



**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 appa
di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori
sviluppi**

Task 2 – Realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica ed effettuazione di confronti fra MPS04 e tali valutazioni

Deliverable D9 **Valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica utilizzando metodi di sito**

**D. Albarello⁽¹⁾, R. Azzaro⁽²⁾, M.S. Barbano⁽³⁾, S. D'Amico⁽²⁾,
V. D'Amico^(1*), R. Rotondi⁽⁴⁾, T. Tuvè⁽²⁾, G. Zonno⁽⁵⁾**

⁽¹⁾Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena (*ora: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Milano-Pavia)

⁽²⁾Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Catania

⁽³⁾Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Catania

⁽⁴⁾C.N.R. – Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche – Milano

⁽⁵⁾Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Milano-Pavia

26 luglio 2007

Indice

Riassunto

Abstract

Premessa

1. Il ruolo delle relazioni di attenuazione

2. La pericolosità sismica delle località capoluogo comunale

3. Elaborazioni relative alla zona Etna

Conclusioni

Bibliografia

Allegato: Valori di pericolosità (I_{ref}) calcolati per le località capoluogo comunale

Riassunto

Vengono presentate le stime di pericolosità sismica, in termini di intensità macrosismica, ottenute mediante l'approccio probabilistico proposto da Albarello e Mucciarelli (2002), basato sull'impiego dei dati documentari relativi agli effetti locali prodotti dai terremoti passati (storie sismiche di sito). I risultati forniti da questa procedura (approccio "di sito"), in termini di minimo valore di intensità caratterizzato da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni (I_{ref}), sono confrontati con quelli ottenuti sul territorio italiano tramite la metodologia "standard" di Cornell-McGuire. Per meglio comprendere i motivi delle differenze osservate tra le due stime e il ruolo di differenti basi informative, sono state prodotte diverse mappe di pericolosità.

Stime di pericolosità a scala locale sono state inoltre effettuate nell'area dell'Etna dove, grazie a numerosi studi macrosismici di dettaglio, sono disponibili storie sismiche di sito particolarmente ricche.

Abstract

We present the seismic hazard estimates, in terms of macroseismic intensity, obtained through the probabilistic approach proposed by Albarello and Mucciarelli (2002), which is based on the use of documentary data on local effects produced by past earthquakes (site seismic histories).

Results derived by this procedure ("site" approach), expressed as minimum intensity values with less than 10% probability of exceedance in 50 years (I_{ref}), are compared with those obtained for the Italian territory by using the "standard" Cornell-McGuire methodology. To better understand reasons for the discrepancies observed between these two estimates and the role of using different input information, a number of hazard maps have been produced.

In addition, we performed seismic hazard estimates at a local scale in the Mt. Etna area, where the availability of several detailed macroseismic studies supplies particularly rich site seismic histories.

Premessa

E' stata valutata l'applicabilità delle procedure sviluppate nell'ambito del Task 2 per la stima della pericolosità sismica nel territorio nazionale in termini di intensità macrosismica con un approccio probabilistico alternativo alla metodologia "standard" di Cornell-McGuire. In particolare, le stime sono state finalizzate alla determinazione dei valori di minima intensità caratterizzata da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni (I_{ref}). L'approccio considerato (Albarelli e Mucciarelli, 2002) è implementato in un codice di calcolo ("SASHA") sviluppato nell'ambito del Task 2 e descritto nel deliverable 12 (D'Amico e Albarello, 2007). Elemento chiave della procedura (approccio "di sito") è l'impiego di dati di intensità documentati ai siti in esame. In assenza di informazioni relative a risentimenti locali di terremoti altrimenti noti, le storie sismiche di sito sono integrate con valori di intensità dedotti da dati epicentrali o da località vicine (si vedano in proposito le elaborazioni descritte nel deliverable 10: Albarello et al., 2007). Le diverse incertezze associate alle informazioni utilizzate vengono tenute in considerazione e condizionano la stima finale di pericolosità. In particolare, in questo approccio, i gradi di intensità intermedia sono considerati "gradi incerti" e trattati di conseguenza. Come effetto di questa posizione, le carte di pericolosità sono redatte solo in termini di valori di intensità interi.

Le elaborazioni descritte nel seguito utilizzano quindi un approccio computazionale completamente differente da quello standard (per esempio non viene fatto alcun uso della zonazione sismotettonica), ma partono dalle informazioni contenute nella stessa banca dati, ovvero nel database delle osservazioni macrosismiche DBMI04 (Stucchi et al., 2007) e nel relativo catalogo epicentrale CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004). Quindi, il confronto fra le stime di tipo standard e quelle fornite seguendo l'approccio di sito consente di meglio valutare il ruolo delle modalità di calcolo (e più in generale del modo di trattare le informazioni disponibili) sulle stime di pericolosità.

Per meglio esaminare le caratteristiche delle stime di pericolosità fornite con questa nuova procedura e la loro sensibilità alle diverse scelte metodologiche possibili, sono state eseguite diverse valutazioni. In particolare, è stata innanzitutto stimata la pericolosità sismica (in termini di minimo valore di Intensità MCS caratterizzato da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni) nelle località corrispondenti ai nodi di una griglia regolare ed utilizzando solo i dati epicentrali opportunamente "ridotti" ai siti di interesse mediante relazioni di attenuazione. Scopo di queste analisi è stato valutare il ruolo delle relazioni di attenuazione nella stima della pericolosità e la produzione di mappe di pericolosità direttamente confrontabili con quelle prodotte utilizzando l'approccio standard. Quindi sono state eseguite stime di pericolosità relative a tutte le località capoluogo comunale del territorio nazionale. In questo caso, le storie sismiche locali sono state prese in considerazione in maniera estensiva, combinando opportunamente dati documentati e risentimenti "virtuali" dedotti dalle relazioni di attenuazione (si veda Albarello et al., 2007). Infine, per meglio valutare il ruolo che a scala locale possono svolgere storie sismiche di sito particolarmente ricche e relazioni di attenuazione specifiche, sono state eseguite stime di pericolosità in una zona campione (area etnea) per la quale sono disponibili numerosi studi macrosismici di dettaglio.

1. Il ruolo delle relazioni di attenuazione

Questa prima elaborazione ha avuto l'obiettivo di valutare il ruolo delle relazioni di attenuazione nella determinazione della pericolosità sismica. A questo scopo, sono state considerate solo le storie sismiche "virtuali" dedotte dai dati epicentrali contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004). Queste storie di sito sono state costruite utilizzando le due relazioni di attenuazione in forma probabilistica determinate per il territorio italiano e prodotte nell'ambito del Task 2 (Albarello et al., 2007): la relazione in forma Gaussiana e quella in forma Binomiale (per i dettagli si rimanda, rispettivamente, a: Pasolini et al., 2007; Rotondi e Zonno, 2006). Per la ricostruzione di queste storie sismiche "virtuali" sono stati presi in considerazione tutti gli eventi con epicentro localizzato entro 200 km dal sito di volta in volta preso in esame. I siti sono quelli posizionati in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare che copre il territorio nazionale (la stessa adottata in Gruppo di Lavoro MPS, 2004). La figura 1 riporta i minimi valori di intensità caratterizzati da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni (I_{ref}) ottenuti applicando le due relazioni di attenuazione.

