



*INGV-Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia*

*DPC-Dipartimento della
Protezione Civile*



*Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 / Progetto S1
Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della
mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di
ulteriori sviluppi*

Task 1 – Completamento delle elaborazioni relative a MPS04

Deliverable D6 Valutazioni sperimentali di a_{max} e di spettri di risposta calibrate per le condizioni locali

a cura di L. Luzi, F. Meroni

Milano, 4 aprile 2007

Deliverable 6:
Valutazioni sperimentali di amax e di spettri di risposta
calibrate per le condizioni locali

Lucia Luzi, Fabrizio Meroni
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione di Milano

Riassunto

Lo scopo del deliverable 6 è la realizzazione di uno studio di fattibilità per la valutazione dell'accelerazione e degli spettri di risposta per diversi suoli per l'intero territorio nazionale. L'obiettivo è stato raggiunto attraverso l'applicazione dei criteri attuativi della normativa (europea o italiana) seguendo l'approccio proposto nel progetto GNDT-INGV *Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico* (programma quadro 2000 – 2002).

La mappa di pericolosità MPS04 utilizzata è stata quella calcolata con risoluzione di 0.02 gradi, che ha permesso di interpolare i valori del picco di accelerazione fino ad ottenere una mappa di pericolosità con risoluzione di 250m da integrare con la mappa geologica alla scala 1:500.000. Il Dipartimento della Protezione Civile ha fornito di recente la copertura geologica alla scala 1:100.000 del territorio italiano in formato vettoriale, che ha reso possibile la selezione di alcune aree campione per stabilire l'attendibilità dei risultati derivanti dall'utilizzo della mappa alla scala 1:500.000 rispetto alla scala 1:100.000.

I prodotti forniti al termine dell'attività di ricerca sono i seguenti:

- 1) mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in cui l'effetto di sito è valutato applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea (EuroCode8 provisions, EC8, Maggio 2002) alla mappa di pericolosità MPS04;
- 2) mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in cui il calcolo dell'effetto di sito è valutato applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dai criteri attuativi della normativa italiana (D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/09/2005, G.U. 23/09/2005 n. 222) alla mappa di pericolosità MPS04;
- 3) selezione di quattro aree campione nelle quali è stato effettuato il confronto tra la cartografia alla scala 1:500.000 (SGI, 1984) e 1:100.000 (progetto CARG) in termini di differenza tra classi litotecniche. Scopo del confronto è l'individuazione della risoluzione ottimale della cartografia geologica in modo tale da fornire una stima della pericolosità calibrata sulle condizioni locali.

Abstract

The aim of the deliverable 6 is a feasibility study to evaluate the acceleration and response spectra for the different soil conditions of the Italian territory. The goal has been reached through the application of seismic codes (European or Italian) following the approach proposed in GNDT-INGV project "*Probable earthquakes in Italy from year 2000 to 2030:*

guidelines for determining priorities in seismic risk mitigation" (framework program 2000 - 2002).

The adopted MPS04 hazard map has a resolution of 0.02 degrees; the acceleration peak values have been interpolated in order to produce an hazard map with 250m resolution, which allows an overlay with the 1:500.000 scale geologic map. The Civil Protection Department has supplied a 1:100.000 scale geologic cover of the Italian territory in vector format from which four test areas have been selected in order to carry out a comparison between the geologic classes mapped at 1:500.000 and 1:100.000 scale.

The products supplied at the end of the research activity are:

- 1) peak ground acceleration map with 10% probability of being exceeded in 50 years, in which the site effects are obtained applying to the MPS04 hazard map the coefficients given by the European code (EuroCode8 provisions, EC8, May 2002);
- 2) peak ground acceleration map with 10% probability of being exceeded in 50 years, in which the site effects are obtained applying to the MPS04 hazard map the coefficients given by the Italian code (D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/09/2005, G.U. 23/09/2005 n. 222);
- 3) selection of four test areas in order to carry out a comparison between the geologic classes mapped at 1:500.000 (SGI,1984) and 1:100.000 scale (CARG project); the results show the distribution of the differences of calculated PGA for different lithotechnic units. Aim of the comparison is the selection of an optimal geologic map scale in order to supply a reliable hazard estimate which takes into account the local site conditions.

Valutazioni sperimentali di amax e di spettri di risposta calibrate per le condizioni locali

Lo scopo dello studio è quello di valutare il picco di accelerazione orizzontale e gli spettri di risposta per diverse tipologie di suolo per l'intero territorio nazionale.

L'obiettivo può essere raggiunto attraverso:

- 1) applicazione delle leggi di attenuazione, tenendo conto delle diverse tipologie di terreno, nel calcolo della mappa di pericolosità;
- 2) predisposizione di abachi per il calcolo dell'amplificazione al sito;
- 3) applicazione dei criteri attuativi della normativa (europea o nazionale).

Il primo approccio possibile non è attuabile, in quanto non tutte le relazioni di attenuazione utilizzate nell'impianto dell'albero logico con cui è stata calcolata la mappa di pericolosità MPS04 tengono conto delle diverse tipologie di terreno. Il secondo approccio necessita dell'applicazione di modelli teorici per tutte le combinazioni uniche di tipologie di terreno e configurazioni geometriche per la generazione di abachi per il calcolo della risposta al sito e potrà essere sperimentato solo in futuro.

Il terzo dei tre metodi sopra elencati è stato già sperimentato (vedi allegato 1) nell'ambito del progetto GNDT-INGV (convenzione 2000-2002) *Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico* (Task 3.2). L'approccio consiste nell'applicazione dei criteri attuativi della normativa europea (EuroCode8 provisions, EC8, Maggio 2002). Il primo passo è stata la generalizzazione della mappa geologica dell'intero territorio nazionale (scala 1:500.000) in tre categorie di suolo, A, B, C, come proposto dalla normativa europea (EC8) su cui si basa la normativa italiana (D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/09/2005, G.U. 23/09/2005 n. 222), come mostrato in tabella 1 e in figura 1 (SGI, 1984). Per la classificazione sono stati utilizzati criteri litologici e di età delle formazioni. Per ognuna delle classi viene proposta la forma spettrale di tipo 1 della normativa europea, caratteristica di zone con elevata sismicità e adottata dalla normativa italiana, da cui è possibile ricavare i coefficienti moltiplicativi dell'accelerazione calcolata all'affioramento roccioso e delle ordinate spettrali per diversi periodi di riferimento, come mostrato in tabella 2 e tabella 3 e in figura 2. Dalle forme spettrali è inoltre possibile ricavare parametri integrali come l'intensità spettrale, per diversi estremi di integrazione e il fattore di amplificazione F_a .

Il precedente progetto aveva fatto uso della mappa del picco di accelerazione con probabilità del 10% in 50 anni redatta nel 1999 dal gruppo di lavoro per la riclassificazione sismica del territorio nazionale (Albarelo et al., 2000). In figura 3 è mostrata la mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea alla mappa prodotta dal progetto GNDT-INGV.

Nell'ambito di questo progetto è stata utilizzata la mappa di pericolosità del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni denominata MPS04 (Gruppo di lavoro, 2004). In figura 4 è mostrata la mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea alla mappa MPS04.

Classe	Descrizione
A (roccia) Vs > 800 m/s	Depositi litoidi e argille marine sovraconsolidate (Pleistocene Inferiore e Pliocene)
B (suolo rigido) 360 < Vs < 800 m/s	Depositi colluviali, alluvionali e lacustri, depositi di spiaggia, terrazzi fluviali, depositi glaciali e argille (Pleistocene medio-superiore); sabbie e conglomerati sciolti (Pleistocene e Pliocene); travertini (Pleistocene e Olocene)
C (suolo soffice) Vs < 360 m/s	Depositi colluviali, alluvionali e lacustri, depositi di spiaggia e terrazzi fluviali (Olocene e Pliocene)

Tabella 1: classificazione della mappa geologica alla scala 1:500.000 in tre classi di suolo (EC8).

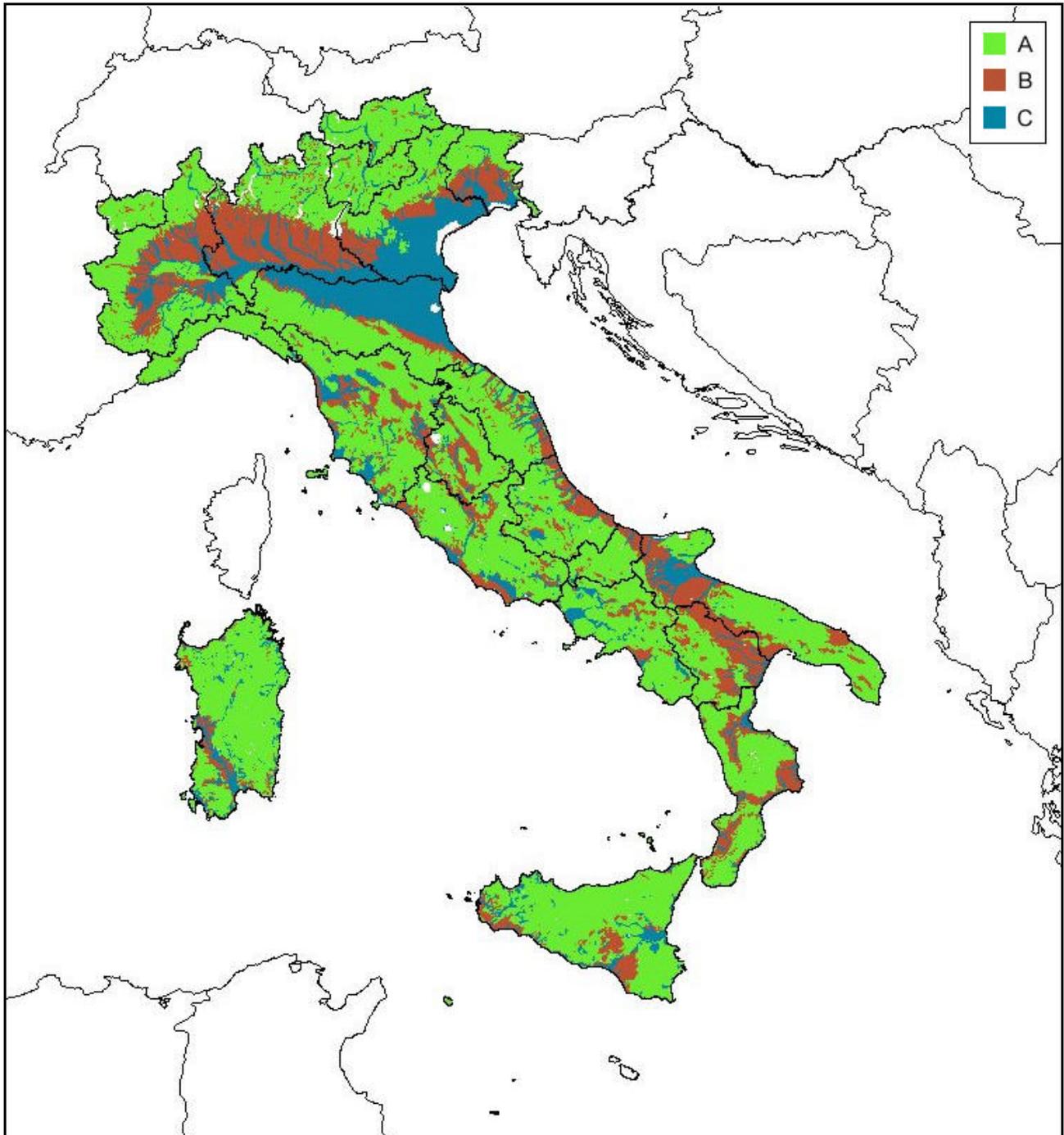


Figura 1: mappa geologica del territorio nazionale (scala 1:500.000) in tre categorie di suolo, A, B, C, come proposto dalla normativa europea.

