

Nel corso dell'anno ha avuto un significativo avanzamento la revisione di dati strumentali relativi alla sequenza sismica del Friuli del 1976: infatti, dopo aver raggiunto una massa critica di raccolta dati per ottenere buone localizzazioni epicentrali per circa 300 terremoti, si è deciso di passare alla loro fase interpretativa, tramite sezioni di probabilità ipocentrale, e con l'analisi congiunta dei meccanismi focali: ne emerge un quadro piuttosto innovativo, sull'interpretazione sismotettonica della crisi sismica, dai nuovi dati non più esclusivamente legata ai sovrascorrimenti a basso angolo, usualmente citati in letteratura, ma forse anche in parte impostata su struttura di back-thrust ad angolo elevato, ed immersione meridionale. L'interpretazione in chiave geologica ha coinvolto colleghi dell'Università di Udine, che hanno realizzato dei profili geologici profondi integrando tutte le informazioni disponibili dalla sismica di esplorazione. I lavori di sintesi sono stati presentati alle Memorie della Società Geologica Italiana.

### **Le nuove isosiste N-n; il programma ConVor**

E' stato messo a punto un nuovo metodo di contour delle intensità macrosismiche. Il tracciamento delle isosiste effettuato con ConVor supera il problema della soggettività interpretativa, che affligge la sismologia fin dall'Ottocento, e non introduce filtraggi più o meno spuri. ConVor risolve il problema mediante interpolazione locale basata sul principio dei "vicini naturali" e producendo le "isosiste n-n". Per pesare i contributi dei dati distribuiti irregolarmente sul piano nei nodi di una griglia regolare, in cui le intensità non sono state osservate, questo interpolatore utilizza le intersezioni tra poligoni di Voronoi. Le nostre nuove isosiste: 1) onorano i dati sperimentali; 2) sono isoparametriche e confinate dai valori dei dati sperimentali; 3) la superficie sezionata dalle isosiste è regolare in tutti i punti meno che sui dati osservati. Ne discende che le isosiste n-n così ottenute non richiedono alcun parametro di contour, e quindi non appesantiscono eventuali inversioni o altri trattamenti.

Questa nostra nuova tecnica permette varie applicazioni nello studio dei dati macrosismici; quantitative, come la stima della magnitudo dalle misure dei raggi medi delle isosiste, o qualitative, come l'identificazione di eventuali effetti locali.

Stiamo cercando di disseminare i principali risultati ottenuti con ConVor (vedi bibliografia) in vista della sua possibile candidatura a nuovo standard internazionale.

### **Precursori Sismici**

In collaborazione con l'ETH di Zurigo si intende verificare l'esistenza di gap sismici nell'aria friulana. Il primo punto del lavoro è stato quello di analizzare la completezza e l'omogeneità del catalogo dei terremoti registrati dalla rete sismometrica del Friuli. Il prodotto finale è un file di dati, senza esplosioni artificiali, con le magnitudo da durata e, per valori maggiori o uguali a 3,3, anche con le magnitudo da Wood Anderson.

### **SISMOTETTONICA**

Afferiscono a questa tematica analisi della sismicità finalizzate ad aumentare le conoscenze sulle strutture attive. Parte dell'attività svolta in questo settore verrà descritta per completezza dell'informazione nel paragrafo relativo ai metodi innovativi per l'Italia Centrale.

### **Tomografia**

E' continuato lo studio di un codice di inversione tomografica non lineare per la ricerca di modelli 1-D da utilizzare per inversioni 3-D con codici lineari i quali dipendono fortemente dal modello di ingresso. Il problema è stato affrontato utilizzando sia la tecnica del simulated annealing sia quella degli algoritmi genetici. Poiché il numero di parametri da invertire è estremamente elevato ridurre

i tempi di calcolo diventa di primaria importanza. I codici genetici sembrano attualmente convergere in tempi minori degli altri.

### **Inversione di dati di intensità macrosismica**

La ricerca ha approfondito vari aspetti di questo approccio innovativo, che sta cominciando a dare frutti significativi. In particolare, si sono messe a punto tecniche di inversione automatica con parametri completamente liberi e calcolo degli errori sulla sensibilità della funzione e con il metodo Montecarlo Bootstrap.

Si è continuato a sviluppare la tecnica su terremoti californiani e della Sicilia SE, e si cerca di disseminarne i risultati a livello internazionale (vedi bibliografia), producendo altresì applicazioni riguardanti terremoti storici italiani.

### **PERICOLOSITA' SISMICA**

In questa sezione vengono presentate le valutazioni della pericolosità sismica ad ampia scala, che interessano pertanto sia l'intero territorio nazionale, sia parti di esso.

In dettaglio, il progetto di valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale a fini di riclassificazione è stato concluso nel 1996, e i risultati ottenuti con l'utilizzo di un approccio probabilistico tradizionale hanno avuto piena divulgazione negli anni successivi. Nel 2000 si è proceduto, col Servizio Sismico Nazionale (SSN), a una revisione dei risultati del 1996 e sono, inoltre, continuati i test per verificare l'influenza dei vari ingredienti sulle stime di pericolosità.

### **Riclassificazione sismica del territorio nazionale**

La revisione della carta di pericolosità sismica del territorio nazionale del 1996 è stata curata ad un Gruppo di Lavoro misto GNDT - SSN. Questa operazione, svolta quasi interamente nel 1999, ha trovato la sua conclusione nel corso del 2000. La nuova carta di pericolosità sismica rappresenta un ragionevole compromesso fra la metodologia GNDT e quella SSN. In particolare, alcuni aspetti affrontati dal GNDT in maniera innovativa non sono stati introdotti per costruire un prodotto concettualmente conservativo. Si stacca da questa visione il calcolo dei tassi di sismicità caratteristici per ogni zona, definiti adesso con un approccio oggettivo di sicura più facile applicazione ma, forse, non sempre soddisfacente come le scelte soggettive (ma guidate metodologicamente) del GNDT.

