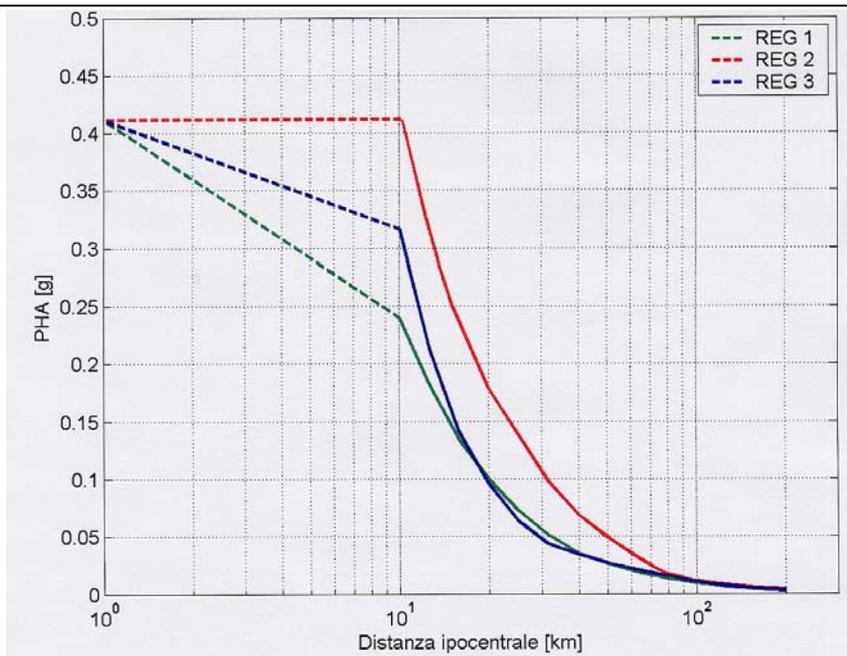


Fig. 5 - Leggi di attenuazioni regionalizzate utilizzate per la mappa di pericolosità 2004 (curve per Mw=6)

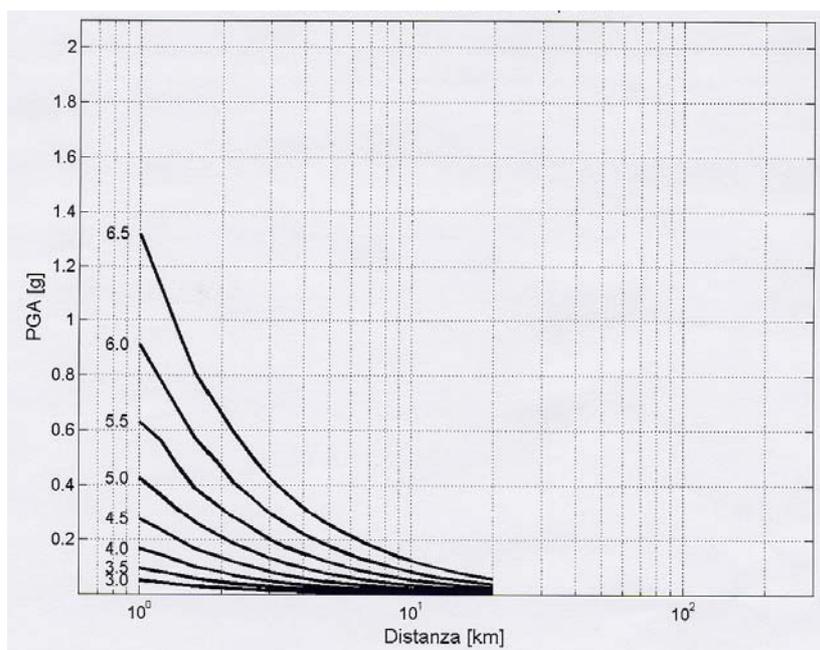


Fig. 6 - Leggi di attenuazioni per le zone vulcaniche utilizzate per la mappa di pericolosità 2004 (stress drop 30)

### 1.3. METODOLOGIE DI ANALISI

Esistono diversi metodi che vengono utilizzati per effettuare un'analisi di pericolosità basati su differenti ipotesi, obiettivi e livelli di dettaglio. Una prima classificazione li vede suddivisi in:

- approcci probabilistici: consentono di ottenere le "previsioni" degli eventi futuri in un determinato sito, in particolare permettono di definire la probabilità di avere un evento che superi una de-

terminata severità in un dato periodo di tempo, grazie ad analisi probabilistiche sugli eventi passati. Il risultato di tali approcci è essenzialmente la determinazione della funzione di distribuzione al sito dei parametri di severità dei terremoti che possono essere risentiti al sito stesso e, in base a questa, con opportune metodologie, la determinazione di uno dei possibili indicatori di pericolosità.

- approcci deterministici: si considera un unico evento e la sua propagazione nelle aree circostanti (scenario), questo permetterà in seguito di studiarne gli effetti in un determinato sito (scenario di danno).

### **1.3.1. Approcci probabilistici: metodo delle zone sorgenti**

E' uno dei metodi più utilizzati per l'analisi della pericolosità, utilizzato anche per la mappa di pericolosità 2004. E' basato su due ipotesi:

- distribuzione spaziale uniforme degli eventi nelle zone sismogenetiche: questa ipotesi equivale ad assumere che in una data zona sorgente, la probabilità che si verifichi un evento in una sottozona (ad esempio un'area di 20 x 20 km), è la stessa per tutte le sottozone nelle quali si può suddividere la zona sorgente; si tratta di un'ipotesi molto forte, nella realtà solo raramente verificata, che può portare ad errori significativi nella stima della pericolosità al sito, soprattutto quando la dimensione delle zone è rilevante;
- distribuzione Poissoniana dell'occorrenza degli eventi: questa ipotesi equivale ad assumere che preso un intervallo di tempo  $\Delta t$  (ad esempio 50 anni) il numero medio di eventi in tale intervallo non varia nel corso dei secoli; anche questa ipotesi spesso non è verificata e può avere conseguenze significative sui risultati.

Nonostante le limitazioni indotte da queste due ipotesi, questo approccio è molto spesso utilizzato per la sua semplicità e perché applicabile anche quando la quantità di dati di base non è molto ampia. Esistono esempi di altri metodi che rimuovono una od entrambe le ipotesi suddette.

Se si considerano come dati di base gli eventi espressi in termini di magnitudo ( $M$ ), ricordando che ogni zona sismogenetica, è caratterizzata da un'unica distribuzione di  $M$  e, per l'ipotesi di stazionarietà, da un numero medio annuo di eventi ( $\lambda$ ), i passaggi che caratterizzano la presente procedura sono i seguenti:

- determinazione del numero di eventi per classi di magnitudo  $N(M)$  per ogni zona;
- suddivisione di ogni zona in  $n$  areole di superficie "sufficientemente piccola" da rendere influente la posizione dell'epicentro di un terremoto al suo interno ai fini degli effetti al sito. Ogni areola è quindi caratterizzata da una distribuzione del numero di eventi  $N'(M)$  definita da  $N'(M) = N(M) A_i / A_{tot}$ ;

- applicazione agli eventi di ogni areola della legge di attenuazione, si determinano così gli eventi significativi, sopra una soglia minima, al sito, ad esempio in termini di  $A_{max}$  (si indica con "y" il rapporto  $A_{max}/g$ ), e quindi  $\lambda_s$  (numero medio annuo di eventi risentiti al sito);
- determinazione del numero di eventi risentiti al sito per classi di accelerazione  $N(y)$  sommando i contributi di tutte le zone. un esempio di risultato è riportato in Fig. 7

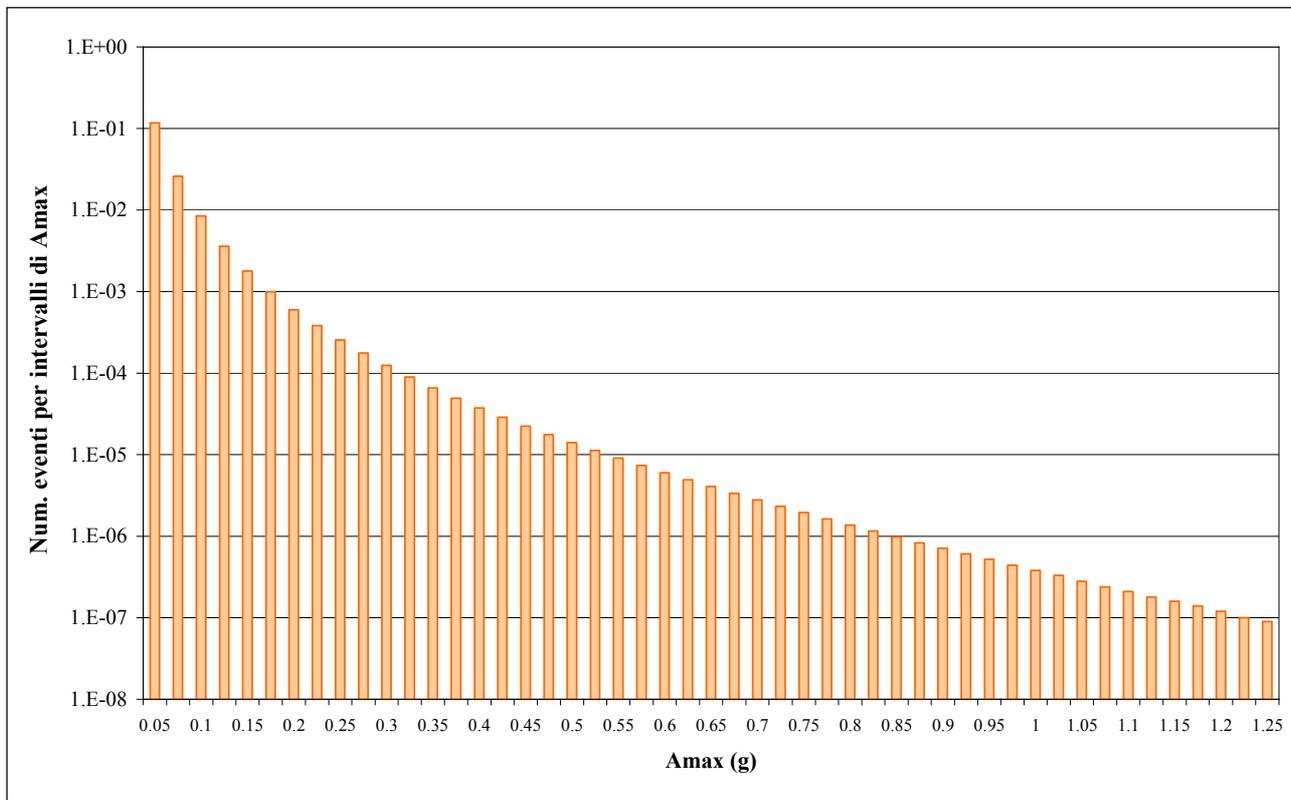


Fig. 7 – esempio dell’andamento del numero di eventi risentiti al sito per classi di  $A_{max}(g)$

**1.4. INDICATORI DI PERICOLOSITÀ**

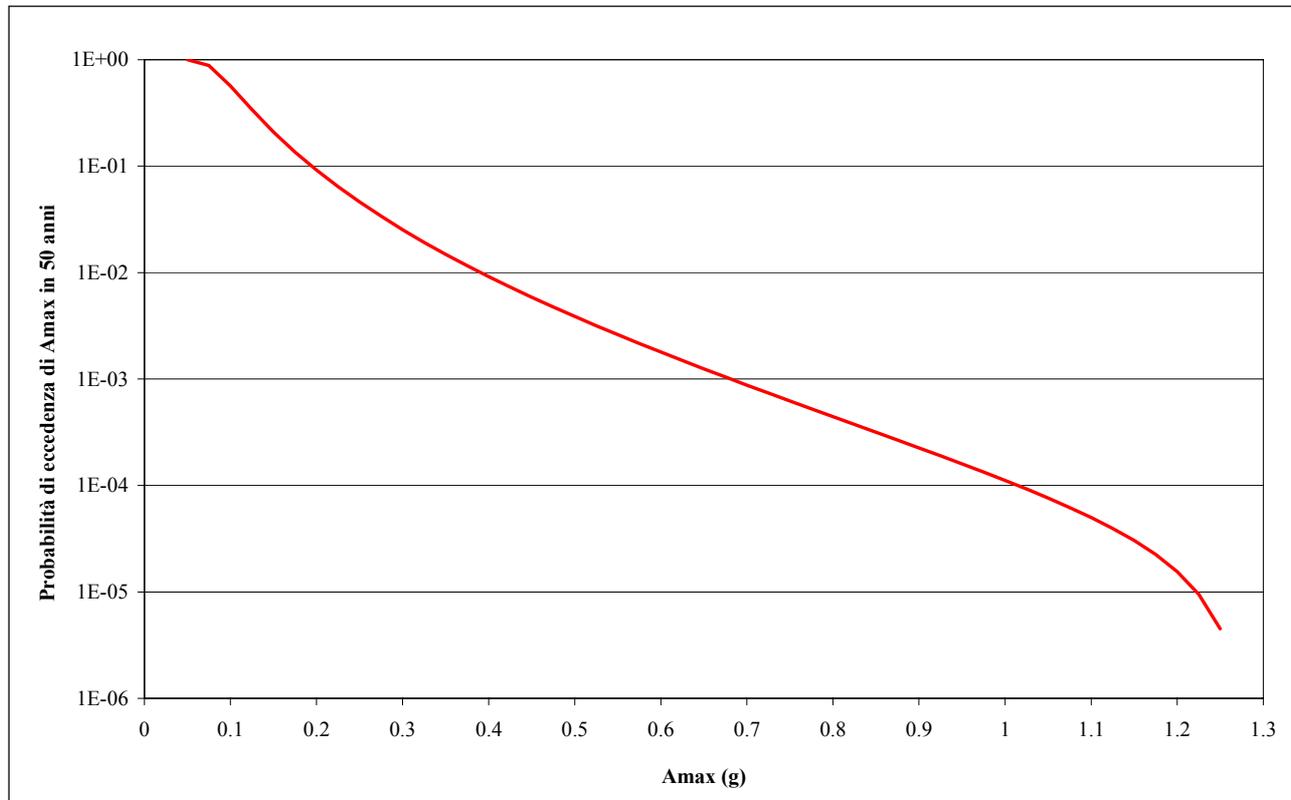
Esistono diversi tipi di indicatori di pericolosità che vengono scelti sia in funzione delle finalità dello studio di pericolosità, sia a seconda dell'approccio seguito per realizzarlo. Considerando gli approcci deterministici praticamente si utilizzano come indicatori dei parametri dello scuotimento, tipicamente il picco di accelerazione dovuto all'evento considerato.

Per i metodi probabilistici, l'indicatore tipico è la probabilità di superamento di un dato valore del parametro assunto per valutare lo scuotimento (picco di accelerazione, ordinate spettrali, ecc.) in un assegnato periodo di tempo.

Nel caso di ipotesi di stazionarietà del processo, questa quantità può essere espressa anche mediante il valore del parametro di scuotimento avente un dato periodo di ritorno (tempo che in media intercorre tra un accadimento ed il successivo); in questa ipotesi le due grandezze sono legate dalla relazione

$$p = 1 - e^{-(\Delta t/T)}$$

dove p è la probabilità di eccedenza,  $\Delta t$  è l'intervallo di tempo considerato e T è il periodo di ritorno; in questo caso p è costante qualunque sia l'istante dal quale si calcola il  $\Delta t$ .



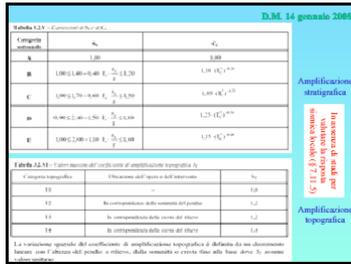
La scelta del valore del parametro di scuotimento associato ad un dato periodo di ritorno può non essere ottimale nella definizione della reale pericolosità di un sito. A titolo di esempio si riportano in tabella 4 i valori del picco di accelerazione (g) per diversi periodi di ritorno, per alcuni comuni. Si può notare che se si considerano i valori relativi al periodo di ritorno di 250 anni i comuni di Luzzara e Camisano risultano avere valori più elevati rispettivamente dei comuni di Compiano e Caronno Varesino, mentre per un periodo di ritorno di 1000 anni succede il contrario.

