

## **BOZZA – Progetto S1**

proponente : Andrea Argnani, ISMAR-BO, CNR

### **Premessa.**

Questa bozza di progetto e' stata preparata in condizioni non ottimali, sia per la brevità del tempo a disposizione, sia per la contingenza tragicamente sfavorevole del terremoto di Finale Emilia, che ha impegnato molti ricercatori.

Come commento generale al documento inviatomi, che rappresentava le linee guida del progetto, trovo positiva la filosofia dell'approccio: l'indicazione delle aree e dei temi di puntuale interesse per la Protezione Civile evita la naturale dispersione delle ricerche alla quale e' incline la comunita' scientifica; la divagazione scientifica e' talora un elemento positivo ma non sempre risulta opportuno nei progetti con finalita' applicative. Devo tuttavia rilevare che l'ideale completamento di questo approccio sarebbe stato quello di esporre alla comunita' scientifica, attraverso un bando, le linee guida individuate, allo scopo di raccogliere proposte di ricerca complete di richieste finanziarie. Il compito del Direttore di Sottoprogetto sarebbe stato, in questo caso, quello di valutare e selezionare le proposte piu' appropriate alle finalita' del progetto, cercando di modularle e armonizzarle al meglio. La presente modalita', nella quale il candidato Direttore di Sottoprogetto deve costruire le Unità di Ricerca assemblando ricercatori appartenenti a numerosi enti, risulta invece molto problematica, soprattutto se i tempi a disposizione sono stretti. Inoltre, quanto contenuto nelle linee guida rappresenta un ottimo prodotto sul quale basare un progetto triennale; diventa invece difficile cercare di collocare le ricerche e realizzare i prodotti attesi nell'arco di un solo anno. Nel cercare di assemblare un progetto che rispondesse alle linee guida e alle aspettative di prodotti fruibili, da un lato, e al limitato tempo a disposizione, dall'altro, ho indicato in maniera a volte generica gruppi e unita' di ricerca, senza soffermarmi sui nominativi dei singoli ricercatori; questo aspetto verra' migliorato nel programma piu' dettagliato che eventualmente seguira'.

La suddivisione finanziaria risulta al momento di difficile definizione e si rimanda il suo inserimento nel progetto esteso e dopo una discussione piu' approfondita con i gruppi di ricerca che parteciperanno al progetto.

Infine, come acknowledgement, devo far presente che ho fatto ampio uso del materiale inviatomi dal CdP, che e' risultato particolarmente prezioso, per la stesura di questa proposta.

### **S1-a. Definizione a scala regionale dei modelli di velocità e dei volumi simogenici della Pianura Padana**

#### **Motivazioni e Studi pregressi**

Il recente terremoto di Finale Emilia ha portato alla ribalta le problematiche sismotettoniche della Pianura Padana. Quest'area era caratterizzata da una sismicita' strumentale relativamente blanda ma con terremoti storici di una certa entita'. Le strutture tettoniche presenti nel sottosuolo padano sono state individuate e mappate con un certo dettaglio attraverso i dati dell'esplorazione petrolifera (es. Argnani et al., 2003; Cartografia Regione Emilia-Romagna). Tuttavia, l'attribuzione dei maggiori eventi storici a specifiche strutture resta ancora tentativa. Per quanto riguarda i sovrascorrimenti frontali presenti nel sottosuolo della Pianura Padana, va sottolineato che molte evidenze geologiche suggeriscono una loro progressiva disattivazione dal Pleistocene medio-superiore, mentre la sismicita' strumentale più rilevante, prime degli eventi dei giorni scorsi, era generalmente localizzata a profondità superiori ai 15 km (Chiarabba et al., 2005), ovvero a profondità maggiori degli scollamenti presenti in pianura alla base della successione sedimentaria mesozoico-terziaria. Terremoti relativamente profondi sono anche localizzati sotto a parte frontale della catena appenninica, dove la presenza di una rampa crostale, cieca e fuori sequenza, viene considerata la struttura più attiva nel pede-Appennino (Argnani and Frugoni, 1997; Picotti e Pazzaglia, 2008).

