



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# **GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTROFI IDROGEOLOGICHE**

**Rapporto 1996-98**

LINEA 2

Previsione e prevenzione eventi franosi a grande rischio



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

## INDICE

Parte I	RELAZIONE DI SINTESI SULL'ATTIVITÀ DELLA LINEA (a cura di Paolo Canuti – Responsabile di Linea)
	Premessa, 4
	Obbiettivi generali e progetti di ricerca coordinati tra le diverse Linee, 8
	Prodotti di Linea, 10
	Attività di ricerca, 10
	Attività di valutazione tecnico scientifica per il Dip.to della Protezione Civile, 23
	Convegni e Congressi, 27
	Confronto dei risultati conseguiti con quanto previsto dall'Allegato Tecnico Triennale 1996-1998 e dai Progetti Esecutivi Annuali, 29
Parte II	RELAZIONI DELLE UNITÀ OPERATIVE
	U.O. 2.1. – CNR, IRPI Bacino Padano (Resp. G. Lollino), 33
	U.O. 2.3 – Dip. Scienze della Terra, Università di Pavia (Resp. R. Rossetti), 36
	U.O. 2.4 – Dip. Scienze della Terra, Università di Milano (Resp. R. Massiotta), 39
	U.O. 2.7 – CNR, IRPI Padova (Resp. A. Pasuto), 41
	U.O. 2.8 – CNR, Ist. Dinamiche Grandi Masse (Resp. G. Gatto), 44
	U.O. 2.10 – Istituto Geologia, Università di Ferrara (Resp. E. Semenza), 47
	U.O. 2.12 – Dip. Scienze della Terra, Università di Pisa (Resp. A. Puccinelli), 49
	U.O. 2.13 – Dip. Scienze della Terra, Università di Pisa (Resp. P. R. Federici), 53
	U.O. 2.14 – Dip. Scienze della Terra, Università di Firenze (Resp. P. Focardi), 57
	U.O. 2.15 – Dip. Scienze Geologiche, Università di Roma Tre (Resp. F. Dramis), 61
	U.O. 2.16 – CNR, IRPI Italia Centrale (Resp. M. G. Angeli), 65
	U.O. 2.19 – Dip. Ingegneria Civile, Università Tor Vergata (Resp. R. Jappelli), 69
	U.O. 2.21 – Dip. Scienze della Terra, Università La Sapienza (Resp. G. Valentini), 74
	U.O. 2.23 – Ist. Tecnica delle Fondazioni, Università di Napoli (Resp. A. Pellegrino), 77
	U.O. 2.24a – Dip. Scienze della Terra, Università di Napoli (Resp. A. Vallario), 81
	U.O. 2.24b – Facoltà di Scienze, Università del Sannio (Resp. T. S. Pescatore), 83
	U.O. 2.25 – Dip. Difesa del Suolo, Università della Calabria (Resp. A. Guerricchio), 85
	U.O. 2.26 – Ist. Geologia Applicata, Politecnico di Bari (Resp. F. Zezza), 88
	U.O. 2.28 – Dip. Ingegneria del Territorio, Università di Cagliari (Resp. G. Barbieri), 90
	U.O. 2.30 – Ist. Strade, Ferrovie e Aer., Università di Catania (Resp. M. Maugeri), 92
	U.O. 2.32 – Ist. Geologia Applicata, Politecnico di Bari (Resp. V. Cotecchia), 94
	U.O. 2.37 – Sez. Geologia Amb.le, Università della Basilicata (Resp. M. Del Prete), 101
	U.O. 2.38 – Dip. Ingegneria Civile, Università di Salerno (Resp. L. Cascini), 104
	U.O. 2.40 – Dip. Idr., Tras. e Strade, Università La Sapienza (Resp. M. Rossi Doria), 106
	U.O. 2.41 – CNR, Centro Studi Geodinamica Alpina e Quater. (Resp. S. Chiesa), 108
	U.O. 2.42 – Dip. Strutture e Geotecnica, Università della Basilicata (Resp. D. Grassi), 110
	U.O. 2.45 – Dip. Geologia, Pal. e Geof., Università di Padova (Resp. R. Genevois), 113
	U.O. 2.48 – CNR, Ist. Ricerche Onde Elettromagnetiche (Resp. S. Paloscia), 115
	U.O. 2.50 – Dip. Scienze della Terra, Università di Chieti (Resp. L. D'Alessandro), 117
	U.O. 2.51 – Dip. Sc. della Terra, Università La Sapienza (Resp. G. B. La Monica), 122
	U.O. 2.52 – Ist. Geologia Applicata, Università di Napoli (Resp. P. Budetta), 125
	U.O. 2.53 – Centro Grandi Rischi, Università di Salerno (Resp. G. Iaccarino), 127
	U.O. 2.54 – Dip. Fisica della Materia, Università di Messina (Resp. R. Rasà), 128
	U.O. 2.55 – Dip. Geologia e Geodesia, Università di Palermo (Resp. G. Pipitone), 130
	U.O. 2.56 – CNR, IRPI Italia Meridionale e Insulare (Resp. G. Gullà), 132
	U.O. 2.57 – CNR Centro Studi Dinamica dell'Appennino (Resp. M. T. Pareschi), 136<