Comune	Periodo di ritorno		
	250	475	1000
Compiano (PR)	0.110	0.151	0.202
Luzzara (RE)	0.128	0.150	0.170
Caronno Varesino (VA)	0.013	0.101	0.142
Camisano (CR)	0.081	0.101	0.121

Tabella 4: valori del picco di accelerazione (g) per dati periodi di ritorno

Per ovviare a questo inconveniente, si possono usare altri indicatori, come il danno atteso medio annuo riferito ad un edificio standard che dà una misura "integrale" della pericolosità, ossia dipende dall'intera distribuzione probabilistica che descrive la pericolosità del sito e, pertanto, con-



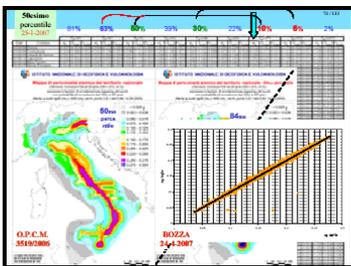


**Risposta sismica locale** *oppure* individuazione di parametri:  
 - di amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ,  $C_C$ ) e  
 - di amplificazione topografica ( $S_T$ )

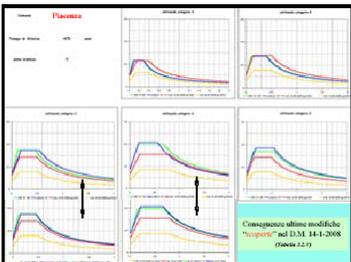
... incertezze e ... [?] sovrapposizione di effetti [?] ...



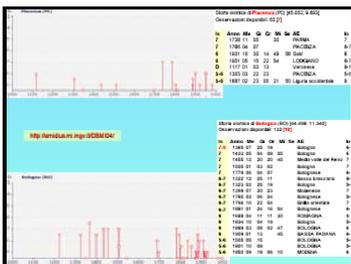
**Le variazioni apportate ai parametri  $S_S$  e  $C_C$  .....** nel corso del 2007, a distanza di pochi mesi tra una bozza e l'altra e ..... addirittura, tra il testo consegnato per la seduta tecnica del 29 novembre 2007 in Conferenza unificata e quello pubblicato in G.U. ....



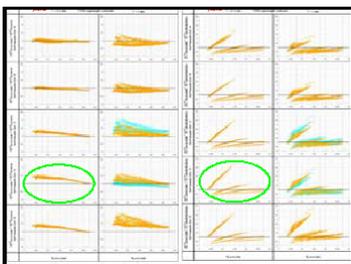
**Valori convenzionali corrispondenti ai capoluoghi comunali –**  
 L'opportunità (in genere) di riferirsi a questi ... a parte alcune motivate eccezioni da individuare caso per caso ...



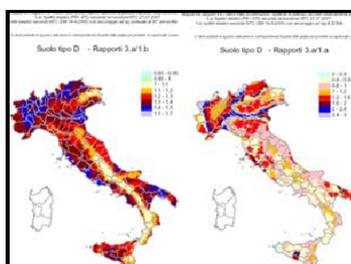
**Storia sismica al sito –** Vengono riportati gli esempi, relativi ai suddetti quattro capoluoghi di provincia, desunti dal sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>  
 [Si tenga presente che per i quattro casi esemplificati (come per tanti altri) la "storia sismica locale" ha ormai raggiunto un esauriente quadro di conoscenze documentate]  
**Domanda:** cosa fare perché diventi possibile un raffronto, tra "storia sismica" e "pericolosità derivate" (forme spettrali), per uno stesso sito ??

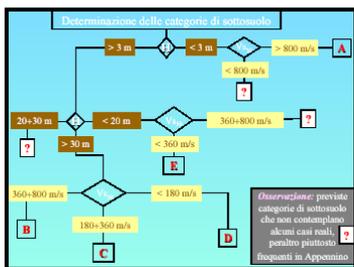


**7.700 Comuni italiani:** rapporti tra ordinate spettrali a 0,3 sec ("plateau") e a 1 sec ....  
 [confronti tra DM 2008 e DM 2005, con sovrapposta bozza 27-7-2007 per le parti modificate riferite alle categorie di sottosuolo "C" e "D"]



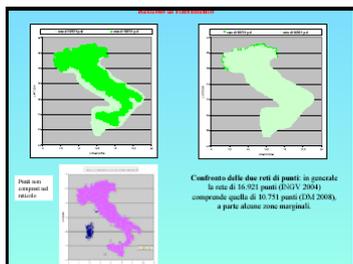
**7.700 Comuni italiani:** rapporti tra ordinate spettrali a 0,3 sec ("plateau")  
 [confronti DM2008 (coincidente con la bozza 27-7-2007) e tra DM 2005]



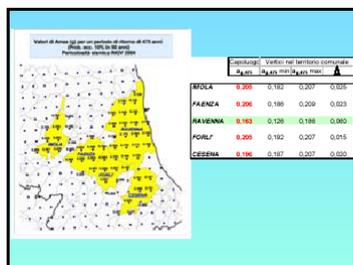


**Determinazione delle categorie di sottosuolo ....**

Incertezze e necessità di precisazioni in fase di sperimentazione e monitoraggio ....

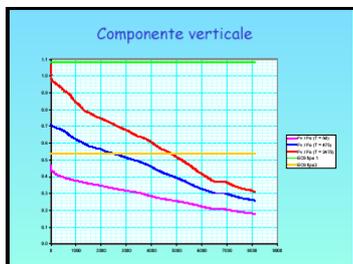


**Reticolo di riferimento – Confronto delle due reti di punti ...**



**Valori convenzionali puntuali ...**

È bene evidenziare che dalla sovrapposizione della griglia della mappa di pericolosità, attualmente predisposta per l'intero territorio nazionale, con i confini amministrativi, non tutti i comuni hanno almeno un punto della griglia all'interno del proprio territorio (si pensi soprattutto a Regioni quali la Lombardia, con n. 1.546, e il Piemonte, con n. 1.206 comuni).



**Componente verticale del moto sismico**

**PRIMA CONCLUSIONE**, affidata al seguente “estratto” da intervento del 5-9-2007 su “Sismica FORUM” (collegato al sito [www.regione.emilia-romagna.it/geologia](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia)):

“...in merito alle mappe di pericolosità sismica, non va dimenticato che diverse pubblicazioni del settore mostrano risultati alquanto variabili, per quanto "di comprovata validità" essi siano; e ciò in dipendenza delle ipotesi assunte (intervalli di completezza di catalogo, zonazione sismogenetica, leggi di attenuazione, scelta dell'indicatore di scuotimento, ...). Pertanto, dovendosi sempre ribadire che i risultati sono inevitabilmente "convenzionali", pur nella consapevolezza che una mappa di pericolosità unitaria ed ufficiale sia comunque necessaria, .... sarebbe .... opportuno parlare di "mappa di pericolosità (convenzionale) ufficiale". Alla luce dell'inevitabile grado di convenzionalità insito in una qualsiasi analisi di pericolosità, diventa poi ragionevole chiedersi se non sia più opportuno mettere a disposizione dei progettisti spettri per territorio comunale invece che su una griglia di punti, sia pure con l'eccezione di alcuni comuni di grandi dimensioni, di alcune isole amministrative e di qualche altro caso particolare. Inoltre, pare opportuno rilevare che, sebbene gli spettri elastici puntuali forniti da INGV sotto forma di "spezzata" (per diversi periodi) per sottosuolo di categoria "A" siano significativamente più "stretti" e (spesso ma non sempre) più "bassi" di quelli ottenibili con le formulazioni "classiche" (DM 14.09.05), gli spettri elastici "da normativa" (ottenuti per "regolarizzazione" di quello di partenza attraverso le formule analitiche riportate nelle più recenti bozze-proposte) spesso perdono il citato "vantaggio". Infine, la tendenza .... rilevata si inverte qualora si prendano in considerazione sottosuoli di categoria C-D-E (che coprono la maggior parte dei casi concreti). Infatti, per dette categorie di sottosuolo, le amplificazioni

dello spettro, fornite dalle recenti bozze-proposte, sono significativamente maggiori rispetto a quelle fornite dalle formulazioni "classiche" (DM 14.09.05), con incrementi fino al 50% per le medie sismicità. Ne consegue che l'azione sismica di progetto finale risulta tutt'altro che mitigata rispetto a quella oggi adottabile: ciò che - tanto più per i bassi periodi - va attentamente considerato soprattutto per la valutazione della sicurezza e/o la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti.

Quanto sopra non vuole significare essere contrari alla nuova proposta di "calcolo dell'azione sismica di progetto"; diventa però ... opportuno salvaguardare l'esigenza metodologica di una attenta (e con la necessaria calma) **sperimentazione**, che prenda in considerazione i diversi risvolti applicativi della nuova proposta, con particolare riguardo alle parti più "innovative" della norma (si pensi, ad esempio, alla nuova - ma pur sempre convenzionale! - definizione dell'azione sismica da sottoporre ad opportuno "rodaggio numerico" esteso a diversificati casi concreti ricadenti in zone sia di "bassa" che di "media" e "alta sismicità").

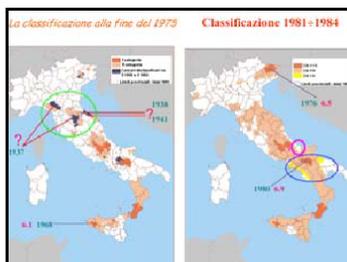
.....

È auspicabile che la prossima Commissione di monitoraggio (CdM), da istituire ai sensi dell'art. 20, comma 6 del DL n. 248/07, convertito con modificazioni in legge n. 31/2008, riesca ad essere effettivo riferimento per attentamente garantire una simile **esigenza di sperimentazione**, "... anche al fine degli adeguamenti normativi che si rendano necessari, previa intesa con la Conferenza unificata ... alla scadenza del periodo transitorio indicato ...".

### 3. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE SISMICA

E' innanzitutto utile rivisitare qualche tappa di storia recente (a tal punto "recente" dall'essere di fatto contemporanea), partendo dal **1975** che è un anno importante per diversi motivi:

- viene emanato il primo DM, in attuazione della neonata L. 64/1974, relativo a Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (NT)
- è l'anno in cui parte l'attività del Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG) del CNR
- si è alla vigilia di eventi sismici importanti (Friuli 1976 e, ancor più, Irpinia-Basilicata 1980).



#### **Classificazione sismica alla fine del 1975**

**La cartina dell'Italia "sismica" al 1975** riassume il metodo implicito adottato per gran parte del secolo scorso fino al 1980: i Comuni in cui applicare le NT erano solo quelli delimitati in base alla sismicità storica recente (a far capo dal 1908 – Messina/Reggio Calabria.....poi: 1915 – Fucino, 1930 – Irpinia, ...).

A questo metodo, se ne è aggiunto un altro, legato parzialmente al danneggiamento subito, in quanto l'elenco dei comuni dichiarati sismici è

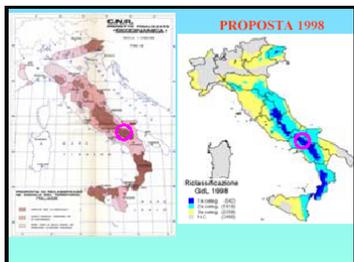
stato utilizzato in genere anche ai fini dei finanziamenti per la ricostruzione e per questo motivo sono state spesso decise inclusioni non necessariamente coerenti con i livelli di sismicità o di danneggiamento effettivo conseguenti ad un certo terremoto: significativo esempio ("ultimo", prima del 1975) è quello del "Belice 1968".

Ma (e quello che segue è un aspetto a volte dimenticato o non sufficientemente sottolineato!), nel corso del tempo si è assistito anche ad una rimozione dagli elenchi, di numerosi comuni inclusi precedentemente, con motivazioni estranee a valutazioni di pericolosità sismica o di rischio. In tal senso va in particolare sottolineata la gravità delle scelte operate, tra il 1937 e il 1941, per aree importanti di Toscana, Emilia-Romagna e Marche e – tra queste – ancor più per quelle aree costiere che poi sarebbero state oggetto di massicce urbanizzazioni nel dopoguerra.... Incredibile, ma vera, la completa dimenticanza/rimozione, solo dopo qualche decennio dalle scosse distruttive (e fino alla riclassificazione del 1983!), della sequenza sismica del quinquennio 1916-1920 (1916 – Riminese, 1917 – Val Tiberina, 1918 – Forlivese, 1919 – Mugello, 1920 – Garfagnana) che ha colpito aree importanti di quelle tre Regioni, con scosse principali di tutto rispetto, con magnitudo in genere non inferiori a quella della scossa principale del 26 settembre 1997 in Umbria-Marche.

**Classificazione sismica 1981 ÷ 1984**

La cartina dell'Italia "sismica" alla fine del 1984 è invece tutt'altra immagine: essa è il risultato di una serie di decreti ministeriali assunti – uno per ciascuna Regione – tra il 1981 e il 1984.

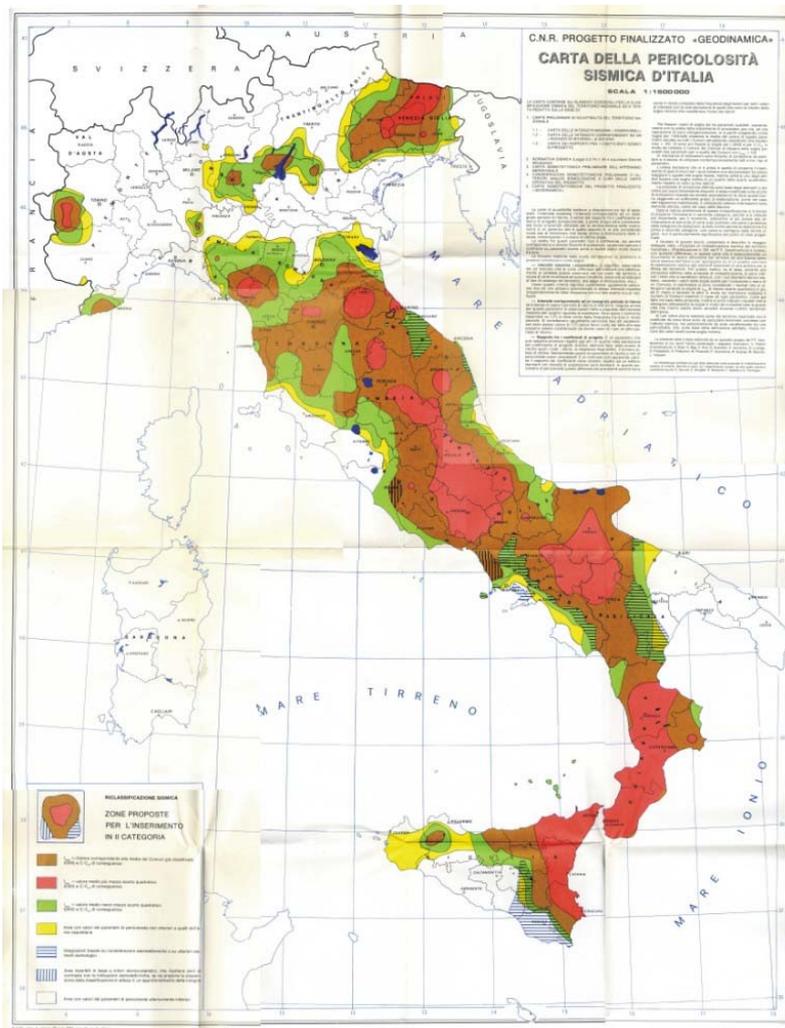
In particolare per i Comuni colpiti dal terremoto irpino, il relativo decreto, emanato nel giugno del 1981, introduceva anche la terza categoria sismica (*bassa sismicità*) per 99 comuni, tra cui le città di Napoli e Salerno, nelle Regioni Campania, Basilicata e Puglia.



Le decisioni ministeriali del 1981 ÷ 1984, “sentite” le singole Regioni, vennero assunte in genere come fotocopia della “*Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano*”, resa pubblica dagli operatori del P.F.G./C.N.R. all’inizio del 1981, con individuazione:

- a) dei comuni già classificati,
- b) dei nuovi comuni inseribili in 2<sup>a</sup> categoria,
- c) delle zone necessitanti di ulteriori indagini, relativamente a porzioni

importanti di territorio in Piemonte, Lombardia, Veneto, Toscana, Emilia, nel litorale abruzzese e nella parte residua del Molise, nel napoletano e nella Sicilia centrale e meridionale.



