

ANALISI DEL RAPPORTO “ON THE POTENTIAL FOR INDUCED
SEISMICITY AT THE CAVONE OILFIELD: ANALYSIS OF
GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA, AND
GEOMECHANICAL MODELING” di L. Astiz, J.H. Dieterich, C.
Frohlich, B.H. Hager, R. Juanes e J.H. Shaw.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Roma, 18 luglio 2014

Introduzione

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è stato incaricato dal Ministero dello Sviluppo Economico (Registro Ufficiale MISE n. 0016607 del 10/07/2014) di fornire un contributo alla validazione dei modelli elaborati nel succitato Rapporto "ON THE POTENTIAL FOR INDUCED SEISMICITY AT THE CAVONE OILFIELD: ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA, AND GEOMECHANICAL MODELING." di L. Astiz, J.H. Dieterich, C. Frohlich, B.H. Hager, R. Juanes e J.H. Shaw..

Per ottemperare al compito assegnato è stato predisposto all'interno dell'INGV un Gruppo di Lavoro che ha lavorato in maniera intensa all'analisi del modello, tenendo in conto la tempistica richiesta per l'analisi stessa. Il Gruppo di Lavoro è costituito dai dottori:

Claudio Chiarabba	Direttore della Struttura Terremoti (Coordinatore)
Paolo Papale	Direttore della Struttura Vulcani
Luigi Improta	Responsabile della Linea di Attività "Sismicità Indotta" della Struttura Terremoti
Mimmo Palano	Ricercatore esperto sul tema della sismicità indotta
Mattia De Micheli Vitturi	Ricercatore esperto di modelli fluido-dinamici e meccanici

La filosofia che il Gruppo di Lavoro ha seguito è stata quella di analizzare e validare le procedure generali del lavoro, le metodologie utilizzate nelle diverse fasi di analisi, la consistenza e la congruenza dei dati utilizzati, e di verificare la coerenza delle analisi in relazione ai dati usati.

Non è stata, in questa fase, eseguita una validazione dei risultati, in quanto sarebbe stato necessario riprocessare in maniera indipendente i dati e rielaborare i modelli. Sono stati comunque considerati i risultati ottenuti alla luce delle conoscenze generali dell'INGV sul tema, sui metodi e, nello specifico, sulla conoscenza della sequenza sismica Emiliana del 2012.

L'analisi del modello è avvenuta anche attraverso una riunione di lavoro tenutasi in teleconferenza il giorno 15 luglio, durante la quale i Professori sono stati a disposizione del Gruppo di Lavoro per rispondere a domande sollevate sul documento precedentemente ricevuto in bozza.

Lo studio è costituito da quattro capitoli per i quali, di seguito, vengono formulate le nostre considerazioni.

Capitolo 1 Tectonic framework of the Emilia Romagna region.

In questo capitolo sono descritti in maniera rigorosa, completa e facendo riferimento alle principali fonti di letteratura: *i)* l'assetto tettonico della regione, *ii)* la sismicità storica della regione, *iii)* i terremoti principali della zona (in particolare l'evento di Ferrara del 1570), *iv)* la struttura crostale sepolta della zona di Cavone, *v)* l'attività tettonica come evidenziata dagli studi geologici.

In particolare, la rielaborazione e le numerose linee sismiche presenti nell'area hanno permesso la costruzione di un modello di sottosuolo dell'alto strutturale di Cavone, della faglia di Mirandola e del suo rapporto con le strutture adiacenti, in parte innovativo rispetto agli studi precedenti. Questa nuova proposizione è in linea con i dati sismologici descritti in occasione della sequenza sismica da diverse fonti e riassunti nel documento.

Viene quindi proposta una sintesi sismotettonica effettuata integrando i dati sismologici, geologici e geodetici in linea con quanto noto. I punti salienti delle conclusioni del capitolo sono:

- Non continuità tra la struttura sepolta di Cavone e il "middle thrust ferrarese", ovvero la struttura che ha generato il terremoto del 20 Maggio 2012;
- L'evento del 29 Maggio è avvenuto sulla faglia di Mirandola, la cui geometria è descritta dalle linee sismiche come una faglia immergente verso sud con un dip di 60°;
- La faglia di Mirandola e le adiacenti hanno chiare evidenze geologiche di attività nell'ultimo milione di anni; eventi come quelli avvenuti nel 2012 sono consistenti con l'evoluzione della struttura nelle ultime centinaia di migliaia di anni;
- La deformazione indicata dai dati GPS è in accordo con i dati geologici sull'evoluzione della zona;
- I terremoti del 2012, insieme a quello del 1570, descrivono una sequenza di rotture su faglie adiacenti (segmenti indipendenti).