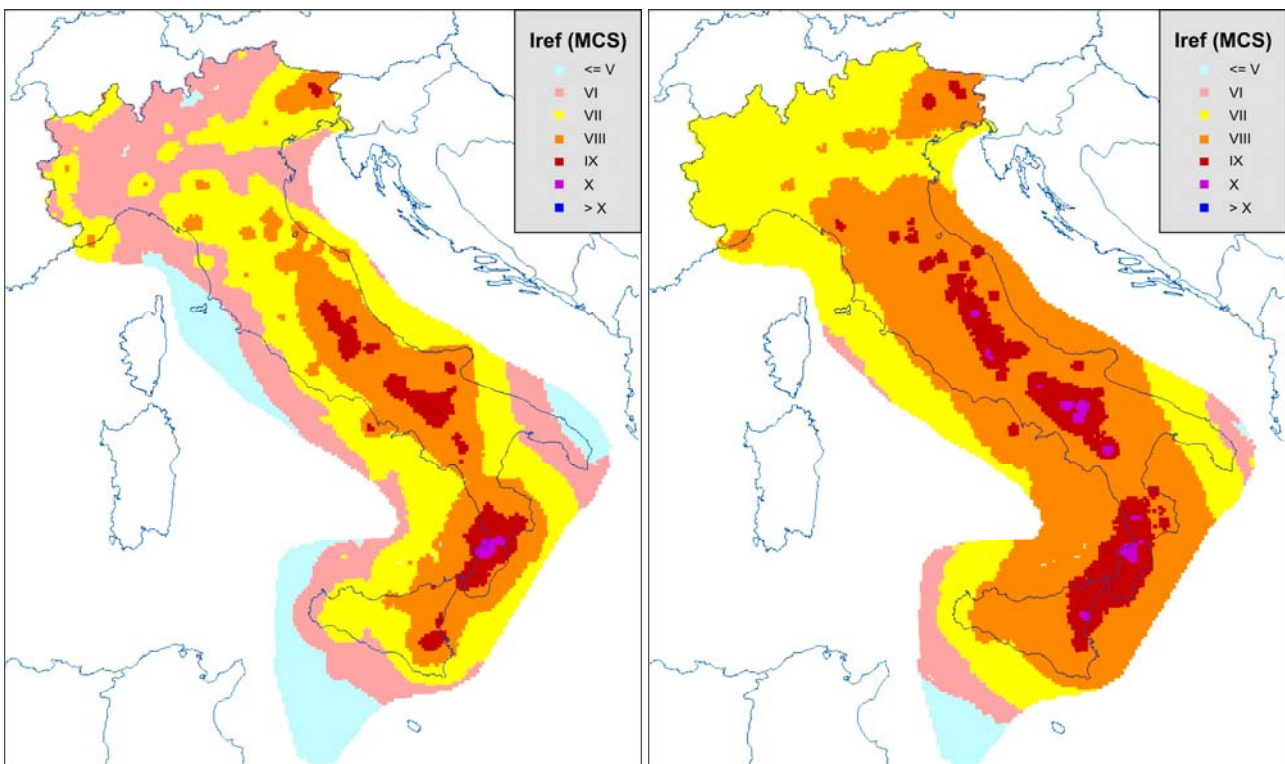


Figura 1: Minimi valori di intensità caratterizzati da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni (I_{ref}) calcolati ai nodi di una griglia regolare applicando le due relazioni di attenuazione descritte in Albarello et al. (2007): la relazione di tipo Gaussiano (a sinistra) e quella di tipo Binomiale (a destra).

Come si nota dalla figura, le differenze prodotte dall'impiego delle due relazioni di attenuazione risultano assai marcate. In particolare, l'effetto più vistoso è quello legato ad un generale innalzamento dei valori di I_{ref} passando dalla relazione di attenuazione di tipo Gaussiano a quella di tipo Binomiale. Si vede come le differenti caratteristiche delle due relazioni (legate sia alla loro formalizzazione che alle modalità di selezione dei dati utilizzati per la loro parametrizzazione) siano in grado di influenzare in maniera assai significativa la stima della pericolosità.

Dato che i risultati in figura 1 sono stati dedotti a partire dalle sole relazioni di attenuazione, questi sono direttamente confrontabili con quelli ricavati considerando l'approccio standard e descritti nel

deliverable 7 (Gómez Capera et al., 2007). Il confronto fra le due stime di pericolosità (figure 2 e 3) mostra come i risultati ottenuti con la tecnica standard (valori di intensità con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni arrotondati al grado intero) siano in genere caratterizzati da maggiore continuità spaziale rispetto a quelli forniti con l'approccio di sito. Questo è vero indipendentemente dalle relazioni di attenuazione considerate (si veda in proposito il confronto in figura 3) ed è quindi da attribuirsi al ruolo della zonazione sismotettonica. Quest'ultima, infatti, ha essenzialmente l'effetto di distribuire la sismicità su aree estese riducendo l'effetto di "polarizzazione" che si manifesta invece quando sono gli epicentri dei singoli eventi a controllare la sismicità.

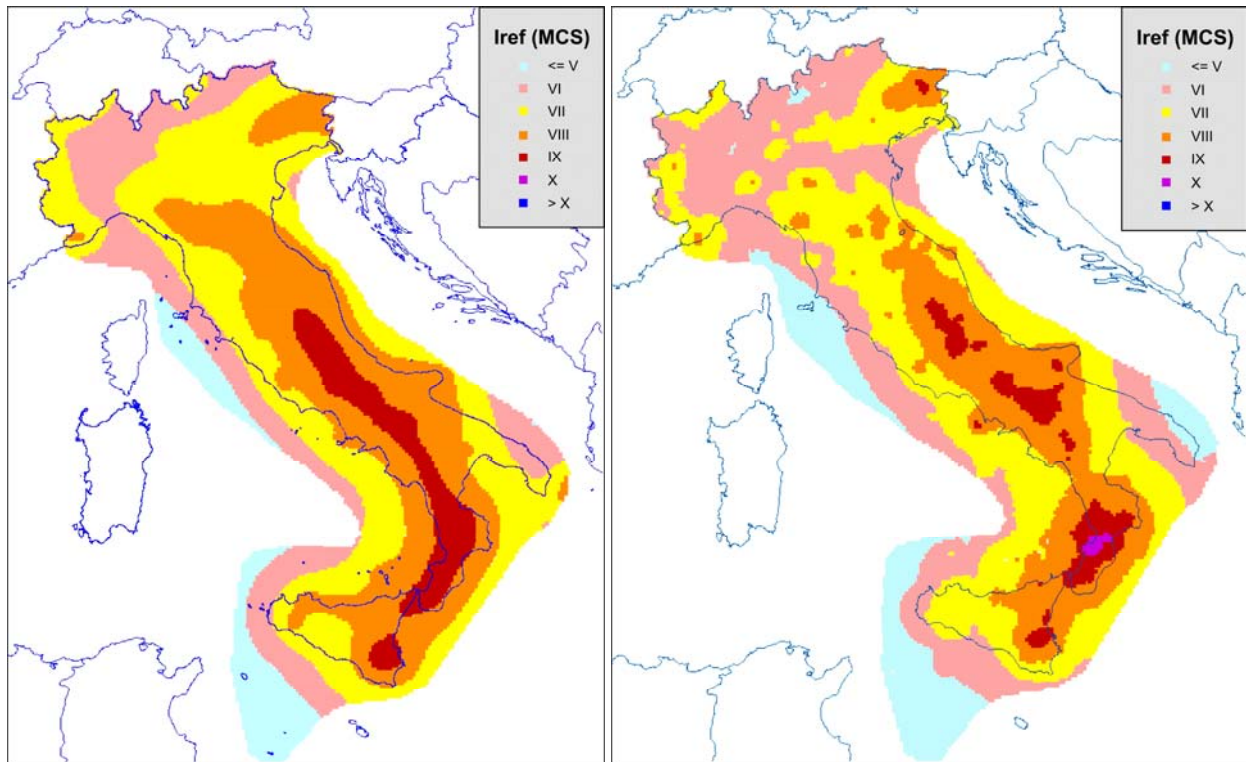


Figura 2: Valori di I_{ref} calcolati ai nodi di una griglia regolare mediante l'approccio standard (a sinistra) descritto in Gómez Capera et al., (2007) e mediante l'approccio di sito a partire da storie sismiche locali "virtuali" dedotte utilizzando la relazione di attenuazione di tipo Gaussiano (a destra).

La relazione di attenuazione di tipo Gaussiano utilizzata nell'approccio di sito produce stime di I_{ref} generalmente minori rispetto a quelle dell'approccio standard (figura 2), ad eccezione di alcune aree ristrette, caratterizzate da sismicità più elevata, dove si osserva un incremento della pericolosità (I_{ref} passa da VIII a IX MCS nel Friuli e nel Foggiano e da IX a X MCS in Calabria meridionale). Al contrario, le stime ottenute con l'applicazione della relazione Binomiale producono valori di I_{ref} generalmente maggiori di quelle ottenute con l'approccio standard (figura 3).

