

## **Progetto S1**

**Proseguimento della assistenza a DPC per il  
completamento e la gestione della mappa di pericolosità  
sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e  
progettazione di ulteriori sviluppi**

*coordinatori: GianMichele Calvi (EUCENTRE) e Massimiliano Stucchi (INGV-MI)*



## 1. Obiettivo

Questo progetto rappresenta la continuazione di attività che INGV, con alcuni collaboratori esterni, ha intrapreso a favore di DPC a partire dalla seconda metà del 2003 e per tutto il 2004, per la compilazione della mappa di pericolosità sismica denominata MPS04. Per questo motivo il Decreto INGV 387, con riferimento alle modalità di predisposizione dei progetti, recita:

*“I progetti S1 e VI, che costituiscono la prosecuzione di attività previste da precedenti convenzioni, proseguono senza la necessità dei predetti adempimenti”*

I coordinatori hanno comunque avviato un confronto con gli operatori interessati, che ha visto un momento di discussione in un seminario tenutosi a Milano il 31.01.2005; in seguito hanno valutato i contributi e le proposte ricevute. Da questa fase sono emersi i seguenti obiettivi principali:

- 1) completamento delle elaborazioni relative a MPS04, con riferimento alla valutazione di amax per le isole, per altri periodi di ritorno e per una ordinata spettrale, e sviluppo del sito web per la disseminazione dei materiali del progetto;
- 2) realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, utilizzando sia l'approccio utilizzato per MPS04, sia approcci di sito, ed effettuazione di confronti fra tali valutazioni, MPS04 e dati osservativi;
- 3) contributo alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente, attraverso il pieno utilizzo del potenziale informativo di MPS04 e il confronto con elaborati basati su ipotesi non stazionarie di sismicità, già disponibili o realizzabili in tempi brevi;
- 4) aggiornamento dei database sismologici non altrimenti aggiornati da INGV o da altri enti, con particolare riferimento al database macrosismico e ai prodotti correlati (catalogo parametrico e stime di completezza, ecc.).

In aggiunta, utilizzando principalmente i risultati conseguiti ai punti precedenti, il progetto intende formulare *suggerimenti e contributi* per: a) la gestione delle fasce di tolleranza previste dall'Ordinanza e dei valori di incertezza associati alle stime di amax, anche in relazione ai confronti di cui all'obiettivo 2); b) l'aggiornamento delle azioni di progetto delle norme sismiche; c) la definizione degli input per il progetto S5; d) l'eventuale aggiornamento di MPS04.

Il progetto, viceversa, non intende perseguire obiettivi quali:

- i) la realizzazione di confronti fra MPS04 e altre valutazioni di amax, basate sull'utilizzo di elementi di input e codici di calcolo diversi da quelli usati per MPS04. L'Ordinanza 3274 richiede infatti esplicitamente che tali confronti vengano eseguiti da soggetti *non* coinvolti nella redazione degli elaborati;
- ii) la predisposizione di database complessi, da mettere a disposizione dell'utenza, risultanti ad esempio dal confronto/validazione di documenti di pericolosità sismica di affidabilità comparabile, dalla selezione di accelerogrammi specifici, ecc., in quanto ritiene che tali attività competano eventualmente a DPC, mediante USSN.

E' necessario sottolineare che il progetto è stato dimensionato sugli obiettivi descritti, alcuni dei quali, peraltro, rappresentano aggiunte rispetto a quanto previsto dall'allegato tecnico alla convenzione INGV-DPC, cui si rimanda.

La valutazione speditiva preliminare ha suggerito alcune integrazioni che, per quanto onerose, il progetto cercherà di soddisfare, d'intesa con il Committente e, in alcuni casi, nel secondo anno di attività.

E' stata suggerita inoltre l'estensione del progetto ad altri obiettivi, quali ad esempio la redazione di mappe basate su modelli non stazionari della sismicità. Mentre non si può che concordare sulla opportunità che gli enti di ricerca sviluppino questo settore di ricerca, si ritiene comunque

opportuno sottolineare che non è automatico, né indispensabile, che tali sviluppi avvengano nell'ambito di una convenzione con DPC; tanto meno nell'ambito di questa convenzione che non lo richiede e le cui risorse non sarebbero comunque sufficienti.

In definitiva il progetto ritiene di concentrare sforzi e risorse per rispondere al meglio alle reali esigenze del Committente, e di ricercare altre sedi e altri finanziamenti per lo sviluppo di ricerche di avanguardia ma i cui risultati non siano direttamente utilizzabili da parte del Committente stesso.

Il progetto propone comunque che il tema degli sviluppi metodologici venga affrontato nell'ambito del punto d) dei *suggerimenti e contributi* citati più sopra avviando, a partire dal secondo anno, un gruppo di lavoro, aperto anche alla partecipazione di ricercatori designati dal progetto S2, con il compito di proporre iniziative future.

## **2. Stato dell'arte**

*2.1 Contesto di utilizzo di MPS04.* Nel corso del 2004 INGV ha consegnato a DPC, previa approvazione da parte di un gruppo di revisori e della Commissione Grandi Rischi, la mappa di pericolosità sismica MPS04, redatta ai sensi della Ordinanza 3274 quale riferimento ufficiale per l'assegnazione dei Comuni alle zone sismiche da parte delle Regioni. L'adozione di MPS04 è in corso di effettuazione da parte di DPC.

I valori puntuali di MPS04, la descrizione delle procedure e delle elaborazioni, i materiali di base utilizzati, ecc., sono stati resi disponibili al pubblico, per la prima volta in Italia per questo tipo di analisi, all'indirizzo internet <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>; il sito vede un accesso costante da parte di un'utenza diversificata.