### **Carta di rischio per la regione Friuli Venezia-Giulia**

La carta di rischio per la regione Friuli Venezia-Giulia è un progetto triennale (1998-2000) svolto dall'OGS in collaborazione con l'Università di Trieste, che cura maggiormente gli aspetti geologici, e con l'Università di Udine, che tratta la parte relativa alla vulnerabilità degli edifici. Nel 2000 si è chiuso il secondo anno della convenzione ed è stata realizzata una nuova versione della carta di pericolosità sismica a scala regionale.

#### *Scuotimento a scala regionale*

Il progetto ha recepito la prima differenziazione di tipologie di suoli fornita dall'Università di Trieste sulla base di una stratigrafia tipo per ogni comune della regione (un unico suolo di riferimento per ogni comune, nella prima fase da particolareggiare nel seguito) e sulla base di questa prima differenziazione è stata effettuata la modellazione monodimensionale per quantificare la risposta sismica locale (vedi qui di seguito).

E' stata messa a punto una nuova zonazione sismogenetica regionale, disegnata appositamente per questo progetto e che deriva dal prototipo definito durante l'anno precedente.

Le mappe ottenute mostrano, ora, le accelerazioni spettrali attese nei vari siti in funzione del terreno di riferimento, caratterizzato per ogni comune dall'amplificazione locale prevista rispetto al valore atteso su roccia. La carta di pericolosità è così molto articolata e non mostra più un campo variabile con continuità spaziale, molto più prossimo a quanto si osserva in realtà a seguito dei terremoti.

#### *Risposte sismiche locali monodimensionali*

I modelli monodimensionali per il calcolo delle risposte sismiche semplificate, a fini di zonazione a scala regionale, sono stati elaborati sulla base di 219 stratigrafie-tipo e 60 modelli combinati (substrato rigido con 2 alternative possibili; 6 escursioni di profondità; 5 intervalli di impedenza media pesata; totale 60 modelli).

I calcoli di risposta sono stati effettuati in regime sforzi-deformazioni lineare, con una versione modificata del ben noto codice Charsoil. I modelli sono stati forzati con due ondate di Ricker in velocità particellare (strictu sensu, la derivata prima di una ondata gaussiana in spostamento particellare) aventi spettri centrati sulle frequenze di 1 e 5 Hz.

Risulta che nei siti con coperture/alluvioni più "sottili" si hanno maggiori amplificazioni attorno alla banda dei 5 Hz. Viceversa, i siti "profondi" manifestano, in proporzioni meno accentuate, la predominanza della banda 1 Hz.

#### **Pericolosità sismica time-dependent**

Con l'anno 2000 è iniziato un nuovo progetto triennale di valutazione della pericolosità sismica sul territorio nazionale: "Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico" (Coordinatore Nazionale del progetto Alessandro Amato). Il progetto si propone di recepire le innovazioni metodologiche per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica time-dependent emerse nel corso del progetto MISHA (1999), integrando le attività di vari gruppi di lavoro, che spaziano tematicamente dalla sismologia storica al telerilevamento, dalla tomografia sismica alle analisi sull'attenuazione, e gli effetti locali. Nell'ambito di tale progetto verrà curato il coordinamento degli operatori dedicati alle analisi probabilistiche (OGS, Università di Genova, Politecnico di Milano, IAMI-CNR di Milano), e verranno esportate, nei limiti consentiti dalle conoscenze, le sperimentazioni condotte per l'Italia Centrale negli anni scorsi. La progettualità interna all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (cui afferiscono due ricercatori del gruppo RISK) ha inoltre proposto la sperimentazione di tecniche simili per l'area Etna, nonché la realizzazione di una "palestra" metodologica per valutare, assieme a colleghi nazionali ed internazionali, la fattibilità di stime probabilistiche legate alla modellazione della propagazione dello sforzo.

#### **Rischio sismico della rete viaria e ferroviaria nel Friuli - Venezia Giulia**

Nell'ambito di una tesi di laurea presso il Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Trieste è stato svolto un lavoro mirato a evidenziare l'applicabilità delle tecnologie GIS a problematiche di rischio sismico, in relazione alla gestione dei dati e alla restituzione dei risultati. Sono stati considerati, a tal proposito, due esempi di valutazione del rischio sismico di elementi considerati strategici, presenti sul territorio del Friuli - Venezia Giulia: alcuni impianti industriali speciali e ponti e gallerie della rete autostradale regionale.

Il lavoro ha evidenziato l'applicabilità delle tecnologie GIS a problematiche di rischio sismico discutendone due esempi di valutazione. Il primo, molto semplice, ha considerato gli impianti industriali a rischio presenti nel Friuli - Venezia Giulia classificandoli in base ai valori di intensità macrosismica MCS riferiti al periodo di ritorno  $T = 475$  anni, calcolati per ogni comune regionale. Il secondo ha avuto come oggetto infrastrutture della rete autostradale, di cui è stata calcolata la

probabilità di danneggiamento tramite una metodologia quantitativa molto interessante anche per valutare i rischi coperti dalle compagnie di assicurazione. L'intento è stato quello di fornire procedure di trattamento e gestione dei diversi livelli di informazione, per valutazioni sistematiche di rischio su tutto il territorio ed è stato realizzato un GIS che ha permesso anche la restituzione grafica dei risultati. Il valore di tali esempi è, però, puramente metodologico in quanto sono state usate procedure di calcolo in uso principalmente negli Stati Uniti, non modificate per la realtà italiana, per quantificare il rischio di elementi caratterizzati attraverso dati pubblici, ma non validati.