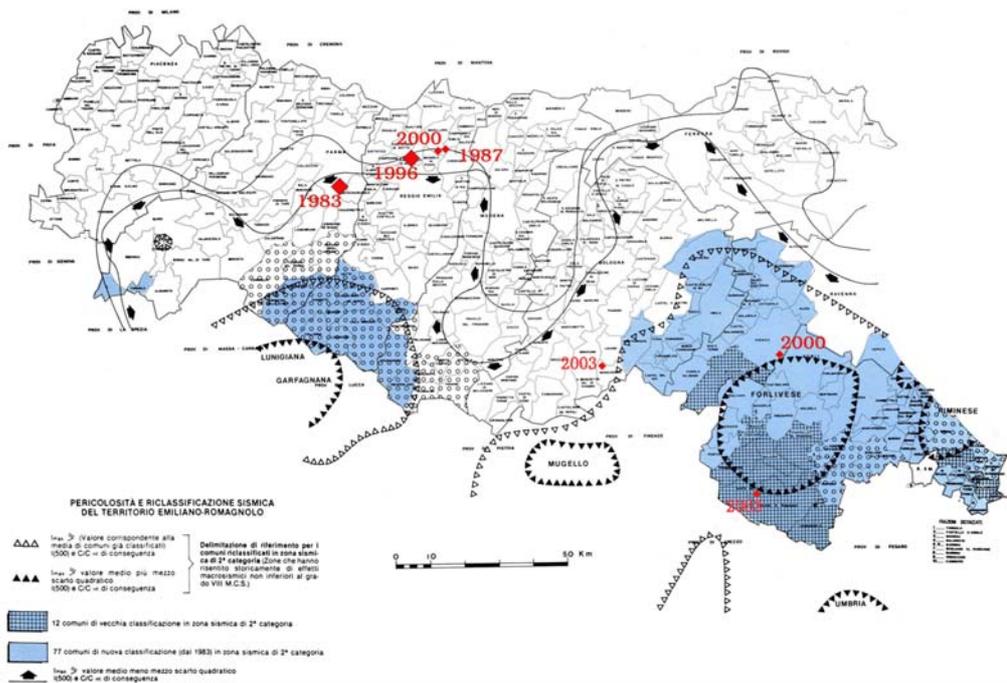
Va però evidenziata la disomogeneità – su scala nazionale – di quelle decisioni ministeriali per quanto attiene la terza categoria sismica che, pur utilizzando sempre le carte del PFG, venne limitata solo alle Regioni Campania, Puglia e Basilicata. Per tutte le altre Regioni i risultati del PFG vennero invece utilizzati solo per individuare i comuni da classificare in seconda categoria, nonostante che la “*Carta della pericolosità sismica d'Italia*”, resa pubblica sempre all’inizio del 1981, evidenziasse altre ampie zone (es. in Emilia) con pericolosità non inferiore a quella dell’area napoletana.

Sono invece del 1979 le *Carte di scuotibilità* del territorio nazionale: derivate da studi di pericolosità sismica e sulla *Imax* risentita (catalogo Iaccarino).

Dopo “Irpinia-Basilicata 1980”, si ha accelerazione dei lavori PFG verso la proposta di classificazione sismica, per la quale il “*criterio ispiratore è quello di individuare quelle parti del territorio la cui esclusione dalle aree nelle quali si applicano le norme per le costruzioni in zona sismica, appare ingiustificata se si confronta la pericolosità con quella dei Comuni (finora) protetti*”.

Nella circostanza, il metodo per la classificazione sismica dei comuni venne basato su tre parametri:

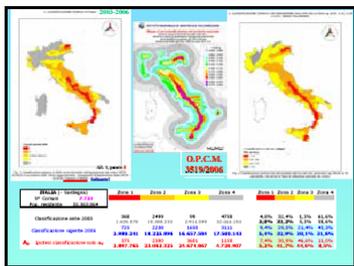
- intensità massima ( $I_{max}$ , con periodo di osservazione di 1000 anni);
  - intensità attesa ( $I_{500}$  con periodo di ritorno di 500 anni);
  - coefficiente di minimizzazione dei costi ( $C/C_{rit}$ ).
- In tal modo venne introdotto un metodo scientifico per tenere conto di valutazioni di pericolosità fondate sostanzialmente sulla sismicità storica.



La rappresentazione di quanto sopra per la Regione Emilia-Romagna, con in evidenza anche gli epicentri degli eventi sismici, con danni ( $I_0 \leq VII$  MCS, con magnitudo locale  $M_l \leq 5.0$ ), successivi alla classificazione sismica del settembre 1983

La **“Proposta 1998”** si intreccia temporalmente con la modifica del quadro normativo. Infatti, con il decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 viene data alle Regioni ed agli enti locali la competenza per “l’individuazione delle zone sismiche, la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (articolo 94, comma 2, lettera a), mentre “sono mantenute allo Stato le funzioni relative (...) ai criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e alle norme tecniche per le costruzioni delle medesime zone ... sentita la conferenza unificata” (art. 93, comma 1, lettera g e comma 4). Quindi, in particolare si è – per la prima volta – prescritto di coinvolgere le Regioni nella materia, non in forma consultiva, ma come responsabili della formazione degli elenchi delle zone sismiche sulla base di criteri generali emanati dallo Stato, previo parere della conferenza unificata.

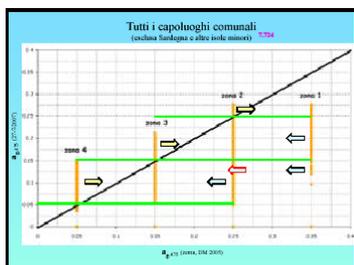
Alla “Proposta 1998” viene collegata nel **2003** (dopo il crollo della Scuola Elementare “Francesco Iovine” a San Giuliano di Puglia) la **Classificazione sismica di cosiddetta “prima applicazione”**, quale attuazione del **“punto 3”** (e non del “punto 2”!) dell’allegato 1 alla OPCM 3274/03: ne seguono “recepimenti” (con o senza modifiche) ovvero “prese d’atto” da parte delle Regioni, come quella deliberata in Emilia- Romagna con la D.G.R. n. 1435/2003.



**2006 – Situazione attuale** ..... è sostanzialmente identica a quella del 2003 (“prima applicazione”), a parte Toscana e Molise che hanno recepito (ma per motivazioni diverse!) la **OPCM 3519/2006**.

Nella cartina a destra (a fianco di quella prodotta dall’INGV nel 2004 e approvata con detta OPCM) è poi rappresentato, anche per tutte le altre Regioni, un simile ipotetico recepimento della stessa OPCM 3519/2006 con relativa ipotesi di **classificazione che deriverebbe dall’uso della sola  $a_{g,475}$** , con soliti noti estremi ( $< 0,05g \div 0,15g \div 0,25g <$ ) per i quattro noti

intervalli: cioè senza utilizzo (peraltro facoltativo) della tolleranza fino a valori estremi di  $\pm 0,025g$ . [Nella circostanza ad  $a_{g,475}$  viene assegnato – per ciascun comune – il valore massimo tra quelli ricadenti nelle aree perimetrate sia del capoluogo che dei nuclei abitati].



**La distribuzione dei valori “comunal”** (per circa n. 7.700 capoluoghi) di  $a_{g,475}$  nelle attuali zone ...



**ZOOM** sull'Italia centro-settentrionale ..... confronti tra:

- classificazione di “prima applicazione” [maggio 2003]
- OPCM 3519/2006 – 50° percentile [aprile 2006] con ipotesi di classificazione sismica che deriverebbe dall'uso della sola  $a_{g,475}$  [Nella circostanza ad  $a_{g,475}$  viene assegnato – per ciascun comune – il valore massimo tra quelli ricadenti nell'area perimetrata del solo capoluogo]

**Sentenza della C.C. n. 182/2006** [maggio 2006] – “fulmine inatteso”, con

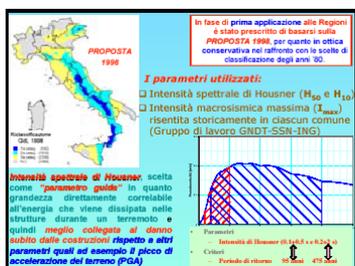
conseguenze immediate e drastiche per la Regione Toscana che deve provvedere con LR urgente a “ripristinare” l'obbligo di autorizzazioni preventive per tutti gli interventi edilizi in zona 2.

...Ma i contenuti della Sentenza sono tali da incidere su tutte le Regioni che hanno Comuni classificati in alta e/o media sismicità (zone 1 e/o 2): l'incredibile vicenda di “incomprensione” con alti dirigenti ministeriali che ne è seguita (e che dura ormai da circa due anni!), rispetto all'esigenza rappresentata dalle Regioni di doversi provvedere con legge alla modifica dell'art. 94 del DPR 380/2001 ... tentativo riproposto dalle Regioni ancora in questi ultimi giorni ...

La LR n. 22/2006, è poi di fatto “contestuale” a DGR n. 431/2006 di riclassificazione [giugno 2006] con la quale la Toscana recepisce l'indicazione della OPCM 3519/2006, quanto mai “opportuna” (stante la grave difficoltà del momento) al fine di potere drasticamente ridurre le zone 2: Comuni da n. 186 (≈ 65%) a n. 90 (≈ 31%) e, con ancor più evidenza, corrispondente popolazione residente da quasi 2.600.000 ab. (≈ 73%) a poco più di 560.000 ab. (≈ 16%), pur nella scelta di far ricadere la differenza (n. 106 Comuni per quasi 2.000.000 ab.) in “zona 3S”, con dentro grandi comuni quali Firenze, Pisa, Livorno, Massa e Carrara, Siena. [“S” perché in tali Comuni, pur riconosciuti a “bassa sismicità”, l'input sismico viene “conservato” pari a quello della “zona 2”].

Ma, subito di là dal crinale, per la confinante Emilia-Romagna, se si volesse seguire la medesima indicazione contenuta nella OPCM 3519/2006, bisognerebbe invece incrementare e di molto le “zone 2” con dentro grandi comuni quali Bologna, Ravenna, Modena, Reggio Emilia.

Certo, non si considera ancora la facoltà concessa di giostrare la tolleranza di  $\pm 0,025g$ , ma questo primo quadro di confronto Toscana / Emilia-Romagna (che si può estendere anche ad altre Regioni, es. Veneto, Lombardia) lascia abbastanza perplessi, con conseguente necessità di “tornare” a capire.



**Proposta 1998** – I parametri utilizzati .....

Uno degli elementi innovativi della proposta è dato dalla scelta del parametro rappresentativo della pericolosità sismica, l'intensità di Housner (**H**), definita come l'integrale dello spettro di risposta di pseudovelocità calcolato in un opportuno intervallo di periodi.

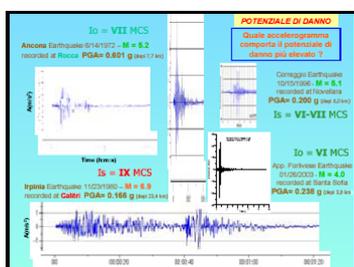
La massima intensità macrosismica ( $I_{max}$ ) viene utilizzata come ulteriore parametro correttivo (in termini conservativi).

La scelta dell'intensità spettrale di Housner (**H**) come “parametro guida” è motivata dal fatto che **H** è grandezza direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto e quindi risulta meglio collegata al danno subito dalle costruzioni rispetto a altri parametri quali ad esempio il picco di accelerazione del terreno (**PGA**).



**Riflessione** (suppletiva) sulla **PGA**, con riferimento a registrazioni accelerometriche di terremoti “recenti” [“estratti” da *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, ultima versione aggiornata (CPTI04)].

[Riflessione ovviamente scontata (e, quindi, non necessaria) per dei ricercatori, ma in genere “nuova” (o, addirittura, “sorprendente”) per la grande maggioranza dei “tecnici utilizzatori”].



**Potenziale di danno**

Emerge con tutta evidenza – dal confronto di esempi – che la **PGA** non è rappresentativa del danno ( $I_0$  o  $I_5$ ).

OPCM n. 3519/2006 Allegato 1 - A "Criteri" PROPOSTA 27.07.2007

OPCM n. 3274/2003 Allegato 1 - punto 2 "Criteri"

**2 Criteri**

In relazione alle "Norme tecniche" sono individuate 4 zone, caratterizzate da 4 valori di accelerazione (a) circoscritte massima convenzionale su suolo di tipo A, di cui associare lo spettro di risposta elastico "prodotto" DM 2005, NON PIU' in base NTC 2007)

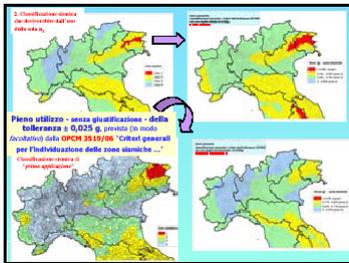
OPCM n. 3519/2006	OPCM n. 3274/2003	OPCM n. 3519/2006	OPCM n. 3274/2003	OPCM n. 3519/2006	OPCM n. 3274/2003
1	1	0,25	0,25	0,25	0,25
2	2	0,25	0,25	0,25	0,25
3	3	0,25	0,25	0,25	0,25
4	4	0,25	0,25	0,25	0,25

In fase di prima applicazione le Regioni possono:

- utilizzare una tolleranza pari a un livello di zona... MA CON QUALI CRITERI??

L'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche potrà avvenire, secondo la tabella di cui alla lettera a), con tolleranza di 0,025g, in cui saranno indicati gli effetti del confronto con altri parametri di riferimento.

**Confronto "criteri" – OPCM 3274/03 e 3519/06 e proposta 27-7-2007**  
[riassunte con caratteri su tre colori]



**Utilizzo della tolleranza ± 0,025g – Esempi estremi** (con soglie "ridotte" ovvero "incrementate" di 0,025g) ... conseguenti alla facoltà concessa (alle Regioni) già dalle OPCM 3274/03 e 3519/06: "... l'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche ... potrà avvenire con tolleranza di 0,025g...".

Con l'allegato al voto n. 36/2007 del CSLLPP è stato ribadito il carattere guida del parametro  $a_{g,475}$ , anche se con la confermata possibilità

di applicare una tolleranza ( $\pm 0,025g$ ) di attribuzione della zona, in funzione di altri parametri di scuotimento, a discrezione delle Regioni, specificando a tal fine che "I valori dell'eventuale secondo parametro ... derivato dagli spettri di risposta a probabilità uniforme, valutati sull'area in esame, e/o da esigenze di continuità territoriale...debbono essere confrontati con quelli medi a scala nazionale nella fascia di tolleranza di  $a_g$ .... così da garantire che le scelte effettuate contengano al massimo le differenze tra aree appartenenti alla stessa zona ma ricadenti in Regioni diverse ...".

Classificazione sismica - un'ipotesi

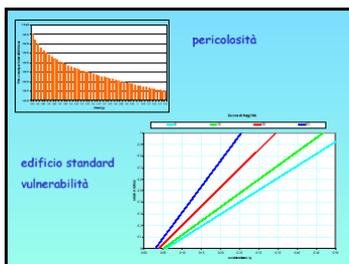
Le azioni sismiche sono ormai sganciate dalla classificazione.

La classificazione ha finalità amministrative e di programmazione.

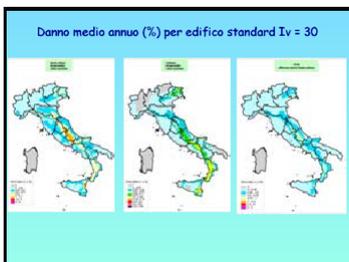
Non ha senso classificare in base a  $a_g$  con periodo di ritorno 475 anni: meglio usare misure integrali.

La classificazione assume un significato diverso dopo che il DM 2008 ha sganciato l'azione sismica dalla classificazione stessa. In questo contesto il legame con  $a_{g,475}$  perde ogni ragione di esistere.

Sarebbe più logico avere una classificazione maggiormente correlata con i livelli di rischio.



Un possibile criterio si può basare sul danno atteso per un edificio campione, identico in tutti i comuni.



E' possibile (e forse utile) distinguere la quota parte di danno economico associata a terremoti che possono provocare il collasso dell'edificio campione da quella associata a terremoti in grado di provocare danni ma non il collasso.

**SECONDA CONCLUSIONE:** occorre definire una nuova diversa proposta di “criteri generali” che prescindendo da  $a_{g,475}$ , in quanto tale parametro è scarsamente correlato ai livelli di potenziale danneggiamento o collasso ed è molto sensibile al fenomeno di livellamento derivante dall’ipotesi di uniforme distribuzione spaziale degli eventi all’interno delle zone sorgenti, oltre a non tenere conto delle differenze da sito a sito nel rapporto tra eventi medio bassi ed eventi violenti.

Peraltro, qualora non si provvedesse diversamente (dall’attuale proposta), si verrebbe a sancire un arretramento anche culturale rispetto ai criteri usati per la “Proposta 1998”, oltre che rispetto a quelli usati nel 1981 per la proposta del PFG/CNR. E, d’altra parte, si continuerebbe a non darsi una motivazione logica sul perché non usare l’intera informazione attualmente disponibile: visto che, per valutare i valori di  $a_g$  per diversi periodi di ritorno, sono già state calcolate le distribuzioni che forniscono il numero medio annuo di eventi per ognuna delle classi di accelerazione in tutti i punti della griglia e, quindi, ricorrendo a queste distribuzioni non dovrebbe essere difficile ricavare parametri più direttamente collegati al potenziale danneggiamento o al potenziale collasso.

