



---

**Risposte al documento  
“Valutazione speditiva preliminare” ai Progetti Sismologici  
del revisore, prof. D. Giardini (10.05.05)**

**formulate dal Comitato di Gestione dei Progetti Sismologici  
INGV-DPC (31.05.05)**

---

**Il testo del revisore è riportato in originale (carattere georgia)  
Le risposte del Comitato sono inserite nel testo  
(bold, New York)**

---

## **Osservazioni generali**

I cinque progetti proposti in sismologia, S1-S5, costituiscono un programma quadro integrato di grande respiro, con ricadute di lunga durata e altissimo livello complessivo di competenza. I prodotti aspettati sono molto avanzati, e in larga parte di immediato utilizzo secondo i criteri indicati nella Convenzione, e permetteranno un salto di qualità nelle procedure di allerta, informazione e controllo della pericolosità sismica per il DPC.

Vi sono aree di duplicazione tra tasks di progetti diversi, dove UR separate nei vari progetti perseguono obiettivi simili senza un apparente coordinamento. Una maggiore integrazione di metodi e obiettivi di queste attività appare necessaria, con rafforzamento e coordinamento trasversale tra i vari progetti, per un uso ottimale delle risorse e un miglioramento complessivo degli obiettivi. Almeno quattro aree di particolare importanza per due o più progetti, e a volte per tutti i progetti, possono essere identificate (maggiori dettagli sono dati nei commenti ai singoli progetti):

- leggi di attenuazione a diverse frequenze e per diverse misure di scuotimento del terreno

**Non vi sono sostanziali duplicazioni dei vari progetti in tema di attenuazione del moto sismico poiché:**

- **S1 continuerà ad usare le relazioni di attenuazione strong motion dell'accelerazione di picco già impiegate nello studio di pericolosità 2003-04, integrandole con altre (dalle stesse fonti) per le ordinate dello spettro di risposta di accelerazione.**
- **S3 ed S4 prevedono l'uso dello stesso modello spettrale contenente attenuazione geometrica più anelastica con stima empirica di  $Q(f)$  tra 1 e 20 Hz, tarato su una base di dati di forme d'onda (di piccoli e forti terremoti) molto grande, da cui**

si stimano i parametri di picco del moto tramite la teoria delle vibrazioni aleatorie. S3 mira ad un maggiore dettaglio rispetto a S4 (e, si spera, a metter in conto anche una variabilità azimutale) grazie all'uso di dati digitali a tre componenti di reti locali/regionali.

- S5 tratta la sola attenuazione delle componenti del moto strong motion del suolo a medio e lungo periodo (da 1-2 a 10s), in termini di spostamento di picco del suolo (e forse, per validazione, di singole ordinate dello spettro di risposta di spostamento), modellata da Faccioli et al. (2004) mediante un'applicazione diretta del modello di Brune.

- tecniche di modellazione di forme d'onda

In S3 saranno utilizzate diverse tecniche di simulazione di sismogrammi sintetici basate su differenti rappresentazioni numeriche della sorgente sismica. La scelta del metodo più idoneo da utilizzare sarà funzione delle caratteristiche dello specifico scenario, quali distanze dalle faglie, dimensioni della sorgente, intervallo di frequenze d'interesse e non ultime la qualità e quantità dei dati di partenza. La maggior parte delle tecniche proposte sono tecniche sperimentate e già testate, per le quali sono noti e discussi i campi d'applicabilità. In questo modo si garantisce un corretto utilizzo dei codici di calcolo nelle varie applicazioni. È questo il motivo per il quale alcune di queste tecniche sono previste anche in altri progetti (S4 e S5), ad esempio per il calcolo delle forme d'onda in bassa frequenza, ma saranno comunque applicate in contesti differenti, non creando sovrapposizioni tra i progetti.

Il coordinamento fra S3 e S4 dovrà avvenire sullo studio di terremoti che abbiano generato insieme di dati broadband e strong-motion sufficienti per la determinazione di ShakeMaps affidabili.

- effetti di sito e condizioni locali del suolo

Gli studi relativi agli effetti locali condotti in S3 sono solo marginalmente applicabili ad altri progetti. Da un lato si cercheranno di ricostruire effetti complessi, anche bi- o tri-dimensionali, mediante registrazioni e misure al sito da confrontare con i risultati di modellazioni, mentre dall'altro si intende validare un metodo semplificato come Vs30 e considerare anche tipologie di sito per i quali ci sono da attendersi effetti di sito non compresi nella normativa vigente. La necessità di S4 appare più orientata a fattori di correzione da applicarsi alle ShakeMaps. Per la copertura su tutto il

**territorio nazionale tali correzioni dovranno essere almeno in una prima fase più semplificate delle funzioni di trasferimento implementate in S3.**

**Infine, è stata avviata la discussione con S1 per valutare le correzioni di sito da apportare alle regressioni intensità/accelerazione.**

- studio di sorgenti sismiche complesse

La professionalità delle UR è generalmente di alto livello, e vi sono solo pochi settori dove le competenze in Italia non sono ancora pienamente sviluppate. Ad esempio, un settore in grande espansione a seguito della disponibilità di nuovi dati è il settore della modellazione di forme d'onda, dove le competenze presenti all'INGV, e più in generale in Italia, andrebbero al più presto rafforzate con l'assunzione di nuovi specialisti del settore.

In altri settori, le competenze esistono ma sono ancora divise settorialmente. Un esempio è l'utilizzo del dato geodetico in applicazioni sismologiche, che in questi progetti non viene trattato con la dovuta cautela in quanto non vengono coinvolte UR di area geodetica.

**Questo tema è dibattuto nell'ambito delle risposte specifiche su S2. Si richiama qui solo il fatto che probabilmente si è verificato un equivoco, forse dovuto al fatto che al Revisore non erano disponibili le schede originali delle UR (che faranno parte dei contratti con le UR stesse). Al tema geodetico, visto proprio nella chiave segnalata dal Revisore, è dedicato il Task3. All'analisi di dati a scala nazionale sono dedicate due UR (Caporali e Barba-Serpelloni). Almeno altre 4 UR opereranno a scala regionale (Braitenberg, Italia NE; Sepe, Sannio-Matese; Guerra, Calabria; Burrato, Sicilia SE). Come giustamente osservato, il modesto potere risolvete dei dati e le basse velocità in gioco non inducono a un ottimismo esagerato, ma il confronto con i dati geologici (slip rates) e sismologici (tecniche stile Kostrov) e con le previsioni modellistiche verrà comunque tentato.**

Un secondo esempio è lo studio di sorgenti sismiche complesse, dove le singole competenze disciplinari sono pienamente disponibili ma un approccio multidisciplinare non è ancora stato sviluppato (si veda il recente caso del terremoto dell'Umbria) ed è ancora mancante nei progetti S3-S4.

**Circa le sorgenti che verranno prese in considerazione nei modelli di S3, appare opportuno rammentare che il terremoto di Salò e quello di S. Giuliano hanno avuto moderata magnitudo e dalle forme d'onda registrate non si evincono complessità della sorgente. Per Gubbio ci si baserà su cataloghi di faglie sismogeniche già disponibili, ed allo stato attuale delle informazioni non sono presenti sorgenti complesse tra quelle proposte. Infine, per Potenza esiste una faglia (Irpinia)**

**per il cui evento del 1980 è nota la natura multipla, ed una (Val d'Agri) per la quale sono stati proposti 2 segmenti attivatisi nel 1857. Le altre 3 sorgenti al momento prese in considerazione non hanno indizi di particolari complessità.**

Non è apparentemente prevista la partecipazione di esperti e teams stranieri. Questa esclusione non sembra essere un requisito esplicito nella convenzione. Per quanto sia ben chiaro che in Italia si trovino esperti eccellenti in ogni settore, si ha l'impressione, nel leggere alcuni tasks, che risultati simili siano già stati ottenuti nell'ambito di progetti Europei o da ricercatori stranieri, e potrebbe essere vantaggioso un coinvolgimento diretto di detti specialisti allo scopo di minimizzare duplicazioni e velocizzare il conseguimento di risultati positivi.