## **MONITORAGGIO AMBIENTALE**

### **Discariche**

Nell'ambito del progetto IBIS (Sviluppo di Metodologie per l'indagine e la bonifica di aree inquinate da discariche, industria e agricoltura), finanziato dal Fondo Speciale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica, sono previste adeguate indagini geofisiche e geochimiche atte all'individuazione delle fonti d'inquinamento, alla valutazione del rischio per l'ambiente e per la salute pubblica.

Il programma, GDL, OGA e Geokarst, si svilupperà in tre anni. E' iniziato nel 2000 e per il gruppo RISK ha comportato:

- 1) ricerca bibliografica;
- 2) sopralluogo sulla discarica di Fagagna;
- 3) partecipazione alla prospezione geoelettrica;
- 4) misure di concentrazione di gas radon in suolo e in acqua;
- 5) misure di biogas in aria e nei pozzi spia.

Per il punto 4), sono state fatte alcune misure nell'aria di due pozzi del lotto di discarica in disuso e in uno dei pozzi spia del lotto attivo.

Campioni d'acqua sono stati prelevati dai pozzi ubicati al di fuori della discarica, ma nelle immediate vicinanze (a monte, a valle e lateralmente). In sede è stata misurata la concentrazione di radon in essi presente.

Per il punto 5) sono state fatte misure di biogas nell'aria all'interno della discarica, nei pozzi del lotto in disuso, contemporaneamente alle misure di radon, e al di fuori della discarica.

### **Radon Indoor**

In ottemperanza alla legge sulla tutela dei lavoratori, è stata condotta una campagna di misure di gas radon nei locali della palazzina E dell' OGS sita a Borgo Grotta Gigante (Sgonico), al fine di verificare se i valori registrati rientrano nei limiti imposti dal Disegno di Legge 2410.

Lo studio ha comportato, oltre ad una piccola ricerca sulla geologia del sito e sulle caratteristiche della costruzione, il monitoraggio di 13 stanze in diverse condizioni e la successiva elaborazione.

Per uno studio completo tali misure andrebbero ripetute con situazioni meteorologiche differenti.

## **Bibliografia**

### Riviste internazionali (stampati o accettati)

Albarello D., Camassi R., Rebez A., 2000; Detection of space and time heterogeneity in the completeness of a seismic catalogue by a statistical approach: an application to the Italian area. accepted by Bull. Seism. Soc. of America.

Gentile G.F., Bressan G., Burlini L. and De Franco R.; 2000: Three-dimensional Vp and Vp/Vs models of the upper crust in the Friuli area (northeastern Italy). Geophys. J. Int., 141, 457-478.

- Mucciarelli M., Peruzza L., Caroli P.; 2000: Tuning of seismic hazard estimates by means of observed site intensities. *Journal of Earthquake Engineering*, 4/2, 141-159.
- Peruzza L.; 2000: Macroseismic attenuation relationships of Italian earthquakes for seismic hazard assessment purposes. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 41/1, 31-48.
- Peruzza L., Rebez A. and Slejko D.; 2000: Seismic hazard mapping for administrative purposes. *Natural Hazards*, in press.
- Peruzza L., Rebez A., Slejko D. and Bragato P.L.; 2000: The Umbria - Marche case: some suggestions for the Italian seismic zonation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20, 361-371.
- Rebez A. and Slejko D.; 2000: Sensitivity analysis on the input parameters in probabilistic seismic hazard assessment. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20, 341-351.
- L. Sirovich and F. Pettenati (2000). Test of source parameters inversion of the intensities of a 54,000-death shock of the XVII Century in SE Sicily. *Bull. Seism. Soc. Am.*, in press.
- Sirovich, L., Pettenati, F. e C. Chiaruttini 2000. Test of Source-Parameter Inversion of Intensity Data. *Natural Hazards*, in press.

Riviste nazionali, monografie (stampati o accettati)

- Albarelo D., Bosi V., Brammerini F., Lucantoni A., Naso G., Peruzza L., Rebez A., Sabetta F. e Slejko D.; 2000: Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale. *Quaderni di Geofisica*, n. 12, Editrice Compositori, Bologna, 7 pp.
- Albarelo D., Bosi V., Brammerini F., Lucantoni A., Naso G., Peruzza L., Rebez A., Sabetta F. e Slejko D.; 2000: Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale: carte di consenso GNDT e SSN. In: Galadini, F., Meletti C. e Rebez A. (eds.): *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 265-274.
- Barchi M., G. Lavecchia, F. Galadini, P. Messina, A.M. Michetti, L. Peruzza, A. Pizzi, E. Tondi, E. Vittori (a cura di); 2000: Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica. CNR-GNDT, Roma, 62 pp.
- Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, A. (eds.): *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 390 pp.
- Meletti C., Slejko D., Vaccari F., 2000. Confronti tra le stime di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzate in ambito GNDT. In: Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, A. (eds.): *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 275-290.
- Peruzza L.; 2000: Se le rive cominciano a tremare. In: Bondesan A., Caniato G., Vallerani F., Zanetti M. (a cura di): *Il Piave*, Cierre Edizioni, Verona, pp. 40-46.
- Rebez A., 2000. Analisi dei tempi medi di ritorno dedotti dai tassi di sismicità. In: Galadini F., Meletti C. e Rebez A. (eds.), *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 307-320.
- Rebez A. e Slejko D., 2000. Analisi di sensibilità sulla carta di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dal GNDT. In: Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, A. (eds.): *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 249-264.
- Rebez A. e Stucchi M., 2000. Influenza della superficie delle zone sismogenetiche sul calcolo della pericolosità sismica. In: Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, A. (eds.): *Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*. Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo

- Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 15-22.
- Sirovich L., Pettenati F. e M. Bobbio, 2000. Caratteristiche geometriche e cinematiche di sorgenti di terremoti storici ricavate tramite inversione di piani quotati macrosismici. PE98 - Progetto 5.1.1. In stampa su Rapporto Attività GNDT: 1996-1998.
- Sirovich L., Pettenati F., Bobbio M. (2000). Evaluation of available options for the earthquake fault rupture scenario through source parameter inversion of intensity data. In: Faccioli E. and Pessina V. (Eds), The Catania Project: earthquake damage scenarios for high risk area in the Mediterranean. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 14-18.
- Sirovich L., Pettenati F. e Bobbio M., 2000. Inversione di intensità macrosismiche per le faglie di terremoti storici. In: Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, A. (eds.): Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999). Special Publication of CNR-GNDT, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, pp. 237-248.

#### Atti convegni internazionali

- Cavallini F., Bobbio M., Pettenati F., Sirovich L.; 2000: ConVor, a New-Generation Methodology for Tracing Objective and Reproducible Ioseismals: the Case of the Feb. 28, 1925 Charlevoix Earthquake in Canada. AGU Spring Meeting, Washington, May 30-June 3, 2000. EOS, Transactions, May 9, 2000, S311.
- Pettenati F. and Sirovich L., 2000. New-Generation Objective and Reproducible Ioseismals, and Tests of Source Inversion of the Usgs "Felt Reports". Proc. 4th Int. Conf. on Rec. Adv. Geotech. Earthq. Engng. e Soil Dyn., (Shamsher Prakash Ed.), March 26-31, 2001, San Diego, CA. CD-ROM Univ. Missouri-Rolla ISBN-1-887009-05-1.
- Slejko D. and Rebez A.; 2000: The power of PSHA. In: Lapajne J.K. (ed), Seismicity modeling in seismic hazard mapping, Geophysical Survey of Slovenia, Ljubljana, pp.

#### Atti convegni nazionali

- Peruzza L. (resp.); 2000: Escursione B4: cronistoria di un terremoto. In: Carulli (ed.); 2000: Guida alle escursioni. EUT, Trieste, 360 pp.
- Pettenati F., Sirovich L., 2000. Inversione non vincolata del terremoto della Sicilia sud orientale dell'11.01.1693. Atti Conv. Naz. GNGTS, Roma, 7-9 nov. 2000, CD-ROM in stampa.
- Pettenati F., Sirovich L., 2000. Informazioni sulla geometria e cinematica della sorgente dalla inversione dei dati macrosismici del terremoto di Belluno, 1873. Atti Conv. Naz. GNGTS, Roma, 7-9 nov. 2000, CD-ROM in stampa.
- Pettenati F., Bobbio M. e M. Busetti, 2000. Confronto tra mappe di contour per l'interpretazione del basamento del Victoria Land Basin (Mare Di Ross - Antartide). Atti Conv. Naz. GNGTS, Roma, 7-9 nov. 2000, CD-ROM in stampa.
- Sirovich L., Cavallini F., Pettenati F. e Bobbio M., 2000. ConVor, un codice grafico per tracciare isosiste obiettive e riproducibili. Atti Conv. Naz. GNGTS, Roma, 7-9 nov. 2000, CD-ROM in stampa.
- Slejko D.; 2000: Sosta 1.1.1 - Il terremoto del Friuli del 6 maggio 1976 nel contesto della sismicità regionale. In: Carulli G.B. (editore), 80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana. Guida alle Escursioni, Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 293-300.

#### Presentazioni convegni (Poster, Orali, Abstract)

- Carulli G.B., Cucchi F., Codermatz R., Peruzza L., Rebez A. e Slejko D.; 2000: Pericolosità sismica nel Friuli - Venezia Giulia relativa a tipologie diversificate di terreni. In: 19° Convegno

- Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni, Esagrafica, Roma, pp. 266-268.
- Carulli G.B., Cucchi F., Peruzza L., Rebez A., Slejko D. and Codermatz R.; 2000: Local condition dependent regional seismic hazard. In: 27th General Assembly of the European Seismological Commission (ESC). Book of abstracts and papers, Lisbon University, Lisbon, pp. 93.
- Carulli G.B., Cucchi F., Rebez A., Peruzza L., Slejko D. e Codermatz R.; 2000: Pericolosità sismica nel Friuli - Venezia Giulia relativa a tipologie diversificate di terreni. In: Carulli G.B. e Longo Salvador G. (coord.), 80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana. Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 132.
- Codermatz R., Nicolich R. e Slejko D.; 2000: Rappresentazioni del rischio sismico regionale. In: 19° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni, Esagrafica, Roma, pp. 268-269.
- Jimenez M.J., Giardini D., Gruenthal G. and the SESAME Working Group (Erdik M., Garcia-Fernandez J., Lapajne J., Makropoulos K., Musson R., Papaioannou Ch., Riad S., Sellami S., Shapira A., Slejko D. van Eck T.); 2000: Unified seismic hazard modeling throughout the mediterranean region. In: 27th General Assembly of the European Seismological Commission (ESC). Book of abstracts and papers, Lisbon University, Lisbon, pp. 93 and 96.
- Pace B., Peruzza L., Lavecchia G., Boncio P.; 2000: Analisi di sensibilità delle stime di pericolosità sismica a partire da strutture sismogenetiche tridimensionali: risultati preliminari dall'area abruzzese. Workshop "La sismogenesi in Italia: dati di base, nuove strategie di ricerca e probabilità dei forti terremoti", ING, Roma, 20-21 Luglio 2000.
- Pace B., Peruzza L., Lavecchia G., Boncio P.; 2000: Analisi di sensibilità delle stime di pericolosità sismica a partire da strutture sismogenetiche tridimensionali: risultati preliminari dall'area abruzzese. In: 19° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni, Esagrafica, Roma, pp. 279-280
- Pace B., Peruzza L., Lavecchia G., Boncio P.; 2000: Sorgenti sismogenetiche in Italia Centrale: dalla causa agli effetti. . In: Carulli G.B. e Longo Salvador G. (coord.), 80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana. Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 300.
- Peruzza L.; 2000: Probabilistic Seismic Hazard Assessment in Central Italy. ESC Workshop "Seismicity modeling in SHA", Poljce (SLO), May 2000, 105.
- Peruzza L., Papoulia J., Renner G. and Slejko D.; 2000: Stress conditions along the Hellenic Arc: a scan on seismological data. In: 27th General Assembly of the European Seismological Commission (ESC). Book of abstracts and papers, Lisbon University, Lisbon, pp. 56.
- Peruzza L., Poli M.E., Rebez A., Renner G., Slejko D., Zanferrari A. e Bobbio M.; 2000: La sequenza sismica del 1976 - 1977 in Friuli: nuovi aspetti sismotettonici. In: 19° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni, Esagrafica, Roma, pp. 197-198.
- Peruzza L., Renner G. e Slejko D.; 2000: Campo di sforzo lungo la costa adriatica orientale dai meccanismi focali dei principali terremoti. In: Carulli G.B. e Longo Salvador G. (coord.), 80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana. Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 359-360.
- Peruzza L., Renner G. and Slejko D.; 2000: Stress field along the eastern Adriatic coast from fault plane solutions of the principal earthquakes. In: 27th General Assembly of the European Seismological Commission (ESC). Book of abstracts and papers, Lisbon University, Lisbon, pp. 56.
- Renner G., Peruzza L., Rebez A. e Slejko D.; 2000: La sequenza sismica del 1976 - 1977 in Friuli nel contesto sismotettonico regionale. In: Carulli G.B. e Longo Salvador G. (coord.), 80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana. Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 406.

Multimediali (CD)

Peruzza L., Slejko D. e Ruscetti M. (a cura di); 2000: iTinERaRionELMillenOvecenTO76. CD-Rom, OGS, Trieste.

Slejko D.; 2000: Il terremoto del Friuli del 6 maggio 1976: dati sismologici e (poco) altro. In: Peruzza L., Slejko D. e Ruscetti M. (a cura di), iTinERaRionELMillenOvecenTO76, CD-Rom, OGS, Trieste.

Slejko D. e Giorgetti F.; 2000: Quella notte del 6 maggio 1976. In: Peruzza L., Slejko D. e Ruscetti M. (a cura di), iTinERaRionELMillenOvecenTO76, CD-Rom, OGS, Trieste.



## **BILANCIO CONSUNTIVO 2000**

### **4.C. RELAZIONE PER IL BILANCIO CONSUNTIVO 2000 DEL “DIPARTIMENTO CENTRO DI RICERCHE SISMOLOGICHE”**

PAGINA BIANCA

## **RAPPORTO CONSUNTIVO DELL'ATTIVITÀ SVOLTA DAL DIPARTIMENTO CENTRO DI RICERCHE SISMOLOGICHE - ANNO 2000**

A CURA DI

**ALBERTO MICHELINI**

**CON LA COLLABORAZIONE DI G. BERNARDIS, P. L. BRAGATO, G. BRESSAN, M.  
CANDIDO, P. DI BARTOLOMEO, G. DURÌ, A. GOVONI, F. PONTON, M. ROMANELLI, A.  
SNIDARCIG, S. URBAN**

### **1. Introduzione**

Il Dipartimento CRS svolge sia attività di ricerca che riguarda il comportamento della sismicità e dello stato degli sforzi tettonici nell'Italia Nord-Orientale e zone limitrofe, che attività di servizio come "sorveglianza sismica" per conto della Direzione Generale alla Protezione Civile (DRPC) della regione Friuli Venezia Giulia. Per svolgere queste attività, il CRS si avvale principalmente dei dati forniti dalla Rete Sismometrica del Friuli-Venezia Giulia (RSFVG) di proprietà dell'OGS e della costituenda Rete Sismometrica del Veneto (RSV) entrambe gestite dal CRS. Le due reti formano il nucleo della rete sismometrica dell'Italia nord-orientale che è in fase di realizzazione e che, una volta ultimata, includerà strumentazione a corto periodo e a banda larga permettendo di migliorare il controllo dell'attività sismica in questa parte del territorio nazionale. I finanziamenti per le attività sopra riportata provengono in massima parte da convenzioni con le regioni Friuli-Venezia Giulia e Veneto.

Il dipartimento svolge inoltre, assieme ad altre istituzioni scientifiche nazionali ed internazionali e prevalentemente nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), attività di acquisizione ed elaborazione di dati sismologici raccolti in altre regioni italiane (es.: Appennino umbro-marchigiano).