## Parte I

---

# RELAZIONE DI SINTESI SULL'ATTIVITÀ DELLA LINEA

(a cura di Paolo Canuti – Responsabile di Linea)

## PREMESSA

Nel corso del triennio 1996 - 1998 hanno operato nell'ambito dell'attività della Linea 2 del GNDCI 44 Unità Operative, di cui 36 finanziate così ripartite secondo l'Ente di appartenenza:

- 31 afferenti a Dipartimenti ed Istituti Universitari operanti nel campo delle Scienze Geologiche e dell'Ingegneria;
- 8 presso Istituti CNR operanti prevalentemente nel campo della protezione idrogeologica;
- 5 collocate in Enti ed Amministrazioni Pubbliche quali Province e Regioni.

Di seguito è riportato l'elenco delle Unità Operative presenti all'interno della Linea 2 nel corso del triennio, con i nominativi dei loro responsabili e i relativi indirizzi, e la distribuzione sul territorio delle Unità Operative attive nel 1998 (Fig. 1). Se non diversamente indicato, le Unità Operative sotto elencate hanno operato e sono state finanziate per tutta la durata del triennio.

### Istituti CNR

Unità Operativa 2.1

Dr. Giorgio Lollino  
(Dr. F. Luino nel 1996 e 1997)  
IRPI - Bacino Padano  
TORINO

Unità Operativa 2.8

Dr. Gino Gatto  
Istituto Dinamica Grandi Masse  
VENEZIA

Unità Operativa 2.29 (attiva fino al 1996)

Dr. Luigi Merenda  
IRPI - Italia Meridionale e Insulare  
Roges di Rende (CS)

Unità Operativa 2.41

Dr. Sergio Chiesa  
Centro Studi Geod. Alpina e Quaternaria  
BERGAMO

Unità Operativa 2.56 (attiva dal 1997)

Dr. Giovanni Gullà  
IRPI - Italia Meridionale e Insulare  
Roges di Rende (CS)

Unità Operativa 2.7

Dr. Alessandro Pasuto  
IRPI - Italia nord-orientale  
PADOVA

Unità Operativa 2.16

Dr. Maceo Giovanni Angeli  
IRPI - Italia Centrale  
PERUGIA

Unità Operativa 2.40 (attiva fino al 1997)

Dr. Martino Rossi Doria  
Centro Studi Geologia Tecnica  
ROMA

Unità Operativa 2.48

Dr.ssa Simonetta Paloscia  
Istituto Ricerca sulle Onde Elettromagn.  
FIRENZE

Unità Operativa 2.57 (attiva dal 1998)

Dr.ssa Maria Teresa Pareschi  
Centro Studi sull'Appennino  
PISA

### Istituti Universitari

Unità Operativa 2.3

Prof. Roberto Rossetti  
Dipartimento di Scienze della Terra  
Università di Pavia

Unità Operativa 2.4

Prof. Paolo Massiotta  
Dipartimento di Scienze della Terra  
Università di Milano