Vale la pena di ricordare ancora una volta che il problema della definizione delle zone sismiche è passato negli ultimi anni sotto le competenze delle Regioni. Per quanto riguarda le competenze di DPC, il suo compito principale può dirsi praticamente esaurito con:

- a) la definizione dei criteri secondo i quali vanno redatte le mappe di pericolosità sismica a supporto della definizione delle zone sismiche, di competenza delle Regioni, criteri che stabiliscono anche le modalità con cui deve avvenire il confronto fra elaborazioni diverse, quando disponibili;
- b) la messa a disposizione delle stesse Regioni dell'elaborato di riferimento MPS04 e del suo corredo informativo.

Si può ipotizzare che a DPC venga richiesto di esercitare, nei confronti delle Regioni, attività di: i) assistenza per la gestione di MPS04; ii) "vigilanza" sul rispetto dei suddetti criteri.

Nel corso degli ultimi anni sono state prodotte, per finalità e in contesti diversi, varie valutazioni di pericolosità sismica, basate su approcci in parte simili, in parte diversi da quelli utilizzati per MPS04. In generale, tali elaborazioni si riferiscono a porzioni limitate di territorio: si vedano – tra gli altri - i risultati dei progetti GNDT, recentemente conclusi, relativi alle aree di Vittorio Veneto, Liguria Occidentale, Città di Castello ecc. Altre valutazioni sono in corso di elaborazione a cura delle Regioni. Mentre l'Ordinanza esclude la possibilità che INGV – quale redattore di MPS04 - si faccia carico di eventuali confronti, DPC potrebbe essere chiamato a svolgere tale ruolo.

E' interessante notare, inoltre, che la disponibilità di valori puntuali di amax di MPS04 stimola in modo crescente i progettisti a fare diretto riferimento ai predetti valori, nell'ambito delle tolleranze concesse dalle norme sismiche dell'Ordinanza. E' quindi ipotizzabile che DPC promuova un'attività di assistenza diretta ai progettisti, attraverso la messa a disposizione di: a) valutazioni complementari a quelle di MPS04 (obiettivo 1 del progetto); b) dati accelerometrici, ecc;

L'insieme di queste esigenze potrebbe richiedere un'attività complessa di trasferimento, che dovrebbe rappresentare uno dei compiti istituzionali e più qualificanti dell'apposito ufficio DPC (USSN). In questa prospettiva questo progetto è pronto a collaborare con DPC, nel rispetto dei reciproci ruoli, anche mediante il trasferimento dell'intero archivio di MPS04 e degli aggiornamenti che verranno conseguiti nel corso dello sviluppo del progetto stesso.

*2.2 Il problema della "validazione".* Il problema della valutazione della qualità/affidabilità di un elaborato di pericolosità sismica passa in primo luogo attraverso un'analisi "interna" di coerenza, robustezza e livello di aggiornamento dei dati e delle metodologie utilizzate; sotto questo aspetto pregi e limiti di MPS04 sono ampiamente noti e ben descritti nelle valutazioni dei revisori.

E' comunque evidente che scelte di tipo diverso in materia di dati di ingresso e di metodologie di calcolo avrebbero potuto portare a risultati differenti; tuttavia, non sono ancora disponibili procedure accettate che consentano di stabilire quali elaborazioni siano "migliori" di altre.

Il problema della definizione della qualità relativa di stime diverse di pericolosità sismica deve infatti essere affrontato con procedure compatibili con il carattere intrinsecamente probabilistico delle stime stesse. Nonostante esista sull'argomento una vasta letteratura (es., Lindley, 1987; Lind, 1996; Whinkler, 1996), a parte poche eccezioni (Grandori, 1993; Kagan e Jackson, 1994; Jackson, 1996; Grandori et al., 1998, 2004; Albarello e D'Amico, 2000; Albarello e Mucciarelli, 2003) il problema non ha ancora trovato molta eco nella letteratura sismologica.

Anche per questi motivi in questo progetto non si ritiene utile – come ricordato più sopra - operare confronti con elaborazioni "simili" a MPS04, basate su relazioni di attenuazione di parametri strumentali del moto del suolo.

Si intende viceversa promuovere confronti con elaborazioni che utilizzino al meglio la grande base informativa disponibile in termini di intensità macrosismica messa a disposizione dalle ricerche di sismologia storica prodotte negli ultimi anni (Monachesi et al., 1997; Boschi et al. 2000, ecc.).

Questi confronti richiedono la redazione di mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica con diversa probabilità di eccedenza in 50 anni che potranno essere redatte secondo due approcci diversi:

- a) con procedure analoghe a quelle utilizzate per la redazione di MPS04, utilizzando il medesimo impianto e leggi di attenuazione dell'intensità opportunamente calibrate;
- b) con metodologie basate sull'impiego delle storie sismiche di sito (Magri et al., 1994; Albarello e Mucciarelli, 2002; Albarello et al., 2002, ecc.).

In questa fase risulterà opportuno aggiornare al meglio le correlazioni oggi disponibili fra i parametri di scuotimento, con particolare riferimento alle correlazioni  $a_{max}/I$  e  $v_{max}/I$ .