Un aspetto fondamentale per la caratterizzazione sismogenica delle strutture padane, che hanno nell'insieme un'estensione laterale di parecchie decine di chilometri, riguarda la loro segmentazione. A grande scala la forma arcuata dei fronti presenti nel sottosuolo della Pianura Padana suggerisce la presenza di zone di trasferimento caratterizzate principalmente da rampe oblique-laterali (es. Calassou et al., 1993). Tali zone sono spesso controllate dalla pre-esistente architettura stratigrafica-strutturale ereditata dalle fasi tettoniche precedenti, e possono rappresentare degli importanti limiti meccanici tra segmenti adiacenti. L'evoluzione

del recente terremoto suggerisce che questa segmentazione può essere presente anche ad una scala minore. L'individuazione e la caratterizzazione di singoli segmenti e dei loro rapporti con i segmenti contigui sono pertanto di cruciale importanza per una migliore comprensione della sismogenesi di tali strutture tettoniche e può essere investigata attraverso lo studio dei dati di sottosuolo, possibilmente integrati dalle informazioni della sismologia storica.

La struttura crostale dell'area è descritta solo da modelli a scala europea (es. Molinari and Morelli, 2011), con risoluzione non adeguata per studi locali. Esistono anche studi tomografici basati sulle onde P, ma sono arealmente incompleti. Informazioni sulla struttura crostale della zona sono stati ricavati con le receiver functions che danno buone indicazioni sulla profondità delle interfacce, come la Moho, ma presentano una notevole incertezza: non riescono a dare una risposta univoca alla struttura di velocità rispetto alla profondità. Un'altra carenza rilevante riguarda i modelli di velocità delle onde S della crosta sufficientemente dettagliati. Ciò limita notevolmente la possibilità di valutare gli effetti delle onde di superficie, maggiormente influenzate dalla struttura S crostale, in particolare nei grandi bacini sedimentari come la Pianura Padana. Per quanto riguarda il mantello, esistono diversi modelli a scala europea (e.g. EPmantle, Schivardi e Morelli, 2011), ma presentano sempre una bassa risoluzione (110 km x 110 km). In sintesi, il modello di velocità delle onde sismiche nell'Italia settentrionale è poco noto. Approfondire le nostre conoscenze su questo soggetto è fondamentale per avere localizzazioni di eventi sismici meno incerte, e per avere una migliore conoscenza delle strutture del sottosuolo, e quindi delle strutture sismogeniche stesse.

Una notevole mole di dati GPS è disponibile nella Pianura Padana e nelle aree limitrofe (es. Devoti et al., 2010), anche se è opportuna una revisione complessiva per uniformare i risultati. L'integrazione dei dati GPS con quelli InSAR potrebbe offrire interessanti sviluppi per la definizione del campo di velocità, della deformazione e degli sforzi e loro variazione con la profondità. I dati necessari sono generalmente disponibili, ma è necessaria una loro aggregazione per definire una mappa della deformazione in corso ed individuazione delle zone dove la deformazione si concentra.

