

Gruppo di Lavoro 3: LEGGI DI ATTENUAZIONE, EFFETTI DI SITO E MODELLI DI PERICOLOSITÀ

Task 3.1 Leggi di attenuazione regionali in Italia

Responsabile L. Malagnini, INGV Sezione Sismologia e Tettonofisica, Roma

Gli obiettivi proposti per il primo anno di attività del Task 3.1 erano i seguenti:

1. compilazione di un data base di forme d'onda suddiviso in regioni geologicamente/tettonicamente omogenee, da utilizzare per le regressioni sui funzionali di attenuazione in diverse regioni italiane;
2. calcolo delle relazioni di attenuazione crostale per l'Appennino;
3. verifica della fattibilità di studi di attenuazione crostale nella regione delle Alpi Orientali;
4. verifica della fattibilità di studi di attenuazione crostale per la Sicilia Orientale.

Questi i risultati ottenuti fino a questo momento:

Punto 1)

Al fine di creare un data-base di forme d'onda per l'Appennino sono state raccolte tutte quelle disponibili registrate da tre diversi transetti installati nel 1994, 1995 e 1996 (Progetto GeoModAp, EV5V-CT94-0464) in Appennino Settentrionale, Centrale e Meridionale. A questi dati sono stati aggiunti quelli registrati dalla Rete Mobile INGV durante alcuni interventi in Italia Centrale (Sequenze di Massa Martana, 1996 e di Colfiorito, 1997-98), e le registrazioni acquisite dalle stazioni MedNet dell'Aquila e di Carovilli, per un totale di 9000 forme d'onda (singola componente) raccolte.

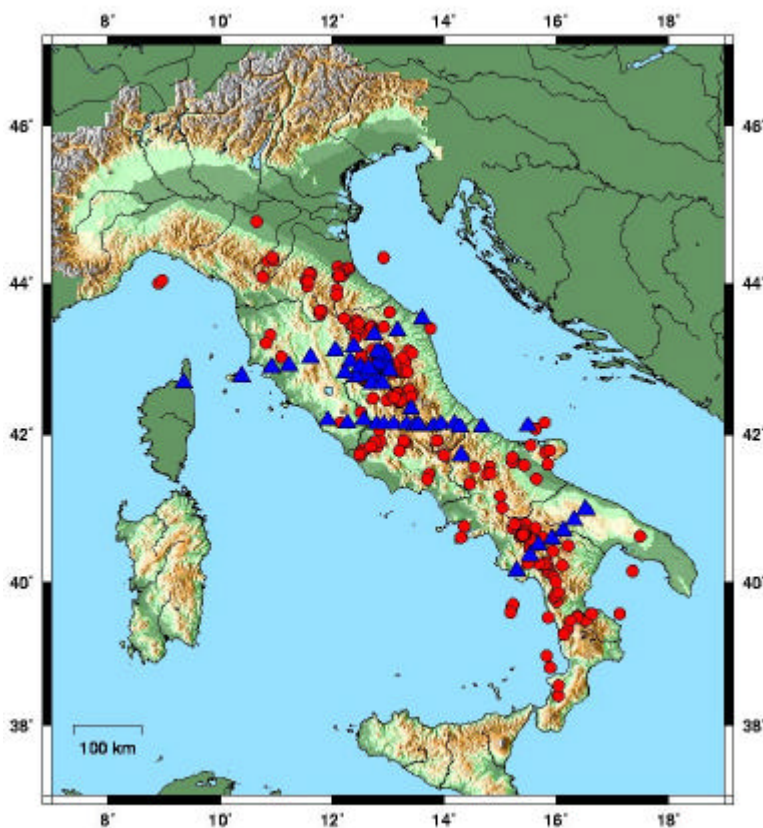


Fig. 1 - Dati utilizzati per il calcolo delle leggi di attenuazione

Alla fase di raccolta è seguita una fase di selezione. Sono state inserite nel data-base solo le forme d'onda che soddisfacevano determinati requisiti di qualità ad esempio: eventi per i quali ci fossero almeno 5 osservazioni - singola componente orizzontale, forme d'onda non contaminate da eventi multipli o da picchi spurii, etc.

Per quanto riguarda altre zone d'Italia, sono state raccolte e poi selezionate circa 18000 forme d'onda registrate dalla rete del Friuli Venezia-Giulia, ed altre 4000 provenienti dalla rete Poseidon della Sicilia Orientale; mentre è iniziata la raccolta delle forme d'onda disponibili per le Alpi Occidentali.

Punto 2)

Sono state calcolate le curve empiriche di attenuazione medie per tutto l'Appennino (vedi il lavoro di Malagnini et al., 2000). E' stata quindi focalizzata l'attenzione sulla zona di Colfiorito, regione per la quale sono state calcolate curve di attenuazione indipendenti (Malagnini e Herrmann, 2000). Sono stati elaborati modelli teorici di attenuazione ed eccitazione del ground motion per tutto l'Appennino e, separatamente, per la sola regione di Colfiorito (Malagnini et al., 2000; Malagnini e Herrmann, 2000). Le Figure 2 e 3 mostrano le relazioni di attenuazione empiriche (curve a colori) insieme ai corrispondenti modelli teorici elaborati per la regione appenninica (curve di background, nere).

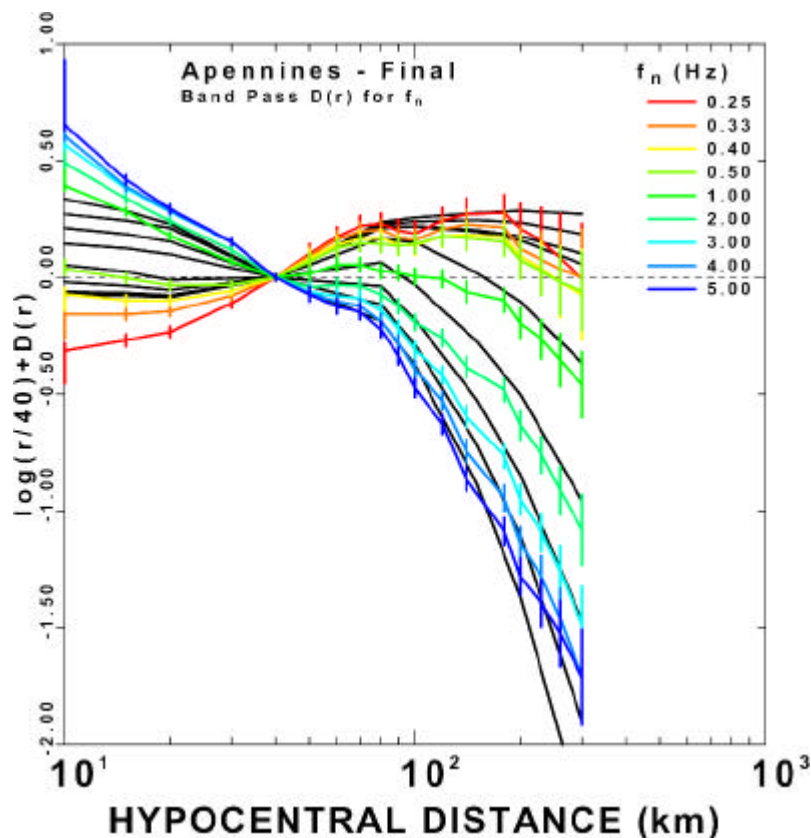


Fig. 2 - Curve di attenuazione medie per la regione appenninica, ottenute (curve a colori) da regressioni sui valori di picco di forme d'onda filtrate alle frequenze indicate in Figura (da Malagnini et al., 2000). Le curve nere sullo sfondo rappresentano stime teoriche di attenuazione fatte attraverso la Random Vibration Theory ed un modello di attenuazione crostale teorico.

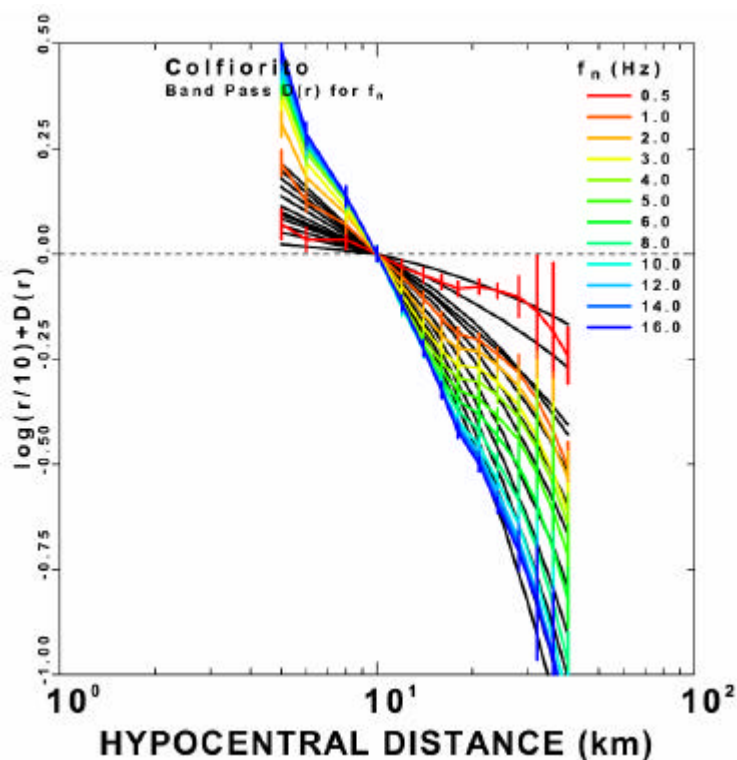


Fig. 3 - Curve di attenuazione empiriche calcolate da Malagnini e Herrmann (2000) per la zona interessata dal terremoto dell'Umbria-Marche del Settembre 1997. Le curve nere sullo sfondo rappresentano stime teoriche calcolate utilizzando lo stesso modello di attenuazione proposto da Malagnini et al. (2000) per l'intera regione Appenninica. La presente figura estende la validità del modello di attenuazione fino alla frequenza di 16 Hz.

Punto 3)

Uno studio di fattibilità è stato effettuato per quanto riguarda la definizione di un modello di attenuazione crostale e di eccitazione per la regione delle Alpi Orientali. Alcuni risultati preliminari sono stati presentati al meeting annuale della *Seismological Society of America*, mentre un lavoro è stato sottomesso al BSSA (Malagnini et al., 2001). La Figura 4 mostra le curve di attenuazione regionale empiriche (in colore), insieme alle corrispondenti curve teoriche (in nero).