*2.3 Il problema della priorità di intervento sugli edifici esistenti.* L'introduzione della normativa sismica prevista dall'Ordinanza e la disponibilità di MPS04 comporta che, qualora si proceda alla valutazione della sicurezza sismica di edifici, ci si riferisca a valori di  $a_{max}$  o a spettri di accelerazione con forma spettrale data dalle norme e magnitudo coerente con  $a_{max}$ . In sintonia con le più avanzate normative sismiche, l'Ordinanza definisce le condizioni limite per l'adeguamento come: il soddisfacimento della sicurezza per le vite umane per uno scuotimento caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (stato limite di danno severo, SLDS) e/o la prevenzione nei confronti del collasso per uno scuotimento caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni (stato limite di collasso SLCO), oltre alla prevenzione nei confronti di danni strutturali per uno scuotimento caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 50% in 50 anni (stato limite di danno limitato, SLDL).

Per rispondere a queste esigenze è opportuno: i) esplorare la dipendenza alla scala regionale della

accelerazione di picco dal periodo di ritorno; ii) considerare la sismicità recente in relazione all'andamento di lungo termine e disporre di valutazioni probabilistiche di occorrenza a breve termine. Per questo scopo è opportuno disporre di informazioni, sia pure preliminari, provenienti da modelli non stazionari di sismicità. Una fase preliminare di questa ricerca è stata avviata da Eucentre.

*2.4 L'aggiornamento dei database sismologici.* Questo obiettivo non rientra fra quelli strettamente definiti dalla convenzione INGV-DPC; esso rappresenta tuttavia un complemento utile, e in alcuni casi indispensabile, per la realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica aggiornate. Ad esempio, è ovvio che per il conseguimento dell'obiettivo 2) sarebbe opportuno disporre di dati osservati il più aggiornati possibile.

Per quanto riguarda i dati macrosismici, la base di dati (DBM04, DataBase Macrosismico 04) che sostiene il catalogo parametrico CPTI04 viene resa disponibile in questi giorni.

Tuttavia, nel corso della compilazione di CPTI04 è stata anche esplorata - parzialmente - la notevole produzione recente di dati macrosismici, che non è confluita nel catalogo stesso per ragioni di tempo. Risulterà quindi utile aggiornare il database e provvedere alla compilazione di una nuova versione del catalogo CPTI, migliorando anche le procedure per la stima dei parametri dei terremoti, con particolare riferimento alle magnitudo.

Analogamente, sarebbe opportuno migliorare le stime di completezza di CPTI04, ottenute per ogni ZS di ZS9 su base sia storica che statistica, e in particolare: i) ottenere stime di completezza di sito almeno per un'ulteriore ventina di città, opportunamente distribuite, in modo da raddoppiare il numero di località di calibrazione oggi disponibili; ii) procedere a una revisione delle stime basate sull'approccio statistico.

Per quanto riguarda i dati accelerometrici, è ben nota la difficoltà di fare riferimento ad una banca dati aggiornata, completa, autorevole e pubblica. Poiché questo compito è attualmente di competenza di USSN, è necessario che il problema venga affrontato a livello di vertici INGV/DPC.

### **3. Descrizione del progetto**

#### ***Task 1 - Completamento delle elaborazioni relative a MPS04***

Obiettivi di questo task sono:

- i) completare le elaborazioni relative a MPS04, con particolare riferimento alla valutazione di  $a_{max}$  per le isole per le quali l'approccio utilizzato per MPS04 non è risultato praticabile;
- ii) realizzare una serie di valutazioni complementari a MPS04, utilizzandone lo stesso impianto metodologico;
- iii) eseguire una serie di verifiche e controlli allo scopo di meglio quantificare i contributi delle incertezze aleatoria e epistemica
- iv) produrre valutazioni sperimentali di pericolosità sismica calibrate per le condizioni locali
- v) ampliare e potenziare il sito web per la disseminazione dei risultati del progetto.

i) Il modello di zonazione sismogenetica ZS9 non rappresenta completamente le caratteristiche cinematiche a cui ricondurre la sismicità di molte delle isole e, pertanto, non consente di valutarne correttamente la pericolosità sismica. Si dovrà pertanto ricorrere a metodologie particolareggiate che saranno individuate caso per caso. Ad esempio, per le isole di Ustica, Alicudi e Filicudi verrà utilizzata la ZS F (zona offshore del Basso Tirreno) non utilizzata per le valutazioni di  $a_{max}$  relative alla Sicilia settentrionale; in altri casi si delimiteranno piccole zone sorgente da

caratterizzare con la sismicità recente strumentale, e così via. Ove possibile si eseguiranno confronti preliminari con i dati di intensità disponibili per le isole stesse.

ii) La mappa MPS04, come previsto dall'Ordinanza 3274, rappresenta il valore di  $a_{max}$  atteso con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente a un periodo di ritorno di 475 anni. Si prevede di completare la descrizione della pericolosità sismica in Italia con la realizzazione delle seguenti ulteriori uscite: a) valutazione di  $a_{max}$  con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81, 63, 50, 39, 22, 5, 2, rispettivamente corrispondenti ai periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 475, 1000 e 2500 anni; b) valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec. e, eventualmente, ad altri periodi di interesse ingegneristico.