Durante l'anno 2000, si è data enfasi al miglioramento della qualità del dato sismico acquisito dalle reti che il CRS gestisce. Questo aspetto è importante in quanto può permettere sia di fare quel salto qualitativo necessario per migliorare il servizio di allerta sismica da offrire alle DRPC delle regioni interessate, che di migliorare la qualità degli studi svolti. Sempre in questo ambito, il CRS ha incrementato il numero di stazioni mobili da utilizzarsi per raccolte dati mirate sia a fini sismologici che ingegneristici, che di stazioni fisse a banda larga. Come anticipato, è in fase di costituzione una rete di stazioni a banda larga, complementare a quelle a corto periodo della RSFVG e della RSV, ed il cui compito sarà di fornire quei dati indispensabili per effettuare determinazioni, quasi in tempo reale, del tensore momento sismico e degli scenari di scuotibilità nel caso di eventi significativi nell'area dell'Italia nord-orientale.

La filosofia che viene perseguita nella realizzazione della rete sismometrica dell'Italia nord-orientale è di massima apertura col fine di rendere il dato acquisito quanto più utilizzabile da altre istituzioni in un'ottica di massima collaborazione ed integrazione delle risorse esistenti.

Per quanto riguarda la ricerca svolta durante il 2000, si sono affrontate diverse tematiche che spaziano dalla localizzazione relativa dei terremoti ad alta risoluzione alla stima

delle amplificazioni locali del suolo a fini ingegneristici, alla calibrazione della magnitudo locale in Friuli e zone circostanti, alla ricostruzione del campo degli sforzi tettonici agenti nell'Italia nord-orientale: tutti temi di rilevanza nell'ambito delle attività del CRS.

## **2. La Rete Sismometrica dell'Italia Nord-Orientale**

La rete sismometrica dell'Italia Nord-Orientale, una volta completata, si comporrà *i)* delle stazioni a corto periodo delle reti a corto periodo esistenti (RSFVG e RSV con un totale di 23 stazioni) che avranno la funzione primaria di fornire il servizio di allerta sismica per le agenzie di protezione civile regionale, e *ii)* di un numero pari a otto-dieci stazioni a banda larga disseminate tra Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige col fine di fornire quell'informazione a periodi più lunghi che è indispensabile per risolvere accuratamente il meccanismo di sorgente dei terremoti più grandi: uno degli elementi più importanti per riprodurre dei realistici scenari di danno in tempo reale.

### **2.1 La Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia**

La RSFVG è costituita da 15 stazioni sismiche a corto periodo telemetrate al sito centrale di acquisizione posto presso la sede del CRS. La rete permette di monitorare la sismicità del Friuli ed è operativa dal 1977 a seguito del catastrofico terremoto del 6 maggio 1976. La RSFVG viene gestita nell'ambito di una convenzione pluriennale con la Direzione di Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia.

#### **2.1.1 Nuova Strumentazione**

Durante il corso del 2000 e nell'ottica di miglioramento della qualità del dato già menzionata, sono state effettuate le seguenti maggiori operazioni ed investimenti:

1. sono stati sostituiti in nove siti di stazione i sensori Willmore MKIII a sola componente verticale con sensori a 1 Hz e a tre componenti della Lennartz (Le-3D);
2. per la telemetria, sono state attivate altre due frequenze, in aggiunta alle tre esistenti, cosicchè è ora possibile trasmettere al sito centrale gran parte dei canali registrati dagli acquisitori della rete. L'attivazione di queste due frequenze era infatti indispensabile in quanto sarebbe stato impossibile aggiungere un ulteriore carico di dati sulle frequenze già in uso senza compromettere le caratteristiche di allerta sismica della rete.
3. sono state acquistate due "data logger" Quanterra Q4128 a otto canali che saranno installati a breve sui Monti Lessini nei pressi di Verona ed al confine regionale tra le regioni Veneto e FVG. Assieme alle stazioni a banda-molto-larga (Very BroadBand, VBB) di Trieste (TRI) e di Villanova Grotte (VINO), in comproprietà e cogestite con l'Università di Trieste, queste due nuove stazioni costituiscono le prime stazioni della rete a banda larga sopra menzionata.
4. Sono stati acquistati due sensori a banda Guralp CMG40T ed uno a banda molto larga Streickeisen STS2. Due di questi sensori saranno utilizzati per le acquisizioni

menzionate al punto precedente.

5. Sono stati acquistati, col fine di estendere la dinamica delle stazioni a banda larga, due accelerometri Episensor della Kinemetrics che faranno parte delle stazioni a banda larga di cui sopra.
6. Sono state acquisite due nuove stazioni mobili Lennartz MarsLite corredate di sensore Le-3D ad 1 Hz che assieme alle tre esistenti portano il parco stazioni mobili di proprietà del CRS al numero di cinque. A queste si devono aggiungere le sette stazioni Orion Nanometrics di proprietà del GDL e cogestite.
7. È stato acquistato un analizzatore di spettro di frequenze che è uno strumento indispensabile per calibrare i filtri da installare sulle stazioni telemetrate col fine di ridurre le possibili interferenze radio.

### 2.1.2 Funzionamento

Nel corso del 2000 è stata effettuata regolare manutenzione ordinaria e straordinaria con interventi di riparazione dei guasti e/o manutenzione preventiva (verifica dell'offset, efficienza dell'alimentazione, funzionalità dei ponti radio, ecc).

La rete sismometrica ha dimostrato, come negli anni precedenti, un alto livello di affidabilità e, durante l'anno, ha sofferto solo di minime interruzioni per lo più dovute a malfunzionamenti indotti da condizioni atmosferiche avverse (fulmini, cali di tensione, ecc.). Per esempio, nei mesi di novembre e dicembre 2000 si sono evidenziate alcune carenze di alimentazione per la scarsa insolazione dei pannelli solari sulla stazione del M. Lussari, per cui si sta ora valutando la possibilità di installare un piccolo generatore eolico ausiliario. In generale, la rete ha comunque evidenziato un alto grado di affidabilità, fatto particolarmente importante per il servizio H24 che il CRS svolge secondo la convenzione con la DRPC della regione FVG.