Rispetto alle precedenti considerazioni, un primo significativo riscontro si è avuto anche in sede istituzionale, come emerge dal seguente estratto di verbale della riunione, in data 31 ottobre 2007, della Commissione “*Infrastrutture, Mobilità e Governo del Territorio*” della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome:

.....  
Si passa ... ad analizzare il secondo punto all’ordine del giorno in merito ai criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Dopo ampia discussione, la Commissione esprime le seguenti considerazioni:

- I nuovi criteri non hanno rilevanza sulla progettazione in sicurezza delle costruzioni, in quanto l’input sismico previsto dalle norme tecniche proposte non dipende dalla classificazione del territorio.
- Il territorio nazionale è attualmente classificato comunque in base alla precedente proposta (2003).
- La proposta attuale basata esclusivamente [come “**parametro guida**”, n.d.r.] sull’accelerazione di picco, sembra non tenere in debito conto il danno atteso, sia per il modo in cui attualmente è determinata l’accelerazione, sia perché esistono altri parametri da considerare [come “**primari**”, n.d.r.] per una più rigorosa determinazione della classificazione.
- La classificazione sismica incide soprattutto sulla pianificazione territoriale, sul regime autorizzativo delle costruzioni e su procedimenti amministrativi locali che devono mantenere validità per tempi medio/lunghi.

Per quanto sopra la Commissione ritiene che per il momento si possa attendere, per la definizione di nuovi criteri, una riflessione più meditata, al fine di garantire una validità ed una immodificabilità per un lungo periodo.

.....

Su questi presupposti le Regioni, oltre all’A.N.C.I., hanno motivatamente richiesto e ottenuto il “rinvio per ulteriori approfondimenti” della proposta C.S.LL.PP. del 27 luglio 2007 sui “*Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”, proposta di fatto coincidente con la O.P.C.M. n. 3519/06, anche se formalmente “rinnovata” (quale allegato al voto n. 36/07), nella consapevolezza di doverne promuovere una nuova impostazione. Tale notizia può essere sfuggita o rimasta in secondo piano rispetto ad altre, ma essa è stata per tempo ufficializzata in apposite note regionali, ed in particolare nella nota con allegati in data 3 dicembre 2007, a firma della Presidente dell’Umbria quale Regione capofila per “*Infrastrutture, Mobilità e Governo del Territorio*”, conseguente alla riunione tecnica di Conferenza Unificata, preparatoria e - quindi - determinante per la definizione dei contenuti della “intesa”, formalmente sancita il 20 dicembre 2007, sulle nuove NTC (ora D.M. 14 gennaio 2008).

OGGETTO: *Nuove norme tecniche per le costruzioni (NNTC)*, approvate con DM 14 gennaio 2008, in sostituzione delle **NTC** approvate con DM 14 settembre 2005.

Si è ritenuto opportuno svolgere un' **esemplificazione applicativa** (per  $T_R = 475$  anni – 50° percentile) delle **NNTC**, relativamente a **& 3.2.3.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione** e **& 3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**, nonché dell' **Allegato A "Pericolosità sismica"** e dell' **Allegato B "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica"**.

Detta **esemplificazione applicativa** confronta, per i valori di  $a_g$  forniti in corrispondenza dei 10.751 punti del *reticolo di riferimento* (ridotto rispetto a quello iniziale INGV di 16.921 punti):

1. lo spettro di risposta elastico, così come definito da **& 3.2.2.3 Spettro di risposta elastico** e **& 3.2.2.3.1 Spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali** delle **NTC** (DM 14-9-2005), nella doppia ipotesi di ancoraggio:
  - 1.a al valore di  $a_g$  puntuale, desunto dal prospetto dei dati forniti per i medesimi punti del reticolo di riferimento,
  - 1.b ovvero al valore "limite superiore" di  $a_g$  (0,05 o 0,15 o 0,25 o 0,35) assegnato a ciascuna delle quattro zone sismiche, a suo tempo individuate in "prima applicazione" ai sensi del punto 3) dell'allegato 1 alla OPCM n. 3274/2003,
2. con lo spettro di risposta elastico, così come definito nel **& 3.2.3.2.1** delle **NNTC** (DM 14-1-2008), attraverso l'utilizzo dei valori, riportati nel citato prospetto dati, per i parametri di pericolosità prescelti ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ ).

Gli "spettri di risposta elastici" **1.a**, **1.b** e **2** sono confrontati, per tutte e cinque ("A", "B", "C", "D" ed "E") le categorie di sottosuolo, in termini di rapporto tra le ordinate spettrali a 0.3 sec e ad 1.0 sec, per tutti i capoluoghi dei comuni italiani ricompresi nel suddetto *reticolo di riferimento* (n. 7700 comuni su complessivi circa 8100).

Dal confronto su scala nazionale di detti primi esempi applicativi, emerge – mediamente – in termini di ordinate spettrali che:

- 1° per quanto attiene il confronto tra gli "spettri di risposta elastici" **1.a** e **2**:
  - ❖ per periodi bassi (vds. grafici per  $T = 0.3$  sec), rappresentativi delle strutture rigide (che caratterizzano, peraltro, la maggior parte degli edifici italiani):
    - per sottosuoli di categoria "A", lo "spettro" **2** è prossimo allo "spettro" **1.a**;
    - per sottosuoli di categoria "B", lo "spettro" **2** continua ad essere molto prossimo allo "spettro" **1.a**, o leggermente più "basso" per valori più alti di  $a_g$ ;
    - per sottosuoli di categoria "C", lo "spettro" **2** è significativamente più alto (con incrementi compresi tra il 20 e il 40%) dello "spettro" **1.a** per valori bassi di  $a_g$ , tendendo gradualmente ad un rapporto unitario per valori più alti di  $a_g$ ;
    - per sottosuoli di categoria "D", lo "spettro" **2** è ancora più alto (con incrementi compresi tra il 30 e il 50%) dello "spettro" **1.a** per valori medio-bassi di  $a_g$ , tendendo verso un rapporto unitario solo per i valori più alti di  $a_g$ ;
    - per sottosuoli di categoria "E", le tendenze sono assai prossime a quelle evidenziate per la categoria "D";

- ❖ per periodi più alti (vds. grafici per  $T = 1.0$  sec), rappresentativi di strutture mediamente flessibili, la dispersione dei dati è significativamente maggiore rispetto ai periodi bassi, soprattutto per valori medio-bassi di  $a_g$ . Si può comunque rilevare la seguente tendenza:
  - per sottosuoli di categoria “A”, lo “spettro” 2 è mediamente più basso (di circa il 20÷25%) dello “spettro” 1.a; per valori medio-bassi di  $a_g$ , data la citata dispersione, sono comunque presenti numerosi comuni per i quali la tendenza è opposta;
  - per sottosuoli di categoria “B”, valgono le medesime considerazioni espresse per la categoria “A”;
  - per sottosuoli di categoria “C”, lo “spettro” 2 è quasi sempre più alto dello “spettro” 1.a, con incrementi fino al 20% per valori medio-alti di  $a_g$  e fino al 70% per valori medio-bassi di  $a_g$ ;
  - per sottosuoli di categoria “D”, le tendenze sono assai prossime a quelle evidenziate per la categoria “C”;
  - per sottosuoli di categoria “E”, lo “spettro” 2 è significativamente più alto dello “spettro” 1.a, con incrementi compresi tra il 20 e il 50% per valori medio-alti di  $a_g$  e tra il 30 ed il 100% (ed oltre, in diversi casi) per valori medio-bassi di  $a_g$ ;

2°

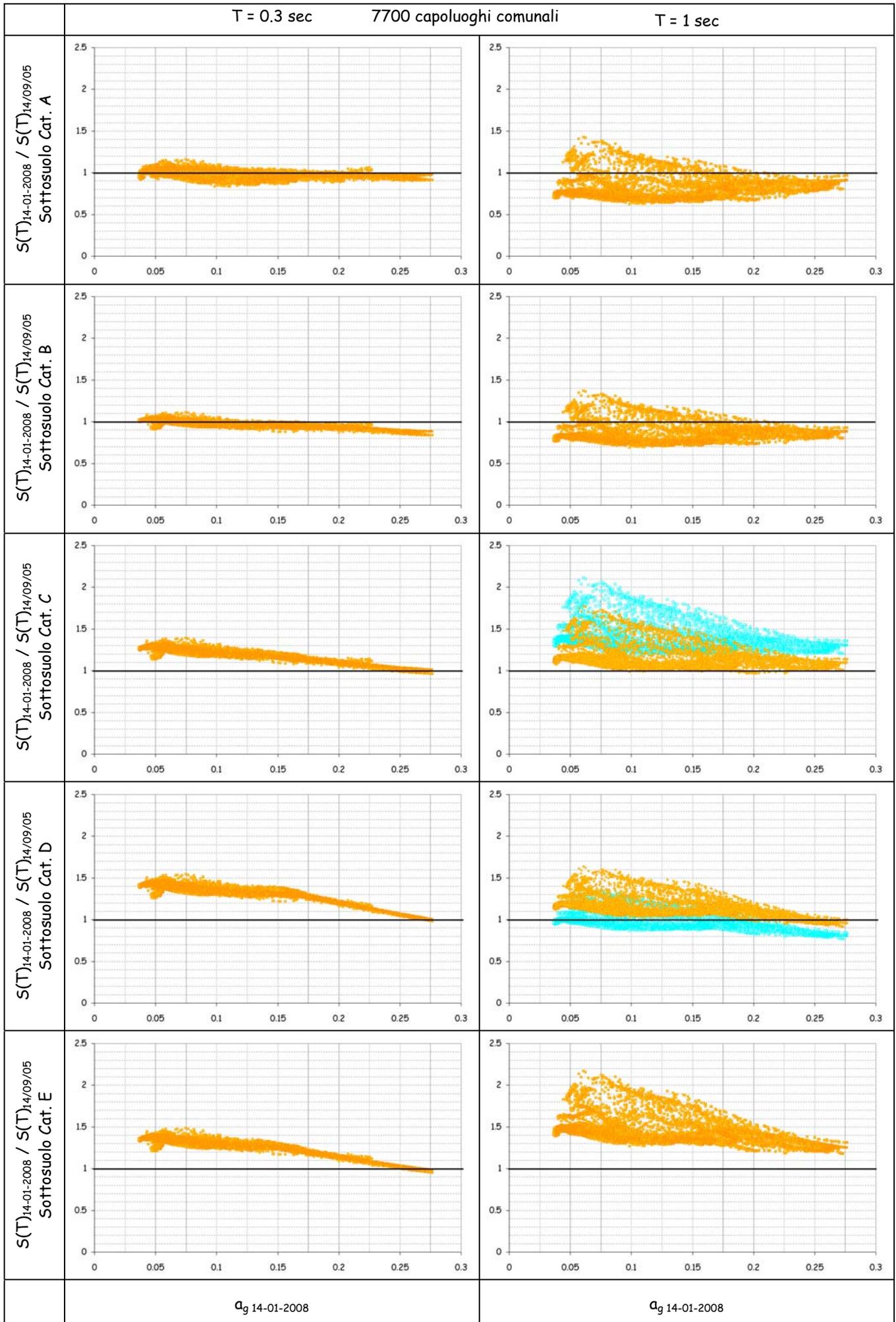
qualora il confronto si effettuasse tra lo “spettro” 2 e lo “spettro” 1.b, quanto sopra rilevato risulterebbe affetto dal rapporto tra i valori di  $a_g$  forniti in corrispondenza dei punti del “reticolo” e i quattro valori preassegnati (di “ancoraggio”) per le corrispondenti quattro zone classificate in “prima applicazione”. Ne conseguirebbe:

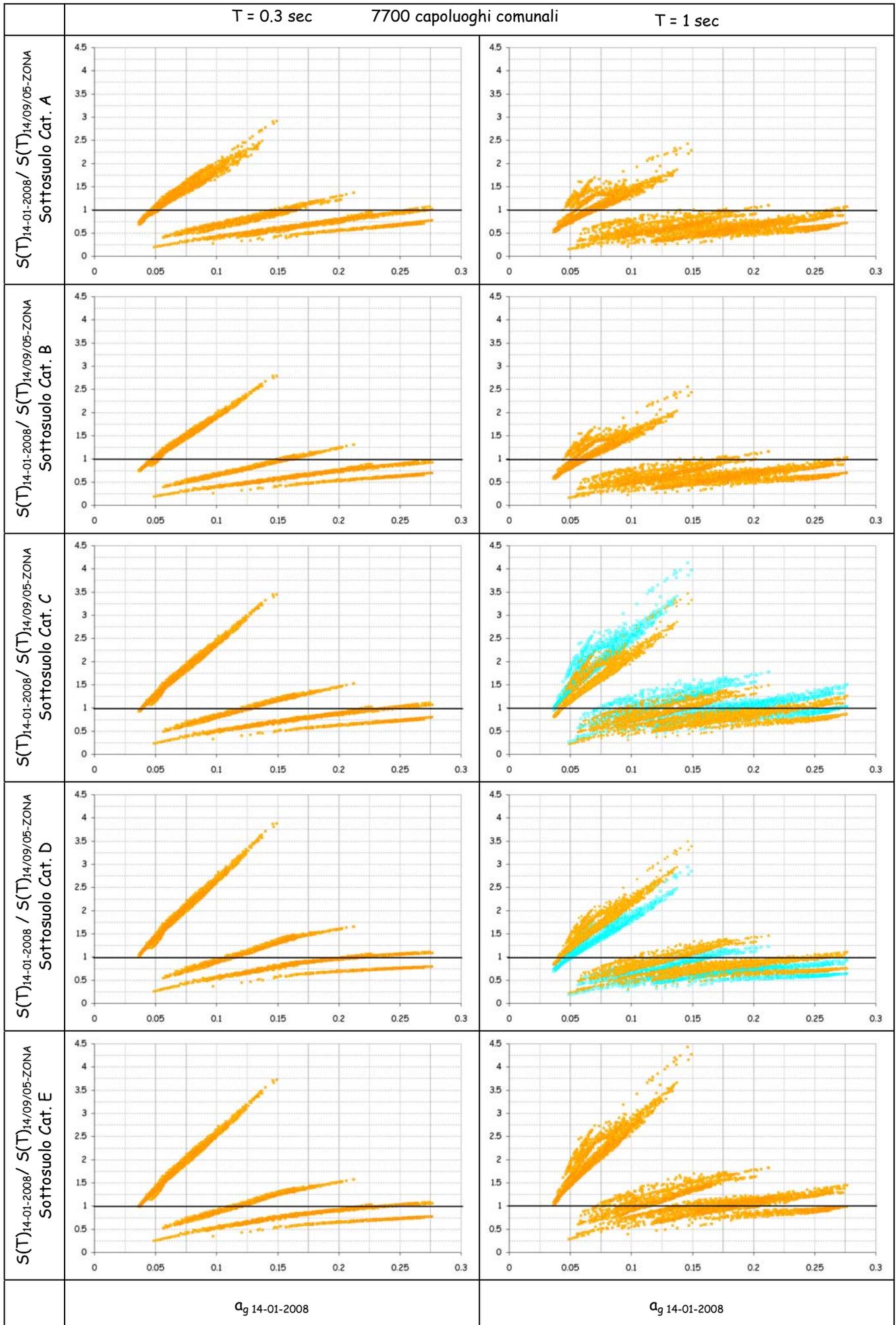
- ❖ una dispersione assai più ampia dei rapporti sopra commentati (con valori compresi tra 0.25 e 4.5);
- ❖ un sostanziale “appiattimento” delle  $a_g$  sui valori medi (0.1÷0.2 g); quindi, per la maggior parte dei comuni varrebbero le considerazioni qualitative sopra espresse per valori medi di  $a_g$  (ma con una assai più ampia dispersione).

**N.B.** Nelle relative rappresentazioni grafiche, sia per 1° che per 2°, si sono inoltre riportate a confronto, per i sottosuoli di categoria “C” e “D”, le “nuvole di punti” (in colore azzurro) corrispondenti alla “bozza NNTC - novembre 2007” con tabella 3.2.V “*Espressioni di  $S_S$  e  $C_C$* ” dove, per il calcolo di  $C_C$ , non erano ancora stati **scambiati di posto i coefficienti 1,05 e 1,25**. Si evidenzia così (nel raffronto con le “nuvole di punti” in colore arancione) che anche quest’ultima correzione di formule, apparentemente insignificante, ha un’incidenza non secondaria nei risultati delle analisi svolte per costruzioni di Classe II, nel caso di strutture flessibili (es.  $T=1s$ ), comportando – da una parte – una riduzione di circa il 20% dello spettro di risposta per sottosuoli di categoria “C” perché il valore di  $T_C$  è più basso; e – dall’altra parte – un pari incremento dello spettro di risposta per sottosuoli di categoria “D”, perché  $T_C$  è più elevato e, quindi, la lunghezza del “plateau” risulta incrementata.