Punto 4)

Per quanto riguarda la Sicilia Orientale, uno studio di fattibilità è stato iniziato nel mese di Luglio 2001. Al momento attuale si sta preparando un intervento da presentare al convegno annuale della American Geophysical Union.

La UR 5 (Università di Genova) ha provveduto all'organizzazione ed alla selezione dei dati delle forme d'onda relative agli eventi avvenuti in Italia nord-occidentale registrati dalle stazioni a 3 componenti ed ad alta dinamica della Rete Sismica IGG. Sono stati effettuati i primi test di fattibilità per il calcolo delle leggi di attenuazione nel settore relativo alle Alpi Occidentali

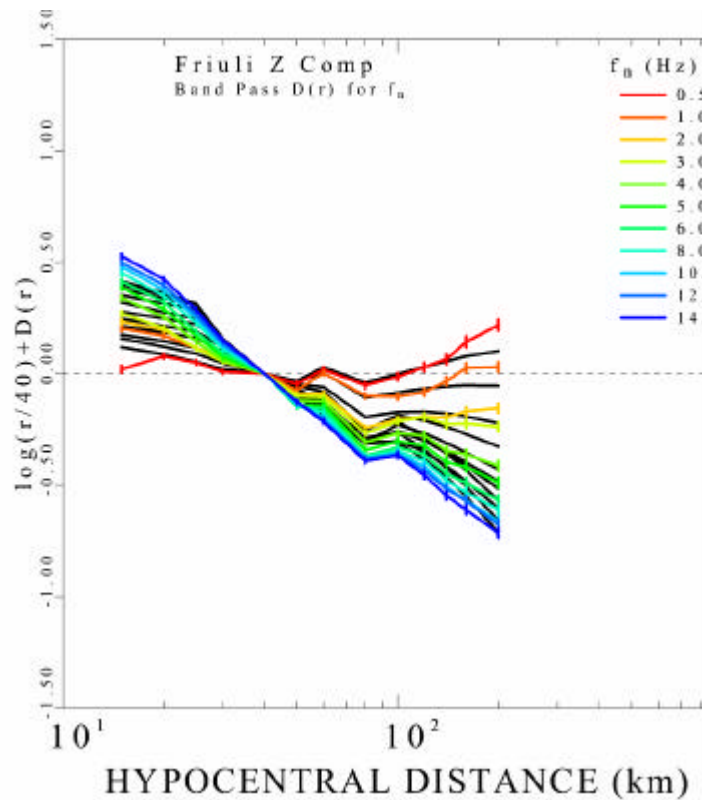


Fig. 4 - Curve di attenuazione empiriche (curve a colori) calcolate per i valori di picco di velocità di circa 18000 forme d'onda filtrate alle frequenze indicate in Figura. I dati provengono dalla Rete Sismica del Friuli-Venezia Giulia. Le curve nere sullo sfondo sono state ottenute utilizzando un modello teorico di attenuazione crostale e la Random Vibration Theory (da Malagnini et al., 2001).

Bibliografia

- Malagnini, L., A. Akinci, R.B. Herrmann, N.A. Pino and L. Scognamiglio (2001). Characterization of the ground motion in the Friuli region (Northeastern Italy), submitted to Bull. Seism. Soc. Am..
- Malagnini, L., R.B. Herrmann and M. Di Bona (2000). Ground motion scaling in the Apennines (Italy), Bull. Seism. Soc. Am., 90, 1062-1081.
- Malagnini, L. and R.B. Herrmann (2000). Ground motion scaling in the region of the Umbria-Marche earthquake of 1997, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 1041-1051.

Task 3.2 Effetti della geologia locale sullo scuotimento

Responsabile A. Rovelli, Sezione Sismologia e Tettonofisica, INGV Roma

Questo *task* ha come obiettivo la stima degli effetti della geologia di superficie sulla scuotibilità attesa e il calcolo di mappe di *hazard* che includano tali effetti. Nella stesura originale del progetto tale obiettivo doveva essere affrontato inizialmente sulla scala nazionale e successivamente, a livello sperimentale, sulla scala comunale in casi particolari, in cui si fosse disposto di abbondanti dati e informazioni ottenibili da precedenti studi di dettaglio. Come verrà spiegato nel seguito le fasi di attuazione del progetto sono state leggermente modificate per fronteggiare alcune difficoltà emerse nella fase di realizzazione, anticipando al primo anno l'inizio degli studi sulla scala comunale.

Per organizzare la raccolta dei dati geologici utilizzabili sulla scala nazionale si è inizialmente lavorato per la preparazione di un questionario da inviare a tutti i Comuni italiani. L'obiettivo era quello di raccogliere le informazioni necessarie a caratterizzare i depositi affioranti nel territorio comunale, e a stabilire quale percentuale del costruito si trovasse in terreni o situazioni potenzialmente interessate da effetti di amplificazione locale.

Il questionario, che è mostrato nell'Allegato A, è stato predisposto su modulo prestampato. Prima di trasmetterlo a tutti i Comuni italiani, si è preferito inviarlo a 15 Comuni per effettuare un test sulla sua funzionalità. Questi Comuni sono stati scelti tra quelli che, per la loro storia recente, potevano essere maggiormente sensibilizzati a problematiche sismiche e geologiche, e quindi potenzialmente in grado di rispondere con minore difficoltà e con un più alto livello di affidabilità.

Purtroppo la risposta dei Comuni non è stata immediata e solamente 5 hanno restituito il modulo. Contattati telefonicamente, i restanti comuni si sono dichiarati disponibili a fornire i dati richiesti ma solo 2 comuni hanno poi inviato il questionario al termine del periodo prefissato. Il test ha quindi reso evidente che per ottenere i dati si rendeva indispensabile l'intervento di personale INGV che avrebbe dovuto aiutare, o quantomeno "pressare", i dipendenti comunali a predisporre i dati di sintesi richiesti. Infatti se la stessa percentuale di richiesta di intervento da parte dell'INGV si fosse verificata sulla totalità degli 8104 Comuni italiani, ci saremmo trovati nell'impossibilità di portare a compimento l'attività pianificata in questo *task*.

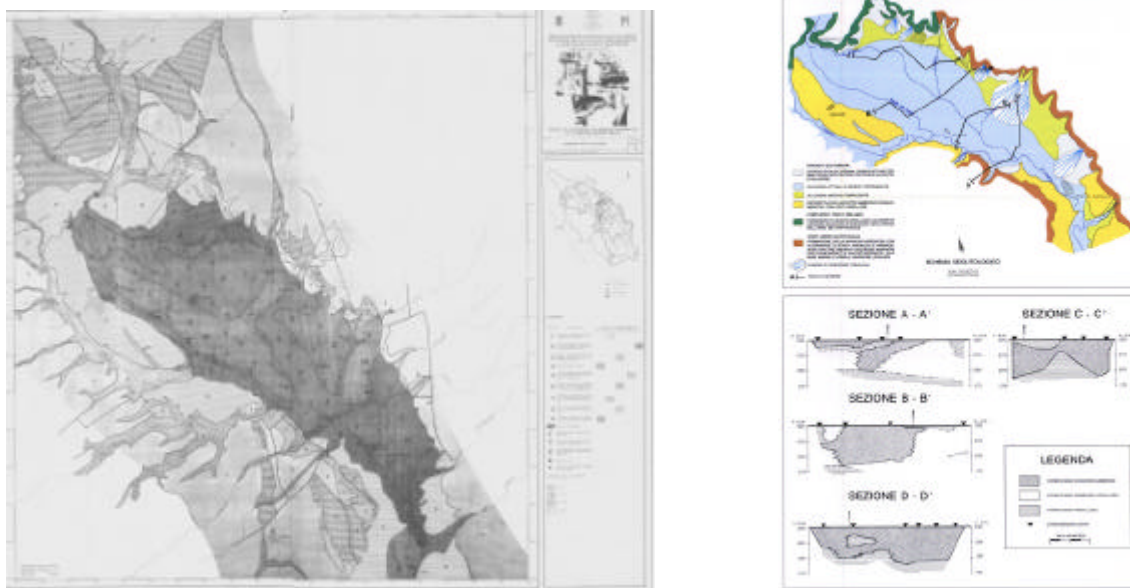
Un ulteriore elemento di ripensamento è derivato da iniziative analoghe attivate nel frattempo dal Servizio Sismico Nazionale (SSN). Al fine di evitare duplicati e sprechi, si è deciso di rinviare la trasmissione del modulo ai Comuni nel tentativo di concordare una azione congiunta con il SSN. Si è quindi spostata l'attenzione sulle problematiche su scala più locale.

Seguendo l'obiettivo principale del progetto, si è data la massima priorità alle aree caratterizzate da gap sismico. Un ulteriore vincolo nella scelta delle aree campione è stata la disponibilità di dati topografici, geologici, idrogeologici e geotecnici che consentissero di ricostruire la geometria e le velocità degli strati lenti superficiali, e il contrasto dell'impedenza sismica rispetto al basamento. Questo tipo di informazioni, opportunamente gestite mediante GIS (ArcView), consente la classificazione dei suoli sulla base delle Classi definite da *Borcherdt* (1994) e quindi può fornire degli incrementi di pericolosità attraverso modellazioni 1D e 2D.

Tra le aree rispondenti ai due requisiti (gap di sismicità e dati geologici e geotecnici) sono state scelte la valle del Tevere tra le regioni Umbria e Toscana (più in particolare tra Montedoglio e Città di Castello) e, nell'Appennino meridionale, l'area di massimo risentimento del famoso terremoto del 1561, conosciuto come terremoto del Vallo di Diano. Per quanto riguarda l'area dell'Appennino centrale, la zona prescelta risulta ottimale per un test su diverse metodologie a diverse scale di dettaglio disponendo di un elevato numero di dati geologici e sismologici. L'area scelta nell'Appennino meridionale risulta al momento meno studiata, e quindi verranno applicate solo metodologie più semplificate. Nel primo anno di attività si è iniziata la raccolta per la prima delle due aree.