Nel corso del secondo anno verrà studiata la fattibilità di: (1) valutare la pericolosità sismica anche per periodi di ritorno di 5.000 e 10.000 anni, allo scopo di evidenziare incongruenze non facilmente identificabili per periodi più corti; (2) e di valutare il massimo moto aspettato (es.  $A_{max}$  o  $V_{max}$ ) su tutto il territorio nazionale, con particolare riguardo ai lunghi periodi di ritorno (1.000-10.000 anni). Per questi obiettivi – in collaborazione con il progetto S5 - verrà considerata la possibilità di introdurre leggi di attenuazione non-lineari per accelerazioni elevate.

iii) A titolo sperimentale - e per limitate porzioni del territorio - verranno eseguite valutazioni della pericolosità prendendo in considerazione diverse leggi di attenuazione, modelli alternativi di sorgenti sismiche, di  $M_{max}$  e di valutazione della completezza, con la definizione di un albero logico più complesso di quanto non utilizzato da MPS04, allo scopo di meglio quantificare i contributi delle incertezze aleatorica e epistemica.

iv) Il Progetto GNDT "Terremoti probabili..." ha elaborato la mappa di riferimento tipo NEHRP per il territorio nazionale. Verranno elaborate mappe di pericolosità sismica e di spettri di risposta locali (damping 5%) per il territorio nazionale, allo scopo di fornire uno strumento di grande importanza per la valutazione di scenari di rischio per tutto il territorio nazionale, e un prodotto di immediato utilizzo per varie applicazioni locali. Tali mappe, in aggiunta, consentiranno di verificare l'effettiva corrispondenza statistica degli spettri per varie categorie di suolo definiti nella nuova norma di costruzione antisismica (transitoria per EuroCodice8), con gli spettri calcolati per la cartografia nazionale, verifica che non è stata possibile sino ad oggi.

v) Al fine di rendere velocemente e facilmente disponibili i risultati di valutazioni di pericolosità sismica ad un vasto pubblico che comprende comunità scientifica, progettisti e pianificatori, verrà sviluppato e potenziato il sito [zonesismiche.mi.ingv.it](http://zonesismiche.mi.ingv.it), che ha svolto un ruolo importante nel corso della redazione di MPS04. Una parte rilevante di attività sarà dedicata allo sviluppo dell'interfaccia webgis per la pubblicazione delle mappe e la loro consultazione interattiva; in modo tale che il singolo utente potrà interrogare, zoommare, selezionare i dati e salvarli sul proprio computer. Saranno rese disponibili così le mappe di  $a_{max}$  per diversi periodi di ritorno in termini di 50mo percentile e relative incertezze; le curve di hazard di singoli siti, attivabili selezionando il singolo nodo della griglia di calcolo o il capoluogo comunale; mappe di disaggregazione secondo rappresentazioni standard, ecc. Tutti i dati e le elaborazioni saranno posti su una base geografica e amministrativa di riferimento che consenta una rapida localizzazione dei siti rappresentati in modo da essere un supporto anche per le amministrazioni regionali in fase di recepimento dell'Ordinanza PCM 3274.

### ***Task 2 - Realizzazione di valutazioni di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica ed effettuazione di confronti fra MPS04 e le tali valutazioni***

Come ricordato più sopra, per la redazione di MPS04 sono state considerate alcune relazioni di attenuazione di soli parametri strumentali del moto del suolo. Tale scelta, considerata come

standard dalla maggior parte delle procedure del settore, incontra i ben noti limiti derivanti dalla limitata estensione cronologica dei dataset utilizzati per la calibrazione delle relazioni stesse.

Un altro limite, spesso trascurato ma non per questo meno significativo, è costituito dal fatto che molto spesso i parametri dei terremoti utilizzati per la predetta calibrazione provengono da fonti diverse da quelle utilizzate per calcolare i tassi di sismicità, introducendo notevoli elementi di incoerenza nell'intero processo di valutazione della pericolosità sismica.

La disponibilità dei dati macrosismici italiani, che coprono un ampio intervallo cronologico, rende possibile progettare un'operazione di valutazione della pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica del tutto coerente al suo interno, articolata in due percorsi:

- a) valutazione di I con varie probabilità di eccedenza in 50 anni, utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04 e relazioni di attenuazione opportunamente calibrate, considerando anche relazioni regionalizzate dedotte da indagini tomografiche (Carletti et al., 2003);
- b) valutazione di I con varie probabilità di eccedenza in 50 anni, utilizzando metodi di sito con: i) soli dati di sito originali; ii) dati di sito integrati da dati "virtuali", dedotti da dati epicentrali (distanza dall'epicentro macrosismico e intensità epicentrale) o dai valori di intensità documentati in località vicine.

Per effettuare entrambi i percorsi è necessario disporre di relazioni di attenuazione dell'intensità macrosismica calibrate per via empirica, parametrizzate nella loro forma probabilistica completa (Magri et al., 1994; Cella et al., 1996; Zonno et al. 1995; Gasperini, 2001; Albarello e D'Amico, 2004; Rotondi e Zonno, 2004). I dati virtuali citati più sopra possono essere dedotti anche dai valori di intensità osservati in località limitrofe (entro un raggio  $\Delta R$ ) in corrispondenza dello stesso evento, ad esempio prendendo in considerazione il concetto dei Vicini Naturali (Natural Neighbour) o del Nearest Neighbour (Okabe et al., 2000).

Per rendere le elaborazioni così ottenute confrontabili con MPS04 occorre utilizzare – o al limite determinare ex-novo - opportune relazioni empiriche (possibilmente espresse in forma di distribuzioni di probabilità) che mettano in relazione i valori di intensità con quelli degli stimatori strumentali negli stessi siti (es. Margottini et al., 1992; Atkinson e Sonley, 2000). A questo punto sarà possibile applicare procedure che permettano di definire la qualità relativa delle stime e la loro validità in rapporto alle osservazioni disponibili (es. Albarello e D'Amico, 2000; Albarello e Mucciarelli, 2003). Elemento essenziale di queste procedure sarà la definizione di un quadro di osservabili congruente con il carattere della valutazione di pericolosità (amax o intensità) e di un periodo di controllo (voting) di dimensioni compatibili con l'intervallo di esposizione di volta in volta considerato (decine di anni). Sia confronti "in avanti" (utilizzando come controllo un intervallo di tempo non considerato per la parametrizzazione del modello di calcolo) sia "all'indietro" (utilizzando come controllo un intervallo di tempo considerato per la parametrizzazione del modello di calcolo) possono fornire utili indicazioni.