### **Metodologie/prodotti attesi**

- a1. Per costruire un modello di velocità 2D/3D è fondamentale completare gli studi tomografici utilizzando tutti i dati geologici e sismologici (attivi e passivi) disponibili inclusi i dati di pozzo, come quelli desunti dalla revisione (parzialmente già effettuata nei progetti scorsi) della rete di profili sismici per esplorazioni petrolifere (settore di pianura) al fine di vincolare/ricostruire le strutture nei primi chilometri. Costruzione di una banca dati dei parametri petrofisici da dati di pozzo.
- a2. La possibilità di studiare in dettaglio la struttura dell'Italia settentrionale è anche limitata dalla relativamente scarsa sismicità. I recenti sviluppi di tomografie da dati di rumore sismico possono sopperire a questo *gap*, almeno per quanto riguarda la struttura crostale e sub-crostante. Uno studio delle onde di superficie permetterebbe di ottenere un modello per il mantello superiore.
- a3. Rilocalizzazione della sismicità strumentale mediante il nuovo modello di velocità e individuazione di zone a maggior rilascio sismico, *cluster* sismici e una generale migliore definizione della distribuzione della sismicità.
- a4. Definizione del data set di forme d'onda broadband utilizzando i dati della rete sismica nazionale INGV. Calcolo delle curve di dispersione delle velocità di gruppo delle onde di superficie (Love e Rayleigh). Modello di velocità della regione, da utilizzare per l'inversione dei tensori momento degli eventi della sequenza, nella banda di frequenza 0.01-0.1 Hz. Data base di tutti gli eventi con  $M_l \geq 3.0$  e 3) e tensori momento di tutti gli eventi che supereranno il test dell'inversione delle forme d'onda.
- a5. Studio dei rapporti  $V_p/V_s$  e della loro variazione nel tempo per la sequenza sismica di Finale Emilia. Lo studio potrebbe fornire interessanti informazioni sulla presenza di fluidi e sul loro ruolo nell'evoluzione delle faglie, possibilmente evidenziando la presenza di segmentazioni.
- a6. Mappa della deformazione e dello sforzo in corso nella Pianura Padana, mediante elaborazione di dati geodetici, InSAR e dati di sforzo (da pozzo, meccanismi focali, ecc.).
- a7. Modellazione analogica e numerica, vincolata con i modelli di velocità di deformazione, per analizzare il comportamento e l'evoluzione recente delle due fasce collisionali (Sudalpino ed Appennino settentrionale) e della crosta di Adria

*applicabilità-fruibilità immediata*

Un miglioramento delle conoscenze del sottosuolo di un ampio settore dell'Italia settentrionale avrebbe ricadute importanti sotto molti aspetti sia a breve che a medio termine. Oltre a migliorare i cataloghi sismici esistenti, permetterà un maggior dettaglio nelle analisi sismologiche future (localizzazione, meccanismi di sorgente, tomografie, ecc.). Inoltre, un modello geologico di maggior dettaglio permetterà anche di meglio indirizzare le future ricerche.

## **S1-b. Miglioramento delle conoscenze sul potenziale sismogenico di faglie attive nell'area padana**

### **Motivazioni e studi pregressi**

#### **Il Montello**

I tratti della Pianura Padana nei pressi della fascia sudalpina, soprattutto per le Alpi centro-orientali, sono ad alta densità di popolazione e di attività antropiche. Le conoscenze sul loro potenziale sismogenico è tuttavia ancora scarso. Il Montello può rappresentare una zona test per procedere a uno studio metodico di questa fascia pedemontana; in quest'area, infatti, le informazioni necessarie per costruire un modello sismogenico sono, almeno in parte già, raccolte. Il Montello è adatto poichè è la struttura geomorfologica più evidente della zona di interesse e potrebbero essere usati molti dei dati sismologici, geofisici e geomorfologici già acquisiti. Negli anni successivi, considerando il respiro triennale del progetto, si potranno applicare le procedure utilizzate ed estendere e i risultati ottenuti anche alle strutture adiacenti lungo tutto il sudalpino. Nel caso specifico della zona del Montello, le conoscenze di carattere geologico, geomorfologico e tettonico sono avanzate (es. Burrato et al., 2009; Benedetti et al., 2000; Galadini et al., 2005). La sismicità storica documenta un paio di terremoti di  $M > 6$  nel passato che sarebbe bene poter associare ad una delle strutture tettoniche note della zona. Per es. il terremoto di Asolo del 1695 potrebbe essere associato o alla faglia del Montello oppure al fronte alpino *sensu strictu*. Negli ultimi anni sono stati raccolti molti dati sismologici e geodetici nell'area (OMBRA Project group, 2011; Serpelloni e Cavaliere, 2010), la cui elaborazione permetterà una migliore discriminazione tra le faglie attive o meno della zona.