Classe	Coeff. PGA	PSA (0.3s)	PSA (1s)	PSA (2s)
A-roccia	1.0	2.5	1.0	0.5
B-suolo rigido	1.2	3	1.5	0.75
C-suolo soffice	1.15	2.875	1.725	0.8625

Tabella 2: coefficienti moltiplicativi per PGA e ordinate spettrali (accelerazione) a periodi prefissati 0.3s, 1.0s e 2.0s (EC8).

Classe	Coeff. PGA	PSA (0.3s)	PSA (1s)	PSA (2s)
A-roccia	1.0	2.5	1.0	0.5
B, C, E	1.25	3.125	1.562	0.781

Tabella 3: coefficienti moltiplicativi per PGA e ordinate spettrali (accelerazione) a periodi prefissati 0.3s, 1.0s e 2.0s (D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/09/2005, G.U. 23/09/2005 n. 222).

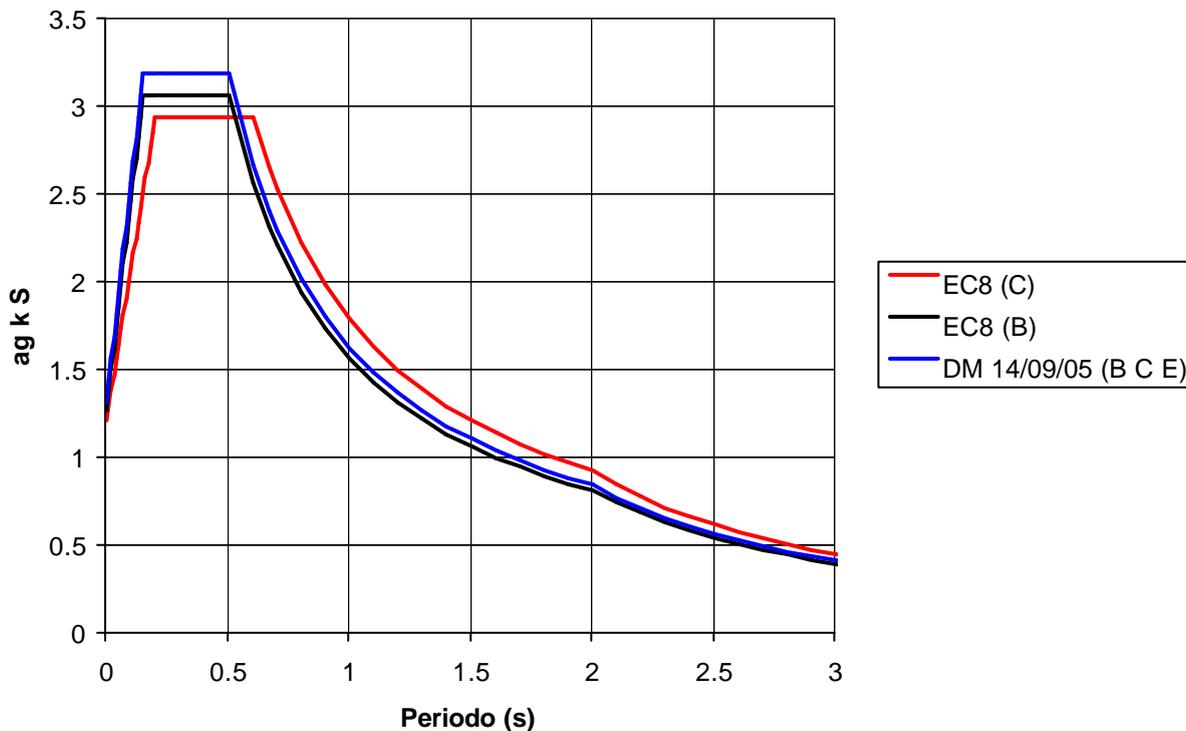


Figura 2: spettro di tipo 1 per i suoli di tipo B e C (EC8) e spettro di normativa (DM 14/09/05) per i suoli B, C, E.

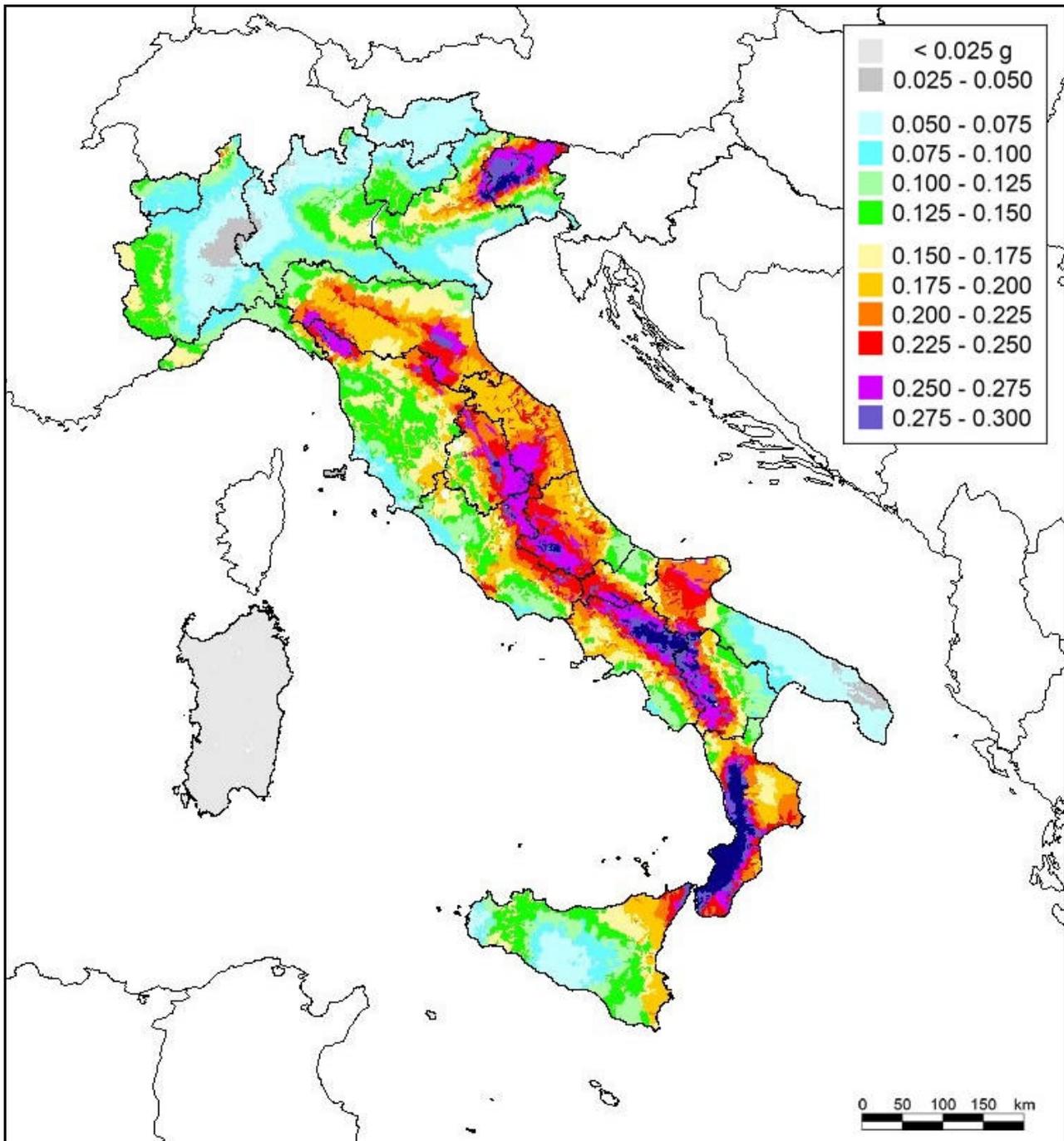


Figura 3: mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea alla mappa di pericolosità redatta nel 1999 dal gruppo di lavoro per la riclassificazione sismica del territorio nazionale (Albarelo et al., 2000). I picchi di accelerazione si riferiscono al territorio comunale.