I dati in forma cartacea sono stati forniti dalla Regione Umbria, Provincia di Perugia, Ente Irriguo Umbro-Toscano e dalla Sezione dell'INGV di Milano (parte dell'ex IRRS-CNR).

I dati forniti dalla Regione Umbria provengono da studi finalizzati alla definizione della vulnerabilità dell'acquifero ospitato nelle alluvioni nell'Alta Valle del Fiume Tevere e sono un utile strumento per ricostruire delle sezioni geologiche. La Fig. 1 mostra la mappa dello spessore delle alluvioni redatta da un consorzio composto da Regione Umbria, Regione Toscana Provincia di Arezzo and Provincia di Siena. La Fig. 2 mostra alcuni profili geoelettrici presenti nella Carta della Vulnerabilità dell'Acquifero redatta nell'ambito del Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.



La Provincia di Perugia ha fornito dati relativi a 3 sondaggi effettuati nell'ambito dello studio preliminare per la costruzione di un ponte sul Fiume Tevere in zona Pristino, circa 10 km in direzione NW da Città di Castello. Durante la perforazione sono stati effettuate anche prove SPT che sfruttando delle correlazione possono essere utilizzate per ottenere la velocità delle Vs. L'Ente Irriguo Umbro-Toscano ha fornito lo studio geologico preliminare effettuato per la costruzione di una diga nei pressi di Montedoglio.

La sede dell'INGV di Milano ha fornito la topografia numerica di dettaglio relativa ad una zona di circa 18 km² nella zona di Città di Castello.

Nell'ambito di un accordo siglato di recente tra INGV (progetto GNDT coordinato da M. Cocco) e Regione Umbria per la valutazione di scenari di danno nella Val Tiberina, prevediamo di utilizzare i dati topografici (numerici e cartacei), geologici (numerici e cartacei), geotecnici, e idrogeologici (base di dati geologico-tecnica) in possesso dalla Regione per la ricostruzione di sezioni geologiche e per la parametrizzazione dei caratteri meccanici dei litotipi presenti. L'area di Città di Castello, per la quale esiste una grande quantità di informazioni sulla geologia del sottosuolo, potrà servire come test per procedure di carattere speditivi, da applicare in altre regioni.

Allegato A

Comune di:

1] Numero di abitanti:

2] Numero di edifici censiti all'interno del territorio comunale: o stimati:

3] Quale percentuale dell'edificato all'interno del territorio comunale ricade su:

terreni consolidati ^(1, 2)	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
terreni non consolidati ⁽³⁾	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

3.B] Dell'edificato costruito su terreni consolidati, quale percentuale ricade sui sottotipi:

a carattere litoide ⁽¹⁾	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
a carattere semilitoide ⁽²⁾	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

3.C] Dell'edificato costruito su terreni non consolidati, quale percentuale ricade sulle sottoclassi:

con spessore minore di 20 metri	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
con spessore maggiore di 20 metri	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

(1) Si intendono tutte le rocce "dure", siano esse sedimentarie (calcari, dolomie, arenarie, marne, conglomerati cementati, etc.), ignee effusive ed intrusive (lave, graniti, ignimbriti, etc.), e metamorfiche (marmi, gneiss, argilliti, etc.).

(2) Si intendono quelle rocce semicoerenti, quali argille consolidate (p. es. "argille plioceniche"), sabbie addensate, arenarie tenere, rocce piroclastiche non litoidei (p. es. "pozzolane", "lapilli", "ceneri", etc.).

(3) Si intendono terreni argillosi, limosi, sabbiosi, ghiaiosi poco o nulla consolidati, quali i riempimenti di valli fluviali, bacini intramontani, pianure alluvionali, pianure costiere, lagune; terreni fluvio-lacustri-palustri bonificati, detriti di versante non cementati, colluvi, etc.

Non rientrano in questa categoria i terreni vegetali, i terreni di alterazione superficiale e, più in generale, le coperture superficiali di qualsiasi natura che non presentino spessori superiori a 3 metri. In questi casi deve essere indicato il tipo di terreno inalterato che costituisce il primo strato geologico.

4] Se sono presenti terreni non consolidati, il substrato su cui questi poggiano è:

<input type="checkbox"/>	a carattere litoide
<input type="checkbox"/>	a carattere semilitoide
<input type="checkbox"/>	a carattere misto
<input type="checkbox"/>	di natura sconosciuta

5] E' presente una percentuale di edificato costruita in corrispondenza della sommità di un colle o lungo una cresta?

<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale superiore al 70%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale tra il 50 e il 70%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale tra il 20 e il 50%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale inferiore al 20%
<input type="checkbox"/>	No

6] E' presente una percentuale di edificato costruita in corrispondenza di aree in frana?

<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale superiore al 50%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale tra il 20 e il 50%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale inferiore al 20%
<input type="checkbox"/>	No

7] Il comune è in possesso di cartografia geologica?

7A] Si, relativamente a tutto il territorio comunale alla scala:

	altro:				
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000	1:50.000	

7B] Si, relativamente a una parte del territorio comunale alla scala:

	altro:				
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000	1:50.000	

8] Il comune è in possesso di cartografia topografica recente?

Si, relativamente a tutto il territorio comunale alla scala:

	altro:								
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000						
anno di aggiornamento:									
eventuale formato digitale:									
vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.
eventuale ortofotocartografia:									
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000						

Si, relativamente a una parte territorio comunale alla scala:

	altro:								
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000						
anno di aggiornamento:									
eventuale formato digitale:									
vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.	vett.	rast.
eventuale ortofotocartografia:									
1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000						

9] Il comune è in possesso di:

stratigrafie di sondaggi geognostici eseguiti nel territorio comunale	si	no
risultati di prove geotecniche su terreni presenti nel territorio comunale	si	no
risultati di misure di velocità delle onde sismiche in terreni presenti nel territorio comunale	si	no

10] Il comune è collegato con Internet?

si	indirizzo:
no	

11] La qualifica di chi ha compilato la presente scheda è:

	geologo
	ingegnere
	architetto
	geometra
	altro:

12] Indicare il nome di una persona interessata alle tematiche del questionario ed eventualmente disponibile a fornire informazioni di dettaglio:

nome:
qualifica:
telefono:
e-mail:

Commenti e suggerimenti:

Guida alla compilazione della scheda

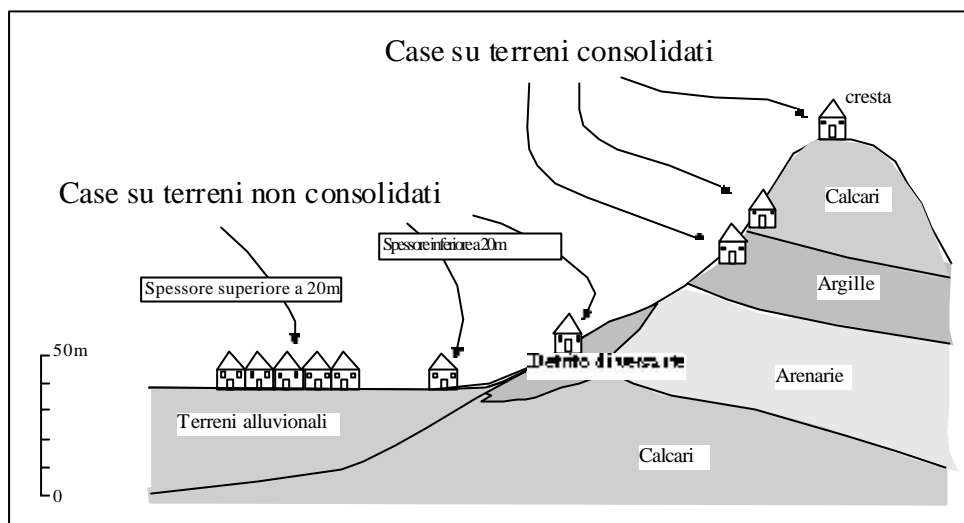
E' opportuno che la scheda venga compilata da un geologo o da altro tecnico competente. Ai fini della compilazione non sono richieste indagini di carattere tecnico *ad hoc*. La scheda va compilata sulla base delle conoscenze urbanistiche, geologiche e geotecniche di cui si è in possesso. Le parti rispetto alle quali non si è in grado di fornire informazioni vanno lasciate in bianco. Si prega di restituire comunque la scheda, anche se il Comune è in grado di fornire solo alcune, o nessuna delle informazioni richieste, possibilmente indicandone il motivo ed eventuali osservazioni nella parte relativa ai commenti.

Guida alla compilazione:

- 1] Scrivere il numero di abitanti risultante al più recente censimento.
- 2] Scrivere nella prima casella il numero totale degli edifici esistenti all'interno del territorio comunale. Nel caso non esista un'anagrafe degli edifici, si prega di indicare una stima attendibile nella seconda casella.
- 3] Barrare la casella relativa alla percentuale approssimata delle costruzioni, sul totale dell'edificato all'interno del territorio comunale, che ricadono sui due tipi di terreni indicati.
3.B] Barrare la casella che esprime la ripartizione percentuale approssimata degli edifici costruiti sui due sottotipi di terreno indicati, sul totale di quelli costruiti su terreni consolidati.
Nel caso in cui non si sia in grado di stabilire la ripartizione tra edifici costruiti su terreni litoidi e su terreni semilitoidi, non indicare alcuna percentuale in questa parte della scheda.
3.C] Barrare la casella che esprime la distribuzione percentuale approssimata degli edifici nell'ambito delle due classi di spessore indicate, sul totale di quelli costruiti su terreni non consolidati.
Nel caso in cui lo spessore dei terreni non consolidati non sia noto, o sia noto solo in parte, non indicare alcuna percentuale in questa parte della scheda.
N.B. La percentuale da indicare al punto 3] dev'essere espressa rispetto al totale dell'edificato presente nel territorio comunale. La percentuale da indicare al punto 3.B] dev'essere espressa rispetto al totale dei soli edifici costruiti su terreni consolidati. La percentuale da indicare al punto 3.C] dev'essere espressa rispetto al totale dei soli edifici costruiti su terreni non consolidati.
- 4] Barrare la casella relativa al tipo di substrato.
- 5] Se il territorio comunale presenta zone caratterizzate da forti variazioni di quota che danno luogo a ripide cime montuose o collinari, o a delle creste, indicare la percentuale di edificato eventualmente presente in queste zone, sul totale dell'edificato esistente all'interno del territorio comunale, barrando la casella corrispondente.
- 6] Se il territorio comunale presenta zone caratterizzate da fenomeni franosi, indicare la percentuale di edificato eventualmente presente in queste zone, sul totale dell'edificato esistente all'interno del territorio comunale, barrando la casella corrispondente.
- 7] Nel caso il comune possieda cartografia geologica, barrare la casella o le caselle corrispondenti alla scala cui detta cartografia è disponibile, al punto 7A se essa si riferisce a tutto il territorio comunale, o al punto 7B se relativa solo a una parte del territorio comunale. Se la scala è diversa da quelle indicate, scrivere il suo valore dove indicato "altro".
- 8] Si proceda come al punto 7, aggiungendo nella seconda riga l'anno di aggiornamento della cartografia posseduta. Indicare nella terza riga se si possiede cartografia in formato digitale barrando la casella corrispondente al tipo di formato (vettoriale o raster) nella colonna relativa alla scala di detta cartografia. Indicare nella quarta riga se si possiede cartografia ortofotografica barrando la casella corrispondente alla scala cui detta cartografia è disponibile (se diversa da quelle indicate scrivere il valore nell'ultima casella).
- 9] Se il comune possiede un ufficio tecnico o altra struttura nella quale esiste un archivio di dati relativi a perforazioni geognostiche, pozzi per acqua, campagne geotecniche ed altro, che possa dare informazioni sulla natura e sulle caratteristiche del sottosuolo, si prega di barrare le caselle corrispondenti.
- 10] Indicare se il comune possiede un computer attraverso il quale è in grado di collegarsi ad Internet per scaricare od inviare dati. In caso affermativo scrivere l'indirizzo Internet del Comune nella casella relativa.
- 11] Barrare la casella relativa alla qualifica della persona che ha compilato la scheda. Nel caso non si tratti di nessuna delle figure professionali indicate barrare la casella "altro" ed eventualmente scrivere accanto la qualifica.

Per domande e chiarimenti mandate una email a effettisito@ingv.it
o inviate un fax al numero 06 51860507 all'att.ne *effettisito*

Esempio di compilazione della scheda



3] Quale percentuale dell'edificato all'interno del territorio comunale ricade su:

terreni consolidati ⁽¹⁻²⁾	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
terreni non consolidati ⁽³⁾	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

3.B] Dell'edificato costruito su terreni consolidati, quale percentuale ricade sui sottotipi:

a carattere litoide ⁽¹⁾	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
a carattere semilitoide ⁽²⁾	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

3.C] Dell'edificato costruito su terreni non consolidati, quale percentuale ricade sulle sottoclassi:

con spessore minore di 20 metri	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-90%	90-100%
con spessore maggiore di 20 metri	90-100%	80-90%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	0-10%

4] Se sono presenti terreni non consolidati, il substrato su cui questi poggiano è:

<input type="checkbox"/>	a carattere litoide
<input type="checkbox"/>	a carattere semilitoide
<input type="checkbox"/>	a carattere misto
<input type="checkbox"/>	di natura sconosciuta

5] E' presente una percentuale di edificato costruita in corrispondenza della sommità di un colle o lungo una cresta?

<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale superiore al 70%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale tra il 50 e il 70%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale tra il 20 e il 50%
<input type="checkbox"/>	Si, nella percentuale inferiore al 20%
<input type="checkbox"/>	No

Questa figura riproduce in maniera viva un caso ideale, semplificato, di situazione geologica del territorio comunale e la distribuzione dell'edificato al suo interno. Le dieci case mostrate nel disegno esprimono il totale dell'edificato

esistente all'interno del comune, e la sua localizzazione rispetto alle diverse situazioni geologiche che sono oggetto di indagine nella scheda.

In base a quanto mostrato nel disegno, su 10 case che esprimono il totale dell'edificato all'interno del comune, 3 sono costruite su terreni consolidati, e 7 su terreni non consolidati. Trasposto in percentuali, 30% e 70%, rispettivamente. Al punto 3] si dovrà pertanto barrare la terza casella.

Al punto 3.B] si dovrà invece calcolare che percentuale, sul totale degli edifici costruiti su terreni consolidati, ricade su terreni a carattere litoide e su terreni a carattere semilitoide. Dal disegno è possibile vedere come, su un totale di 3 case presenti su terreni consolidati, 2 sono costruite su calcari, e quindi su terreni a carattere litoide, mentre una è costruita su argille consolidate, cioè su terreni a carattere semilitoide. A questo proposito, si noti che a differenza delle argille non consolidate, che sono quelle che costituiscono i riempimenti di pianure e valli alluvionali, le argille mostrate nel disegno fanno parte del rilievo collinare: esse hanno pertanto subito delle vicende geologiche che indicano che si tratta di argille "antiche", che hanno subito un processo di consolidamento. Lo stesso criterio di distinzione si può adottare nel caso di terreni sabbiosi o ghiaiosi che hanno subito analoghi processi geologici.

Sulla base di quanto esposto, al punto 3.B] si dovrà quindi barrare la quinta casella, in cui ricadono le percentuali relative a case costruite su terreni litoidi (66.6%) e su terreni semilitoidi (33.3%), sul totale delle case costruite su terreni consolidati mostrate nel disegno.

Al punto 3.C] si dovrà calcolare la percentuale, sul totale degli edifici costruiti su terreni non consolidati, di quelli che si trovano su terreni aventi spessore minore o maggiore di 20 metri.

Nel caso mostrato nel disegno si vede come, su un totale di 7 case costruite su terreni non consolidati, 2 di esse si trovano in zone dove questi terreni hanno spessori minori di 20 metri, mentre le restanti 5 si trovano in un'area dove lo spessore dei terreni non consolidati è maggiore di 20 metri. Pertanto, al punto 3.C] si dovrà barrare la terza casella, nella quale ricadono la percentuale di edifici costruiti su terreni con spessore minore di 20 metri, pari al 28.6%, e quella di edifici costruiti su zone dove i terreni non consolidati presentano spessore maggiore di 20 metri pari al 71.4%.

Al punto 4] si dovrà barrare la casella accanto alla dicitura "a carattere litoide": il disegno mostra infatti come i terreni non consolidati presenti (depositi alluvionali e detrito di versante), nelle zone interessate da costruzioni poggiano su calcari (cioè su terreni a carattere litoide).

Al punto 5] si dovrà infine barrare la quarta casella, accanto alla dicitura "Sì, nella percentuale inferiore al 20%". Il disegno mostra infatti come, su un totale di 10 case presenti in tutto il territorio comunale, ce ne sia una, corrispondente al 10%, costruita in zona di cresta.

Task 3.3 – Carta della pericolosità per i maremoti a scala nazionale

Responsabile A. Maramai, Sezione Roma 2, INGV Roma

Durante il primo anno del progetto l'attività del gruppo ING (UR1) e Università di Bologna (sub-contraente) si è incentrata quasi esclusivamente sull'aggiornamento e sulla revisione del catalogo dei maremoti italiani (Tinti e Maramai, 1996) che ha prodotto come risultato una versione completa e definitiva del catalogo stesso.

Nell'ambito del progetto U.E. GITEC-TWO (Genesis and Impact of Tsunamis on the European Coasts-Tsunami Warning and Observations), conclusosi nel 1998, il catalogo italiano di Tinti e Maramai è diventato parte integrante di una versione preliminare del primo catalogo degli tsunami dell'area europea, in forma di data base, realizzato dall'ING e dall'Università di Bologna con il contributo dei partners portoghesi, norvegesi, inglesi e greci. Il data base è stato messo a punto utilizzando il software FoxPro versione 2.5 (Microsoft), compatibile con Windows 3.1 e con le prime versioni di Windows 95. A partire dal suddetto data base, nel corso del primo anno del presente progetto GNDT gli obiettivi del nostro lavoro sono stati essenzialmente due, uno di natura più propriamente tecnica e l'altro di natura scientifica: il primo obiettivo è stato la realizzazione di un prodotto che possa essere usato con i sistemi operativi per PC attualmente in uso (Windows 98, Windows 2000 e Windows NT), utilizzando il Visual FoxPro versione 6.0, mentre il secondo obiettivo è stata la messa a punto di un data base che include aggiornamenti, revisioni e rivalutazioni degli eventi di maremoto italiani.

1) Creazione di una nuova versione informatica del data base

La struttura del nuovo data base italiano ricalca quella del catalogo europeo. Una volta lanciato il catalogo mostra all'utente uno schermo principale che ha una doppia funzione: 1) consente l'interrogazione di tutte le tabelle di dati nel database tramite specifici bottoni e 2) mostra i dati relativi ad uno specifico maremoto. In figura 1 è riportato un esempio di schermo principale con i dati del maremoto di Messina del 1908. Lo schermo è graficamente organizzato in sezioni: a) un riquadro principale, che occupa la maggior parte dello schermo, e che comprende sei sottoriquadri, contenente dati sull'evento selezionato e b) i campi sulla destra e in basso del riquadro principale contenenti i bottoni per consultare il data base.

Essenzialmente il contenuto del riquadro principale è quello che solitamente si trova in un catalogo "parametrico". I sottoriquadri contengono il codice identificativo dell'evento, la sua attendibilità (un codice numerico da 0 a 4 che esprime la probabilità che l'evento sia una tsunami, dove 0 = maremoto molto dubbio e 4 = maremoto certo), la data dell'evento, la regione sorgente, la causa tsunamigenica, l'intensità del maremoto ecc.. Il sottoriquadro chiamato "Remarks" contiene i riferimenti bibliografici per tutti i parametri dell'evento e per i dati riportati negli altri sottoriquadri. I due bottoni dentro il riquadro principale possono essere usati per informazioni aggiuntive: il bottone "Map" fa comparire una finestra con la mappa dell'area geografica dove si trova la sorgente del maremoto, mentre il bottone "Description" apre una finestra con dettagliate notizie sulla causa del maremoto e con descrizioni degli effetti del maremoto nella singole località, il tutto corredato da riferimenti bibliografici. I bottoni a destra del riquadro principale (fig. 1) consentono di spostarsi su eventi precedenti o successivi, di cambiare i parametri chiave per l'ordinamento (il bottone "Order by" permette di ordinare gli eventi per data, regione, causa, ecc.), di consultare il database della bibliografia, di effettuare estrazioni di dati secondo più chiavi di ricerca. Il data base contiene una nuova interessante sezione che tramite il bottone "Images" consente di prendere visione del

data base grafico dove sono presenti mappe, mareogrammi e foto digitalizzate relative agli eventi di maggiore interesse (esempio in Fig.2). Un'ulteriore novità è l'introduzione del bottone "Search" che facilita la ricerca di un evento semplicemente introducendo l'anno di occorrenza.