#### **Strutture sepolte dell'Arco Ferrarese**

Il sistema di sovrascorrimenti dell'Arco Ferrarese rappresenta la struttura tettonica più esterna dell'Appennino Settentrionale. Il sistema di faglie ha una geometria arcuata, una lunghezza complessiva di quasi 100 km ed è composta da diversi segmenti a medio e basso angolo, tutti completamente sepolti dai depositi tardo quaternari. A tale struttura, sono stati associati alcuni terremoti storici moderati (es. Ferrara 1570-1575 e Argenta 1624; Toscani et al. 2009), e il potenziale sismogenico della struttura si è purtroppo manifestato nel recente terremoto di Finale Emilia del 20 Maggio 2012 e giornate successive. Tenuto conto dell'attuale contesto socio-economico dell'area, è evidente la necessità di vincolare i principali parametri sismotettonici (geometrici, cinematici, dinamici e temporali) al fine di migliorare le stime sulla pericolosità sismica associata. Di particolare interesse potrebbero essere rilievi di sismica a riflessione ad alta risoluzione da effettuarsi nella parte frontale delle strutture ferraresi; tali rilievi consentirebbero di verificare le geometrie degli eventuali strati di crescita che registrano l'attività della struttura.

#### **Appennino Romagnolo**

Di tutta la regione padana, il settore romagnolo dell'Appennino Settentrionale è quello caratterizzato dalla maggior vivacità sismica sia strumentale che storica e le numerose infrastrutture e il tessuto industriale della regione pongono, da questo punto di vista, seri problemi di vulnerabilità. Ciononostante le nostre conoscenze sulle strutture sismogeniche sono piuttosto scarse. Scopo principale di questa linea di ricerca è quello di individuare e possibilmente parametrizzare le maggiori faglie capaci presenti nell'area al fine di poter effettuare valutazioni di pericolosità sismica più vincolate (e realistiche). Numerose evidenze geologico strutturali, stratigrafiche, morfologiche e geofisiche permettono di documentare l'attività tettonica tardo quaternaria di vasti settori dell'Appennino romagnolo (e.g. Amorosi et al., 1996; Argnani et al., 2003a; Vannoli et al., 2004; Massoli et al., 2006). Sulla base di tali evidenze, infatti, è stato possibile individuare le principali strutture tettoniche (Cartografia Regione Emilia-Romagna), ma soltanto per alcune di esse è stato possibile raccogliere sufficienti informazioni per poterle caratterizzare anche da un punto di vista sismotettonico. In particolare, per molte delle strutture che mostrano una generica attività quaternaria non si conoscono ancora, o non sono stati quantificati con sufficiente precisione, i principali parametri sismotettonici. Inoltre, per molti terremoti storici e finanche strumentali (es. sequenza sismica del 2000 nel forlivese; Pondrelli et al., 2006) non è nota la sorgente sismogenica e/o la natura geologico-strutturale dell'area sorgente non è stata compiutamente compresa.

### **Metodologie/prodotti attesi**

- b1. Localizzazione della sismicità della zona del Montello, con maggiore precisione rispetto agli eventi presenti nei Bollettini, se si potranno usare insieme i dati di reti temporanee e permanenti attive nella zona e utilizzare i modelli di velocità delle onde sismiche prodotti nell'ambito del progetto.
- b2. Definizione della distribuzione della deformazione e dello sforzo nell'area del Montello (usando dati GPS, InSAR e di sforzo attivo) attraverso le strutture tettoniche della zona; confronto con modelli numerici per identificare su quali strutture si espleta la deformazione attuale. Anche questi punti dovrebbero essere sviluppati con i risultati a più ampio respiro di S1a..
- b3. Indagini morfotettoniche sui terrazzi fluviali dei principali corsi d'acqua dell'Appennino romagnolo ed analisi morfometriche dei principali indici per meglio definire alcuni parametri sismotettonici e al fine di aggiornare i database delle faglie attive.
- b4. Modellazione numerica per riprodurre ed analizzare i movimenti (verticali) recenti osservati con altre tecniche nell'Appennino romagnolo e modellazione analogica per vincolare la geometria, la cinematica e l'evoluzione cronologica (relativa) delle strutture contrazionali sepolte (in sinergia con il sottoprogetto S1-a).
- b7. Indagini stratigrafiche di dettaglio dei depositi (tardo pleistocenici-)olocenici nell'area epicentrale del terremoto di Ferrara (anticlinale di Casaglia) per evidenziare movimenti verticali differenziali recenti. Rilievi di sismica a riflessione ad alta risoluzione nella parte frontale dell'anticlinale di Casaglia. Tali indagini permetteranno di aggiornare il database delle faglie attive.
- b6. Rivisitazione terremoti storici riconosciuti nelle aree del Montello, della Pianura Padana e dell'Appennino Romagnolo.
- b7. Inversione di dati macrosismici per la definizione di aree sorgenti di alcuni terremoti della Pianura Padana e del Montello.
- b8. Creazione di mappe e parametrizzazione delle faglie attive nelle aree studiate al fine di rivalutare la pericolosità; dati da utilizzare nei progetti S2.