### ***Task 3 - Contributo alla definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente***

Questo task – a carattere sperimentale e "di servizio" – non è previsto dall'Allegato Tecnico alla convenzione. Esso è scaturito dalla volontà del progetto di rispondere ad una esigenza specifica - e non rinviabile - del DPC: la definizione della priorità di intervento su edifici di importanza strategica non adeguati sismicamente. Il progetto ha chiaro che non è disponibile nè un elaborato direttamente utilizzabile, nè una metodologia consolidata; tuttavia, dato il carattere di urgenza dell'esigenza DPC e avendo chiaro che questo task cercherà di fornire elementi utili:

- a) utilizzando il massimo della informazione estraibile dalle elaborazioni basate su modelli



stazionari della sismicità, con particolare riferimento a MPS04;

- b) eseguendo confronti fra le informazioni così ottenute e elaborazioni, già disponibili o ottenibili in modo speditivo, basate sull'utilizzo di modelli di sismicità non stazionari.

In primo luogo si procederà a esaminare, per tutti i siti di interesse, le similitudini e le differenze fra le curve di pericolosità sismica. Parallelamente verranno realizzati scenari sismici, in termini di coppie magnitudo-distanza, calcolati mediante un processo di disaggregazione a partire da MPS04. Come è ovvio la coppia magnitudo-distanza che fornisce il massimo contributo alla pericolosità sismica per ogni sito cambia a seconda del periodo di ritorno considerato, tipicamente 30 o 50 anni. La disaggregazione consente di ottenere un'immagine approssimata delle aree che più contribuiscono alla pericolosità sismica nell'intervallo di tempo di interesse.

Il limite di questa procedura è identificabile nel carattere "time-independent" che caratterizza la valutazione della pericolosità sismica MPS04. Tuttavia, il suo principale pregio consiste nella capacità di ottenere in modo speditivo e relativamente semplice un risultato che può essere confrontato con elaborati più complessi basati sull'utilizzo di modelli di sismicità non stazionari. Fra questi, occupano un posto di rilievo gli elaborati prodotti dal Progetto GNDT 2000-2002 "Terremoti probabili...", (coord. da A. Amato e G. Selvaggi), formulati in termini sia di probabilità di occorrenza di terremoti, sia di amax con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Altri elaborati di confronto, finalizzati ad ottenere in modo speditivo valutazioni probabilistiche di occorrenza a breve termine, potranno essere ottenuti dall'utilizzo della metodologia di analisi non parametrica proposta da Faenza et al., 2003; Cinti et al., 2004. Rispetto ai numerosi approcci statistici tradizionali, la particolarità del metodo risiede nella possibilità di verificare direttamente le ipotesi di distribuzione dei terremoti, non imponendo a priori alcuna legge temporale specifica (per esempio, gap sismico, cluster, Poisson, ecc.), e nel considerare parametri geofisici/geologici che potrebbero influenzare la distribuzione spazio-temporale della sismicità ed allo stesso tempo valutarne l'importanza. Applicazioni recenti hanno utilizzato i terremoti con M 5.5+ avvenuti negli ultimi 400 anni distribuiti su una griglia spaziale regolare (Faenza et al., 2003) e su una regionalizzazione basata sui diversi regimi tettonici e caratteristiche sismologiche (Cinti et al., 2004). In particolare si intende sperimentare questa metodologia utilizzando altre regionalizzazioni, fra cui ZS9, e utilizzare diverse soglie di completezza temporale del catalogo sismico in funzione del grado di conoscenza della storia sismica delle varie aree considerate.

Questo task, che potrà giovare di un coordinamento con il progetto S2, si esaurirà entro la metà del progetto; in alternativa potrebbe continuare se le esigenze di DPC lo richiederanno.

#### ***Task 4 - Aggiornamento dei database sismologici***

Come ricordato, questo obiettivo non fa parte dell'allegato tecnico alla convenzione INGV-DPC. Tuttavia l'aggiornamento dei dati di base è da considerarsi quale obiettivo strategico per il conseguimento di numerosi obiettivi, di questo progetto così come di altri di cui alla stessa convenzione. Obiettivi di questo task sono pertanto:

- a) l'aggiornamento del database macrosismico DBM04 con il rilascio della versione DBM06;
- b) la compilazione della versione CPTI06 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani;
- c) l'aggiornamento delle valutazioni di completezza del catalogo per vari livelli di Mw.

Per quanto riguarda il database macrosismico, esso verrà integrato con gli studi più recenti inventariati nel corso della compilazione di CPTI04, ed essenzialmente: a) la versione 3 del Catalogo dei Forti Terremoti Italiani (CFTI3, Boschi et al., 2000); b) il database francese SISFRANCE (SisFrance, 2002); c) il database svizzero ECOS (Swiss Seismological Service,

2002); d) studi monografici sulla sismicità di Catania e Bologna (Boschi e Guidoboni, 2001; 2003); e) studi di terremoti realizzati dalla società SGA per INGV relativamente al Molise e all'Italia settentrionale; f) studi di terremoti relativi ad aree (Sicilia orientale, Basilicata, Veneto settentrionale, Bassa Padana) o singoli eventi di particolare interesse realizzati da ricercatori INGV (sezioni di Milano e Catania) e SSN (Molin et al., 1999; Galli et al., 2002); g) altri studi storico-macrosismici disponibili in letteratura; h) rilievi macrosismici di terremoti recenti; i) bollettini strumentali e macrosismici INGV per il periodo 1993-2005.