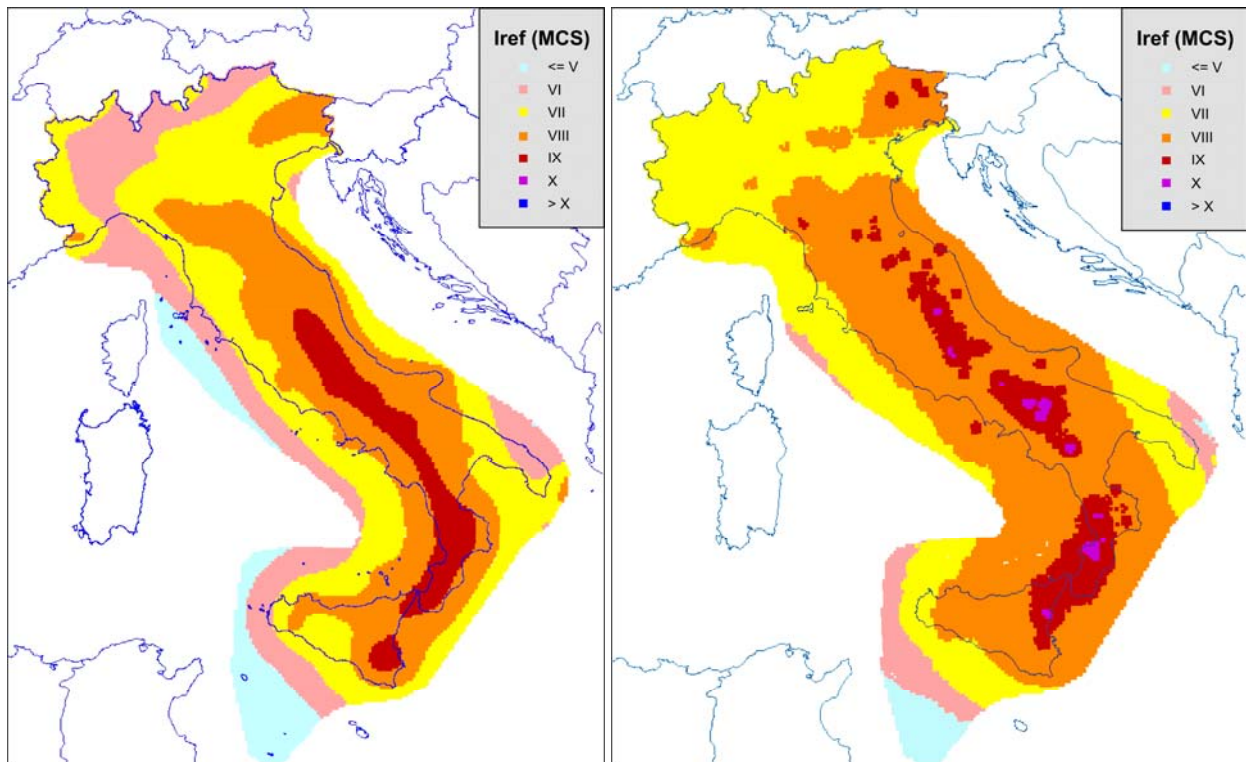


Figura 3: Valori di I_{ref} calcolati ai nodi di una griglia regolare mediante l'approccio standard (a sinistra) descritto in Gómez Capera et al., (2007) e mediante l'approccio di sito a partire da storie sismiche locali "virtuali" dedotte utilizzando la relazione di attenuazione di tipo Binomiale (a destra).

2. La pericolosità sismica delle località capoluogo comunale

Le seconda elaborazione ha riguardato la stima della pericolosità nelle località capoluogo comunale dell'intero territorio nazionale. In questo caso le analisi sono state condotte analizzando le storie sismiche locali ricostruite a partire dai dati documentari raccolti nel Database Macrosismico DBMI04 (Stucchi et al., 2007) prodotto nell'ambito del progetto S1. In particolare, per un dato evento sismico, è stato attribuito al capoluogo comunale il dato macrosismico più vicino alle coordinate corrispondenti al capoluogo fra quelli localizzati entro 2 km da quest'ultimo e all'interno dello stesso territorio comunale. In assenza di risentimenti noti nella località capoluogo per un dato evento sismico, è stato considerato un risentimento "virtuale" dedotto combinando il dato epicentrale (opportunamente "ridotto" al sito mediante le relazioni di attenuazione probabilistiche sopra descritte) con eventuali risentimenti documentati entro 20 km dal sito (si veda il metodo descritto in Albarello et al., 2007). I risultati ottenuti in termini di I_{ref} sono mostrati in figura 4 e riportati in dettaglio nell'Allegato. Entrambe le mappe sono state ottenute utilizzando la stessa base di dati macrosismici (DBMI04) e lo stesso catalogo epicentrale (CPTI04). Si noti quindi che le differenze fra le due mappe (figura 5) sono dovute ai soli risentimenti "virtuali" dedotti mediante le due diverse relazioni di attenuazione.

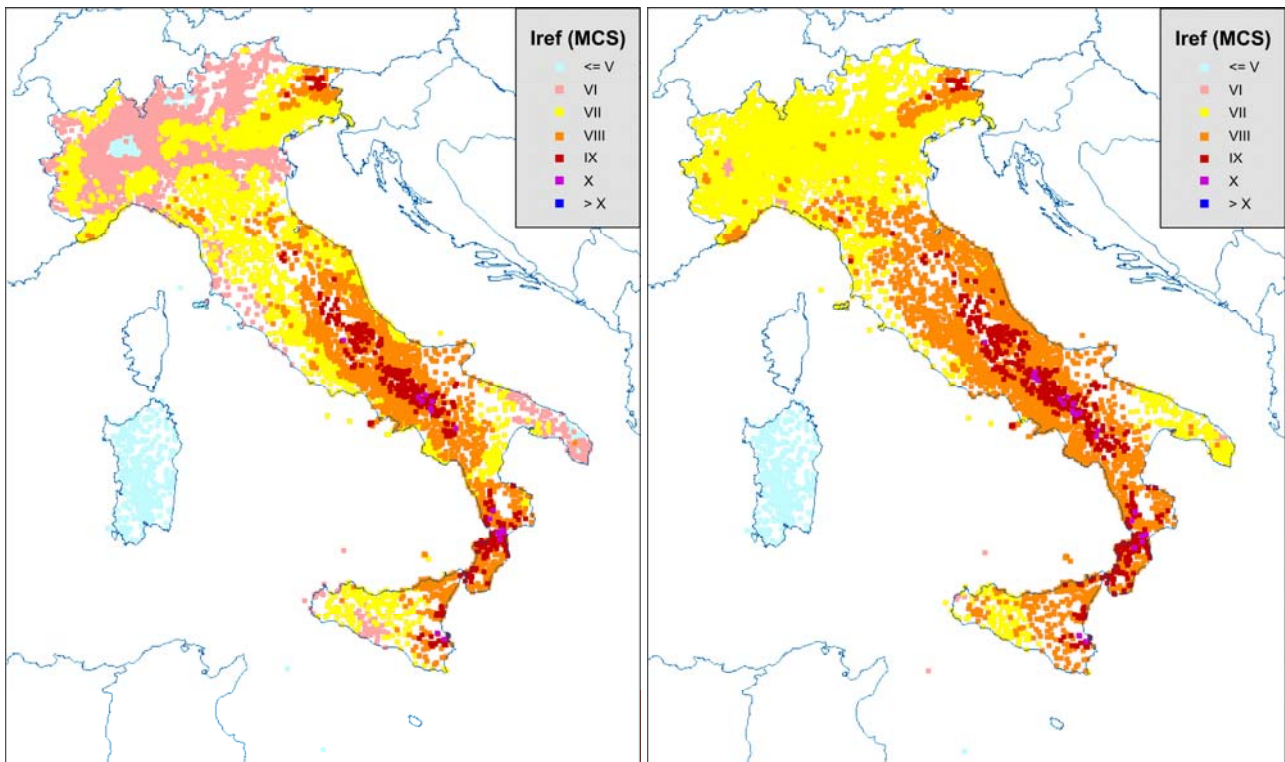


Figura 4: Valori di I_{ref} calcolati per tutte le località capoluogo comunale mediante l'approccio di sito. Le stime sono state effettuate a partire dalle storie sismiche locali ottenute integrando i risentimenti documentati con quelli "virtuali" dedotti da dati epicentrali mediante le relazioni di attenuazione sopra descritte (a sinistra: relazione di attenuazione di tipo Gaussiano; a destra: relazione di tipo Binomiale).