**In generale è vero. Questa possibilità usata sia pure in modo marginale dai progetti vulcanologici, è in questo momento allo studio (anche per questione di budget) per i progetti sismologici.**

**In particolare, per quanto riguarda S2, i Task 1 e 2, che svolgono attività essenzialmente regionale, la partecipazione di esperti stranieri non è cruciale. Viceversa, alcuni esperti internazionali (D.Jackson, Kagan, etc.) figurano già nelle schede di alcune UR dei Task 3 e 4, e altri sono, come ad esempio S. Ward (UCSC) sono stati contattati per una possibile collaborazione durante il secondo anno.**

**Per quanto riguarda S3, la partecipazione di esperti stranieri è prevista in termini di collabazione con alcune UR, e in particolare: personale del GFZ (Potsdam, Germania) e del CICESE (Ensenada, Messico) per le ricerche relative all'attenuazione e gli effetti locali nelle aree di Potenza e Gubbio; ricercatori dell'Università di Praga per lo sviluppo di tecniche di simulazione ibride.**

**Per quanto riguarda S4, la partecipazione di teams stranieri è incorporata entro i progetti delle UR italiane. Ad esempio, entro le UR CNT e Roma 1 di INGV, saranno presenti alcuni ricercatori di chiara fama (Dreger, Mayeda, Walter, Herrmann, etc.). Un adeguato supporto economico è stato previsto per attività di collaborazione all'estero con alcuni partners americani.**

D'altro canto, viene proposta l'importazione di metodologie e tecnologie che hanno portato a risultati positivi in altri paesi, ad esempio California; non appare altrettanto chiaro, e in alcuni casi è dubitabile, se e come l'applicazione alle condizioni italiane possa portare a risultati altrettanto positivi.

**Per quanto riguarda S2 questo argomento è trattato nelle note specifiche. Pur condividendo in generale i dubbi espressi, riteniamo vada da un lato sottolineato che quella proposta è la prima vera applicazione di modelli di questo tipo all'Italia,**

**e quindi il suo carattere sperimentale è inevitabile; dall'altro va ricordata la specificità dell'Italia in termini di integrabilità di dati diversi (geologici, storici e strumentali). Anche per quanto riguarda S4 questo argomento è trattato nelle note specifiche.**

In alcuni progetti, in particolare nel progetto S2, il numero di partecipanti appare assai elevato per il conseguimento di un alto grado di omogeneità e integrazione nei vari prodotti. Laddove un alto numero di partecipanti non necessariamente si configura come un aspetto negativo, i progetti sono però lacunosi nel chiarire come l'integrazione tra vari tasks e partecipanti verrà garantita.

**Per quanto riguarda S2 questo argomento è trattato nelle note specifiche. Le UR indipendenti sono circa 30; le altre sono frutto di sdoppiamenti amministrativi. Sono stati comunque introdotti una nuova strutturazione dei ruoli di coordinamento e uno *steering committee*.**

I progetti S2-S4 sono in generale ottimisti, e in alcuni casi troppo ottimisti, nel presentare i prodotti aspettati. La possibilità di ottenere avanzamenti anche significativi e modelli preliminari non va confusa con l'implementazione di prodotti applicativi calibrati e validati. Con questo non si intende dire che la ricerca proposta non sia rilevante, ma che il grado di innovazione e avanzamento previsti sono tali che sarebbe prematuro aspettarsi prodotti applicativi finali in un intervallo di tempo così limitato.

**Indubbiamente S2 sconta l'ottimismo tipico di un progetto certamente più "di ricerca" rispetto agli altri quattro, che possono contare su un percorso meglio delineato e dai risultati più certi. Per S2 la calibrazione/validazione dei risultati può assumere solo il significato di un confronto di predizioni ottenute con metodi diversi. Il Task 4 si dedicherà essenzialmente a questo.**

**Per quanto riguarda S4 si concorda con la valutazione data, e si è provveduto a riformulare S4 nel senso indicato, senza stravolgerne l'attuale contenuto.**

Fatta eccezione per il progetto S1, non è in generale sufficientemente sviluppata la fase di validazione dei prodotti applicativi.

**Ciascun progetto ha inserito un paragrafo su questo aspetto**

Il progetto S2 propone un importante contributo di ricerca che non risponde interamente alle specifiche della Convenzione, per ammissione stessa degli autori, e in particolare per quanto riguarda i prodotti aspettati. Sembra essere necessario riconfermare le specifiche con il DPC e si suggerisce di cambiare il titolo del progetto, per evitare false aspettative, scegliendo un nome più in linea con le caratteristiche del progetto.

**Il titolo di S2 era stato scelto per continuità con il progetto GNDT-genitore, ma è stato riformulato. Idem per il testo. I prodotti aspettati sono comunque in linea con la definizione "Mappe con probabilità di accadimento di un terremoto distruttivo" contenuta nella Convenzione. Le modifiche al testo chiariscono meglio anche la natura dei risultati attesi.**

I progetti S3 e S4 si occupano di tematiche simili, e la separazione dei Tasks nei due progetti andrebbe ottimizzata, in modo da migliorare la capacità di modellazione di scenari di scuotimento nel progetto S3 e privilegiare la rapidità di calcolo nel caso degli shakemaps nel progetto S4.

**Come si è evidenziato dal confronto tra i responsabili, le finalità dei due progetti sono diverse e non sovrappontesi. Da un lato il progetto S3 si propone di validare ed eventualmente migliorare la capacità di modellazione di scenari di scuotimento su specifici siti di interesse, mentre le ShakeMaps del progetto S4 hanno come obiettivo iniziale privilegiato il miglioramento della rapidità di calcolo e l'implementazione di procedure operative valide su tutto il territorio nazionale. Comunque, la sinergia fra S3 e S4 per la derivazione dei parametri dinamici dei grandi terremoti è possibile.**

La presentazione dei progetti è carente in alcuni aspetti strutturali, in parte come conseguenza delle specifiche richieste formulate nel Decreto n.387. La corretta implementazione del progetto non è in dubbio, ma più dettagli sarebbero necessari per progetti di tali dimensione e complessità:

- Ad eccezione del progetto S2, non viene data spiegazione del ruolo scientifico e degli specifici risultati aspettati per le singole UR previste per i vari Tasks; un maggiore dettaglio sarebbe utile, sia nella fase di valutazione speditiva che nel proseguimento dei progetti, in particolare per un efficace controllo di qualità.

**La maggior parte dei progetti, tranne S2, è costituita da un numero ristretto di UR molte delle quali partecipano alla realizzazione di significative porzioni dei progetti stessi. Comunque, la richiesta è stata in parte accolta.**

- Manca un'analisi di rischio per i progetti, che dovrebbe includere ad esempio le conseguenze per gli altri tasks/progetti e le azioni correttive nel caso che un task non dia i risultati aspettati.

**E' stata inserita**

- Elementi di di grande rilevanza per il futuro monitoraggio e analisi dati sono l'integrazione e l'effettiva implementazione dei vari prodotti. La fase di implementazione non è sufficientemente sviluppata, e non vengono identificate le unità operative che prenderanno in carico la gestione e implementazione dei prodotti al completamento dei presenti progetti.

**E' stata sviluppata in parte ma va ancora migliorata**

Alcune possibili aree di sviluppo non sono incluse nell'ambito della convenzione DPC-INGV. É possibile che tali aree vengano sviluppate al di fuori delle attività di questo progetto quadro, ad esempio nell'ambito del progetto triennale INGV, e in questo caso sarebbe opportuno specificare le sinergie. In particolare, le aree "Automatic Data mining" e "Earthquake Early Warning" sono considerate prioritarie a livello Europeo e dovrebbero trovare spazio nella programmazione DPC-INGV.

**E' condivisa l'idea che gli argomenti citati possano far parte della programmazione INGV; non necessariamente della programmazione INGV-DPC.**

**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**

*Coord. G.M. Calvi e M. Stucchi*

Il progetto rappresenta la continuazione di attività condotte dall'INGV e collaboratori esterni nel 2003-2004 per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPSO4. Il progetto si propone di completare le elaborazioni MPSO4 (Task 1), anche in termini di intensità macrosismica (Task 2), contribuire all'definizione di priorità di intervento per edifici non adeguati sismicamente (Task 3), aggiornare i database sismologici non altrimenti aggiornati da INGV o altri enti (Task 4).

Il progetto risponde alle specifiche della convenzione ed richiede risorse adeguate per i Tasks 1, 2 e 4. Appare invece insufficientemente sviluppato il Task 3, in quanto sia obiettivi che realizzazione non sono chiaramente identificati e appare assai dubitabile che la procedura proposta, basata sul confronto tra la carta MPSO4 e un modello non stazionario, possa realmente apportare un contributo significativo alla definizione di priorità per l'adeguamento sismico per singoli edifici.