Il catalogo parametrico CPTI verrà aggiornato secondo due modalità:

- (1) Dapprima verrà prodotta una versione compilata con gli stessi criteri di CPTI04, aggiornata nella base di dati che sostiene i parametri dei terremoti utilizzando i nuovi dati citati al punto precedente. Nell'occasione verranno eseguiti anche confronti con altri cataloghi strumentali, quali ad esempio il recente catalogo CSI e i cataloghi ISC e NEIC, allo scopo di migliorare il contenuto riguardante le zone di confine; verranno inoltre aggiornate le modalità di determinazione di alcuni tipi di magnitudo.
- (2) Parallelamente si verificherà la possibilità di compilare un catalogo di nuova impostazione, con particolare riferimento ai seguenti problemi: i) *formato*, per includere - ad es. - la possibilità di doppie localizzazioni (macrosismica e strumentale; ii) *inclusione delle repliche*, al di sopra di una soglia definita, determinando i parametri per tutte le repliche per le quali siano disponibili dati di base, e attivando indagini ad hoc per quelle che ne risultano sprovviste. Nell'occasione verranno riesaminate alcune situazioni complesse, riguardanti alcuni eventi rimossi in modo automatico, quali presunte repliche, nel processo di revisione del catalogo PFG.

Le valutazioni di completezza per la compilazione di MPS04 sono state effettuate estendendo alle ZS i dati puntuali determinati con approcci sia storici che statistici. Si intende in questo progetto aumentare il numero dei punti oggetto di indagine storica, applicando e possibilmente aggiornando la metodologia speditiva utilizzata in precedenza. Parallelamente, le valutazioni di tipo statistico verranno effettuate su una maglia più fitta di località e aggiornate alla versione più recente del catalogo parametrico. Particolare attenzione verrà riservata al problema della definizione dell'incertezza delle stime effettuate con entrambi gli approcci.

### ***Ulteriori risultati e suggerimenti***

In aggiunta ai risultati previsti dai task descritti in precedenza, il progetto si propone di contribuire:

- a) alla gestione delle fasce di tolleranza previste dall'Ordinanza 3274 e dei valori di incertezza associati alle stime di amax di MPS04, attraverso i risultati conseguiti nell'ambito di Task 2, che offriranno elementi indipendenti per supportare le scelte di competenza delle Regioni;
- b) all'aggiornamento delle azioni di progetto delle norme sismiche, ad esempio tramite il confronto fra i valori spettrali previsti dalle norme e quelli ottenuti da elaborazioni del materiale di MPS04 (es.: spettri a pericolosità uniforme);
- c) alla formulazione di suggerimenti per l'eventuale aggiornamento di MPS04.

Infine, il progetto S1 fornirà al progetto S5 gli elementi di input più aggiornati per la realizzazione delle mappe previste da quel progetto, e contribuirà attivamente alla redazione delle mappe stesse.

## 4. Deliverable attesi

	<b>Task1</b>	<b>1a scad.</b>	<b>2a scad.</b>
D1	valutazione standard (10%, 475 anni) di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04	sett. 05	lug. 07
D2	valutazione di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti ai periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 475, 1000 e 2500 anni	sett. 05	lug. 07
D3	valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico	ott. 05	lug. 07
D4	valutazioni sperimentali di amax corrispondenti a periodi di ritorno di 5000 e 10000 anni	dic. 06	lug. 07
D5	valutazioni sperimentali di amax provenienti da un albero logico più complesso di quello adottato per la redazione di MPS04	dic. 06	lug. 07
D6	valutazioni sperimentali di amax e di spettri di risposta calibrate per le condizioni locali (mappe tipo NEHRP)	dic. 06	lug. 07
D7	ampliamento del sito web per la disseminazione dei dati del progetto	sett. 05	lug. 07
	<b>Task2</b>		
D8	mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica, con varie probabilità di eccedenza in 50 anni, utilizzando lo stesso impianto metodologico di MPS04	dic. 05	
D9	idem, utilizzando metodi di sito	apr. 06	
D10	nuova formulazione delle procedure per la stima dell'intensità macrosismica da dati epicentrali o da risentimenti in zone vicine	apr. 06	
D11	aggiornamento delle relazioni amax/I e vmax/I	lug. 06	lug. 07
D12	codice per il calcolo della pericolosità sismica da dati di sito (shareware)		
D13	procedure per la valutazione comparativa di stime di pericolosità anche in rapporto agli osservabili disponibili	lug. 06	
	<b>Task3</b>		
D14	disaggregazione dei dati di MPS04 in termini di M-D	dic. 05	
D15	valutazioni sperimentali di probabilità di occorrenza dei terremoti utilizzando metodologie non parametriche applicate a zonazioni diverse	lug. 06	
D16	strumenti speditivi per la definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati	lug. 06	lug. 07
	<b>Task4</b>		
D17	versione aggiornata 2006 del database macrosismico (DBM06)	lug. 06	lug. 07
D18	versione aggiornata 2006 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI06)	lug. 06	lug. 07
D19	versione aggiornata delle stime di completezza del catalogo	lug. 06	
	<b>Ulteriori risultati</b>		
D20	suggerimenti per la gestione delle fasce di tolleranza di MPS04	ott. 05	
D21	suggerimenti per l'adeguamento delle azioni sismiche di progetto delle norme	dic. 05	
D22	suggerimenti per l'eventuale aggiornamento di MPS04		lug. 07
D23	trasferimento al progetto S5 degli elementi di ingresso sismologici più aggiornati e collaborazione per la redazione delle relative mappe.	lug. 06	

## 5. Fattori di rischio di mancato completamento attività

*Task1 e deliverable collegati.* Non esistono problemi per la produzione dei *deliverable* 1, 2, 3, 7. Se il catalogo CPTI06 verrà prodotto entro il primo anno del progetto, sarà possibile tentare un aggiornamento degli elaborati utilizzando il catalogo stesso.