Se si escludono pochi sporadici casi (punti rossi in figura 5), la grande massa delle differenze è di tipo negativo, indicando che l'uso della relazione di tipo Gaussiano produce stime di pericolosità mediamente inferiori rispetto a quelle ottenute con la relazione Binomiale (si veda in proposito anche la figura 1). Come era logico attendersi, le maggiori differenze riguardano le zone dove le storie sismiche risultano più "povere" ovvero quelle caratterizzate da sismicità meno intensa (es., Pianura Padana, Arco Alpino centrale, Toscana interna, Salento), dove l'effetto del tipo di relazione di attenuazione è preponderante. Stime abbastanza congruenti sono invece ottenute laddove la documentazione relativa ai terremoti del passato è maggiore (es., Appennino Centro-Meridionale, Arco Calabro) .

Se si confrontano le stime di I_{ref} dedotte con l'approccio di sito con quelle ottenute mediante l'approccio standard (figure 6 e 7), si vede che le informazioni relative alle storie di sito documentate tendono in molti casi a ridurre i valori di I_{ref} . Questo effetto è dovuto alla riduzione delle incertezze sulle informazioni utilizzate. Infatti, in generale, i risentimenti "virtuali" sono caratterizzati da una maggiore incertezza rispetto a quelli documentati. Dato che le maggiori incertezze inducono stime di pericolosità più conservative (si veda in proposito Albarello e D'Amico, 2004), la riduzione di queste incertezze tende a ridurre la pericolosità. D'altro canto, in alcune aree caratterizzate da sismicità più elevata, le stime dedotte da dati di sito sono localmente più elevate di quelle fornite dall'approccio standard (si vedano per esempio i valori di X grado raggiunti in alcune località dell'Italia meridionale). Questo è l'effetto congiunto dell'impiego delle storie sismiche documentate e della mancata considerazione delle sorgenti sismogeniche: entrambe queste caratteristiche tendono infatti a "concentrare" su poche località gli effetti dei terremoti.

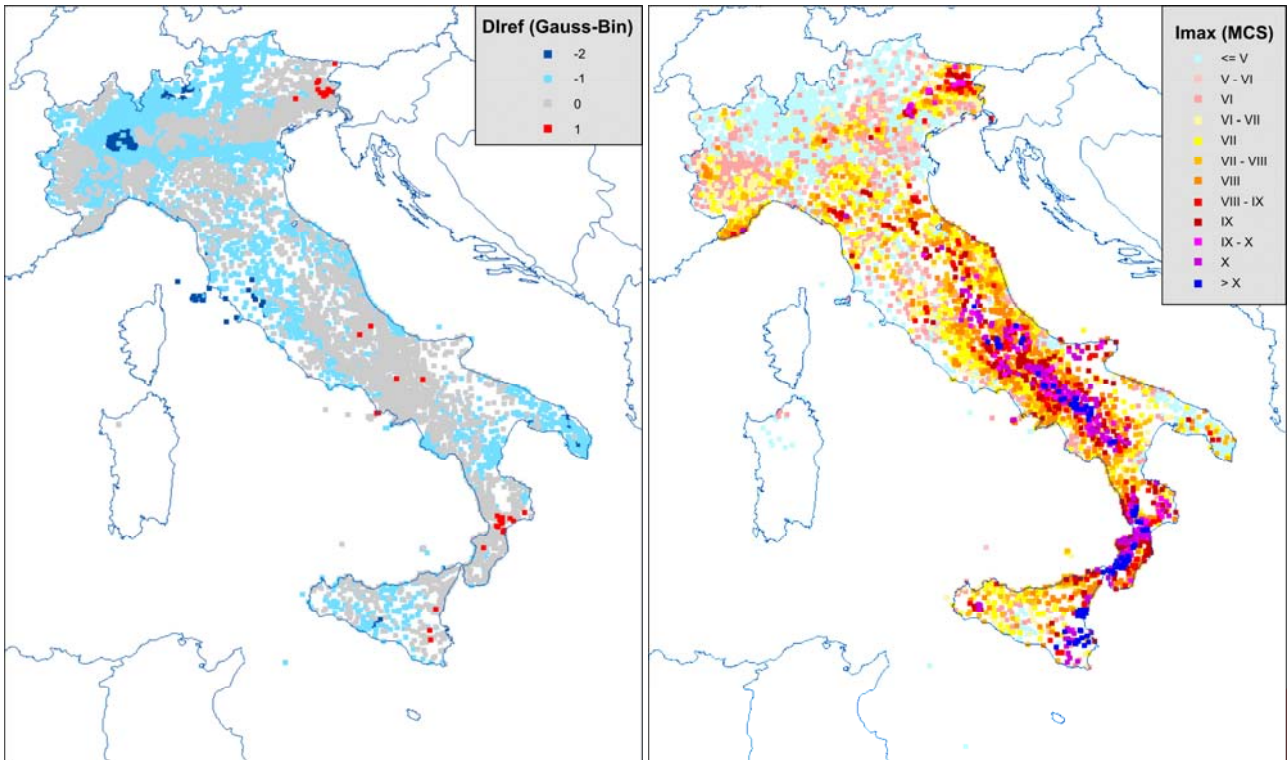


Figura 5: Confronto fra le differenze nelle stime di I_{ref} in figura 4 (a sinistra) in rapporto ai valori della massima intensità I_{max} (a destra) documentata nelle località capoluogo comunale (da DBMI04). Nella mappa delle differenze i valori negativi indicano che le stime ottenute con la relazione di tipo Gaussiano risultano inferiori a quelle ottenute con la relazione Binomiale.

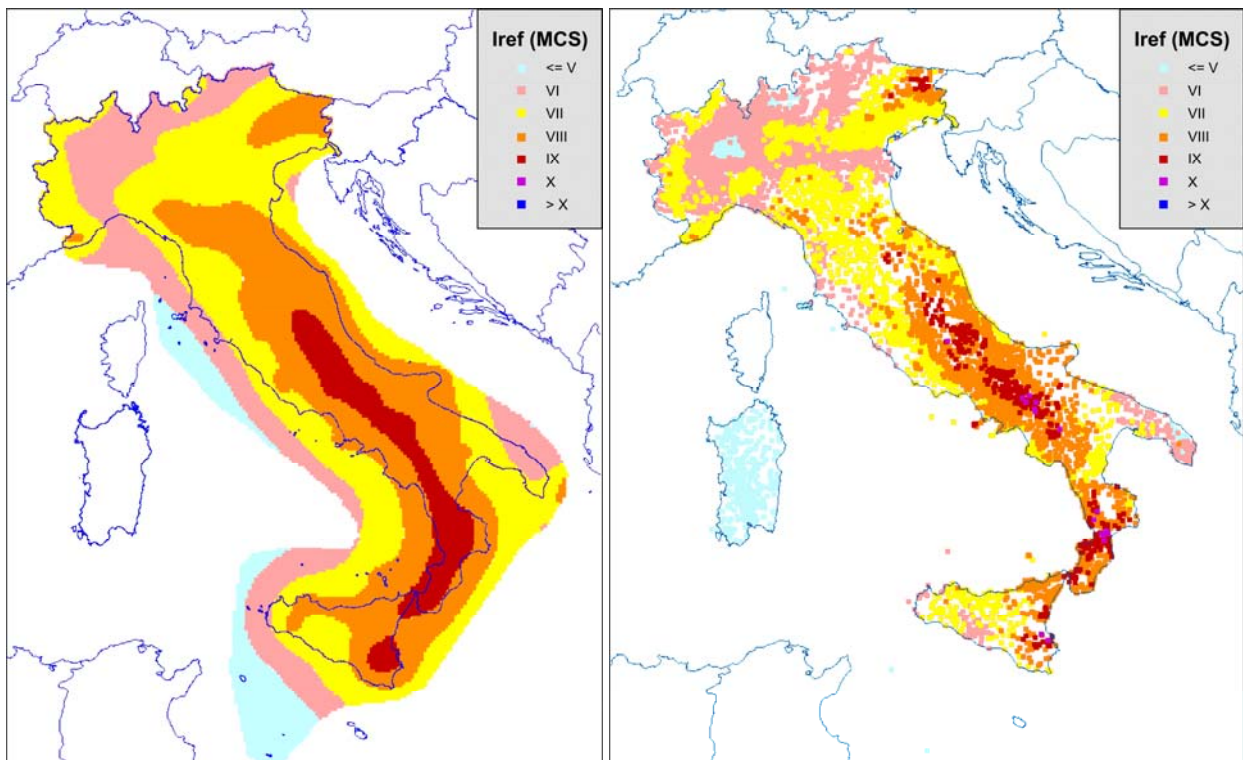


Figura 6: Valori di I_{ref} calcolati applicando l'approccio standard (a sinistra) e quelli dedotti per tutte le località capoluogo comunale dalle storie sismiche di sito integrate da risentimenti "virtuali" determinati utilizzando la relazione di attenuazione Gaussiana (a destra).