**Vero. E' stato sottolineato nel testo che si tratta di una operazione di servizio, sperimentale e a basso costo, e ne sono stati sottolineati i livelli di rischio**

Non è compito di questa valutazione speditiva commentare sulle specifiche della convenzione DPC-INGV o entrare nel merito della ripartizione dei ruoli tra autorità nazionale e regionali in Italia. Tuttavia, è opinione del revisore che l'autorità nazionale (DPC) debba mantenere un ruolo autoritativo nell'elaborazione di carte di pericolosità, per evitare il proliferare di prodotti regionali o locali di dubbia qualità e difficile validazione.

**Le due frasi sembrano in contraddizione, e non sono di poco peso in quanto dettano molte delle successive rischieste di ampliamento del progetto. Pur concordando in linea di principio con quanto sopra, occorre rilevare che il ruolo assegnato dalla legge italiana alla autorità nazionale (DPC) in materia di valutazione della pericolosità sismica è diverso da quello che revisore e estensori del progetto desidererebbero. A riprova di questo si può anche segnalare il fatto che istituzioni e ricercatori impegnati nei progetti INGV-DPC già collaborano con autorità regionali per l'esecuzione di prodotti regionali.**

A questo scopo, è fondamentale considerare il modello di hazard come in prodotto dinamico dal più alto contenuto tecnico, sempre pronto a recepire le ultime evidenze scientifiche e ingegneristiche. Le elaborazioni sviluppate nella preparazione di MPSO4 possono essere considerate solo come un primo passo verso una completa descrizione della pericolosità. La sperimentazione deve continuare in tre direzioni principali: validazione, modelli non stazionari, pericolosità calibrata per le condizioni locali.

**Si concorda in linea di principio, ma non si ritiene che questo debba avvenire necessariamente nell'ambito di questi progetti DPC**

### Validazione

La validazione del modello di hazard stazionario che è alla base della carta MPS04 richiede una serie più esaustiva di tests e modellazioni. Le seguenti elaborazioni si rendono necessarie:

- Una serie di tests e sanity checks che tengano in considerazione diverse leggi di attenuazione, modelli alternativi di sorgenti sismiche (es. modelli ibridi con faglie e sorgenti estese) e modelli alternativi di Mmax (es. EPRI prior), 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.

#### **OK, almeno a livello sperimentale**

- Il calcolo della pericolosità anche per periodi di ritorno di 5'000 e 10'000 anni, allo scopo di evidenziare incongruenze che non sono facilmente identificabili per periodi più corti. Per esempio, la carta di intensità attesa per 10'000 anni non dovrebbe avere valori inferiori a I<sub>max</sub> osservata sul territorio nazionale, cosa che non può essere verificata a 1'000 anni. In aggiunta, un modello valido per 10'000 è strumentale per il confronto e la validazione con il dato geodetico. Ancora, il contributo di Mmax per aree di background va verificato su periodi lunghi. Infine, va ricordato che la pericolosità sismica valutata per probabilità di occorrenza pari o minori a 10<sup>-4</sup> per anno è l'input di base per i calcoli di sicurezza di infrastrutture critiche (quali centrali nucleari, impianti chimici, grandi dighe); la disponibilità di un prodotto di riferimento per 10'000 anni consente una politica di validazione per gli studi elaborati per le singole infrastrutture.

#### **OK, almeno a livello sperimentale**

- La valutazione del massimo moto atteso (es. A<sub>max</sub> o V<sub>max</sub>) su tutto il territorio nazionale, con particolare riguardo ai lunghi periodi di ritorno (1'000-10'000 anni), ivi compresa la possibilità di introdurre leggi di attenuazione non-lineari per accelerazioni elevate.

#### **OK, almeno a livello sperimentale**

- La generazione di cataloghi sintetici per periodi lunghi di tempo, in modo da poter verificare se le medie a lungo termine corrispondono alla realizzazione della pericolosità ottenuta da un catalogo storico di 2'000 anni, e l'elaborazione di mappe di hazard da diverse realizzazioni del catalogo selezionate dal catalogo sintetico di riferimento, per poter valutare la robustezza della pericolosità in aree di bassa sismicità (es. Molise).

#### **OK, almeno a livello sperimentale**

- Il confronto sistematico e rigoroso con il dato geodetico su tutto il territorio nazionale, basato sulla definizione di un modello di riferimento di strain-rate geodetico tramite una scelta opportuna di dati validati.

#### **Ok, in collaborazione con S2**

### Modelli non stazionari

La valutazione della pericolosità sismica non può considerarsi completa se non viene considerata la componente non stazionaria, che, ad esempio, per la California è stata valutata avere dimensione e importanza comparabili alla componente stazionaria. Tre tipi di non stazionarietà vanno considerati come base per elaborare modelli alternativi di pericolosità da comparare con MPS04.

1. Modelli di sismicità non stazionaria con memoria, del tipo già menzionato nel Task 3, ma con un approccio statistico e modellistico più completo e sistematico.
2. Modelli di probabilità condizionale associati a foreshocks e aftershocks, per la validazione statistica di possibili precursori (ad esempio il caso di Siracusa 1693) e il calcolo della pericolosità associata a sequenze sismiche (ad esempio Umbria 1999). Fondamentale per questa attività è uno studio sistematico delle proprietà statistiche di sequenze e sciami sismici accaduti nella storia, con uno studio dettagliato e focalizzato del dato storico.
3. L'Italia è all'avanguardia nello sviluppo di modelli di fault loading, che però non sono stati introdotti in un modello formale di pericolosità. Un modello dinamico corredato da un modello di carico tettonico calibrato sul dato geodetico, potrebbe aiutare a spiegare la sequenza dei grandi eventi in Italia negli ultimi 2'000 anni, ed in particolare dei periodi di quiete o di migrazione di intensa attività, ad esempio per il caso della Calabria 1783, e al tempo stesso servire alla validazione di questo approccio alternativo al calcolo della pericolosità.

**Vedi note precedenti. Molte delle richieste dovrebbero comunque essere rivolte a S2. Si propone di istituire un GdL misto con S2 con l'incarico di fare uno studio di fattibilità**

#### Pericolosità calibrata per le condizioni locali

Il GNDT 2000-2002 ha elaborato la mappa di riferimento tipo NEHRP per il territorio nazionale. L'elaborazione di carte di pericolosità e di spettri di risposta locali (damping 5%) per il territorio nazionale fornirebbe 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; in aggiunta, consentirebbe di verificare l'effettiva corrispondenza statistica degli spettri per varie tipologie di suolo definiti nella nuova norma di costruzione antisismica (transitoria per EuroCodice8), con gli spettri calcolati per la cartografia nazionale. Questa verifica non è stata possibile sino ad oggi.

**OK, almeno a livello sperimentale**

Allo scopo di garantire le linee di ricerca e lo sviluppo di prodotti specifici descritti sopra, si suggerisce di istituzionalizzare l'elaborazione di nuove mappe di pericolosità con cadenza regolare, ad esempio ogni cinque anni, come già negli USA, e di considerare il presente progetto e gli eventuali ampliamenti come la prima fase per la realizzazione di MPS09. In questa ottica, e in funzione di quali linee aggiuntive di ricerca si intendono sviluppare, le risorse allocate al progetto andranno rivalutate.

**Si ritiene che sia compito eventuale di INGV, data la "non-competenza" della autorità statale**

## **Progetto S2- Terremoti probabili in Italia nel trentennio 2005-2035**

*Coord. D. Slejko e G. Valensise*

Lo scopo di questo progetto può essere riassunto nella individuazione delle sorgenti sismiche che possono essere sede di possibile forte attività futura e nella quantificazione probabilistica di questa occorrenza.

I Task del progetto sono così definiti:

1. Organizzazione di un sistema di riferimento unitario per la descrizione della sismogenesi
2. Definizione spaziale delle principali strutture sismogenetiche della penisola italiana
3. Monitoraggio e caratterizzazione geofisica delle principali strutture sismogenetiche
4. Caratterizzazione delle principali strutture sismogenetiche e calcolo della probabilità di loro attivazione

È un progetto di ampio respiro, che potrebbe portare ad un netto miglioramento nella comprensione della sismogenesi soprattutto in aree a moderata sismicità. Il progetto si concentra su linee di ricerca che possono fornire risultati concreti. Rimangono tuttavia alcune perplessità sulle attività e prodotti proposti nei Tasks 2-4. La perplessità maggiore riguarda l'obiettivo stesso del progetto S2, che per ammissione degli autori non risponde alle specifiche contenute nella convenzione (terremoti probabili), ma aspira a creare un più ampio modello per la comprensione della genesi dei terremoti.