Il risultato generale del capitolo è che i terremoti del 2012 sono in linea con l'evoluzione tettonica della regione e con i tassi di deformazione.

Il modello tridimensionale del sottosuolo prodotto diviene il modello statico di riferimento per le successive modellazioni dinamiche (*capitolo 4*). Rispetto al modello di sottosuolo presentato nel rapporto della commissione Ichese si notano delle differenze interpretative della geometria della faglia di Mirandola in profondità.

La disponibilità, maturata in questo contesto, di un numero elevato di sezioni sismiche di alta qualità ha permesso dei vincoli diversi e maggiori sulla struttura del sottosuolo. La buona correlazione con i dati sismologici (meccanismo focale della scossa del 29 Maggio) rende inoltre la definizione geometrica proposta in questo lavoro ulteriormente vincolata.

Alcuni dettagli necessiterebbero un ulteriore controllo. Ad esempio, in figura 1.4.2 è

erroneamente posizionato il meccanismo focale dell'evento 20 Maggio.

Lo studio descritto è di ottimo livello, i dati usati sono completi, il numero di linee sismiche usate e la loro ottima qualità, le metodologie utilizzate sono appropriati. I risultati ottenuti si configurano come una naturale integrazione del rapporto della commissione Ichese.

Capitolo 2 Seismicity in the Emilia Romagna region and the Po Valley.

In questo capitolo è riassunta la sismicità strumentale registrata prima e dopo la sequenza sismica del 2012, facendo particolare riferimento all'area di Cavone e alla distanza dal pozzo di re-iniezione (d'ora in avanti indicato come C14). Lo studio s' inserisce all'interno della letteratura esistente per la zona, indicata nel documento, ne estrae dati e informazioni e li integra con un'analisi del bollettino sismico fornito dall'International Seismological Center (ISC) e di dati locali registrati dalla rete sismica di Cavone.

Sono descritte: *i*) la sismicità regionale prima del maggio 2012 (principalmente cataloghi storici INGV, fonti strumentali ISC e rete Cavone), *ii*) la sequenza del 2012 (fonti ISC), *iii*) la sismicità regionale dal 2012 al 2014 (fonti ISC e rete Cavone), *iv*) la deformazione cosismica e la stima delle proprietà delle sorgenti sismiche facendo riferimento ai principali articoli pubblicati sull'argomento, *v*) le variazioni di sforzo di Coulomb e la loro rilevanza nell'innescare terremoti (fonti INGV).

In quest'ultima parte, dopo una chiara descrizione teorica e un riassunto di altri casi ben documentati, è discussa la possibilità che i due eventi principali (i terremoti del 20 e del 29 Maggio 2012) siano stati innescati da eventi che li hanno preceduti. Viene a tal proposito documentato uno studio scientifico proposto da ricercatori INGV (Pezzo et al., 2013) che mostra una variazione positiva dello sforzo statico sull'ipocentro della scossa del 29 Maggio generata dall'evento del 20 Maggio. Questa variazione risulta in linea con quelle riscontrate per eventi innescati. Viene quindi ritenuta plausibile l'ipotesi che la variazione di sforzo statico generata dal terremoto del 20 Maggio abbia innescato l'evento del 29 Maggio, terremoto che sarebbe comunque avvenuto in un istante temporale successivo.