La tre cartine restituiscono a seguire l’immagine nazionale (tra DM 2008 e DM 2005, nonché tra DM 2008 e “bozza 24-4-2007”) degli scostamenti – per sottosuoli di categoria “D” – limitatamente alle ordinate spettrali di “plateau”: cioè per “periodi bassi”, rappresentativi delle strutture più rigide.

Infine, per i capoluoghi di provincia dell’Emilia-Romagna, ai fini del confronto tra DM 2008 e DM 2005, sono state riportate in sovrapposizione le intere forme spettrali (0÷2 sec), e per i medesimi siti – sempre con riferimento alle suddette cinque categorie di sottosuolo – il confronto è stato poi completato con le forme spettrali dedotte dalla “bozza 24-04-2007” (ma con scelta ormai ricondotta dall’84° al 50° percentile per i dati di input).

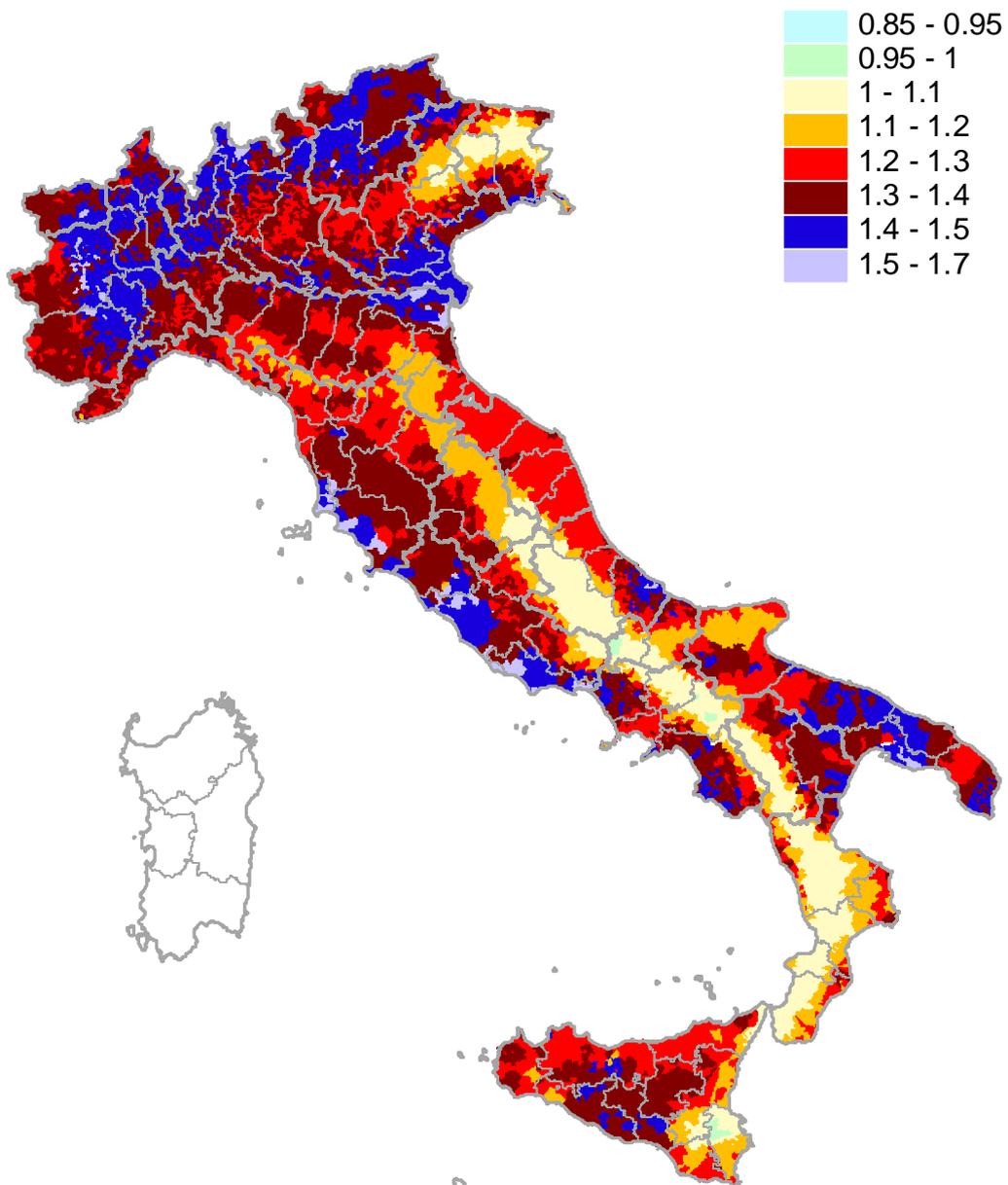




Mappa dei rapporti tra i valori delle accelerazioni spettrali di plateau calcolati relativamente agli:  
3.a) Spettri elastici (PR= 475) secondo la lversione NTC 27.07.2007  
1.b) spettri elastici secondo NTC (DM 14-9-2005) con ancoraggio ad ag puntuale al 50° percentile (25/01/07)

(I valori puntuali di ag sono stati presi in corrispondenza di punti della griglia più prossimi ai capoluoghi comunali)

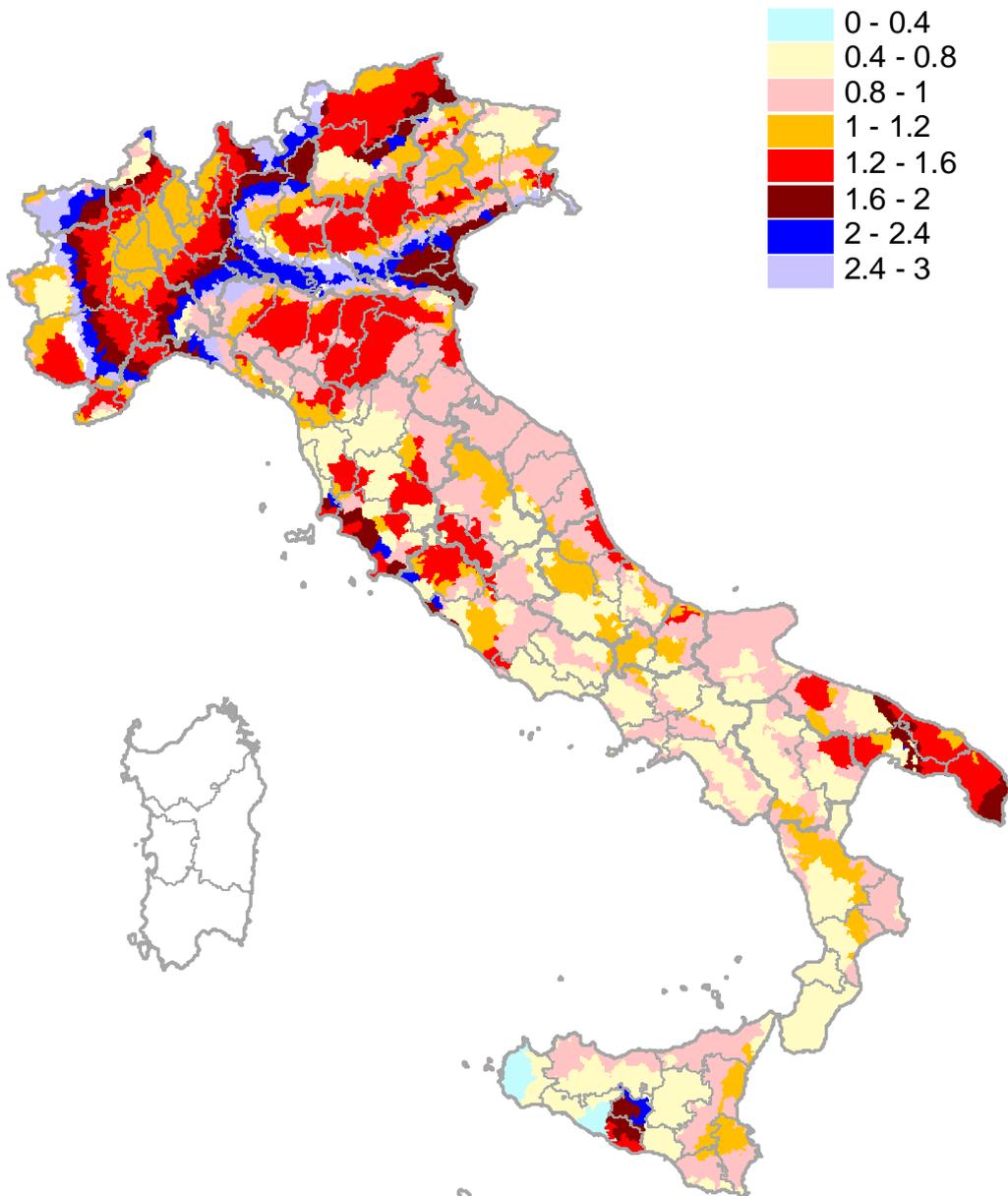
## Suolo tipo D - Rapporti 3.a/1.b



Mappa dei rapporti tra i valori delle accelerazioni spettrali di plateau calcolati relativamente agli:  
3.a) Spettri elastici (PR= 475) secondo la lversione NTC 27.07.2007  
1.a) spettri elastici secondo NTC (DM 14-9-2005) con ancoraggio ad ag di ZONA

(I valori puntuali di ag sono stati presi in corrispondenza di punti della griglia più prossimi ai capoluoghi comunali)

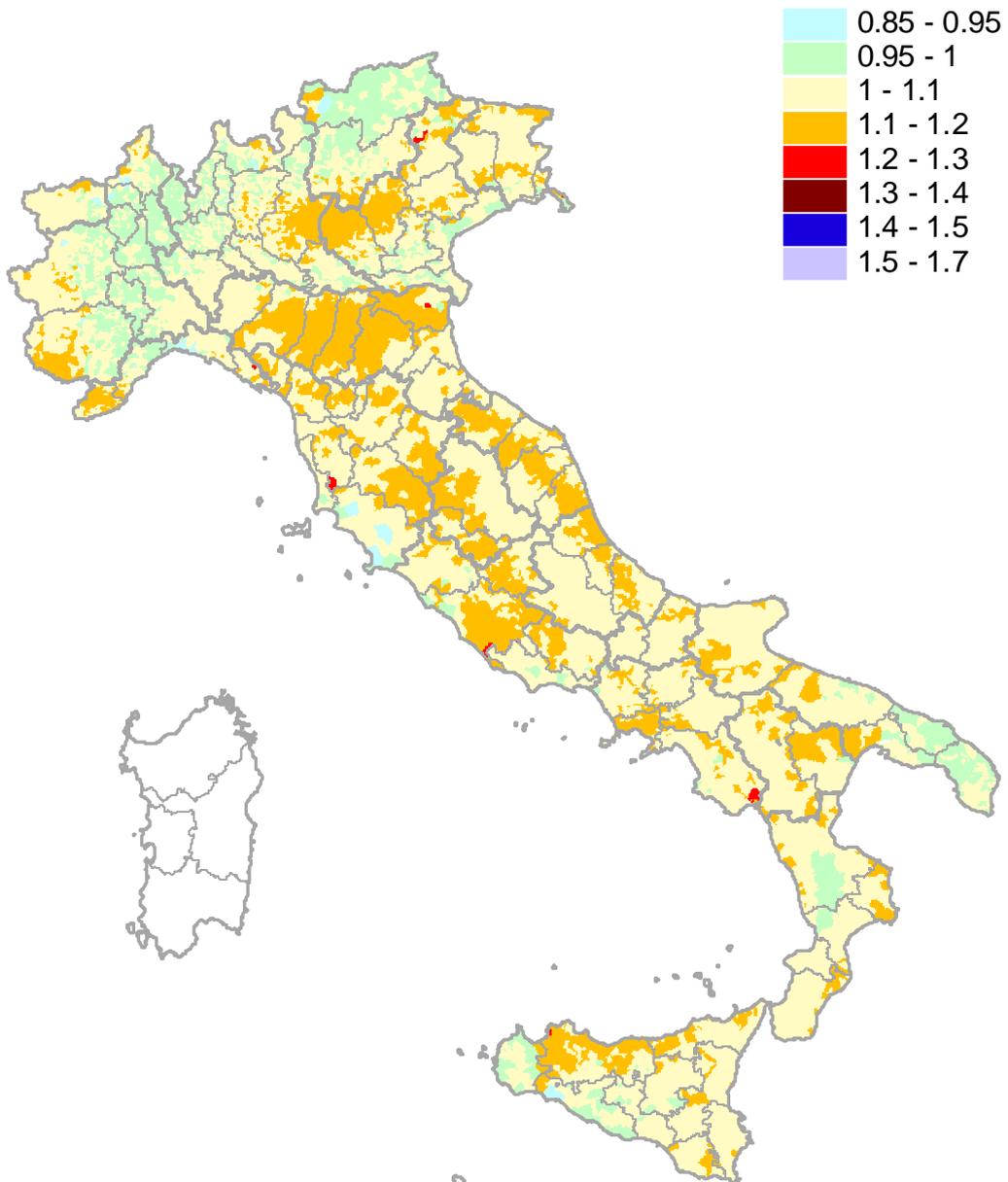
## Suolo tipo D - Rapporti 3.a/1.a



Mappa dei rapporti tra i valori delle accelerazioni spettrali di plateau calcolati relativamente agli:  
3.a) Spettri elastici (PR= 475) secondo la lversione NTC 27.07.2007  
2.A) spettri elastici secondo NTC BOZZA ( 24-04-2007) con ancoraggio ad ag puntuale al 50° percentile (25/01/

(I valori puntuali di ag sono stati presi in corrispondenza di punti della griglia più prossimi ai capoluoghi comunali)