**In effetti è opinione degli autori che in Italia il problema dei terremoti probabili non possa essere risolto senza un aumento significativo delle conoscenze di base sulla sismogenesi. Il progetto quindi mira effettivamente a creare un “modello più ampio...”. Tuttavia assegnare delle probabilità di accadimento alle sorgenti sismogenetiche riconosciute è un obiettivo del progetto forse non primario ma allo stesso tempo certamente perseguibile, visto che applicazioni di questo tipo sono state già tentate da alcune delle UR coinvolte.**

Lo stile del progetto è molto enfatico. Si legge che l'UR Argnani-Brancolini “dovrebbe gettare nuova luce”, UR Favali “illuminerà al meglio”, UR Solarino “utilizzerà tecniche d'avanguardia”, UR Sirovich una “tecnica di analisi molto evoluta”, UR Neri “tecniche di analisi sismologica molto avanzate”, il Task 2c “tecniche innovative”, il Task 2b “nuove tecniche di analisi”. Viene spontaneo chiedersi: ma che tecniche hanno usato fino ad ora? come si differenzierà la ricerca condotta nei prossimi tre anni da quella condotta nelle stesse aree dagli stessi ricercatori negli ultimi 20-30 anni?

**Vero. Il progetto ha sofferto di una limitazione della lunghezza del testo che ha costretto a sintetizzare al massimo alcune parti, tra cui quella in cui si descrivono le nuove tecniche (peraltro descritte in dettaglio nelle schede delle singole UR). Nella versione revisionata è stato aggiunto dettaglio al riguardo. Quanto alle tecniche, esse non sono necessariamente d'avanguardia, ma piuttosto usate in modo innovativo, e comunque per la prima volta nel contesto di studi sulla sismogenesi, e mirate ad obiettivi specifici. Per fare due esempi, Argnani e Brancolini dovrebbero eseguire profili sismici *ad hoc* su una delle strutture tettoniche più controverse della penisola, che a seconda delle opinioni**

**passa da non esistere affatto ad avere un potenziale per M7. Nel caso di Neri, l'ottenimento di localizzazioni più accurate con tecniche tipo DD, BayLoc etc. avverranno nel contesto di analisi tettoniche delle zone d'indagine, non in maniera avulsa da tutti gli altri dati come avveniva fino ad oggi.**

... quali sostanziali nuovi dati o nuovi approcci sono divenuti disponibili negli ultimi 3-5 anni che possano davvero gettare nuova luce sulla sismogenesi in aree di moderata attività sismica del territorio italiano, dove l'imponente ricerca condotta sino ad ora non ha portato a risultati conclusivi ?

**Solo da pochi anni è cresciuta la percezione del potenziale dei dati di sismica a riflessione industriale, che è oggi accresciuto:**

**1) da una più diffusa sensibilità verso l'analisi della struttura dei depositi e del loro stato di deformazione, piuttosto che dalla semplice "ricerca di faglie" come si è spesso fatto in passato;**

**2) dal fatto che stanno diventando disponibili profili eseguiti *ad hoc*, o comunque a maggior densità d'informazione, o comunque tali da illuminare la porzione più superficiale della crosta (fino a 1 km), dove è possibile apprezzare deformazioni in depositi recenti legate alla tettonica attiva;**

**3) per il fatto che esistono oggi ponti culturali e disciplinari tra chi opera in tettonica attiva e chi analizza dati di sottosuolo che prima non esistevano. La "imponente ricerca" del passato avveniva per compartimenti stagni, e non era comunque così imponente perché molti dei dati erano coperti da segreto industriale.**

Ad esempio, si pensi al problema del terremoto della Sicilia Orientale del 1693 (il più grande evento storico italiano), su cui hanno lavorato senza conclusione le stesse UR proposte per il Task 2, e sostanzialmente con gli stessi metodi.

**Questo non è del tutto corretto. In Sicilia Orientale, a fianco delle UR "storiche", lavoreranno anche UR dell'INGV che non hanno lavorato sulla zona in passato. Esistono nuovi dati macrosismici, microstrutturali, di tettonica costiera e anche GPS (rete INGV-CT) che convergono verso una nuova soluzione per la sorgente del 1693. Inoltre, dopo il terremoto del Molise del 2002 e gli studi sulla piattaforma apula che ne sono seguiti, è maturata una diversa percezione della mobilità delle zone di avampaese, che dovrebbe aiutare a far superare le miopie del passato.**

Per la vastità dell'area e delle problematiche da trattare, il progetto propone un numero molto elevato di unità di ricerca (38 !), ognuna con un contributo su un singolo ristretto settore, senza che siano esplicitati i meccanismi con cui il coordinamento e la omogeneizzazione tra gli approcci e i prodotti di questo progetto saranno mantenuti. L'esperienza del programma GNV 2000-2002 ha mostrato che progetti con oltre 20 UR sono molto difficili da gestire. Il livello tecnico e gli approcci scientifici proposti dalle varie UR è così differenziato da rendere irrealistica una necessaria ed efficace integrazione.

**Le UR in effetti sono parecchie. Tuttavia, almeno 14 UR sono sdoppiate per puri motivi amministrativi (su richiesta degli interessati) e rappresentano in effetti insiemi unitari dal punto di vista scientifico (es. Argnani-Brancolini, Barbano-De Martini, Tinti-Piatanesi, Pizzi-Burrato-Galadini, etc.). I casi più eclatanti sono il Task 2 e il Task 4, per i quali, come giustamente osserva il revisore, sarà necessario un forte coordinamento. Per questa ragione il management è stato modificato introducendo uno *steering committee* formato da un responsabile per ogni Task e dai coordinatori.**

Si ha a volte l'impressione che la lista delle UR vada ad accontentare le varie esigenze locali, senza che un'effettiva selezione sulla base di competenze scientifiche innovative sia stata quanto meno tentata. Il lasciare le singole UR lavorare su singoli temi o regioni, rende impossibile un necessario confronto critico tra i vari operatori.

**Almeno parte della frammentazione lamentata dal revisore si spiega con la necessità di acquisire competenze e dati geologici e tettonici disponibili solo localmente. Si noti peraltro che questa frammentazione ha come aspetto positivo il fatto che il progetto attinge a oltre 100 anni/persona di attività offerta come cofinanziamento, gran parte della quale su tematiche e dati "regionali" scarsamente accessibili, ad esempio, a un ricercatore INGV. A sua volta, la complessità del Task 4, di cui i coordinatori sono ben consapevoli, deriva dalla mancanza di una ricetta univocamente riconosciuta come valida per il calcolo delle probabilità di attivazione di sorgenti sismogenetiche, e dalla conseguente necessità di attivare, almeno su questo tema, un minimo di "ricerca di base".**

Al di là di questi aspetti, vi sono poi alcune considerazioni più fondamentali:

- L'approccio dei terremoti probabili è stato proposto, come ricordato dagli stessi autori, per aree Californiane ad alta attività sismica, e dove gli scenari a 30 anni vedono probabilità di attivazione di singole faglie o segmenti di faglia dell'ordine di 10-50%. Questo tipo di approccio non è possibile per le aree a moderata sismicità in Italia; quand'anche le strutture sismogenetiche attive venissero sistematicamente identificate (obiettivo che appare irraggiungibile sulla base dei risultati passati), la sismicità storica ci mostra che lo scenario aspettato per la singola faglia nei prossimi 30 anni è molto al di sotto dell'effettivo potenziale sismogenetico. In altre parole, per una faglia dove il grande evento si ripete mediamente ogni 2'000-5'000 anni, la probabilità che tale evento avvenga nei prossimi 30 anni è molto piccola, dell'ordine del % o ‰, e l'evento probabile nei prossimi 30 anni sarà assai modesto. La possibilità poi di poter caratterizzare per tali faglie una probabilità condizionale che dipenda dalla passata storia sismica risulta alquanto utopica, e sarà sempre caratterizzata da grande incertezza statistica.