I risultati principali di questo capitolo sono riassumibili:

- L'operatività delle reti sismiche dagli anni '80 è sensibilmente aumentata; questo comporta la non omogenea registrazione dei terremoti, una soglia di Magnitudo di registrazione (e di completezza) variabile nel tempo e la difficoltà di effettuare analisi statistiche;
- L'analisi di dati registrati dalla rete Cavone ha permesso la localizzazione di un centinaio di eventi avvenuti prima e durante la sequenza. Da tale analisi si evince che prima del 2012 gli eventi localizzabili nella zona di Cavone sono avvenuti sulla faglia di Mirandola;
- La sismicità nella zona di Cavone dagli anni '80 è dominata da *aftershocks* di eventi avvenuti su strutture adiacenti;
- La sismicità del 2012 è composta, schematicamente, da due episodi separati nel tempo: il primo è l'evento del 20 Maggio la cui estensione, definita dall'ipocentro del *mainshock* e dall'estensione degli *aftershocks*, è da circa 20 km ad Est di C14 fino a 8 km a est di C14; L'ipocentro del terremoto del 29 Maggio è avvenuto 10 km a Est di C14 e i suoi *aftershocks* si sono propagati fino a 12 km a ovest di C14;
- La variazione di sforzo di Coulomb generata dal terremoto principale del 20 Maggio ha prodotto un carico di 6 bars sulla faglia che poi si è mobilitata con l'evento del 29 Maggio. Da lavori in letteratura questa variazione sarebbe sufficiente per innescare l'evento del 29 Maggio.

Nel capitolo è mostrata e discussa l'occorrenza dei terremoti nello spazio e nel tempo, facendo collegamenti con il campo di Cavone e riferimenti con casi noti in letteratura di sismicità indotta da attività antropiche.

L'analisi dei dati è di tipo standard, le metodologie applicate sono largamente utilizzate e i risultati principali del capitolo sono giustificati. L'analisi della sismicità con i dati della "rete di Cavone" non permette di ricostruire un pattern spazio-temporale continuo nel periodo.

Il capitolo descrive in maniera semplificata la distribuzione della sismicità senza affrontare correlazioni statistiche con i tassi di produzione e re-iniezione di fluidi (largamente discusse nel rapporto Ichese). Rispetto al rapporto precedente, la localizzazione di alcuni eventi registrati anche dalla rete di Cavone ha permesso di associare i terremoti pre-2012 con la faglia di Mirandola. Non sono mostrati errori di localizzazione, né una trattazione univoca delle Magnitudo e della Magnitudo di completezza.

Nel capitolo è calcolata la variazione di sforzo di Coulomb generata sull'ipocentro del 20 Maggio dal foreshock di $M_L 4.2$ del giorno precedente.

Le assunzioni sulle localizzazioni relative fra i due eventi, della geometria della faglia del *foreshock* e il suo meccanismo focale, fondamentali per il calcolo, sono assunti e non noti da letteratura o calcolati. In alcune parti dello studio i limiti di incertezza degli osservabili sismologici, o delle soluzioni calcolate, non è discusso a fondo.

Capitolo 3 Mechanisms of induced seismicity and their application to the Cavone field.

In questo capitolo sono riassunti e spiegati in modo chiaro e scientificamente di alto livello i diversi meccanismi noti che possono indurre sismicità. Ognuno dei diversi meccanismi è quindi applicato al campo di Cavone per definire in maniera quantitativa, attraverso soluzioni analitiche, le variazioni prodotte dalle attività antropiche allo stato tensionale della crosta e quindi alla possibile induzione di terremoti.

Sono descritti: *i)* i meccanismi generali su come l'iniezione di fluidi nel sottosuolo possa indurre terremoti, *ii)* le caratteristiche della sismicità indotta e innescata in termini di distribuzione spazio-tempo-magnitudo e collegamento ai volumi di fluidi iniettati/rimossi dalle estrazioni, *iii)* le pressioni dei fluidi a Cavone e i volumi iniettati, *iv)* gli effetti poroelastici dovuti allo sfruttamento del campo e il loro contributo quantitativo al possibile innesco, *v)* gli sforzi statici prodotti dalla produzione, *vi)* altri meccanismi tipo il recupero isostatico ed effetti termo-elastici, quest'ultimo rilevante in casi geotermici.

Il punto centrale su cui si snoda il capitolo è la risposta quantitativa alla domanda: L'iniezione di fluidi a Cavone ha avuto effetti sull'innesco dei terremoti del Maggio 2012?

Sono quindi descritti e analizzati i diversi meccanismi noti e per ognuno di essi è definito il valore di variazione di sforzo prodotto all'ipocentro dei terremoti del 20 e del 29 Maggio.