## Suolo tipo D - Rapporti 3.a/2.a



Comune

Forlì

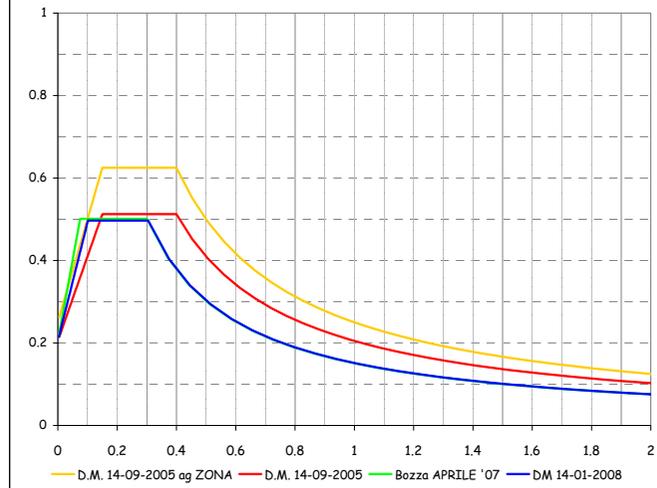
Tempo di Ritorno

475 anni

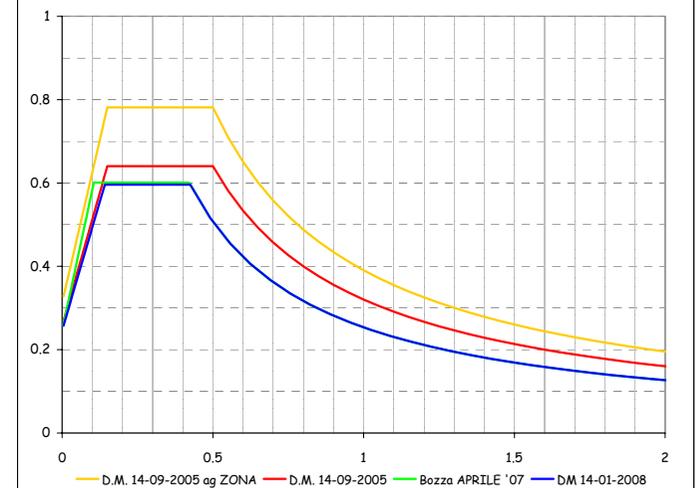
zona sismica

2

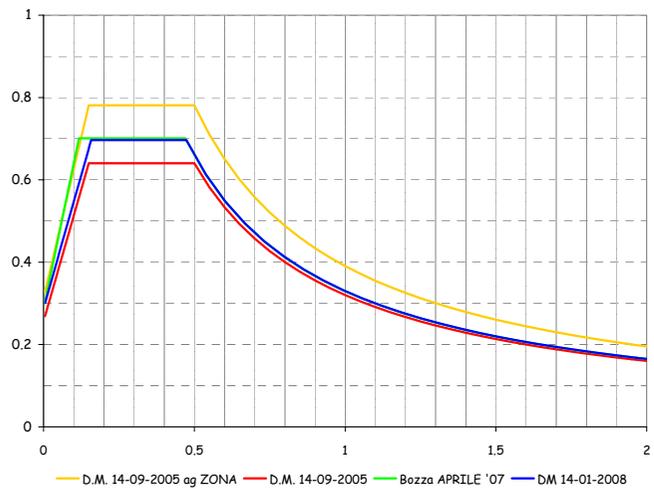
sottosuolo categoria A



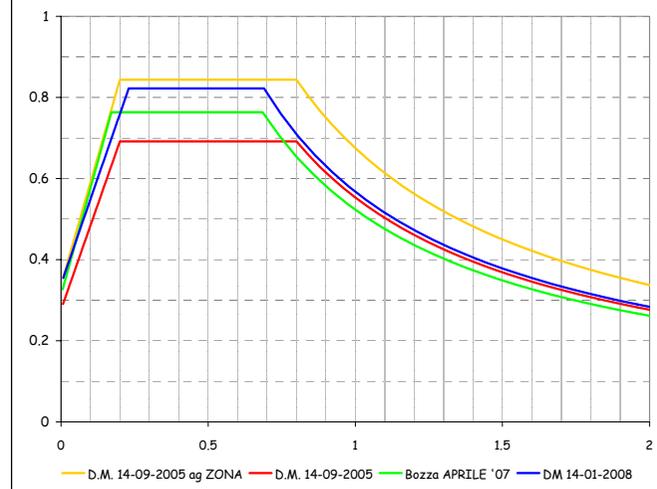
sottosuolo categoria B



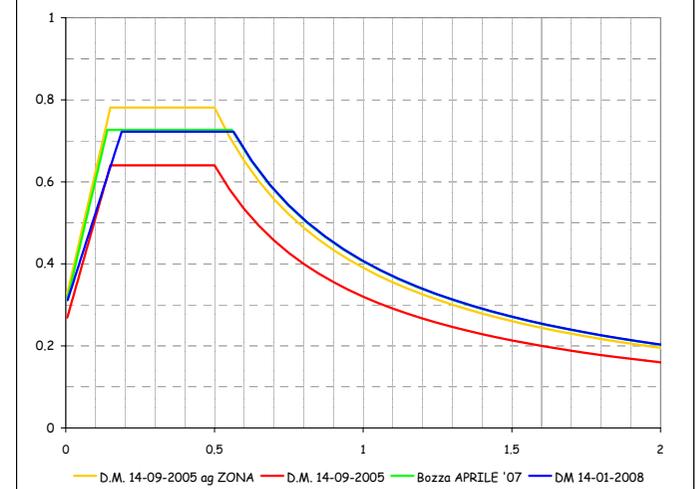
sottosuolo categoria C



sottosuolo categoria D



sottosuolo categoria E



Comune

Cesena

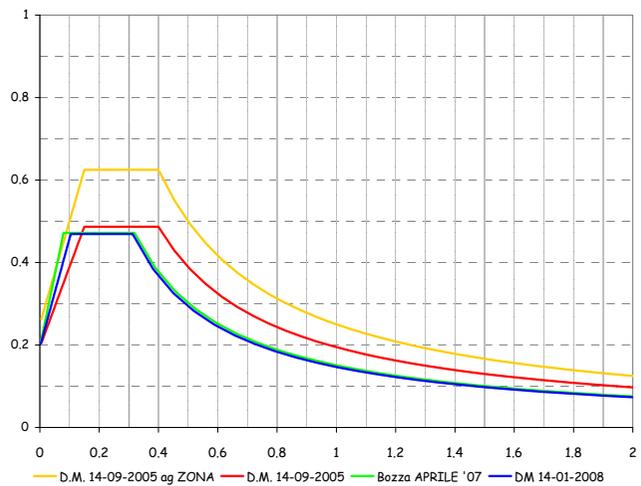
Tempo di Ritorno

475 anni

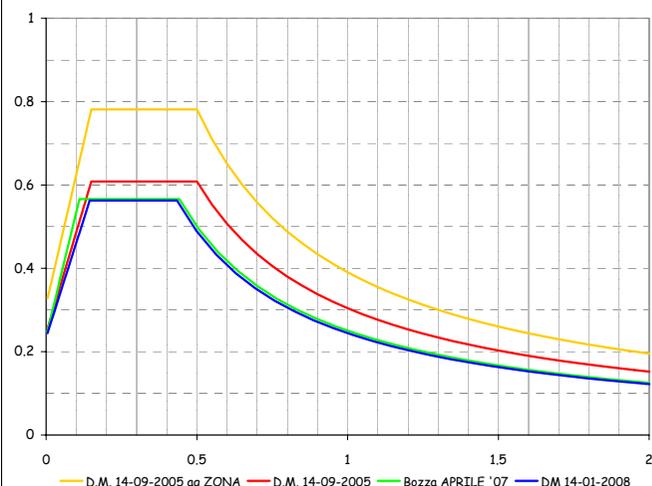
zona sismica

2

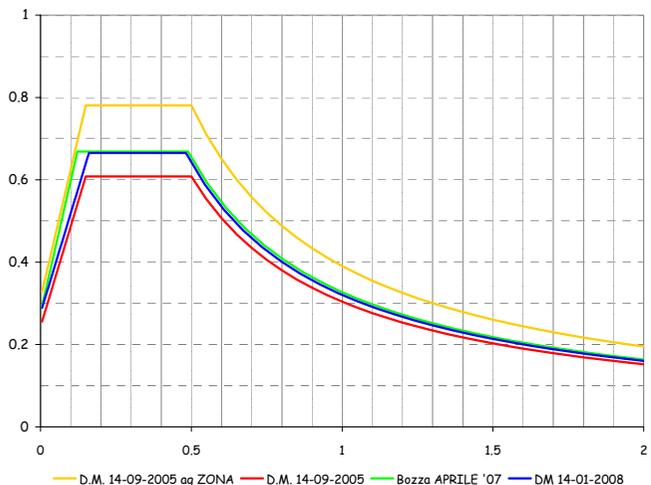
sottosuolo categoria A



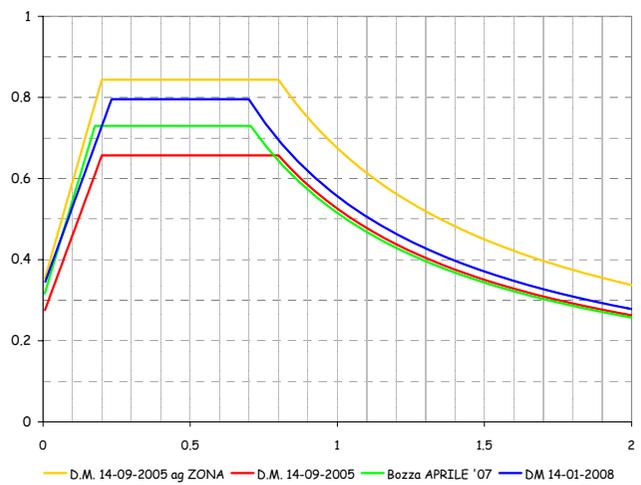
sottosuolo categoria B



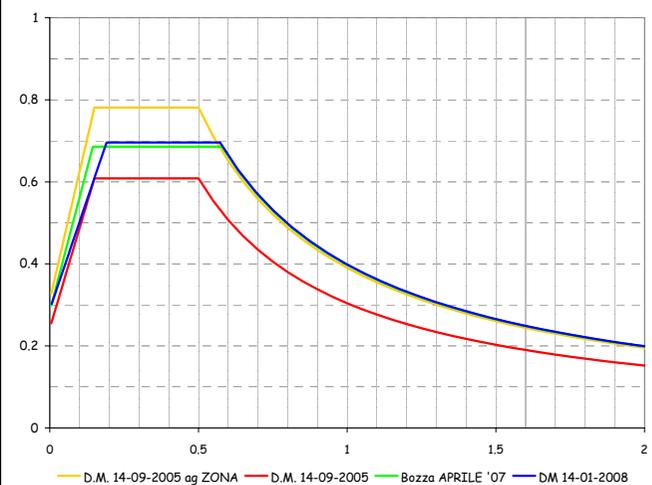
sottosuolo categoria C



sottosuolo categoria D



sottosuolo categoria E



Comune

Rimini

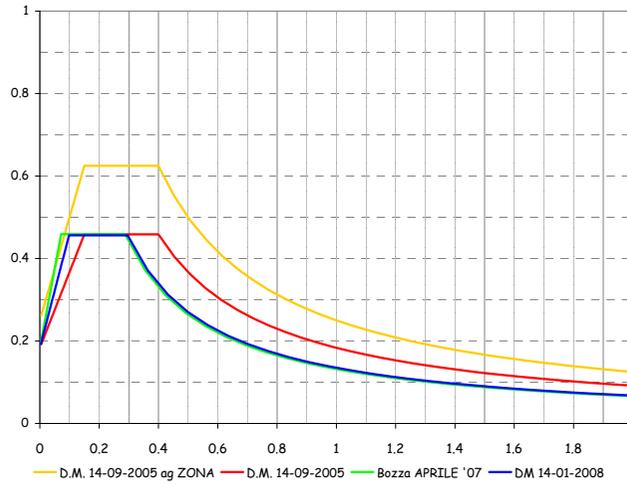
Tempo di Ritorno

475 anni

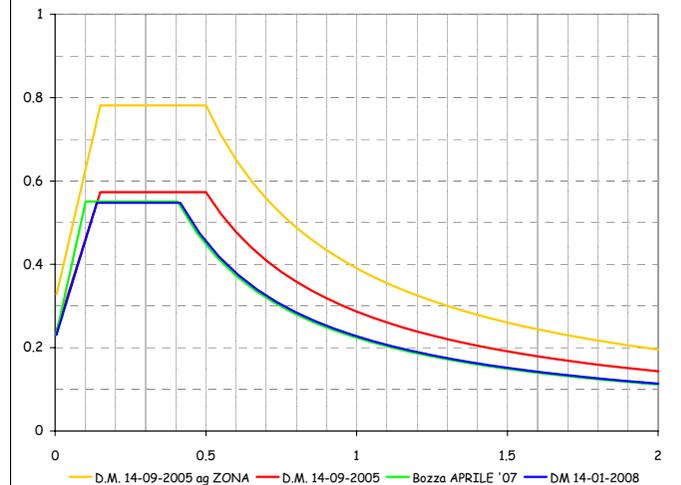
zona sismica

2

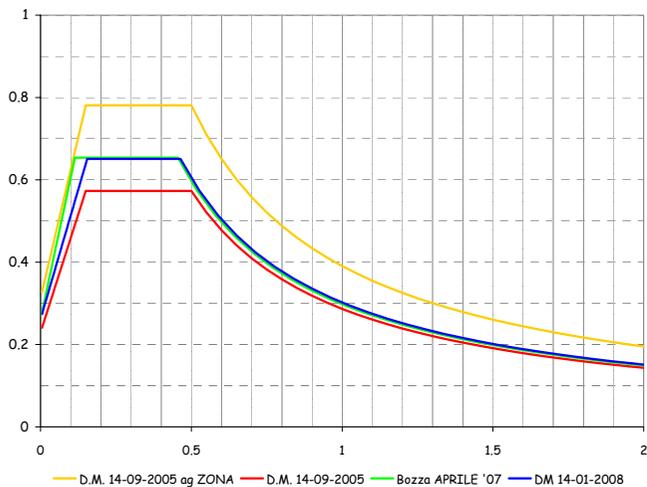
sottosuolo categoria A



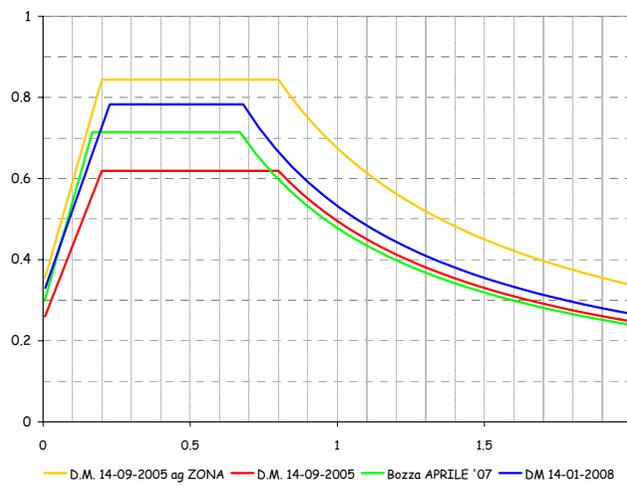
sottosuolo categoria B



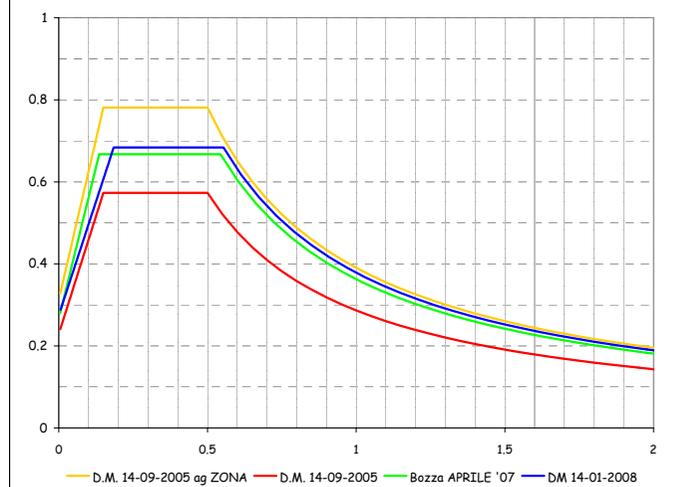
sottosuolo categoria C



sottosuolo categoria D



sottosuolo categoria E



Comune

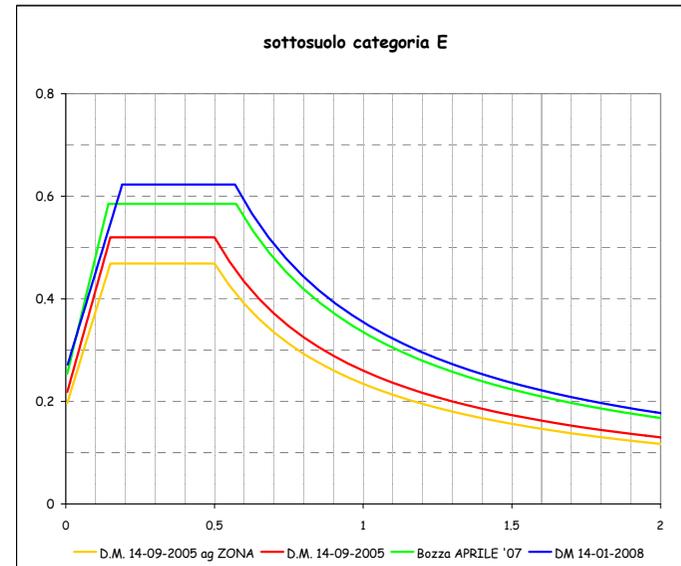
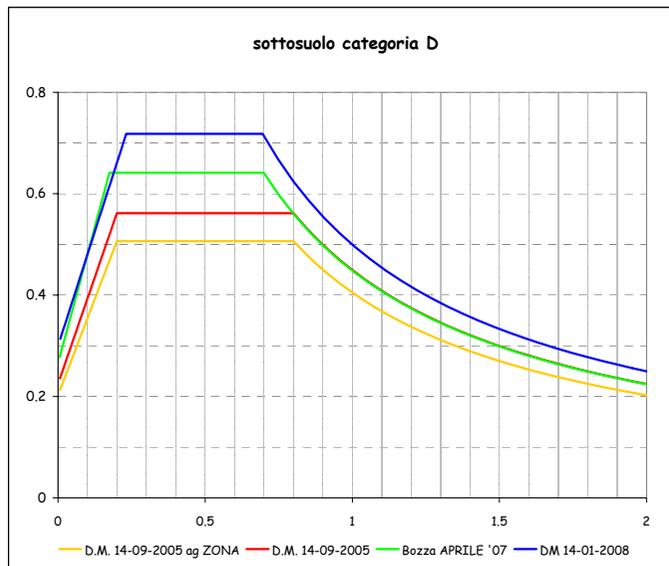
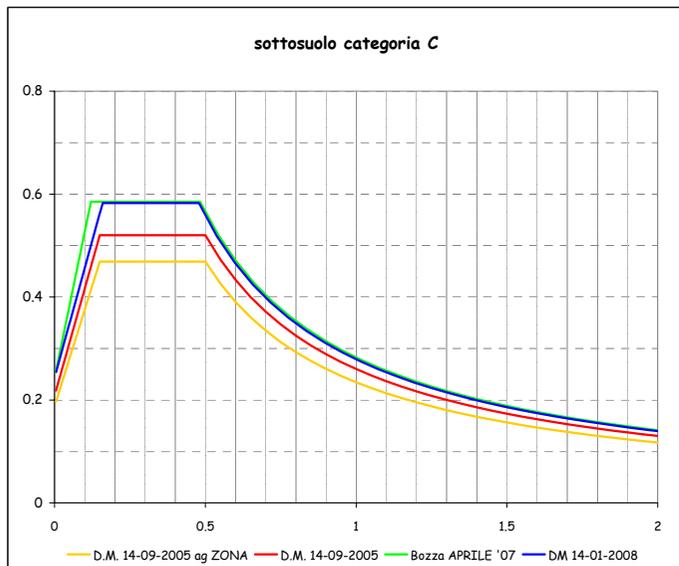
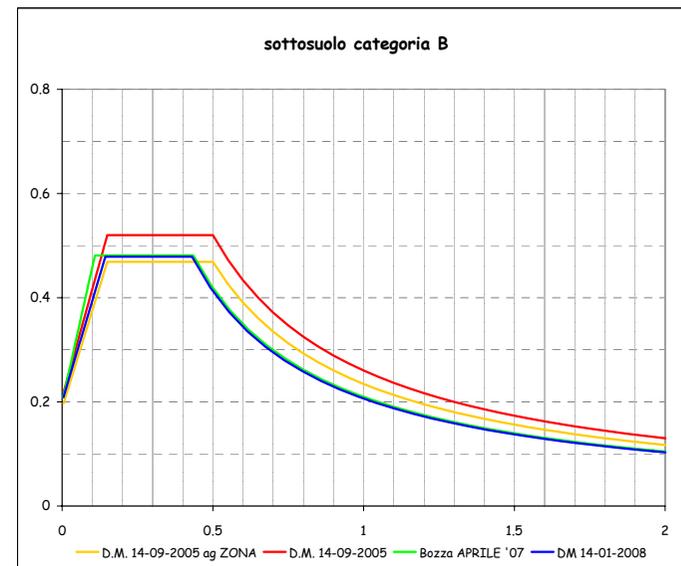
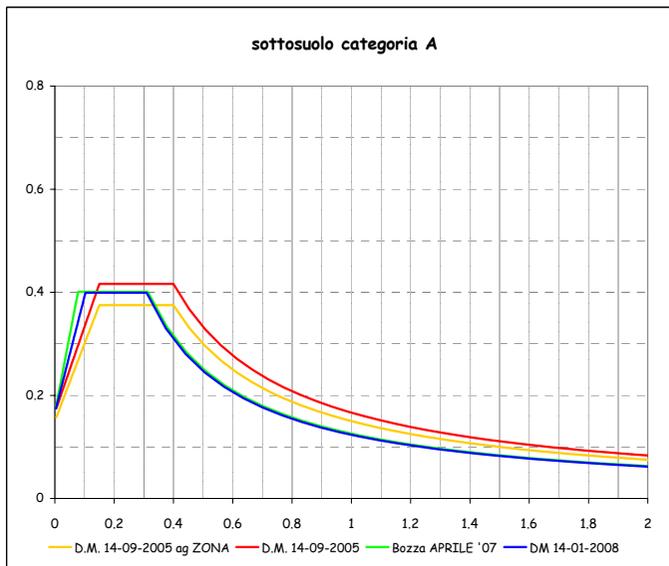
Bologna