**Vero. I coordinatori concordano sull'analisi delle differenze tra California e Italia e sul fatto che le probabilità calcolate per strutture individuali siano certamente basse. Peraltro, i coordinatori sono i primi a essere scettici sulla possibilità di calcolare probabilità condizionali, e infatti il progetto non promette risultati di questa natura ma solo approfondimenti in aree selezionate. Il principio di fondo è**

che esistono troppe aree il cui potenziale sismogenetico è sottovalutato perché ignoto (non si conoscono le faglie che esistono) e troppe aree in cui, al contrario, il potenziale è sopravvalutato a causa di errori nell'identificazione di faglie o di sopravvalutazione del loro valore gerarchico e del loro *slip-rate*. Il progetto intende soprattutto incidere su queste distorsioni, che possono avere costi sociali ed economici elevatissimi (si pensi alla questione di Scanzano Ionico, o al presunto ritrovamento di grandi faglie sismogenetiche poco a NE di Milano da parte di ricercatori del mondo accademico).

- L'applicazione di modelli non-stazionari di sismicità non dipende dall'identificazione o meno della singola struttura sismogenetica; in aree di moderata attività e rari grandi eventi, il confronto è più indicato per aree sorgente estese comprendenti più strutture sismogenetiche, anche non ben identificate o definite singolarmente, in modo da poter calibrare l'intera attività sismica di una regione anche quando l'attribuzione del singolo evento ad una singola faglia non è disponibile.

Fermo restando che l'applicazione di modelli non-stazionari non è visto dai coordinatori come l'obiettivo primario del progetto, esiste piena consapevolezza della necessità di integrare le (poche) strutture individuali note con "sorgenti estese". L'introduzione di tali sorgenti estese, una via di mezzo tra le sorgenti individuali e le ZS tradizionali, è forse la principale differenza tra DISS 2.0 (pubblicato nel 2001), e DISS 3.0 (pubblicato in rete a fine 2004: [www.ingv.it](http://www.ingv.it), area "Banche Dati").

- Il confronto con il dato geodetico è importante (si veda commento al Progetto S1); qui tuttavia il confronto viene proposto senza l'inclusione di specialisti del settore geodetico, un approccio rischioso per un paese come l'Italia, in larga parte caratterizzato da limitata deformazione crostale e dove il controllo della qualità del dato geodetico appare tutt'oggi problematico. Rimane inoltre difficile comprendere come il confronto del dato geodetico con l'attività sismica degli ultimi dieci anni in alcune limitate aree campione possa aiutare nella definizione dei grandi terremoti attesi nei prossimi 30 anni.

Sulla questione "geodesia" c'è quasi certamente un equivoco, forse dovuto al fatto che al revisore non erano disponibili le singole schede per UR. Il Task 3 sarà coordinato da Alessandro Caporali (UniPd), uno dei principali esperti del settore in Italia (nella prima versione del progetto questo era implicito, ora è chiaramente indicato). Alla UR INGV "Barba" collabora Enrico Serpelloni, uno dei ricercatori più brillanti e attivi nel settore negli ultimi 5 anni. Entrambi questi esperti saranno attivi alla scala nazionale. Per quanto riguarda la scala regionale, sono presenti le UR Braitenberg (Friuli, dati GPS più tiltmetri, estensimetri, livellazione), Sepe (dati GPS e livellazione per la zona del Sannio-Matese), Guerra (idem, ma per la Calabria centrale), oltre a una partecipazione dei geodeti di INGV-CT alle ricerche sull'area iblea. I coordinatori contano inoltre quantomeno su una sinergia con il gruppo Selvaggi (INGV-CNT), il quale non ha potuto

**promettere una partecipazione formale a causa di concomitanti impegni istituzionali.**

In sintesi, il progetto S2 propone un ampio spettro di ricerche di avanguardia, che sicuramente porteranno ad un significativo avanzamento delle conoscenze sui processi sismogenetici in Italia, ma risponde solo parzialmente alle specifiche della Convenzione, in particolare per quanto riguarda i prodotti aspettati. Si raccomanda di riconfermare le specifiche con il DPC e di cambiare il titolo del progetto, per evitare false aspettative, scegliendo un nome più in linea con le caratteristiche del progetto, quale ad esempio "Identificazione e caratterizzazione delle zone sismogenetiche in Italia".

**Il titolo originario era stato scelto per "continuità istituzionale" con l'identico titolo del Progetto GNDT 2000-2004 "Amato" (i cui risultati sono disponibili presso: [http://gndt.ingv.it/Att\\_scient/Attivita/progetti\\_GNDT.htm](http://gndt.ingv.it/Att_scient/Attivita/progetti_GNDT.htm)).**

**Per quanto riguarda i "Terremoti Probabili", questo progetto si era concluso con una elaborazione (fig. 3.4.1-3.4.2 del rapporto conclusivo) a cura di Laura Peruzza, che sarà responsabile del Task 4 del Progetto S2. Seguendo la condivisibile raccomandazione del revisore, comunque, il titolo è stato modificato in modo da enfatizzare il contributo alla comprensione della sismogenesi, dominante e più "garantito", rispetto alle elaborazioni probabilistiche.**

Se lo scopo finale del progetto, come sembra, è di sviluppare le basi per la nuova generazione di pericolosità sismica, allora i commenti fatti al progetto S1 vanno anche rivolti a S2. In ogni caso una maggiore integrazione tra S1 e S2 appare necessaria.

**Verissimo. Ma l'interazione tra S1 e S2 è garantita. I due progetti sono nati praticamente insieme sulla base di idee sviluppate negli anni e consolidate durante la preparazione di MPS04.**

### Tsunami

Come ultimo commento, viene introdotta un Task 2d per la elaborazione di scenari speditivi di tsunami. Questa attività, di ovvia rilevanza strategica, trascende i limiti dei singoli progetti e non dovrebbe essere inclusa in un singolo progetto sismico, ma semmai come progetto autonomo, che includa tutti i vari aspetti, dall'identificazione delle sorgenti potenziali (corrispondente a S2) alla modellazione degli scenari di altezza massima d'onda e di allagamento ( $\Rightarrow$  S3), alla stima in tempo reale ( $\Rightarrow$  S4), alla valutazione di scenari di rischio ( $\Rightarrow$  S5).

**Vero. Ma, come giustamente puntualizzato dal revisore, la definizione di una strategia complessiva sugli tsunami non spetta a S2 bensì all'INGV. I coordinatori sono comunque disponibili a trasferire questa parte della ricerca ad altro progetto *ad hoc*, purché vengano salvaguardati i link essenziali con la produzione dei dati di base che viene svolta nei Task 1 e 2 di S2.**

In aggiunta, la descrizione del sottoprogetto (otto righe) e il contributo richiesto appaiono molto sottostimati rispetto ai deliverables proposti ("Mappe di altezza dell'onda di tsunami attesa lungo le coste italiane e, per aree selezionate, mappe di invasione e rischio da tsunami"). Si suggerisce di riformulare e negoziare un progetto più completo e adeguato, che corrisponda alle reali necessità del DPC.

Vero in parte, perché (grazie a un accordo con il Direttore della sezione Roma 1) il grosso del lavoro verrà svolto da giovani ricercatori ingaggiati su fondi INGV e non DPC. A loro volta, le “mappe d’invasione” dovrebbero essere elaborate dai ricercatori del gruppo di M.T. Pareschi (INGV-Pisa) nell’ambito di un altro progetto. Poiché però la tempistica di quest’altro progetto, e quindi della possibile sinergia con S2, sono incerti, questa voce è stata rimossa dalla lista dei *deliverables*.

## **Progetto S3- Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico**

*Coord. F. Pacor e M. Mucciarelli*

Il progetto S3 si pone come obiettivo generale il calcolo di scenari di scuotimento in alcune aree italiane nel caso di accadimento del terremoto massimo credibile (MCE).

I tasks proposti sono: 1. Scenari di scuotimento, 2. Effetti di sito, 3.-6. Scenari aree specifiche, 7. Interfacciamento con l'ingegneria e il DPC.

Le aree prescelte per la validazione sono la zona Molise-Abruzzo danneggiata dalla sequenza iniziata il 31.10.2002 (M=5.6), il bresciano per l'evento del 24.11.2004 (M=5.2); le aree di previsione proposte sono i comuni di Gubbio e Potenza.

Il progetto è ben ideato e ben strutturato, con una sequenza logica di progressione dei tasks e chiari obiettivi programmatici. La suddivisione del progetto in aree di validazione e aree di previsione è un elemento molto positivo.

In generale, il progetto appare molto ottimista e ambizioso nel prospettare risultati concreti e applicativi per problemi di grande complessità e integrazione. Quattro punti sono identificati dove maggiore attenzione è richiesta per assicurare il raggiungimento degli obiettivi proposti.