### *applicabilità-fruibilità immediata*

Il miglioramento delle conoscenze su specifiche strutture sismogeniche permetterà di migliorare le stime di pericolosità sismica (eventualmente in sottoprogetti S2 del prossimo anno) e di esportare gli approcci metodologici ed i risultati ad altre faglie attive o capaci caratterizzate da un contesto geologico-geodinamico confrontabile.

## **S1-c. Miglioramento delle conoscenze sismotettoniche nel settore calabro-lucano (Bacino del Mercure, area del Pollino e Sannio-Beneventano)**

### **Motivazioni e studi pregressi**

Lo scopo principale di questa linea di ricerca è quello di migliorare le conoscenze sul quadro sismotettonico del settore Calabro-Lucano, individuando le principali faglie attive o capaci e possibilmente quantificando il maggior numero di parametri sismotettonici. In quest'area anche la struttura crostale necessita di adeguati studi di approfondimento, in particolare i modelli di velocità delle onde sismiche non risultano di adeguata risoluzione nel settore specifico. Un adeguato refining a tal riguardo è cruciale per la caratterizzazione delle strutture sismogeniche

A partire dalla seconda metà del 2010 il confine calabro-lucano è stato interessato da una consistente attività sismica con modalità di accadimento a sciame, caratterizzata da fasi alterne di incremento e diminuzione del tasso di eventi, seppur con magnitudo relativamente basse (valore massimo 3.6). Tale attività è stata contraddistinta sino ad oggi da oltre 6000 eventi registrati, un migliaio dei quali localizzati in via preliminare, e contribuisce in modo significativo ad offrire l'opportunità di studi ed approfondimenti in un'area meritevole di adeguata attenzione, nella quale i cataloghi sismici strumentali e storici riportano eventi di magnitudo superiore a 5, con effetti macrosismici sino al VII-VIII MCS, come ad esempio il "terremoto di Viggianello" del 1894 (Baratta, 1896) e l'evento di Castelluccio del Settembre 1998, oggetto di molteplici indagini.

Le due aree di maggior interesse riguardano il Bacino del Mercure e la Faglia del Pollino.

Il Bacino del Mercure costituisce una depressione intramontana colmata da due sequenze distinte di depositi lacustri e di conoidi di età Pleistocene inferiore-medio e Pleistocene medio-superiore, rispettivamente. Dal punto di vista geologico-strutturale è caratterizzato da deformazione estensionale, attiva a partire dal Pleistocene medio-superiore con direzione SW-NE, che si è sovrapposta su un'attività a carattere trascorrente sinistro lungo strutture orientate circa N120°E e che avrebbero controllato le prime fasi di strutturazione della depressione tettonica (Marra, 1998). In particolare, la struttura principale è rappresentata dal sistema di faglie di Castelluccio-Viggianello, immergenti verso SW, che borda verso nord-est il bacino (v. anche Bousquet, 1973; Ghisetti & Vezzani, 1983; Monaco et al., 1995) separandolo dai carbonati mesozoici, ritenuto attivo e responsabile del terremoto del 1998 (Michetti et al., 2000). Altre strutture meno evidenti sono state identificate nell'area di Rotonda, all'interno del bacino, sulla base di analisi morfotettonica sui reticoli fluviali (Ghisetti & Vezzani, 1983; Marra, 1998). In contrasto con il suddetto quadro strutturale, De Martini (1996) e il catalogo DISS propongono l'occorrenza di una faglia normale cieca, orientata NNW-SSE, lunga 22 km e immergente verso ENE (Faglia del Mercure).