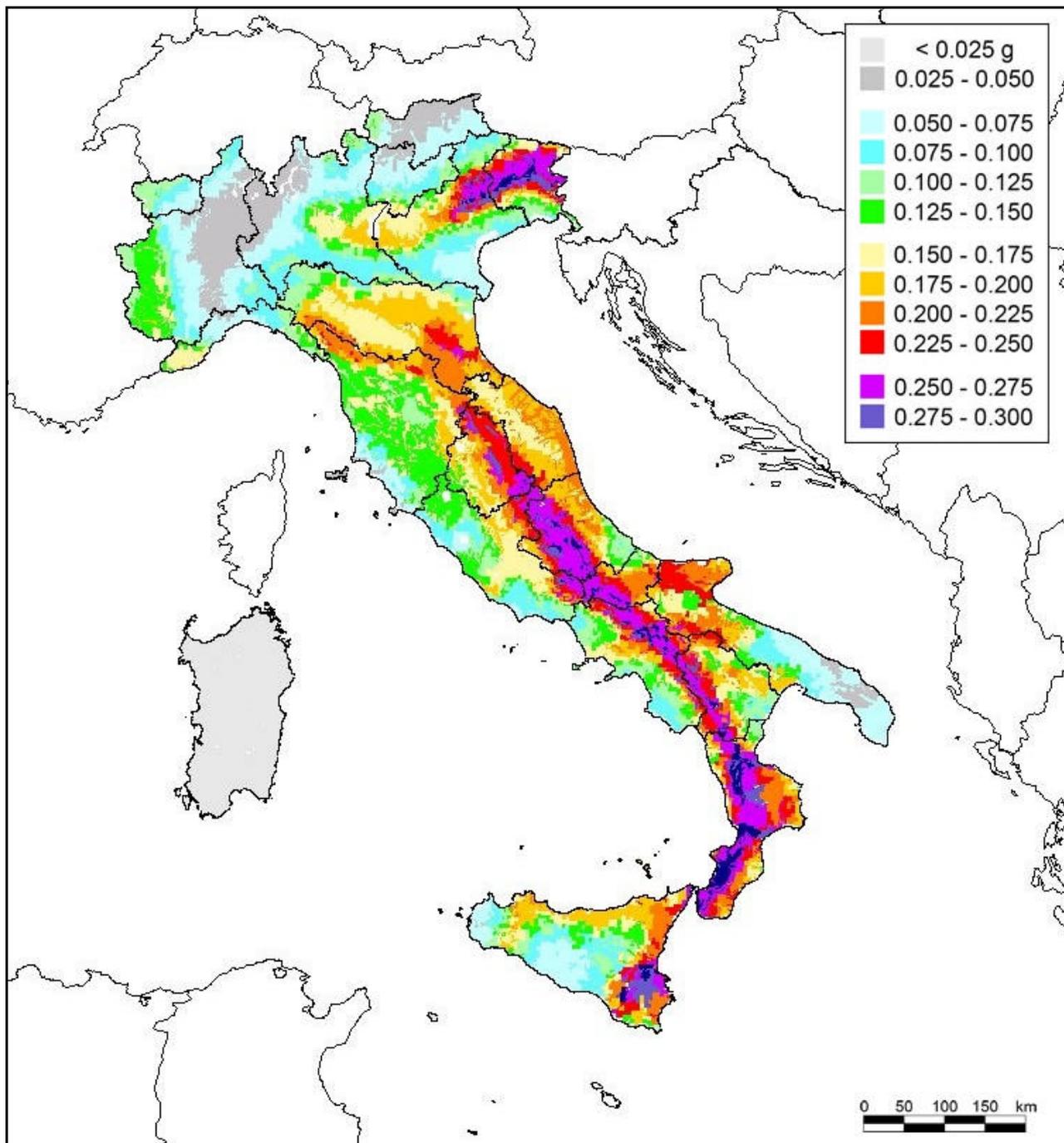


Figura 4: mappa del picco di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea alla mappa di pericolosità denominata MPS04. I picchi di accelerazione si riferiscono al territorio comunale.

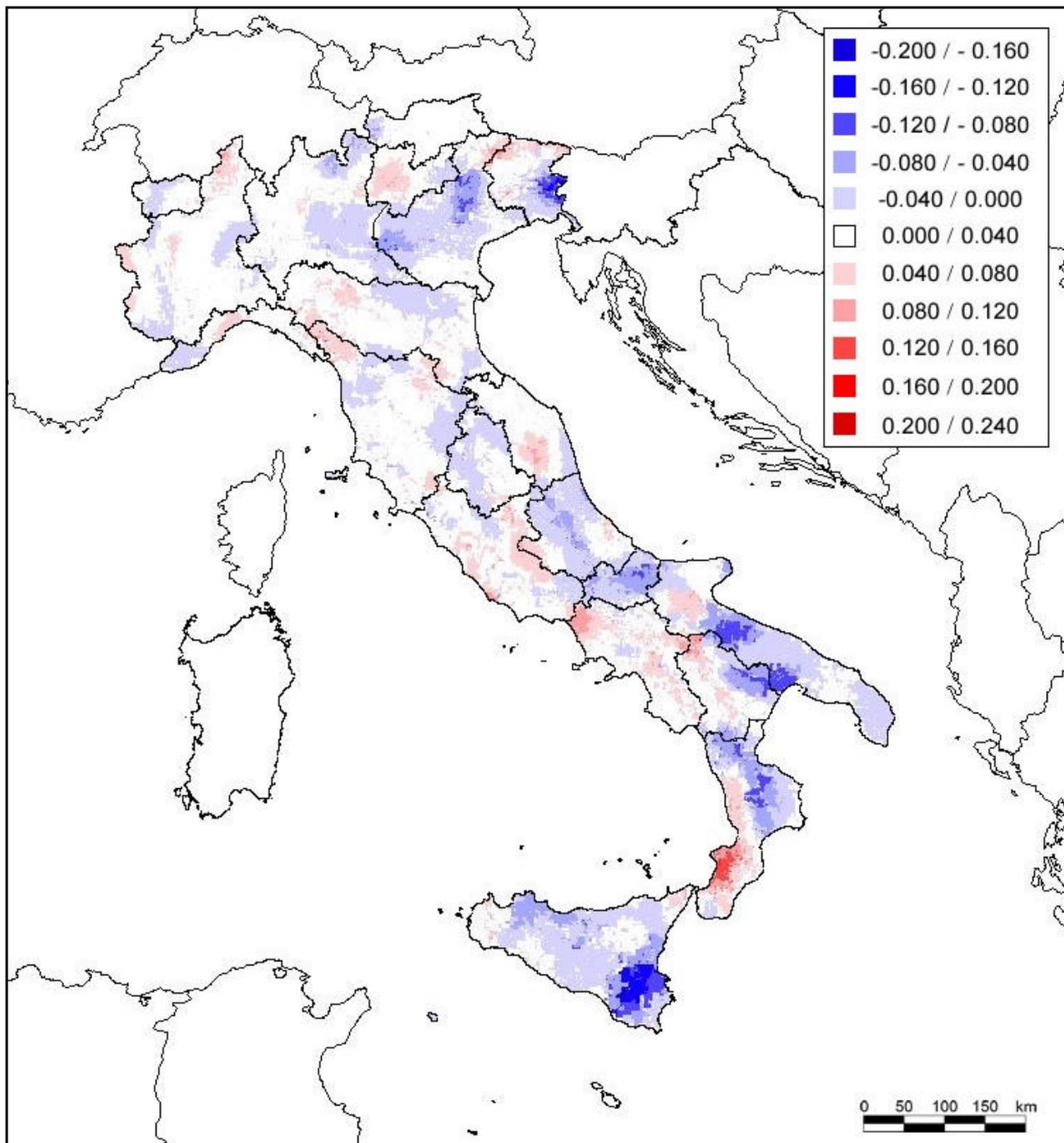


Figura 5: mappa delle differenze del picco di accelerazione al suolo (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta come differenza fra le mappe di figura 3 e figura 4. Le differenze si riferiscono al territorio comunale.

La differenza tra le due mappe è visualizzata in figura 5. In particolare si osservano valori più elevati di Pga per la zona del Garda, colpita dal recente terremoto del 2004, l'alto Veneto, il confine Sloveno, la zona recentemente colpita dalla sequenza Molisana, il foggiano, il golfo di Taranto, la Calabria nord-orientale e la Sicilia orientale. Valori inferiori del picco di accelerazione si osservano nella Calabria sud-occidentale.

Per effettuare il calcolo del picco di accelerazione orizzontale per ogni singola particella in cui è stato suddiviso il territorio nazionale, si è operato al fine di ottenere una compatibilità di scala tra la mappa geologica a scala nazionale (discretizzata in unità elementari di

250m di lato) e la mappa di pericolosità MPS04, che è stata creata su una griglia regolare di 0.02 gradi ed interpolata con risoluzione di 250m, utilizzando l'algoritmo dell'inverso della distanza. Il risultato finale è mostrato in figura 6.

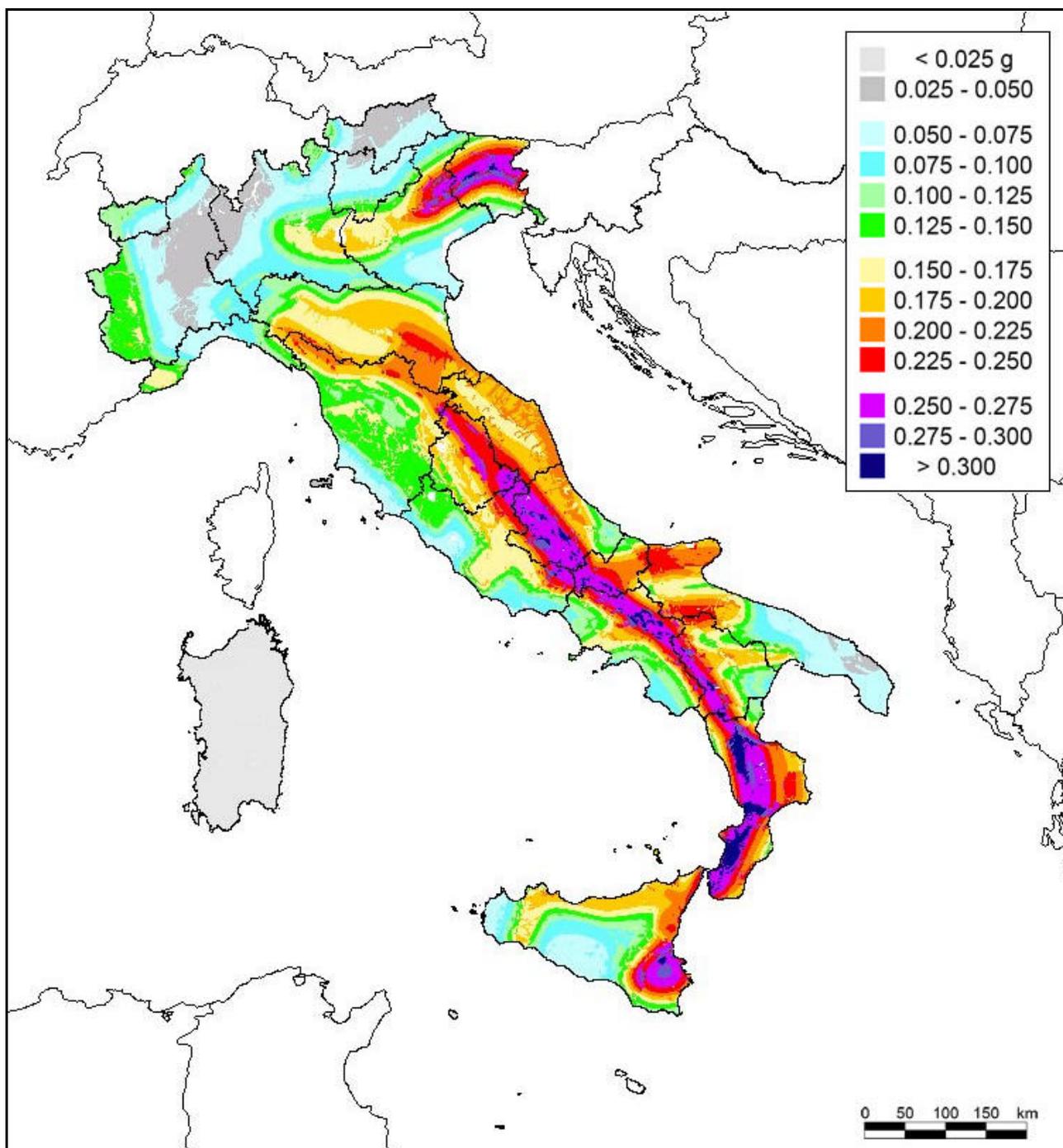


Figura 6: mappa del picco di accelerazione orizzontale al suolo (g) ottenuta applicando i coefficienti moltiplicativi proposti dalla normativa europea alla mappa di pericolosità denominata MPS04.