- La separazione degli effetti di sorgente e effetti locali per le aree di calibrazione è un obiettivo raggiungibile, a condizione che vengano anche calibrate le funzioni di trasferimento ai siti SM; tale calibrazione non è menzionata nel progetto ed è condizione necessaria per evitare di mappare nei termini di propagazione e sorgente gli effetti di sito alle stazioni. Concretamente, il calcolo degli scenari al bedrock si basa largamente su dati sismometrici (registrati su roccia), ma la definizione dei parametri statici e dinamici della sorgente come pure la calibrazione dei modelli attraverso il confronto con le registrazioni accelerometriche deve tener conto della risposta alla stazione (si veda anche S4).

**Anche se nella descrizione delle attività del progetto non è esplicitamente dichiarato, la calibrazione dei parametri sismologici delle regioni in esame avverrà attraverso l'applicazione alle registrazioni sismiche di tecniche di inversione generalizzate, che forniscono stime empiriche dei termini di sorgente (stress drop e momento sismico), di attenuazione (fattore di qualità  $Q$ , dipendente dalla frequenza e attenuazione geometrica) e di sito. Verranno utilizzate diverse strategie per minimizzare il trade-off fra le varie grandezze attraverso l'introduzione di vincoli ben condizionati, quali ad esempio la risposta in frequenza di una stazione di riferimento calcolata in modo indipendente. Inoltre nelle quattro aree proposte in S3 sono a disposizione numerosi dati geotecnici, anche in corrispondenza delle stazioni di registrazione, che permetteranno la stima delle funzioni di trasferimento di sito attraverso i modelli teorici permettendo così una validazione dei risultati empirici.**

- La simulazione degli scenari al bedrock si basa su modelli di sorgente di varia complessità (0-1). Il Task 1 si prefigge di valutare la variabilità del moto anche in funzione delle caratteristiche della sorgente, ma non è chiaro come gli autori propongano di includere il trattamento di sorgenti dinamiche, necessario per una modellazione realistica nel near-field; l'approccio proposto per la modellazione di

sorgente, seppur giustificato dalla mancanza di dati per terremoti recenti, è troppo semplificato per la modellazione di un MCE che può essere anche di grandi dimensioni. Il compito di derivare parametri dinamici e una descrizione completa per sorgenti complesse è assai arduo e appare sottostimato. È necessaria una maggiore sinergia con il progetto S4, che coinvolga competenze multidisciplinari.

**Come discusso nella parte generale, in tre delle aree selezione in S3 (Molise, Gubbio e Lago di Garda) non si prevedono sorgenti sismogenetiche con complessità di rotture significative, poiché i terremoti avvenuti e/o attesi sono di magnitudo moderata. Per quando riguarda il sito di Potenza, le strutture sismogenetiche che saranno considerate possono dar luogo ad eventi di magnitudo più forte e per i quali, quindi, sono ipotizzabili processi di rottura più complessi. Nel progetto la simulazione delle sorgenti sismiche avviene attraverso descrizioni cinematiche del processo di rottura; in questo caso la complessità sarà introdotta considerando molteplici distribuzioni sul piano di faglia dello slip e dei tempi di rottura. Per aumentare il livello di complessità nella distribuzione di tali parametri, alla componente deterministica del modello sarà sempre aggiunta una componente stocastica in modo da tenere in conto i dettagli del processo di rottura. Gli intervalli di variabilità dei parametri cinematici saranno stabiliti a priori attraverso analisi parametriche svolte con diversi codici di calcolo, come previsto nelle attività del Task 1 del progetto. In S3 un utilizzo diretto di tecniche per il trattamento delle sorgenti dinamiche non è attualmente previsto; si è, infatti, ritenuto preferibile utilizzare tecniche di simulazione note e già sperimentate in progetti precedenti (progetto GNDT) al fine di garantire risultati applicativi e applicabili a più situazioni, piuttosto che privilegiare la parte di calcolo più sofisticata, che comunque necessita di parametri di ingresso non facilmente controllabili e non noti nelle aree considerate.**

- La definizione di modelli di propagazione e leggi di attenuazione locali comporta il rischio di non avere dati sufficienti per poi scalare gli spettri per eventi di maggiori dimensioni. Una effettiva integrazione con altri progetti che si occupano di modelli di attenuazione regionali (S1, S4) appare assolutamente necessaria.

**Come discusso nella parte generale, le leggi d'attenuazione calcolate in S3 sono specifiche per le zone oggetto d'indagine e saranno calibrate su aree di dimensioni minori rispetto a quanto previsto negli altri progetti. Poiché in S3 gli scenari di scuotimento sono previsti a diverso livello di dettaglio e, in particolare, il livello 0 si basa sull'utilizzo di una legge di attenuazione congiunta ad una mappa di microzonazione, in questo ambito saranno condotti i confronti dei risultati conseguenti all'utilizzo di diverse leggi di regressione e sarà valutata la possibilità di adoperare modelli attenuativi dedotti da dati *weak-motion* per riprodurre il moto *strong motion*.**

- Tenendo in considerazione l'estensione delle aree prese in esame e la complessità della struttura crostale nell'area italiana, non sarà facile raggiungere il livello di modellazione e di calibrazione auspicato a frequenze che siano di interesse per un diretto utilizzo ingegneristico (2-5 Hz). Il rischio concreto è che la validazione possa avvenire solo a frequenze basse, dove peraltro il dato sismologico è scarsamente d'aiuto.

**Nella generazione degli scenari di scuotimento, la mancanza di conoscenze a piccole scale sia del mezzo di propagazione sia dei dettagli del processo di rottura sono risolti introducendo una componente stocastica nelle tecniche di simulazione dei sismogrammi sintetici. In questo modo è possibile riprodurre l'incorenza osservata negli accelerogrammi reali e generare il moto sismico a frequenze di interesse ingegneristico. Poiché in generale le tecniche puramente stocastiche sono molto semplificate e non forniscono riproduzioni soddisfacenti del moto del suolo alle frequenze più basse, nel progetto è previsto lo sviluppo e l'impiego di tecniche di simulazione ibride, in cui la parte in bassa frequenza del sismogramma è generata con modelli deterministici, mentre quella in alta frequenza con metodi stocastici. In questo ambito è prevista la collaborazione con l'Università di Praga, i quali hanno proposto una tecnica dove a grande scala, le sotto-faglie dislocano seguendo un modello k-quadro, mentre a piccola scala, le sotto-faglie dislocano in modo caotico irradiando energia in modo isotropo.**

Il progetto non fa menzione di sviluppi metodologici simili a quelli qui proposti, ottenuti in vari ambiti Europei, né di esperimenti Europei dove queste problematiche sono state già trattate. S3 è un tipico esempio dove il coinvolgimento di UR straniere potrebbe beneficiare il progetto.

**In questo progetto sono presenti, come sub - contractor, personale del GFZ (Potsdam, Germania), del CICESE (Ensenada, Messico) e dell'Università di Praga.**

Il progetto S3 ha scopi e prodotti ambiziosi. La pianificazione delle risorse e del personale appare però largamente insufficiente rispetto al livello di dettaglio al sito che si intende raggiungere e all'estensione delle aree che si intendono investigare. Si suggerisce un adeguamento delle risorse richieste agli scopi del progetto.

**Si ritiene che con le risorse richieste sia in termini di personale sia economiche siano sufficienti per ottenere prodotti di utilizzo per il DPC; soprattutto tenendo in considerazione che nel progetto si utilizzeranno molti dati già disponibili. La valutazione tempi e costi appare congrua anche sulla base delle precedenti esperienze svolte dai coordinatori in precedenti progetti analoghi.**

## **Progetto S4- Stima dello scuotimento in tempo reale e quasi-reale per terremoti significativi in territorio nazionale**

*Coord. L. Malagnini e D. Spallarossa*

Lo scopo di questo progetto é di sviluppare i metodi per una rapida caratterizzazione del moto del suolo intorno alla faglia che lo ha generato. I Tasks proposti sono:

1. Organizzazione, integrazione e scambio dati
2. Definizione di modelli crostali
3. Stima rapida delle caratteristiche della sorgente sismica, implementazione di ShakeMap
4. Ground motion scaling regionale
5. Stima degli effetti di sito alle stazioni

In generale, le attività di ricerca proposte sono ben inquadrare e finalizzate al raggiungimento dell'obiettivo proposto, e la sequenza progressiva per il calcolo di shakemaps di crescente complessità e accuratezza é ben strutturata. Tuttavia, il progetto S4 pecca di eccessivo ottimismo nel prospettare i prodotti aspettati, e confonde a volte la possibilità di ottenere avanzamenti anche significativi e modelli preliminari con l'implementazione di prodotti applicativi calibrati e validati. Senza voler nulla togliere al valore della sperimentazione scientifica, si sottolinea per questo progetto la necessità di concentrarsi su linee di ricerca che possano dare i risultati aspettati nei tempi disponibili, e soprattutto finalizzate al computo di scenari rapidi di scuotimento.