Tempo di Ritorno

475 anni

zona sismica

3



Comune

Modena

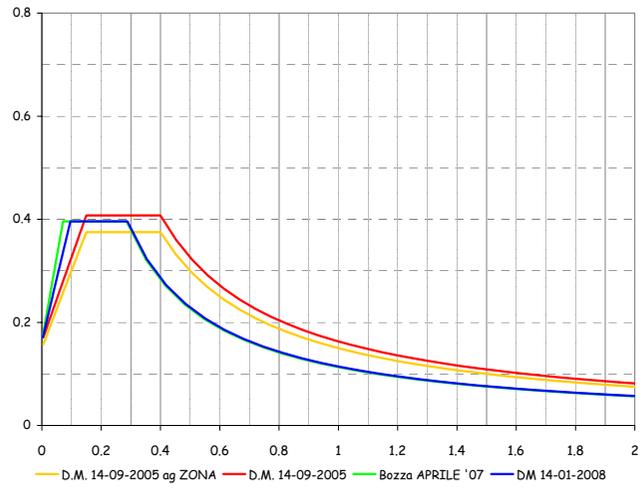
Tempo di Ritorno

475 anni

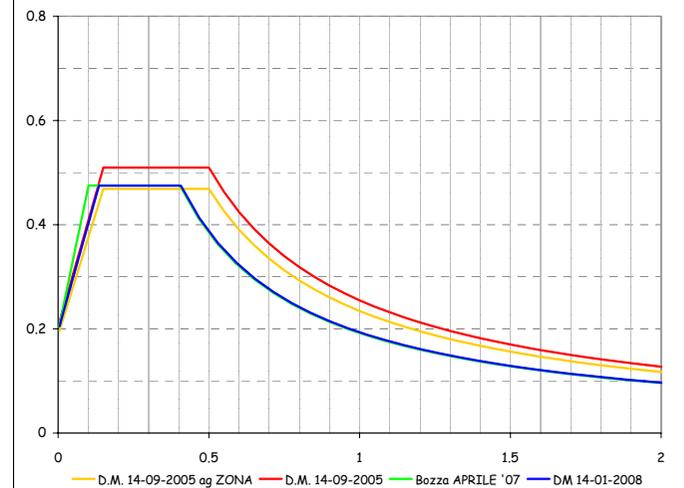
zona sismica

3

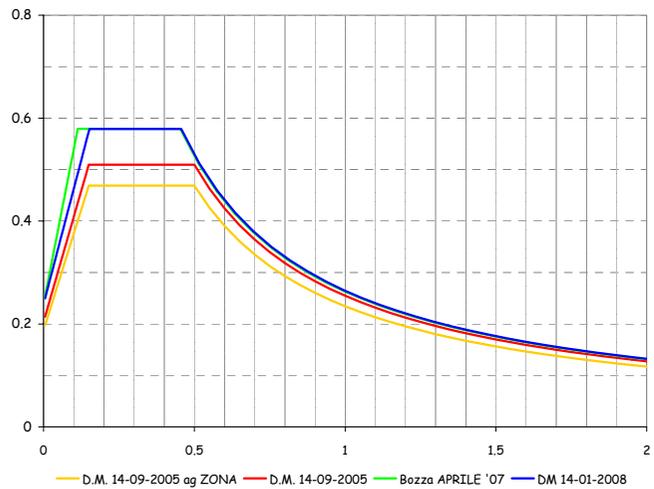
sottosuolo categoria A



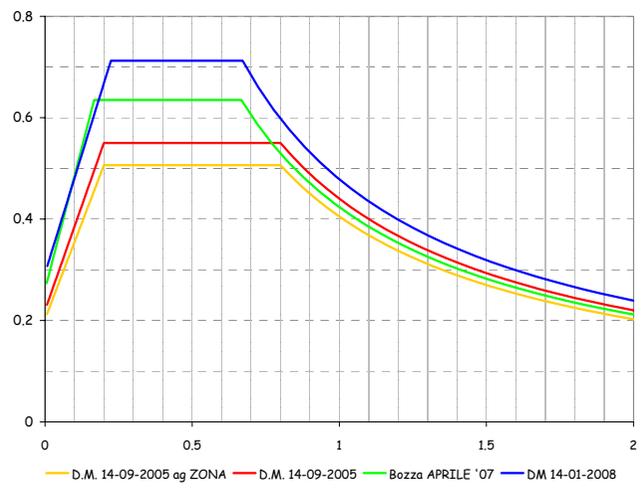
sottosuolo categoria B



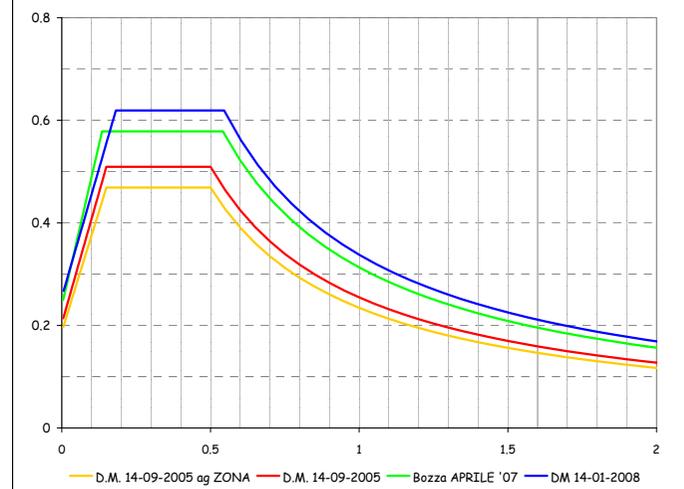
sottosuolo categoria C



sottosuolo categoria D



sottosuolo categoria E



Comune

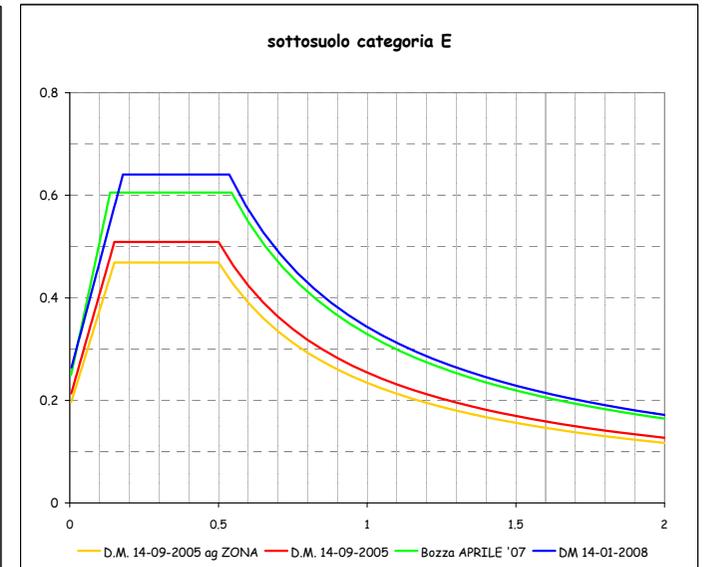
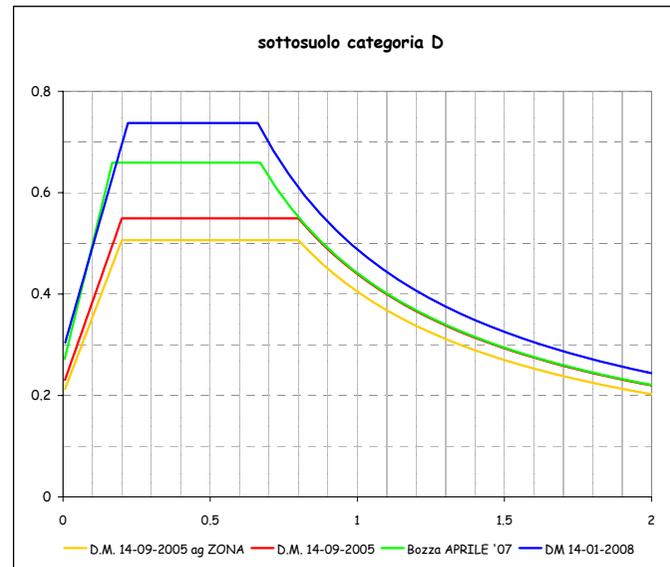
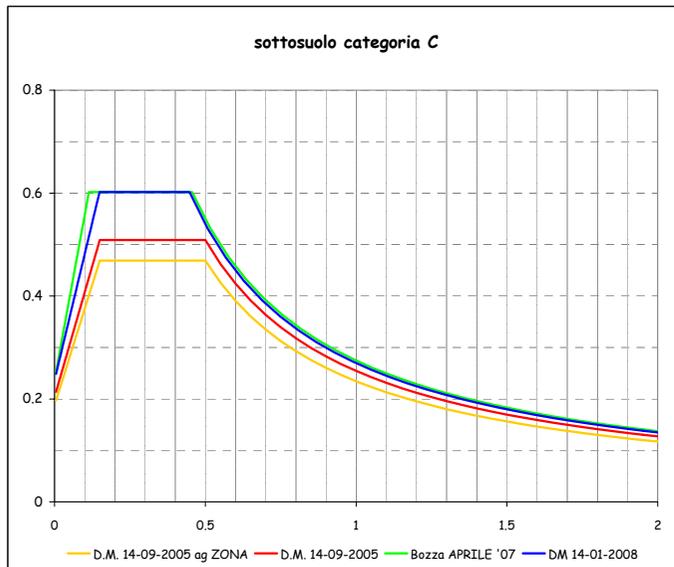
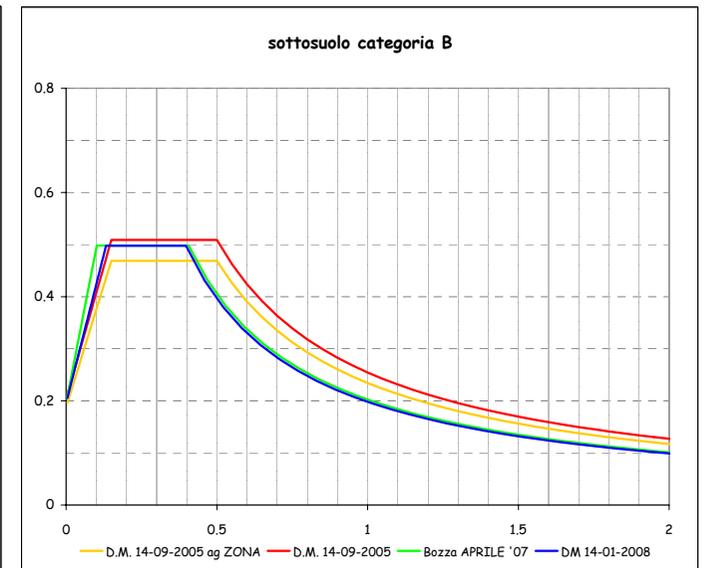
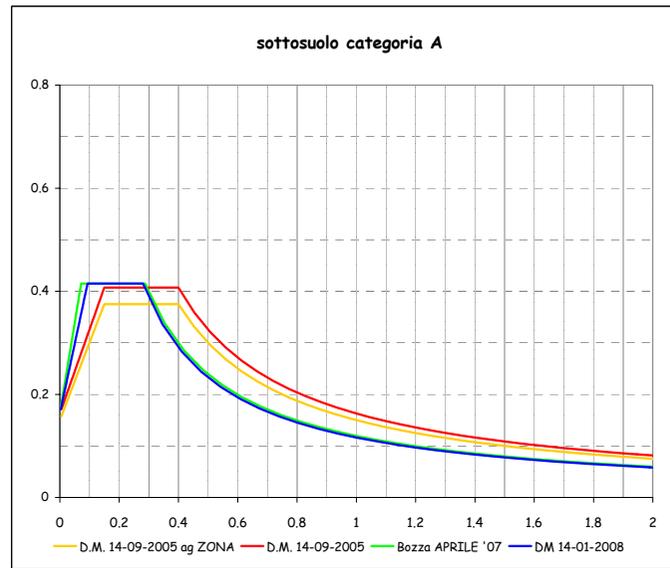
Ravenna