Verso SE il sistema di faglie normali continua con la faglia del Pollino (v. anche Bousquet, 1973; Ghisetti & Vezzani, 1983; Monaco et al., 1995; Michetti et al. 1997), che immergendo verso SW borda il fronte dell'omonimo massiccio calcareo, dando luogo ad una serie di conoidi alluvionali coalescenti del Pleistocene superiore-Olocene. Si tratta di un settore a bassa sismicità, da molti autori considerato di "gap sismico" anche se caratterizzato da paleo-terremoti (Michetti et al., 1997), che fa da barriera verso nord a un'altra struttura riportata nel catalogo DISS (faglia di Castrovillari, Cinti et al., 1997) che con lunghezza di 15 km, direzione NNW-SSE e immersione verso SW, viene considerata la sorgente sismogenica più importante dell'area.

Nell'area del confine calabro-lucano, già dalla fase iniziale dell'attività sismica del 2010, ad integrazione delle stazioni permanenti INGV e UniCal è in funzione un sistema temporaneo di monitoraggio sismico costituito da tre stazioni UniCal e da cinque stazioni attrezzate con materiale INGV gestite da UniCal. Analisi dei dati delle varie stazioni permanenti e temporanee su scala locale sono regolarmente effettuate presso UniCal. A questi dati si aggiungono le campagne del progetto CAT/SCAN e del progetto SAPTEX. Il progetto CAT/SCAN, coordinato da LDEO ha portato all'installazione a fine 2003 di 41 stazioni sismiche digitali a 3 componenti, quasi tutte con sensori wide-band, di cui 21 in Calabria Settentrionale e 20 distribuite tra Basilicata, Campania e Puglia. Tale sistema di monitoraggio è rimasto attivo nella forma originale fino all'estate 2006, successivamente è stato notevolmente ridimensionato. Il database completo, contenente le registrazioni di alcune migliaia di eventi, è disponibile presso UniCal, ove sono anche state eseguite analisi dei dati a vari livelli di avanzamento. Il progetto SAPTEX (Southern APennines Tomographic EXperiment), INGV ha portato all'installazione di un array sismico temporaneo per la

definizione della struttura della crosta e del mantello superiore nell'Appennino Meridionale (un numero compreso tra 5 e 12 stazioni sismiche a 3 componenti operanti tra giugno 2001 e dicembre 2004).

### **Metodologie/prodotti attesi**

- c.1. Indagini geodetiche della rete GPS recentemente migliorata per meglio definire il campo degli spostamenti e delle deformazioni locali al fine di produrre corrispondenti mappe (traiettorie delle deformazioni e degli sforzi) ed individuare le zone/fasce a maggior deformazione.
- c.2. Indagini geologico-strutturali in aree selezionate (da concentrare su terreni quaternari) effettuando analisi mesostrutturali sistematiche su aree selezionate per ricostruire l'orientamento degli assi principali della deformazione (sforzo) ed evidenziare le maggiori fasce deformative (spesso polifasate) e la cinematica più recente delle strutture.
- c.3. Analisi di dettaglio della sismicità strumentale recente che permetterà il perfezionamento delle conoscenze disponibili sulla struttura crostale nell'area di interesse per produrre un nuovo modello di velocità 3D mediante inversione di dati sismici (tomografia, receiver functions, etc) ma tenendo conto di tutti i dati geologici e geofisici disponibili.
- c.4. Analisi della distribuzione spaziale della sismicità con tecniche di localizzazione ipocentrale preferibilmente non-lineari e verifica della significatività dei sismolineamenti, inversione di forme d'onda sismiche per la stima dei meccanismi focali in particolare per eventi di magnitudo medio-bassa, determinazione dei campi di sforzo potenzialmente sismogenici e di deformazione sismico.
- c.5. Analisi integrata e sintesi delle varie informazioni geofisiche e geologiche ai fini dell'individuazione e caratterizzazione delle locali strutture sismogeniche, nella prospettiva di un aggiornamento dei cataloghi con particolare riferimento a DISS. In particolare, i) la determinazione dei tassi di deformazione delle strutture identificate, ii) l'analisi delle possibili relazioni tra strutture e sismicità storica, iii) la comparazione con gli sforzi derivati da dati sismologici, iv) l'interpretazione dei dati geodetici da comparare con le principali strutture sismogeniche identificate.