I *deliverable* n. 4, 5, 6 sono collegati a attività fortemente sperimentali, aggiunte su richiesta del revisore. Il loro conseguimento può risultare oneroso; risultati sono assicurati soltanto per gli aspetti metodologici.

*Task2 e deliverable collegati.* Tutti i *deliverable* (8-13) non presentano elementi di rischio, nel senso che verranno comunque realizzati utilizzando quanto di meglio disponibile. Uno degli aspetti centrali è la determinazione di una legge di attenuazione della intensità affidabile e calibrata sui dati italiani. La redazione delle mappe verrà comunque impostata a prescindere, facendo uso eventualmente del materiale già esistente. Analoghe considerazioni valgono per la possibilità di calibrare le leggi di attenuazione sul nuovo database delle intensità.

*Task3 e deliverable collegati.* Gli estensori del progetto sono consapevoli della perfettibilità metodologica della proposta e dell'elevato rischio associato al *deliverable* 16. Si sottolinea comunque che, in considerazione di questi aspetti, le risorse allocate sono modeste. I *deliverable* 14 e 15 non presentano problemi.

*Task4 e deliverable collegati.* Alcuni elementi per la compilazione di DBM06 e CPTI06 sono già stati predisposti nella fase di redazione di MPS04. In generale la realizzazione dei *deliverable* 17-19 non presenta problemi.

*Ulteriori risultati.* I *deliverables* 20-23 non presentano problemi.

Si sottolinea che i fondi richiesti non sembrano elevati e che per il conseguimento dei risultati attesi verranno utilizzate risorse proprie degli enti partecipanti – in primo luogo INGV – al di là delle quote standard di cofinanziamento, con particolare riferimento al settore di Task 4.

## 6. Validazione

Come proseguimento di un progetto in corso, parte del progetto – e segnatamente Task2 – rappresenta una attività di validazione, di carattere fortemente innovativo - dei risultati conseguiti in precedenza (MPS04).

## 7. Riferimenti bibliografici

- Albarelo D. e D'Amico, 2000. La validità delle stime di pericolosità sismica in Italia. XIX Convegno Nazionale GNGTS, Roma, Novembre 2000.
- Albarelo D. e Mucciarelli M., 2002. Seismic hazard estimates from ill-defined macroseismic data at a site. *Pure Appl. Geophys.*, 159, 6, 1289-1304.
- Albarelo D. e Mucciarelli M., 2003. Seismic hazard assessment and site effects evaluation at regional scale. In Mulargia F. and Geller R.J. (eds.), "Earthquake science and seismic risk reduction. NATO Science Series IV, Kluwer, 148-158.
- Albarelo D. e D'Amico V., 2004. Attenuation relationship of macroseismic intensity in Italy for probabilistic seismic hazard assessment. *Boll.Geofis.Teor.Appl.*, 45, 4, 271-284.
- Atkinson G.M. and Sonley E., 2000. Empirical relationships between Modified Mercalli Intensity and response spectra. *Bull.Seism.Soc.Am.*, 90, 2, 537-544.
- Boschi E. e Guidoboni E., 2001. Catania terremoti e lave dal mondo antico alla fine del Novecento. INGV-SGA, Bologna, 414 pp.