I principali risultati sono:

- I modelli indicano una piccola diminuzione di pressione nel campo e un aumento locale di pressione dei fluidi confinata nelle vicinanze di C14;
- Il confronto del pattern spazio-temporale della sismicità a Cavone con casi noti non supporta l'ipotesi che la sismicità sia indotta;
- Le variazioni di sforzo prodotte dal campo sul volume crostale all'ipocentro del terremoto principale del 20 Maggio sono inferiori a 0.001 bars, ovvero 100 volte inferiori a quelle indicate in letterature come possibili soglie di innesco e, a titolo di esempio, 10-20 volte inferiori alle variazioni prodotte dalle maree. Invece le variazioni prodotte dall'attività al campo sul volume crostale all'ipocentro del terremoto del 29 Maggio hanno agito in modo tale da inibire la rottura.

La metodologia di studio è di alto livello, sono prodotte analisi e soluzioni analitiche semplificate in linea con la letteratura scientifica sul tema. Sono utilizzati dati di produzione del campo per generare modelli analitici e sono calcolati gli sforzi prodotti insieme alle relative incertezze di calcolo.

Alcuni punti del capitolo potrebbero essere chiariti da figure, ad esempio la variazione dello stress di Coulomb indotta dalla variazione di volume a causa dell'emungimento di fluidi dal *reservoir*, stimata nel paragrafo 3.2.1. Oppure, nel paragrafo 3.3 relativo alla stima del momento relativo alla rimozione di massa dal *reservoir* e il confronto con il momento sismico degli eventi del 20 e del 29 Maggio, sarebbe opportuna una

tabella con i parametri usati.

La procedura seguita è scientificamente rigorosa, i dati, le elaborazioni e i risultati sono ben chiariti e ben descritti.

I risultati costituiscono una naturale integrazione al rapporto della commissione Ichese.

Capitolo 4 Interpretation of injection tests and reservoir modeling.

Il capitolo presenta dei modelli dinamici calibrati per definire le variazioni prodotte dallo sfruttamento del campo di Cavone allo stato tensionale della crosta naturalmente caricato dai processi tettonici attivi. Il capitolo costituisce, attraverso il modello dinamico, il cuore dello studio e il nostro commento è articolato in diverse sezioni.

Le domande principali alle quali si propone una risposta sono:

- i) La pressione dei fluidi nella zona origine e nell'istante temporale del terremoto eccede la pressione ambientale, che si sarebbe avuta senza le attività produttive, di un valore grande abbastanza da creare un legame tra le operazioni e il terremoto?
- ii) Quali sono le variazioni di sforzo dovute alle pressioni dei fluidi esercitate nel campo e gli sforzi risultanti dalla compressione/espansione del campo?

Per rispondere a questi interrogativi viene presentato un modello accoppiato fluido-dinamico e geo-meccanico che calcola le variazioni di sforzo nel volume crostale e sulla faglia di Mirandola coinvolta dal terremoto del 29 Maggio 2012, prodotte dalle variazioni di pressione dei fluidi generate dall'esercizio del campo.

Calcolo del Modello

Il primo passo è la definizione del modello statico, derivato dall'analisi delle linee sismiche che ha portato alla ricostruzione del modello tridimensionale del sottosuolo (capitolo 1). Rispetto alle interpretazioni precedenti il modello presenta delle differenze significative nella ricostruzione geometrica della faglia di Mirandola lungo la quale si è sviluppata la sismicità del 2012. Il modello usato, che consiste in una faglia ad alto angolo ($\text{dip}=60^\circ$) lungo la quale è avvenuto il terremoto del 29 Maggio (vedi capitolo 1), rappresenta comunque il caso più sfavorevole possibile, ovvero quello per cui il terremoto del 29 Maggio è posizionato sulla faglia in continuità con il campo di Cavone.

I passaggi logici nella creazione del modello dinamico sono:

- derivazione del modello statico 3D, stratigrafia e creazione della *mesh*;
- costruzione della griglia geo-meccanica;
- modellazione accoppiata di fluido-dinamica e geo-meccanica (flow simulator and mechanics simulator) con deformazione in presenza di faglie.

L'approccio seguito per il calcolo del modello è ben descritto e comprende:

- una soluzione sequenziale del modello accoppiato efficiente in termini di calcolo;
- un approccio stabile nel calcolo del flusso e della deformazione attraverso una formulazione poro-meccanica non lineare;
- una definizione delle faglie con discontinuità delle proprietà nel mezzo e della pressione su di esse;
- leggi costitutive realistiche per rappresentare il comportamento delle faglie.