### *applicabilità-fruibilità immediata*

1. Il prodotto c.2. (analisi mesostrutturali) permetterà di stimare/prevedere la cinematica delle maggiori faglie permettendo di stabilire la *slip-tendency* e, quindi, di migliorare la parametrizzazione sismotettonica nel catalogo delle faglie attive.
2. Il prodotto c.1. (traiettorie sforzi/deformazione) forniscono indicazioni sui processi dinamici e sul comportamento cinematico del settore e si integrano proficuamente con le informazioni provenienti dalle analisi geologiche, contribuendo agli stessi scopi.
3. Il modello di velocità 3D (prodotto c.3) rappresenta uno strumento fondamentale in particolare ai fini dell'implementazione del catalogo sismico, portando notevoli benefici alla localizzazione degli eventi (anche futuri).
4. I risultati dell'analisi di dettaglio della sismicità strumentale recente (prodotto c.4) potranno essere immediatamente inseriti nei vari cataloghi della sismicità nazionale contribuendo al loro miglioramento.
5. I risultati dell'analisi integrata e sintesi dei dati geologici e geofisici (prodotto c.5.), contribuendo al miglioramento delle conoscenze delle strutture sismogeniche nell'area ed all'arricchimento del DISS, produrrà benefici per le future stime di pericolosità. Il riconoscimento e la caratterizzazione sismotettonica delle faglie attive, alla base di ogni stima realistica della pericolosità sismica, costituisce un passaggio obbligato per la riduzione del rischio, sia con riferimento alle aree urbanizzate sia in relazione agli aspetti della vulnerabilità di infrastrutture primarie come le linee ferroviarie ed autostradali che attraversano l'area, mettendo in comunicazione la Calabria e con il resto d'Italia.

## S1-d. Affinamento delle tecniche di indagine in geologia dei terremoti

### **Motivazioni**

Lo studio di una struttura sismogenica ben identificata attraverso diverse metodiche offre, in linea di principio, la possibilità di investigare la sua natura a diverse scale e di definirne l'evoluzione temporale. Questo approccio integrato, seppur auspicabile, si ritrova molto limitatamente in letteratura, a volte per la mancanza di competenze trasversali del gruppo di lavoro, a volte, più spesso, per la mancanza di finanziamenti adeguati. Da un lato resta pertanto difficile valutare quale sia realmente il rapporto costi/benefici di un tale approccio; dall'altro, non è facile decidere a priori quale combinazione di metodologie sia ottimale alle finalità dello studio. L'opportunità di effettuare lo studio integrato di una struttura test potrebbe quindi offrire delle linee guida di grande utilità per ogni futura applicazione.

Le competenze necessarie per effettuare uno studio integrato sono presenti nella comunità scientifica nazionale. Per il carattere applicativo di questa linea di ricerca è necessaria un'attività di campagna corredata da eventuali successive analisi; i tempi e i costi di queste attività rendono difficile finalizzare lo studio di più di una struttura nell'arco dell'anno a disposizione del progetto. Un'alternativa da percorrere potrebbe essere quella di cercare di completare l'integrazione per strutture già in parte studiate con approcci multidisciplinari (es. Pergola-Melandro e Valle di Diano). Altre strutture di interesse possono poi essere investigate nell'ottica di una triennialità di azione del progetto, beneficiando eventualmente delle esperienze e dei risultati del primo anno di studi.

La scelta di una struttura da investigare attraverso l'approccio integrato dovrebbe essere basata sulla comprovata attività tettonica, sulla attribuzione di terremoti storici o strumentali e sulla presenza di studi progressi. Quest'ultimo punto va anche nella direzione di ridurre i costi.

Le due strutture di seguito descritte potrebbero essere di interesse. L'area immediatamente a sud del Massiccio del Pollino è caratterizzata da un potenziale sismogenetico importante legato alla presenza della faglia del Pollino estesa in direzione ca EW, e della faglia di Castrovillari con direzione ca NS. Entrambe le strutture sono state riconosciute come sismogenetiche e studi paleosismologici hanno evidenziato l'occorrenza di eventi di fagliazione superficiale in epoca medioevale. Di contro il catalogo storico non indica terremoti di elevata magnitudo. Così ponendo l'area tra le zone più calde della Penisola dal punto di vista della pericolosità sismica. Inoltre da pochi giorni l'attività sismica ha registrato un incremento proprio in prossimità dell'abitato di Castrovillari con un picco di M4.3.