- Boschi E. e Guidoboni E., 2003. I terremoti a Bologna e nel suo territorio dal XII al XX secolo. INGV-SGA. Bologna, 598 pp.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G. and Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian earthquakes form 461 B.C. to 1997. INGV-SGA, CD-ROM.
- Carletti F. e Gasperini P., 2003. Lateral variations of macroseismic intensity attenuation in Italy, *Geophys. J. Int.*, 155, 839-856.
- Cella, F., Zonno, G. and Meroni, F., 1996. Parameters estimation of intensity decay relationships. *Annals of Geophysics*, XXXIX, 5, 1095-1113.
- Cinti F.R., Faenza L., Marzocchi W. e Montone P., 2004. Probability map of the next  $M > 5.5$  earthquakes in Italy. *G-cubed*, 5, 11, doi:10.1029/2004GC000724.
- Cornell C.A., 1968. Engineering seismic risk analysis. *Bull.Seism.Soc.Am.*, 58, 1583-1606.
- Faenza L., Marzocchi W. e Boschi E., 2003. A nonparametric hazard model to characterize the spatio-temporal occurrence of large earthquakes: an application to the Italian catalogue. *Geophys. J. Int.*, 155(2), 521-531.
- Galli P., Molin D., Galadini F. e Giaccio B., 2002. Aspetti sismotettonici del terremoto irpino del 1930. In: Castenetto S. e Sebastiano M. (eds.), Il "terremoto del Vulture" 23 luglio 1930 VIII dell'Era fascista. SSN, Roma, 217-262.
- Gasperini P., 2001. The attenuation of seismic intensity in Italy: a bilinear shape indicates the dominance of deep phases at epicentral distances longer than 45 km. *Bull.Seism.Soc.Am.*, 91, 826-841.
- Grandori G., 1993. A methodology for the falsification of local seismic hazard analysis. *Ann.Geofis.*, 36, 1, 191-197.
- Jackson D.D., 1996. Hypothesis testing and earthquake prediction. *Proc.Nat.Acad.Sci.USA*, 93, 3772-3775.
- Kagan Y.Y. and Jackson D.D., 1994. Long-term forecasting of earthquakes. *J.Geophys.Res.*, 99, 13685-13700.
- Lind N.C., 1996. Validation of probabilistic models. *Civil.Eng.Syst.*, 13, 175-183.
- Lindley D.V., 1987. The probability approach to the treatment of uncertainty in artificial intelligence and expert systems. *Stat.Sci.*, 2, 17-24.
- Magri L., Mucciarelli M. e Albarello D. 1994. Estimates of site seismicity rates using ill-defined macroseismic data. *PAGEOPH*, 143, 618-632.
- Margottini C., Molin D. e Serva L., 1992. Intensity versus ground motion: a new approach using Italian data. *Eng.Geol.*, 33, 45-58.
- Molin D., Galadini F., Galli P., Mucci L. e Rossi A., 1999. Terremoto del Fucino del 13 gennaio 1915. Studio macrosismico. In: Castenetto S. e Galadini F. (eds.), 13 gennaio 1915. Il terremoto nella Marsica. SSN, Roma, 321-340; 631-661.
- Monachesi G. e Stucchi M., 1997. DOM 4.1 un database di osservazioni macrosismiche di terremoti italiani al di sopra della soglia di danno. <http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT>
- Okabe A., Boots, K. Sugihara and S. N. Chiu, 2000. *Spatial Tessellations*. Second edition, Wiley eds, pp.671.
- Rotondi R. e Zonno G., 2004. Bayesian analysis of a probability distribution for local intensity attenuation. *Ann.Geophys.*, 47, 5, 1521-1540.
- SisFrance, 2002. *SisFrance: histoire et caractéristiques des séismes ressentis en France métropolitaine et sur ses abords*. <http://www.sisfrance.net/>
- Swiss Seismological Service, 2002. ECOS - Earthquake Catalog of Switzerland. ECOS Report to PEGASOS, Version 31. 3. 2002, Appendix A: ECOS Database. SED, Zürich. <http://histserver.ethz.ch/>
- Whinkler R.L., 1996. Scoring rules and the evaluation of probabilities. *Test*, 5, 1-60.
- Zonno, G., Meroni F., Rotondi R. e Petrini V., 1995. Bayesian estimation of the local intensity probability for seismic hazard assessment. *Proceeding of the Fifth International Conference on Seismic Zonation, Nice, October 17-19, 1995*, 1723-1729.

### 8. Tabella mesi/persona, suddivisi per task e UR

UR	Ente	Resp.	Task1 compl.	Task2 valut. in int.	Task3 priorità	Task4 database	Mesi p. cofin. (tot)	Mesi p. rich. (tot)
1	INGV-MI	Meletti	@	@	@	@	64	0
2	INGV-MI	Meroni	@			@	26	0
3	INGV-MI	Camassi			@	@	58	0
4	INGV-CT	Azzaro		@		@	18	0
5	INGV-RM1	Gasparini				@	12	0
6	INGV-OV	Marturano				@	12	0
7	EUCENTRE	Strobbia	@		@		16	0
8	UNISI	Albarelo		@	@	@	8	32
9	UniBO	Gasparini		@	@	@	18	22
10	UniGE	Spallarossa			@		30	0
11	CNR-MI	Rotondi		@			4	0
12	OGS	Rebez		@		@	17	0
<b>Tot</b>							<b>283</b>	<b>54</b>

### 9. Tabella finanziamenti richiesti (in migliaia di euro)

UR	Istituzione	Personale		Missioni Italia		Missioni estero		Consum. servizi		Materiale durevole		Totale		
		2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	tot
1	INGV-MI	0	0	7	7	5	9	10	10	4	4	26	32	58
2	INGV-MI	0	0	4	4	2	4	8	8	6	6	20	22	42
3	INGV-MI	0	0	5,5	5	2,5	5	8	8	8	6	24	24	48
4	INGV-CT	0	0	5	3	1	2	2	2	3	2	11	9	20
5	INGV-RM1	0	0	1	1	1	1	3	3	3	0	8	5	13
6	INGV-OV	0	0	2,25	2,25	0,75	0,75	2	2	3	0	8	5	13
7	EUCENTRE	0	0	4	3	4	3	14	8	8	6	30	20	50
8	UNI-SI	28	28	3	3	2	2	4	4	3	3	40	40	80
9	UniBO	20	20	1	2	3	4	6	8	10	6	40	40	80
10	Uni-GE	0	0	0	2	5	0	12	0	3	3	20	5	25
11	CNR-MI	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	3	2	5
12	OGS	0	0	6	6	2	2	6	10	6	2	20	20	40
	<b>Totale</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>	<b>39,75</b>	<b>41,25</b>	<b>30,25</b>	<b>33,75</b>	<b>75,0</b>	<b>63,0</b>	<b>57,0</b>	<b>38,0</b>	<b>250,0</b>	<b>224,0</b>	<b>474,0</b>

**Totale (Euro): 474.000**

**INGV: 194.000 (41%)**

**Altri enti: 280.000 (59%)**