E' stata inoltre calcolata la mappa di accelerazione orizzontale utilizzando i criteri attuativi della normativa italiana (D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/09/2005, G.U. 23/09/2005 n. 222). In questo caso, si possono discriminare dalla mappa geologica alla scala 1:500.000 soltanto due classi di suolo (A e B+C). Il risultato è mostrato in figura 7.

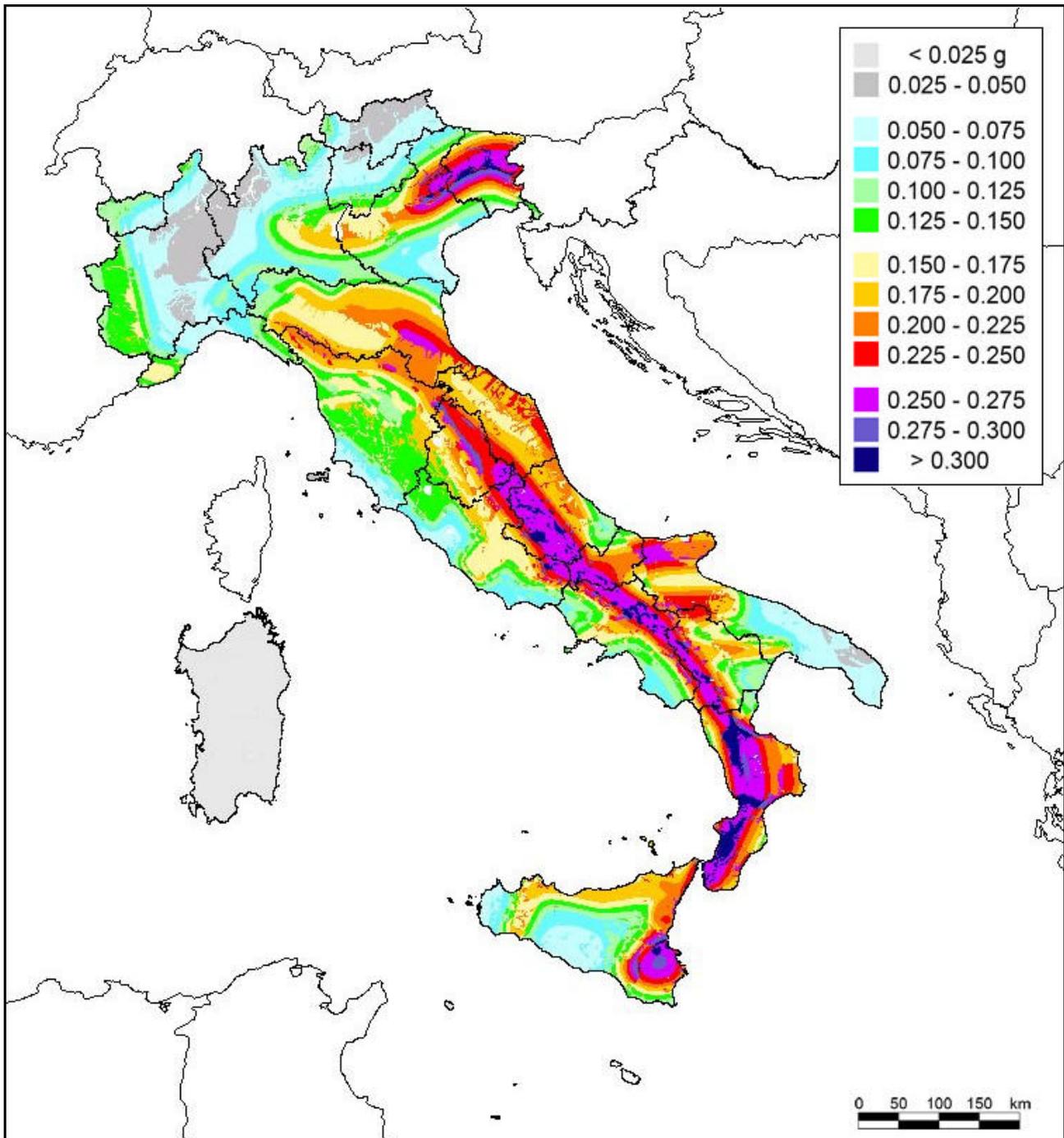


Figura 7: mappa del picco di accelerazione orizzontale al suolo (g) ottenuta applicando i coefficienti proposti dalla normativa italiana.

La differenza tra le due mappe è mostrata in figura 8. La normativa italiana è fortemente conservativa rispetto alla normativa europea per quanto riguarda il calcolo del picco di accelerazione orizzontale al suolo. I valori riportati nella mappa delle differenze sono negativi per l'intero territorio nazionale con differenze maggiori in corrispondenza delle grandi pianure alluvionali (massimo valore osservabile 0.03g).

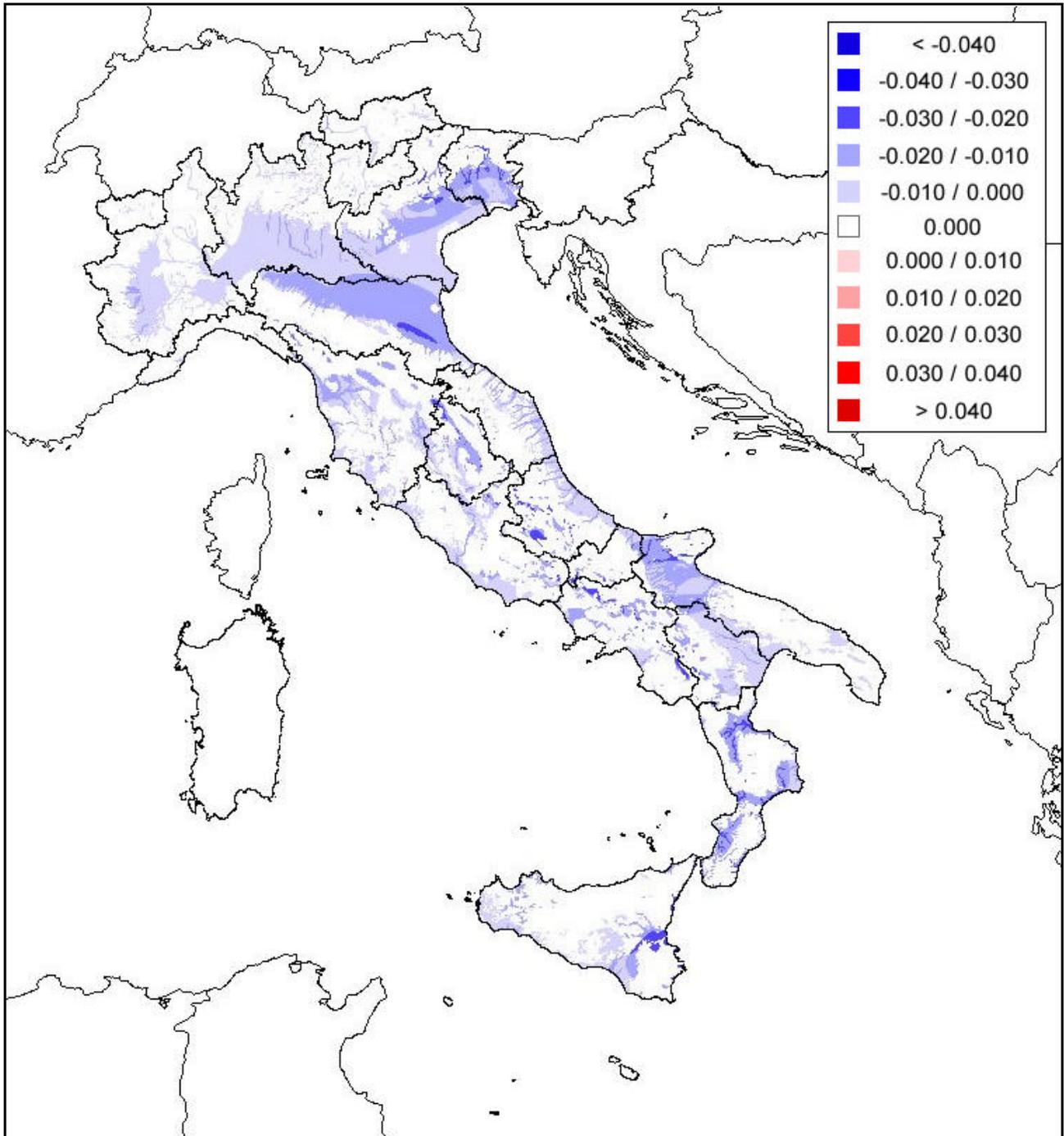


Figura 8: mappa delle differenze (g) tra il picco di accelerazione orizzontale al suolo ottenuta secondo i criteri attuativi EC8 e italiani, calcolata come differenza fra le mappe di figura 6 e figura 7.

Sono state inoltre prodotte le mappe delle ordinate dello spettro di accelerazione al 5% di smorzamento per i periodi 0.3s, 1s e 2s per le diverse tipologie di suolo e sono state calcolate le mappe con le relative differenze. I risultati sono riportati nelle figure 9, 10 e 11 rispettivamente per i periodi 0.3s, 1s e 2s.