2) Revisione del catalogo dei maremoti italiani.

Il lavoro di accurata revisione degli eventi italiani ha preso l'avvio dal riesame di 34 casi occorsi nel XIX e XX secolo, che erano riportati nel catalogo dei maremoti italiani di Caputo e Faita (1984) ma che non erano stati introdotti nella versione del catalogo Tinti e Maramai (1996) in quanto supportati da fonti insufficienti. Allo scopo principale di acquisire nuovi dati, per ogni evento è stata condotta una ricerca molto attenta nei più importanti archivi e biblioteche nazionali. Particolare attenzione è stata rivolta alle emeroteche, dove sono state consultate oltre 50 testate di quotidiani e numerose riviste.

Il risultato della ricerca è che dei 34 eventi studiati ben 32 non hanno le caratteristiche di maremoto: si tratta di onde dovute a perturbazioni meteorologiche o di falsi eventi. Considerando il numero e l'importanza delle fonti esaminate si può concludere definitivamente che questi casi non possono essere inseriti nel catalogo. D'altro canto, il fatto che due casi siano riconoscibili come possibili eventi di tsunami è un risultato considerevole, sia ai fini dell'aggiornamento del catalogo che come contributo alla caratterizzazione di aree tsunamigeniche.

Il primo dei due eventi introdotti nel catalogo è quello verificatosi il 4 giugno 1809 nel Mar Ligure, più precisamente nel golfo di La Spezia, la cui generazione è molto probabilmente dovuta ad una frana sottomarina che ha messo in moto la massa d'acqua. Sulla base delle descrizioni raccolte a questo evento è stata attribuita attendibilità 2 ("possibile maremoto") e intensità 2 della scala Ambraseys- Sieberg ("maremoto leggero").

Il secondo evento è quello avvenuto il 15 gennaio 1940 nelle coste della Sicilia settentrionale, associato ad un forte terremoto (VIII MCS) con epicentro in terra a circa 20 Km da Palermo. In base alle dettagliate notizie riportate da alcuni quotidiani locali anche a questo maremoto è stata attribuita attendibilità 2 e intensità 2.

Un ulteriore step nella revisione del catalogo è stato quello dell'aggiornamento della bibliografia, mediante l'introduzione di studi e lavori pubblicati in letteratura negli ultimi tre anni, aggiornamento che ha portato all'introduzione di un ulteriore evento nel data base. Si tratta di un maremoto avvenuto il 20 Aprile del 1988 nell'Isola di Vulcano dove, a seguito di una grossa frana nel fianco N-E del vulcano precipitata in mare, è stata osservata un'onda di circa 2 metri di altezza. Data la vicinanza temporale dell'evento e gli studi specifici disponibili (Tinti et al., 1999), l'attendibilità attribuita è 4.

Negli ultimi mesi sono stati presi in esame tutti gli eventi presenti nel catalogo con attendibilità 0 e 1 per i quali si è provveduto ad una approfondita revisione al fine di accrescere le fonti bibliografiche di riferimento; attualmente si stanno esaminando le fonti reperite al fine di inserirle nel data base.

Parallelamente al nuovo catalogo italiano che è stato realizzato durante il primo anno di progetto, è stata anche prodotta una nuova versione del catalogo europeo dei maremoti, attualmente quasi interamente rivisto, grazie agli aggiornamenti fornitici dai colleghi europei per le aree del Portogallo, Norvegia ed Inghilterra.

Riferimenti bibliografici

Tinti, S., Bortolucci, E. and Armigliato, A. (1999) Numerical simulation of the landslide-induced tsunamis of 1988 on Vulcano Island, Italy, *Bull. Vulcanol.*, **61**, 121-137

The screenshot shows the 'ITALIAN TSUNAMI CATALOGUE' software interface. The window title is 'ITALIAN TSUNAMI CATALOGUE'. The main content area is divided into several sections:

- Identification code:** 101
- Reliability:** 4
- Revised:** Y
- Date Information:** Year: 1908, Month: 12, Day: 28, Time (hh: mm:ss): 4 20 27, Date Reliability: [empty]
- Region Information:** Subregion: Messina Strait, Description: Destructions, hundreds of victims. A 'Map' button is present.
- Tsunami Information:** Max Runup: 1300, Intensity: 6, Magnitude: [empty]
- Source Information:** Cause: ER, Intensity: 11.0, Magnitude: 7.2, Focal Depth: [empty], VEI: [empty], Latitude: 38 11, Longitude: 15 40, Reliability: [empty]
- Remarks:** Epicenter coordinates, origin time, magnitude (Ml), intensity (MCS scale) from Boschi (r100). Max runup value from Tinti (r171). Tsunami reliability and intensity from the GITEC group.

Navigation and control elements include: a 'Close' button, a set of navigation arrows (|<< >>|), and a search bar at the bottom with '1908' entered and an 'Order by' dropdown menu.

Fig. 1 - Esempio di schermata principale del Catalogo dei maremoti italiani relativa all'evento di Messina del 1908.

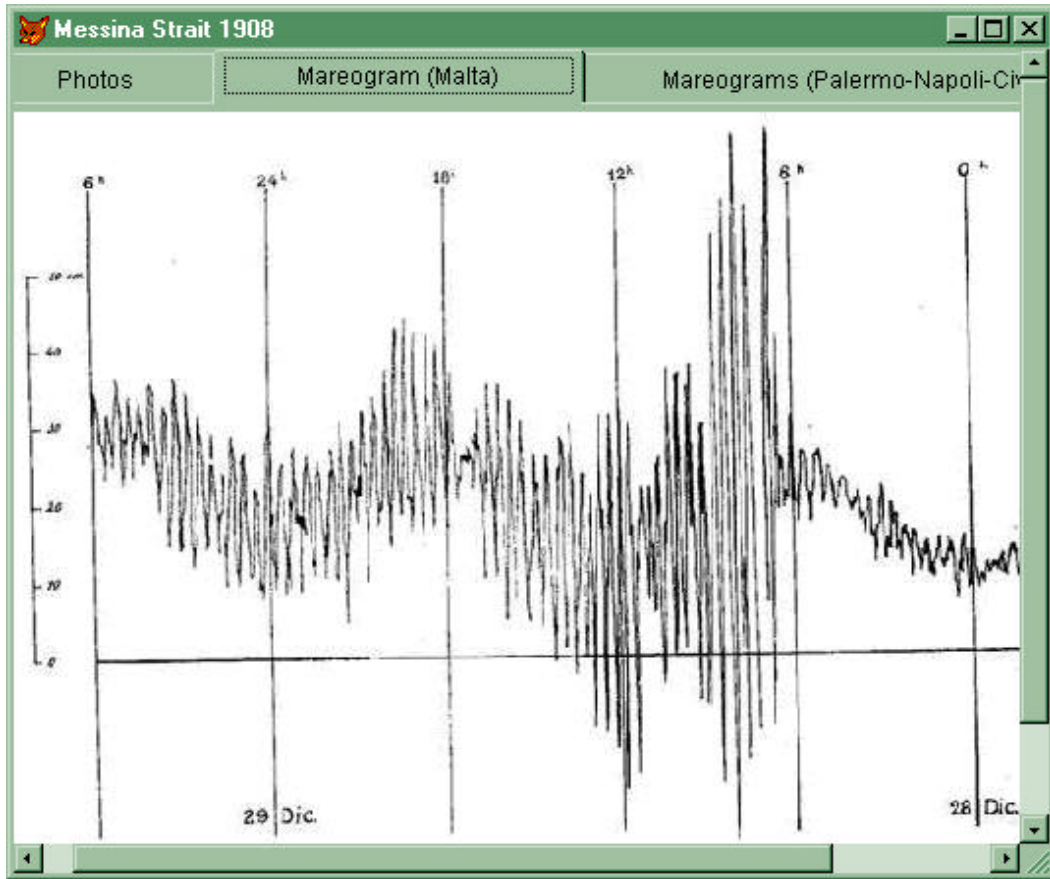


Fig. 2 - Mareogramma presente nella sezione grafica relativo all'evento di Messina 1908 registrato nella stazione di Malta.

Task 3.4 Mappe di pericolosità “time-dependent”

Responsabile: L. Peruzza, INGV e OGS Trieste

L'attività viene svolta presso il gruppo OGS-OGA-RISK (L. Peruzza), e vi afferiscono economicamente anche i sub-contractors IAMI-CNR di Milano (R. Rotondi), e Politecnico di Milano (E. Garavaglia);

Attività di coordinamento

Nel primo semestre si sono svolti i primi incontri con i partners per chiarire gli obiettivi progettuali, le collaborazioni, i dati necessari e disponibili, e la tempistica dell'interazione.

Un incontro del Gruppo di Lavoro 1 si è svolto a Roma nell'ottobre del 2000; alla riunione hanno partecipato anche i responsabili di alcuni altri obiettivi con la funzione di formalizzare e rendere esplicito il flusso di informazioni necessario fra i vari obiettivi e gruppi di lavoro (in particolare GdL1, Tasks 2.1, 3.1 e 3.2 verso Task 3.4).

Un successivo incontro con i soli operatori del Task 3.4 si è tenuto a Milano (novembre 2000): ha predisposto un breve diagramma di flusso di informazioni/compiti/problemi relative all'obiettivo “Mappe di pericolosità time-dependent”, trasmesso con la rendicontazione semestrale e inteso come contributo alla discussione con gli altri operatori. Sono seguiti sporadici scambi individuali, rimasti fino ad oggi interlocutori su alcuni aspetti cruciali quali:

- la modalità di utilizzo delle sorgenti catalogate nel Database of Potential Sources;
- l'utilizzo del catalogo strumentale per il trattamento della sismicità di basso grado;
- la disponibilità di datazioni di eventi plurimi sulla medesima struttura, a fini di calibrazione delle funzioni probabilistiche dei tempi di ricorrenza, indispensabili per una applicazione time-dependent;
- l'integrazione delle relazioni di attenuazione regionalizzate e degli effetti di sito nella valutazione probabilistica della pericolosità a fini di rischio sismico.