Vengono inoltre riassunte le assunzioni effettuate nei calcoli fra cui:

- l'uso di proprietà fisiche uniformi per le rocce;

- una griglia di calcolo grossolana per ottimizzare gli aspetti computazionali;
- l'uso corretto dei ratei di produzione e iniezione ma non della storia delle pressioni a fondo pozzo;
- modellazione della sola faglia di Mirandola.

Risultati del Modello

I risultati mostrano:

- I dati storici del campo sono ben riprodotti dal modello;
- Le variazioni di pressione rimangono confinate nel layer del reservoir, e mostrano aumenti attorno al pozzo di re-iniezione C14 e diminuzioni nelle zone di estrazione. Gli effetti risultano molto attenuati a distanza del campo e in profondità. In profondità le variazioni sono maggiori nel modello che considera l'acquifero sottostante il *reservoir*;
- Le variazioni di pressione del campo (iniezione/produzione) portano delle variazioni di sforzo sulla faglia di Mirandola, in linea con una stabilizzazione della faglia all'interno del campo di Cavone (generata dalla prevalenza quantitativa della produzione);
- Una variazione positiva di stress di Coulomb sulla faglia nella zona del campo e a maggiori profondità, negativa al di sopra,
- I risultati suggeriscono la possibilità di accumulare valori inferiori a 1 bar di sforzo di Coulomb sulla faglia nella zona del campo, accumulo che diviene nullo a breve distanza del campo stesso;
- Ad eccezione della zona attorno a C14 e a distanza di qualche centinaia di metri dal pozzo, la pressione dei fluidi all'interno del *reservoir* è dominata dalla produzione e quindi dalla *depletion* del campo.
- Le variazioni di pressione all'ipocentro della scossa del 29 Maggio risultano negative, mentre le variazioni dello stress di Coulomb sono dell'ordine di frazioni di bar, ampiamente minori rispetto alle variazioni prodotte dall'evento del 20 Maggio.

Nelle conclusioni del capitolo si evidenzia come gli sforzi dovuti alla contrazione del *reservoir* legata alla produzione agiscano in senso di promuovere terremoti al di fuori dalla zona di Cavone. I calcoli però mostrano come i valori di tali sforzi siano al di sotto dei valori legati al carico di sforzo tettonico della regione e nettamente al di sotto, per l'ipocentro del terremoto del 29 Maggio, anche alle variazioni statiche prodotte dal terremoto del 20 Maggio. Le variazioni a maggior distanza, ovvero all'ipocentro della scossa del 20 Maggio sono praticamente nulle.

Analisi del Modello da parte di INGV

L'analisi effettuata sulla modellazione ci porta ad affermare che la formulazione matematica alla base del modello accoppiato è rigorosa e ben inserita nella letteratura esistente, riassunta e presentata in maniera chiara.

Nella prima parte del capitolo sono presentati dei modelli semplici basati sull'equazione di Wang e sul modello di Theis che premettono di descrivere tramite soluzioni analitiche la variazione di pressione risultante dalla iniezione di fluido in

funzione del tempo e della distanza dal centro del pozzo. I risultati di questa analisi supportano l'idea che le perturbazioni nella pressione associate alla produzione e iniezione siano piccole a distanze confrontabili con la dimensione del campo. Come giustamente sottolineato nel rapporto, tale semplice analisi è inadeguata per una valutazione degli effetti generati a distanze più prossimali dal pozzo. A questo scopo è stato adottato un approccio numerico, consistente nella simulazione al computer di un modello accoppiato fluido-dinamico e geo-meccanico in presenza di faglie. La formulazione matematica delle equazioni del modello è basata su una rappresentazione classica nella quale i fluidi e lo scheletro solido sono visti come un mezzo continuo di cui si risolvono l'equazione di conservazione della massa e il bilancio del momento lineare. L'approccio adottato rappresenta la faglia come una superficie di discontinuità, e in particolare è mirato alla stima della pressione dei fluidi sul piano di faglia e all'effetto di tale pressione nel diminuire il coefficiente di attrito, favorendone il movimento. L'approccio inoltre evidenzia il ruolo della discontinuità della pressione dei fluidi attraverso la faglia sulla sua stabilità. Per la parte fluido-dinamica è stato utilizzato il codice General Purpose Research Simulator (GPRS), mentre per la risoluzione numerica del modello geo-meccanico è stato utilizzato il codice PyLith. Entrambi i codici rappresentano lo stato dell'arte nei rispettivi campi di applicazione.