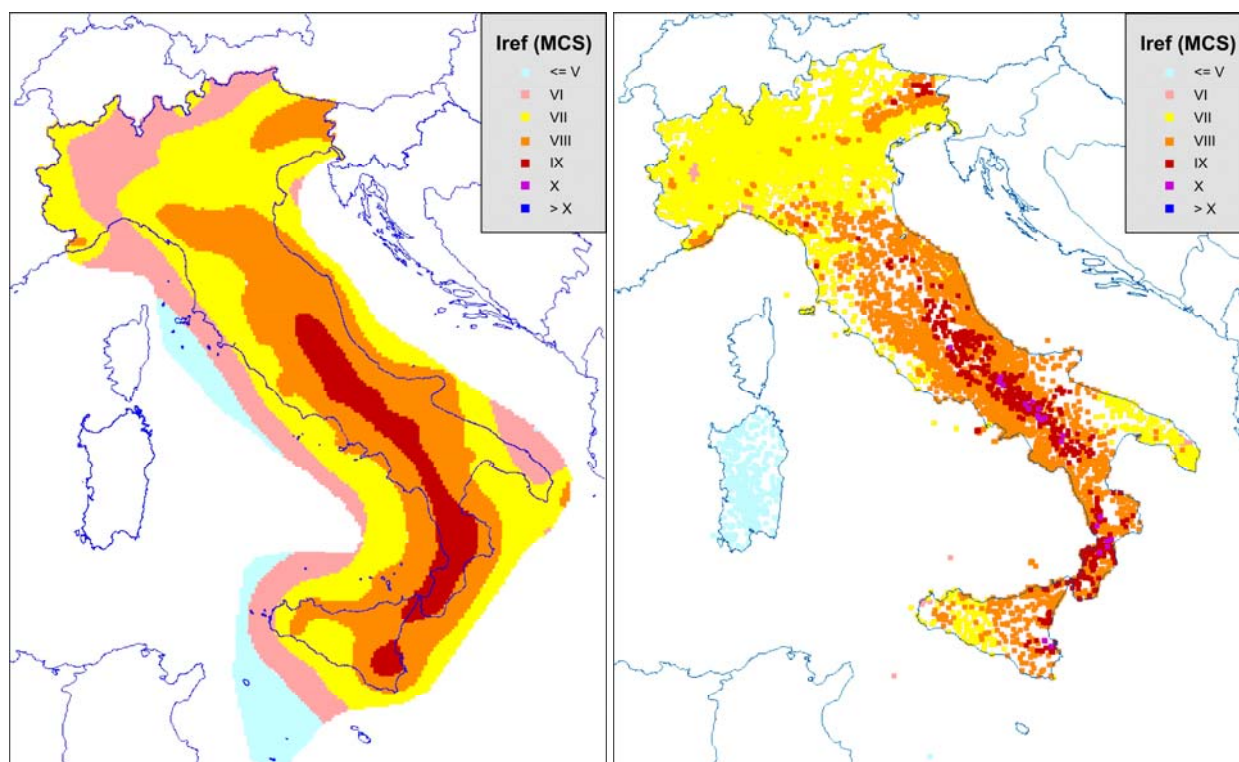


Figura 7: Valori di I_{ref} calcolati applicando l'approccio standard (a sinistra) e quelli dedotti per tutte le località capoluogo comunale dalle storie sismiche di sito integrate da risentimenti "virtuali" determinati utilizzando la relazione di attenuazione Binomiale (a destra).

3. Elaborazioni relative alla zona Etna

Allo scopo di meglio valutare il ruolo delle storie sismiche locali sulla stima della pericolosità e le caratteristiche del codice di calcolo utilizzato (D'Amico e Albarello, 2007), sono state eseguite analisi di dettaglio per l'area Etna.

Come noto, tale area si caratterizza da un elevato tasso di sismicità (180 eventi hanno superato la soglia del danno negli ultimi 200 anni), con terremoti molto superficiali ($H < 2$ km) di elevata intensità ($I_{max} = X$ EMS) ma basse magnitudo ($M < 4.8$) e forte attenuazione dell'intensità macrosismica in funzione della distanza ($\Delta I = 4$ in 20 km rispetto ai circa 180 km nelle aree tettoniche). Data questa peculiarità, le stime di pericolosità sono state effettuate anche tenendo in considerazione relazioni di attenuazione differenziate per terremoti generati localmente ed eventi con sorgenti esterne all'area etnea. In particolare, come mostrato in figura 8, per gli eventi locali è stata utilizzata la relazione di attenuazione elaborata da Azzaro et al. (2006b), mentre per gli eventi "regionali" sono state utilizzate le relazioni valide per il territorio nazionale e descritte in precedenza (Albarello et al., 2007).

Analogamente alle elaborazioni relative al territorio nazionale, i valori di I_{ref} sono stati calcolati sia su un insieme di località geografiche (capoluoghi comunali, frazioni, ecc..) che nei siti posti in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare.

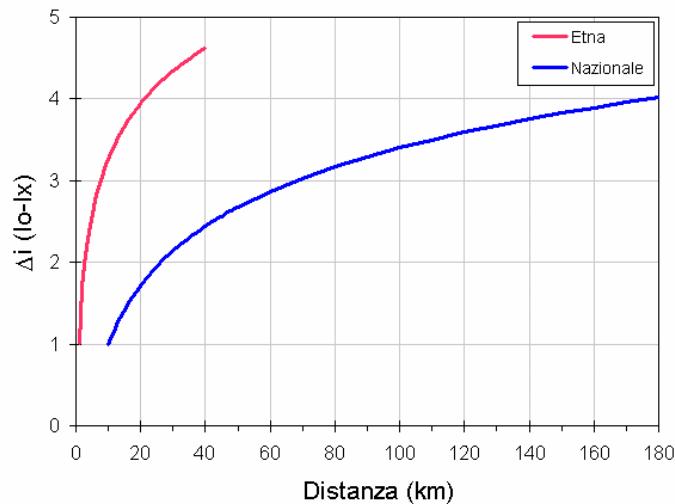


Figura 8: Confronto tra la relazione di attenuazione utilizzata per l'area etnea (Azzaro et al., 2006b) e quella di tipo Gaussiano, valida per il territorio nazionale, per gli eventi regionali (Albarello et al., 2007).

Dati di input

Per le analisi sono stati utilizzati, integrandoli, due differenti dataset: il catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI04, 2004) con il suo database relativo alle intensità macrosismiche osservate DBMI04 (Stucchi et al., 2007), e il catalogo macrosismico dei terremoti etnei (Azzaro et al., 2000, 2002, 2006a). Il catalogo nazionale copre il periodo dal 217 A.C. al 2002, selezionando i soli eventi principali. Il catalogo locale, invece, va dal 1832 al 2005 ed adotta soglie energetiche più basse, riportando anche scosse premonitrici e repliche. In pratica, per il periodo successivo al 1832, il catalogo CPTI04 è stato sostituito da quello etneo solo per la parte che riguarda gli eventi dell'area vulcanica. Il dataset di intensità derivante risulta composto da 6894 osservazioni macrosismiche documentate per le località etnee, relative sia a terremoti regionali che locali. A causa della mancanza di osservazioni e/o terremoti nell'area etnea prima dell'anno 1000, il "catalogo integrato" utilizzato per le analisi copre l'intervallo di tempo 1000-2005. Come mostra la figura 9, in molte località il numero di osservazioni disponibili utilizzate per ricostruire le storie di sito aumenta significativamente rispetto a quelle riportate in DBMI04.