Gli operatori coinvolti dal Task 3.4 hanno quindi lavorato ancora privi di una vera finalizzazione delle proprie ricerche; si auspica questi problemi vengano affrontati e risolti quanto prima per non compromettere i risultati attesi dal progetto.

Attività di ricerca

L'attività di ricerca nel settore delle possibili applicazioni all'area italiana di tecniche di valutazione della pericolosità sismica riconducibili al probabilismo non-poissoniano sono proseguite con test ed analisi prevalentemente incentrate nell'Appennino Centrale.

Mantenendo come schema di riferimento delle zone sorgenti di terremoti maggiori quello proposto dal Lavecchia et al. (2001), sono state analizzate le potenziali sorgenti in zona assiale della catena appenninica, circa dalla latitudine di Gubbio, verso nord, fino alla regione abruzzese (Barrea). Lo sforzo di individuare ben definiti vincoli geometrici è in questo caso accompagnato dalla necessità di formalizzare per ogni struttura un modello di ricorrenza dei terremoti, che tenga nel miglior modo in considerazione l'insieme di informazioni disponibili; conseguentemente bisogna parametrizzare i tassi di sismicità, riducendo quanto più possibile le incertezze relative. Un primo confronto di tecniche diverse nella stima di parametri cruciali quali la magnitudo massima (M_{max}) attesa per una struttura, e il relativo tempo di ricorrenza medio è stato eseguito nella parte più

settentrionale dell'area investigata (Pace et al., 2001). La Fig. 1 confronta i tassi di sismicità relativi all'evento massimo ottenibili dalla analisi ragionata del catalogo dei terremoti (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999), o dall'utilizzo, niente affatto agevole, di vincoli geometrici legati alle dimensioni – reali o presunte – delle strutture ritenute responsabili.

Le mappe di pericolosità che ne conseguono, mostrano una variabilità talvolta superiore al 100% dei valori attesi, senza tenere in considerazione la dipendenza temporale dall'ultimo evento significativo.

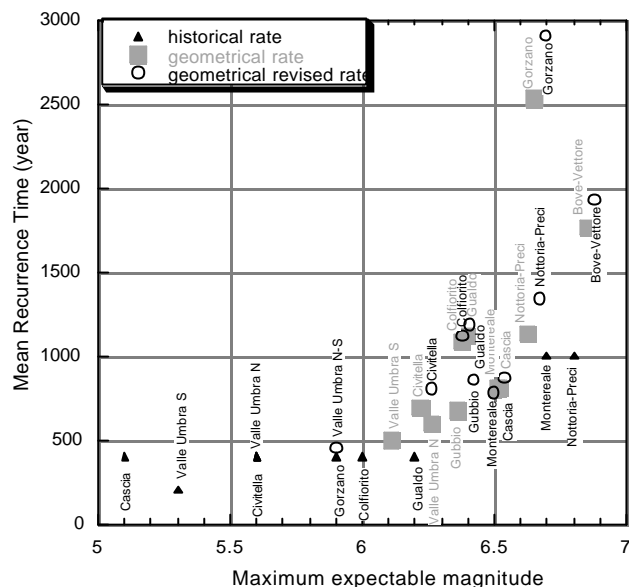


Fig. 1 – Magnitudo massima e relativi tempi di ricorrenza media usati per caratterizzare i tassi di sismicità delle sorgenti: i diversi simboli indicano le diverse tecniche utilizzate (tratto da Pace et al., 2001)

La parametrizzazione geometrica dei tassi di ricorrenza ha comportato anche una analisi critica dei dati empirici sulle dimensioni della rottura, e delle relazioni di correlazione derivate: utilizzando dati di letteratura è stata calibrata una correlazione diretta fra lunghezza della rottura e l'estensione down-dip, uno strumento abbastanza utile quale controllo della segmentazione adottata (Peruzza et al., 2001).

Per l'intera area analizzata si è quindi giunti ad una ipotesi di modello di sorgente complessivo, e una mappa con l'introduzione tentativa della dipendenza temporale (Fig. 2, tratte da Pace, 2001). Si tratta grossomodo della medesima area analizzata nel corso di precedenti progetti GNDT (MISHA: Peruzza, 1999); rispetto alle analisi di sensibilità proposte allora, i risultati di pericolosità ora ottenuti rappresentano uno sforzo di sintesi con validità metodologica, e una certa affidabilità, dal punto applicativo. Ciò nonostante essi rappresentano solo parzialmente lo stato delle conoscenze, che spesso a sua volta risulta inadeguato per delle applicazioni non di routine; alcune questioni basilari non sono ancora state affrontate, nell'ambito complessivo del progetto, e non è pensabile vengano affrontate e risolte individualmente dagli operatori. In particolare gli aspetti che coinvolgono direttamente il confronto/interazione con gli altri obiettivi del progetto possono essere così riassunti.

1. Il modello geometrico di sorgenti adottate: non si tratta di quanto riportato nel Database, anche se esso è stato consultato per caratterizzare geometricamente ed energeticamente le sorgenti. Esiste una legittima perplessità sulla possibile convivenza spaziale di diversi sistemi di fagliazione subparalleli, ognuno potenzialmente responsabile di terremoti maggiori; per contro, le sorgenti unicamente ricavate dal dato di catalogo (box di dimensione legata alla magnitudo tramite relazioni di Wells & Coppersmith, 1994; orientazione ricavata dal piano quotato) appaiono inutilizzabili nella stima della pericolosità, non aggiungendo alcun elemento originale alla informazione originale del dato sismologico.

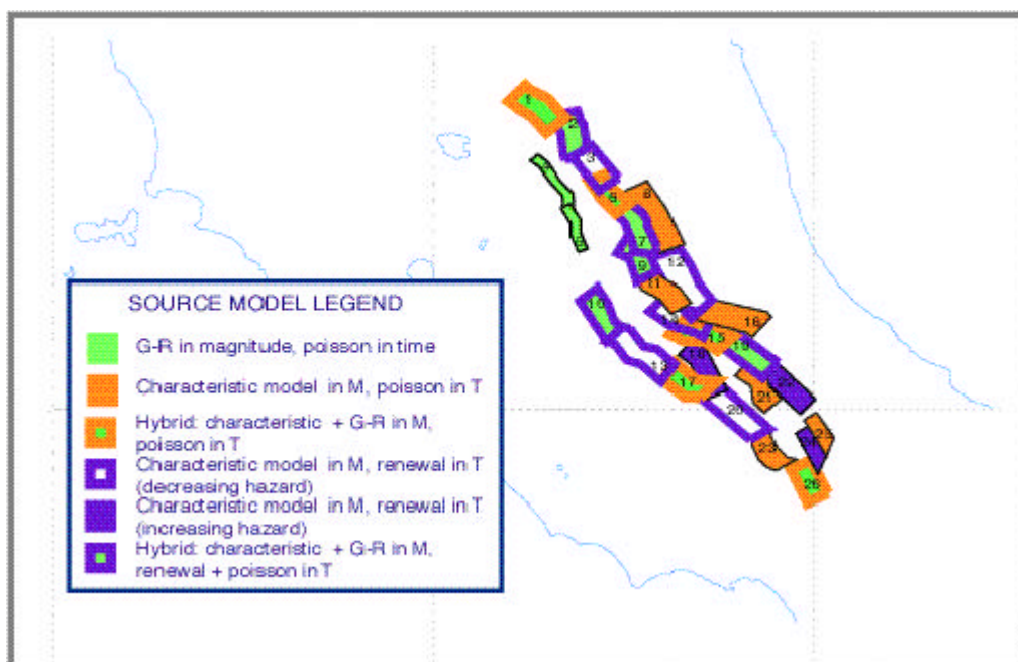


Fig. 2a – Modello di sorgente complessivo per il settore assiale dell'Appennino Centrale e risultati di pericolosità conseguenti: geometria delle sorgenti adottata e tipo di modello di occorrenza ipotizzato.

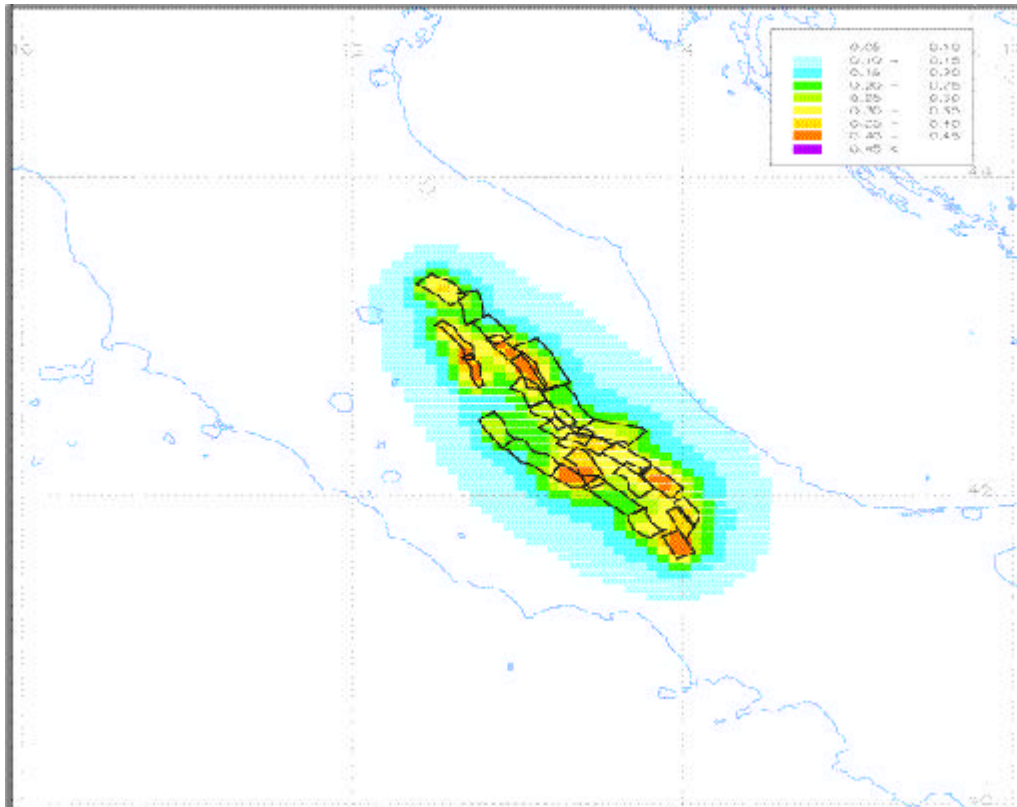


Fig. 2 – Modello di sorgente complessivo per il settore assiale dell’Appennino Centrale e risultati di pericolosità conseguenti: risultati in PGA (g) attesi di non venir superati al 90% nei prossimi 50 anni (stima al 2001) simulando la dipendenza temporale tramite un Tmedio equivalente.