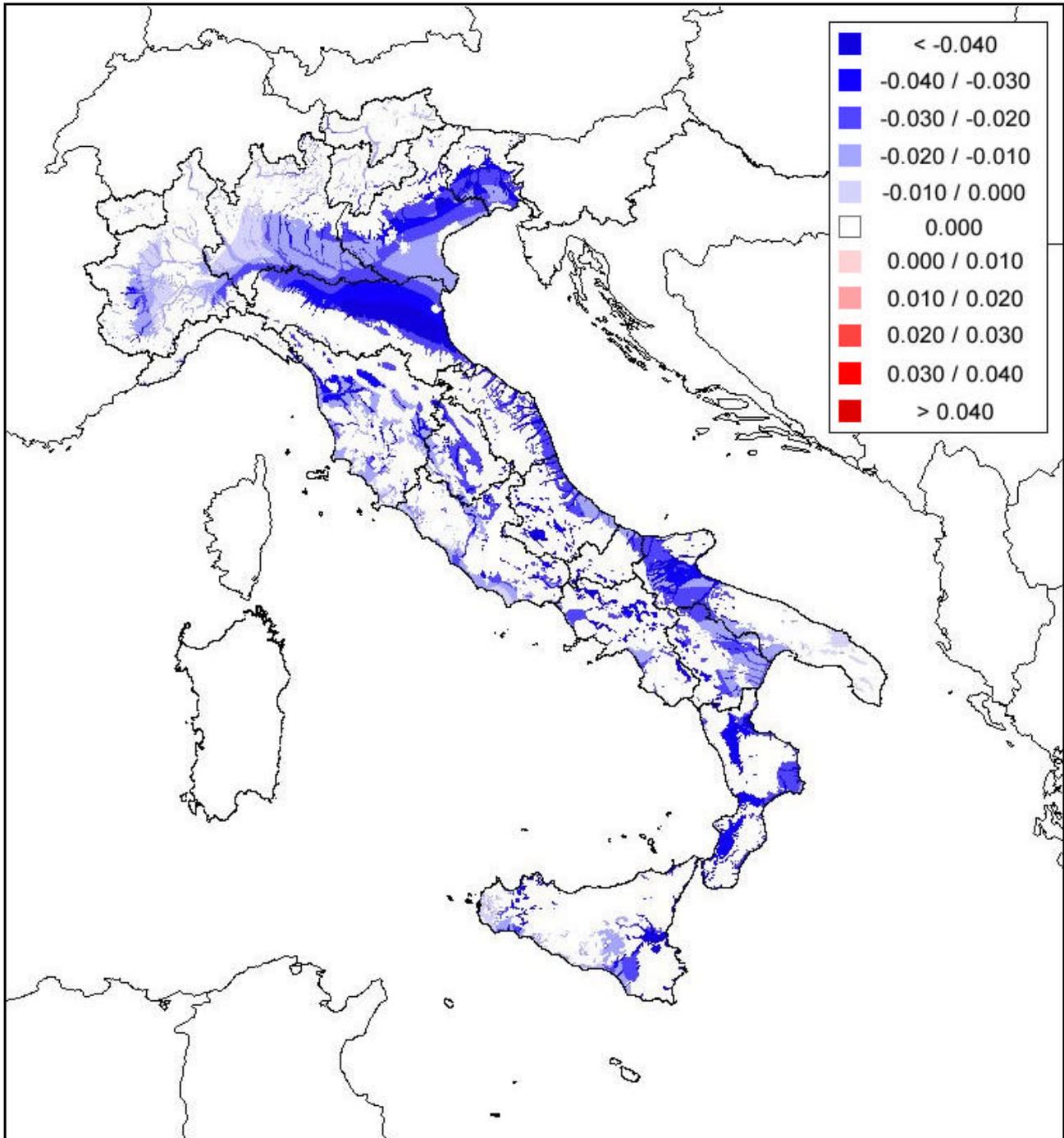


Figura 9: mappa della differenza (g) delle ordinate dello spettro di accelerazione al 5% di smorzamento ottenuta applicando i coefficienti della normativa europea (EC8) e i coefficienti della normativa italiana per il periodo 0.3s.

Nel caso della mappa delle ordinate spettrali a 0.3s, la normativa italiana è maggiormente conservativa rispetto alla normativa europea, come è anche osservabile dalle forme spettrali mostrate in figura 2. Le differenze maggiori si osservano in corrispondenza delle piane alluvionali, dove il valore massimo è pari a 0.06g.

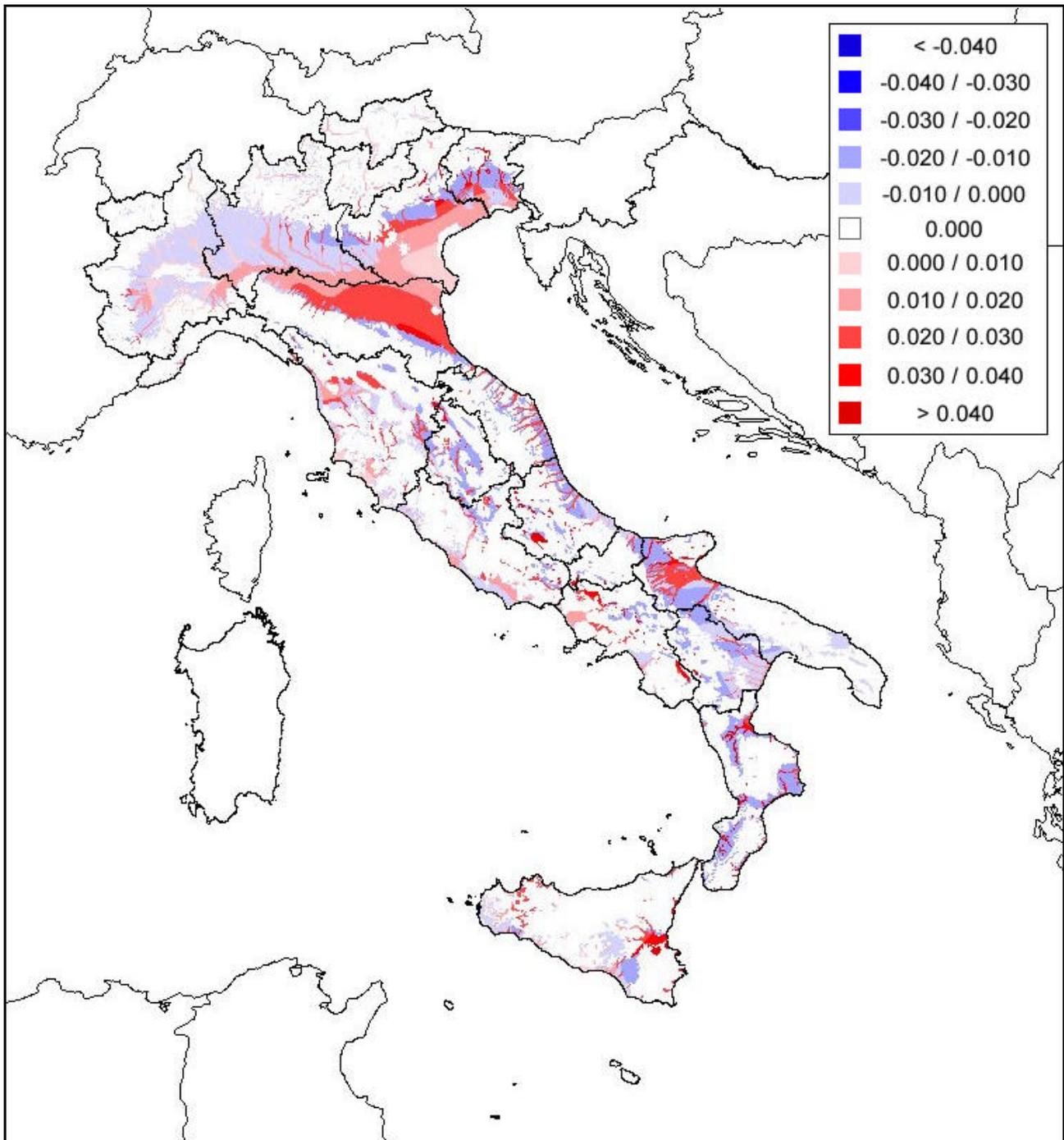


Figura 10: mappa della differenza (g) delle ordinate dello spettro di accelerazione al 5% di smorzamento ottenuta applicando i coefficienti della normativa europea (EC8) e i coefficienti della normativa italiana per il periodo 1s.

Per le ordinate spettrali ad 1s la normativa italiana prevede valori meno elevati della normativa europea per quanto riguarda il suolo di tipo C (valori positivi riportati nella mappa di figura 10, massime differenze osservate pari a 0.04g), e valori molto simili alla normativa europea per suoli di tipo B (valori negativi, con massime differenze pari a 0.02g).

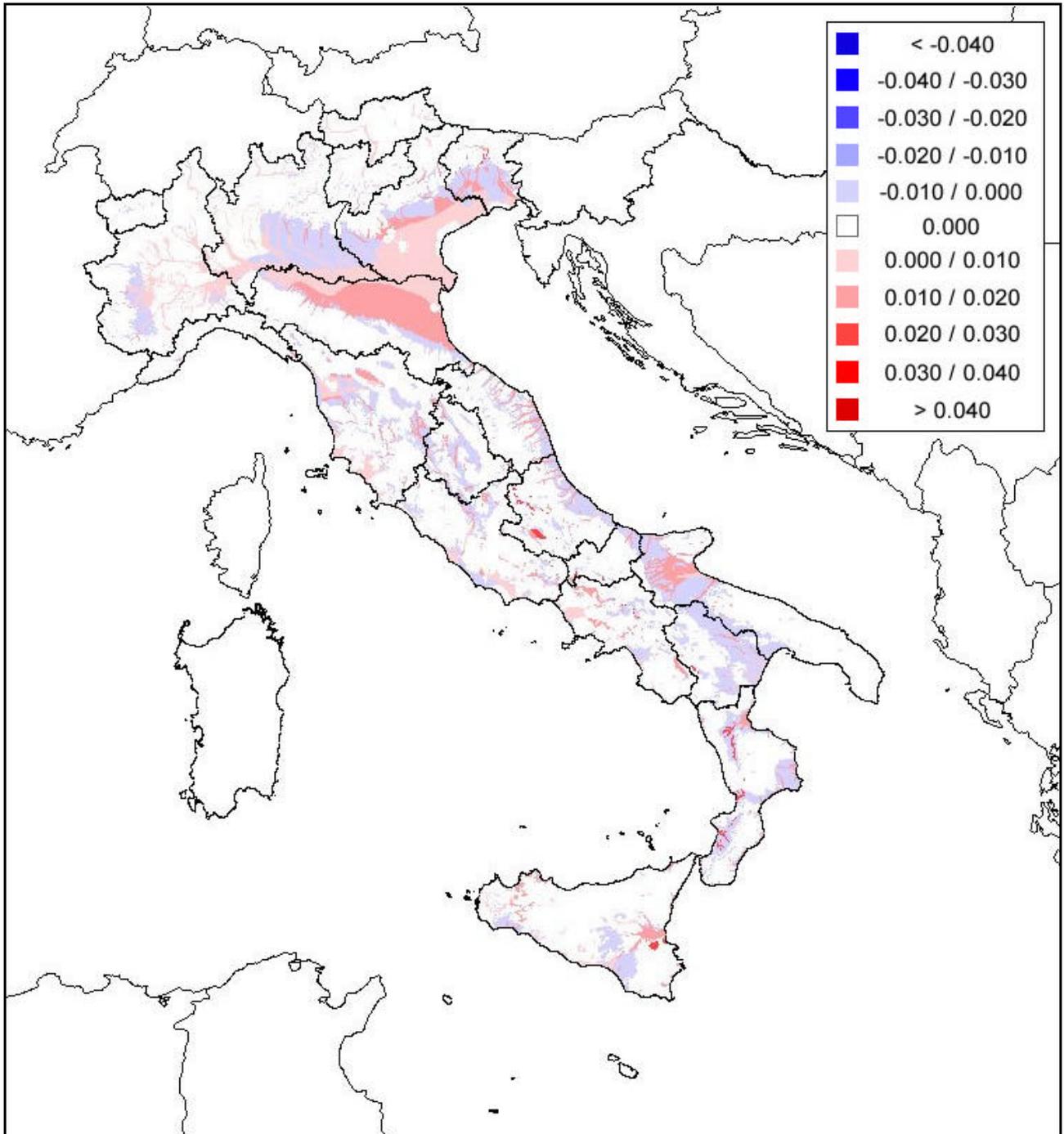


Figura 11: mappa della differenza (g) delle ordinate dello spettro di accelerazione al 5% di smorzamento ottenuta applicando i coefficienti della normativa europea (EC8) e i coefficienti della normativa italiana per il periodo 2s.