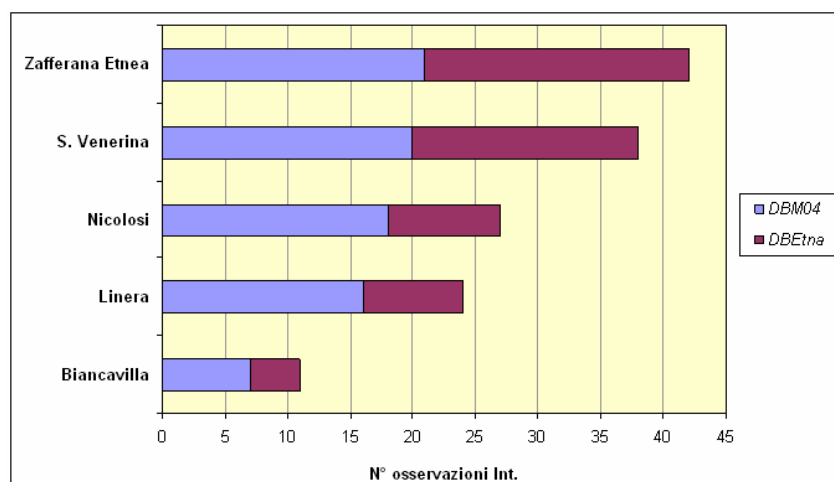


Figura 9: Numero di risentimenti documentati in alcune località etnee a partire dal catalogo DBMI04 integrato con informazioni dedotte dal catalogo locale (Azzaro et al., 2000, 2002, 2006a).

Elaborazioni

Le mappe in figura 10 mostrano i valori di I_{ref} ottenuti integrando le storie sismiche locali con i dati epicentrali “ridotti” al sito utilizzando, per i terremoti etnei, la relazione di attenuazione di Azzaro et al. (2006b) e, per tutti gli altri, la relazione di tipo Gaussiano descritta sopra. Per quanto riguarda i calcoli effettuati sui nodi della griglia regolare (figura 10 a destra), le storie sismiche del “nodo” sono state ricostruite a partire dai risentimenti più vicini documentati entro 1 km dal nodo stesso. La mappa evidenzia un’area omogenea di valori di intensità attesa elevati ($I_{ref}=IX$ MCS) nel versante sud-orientale dell’Etna, che interessano circa il 10% dell’intera zona vulcanica, con due massimi ($I_{ref}=X$ MCS) relativi alle località di Nicolosi e Aci Consolazione (frazione del comune di Acicatena). Quest’ultimo è in particolare determinato dal valore locale osservato per il terremoto del 20-2-1818.

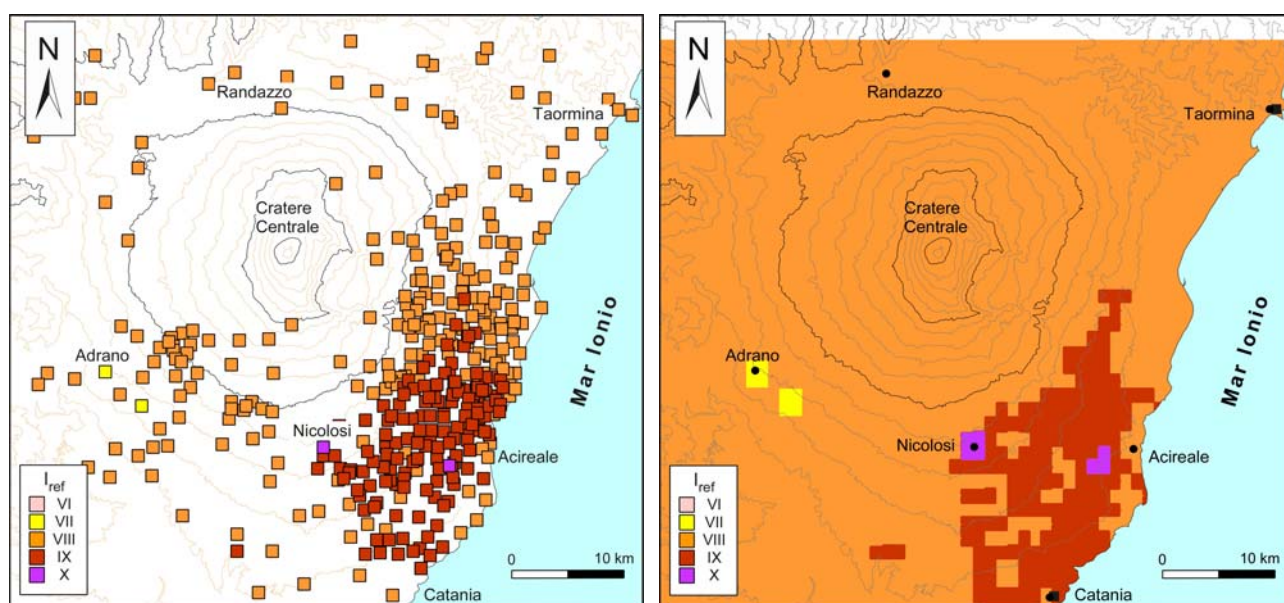


Figura 10: Valori di I_{ref} calcolati per le diverse località dell’area etnea (a sinistra) e per i siti localizzati ai nodi di una griglia regolare (a destra). Le stime sono state effettuate considerando le storie sismiche locali integrate da dati epicentrali ridotti al sito utilizzando, per i terremoti etnei, la relazione di attenuazione di Azzaro et al. (2006b) e, per quelli “regionali”, la relazione di attenuazione Gaussiana descritta in Albarello et al. (2007). Per la ricostruzione delle storie sismiche locali sono stati considerati i soli risentimenti documentati al sito, ignorando quelli osservati in località vicine.

Alcuni siti con valori più bassi ($I_{ref}=VIII$ MCS), localizzati nell’area tra Acireale e Nicolosi, derivano da dati di intensità osservati relativi all’evento dell’11-1-1693. Analoga situazione si evidenzia per il versante sud-occidentale del vulcano, presso Adriano e Biancavilla, dove i risentimenti osservati nel terremoto del 1693 determinano valori di I_{ref} più bassi (VII MCS) rispetto alle aree circostanti.

In figura 11 sono riportati i risultati ottenuti “correggendo” i risentimenti “virtuali” (dedotti tramite le relazioni di attenuazione) in modo da tenere conto dei risentimenti documentati in località poste entro 20 km dal sito (si veda Albarello et al., 2007). Rispetto ai risultati in figura 10, si nota una riduzione di circa il 2% dell’area in cui sono attesi valori di $I_{ref}=IX$ MCS. I massimi ($I_{ref}=X$ MCS) relativi a Nicolosi e Aci Consolazione permangono e compare anche un terzo massimo presso Fondo Macchia per il contributo dei terremoti etnei del 1865 e 1911.