2. La caratterizzazione della bassa sismicità: il problema di una mappatura del b-value è strettamente collegato alla disponibilità di un dataset, sia pure temporalmente limitato, ma omogeneo nelle grandezze rappresentate (magnitudo, soglia di detezione della rete); questo aspetto ha conseguenze sia sulla definizione del modello di sismicità delle strutture responsabili di terremoti maggiori, sia sulla delineazione di aree caratterizzate esclusivamente da terremoti medio-piccoli.
3. La formalizzazione di elementi di supporto per adottare un modello di occorrenza di terremoti rispetto ad un’altro (es. terremoto caratteristico in alternativa ad una distribuzione G-R); fino ad ora ci si è basati esclusivamente su considerazioni legate al “buon senso”, attribuendo il modello a terremoto caratteristico alle poche strutture monitorate positivamente dal punto di vista paleosismologico, e nel contempo prive di una sismicità associabile nella finestra di catalogo. È chiaro che un controllo complessivo sulla deformazione documentata/attesa potrebbe almeno costituire una importante condizione di contorno.
4. La definizione della distribuzione probabilistica dei tempi di ricorrenza: è l’aspetto più critico, nelle applicazioni con memoria, in quanto la probabilità condizionata al tempo intercorso dall’ultimo evento è controllata dalla funzione di distribuzione adottata. La validazione di modelli di stima dei tempi di intercorrenza, in cui sono coinvolte le UR IAMI-CNR e Politecnico di Milano, richiede la definizione di dati di calibrazione.

Restano infine da affrontare collegialmente i problemi di compatibilità con le relazioni di attenuazione e con il trattamento dei dati di sito.

Bibliografia

- Lavecchia G., Boncio P., Brozzetti F., Stucchi M. & Leschiutta I. (2001) - *New criteria for 3-D zoning in Central Italy: insights from the umbria-marche Apennines*. Submitted Soc. Geol. It.
- Pace B. (2001) – *Hybrid PSHA in Central Italy*. Poster at Erice School in Geophysics, Summer 2001
- Pace B., Peruzza L., Lavecchia G., & Boncio P. (2001) – *Seismogenic sources in Central Italy: from causes to effects*. Accepted Mem. Soc. Geol. It.
- Peruzza L. (1999) - *Analisi di sensibilità all'introduzione di sorgenti lineari e trattamento time-dependent*. In Peruzza L. Eds, Progetto MISHA. Metodi Innovativi per la Stima dell'HAZARD - Applicazione all'Italia Centrale. GNDT, Roma, 139-162.
- Peruzza L., Pace B., Lavecchia G., & Boncio P. (2001) – *Sensitivity analysis of PSHA in the Central Apennines (Abruzzo area)*. In prep. Boll. Geof. Teor. Appl.
- Wells D.L. & Coppersmith K.J. (1994) - *New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement*. Bull. Seism. Soc. Am., **84**, 974-1002.
- Working Group CPTI (1999) – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (C.P.T.I.)*. ING, GNDT, SGA and SSN Eds., Editrice Compositori, Bologna, 88 pp.

Task 3.4 – Appendice 1

Modelli di stima dei tempi di intercorrenza (Elsa Garavaglia, Politecnico di Milano)

Il gruppo di lavoro 'Polimi' è chiamato a svolgere indagini riguardanti i tempi di intercorrenza dei terremoti funzionali ad una Mappatura della pericolosità "time-dependent" che possa essere estesa a tutto il territorio nazionale. Nella prima fase di questo lavoro triennale si è proceduto alla predisposizione dei codici per la validazione dei modelli di stima dei tempi di intercorrenza.

Come è ormai ben chiaro a chiunque svolga un'analisi probabilistica, la modellazione non è univocamente determinata. Nessuna previsione è credibile senza incertezze. Non è possibile parlare di "validazione" in senso assoluto. Tuttavia, un attento confronto tra modelli candidati, la convergenza e il reciproco aiuto fra conoscenze fisiche e indagini statistiche, nonché la consapevolezza delle conseguenze insite nel modello probabilistico, possono costituire un ragionevole supporto di credibilità ad un modello piuttosto che ad un altro e una misura, sia pure in senso relativo, delle incertezze associate alla previsione.

Nell'ambito di questa ricerca si indagano i processi di rinnovo che sono i più semplici tra i processi dotati di memoria (il che sembra essenziale per l'indagine che si intende svolgere). Inoltre, l'incompletezza dei cataloghi storici non permette di pensare a modelli più sofisticati.

Nell'ambito dei processi di rinnovo, definiti dalle distribuzioni dei tempi di intercorrenza degli eventi storici, si è rivolta l'attenzione su 5 famiglie di distribuzioni (Guagenti Grandori, 1993, Garavaglia et al. 1999): Weibull, Gamma, Lognormale, Esponenziale generalizzata, Mistura di due distribuzioni (Weibull+Gamma). La validazione interesserà quindi queste famiglie. Sarà indagata la credibilità di ognuno di questi modelli e confrontata con tutti gli altri. L'obiettivo sarà perseguito seguendo una procedura già sperimentata da G. Grandori et al. (1998).

La validazione dei modelli presi in considerazione può avvenire attraverso la stima di un particolare "indicatore di qualità". Nel caso della stima dei tempi di intercorrenza tra eventi sismici, pensiamo che la funzione di "hazard rate" possa ritenersi un buon indicatore della validità di un modello rispetto ad un altro.

Su questo tema, si sono sviluppati opportuni codici di calcolo per la validazione dei modelli elencati; in particolare si è lavorato alla stesura di algoritmi per il calcolo delle proprietà statistiche (momenti, distribuzioni di probabilità, funzioni cumulate, hazard rate, ecc.) e per la generazione di cataloghi sintetici a partire da diverse distribuzioni dei tempi. Si è definito la procedura da utilizzare nello studio della prevedibilità di un evento sismico indagando, da un punto di vista statistico, la credibilità di due modelli a confronto.

Bibliografia

- G. Grandori, E. Guagenti, A. Tagliani "A proposal for comparing the reliabilities of alternative seismic hazard models", *Journal of Seismology* 2, 27-35, 1998.
- Guagenti Grandori E. , 1993, Rischio sismico: metodo di Cornell generalizzato", *Ingegneria Sismica*, anno X, 2, 14-21.
- Garavaglia E., Guagenti E., 1999, Distribuzioni a confronto per i terremoti maggiori in Italia Centrale in "Progetto MISHA – Metodi innovativi per la stima dell'hazard: applicazione all'Italia Centrale", a cura di L. Peruzza, CNR-GNDT - Roma, **Parte III, Cap. 11**, 126-136.

Task 3.4 - Appendice 2

Analisi statistiche e validazione di modelli time-dependent nella pericolosità sismica (R. Rotondi, S. Simeon, C.N.R. - Istituto per le Applicazioni della Matematica e dell'Informatica)

Problema

Nonostante la sua discutibilità il modello di Poisson stazionario è stato finora estesamente applicato nella valutazione della pericolosità sismica per diversi motivi, tra cui i principali sono la sua semplicità e la difficoltà a discriminare tra modelli alternativi. Nell'ultimo decennio si sono imposti in statistica nuovi metodi computazionali intensivi basati sulla simulazione di catene di Markov; tali metodi hanno reso possibile risolvere problemi di stima e previsione in modelli complessi o in elevate dimensioni che per questioni numeriche erano finora non risolvibili. Tra le varie componenti del fenomeno sismico il tempo tra eventi successivi è quello che probabilmente, per la sua significatività, ha dato spunto al maggior numero di modelli probabilistici, come documentato dalla numerosa e ricca letteratura sull'argomento. Sulla base di queste considerazioni abbiamo ritenuto opportuno riprendere (Betrò et al., 1989), da un punto di vista più generale, lo studio della distribuzione di probabilità $F_T(t)$ del tempo di intercorrenza T nell'ipotesi che gli intervalli di tempo tra eventi successivi siano realizzazioni di variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite. La loro distribuzione caratterizza quei particolari processi di punto che sono i processi di rinnovo, indicati anche col termine *characteristic time models*; infatti la funzione intensità $\lambda(t)$ del processo di punto è uguale alla funzione rischio $h(t)$ del tempo T

$$\lambda(t) = h(t) = \frac{f_T(t)}{1 - F_T(t)} \quad t \geq 0$$

dove $h(t)$ indica la probabilità che un evento accada all'istante t dato che nessun evento è accaduto nell'intervallo $(0, t)$.

Dati

Coerentemente alla scelta di un modello non stazionario abbiamo preso in esame forti terremoti con magnitudo non inferiore a 6. Per quanto riguarda invece la scelta della zona da analizzare abbiamo tenuto conto di due esigenze contrastanti: da una parte ottenere un insieme di dati il più grande possibile e dall'altra considerare una regione in qualche modo omogenea dal punto di vista sismotettonico. Non potendoci avvalere di altre informazioni abbiamo selezionato l'area, situata nell'Italia meridionale, data dall'unione delle zone sismogenetiche dalla 56 alla 80 della zonazione ZS.4 (Meletti et al., 2000). Anche se una semplice analisi esplorativa dei dati mette in evidenza problemi di incompletezza del catalogo, non avendo, anche in questo caso, precise indicazioni storiche abbiamo preferito non escludere alcun dato. In tal modo abbiamo ottenuto l'insieme S costituito da 53 eventi, cioè 52 tempi di intercorrenza che variano tra meno di un giorno e 473 anni. Abbiamo inoltre considerato un altro insieme S' di dati, costituito dai tempi di intercorrenza valutati tra eventi successivi accaduti nella *stessa* zona sismogenetica. Questo corrisponde ad assumere che gli eventi registrati in ogni zona sono la manifestazione di distinti, anche se dello stesso tipo, processi di generazione. L'insieme così ottenuto è composto da 35 dati che variano tra 2 giorni e 1055 anni.