Tempo di Ritorno

475 anni

zona sismica

3



Comune

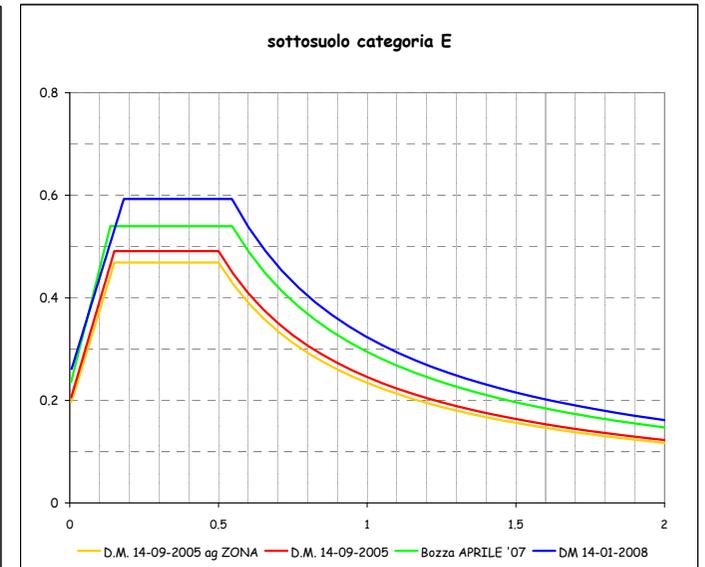
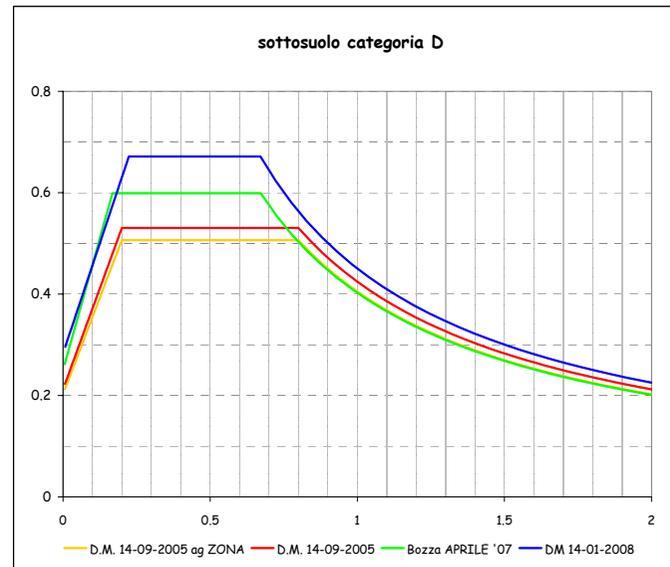
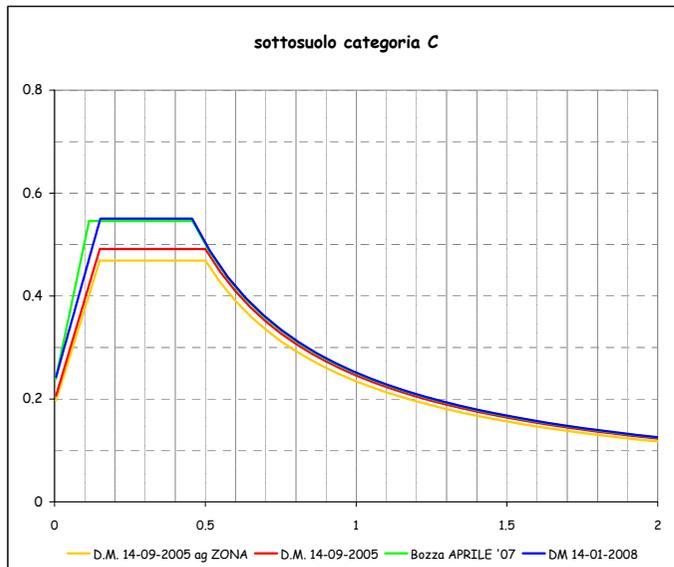
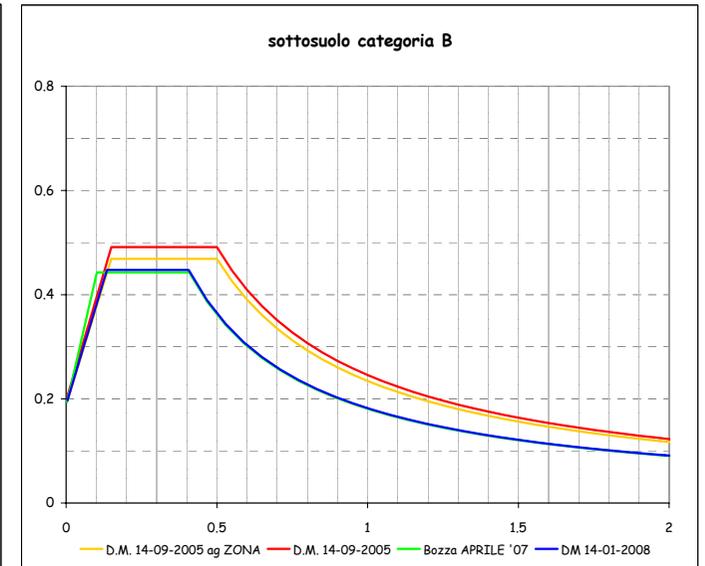
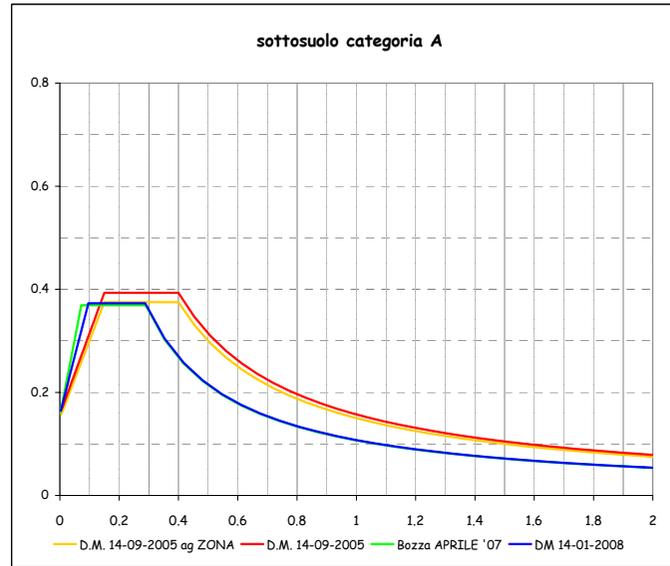
Reggio nell'Emilia

Tempo di Ritorno

475 anni

zona sismica

3



Comune

Parma

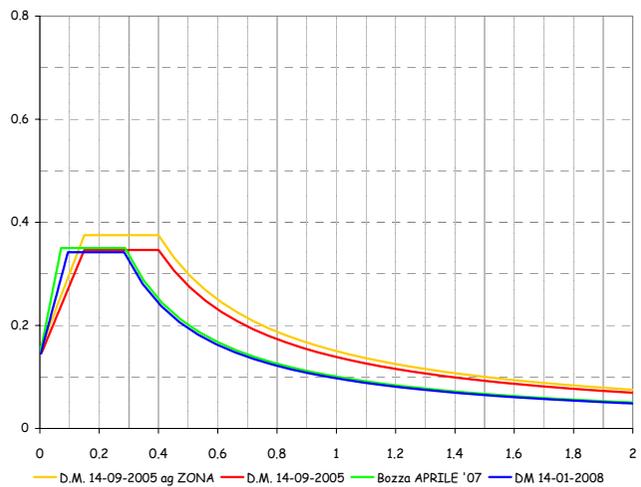
Tempo di Ritorno

475 anni

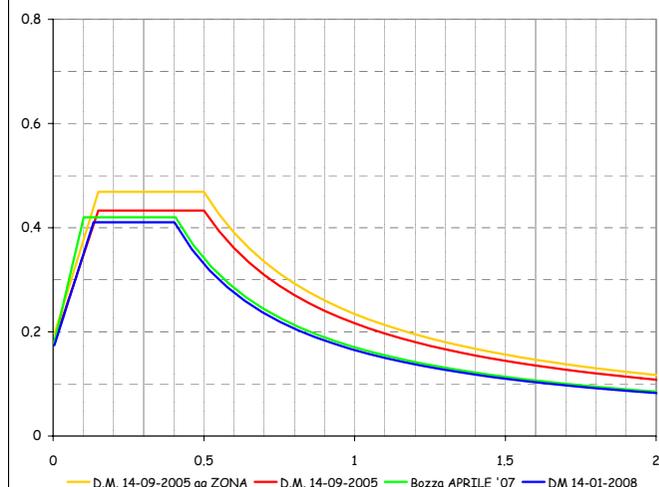
zona sismica

3

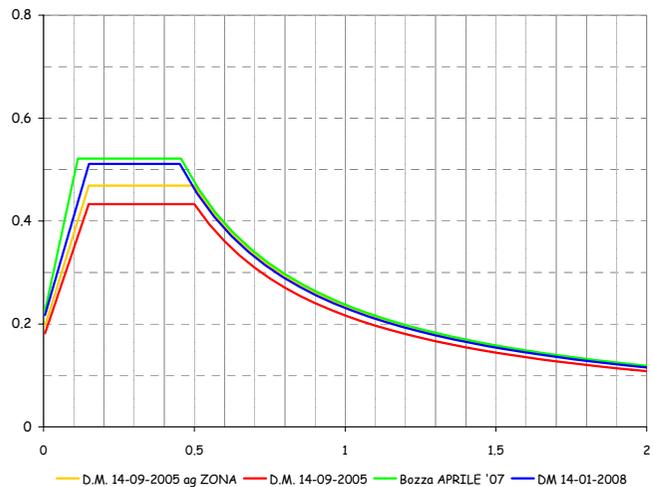
sottosuolo categoria A



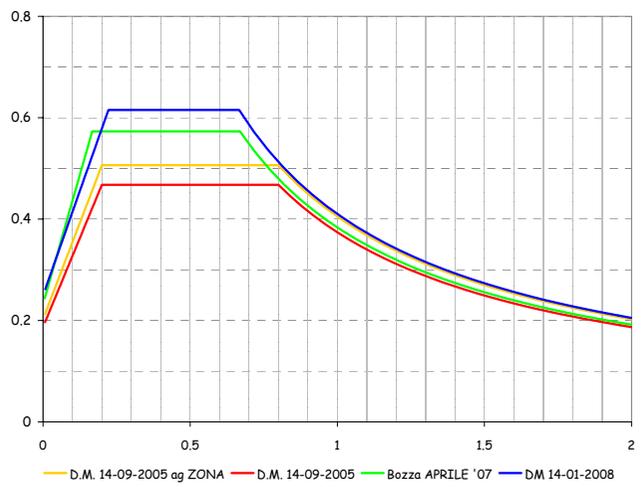
sottosuolo categoria B



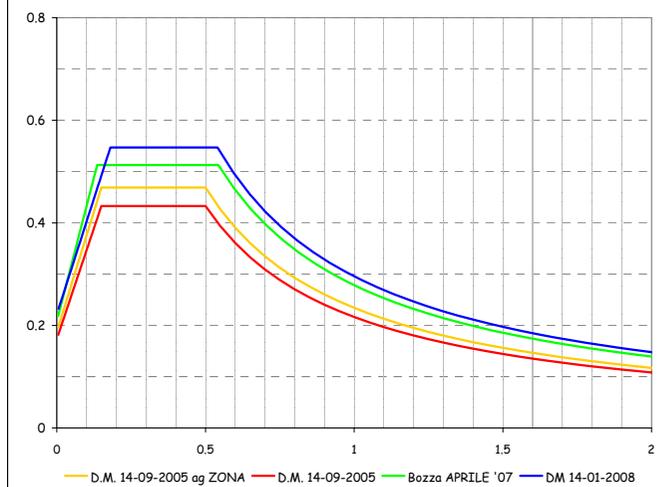
sottosuolo categoria C



sottosuolo categoria D



sottosuolo categoria E



Comune

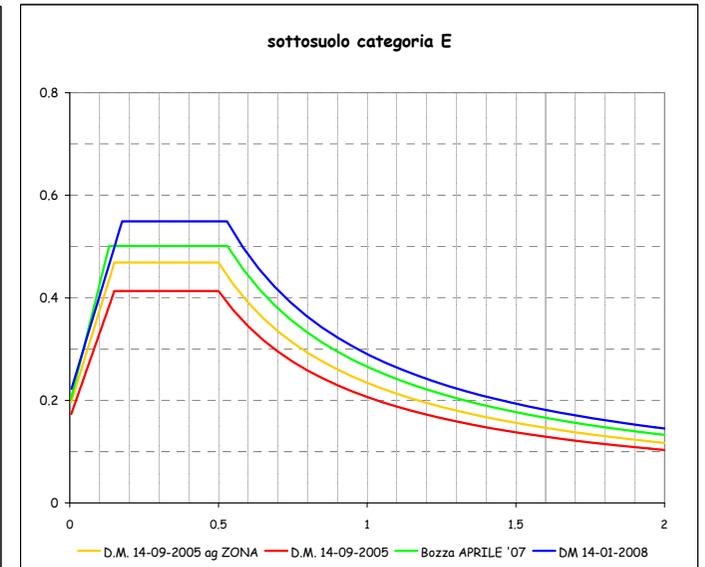
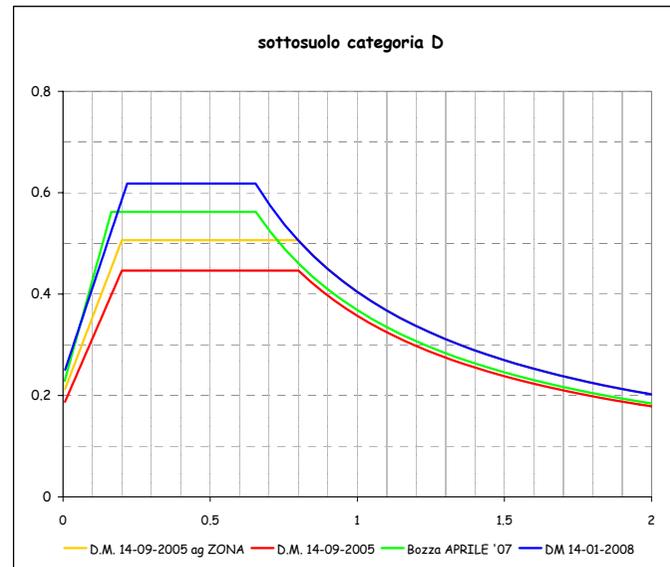
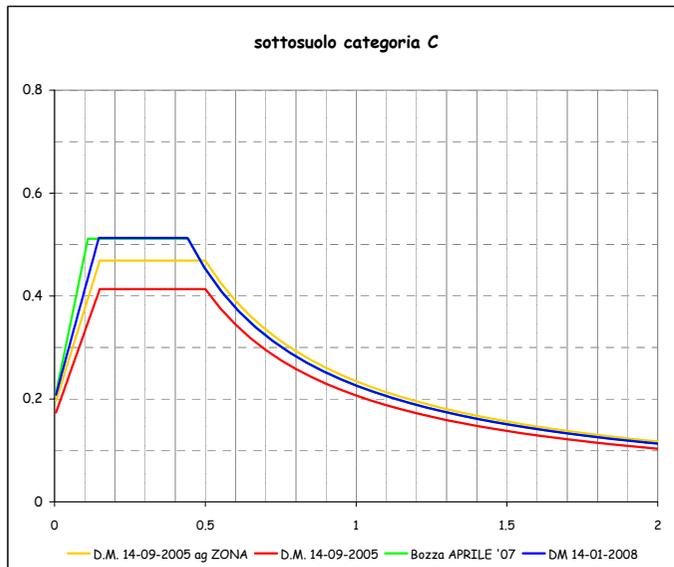
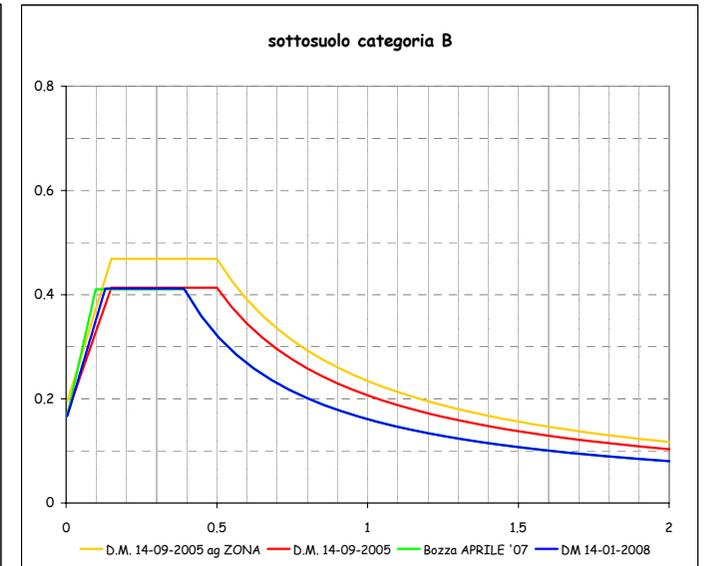
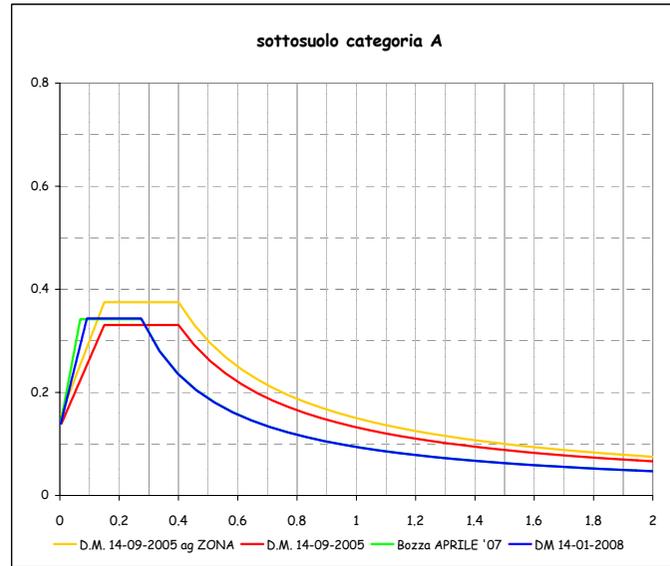
Ferrara

Tempo di Ritorno

475 anni

zona sismica

3



Comune

Piacenza

Tempo di Ritorno

475 anni

zona sismica

4