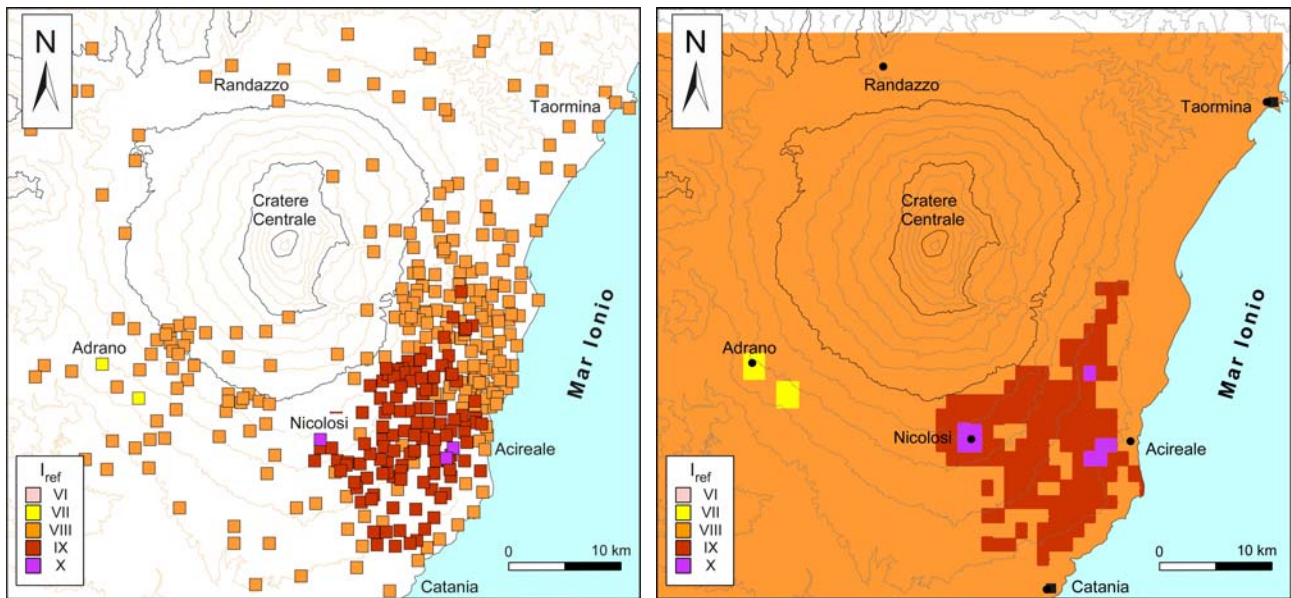


Figura 11: Valori di I_{ref} calcolati per le diverse località dell'area etnea (a sinistra) e per i siti localizzati ai nodi di una griglia regolare (a destra). Le stime sono state effettuate considerando le storie sismiche locali integrate da dati epicentrali ridotti al sito utilizzando, per i terremoti etnei, la relazione di attenuazione di Azzaro et al. (2006b) e, per quelli "regionali", la relazione di attenuazione Gaussiana descritta in Albarello et al. (2007). In questo caso, per la ricostruzione delle storie sismiche sono stati considerati anche i risentimenti osservati in località poste entro 20 km dal sito.

Nelle figure 12 e 13 sono riportati i risultati ottenuti utilizzando per gli eventi con epicentro posto al di fuori della zona etnea la relazione di attenuazione Binomiale. In figura 12 sono riportati i valori di I_{ref} ottenuti senza correggere i valori "virtuali" con i risentimenti vicini alla località. Rispetto alla figura 10, si evidenzia, una estensione del 4% dell'area con valori di intensità attesa $I_{ref}=IX$ MCS nel versante sud-orientale etneo. Inoltre compaiono alcune "isole" a pericolosità più alta nel settore nord-orientale a sud di Taormina ed in quello sud-occidentale ad ovest di Catania, determinate dagli effetti calcolati dei terremoti più forti, rispettivamente nella zona calabro-messinese (1908) e negli Iblei. Permangono i massimi attesi ($I_{ref} = X$ MCS) a Nicolosi e Aci Consolazione.

In figura 13, invece, i risentimenti "virtuali" sono stati "corretti" tenendo in considerazione eventuali risentimenti documentati entro 20 km dal sito. Rispetto alle elaborazioni precedenti, l'area con valori di $I_{ref}=IX$ MCS è aumentata del 10% nel settore centro-orientale del vulcano, interessando vaste aree disabitate per effetto di dati "virtuali" corretti in base a risentimenti osservati in località "vicine" (entro 20 km). Il basso versante sud-orientale mostra un andamento analogo a quello in figura 11; permangono i massimi ($I_{ref} = X$ MCS) a Nicolosi, Aci Consolazione e Fondo Macchia.

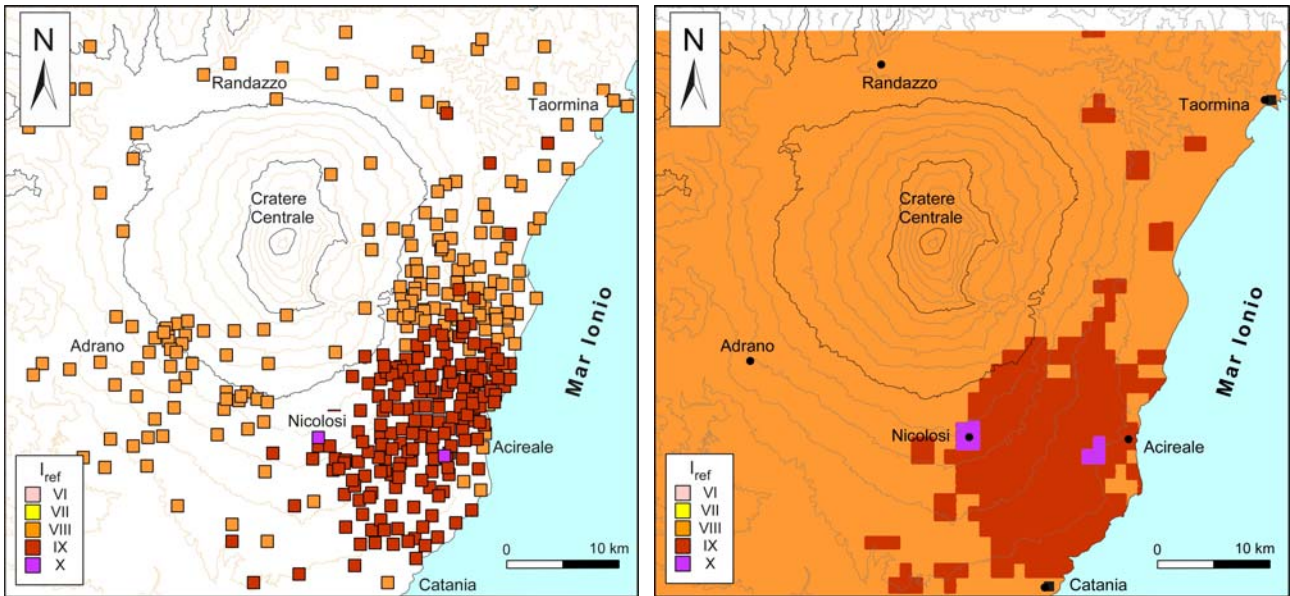


Figura 12: Valori di I_{ref} calcolati per le diverse località dell'area etnea (a sinistra) e per i siti localizzati ai nodi di una griglia regolare (a destra). Le stime sono state effettuate considerando le storie sismiche locali integrate da dati epicentrali ridotti al sito utilizzando, per i terremoti etnei, la relazione di attenuazione di Azzaro et al. (2006b) e, per quelli "regionali", la relazione di attenuazione Binomiale descritta in Albarello et al. (2007). Per la ricostruzione delle storie sismiche locali sono stati considerati i soli risentimenti documentati al sito, ignorando quelli osservati in località vicine.