L'area immediatamente a nord del Massiccio del Pollino, è sicuramente meno definita ma il suo potenziale sismogenetico è testimoniato dall'occorrenza di un terremoto di M5.6 avvenuto nel 1998 nel bacino del Mercure. Inoltre nel 2011 l'area è stata interessata da una sequenza sismica sostenuta con magnitudo prossima a 4.

Strutture potenzialmente interessanti, come la Faglia di Scorciabuoi, Pergola-Melandro e la Faglie del Mercure potrebbero essere investigate successivamente, considerando il respiro triennale del progetto.

L'aspetto critico sul quale lo studio dovrebbe focalizzarsi riguarda la ricostruzione dei tassi di movimento lungo la faglia, dal quale poi ricavare considerazioni sui tempi di ricorrenza degli eventi. Allo scopo sono necessarie datazioni radiometriche di vario tipo che comportano accurati campionamenti e soprattutto costi relativamente alti. Nella suddivisione dei finanziamenti generali del progetto sarà opportuno valutare quanto è possibile dedicare a questa linea di ricerca, che viene ritenuta di grande importanza.

### **Metodologie/prodotti attesi**

- d.1. Il principale prodotto atteso è rappresentato dalla validazione delle diverse tecniche utilizzate nella geologia dei terremoti per parametrizzare da un punto di vista sismotettonico le faglie attive.
- d.2. In secondo luogo, questa linea di ricerca permetterà un aggiornamento del database delle faglie attive con tutte le informazioni acquisite per le strutture selezionate da utilizzare per una rivalutazione della pericolosità
- d.3. Effettuare profili di sismica a riflessione ad alta/issima risoluzione in prossimità della tomografie elettriche già effettuate; ciò permetterebbe un'indagine superiore permettendo di meglio vincolare la geometria della struttura in profondità.



- d.4. Utilizzare altre tecniche di prospezione geofisica (es. GPR e metodologie di prospezioni elettriche ed elettromagnetiche, quali il metodo del Potenziale Spontaneo, la Tomografia di Resistività Elettrica ad alta risoluzione superficiale e profonda, il metodo Magnetotellurico, con diverso potere risolutivo e profondità di esplorazione) finalizzate al confronto dei diversi livelli di risoluzione.
- d.5. Effettuare alcuni carotaggi (metrici-decametrici) a cavallo della faglia per calibrare i dati geofisici e per evidenziare variazioni di spessore e di facies dei sedimenti recenti.
- d.6. Scavo di (almeno) una trincea paleosismologica per analizzare gli ultimi eventi sismici (rigetto, età, periodo di ritorno eventi, ecc.).
- d.7. Datazione  $^{14}\text{C}$  in materiale nei sedimenti sintettonici per ottenere vincoli temporali.
- d.8. Analisi degli isotopi cosmogenici terrestri ( $^{36}\text{Cl}$ ), integrate con analisi delle abbondanze relative di terre rare su porzioni della *free-face* sviluppata in substrato roccioso al fine di individuare rigetti co-sismici ed eventualmente datare gli ultimi eventi occorsi.
- d.9. Misure di emissioni radon lungo transetti perpendicolari le faglie selezionate per verificare le possibili connessioni con sorgenti gassose profonde e, quindi, la continuità strutturale della zona di faglia.

#### *applicabilità-fruibilità immediata*

I risultati ottenuti da questa linea di ricerca avranno una doppia fruibilità immediata. La prima è rappresentata dal miglioramento delle conoscenze specifiche di una-due strutture sismogeniche selezionate e ciò contribuirà ad un miglioramento ed arricchimento del DISS permettendo con evidenti ricadute sulle future stime di pericolosità.

In secondo luogo, una attenta analisi dei risultati prodotti dai diversi approcci metodologici, in termini di quantità e qualità delle informazioni fornite e del rapporto costi-benefici, permetterà di affinare le strategie di indagine su strutture sismogeniche simili e potranno meglio indirizzare le scelte nell'ambito dei progetti (S1) dei prossimi anni.