Analogamente a quanto osservato per le ordinate dello spettro di risposta a 1s, la normativa europea è maggiormente conservativa per periodi uguali a 2s, anche se le differenze sono meno marcate. Le differenze positive si osservano in corrispondenza di suoli di tipo C con valori massimi pari a 0.02g, mentre per i suoli di categoria B le differenze sono negative con valori massimi osservabili pari a 0.01g.

Definizione della scala ottimale di indagine

Una delle principali problematiche nel calcolo della mappa di pericolosità a scala nazionale calibrata sulle condizioni locali è stabilire la scala cartografica ottimale per ottenere un risultato accettabile in termini di costi/benefici.

Nell'ambito del progetto GNDT-INGV (convenzione 2000-2002) *Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico* (Task 3.2) era stato compiuto un primo tentativo di verifica dell'attendibilità geologica della mappa alla scala 1:500.000 tramite controllo a campione di alcune località dell'area colpita dalla sequenza sismica dell'Umbria-Marche del 1997-98, che era stato oggetto di indagini geologiche di dettaglio per la microzonazione "speditiva" (Pergalani et al., 1999). Erano state controllate a campione 114 località ricadenti nei comuni di Foligno, Valtopina e Sellano.

Il risultato è stato espresso come una matrice contenente le combinazioni uniche tra la classe A della mappa alla scala 1:500.000 e le classi A, B e C della mappa alla scala 1:5.000 come mostrato in tabella 4. Si può notare che solo nel 60% dei casi si ha corrispondenza nella mappa alla scala 1:5.000 per quanto riguarda la classe A. Per il 48% dei casi ciò che viene cartografato come roccia nella carta alla scala 1.500.000 corrisponde invece ad altre tipologie di terreno nella carta di dettaglio.

	Classe A (scala 1:500.000)
Classe A (scala 1:5.000)	60
Classe B (scala 1:5.000)	37
Classe C (scala 1:5.000)	3
Attendibilità	0.56

Tabella 4: verifica della corrispondenza tra mappa alla scala 1:5.000 e mappa alla scala 1:500.000

Ovviamente la copertura omogenea del territorio nazionale con una carta geologica di dettaglio (1:10.000 – 1:5.000) sarebbe insostenibile in termini di risorse economiche e temporali. Questo compito è perciò demandato alle singole regioni, che possono disporre di cartografia alla scala di dettaglio in modo autonomo. Alla scala nazionale, è in corso la nuova mappatura del territorio italiano con cartografia alla scala 1:50.000 che l'APAT ha in corso di realizzazione in convenzione (progetto CARG) e in proprio, per un totale di 652 fogli, il cui stato di avanzamento è illustrato al sito:

www.apat.gov.it/site/it-T/Servizi_per_l'Ambiente/Carte_geologiche/Carta_Geologica_alla_scala_1_a_50.000/

In totale sono stati stampati 33 fogli. Esiste inoltre una copertura geologica nazionale alla scala 1:100.000, che consiste di 277 fogli ognuno dei quali con un'estensione di circa 1000 km². Sono stati selezionati 4 fogli campione, rappresentativi di situazioni geologiche tipiche delle zone Alpine ed Appenniniche, in particolare il foglio 36 *Schio*, il foglio 131 *Foligno*, e i fogli 200 *Tricarico* e 210 *Lauria*.

Per effettuare il confronto tra l'informazione contenuta nella mappa alla scala 1:500.000 rispetto alla scala 1:100.000 è stata usata la tecnica della "confusion matrix", comunemente utilizzata per verificare l'attendibilità della classificazione delle immagini satellitari, a partire da una verità a terra.

Nelle tabelle 5-8 le colonne indicano le tipologie di suolo nella mappa alla scala 1:500.000, mentre le righe indicano le classi identificate nella mappa alla scala 1:100.000.

Gli elementi diagonali rappresentano il numero di pixels che risultano classificati in modo concorde in entrambe le mappe, mentre gli elementi al di fuori delle diagonali indicano i pixels con mancanza di corrispondenza.

La colonna *Accuratezza* indica l'accuratezza della mappa di maggiore dettaglio rispetto a quella a minor scala. Mentre la riga *Attendibilità* indica il grado di attendibilità della mappa a minor scala rispetto alla mappa di dettaglio. In generale si osserva che per quanto riguarda la classe A (roccia) si verifica una corrispondenza di circa l'80% tra la scala 1:500.000 e 1:100.000. Ciò che viene classificato come roccia nella mappa a piccola scala nel 20% dei casi potrebbe appartenere alle classi B e C. Ciò che viene classificato come deposito di tipo B o C nella mappa alla scala 1:500.000 corrisponde per un'alta percentuale dei casi a deposito dello stesso tipo nella mappa alla scala 1:100.000. La minore attendibilità della classe A è ovviamente dovuta ad un problema di minime aree cartografabili. Non è possibile infatti delineare alla scala 1:500.000 depositi con dimensioni inferiori a 500 X 500m, per cui depositi quali detriti di versante, conoidi e alluvioni di limitate dimensioni vengono classificati come roccia. Per quanto riguarda la scarsa attendibilità dei depositi di tipo B e C considerati separatamente, questo è imputabile alla difficoltà di classificazione di questo tipo di deposito a partire da una base geologica descrittiva, in cui l'attribuzione della classe può essere fatta solo in base alla descrizione delle litologie e all'età della formazione.

In generale, la mappa alla scala 1:500.000 può essere considerata attendibile per quanto riguarda i depositi di tipo B o C, in quanto nella maggioranza dei casi essi sono rinvenibili anche nelle carte di maggiore dettaglio. L'attendibilità è abbastanza insoddisfacente per quanto riguarda la classe A (roccia), per la quale esiste una probabilità media di corrispondenza dell'80% rispetto ad una mappa alla scala 1:500.000 e una corrispondenza di circa il 60% per mappe di elevato dettaglio (come ed esempio la scala 1:5.000)

	A_500	B_500	C_500	TOTALE	Accuratezza
A_100	93776	840	1944	96560	0.9711
C_100	31209	3167	12838	47214	0.2719
Totale	124985	4007	14782	143774	
Attendibilità	0.7502	?	0.8684		

Tabella 5: risultati per il foglio 036 (Schio). A questa scala non è stato possibile identificare la classe B.

	A_500	B_500	C_500	TOTALE	Accuratezza
A_100	86359	0	1142	87501	0.9869
B_100	3515	0	640	4155	?
C_100	15539	0	44428	59967	0.7408
Totale	105413	0	46210	151623	
Attendibilità	0.8192	?	0.9614		

Tabella 6: risultati per il foglio 131 (Foligno).

	A_500	B-500	C_500	TOTALE	Accuratezza
A_100	72670	5770	26	78466	0.9261
B_100	9192	51844	859	61895	0.8376
C_100	3946	9651	4065	17662	0.2301
Totale	85808	67265	4950	158023	
Attendibilità	0.8468	0.7707	0.82121		

Tabella 7: risultati per il foglio 200 (Tricarico).

	A_500	B_500	C_500	TOTALE	Accuratezza
A_100	117268	1917	377	119562	0.9808
B_100	4801	7159	121	12081	0.5926
C_100	8518	2847	3013	14378	0.1980
Totale	130587	11923	3511	146021	
Attendibilità	0.8980	0.6004	0.8582		

Tabella 8: risultato per il foglio 210 (Lauria).

In conclusione, la valutazione della pericolosità a scala nazionale calibrata sulle condizioni locali utilizzando una mappa alla scala 1:500.000 ha una scarsa attendibilità (circa il 60% rispetto ad una scala di microzonazione sismica e circa l'80% rispetto ad una scala 1:100.000) per quanto riguarda la classe A (roccia). L'attendibilità è maggiore, ma non sufficiente, per quanto riguarda i depositi superficiali di tipo B o C.

La scala 1:100.000 potrebbe essere considerata una scala ottimale per individuare gli effetti di sito per i depositi continentali e inoltre va sottolineato che a questa scala vengono anche segnalate le frane di dimensioni rilevanti.

Un futuro sviluppo del lavoro potrebbe essere quello di ricostruire la copertura geologica nazionale alla scala 1:100.000, effettuare la classificazione dei depositi in accordo con la normativa europea (in cui le classi B e C hanno forme spettrali distinte) e quindi in accordo con la normativa italiana (in cui le classi B e C hanno la stessa forma spettrale) e valutare la risposta locale a tale scala. In questo caso si potrebbero fornire agli enti locali dati di pericolosità maggiormente conservativi per i casi in cui non sono previste indagini di microzonazione sismica.

Bibliografia

Albarelo D., Bosi V., Brammerini F., Lucantoni A., Naso G., Peruzza L., Rebez A., Sabetta F., Slejko D. (2000), Carte di pericolosità sismica a scala nazionale, Quaderni di Geofisica, 12, ISSN 1590-2595.

EC8 - EUROCODE 8 (2002), Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures. Seismic actions and general requirements of structures. CEN/TC 250, Draft 5, May 2002.

Gruppo di lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza PCM3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV. Milano-Roma. Aprile 2004, 65pp + 5 appendici.

Pergalani F., Romeo R., Luzi L., Petrini V., Pugliese A., Sanò T. (1999), Seismic microzoning of the area struck by Umbria-Marche (Central Italy) Ms 5.9 earthquake of 26 September 1997. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 18, 279-296.