Metodologia

In letteratura sono proposte diverse distribuzioni di probabilità per il tempo T ; tra le più usate vi è la distribuzione gamma, la Weibull e la lognormale. Combinando inoltre le suddette distribuzioni a coppie si è riusciti a modellare andamenti bimodali riconosciuti in alcuni insiemi di dati. Volendo rendere la nostra analisi particolarmente flessibile e generale abbiamo seguito un metodo di inferenza non parametrica nell'ambito della statistica bayesiana. Abbiamo supposto che la distribuzione da stimare $F(\cdot)$ sia casuale, distribuita secondo un processo stocastico detto albero di Polya (Lavine, 1992). La procedura inferenziale seguita è basata essenzialmente sulla costruzione di una partizione binaria ricorsiva del supporto della distribuzione $F(\cdot)$, supposta dotata di densità f , e sull'aggiornamento, attraverso le osservazioni, delle probabilità assegnate a priori che la variabile T appartenga a ciascuno dei sottinsiemi della partizione. Attraverso l'applicazione di un metodo Monte Carlo basato su catene di Markov, si simula un insieme di valori da particolari realizzazioni della distribuzione $F(\cdot)$ e poi lo si "liscia" con un classico metodo di kernel. Gli alberi di Polya sono una classe di processi stocastici che hanno tra i loro parametri la partizione e una distribuzione $G(\cdot)$, valore atteso a priori della distribuzione $F(\cdot)$ da stimare. In accordo alle distribuzioni proposte in letteratura abbiamo scelto $G(\cdot)$ nella famiglia delle gamma generalizzate, famiglia che comprende propriamente le distribuzioni gamma, Weibull e asintoticamente le lognormali:

$$g(t; \mathbf{x}, \mathbf{h}, \mathbf{r}) = \frac{\mathbf{h} \mathbf{x}^{\mathbf{r}} t^{\mathbf{r} \mathbf{h} - 1} \exp(-\mathbf{x} t^{\mathbf{h}})}{\Gamma(\mathbf{r})}$$

La flessibilità del metodo aumenta ulteriormente se si aggiunge un altro livello alla struttura gerarchica del modello considerando misture di alberi di Polya, cioè assumendo che i parametri α, β, γ siano a loro volta variabili casuali.

Risultati

Numerose prove sono state eseguite, dapprima, per stabilire il numero di iterazioni necessarie a garantire la convergenza del metodo iterativo di stima e, in seguito, per studiare la sensibilità del modello alla variazione dei parametri. In particolare, poiché le probabilità assegnate a priori agli insiemi della partizione dipendono da certi parametri a_{e_j} , dove e_j indica un insieme del j -esimo livello della partizione, risulta che si ottengono delle stime della densità $f(\cdot)$ tanto più regolari quanto maggiore è il valore degli a . Nella Figura sono rappresentate, per ciascuno dei due insiemi di dati S e S_z , la stima della densità $f(\cdot)$ ottenuta attraverso misture di alberi di Polya con $a_{e_j} = 2$ (linea continua) e la densità gamma generalizzata ottenuta assegnando ai parametri α, β, γ il valore della rispettiva media a posteriori (linea punteggiata). La multimodalità delle curve, più evidente per l'insieme S_z , appare consistente con la distribuzione delle osservazioni (punti in grassetto).

Bibliografia

- Betrò B., Garavaglia E., Guagenti E., Rotondi R., Tagliani A. (1989) Sulla distribuzione dei tempi di intercorrenza fra eventi sismici in alcune zone italiane, Quaderno IAMI- 89.10.
Gruppo di Lavoro CPTI, 1999. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 1999, 92 pp., disponibile da <http://emidius.itim.mi.cnr.it/CPTI/home.html>

Lavine, M. (1992) Some aspects of Polya tree distributions for statistical modelling, *Annals of Statistics*, 20, 3, 1222-1235.

Meletti, C., Patacca, E. and Scandone, P. (2000) Construction of a seismotectonic model: the case of Italy, *Pageoph.*, 157, 11-35.

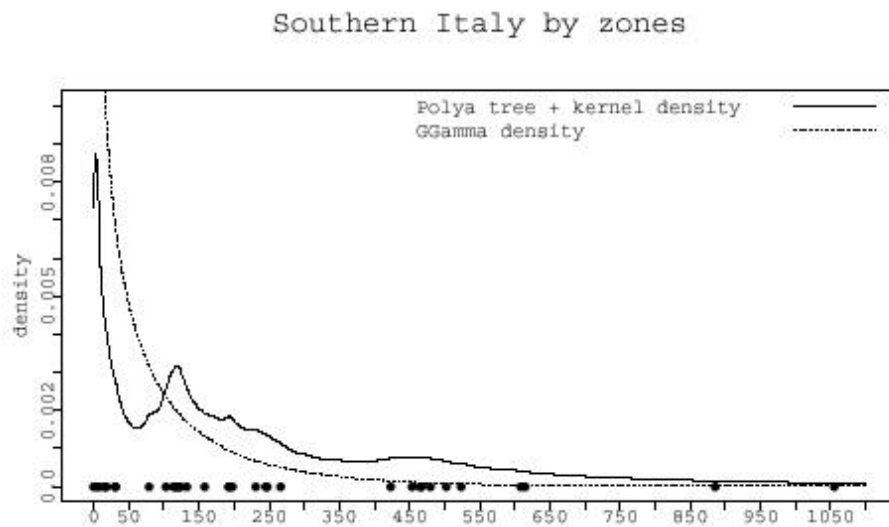
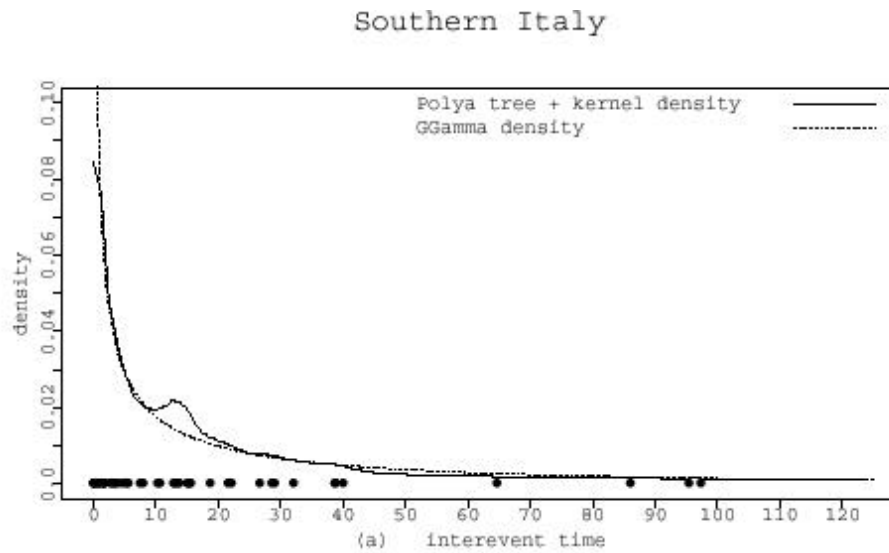


Fig. 1 - Stima della densità di probabilità del tempo di intercorrenza ottenuta da misture di alberi di Polya (linea continua) e densità gamma generalizzate (linea punteggiata) ottenute assegnando ai parametri il valore della loro media a posteriori, per l'insieme di dati S (a) e Sz (b).

Appendice. Costruzione di un sistema geografico territoriale per il progetto.

I dati cartografici raccolti dalla letteratura e prodotti *ex-novo* nell'ambito del progetto vengono immessi in un GIS per l'analisi dei dati e il loro confronto in un modo semplice ed efficace. Al momento sono stati creati tre "progetti", uno a scala nazionale e gli altri due focalizzati nelle due aree di "lacuna" selezionate per gli approfondimenti (Umbria e Campania-Basilicata). Nelle tabelle riportate sotto vengono sintetizzate le situazioni dei tre progetti, con i dati finora inclusi e quelli in via di inserimento.

ZONA GUBBIO-CITTA' DI CASTELLO	INSERITO	DA INSERIRE
DEM 25 metri	x	
Carte Topografiche 100,000 georeferenziate		x
Carte Geologiche 100,000 georeferenziate		x
Linee sismiche proiettate	x	
Structural Model of Italy 1:500,000		fare scansione
Neotectonic Map of Italy 1:500,000		fare scansione
meccanismi focali Silvia		x
ZONA VAL D'AGRI - VALLO DI DIANO		
DEM 25 metri		x
Carte Topografiche 100,000 georeferenziate	x	
Carte Geologiche 100,000 georeferenziate	x	
Linee sismiche proiettate	x	
Structural Model of Italy 1:500,000	x	
Neotectonic Map of Italy 1:500,000	x	
Carta geologica di sintesi App. meridionale 1:250,000	x	
meccanismi focali Silvia		x
A SCALA NAZIONALE		
DEM 250 metri	x	
sismicità GNDT 2000	x	
sequenze sismiche Rete Mobile ING	x	
faglie GNDT		x
file sismicità Italia ING 1974-2000	x	
CFTI	(da CAIFA)	
CPTI	(da CAIFA)	
NT	(da CAIFA)	
scarpate di faglia	(da CAIFA)	
limiti amministrativi	(da CAIFA)	
sorgenti profonde	(da CAIFA)	
sorgenti storiche (a,a-rev,b)	(da CAIFA)	
sorgenti sismogenetiche	(da CAIFA)	
piani quotati NT	(da CAIFA)	
piani quotati CFTI	(da CAIFA)	
stazioni rete nazionale	x	
SHmin breakout	x	
sigma 3 faglie sismogenetiche	x	
sigma 3 inversione da microterremoti	x	
sigma 3 media mecc. focali	x	
sigma 3 mecc. focali da microterremoti	x	
sigma 3 meccanismi focali	x	
meccanismi focali (Silvia Pondrelli)		x
limiti provinciali	x	
limiti comunali	x	
modello strutturale-cinematico d'Italia	x	