**Si concorda con la valutazione data, e si è provveduto a riformulare S4 nel senso indicato, senza però in alcun modo stravolgerne il contenuto originale.**

Alcuni aspetti sono identificati dove maggiore attenzione e una parziale revisione del progetto sono raccomandate, per assicurare il raggiungimento degli obiettivi proposti.

### *Inversione del momento tensore*

Il Task 3 propone l'utilizzo del metodo sviluppato da Dreger per la California settentrionale, basato sulla zonazione 1D della crosta e il calcolo di Green functions sintetiche per onde di periodo di 20-100 secondi. Senza voler mettere in dubbio i pregi del metodo Dreger e l'opportunità di sperimentare nuove tecniche all'INGV, rimane oscuro perché gli autori intendano iniziare con la calibrazione di un nuovo metodo per l'inversione del MT, quando all'INGV é già utilizzato da un decennio e con successo il codice CMT Harvard regionale, di gran lunga il codice più testato al mondo, che utilizza anch'esso onde di 30-100 secondi e modelli tomografici regionali già esistenti. L'applicazione in tempo reale di tale codice, disponibile ma non ancora implementata all'INGV, sarebbe sicuramente un approccio molto più facile, rapido, sicuro e preferibile di quello proposto in Task 3. Rimane il sospetto che l'antagonismo tra vari gruppi all'interno dell'INGV sia all'origine di questa proposta. In aggiunta, la calibrazione di funzioni 1D per zone crostali uniformi é applicabile in California, ma non facilmente in Italia, dove le variazioni crostali su distanze di poche decine di chilometri sono notevoli, la spaziatura tra le stazioni BB é ancora molto larga, e la conformazione stessa della nostra penisola mal si adatta alla zonazione proposta.

La scelta dei programmi di calcolo è stata operata dopo avere fatto alcune considerazioni:

- La copertura di stazioni BB in Italia sta diventando di ottimo livello. Da quanto traspare dai commenti del Referee, è possibile che questi sia al corrente del veloce sviluppo della rete di monitoraggio INGV negli ultimi tempi, nè di quanto è in via di realizzazione;
- La magnitudo minima che si intende studiare automaticamente a regime è circa 3.5, probabilmente troppo piccola per le performances attuali di RCMT;
- Il codice di Douglas Dreger è attualmente funzionante, automaticamente e con ottimi risultati, anche in altri paesi del mondo, oltre agli Stati Uniti Occidentali (UC Berkeley, Caltech). Ad esempio in Giappone (NIED), dove funziona in automatico lo stesso codice che verrà utilizzato per S4, con una implementazione dell'interfaccia al database fatta da Fukuyama. Le soluzioni focali pubblicate dalla JMA sono quelle ottenute con tale codice. Anche in Grecia, paese caratterizzato da eterogeneità crostali notevoli, paragonabili a quelle che vengono incontrate nella regione italiana, il codice sviluppato da Dreger è funzionante con buoni risultati. In tema di forti variazioni laterali, la stessa regione californiana (e degli Stati Uniti Occidentali più in generale) presenta variazioni estremamente importanti delle caratteristiche della propagazione crostale (regione dei Geysers, della Sierra, della Central Valley, la prosecuzione in mare dello scudo continentale, la Mendocino Triple Junction, etc.). La copertura di stazioni BB a disposizione del codice per il tensore momento in Italia sarà, a breve, equivalente o addirittura migliore che in California. Il codice di Dreger è stato applicato con successo anche in Sud Corea, in Turchia ed in Francia.
- Il codice giapponese che automaticamente funziona presso il NIED, pur se è stato implementato da Fukuyama nella sua interfaccia al database, è identico al codice di Dreger che funziona a UC Berkeley (vedi gli acknowledgements sul sito web del NIED). Lo stesso codice è funzionante da oltre due anni, in automatico, presso l'INGV, anche se i risultati vengono pubblicati da poco tempo;
- La partecipazione a S4 è aperta ai colleghi che gestiscono il codice di RCMT. Nel testo che descrive le finalità del progetto S4 si dichiara che la ridondanza dei codici di calcolo (automatici e non) è estremamente importante per i risultati finali di S4, allo scopo di verificare i risultati intermedi e di migliorare le prestazioni dei codici relativi a ShakeMap.

#### Inversione della sorgente estesa

La possibilità di derivare in tempo reale, o quasi-reale, proprietà della sorgente quali il MT o la direttività, è un obiettivo raggiungibile e deve sicuramente essere incluso nel progetto S4. Altrettanto non si può dire per la proposta di utilizzare in tempi ristretti i dati GPS e InSAR per l'inversione automatica di parametri più complessi quali la distribuzione sulla faglia di slip e slip-rate. Non solo i dati non sono disponibili, ma la capacità tecnica per sviluppare e validare schemi e algoritmi per un simile obiettivo è al di là della portata del progetto S4.

Quand'anche i dati fossero disponibili (e nel caso dei dati SAR i tempi per ottenere immagini processate sono dell'ordine di settimane o mesi), il tempo richiesto per un'accurata mappatura della complessità della sorgente richiede settimane di investigazioni e non può essere condotto in modo automatico (il caso del terremoto dell'Umbria è emblematico). I progetti al momento condotti dall'USGS in questo settore si concentrano su eventi di grandi dimensioni (M7+) e sull'utilizzo di dati globali a larga banda, e non sono adattabili al caso italiano, dove la magnitudo dell'evento aspettato è inferiore e la capacità di modellazione alle stazioni locali BB è inadeguata. Questa linea di ricerca, senz'altro innovativa e di grande interesse, non può al momento essere inclusa in un progetto di ShakeMap (non lo è nemmeno in California) e potrebbe essere meglio riaccorpata nel progetto S3.

**Il trasferimento a S3 delle attività legate all'analisi delle immagini InSAR è da valutare. Per quanto riguarda i progetti al momento condotti dall'USGS in questo settore, questi non si concentrano soltanto su eventi di grandi dimensioni (M7+) e sull'utilizzo di dati globali a larga banda. Proprio alla recente sessione SM6 di cui era co-convenor Alberto Michellini a Vienna, Edward Field (USGS) ha mostrato i risultati di un lavoro in cui sono stati usati i dati InSAR per trovare l'epicentro assoluto per terremoti M5.7 in Iran. In realtà, il contributo del gruppo che si occupa di interferometria SAR deve sostanzialmente rappresentare uno studio di fattibilità. In questo senso è stato modificato il testo del progetto.**

#### Ground-motion scaling regionale

Non vengono fornite spiegazioni sulle metodologie proposte. Ad esempio, quali dati e leggi di scala si pensa di utilizzare per calcolare l'attenuazione spettrale per la Sicilia Settentrionale? La mancanza di coordinamento con altre iniziative in questo settore, anche quelle condotte negli altri progetti non è incoraggiante.

**Task 4, in cui si devono applicare metodologie note al problema della determinazione del ground-motion scaling regionale, rappresenta la naturale continuazione del Task 3.1 del progetto GNDT appena concluso, coordinato da A. Amato. Scopo di quel Task è la regionalizzazione, per il territorio italiano, delle leggi di attenuazione e, più in generale dello scaling del ground motion. Per via della scarsità di dati sismometrici di qualità sufficiente, durante il progetto Amato non è stato possibile coprire tutto il territorio nazionale con studi dello stesso tipo, ed il Task 4 di S4 si propone proprio di portare a termine il lavoro iniziato ormai quattro anni addietro. Le tecniche di analisi saranno quelle descritte nei lavori di Malagnini et al. (1999 e 2002). I dati da utilizzare sono quelli delle nuove stazioni INGV, e quelli delle stazioni installate nel corso di progetti finalizzati tipo CAT/SCAN.**

#### Calcolo di shakemaps e validazione

Rimane non chiarito l'approccio proposto per integrare gli scenari calcolati sulla base di ipocentro e magnitudo con il dato registrato in tempo reale alle stazioni, che in Italia hanno ancora una spaziatatura considerevole. In tutti i Tasks, un problema di difficile soluzione è la mancanza dei dati necessari per la validazione dei vari metodi proposti. Tali dati si renderanno disponibili al completamento delle nuove reti digitali BB e SM italiane, e con l'accadere di eventi di medie e grandi dimensioni.