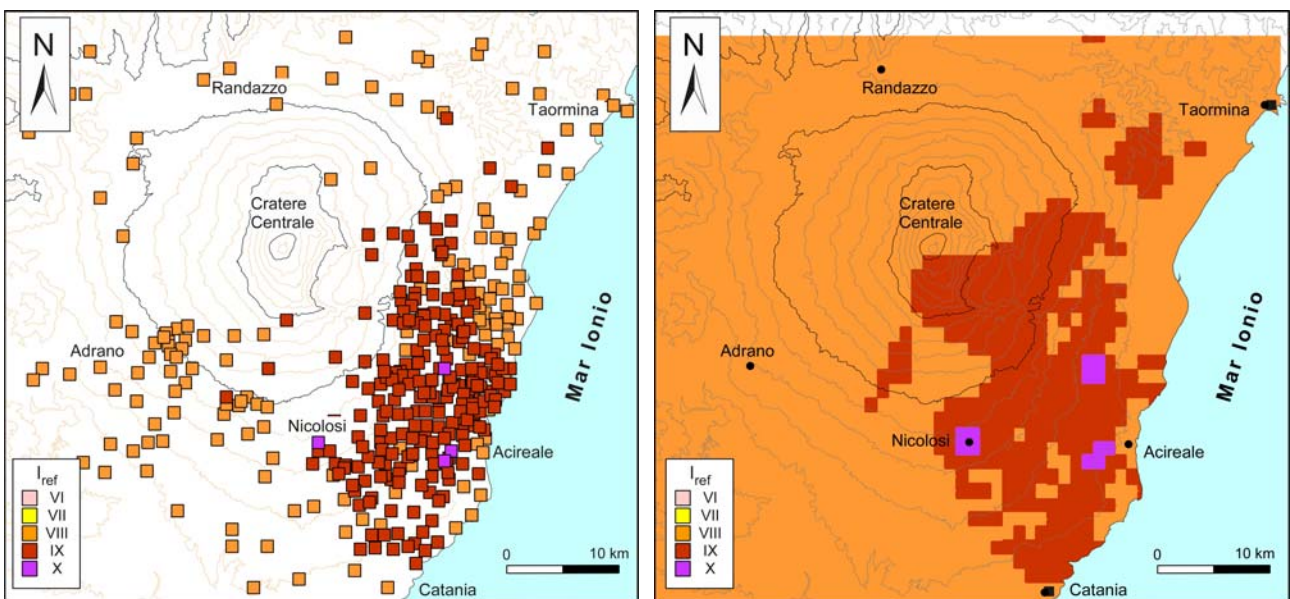


Figura 13: Valori di I_{ref} calcolati per le diverse località dell'area etnea (a sinistra) e per i siti localizzati ai nodi di una griglia regolare (a destra). Le stime sono state effettuate considerando le storie sismiche locali integrate da dati epicentrali ridotti al sito utilizzando, per i terremoti etnei, la relazione di attenuazione di Azzaro et al. (2006b) e, per quelli "regionali", la relazione di attenuazione Binomiale descritta in Albarello et al. (2007). In questo caso, per la ricostruzione delle storie sismiche sono stati considerati anche i risentimenti osservati in località poste entro 20 km dal sito.

Conclusioni

Sono state eseguite stime di pericolosità sismica (in termini del valore di minima intensità caratterizzata da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni) per il territorio italiano utilizzando un approccio di calcolo basato sull'uso delle storie sismiche di sito. Laddove le storie sismiche locali risultavano carenti di informazioni al sito (risentimenti macrosismici) relativamente ad un evento sismico noto, queste sono state integrate considerando risentimenti "virtuali" dedotti da dati epicentrali opportunamente "ridotti" al sito mediante relazioni di attenuazione e, in seguito, corretti tenendo conto di risentimenti documentati per lo stesso evento in località vicine.

Le diverse elaborazioni mostrate hanno messo in evidenza il diverso ruolo delle componenti informative utilizzate per la stima della pericolosità (relazioni di attenuazione, zonazione, storie sismiche locali, ecc.).

In particolare, si è visto come le relazioni di attenuazione giochino un ruolo essenziale soprattutto nelle zone del territorio nazionale caratterizzate da sismicità minore. In queste aree, infatti, le diverse relazioni di attenuazione determinano valori di pericolosità sistematicamente differenti. D'altro canto, il largo impiego di dati di risentimenti locali produce una maggiore "polarizzazione" dei valori di pericolosità rispetto a quanto si ottiene a partire dall'approccio standard basato sull'uso delle sorgenti sismogeniche.

Infine si nota come l'impiego di storie sismiche di sito che tengono conto dei risentimenti in località vicine possa produrre stime di pericolosità che mostrano significative differenze rispetto a quelle che si ottengono ignorando questa informazione. Le elaborazioni effettuate relativamente alla zona etnea mostrano che queste differenze risultano tanto più significative quanto più dettagliata è l'informazione disponibile sui campi macrosismici dei terremoti considerati.

Il risultato ultimo delle indagini eseguite è la dimostrazione di come le diverse opzioni di calcolo (leggi di attenuazione, utilizzo delle storie sismiche locali, ecc.) condizionino significativamente la stima di pericolosità. In linea di principio, tutte le scelte effettuate possono essere considerate legittime a priori e non risulta pertanto possibile attribuire una scala di valore alle diverse carte qui presentate. Questo genere di valutazione dovrà invece essere effettuato a partire da una procedura di validazione condivisa basata sul confronto empirico delle "previsioni" probabilistiche corrispondenti alle diverse carte di pericolosità con un insieme di osservabili. Tentativi in questo senso sono stati effettuati in passato (Albarelli e D'Amico, 2000, Mucciarelli et al. 2000) e costituiscono l'oggetto del deliverable D13 (Albarelli e D'Amico, 2007).

Bibliografia

- Albarelo D. e V. D'Amico, 2000. La validità delle stime di pericolosità sismica in Italia. *Atti del 19° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida*, CNR-Roma, CD-ROM.
- Albarelo D. e V. D'Amico, 2004. Attenuation relationship of macroseismic intensity in Italy for probabilistic seismic hazard assessment, *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 45, 4, 271-284.
- Albarelo D. e V. D'Amico, 2007. Procedure per la valutazione comparativa di stime di pericolosità anche in rapporto agli osservabili disponibili. Progetto DPC-INGV S1, <http://esse1.mi.ingv.it/d13.html>
- Albarelo D., V. D'Amico, P. Gasperini, F. Pettenati, R. Rotondi e G. Zonno, 2007. Nuova formulazione delle procedure per la stima dell'intensità macrosismica da dati epicentrali o da risentimenti in zone vicine. Progetto DPC-INGV S1, <http://esse1.mi.ingv.it/d10.html>
- Albarelo D. e M. Mucciarelli, 2002. Seismic hazard estimates using ill-defined macroseismic data at site, *Pure Appl. Geophys.* 159, 1289-1304.
- Azzaro R., M.S. Barbano, B. Antichi e R. Rigano, 2000. Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998. *Acta Vulcanologica*, 12 (1-2), 3-36.
- Azzaro R., S. D'Amico, A. Mostaccio e L. Scarfi, 2002. Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale - Calabria meridionale nel periodo Gennaio 1999 - Dicembre 2001. *Quaderni di Geofisica*, 27, 59 pp.
- Azzaro R., S. D'Amico, A. Mostaccio, L. Scarfi e T. Tuvè, 2006a. Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2002 - Dicembre 2005. *Quaderni di Geofisica*, 41, 60 pp.
- Azzaro R., M.S. Barbano, S. D'Amico e T. Tuvè, 2006b. The attenuation of seismic intensity in the Etna region and comparison with other Italian volcanic districts. *Annals of Geophysics*, 49 (4/5), 1003-1020.
- D'Amico V. e D. Albarello, 2007. Codice per il calcolo della pericolosità sismica da dati di sito (freeware). Progetto DPC-INGV S1, <http://esse1.mi.ingv.it/d12.html>
- Gómez Capera A.A., C. Meletti, A. Rebez e M. Stucchi, 2007. Mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04. Progetto DPC-INGV S1, <http://esse1.mi.ingv.it/d7.html>
- Gruppo di lavoro CPTI, 2004: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04>
- Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274 All. 1. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 allegati, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.
- Mucciarelli, M., L. Peruzza e P. Caroli, 2000. Tuning of seismic hazard estimates by means of observed site intensities. *Journ. Earthq. Eng.*, 4, 2, 141-159.
- Pasolini C., D. Albarello, P. Gasperini, V. D'Amico e B. Lolli, 2007. The attenuation of seismic intensity in Italy part II: modeling and validation. *Bull. Seism. Soc. Am.*, sottomesso.
- Rotondi R. e G. Zonno, 2006. Seismic scenarios in terms of macroseismic intensity, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 3-8 september 2006, Geneva, Switzerland, p. 124.
- Stucchi M., R. Camassi, A. Rovida, M. Locati, E. Ercolani, C. Meletti, P. Migliavacca, F. Bernardini e R. Azzaro, 2007. DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. *Quaderni di Geofisica*, INGV, 49, 1-38.

Allegato: Valori di pericolosità (I_{ref}) calcolati per le località capoluogo comunale

Il file “Iref_comuni.txt” riporta i valori di minima intensità caratterizzata da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni (I_{ref}) calcolati per ciascuna delle località capoluogo comunale italiane (si vedano le mappe in figura 4).

Nelle prime quattro colonne sono indicati rispettivamente: codice Istat01, denominazione, latitudine e longitudine della località. Seguono i valori di I_{ref} calcolati dalle storie sismiche locali ottenute integrando i risentimenti documentati al sito con quelli “virtuali” dedotti da dati epicentrali mediante la relazione di attenuazione di tipo Gaussiano (I_{ref_Gauss}) e Binomiale (I_{ref_Bin}) e poi “corretti” in base ai risentimenti in località vicine (entro 20 km). Le ultime due colonne riportano il numero di risentimenti (intensità al sito >0) e la massima intensità osservati nella località dal 217 A.C al 2002 (da DBMI04).