Servizio Geologico d'Italia (1984), Carta geologica d'Italia nella scala 1: 500.000 – Fogli 1-5, 1976-1984. Ed. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

ALLEGATO 1

estratto da

Relazione Annuale - TASK 3.2 (3° anno di attività)

Local geology effect on seismic hazard

Progetto GNDT-INGV

Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico

(programma quadro 2000 – 2002)

Task 3.2 “Local Geology Effect on Seismic Hazard”

Coordinators: Giovanna Cultrera, Antonio Rovelli

Working group: Paola Bordoni, Valerio De Rubeis, Fawzi Doumaz, Lucia Luzi, Lucia Margheriti, Fabrizio Marra, Marco Moro, Diego Sorrentino, Patrizia Tosi

The main purpose of Task 3.2 was to introduce the role of local geology in the seismic hazard evaluation at national scale. This was achieved by grouping the geological formation of the 1:500,000 Italian geological map into three classes A, B, C according to the EuroCode8 provisions (GCM, Geological-Class Map). These classes are associated to a variation of the ground motion due to the different seismic properties of the lithologies included in each group (ANNEX 1).

For a critical evaluation of the proposed approach, we have checked the occurrence of a systematic increment of macroseismic intensity as a function of the geological classes at a national scale. The study of distribution of Intensity anomalies associated to the 3 classes show a statistical significant tendency of positive anomalies to be related to classes B and C and negative anomalies to be related to class A (ANNEX 2).

We then assumed that the effect of local geology on ground motion is the one described by variation of elastic response spectra prescribed by EC8 (in terms of PGA, PSA, Housner Intensity). This variation is controlled by a set of parameters depending on the soil classes and earthquake magnitude (ANNEX 3).

We compared the increment factors to those deriving from a numerical simulation of the Città di Castello (Central Italy) basin where many geological and seismological data were available. The results at local scale show a good fit (within a factor of two) with the variations of hazard parameters for classes B e C (ANNEX 4).

Moreover, we launched a national-scale enquiry over the 8101 Italian Municipalities whose main goal was the estimation of the buildings distribution on the three soil classes corresponding to those of the CGM. We collected and organized the received forms in a database (see product 3). The comparison at a Municipality-scale of the GCM and the questionnaire results shows that their information is complementary, the first referring this percentage to the housing, the latter considering all the municipality territory (ANNEX 5). The questionnaire is a good data gathering tool for pointing out area where more detailed microzonation investigation must be performed. The questionnaire can be a powerful tool to increase awareness of Municipality Administration and the lack of involvement could be overcome by coordination at the Region levels.

Products

1. National geologic map at 1:500,000 scale modified according to the EC8 soil classes (geological-class map, GCM)
2. Map of the geology-dependent correction of hazard parameters
3. Database of the Italian municipalities containing information about the distribution of buildings in relation to the surface geology as well as geographical and geotechnical data availability.

The three products are organized in an attached CD and they are included in the GIS of the project.

ANNEX 1. Geological-Class Map (GCM)

Paola Bordoni, Fabrizio Marra, Marco Moro, Lucia Luzi, Lucia Margheriti

The outcropping formations of the 1:500,000 Italian geological map (Servizio Geologico Nazionale, 1978) have been grouped into the three classes A, B, C according to the EuroCode8 provisions, EC8, after Draft 4 of December 2001 (ENV 1998). For the classification we have followed lithological and age criteria as in Table 1. Figure 1 maps the resulting Geological-Class Map (GCM).

Class	Description
A (rock) Vs > 800 m/s	Marine clay and all the others rocks (Lower Pleistocene and Pliocene). Volcanic rock and deposits (the original legend has not enough detail to allow any other distinction)
B (stiff soil) 400 < Vs < 800 m/s	Colluvial, alluvial, lacustrine, beach, fluvial terraces, glacial deposits, and clay (Middle-Upper Pleistocene.) Sand and loose conglomerate (Pleistocene and Pliocene) Travertine (Pleistocene and Holocene)
C (soft soil) Vs < 400 m/s	Colluvial, alluvial, lacustrine, beach, fluvial terraces deposits (Holocene)

Table 1: 128 lithotypes described in the original legend of the 1:500,000 Italian Geological Map grouped into the three categories A, B, C from EC8.

Because of the large scale of the original geologic map, the small-size Quaternary basins characterizing the Appenines are often missing. Moreover, we checked for errors associated to the 1:500,000 scale, comparing the map with very detailed geological maps (1:10,000 and 1:5,000) for the Umbria-Marche region. The comparison showed high accuracy and 60% of reliability for class A (rock), whereas highlight problems for discerning between class B and C (see report of the 2nd year activity).

References

ENV 1998-1-1, EUROCODE 8, Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures. Seismic actions and general requirements of structures. CEN/TC 250, Draft 4, December 2001.

Servizio Geologico Nazionale. Carta Geologica d'Italia al 500,000. Servizio Geologico Nazionale editor, 1978.

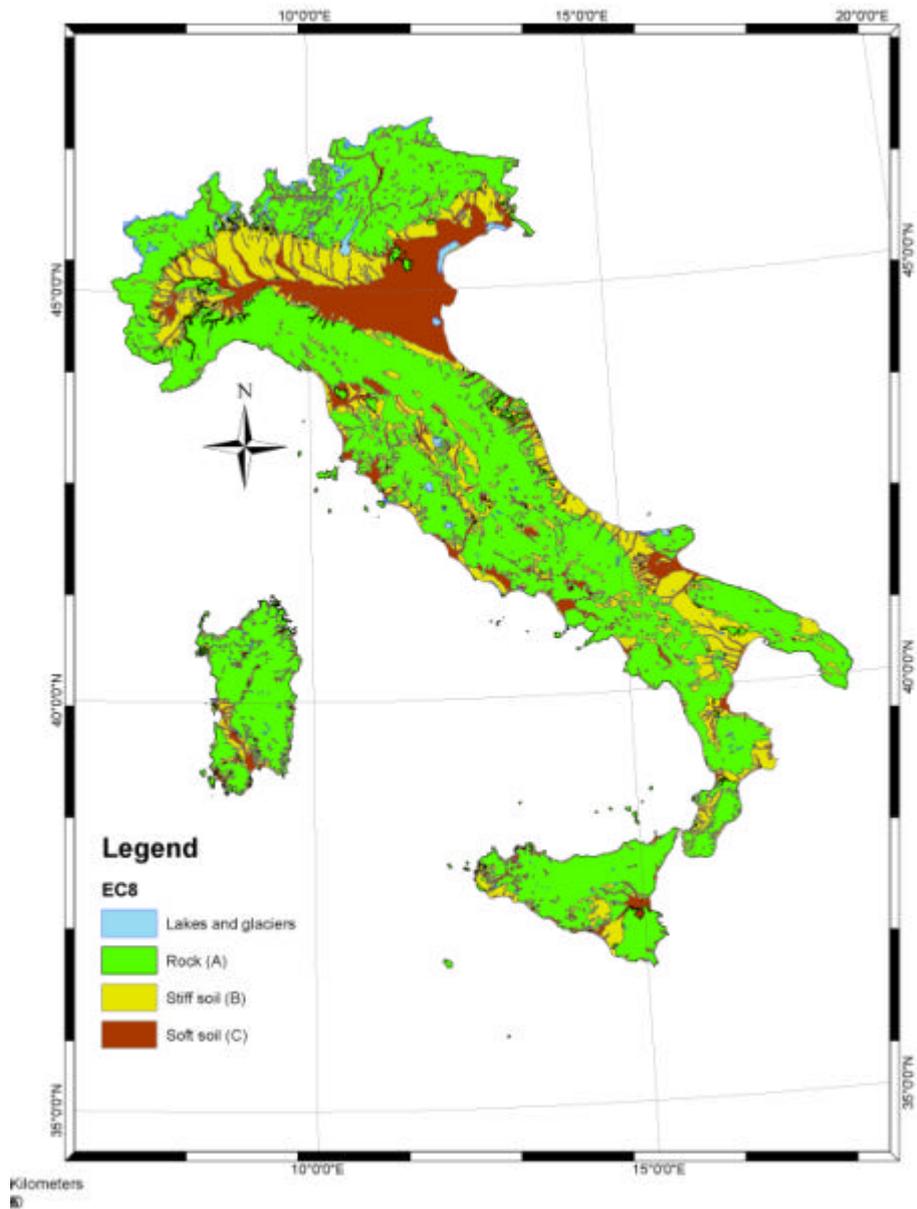


Figure 1: National geologic map at 1:500,000 scale (SGN, 1978), reclassified according to the EC8.

ANNEX 3. Correction factors derived from EC8 5/2001 elastic response spectra

Lucia Luzi, Giovanna Cultrera, Paola Bordoni, Antonio Rovelli

We assume that the effect of local geology on hazard parameters (PGA, PSA, Housner intensity, amplification factor Fa) is described by the site dependence of elastic response spectra PSA prescribed by EC8 (ENV, 1998):

PSA(T) -5% damping-	T	where:
$a_g S [1 + 1.5 T/T_b]$	$[0, T_b]$	a_g = design ground acceleration (PGA with return period 475 years) referred to bedrock;
$a_g S 2.5$	$[T_b, T_c]$	S = soil parameter;
$a_g S 2.5 [T_c/T]$	$[T_c, T_d]$	T_b, T_c, T_d = corner periods.
$a_g S 2.5 [T_c T_d / T^2]$	$[T_d, 4sec]$	

PSA is controlled by the four parameters S, T_b , T_c , T_d that depend on the soil classes and earthquake magnitude. In this study we have adopted the values proposed for $M > 5.5$ (Type1 spectrum; Figure 3.1).

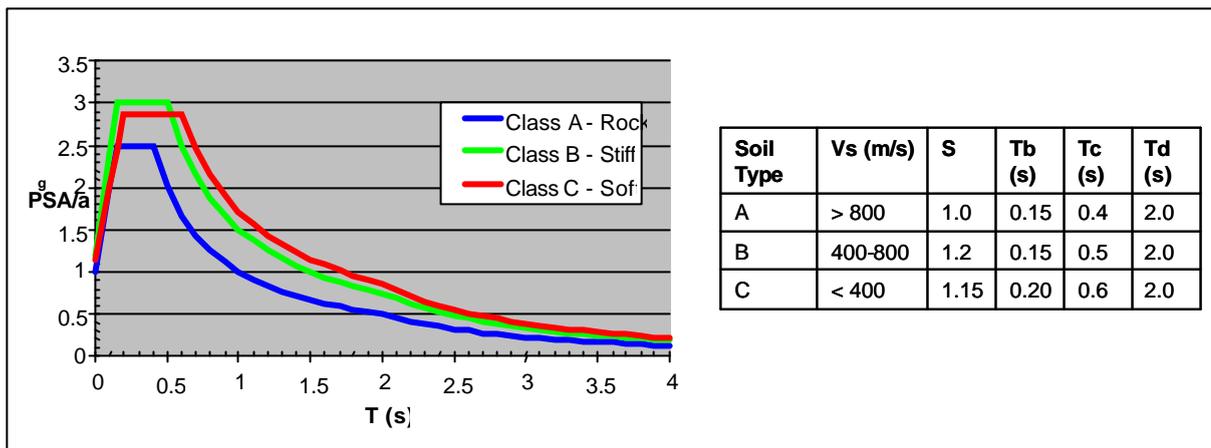


Figure 3.1: Shapes and parameters for elastic response spectra (pseudoacceleration with 5% damping) of Type 1 earthquakes ($M > 5.5$), according to soil types (EC8 Draft 12/2001).