La fase di validazione dei prodotti applicativi sarà realizzata attraverso il calcolo di ShakeMaps relative a terremoti importanti avvenuti in anni recenti (esempio, quelli della sequenza umbro-marchigiana del 1997, ovvero alcuni recenti eventi del NE), per i quali esistano databases di qualità sufficiente. Allo scopo di controllare tutta la catena software che porta alla generazione di una ShakeMap, gli eventi importanti per la validazione del prodotto finale di S4 dovrebbero comunque presentare caratteristiche di sorgente estesa che abbiano dato luogo a chiari fenomeni di direttività. Altre procedure di validazione saranno realizzate con dati sintetici; questa fase potrà essere portata a termine in cooperazione con S3, se gli eventi scelti per gli scenari di scuotimento avranno caratteristiche tali da poter essere di interesse per S4 (es: faglia estesa con fenomeni di direttività).

#### Realizzazione della "Integrated Italian Seismic Network"

La IISN è un'iniziativa da applaudire incondizionatamente, che finalmente pare riscuotere l'approvazione dei principali operatori del settore a scala nazionale e regionale, dopo decenni di discussioni e antagonismi. Si tratta di una attività strutturale di lunga durata, i cui risultati non si esauriscono certo nell'ambito del progetto S4 né della presente convenzione INGV-DPC. Non è chiaro perché un Task di simile rilevanza sia quasi nascosto in S4 e non sia invece incluso nell'ambito di un quadro più ampio e di maggiore durata per il monitoraggio di terremoti e vulcani per il territorio italiano.

Rimane in dubbio nel testo se lo scambio dati tra le varie reti verrà effettuato in tempo reale e in continuo, requisiti primi per una moderna politica di sorveglianza; un diverso approccio di accesso ai dati, basato sull'interrogazione in caso di evento, risulterebbe insufficiente per il raggiungimento degli obiettivi prospettati in S4.

I Tasks 1 e 3 (la creazione del database, la connessione del flusso dei dati in tempo reale ai programmi di calcolo, e la creazione di IISN) rappresentano i pilastri sui quali è fondato tutto il progetto. La maggioranza dei dati in tempo reale verrà fornita da INGV, l'ente che si assumerà la maggiore responsabilità nella creazione del database. Anche la partecipazione di UNIGE alla creazione del database in tempo reale non desta preoccupazioni di sorta, viste le numerose collaborazioni per lo scambio dati che sono già operative, e regolate da apposite ed indipendenti convenzioni con INGV. La quantità di dati che verrà fornita dall'OGS-CRS sarà marginale nell'economia del progetto, e non sembrano sussistere motivi di preoccupazione. Per quanto riguarda il flusso in tempo reale dei dati accelerometrici, invece, questo dipenderà dal ruolo che il SSN vorrà svolgere all'interno di S4 e, più in generale, all'interno della comunità sismologica italiana ed internazionale. È ovvio che i prodotti che verranno forniti da S4 dovranno "sopravvivere" al progetto stesso. Non è altrettanto chiaro come ci si potrà far carico del mantenimento e della sopravvivenza dell'IISN a progetto terminato, almeno nella configurazione proposta. L'esistenza stessa di questo oggetto, una volta finito S4, infatti, prevede la volontà da parte degli enti partecipanti alla realizzazione del database, di continuare a collaborare. È ovvio che versioni "minori" dell'IISN potranno essere mantenute da INGV. È possibile trasformare l'attività relativa alla creazione e gestione di IISN in attività istituzionale INGV.

## **Progetto S5- Definizione dell'input sismic sulla base degli spostamenti attesi**

*Coord. E. Faccioli e A. Rovelli*

Scopo del progetto e la definizione di un modello dell'azione sismica come spettro di risposta elastico di spostamento (SRS) adatto per la normativa sismica, e la creazione di mappe di pericolosità in termini di spostamento spettrale.

Il progetto è ben ideato e ben strutturato, con una sequenza logica di progressione dei tasks e chiari obiettivi programmatici. Gli obiettivi appaiono tutti realizzabili nell'ambito del progetto.

I seguenti Tasks sono identificati:

1. Perfezionamento ed integrazioni del modello iniziale di riferimento per lo SRS
2. Valutazione dell'influenza di diverse forme di dissipazione sullo SRS; definizione di spettri di verifica per costruzioni monumentali
3. Introduzione di effetti near-field nel modello di riferimento
4. Attenuazione dello spostamento su basi osservazionali
5. Attenuazione dello spostamento – modellazioni numeriche
6. Mappe di pericolosità

I seguenti commenti sono rivolti a chiarire alcuni punti e a rafforzare l'integrazione di questo progetto con gli altri progetti S1-S4.

La proposta di partire dallo spettro di riferimento FPRO4 (Task 1) appare ragionevole. Rimane il problema che il database globale di dati accelerometrici con un contenuto sufficiente a bassa frequenze, necessario per la calibrazione delle leggi di attenuazione e della forma spettrale (Task 2 e 4), è limitato a poche regioni e a pochi eventi.

**E' vero, ma i dati da accelerometri digitali stanno aumentando a un tasso molto rapido e la calibrazione si può oggi realizzare su basi statisticamente più robuste rispetto a 3-4 anni or sono, includendo anche le distanze > 50 km.**

Si raccomanda attenzione nella separazione delle componenti aleatorie e epistemiche per il calcolo della pericolosità (Task 6).

**Si procederà secondo albero logico per la componente epistemica.**

Il Task 3 propone una tematica di grande interesse e innovazione, soprattutto per la valutazione dell'incertezza associata alla definizione dello spettro. Non è chiaro se un approccio sistematico al trattamento degli effetti near-field per sorgenti complesse debba essere negli scopi di un tale progetto.

**No, un tale trattamento è fuori dagli scopi di S5: il trattamento del near field deve rimanere a portata ingegneristica, quindi relativamente semplice (indicativamente: amplificazione dello SRS di riferimento per effetto dell'impulso di velocità causato dalla direttività della frattura, in misura cautelativa, e intervallo di periodi in cui l'amplificazione avviene)**

Per i Task 4 e 5 si raccomanda una effettiva integrazione con gli altri Tasks in altri progetti che si occupano di tematiche simili, se non identiche.

**La misura di tale integrazione sarà più chiaramente definita nella fase di avvio dei progetti**

Si raccomanda di non costruire modelli e alberi logici alternativi per il calcolo della pericolosità sismica (Task 6), compito che esula dalle competenze e capacità di una singola UR, ma di utilizzare appieno le risorse già disponibili nel progetto S1, e più specificatamente di affidare al progetto S1 il calcolo della pericolosità sismica in termini di spostamento, allo scopo di assicurare la compatibilità di tutti i prodotti finali di pericolosità.

**Questo era l'intendimento, e così sarà fatto.**

Questa soluzione avrebbe anche il vantaggio di ufficializzare i prodotti ottenuti e di non lasciarli solo come prodotto di una singola UR.

Le richieste in termini di personale appaiono per alcuni Tasks irrealisticamente limitate rispetto agli obiettivi prefissati. Ad esempio, i colleghi in California e Giappone sarebbero felici di sapere che nel Task 5 ci si prefigge, tra tanti altri obiettivi, anche la modellazione di scenari di scuotimento per il bacino di Los Angeles e di Osaka, usando modellazioni numeriche 2D e dati di ingresso realistici, il tutto con 6,5 mesi di personale sparsi tra tre UR. Si raccomanda di fornire stime più realistiche o di riadattare gli obiettivi del progetto.

**L'impressione avuta dal referee è in realtà più pessimistica del dovuto (vanno tenuti in conto anche i mesi/persona di borsisti): le simulazioni saranno condotte su una serie di modelli 2D alquanto semplificati. Per la validazione su un bacino come quello di Osaka, vi sono già in letteratura modelli 2D di questo tipo che faciliteranno notevolmente la bisogna. Quanto all'eccitazione, si useranno rappresentazioni compatibili con la semplificazione nei modelli di bacino.**