Il modello del *reservoir* è basato su un modello pre-esistente del campo di Cavone, esteso per prendere in considerazione tutti i pozzi di produzione e re-iniezione e la faglia di Mirandola (come riportato, i vincoli di tempo imposti per la redazione del rapporto non hanno permesso di considerare altre faglie esistenti). I parametri del modello sono derivati da dati esistenti per il *reservoir*, e le condizioni iniziali delle simulazioni sono state scelte in modo da riprodurre i ratei storici di produzione e iniezione.

I risultati delle simulazioni mostrano variazioni di pressione limitate allo strato del *reservoir* e una diminuzione generale della pressione, eccetto che a poche centinaia di metri dal pozzo di re-iniezione Cavone 14 dove si osserva un aumento locale. I calcoli suggeriscono che la diminuzione generale della pressione possa portare a un aumento dello stress di Coulomb nella zona al livello del *reservoir* e sotto di esso, e a una diminuzione a minori profondità. Questi cambiamenti possono portare a un accumulo di valori di stress fino a 0.6 bars sulla faglia, nella zona in prossimità del *reservoir* su un orizzonte temporale di due decadi, (tasso medio di 0.03 bars/anno, in linea con i valori generati dallo stress tettonico). Nella regione in prossimità dell'ipocentro del sisma del 29 Maggio le variazioni di stress assumono valori inferiori a 0.01 bar, suggerendo che le variazioni di produzione non abbiano avuto effetti sulla scossa. L'ipocentro della scossa del 20 Maggio si colloca su una differente faglia, ancora più lontana dal campo di Cavone, per la quale i cambiamenti di pressione dei fluidi sono ritenuti trascurabili nel rapporto. Il rapporto, quindi conclude, in base al modello fisico-matematico utilizzato e alle simulazioni condotte, che i cambiamenti di stress prodotti dalla sequenza sismica del Maggio 2012 siano stati molto più importanti di quelli prodotti nell'intero arco del periodo produttivo del campo di Cavone. Il modello è calibrato dai dati storici del giacimento.

La modellazione è stata eseguita per un intervallo di tempo che copre l'utilizzo del campo fino al 2012, imponendo i dati di produzione e di tasso di iniezione reali dal 1980 al 2012; ciò considerando due diverse capacità di supporto da parte

dell'acquifero circostante (solo laterale o laterale e dal basso). Il *match* con la storia del campo viene considerato nel rapporto come un elemento di valutazione positiva del metodo e all'applicazione per il campo di Cavone. I risultati ottenuti sono sostenuti dai dati utilizzati e permettono di definire dei comportamenti di massima del sistema.

NOTE CONCLUSIVE

Il Rapporto in oggetto illustra una serie di studi, logici e consequenziali, condotti al fine di ottenere una descrizione quantitativa del ruolo svolto dalle attività di sfruttamento del sottosuolo del campo di Cavone nell'indurre o eventualmente favorire il verificarsi dei terremoti dell'Emilia del 2012. Tale descrizione quantitativa, riassunta nel Modello Dinamico calcolato, integra i punti lasciati aperti dal precedente rapporto della commissione Ichese.

Il gruppo di scienziati coinvolti nello studio è di assoluto valore internazionale e con competenze di vertice sui temi in oggetto.

La procedura seguita durante lo studio è logica e pertinente allo scopo prefisso, i dati accuratamente selezionati, le metodologie sia di tipo standard che implementate specificamente per lo studio (modello accoppiato fluidodinamico-geo-meccanico). I limiti dei modelli generati, i possibili intervalli di variazione dei parametri stimati e le assunzioni effettuate sono ben descritte e chiarite nel documento.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, pur non entrando nel merito dei risultati ottenuti, attesta la validità del modello generato.

Roma, 18 luglio 2014

Il Direttore della Struttura Terremoti
Dott. Claudio Chiarabba