We represent the variability due to the soil classification of the GCM map through the correction factors (Figure 3.2; Table 3.1), i.e. the ratio of the hazard parameters to the ones computed for class A ($S=1$). Figure 3.3 to 3.5 show the final hazard maps taking into account the correction factors (see report of the 2nd year activity).

class	cf_PGA	cf_PSA (0.3s)	cf_PSA (1s)	cf_PSA (2s)	Fa
A-rock	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
B-stiff	1.2	1.2	1.5	1.5	1.47
C-soft	1.15	1.15	1.725	1.725	1.65

Table 3.1: Correction factors (cf) for PGA, PSA at fixed periods, 0.3s, 1.0s and 2.0s, and amplification factor Fa.

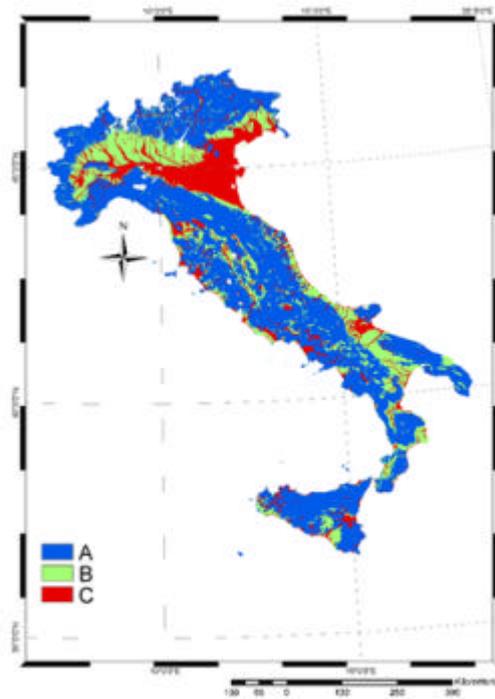


Figure 3.2: Map of correction factors for soil class A, B and C.

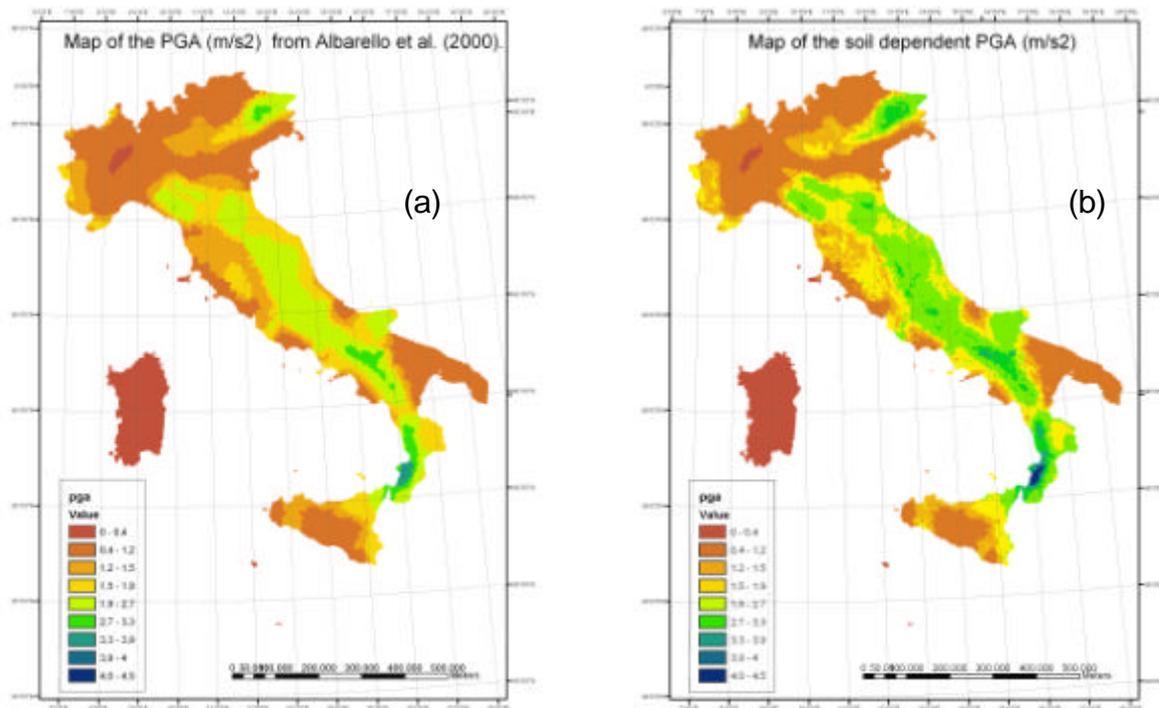


Figure 3.3: (a) Map of the PGA (m/s²) at 10% probability of occurrence in 50 years (return period = 475 years), from Albarello et al. (2000); (b) map of the site-dependent PGA, obtained by correcting the map in (a) with the PGA correction factors.

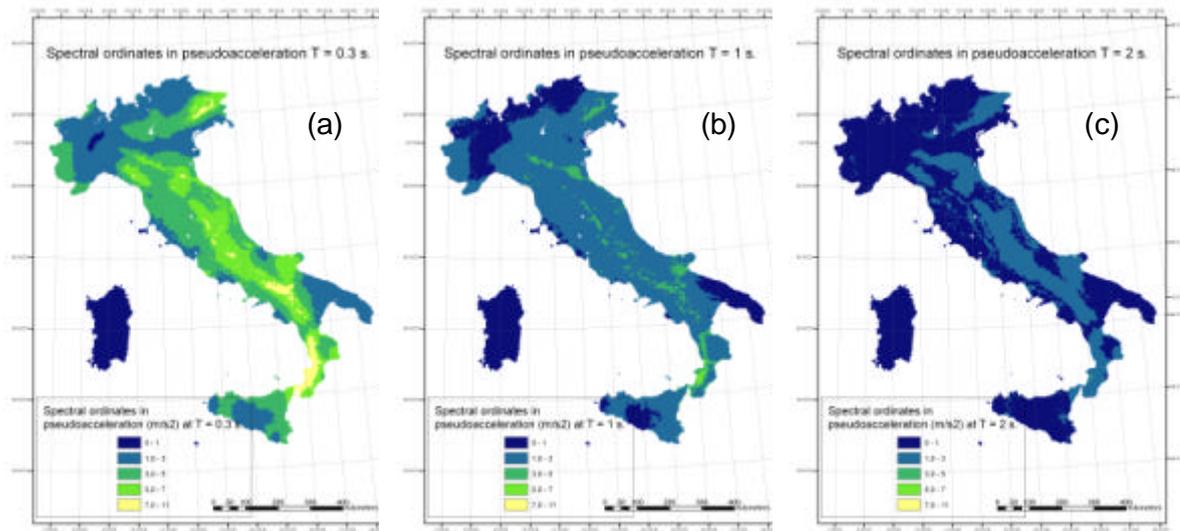


Figure 3.4: Maps of site-dependent PSA (m/s^2) at (a) $T=0.3s$, (b) $T=1.0s$ and (c) $T=2.0s$, using a reference PGA hazard map of Albarello et al., 2000 (see Figure 3.3).

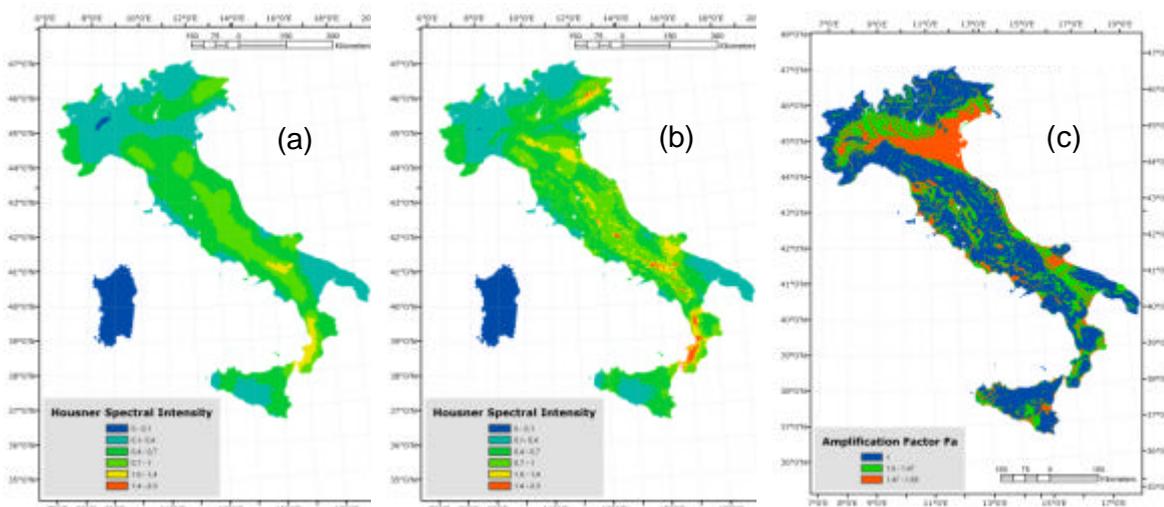


Figure 3.5: Maps of (a) Housner (1952) Intensity (m), (b) site-dependent Housner Intensity (m), and (c) amplification factor F_a (Pergalani et al., 2002), using a reference PGA hazard map of Albarello et al., 2000 (see Figure 3.3).

References

ENV 1998-1-1, EUROCODE 8, Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures. Seismic actions and general requirements of structures. CEN/TC 250, Draft 4, December 2001.

Housner GW (1952). Spectrum intensities of strong motion earthquakes. Proceeding of the Symposium on Earthquakes and Blast Effects on Structures. Earth. Eng. Res. Inst.,

Kohavi R. and Provost F (1998). Glossary. *ML Journal*, page 272, 1998.

Pergalani F., M. Compagnoni, and V. Petrini (2002): Valutazione degli effetti di sito tramite analisi numeriche e sperimentali nell'abitato di Città di Castello: analisi, confronti e utilizzo dei risultati. *Ingegneria Sismica*, 1, 66-77 (in Italian with English abstract).