Come già anticipato, tutti i rimanenti sensori verticali Willmore sono stati sostituiti con i nuovi Lennartz a 3 componenti. Solamente la stazione di Talmassons rimane con il vecchio sensore verticale Mark in quanto interrato a 100 mt di profondità. Con i nuovi sensori Lennartz è stato possibile effettuare la calibrazione indiretta tramite telemetria: si comanda l'inizio di una sequenza di impulsi di calibrazione e si registra la risposta che viene poi analizzata. Tutta l'operazione viene effettuata dal centro di acquisizione in qualunque momento: così si può avere una idea immediata dello stato dei sensori della rete. Il sensore di Talmassons è stato tarato invece col metodo tradizionale portando gli strumenti sul posto. È comunque importante effettuare la taratura assoluta tramite tavola vibrante e vibrometro campione a partire dal primo anno dopo l'installazione e con cadenza annuale.

Per ottimizzare l'efficienza della rete, si è provveduto a suddividere la rete in 5 sottoreti (invece di 3) più la stazione locale. Ogni sottorete utilizza una singola frequenza che sostiene il traffico di un massimo di 4 stazioni: questo ha permesso di velocizzare l'acquisizione dei dati portando contemporaneamente a 9 (al posto di 6) il numero complessivo delle stazioni a 3 componenti. Esperimenti sono in corso per aumentare ulteriormente il numero di stazioni tridimensionali.

Nel 2000 si è avviato un progetto di potenziamento e ammodernamento della Rete basato

sull'utilizzo di nuovi acquisitori tipo M24 Lennartz, o simili caratterizzati da grande flessibilità e modularità. Con tali strumenti verranno implementate delle stazioni di acquisizione pilota basate su metodi alternativi di trasmissione del dato: via linea telefonica, via GSM, via radio ecc.

### 2.1.3 Sistema di allarme

Il CRS fornisce un sistema di allarme automatico (veglia sismica) alla DRPC della regione FVG. A tal fine vi è un collegamento su linea dedicata a 64 kbit/s tra la sede di Udine e la centrale operativa della Protezione Civile a Palmanova.

Durante il 2000 e secondo le modalità della convenzione in atto tra OGS e DRPC-FVG, sono stati segnalati un totale di 8 eventi con magnitudo superiore a 2.8 nell'area regionale e zone immediatamente limitrofe.

All'interno del contratto tra OGS e la Società Italiana per l'Oleodotto Transalpino (SIOT), il CRS ha continuato ad includere la SIOT tra i destinatari del sistema di allarme oltre a fornire i valori di picco delle accelerazioni registrate alla stazione di Bordano ove è installata una stazione accelerometrica.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici, il sistema di allarme sismico sviluppato dal CRS (Bragato e Govoni, in stampa su BGTA) non ha subito variazioni di rilievo a parte l'implementazione delle letture automatiche delle onde S nella determinazione automatica degli ipocentri. L'inclusione degli arrivi S permette di fornire localizzazioni molto più accurate specialmente per gli eventi che si verificano al di fuori del perimetro della rete.

È stata inoltre implementata una procedura automatica che permette lo scarico presso il CRS dei dati della stazione a banda larga di Trieste cosicché si sta giungendo ad un'integrazione tra i due diversi tipi di dato.

### 2.1.4 Elaborazione del dato e diffusione

I dati registrati dalla RSFVG nel corso dell'anno 2000 sono stati elaborati con metodologie standard e sono stati archiviati con cadenza giornaliera. In seguito, sono stati integrati con i dati registrati da stazioni limitrofe al fine di calcolare le localizzazioni finali da riportare nel relativo bollettino annuale. Esso contiene i tempi d'arrivo delle fasi degli eventi con epicentro ad una distanza non superiore a 500 km da almeno una delle stazioni della rete, e le localizzazioni di quelle distanti meno di 100 km.

Il bollettino, come da prassi acquisita, viene fornito su supporto CD-ROM con cadenza annuale. A contorno del CD-ROM viene allegato un fascicolo riportante le caratteristiche tecniche della rete, un sommario di tutti gli eventi localizzati dalla RSFVG e una rappresentazione dei dati acquisiti tramite l'utilizzo di grafici statistici.

A seguito delle elaborazioni sismologiche compiute nel 1999, è stata predisposta la relazione annuale (Michelini et al., 2000) per la Protezione Civile regionale, che comprende sia lo studio della sismicità registrata dalla rete sismometrica che l'attività tecnica e scientifica svolta presso il CRS.

Nel corso dell'anno si è dato inizio ad uno studio atto a definire un nuovo modello di

velocità da utilizzare per una rilocalizzazione degli eventi registrati dalla rete RSFVG.

In occasione dell'80° Riunione Estiva della Società Geologica Italiana, Trieste 6-8 settembre 2000, si è provveduto alla redazione di un CD-ROM contenente tutti gli eventi registrati dalla rete RSFVG dal 1977 al 31/12/1999. La necessità di disporre di un catalogo unico ha reso necessario un processo di rielaborazione atto a uniformare i dati presenti e renderli "compatibili" tra loro.

L'elaborazione standard del dato acquisito non ha ancora subito delle variazioni sostanziali rispetto a quanto svolto negli anni precedenti. E' ancora in fase di studio la realizzazione di un modello crostale unidimensionale con correzioni di stazione che permetta di fornire localizzazioni ipocentrali ad alta accuratezza..

Come per il 1998, il CRS ha redatto il bollettino annuale della rete dell'Italia nord-orientale su CD-ROM fornendo un elenco completo delle letture effettuate sui dati della rete oltre alle localizzazioni ed una breve relazione in cui vengono descritte le caratteristiche strumentali della rete.

#### 2.1.5 Sismicità in FVG

Il monitoraggio della sismicità regionale nel 2000 è stato effettuato dalle stazioni appartenenti alla RSFVG e dalle due stazioni del Veneto orientale. Allo scopo di affinare le elaborazioni ipocentrali sono stati utilizzati anche i dati relativi alle stazioni appartenenti ad altre istituzioni e/o organizzazioni nazionali e internazionali. Questo ha premesso di elaborare localizzazioni con sufficiente accuratezza in un'area compresa tra il lago di Garda e la città di Lubiana, che corrisponde alla regione Friuli-Venezia Giulia ed una fascia di circa 100 km esterna al territorio regionale.

Gli episodi sismici più importanti nel 2000 nella regione Friuli-Venezia Giulia sono stati rilevati nell'area di S. Pietro al Natisone (n°2 eventi, MD=3.1 e 3.2) e nell'area Clautana (n°2 eventi, MD=3.0 e 3.1). In particolare si è notata una distribuzione della sismicità localizzata principalmente nell'area del Friuli centrale e dell'Alpago-Claut. Inoltre all'esterno dei confini regionali si è evidenziata la sismicità legata al terremoto di Bovec.

Gli eventi sopra menzionati e aventi le caratteristiche menzionate in convenzione sono stati segnalati alla SOR della Protezione Civile Regionale e alle Istituzioni preposte.

#### 2.2 La rete sismometrica del Veneto

La rete sismometrica del Veneto (RSV) è in fase di realizzazione e durante l'anno 2000 è stata firmata la convenzione per il secondo stralcio della convenzione che comprende la messa in opera delle stazioni sismiche del Monte Venda, Jesolo e Monte Grappa e del potenziamento del ripetitore di Col Visintin. L'ultimo stralcio per la costituzione della rete del Veneto verrà firmato durante il 2001 e comprenderà le ultime tre stazioni. A regime, la RSV consisterà in otto stazioni a corto periodo del tutto omologhe a quelle della RS FVG e telemetrate alla sede di acquisizione del CRS a Udine. Un sistema di allarme sismico del tutto simile a quello già fornito alla regione FVG sarà fornito dal CRS alla DRPC della Regione Veneto.

### 2.2.1 Installazione

I lavori di installazione, purtroppo, hanno subito dei ritardi (non imputabili al CRS) in quanto,

1. a lavori già iniziati, la messa in opera della stazione sul Monte Venda è stata bloccata da un provvedimento dell'Aviazione Militare (AM) sul cui terreno doveva venir installata. L'AM ha infatti ritirato temporaneamente il permesso di installazione per verificare meglio le specifiche delle apparecchiature sismiche e di teletrasmissione che verranno utilizzate. La questione è tuttavia in fase di soluzione ed a breve dovrebbero ricominciare i lavori di installazione;
2. in secondo luogo, non sono ancora state concesse dal Ministero PPTT le frequenze radio richieste dalla Regione Veneto per la telemetria e, pertanto, non è possibile attivare la trasmissione del dato al CRS. Anche in questo caso, si sta giungendo ad una soluzione del problema e si confida di poter disporre delle necessarie autorizzazioni all'uso delle frequenze in tempi brevi

In riassunto, per la RSV ci sono al momento quattro stazioni (F.ile Aurine, M. Faloria, M. Grappa e Jesolo) installate e funzionanti, a parte per le frequenze. L'installazione della quinta stazione (M. Venda) sarà completata a breve .

### 3. Attività della rete mobile

La rete mobile del CRS consiste in cinque stazioni MarsLite della Lennartz e di sette stazioni Orion della Nanometrics di proprietà del GDL ed in uso al CRS. Con dette stazioni mobili, si stanno effettuando due acquisizioni dati di cui la prima si svolge in FVG presso Claut (PN) mentre la seconda a Città di Castello (PG).

#### 3.1 Claut

Il 13 aprile 1996 in quest'area si è verificato un evento di magnitudo 4,3 (VI-VII MCS), massima intensità verificatasi nel periodo strumentale. Questa intensità è prossima al valore massimo osservato nel corso degli ultimi secoli, ciò ha motivato un'indagine conoscitiva degli effetti di sito da correlare con il danneggiamento subito dagli edifici.

Le condizioni locali del sito e il processo di rottura possono influenzare tutte le più importanti caratteristiche del moto del suolo, quali l'ampiezza, la durata e il contenuto in frequenza. L'estensione di queste influenze dipendono dalla geometria e dalle caratteristiche meccaniche degli strati più superficiali, dalla morfologia, dalla topografia e dalle caratteristiche intrinseche del moto di input al bedrock. Gli effetti delle irregolarità topografiche e della geometria dei bacini alluvionali sul moto del suolo possono essere significativi. I bacini alluvionali riempiti con sedimenti soffici, in funzione della loro forma, tengono ad intrappolare le onde sismiche che possono amplificare notevolmente lo scuotimento ed il relativo danneggiamento. Nel caso specifico, trovandoci in presenza di condizioni analoghe a quelle descritte, in via preliminare sono stati previsti otto punti di monitoraggio velocimetrico. Pertanto alle due esistenti postazioni nel 2000 sono stati aggiunti ulteriori due punti di monitoraggio e si intende durante il 2001 completare l'indagine utilizzando le stazioni ora impegnate nel progetto di Citta' di Castello.