Unità Operativa 2.10 Prof. Edoardo Semenza Istituto di Geologia Università di Ferrara	Unità Operativa 2.11 (non finanziata) Prof. Carlo Elmi Dipartimento di Scienze Geologiche Università di Bologna
Unità Operativa 2.12 Prof. Alberto Puccinelli (Prof. R. Nardi nel 1996 e 1997) Dipartimento di Scienze della Terra Università di Pisa	Unità Operativa 2.13 Prof. Paolo Roberto Federici Dipartimento di Scienze della Terra Università di Pisa
Unità Operativa 2.14 Prof. Piero Focardi Dipartimento di Scienze della Terra Università di Firenze	Unità Operativa 2.15 Prof. Francesco Dramis Dipartimento di Scienze Geologiche Università di Roma Tre
Unità Operativa 2.18 (non finanziata) Prof. Franco Esu Dipartimento Idraulica, Trasporti e Strade Università La Sapienza - Roma	Unità Operativa 2.19 Prof. Ruggiero Jappelli Dipartimento Ingegneria Civile II Università di Roma "Tor Vergata"
Unità Operativa 2.21 Prof. Giovanni Valentini Dipartimento di Scienze della Terra Università La Sapienza - Roma	Unità Operativa 2.23 Prof. Arturo Pellegrino Istituto Tecnica Fondaz. e Costruz. in terra Università di Napoli
Unità Operativa 2.24a Prof. Antonio Vallario Dipartimento di Scienze della Terra Università di Napoli	Unità Operativa 2.24b Prof. Tullio Secondo Pescatore Facoltà di Scienze Università di Benevento
Unità Operativa 2.25 Prof. Alessandro Guerricchio Dipartimento Difesa del Suolo Università della Calabria	Unità Operativa 2.26 Prof. Fulvio Zezza Istituto di Geol. Applicata e Geotecnica Politecnico di Bari
Unità Operativa 2.28 Prof. Giulio Barbieri Dipartimento Ingegneria del Territorio Università di Cagliari	Unità Operativa 2.30 Prof. Michele Maugeri Istituto Strade, Ferrovie, Aeroporti Università di Catania
Unità Operativa 2.32 Prof. Vincenzo Cotecchia Istituto di Geol. Applicata e Geotecnica Politecnico di Bari	Unità Operativa 2.36 (non finanziata) Prof. Antonio Federico Facoltà di Ingegneria Università di Taranto
Unità Operativa 2.37 Prof. Mario Del Prete Sezione Geologia Amb. e Georisorse Università della Basilicata	Unità Operativa 2.38 (attiva dal 1997) Prof. Leonardo Cascini Dipartimento Ingegneria Civile Università di Salerno
Unità Operativa 2.40 (attiva dal 1998) Dr. Martino Rossi Doria Dipartimento Idraulica, Trasporti e Strade Università La Sapienza - Roma	Unità Operativa 2.42 Prof. Damiano Grassi Dip. Strutture, Geotecnica, Geol. Appl. Università della Basilicata

Unità Operativa 2.45  
Prof. Rinaldo Genevois  
Dip. Geologia, Paleontologia e Geofisica  
Università di Padova

Unità Operativa 2.51 (attiva dal 1996)  
Prof. Giovanni B. La Monica  
Dipartimento di Scienze della Terra  
Università La Sapienza - Roma

Unità Operativa 2.53 (attiva dal 1996)  
Prof. Gianmaria Iaccarino  
Centro Universitario Grandi Rischi  
Università di Napoli e Salerno

Unità Operativa 2.55 (attiva dal 1997)  
Prof. Giuseppe Pipitone  
Dipartimento di Geologia e Geodesia  
Università di Palermo

Unità Operativa 2.50 (attiva dal 1996)  
Prof. Leandro D'Alessandro  
Dipartimento di Scienze della Terra  
Università di Chieti

Unità Operativa 2.52 (attiva dal 1996)  
Prof. Paolo Budetta  
Istituto Geologia Applicata  
Università di Napoli

Unità Operativa 2.54 (attiva dal 1996)  
Dr. Riccardo Rasà  
Dipartimento di Fisica della Materia  
Università di Messina

#### Altri Enti

Unità Operativa 2.2 (non finanziata)  
Dr. Vincenzo Coccolo  
Servizio Geologico  
Regione Piemonte

Unità Operativa 2.17 (non finanziata)  
Dr. Endro Martini  
Area Ambiente e Infrastrutture  
Regione Umbria

Unità Operativa 2.35 (non finanziata)  
Dr. Enrico Carboni  
Ass. Ambiente Difesa del Suolo  
Regione Emilia Romagna

Unità Operativa 2.9  
Dr. Eriuccio Nora  
Assessorato Difesa Suolo e Ambiente  
Provincia di Modena

Unità Operativa 2.27 (non finanziata)  
Dr. Silvestro Lazzari  
Dipartimento Assetto del Territorio  
Regione Basilicata

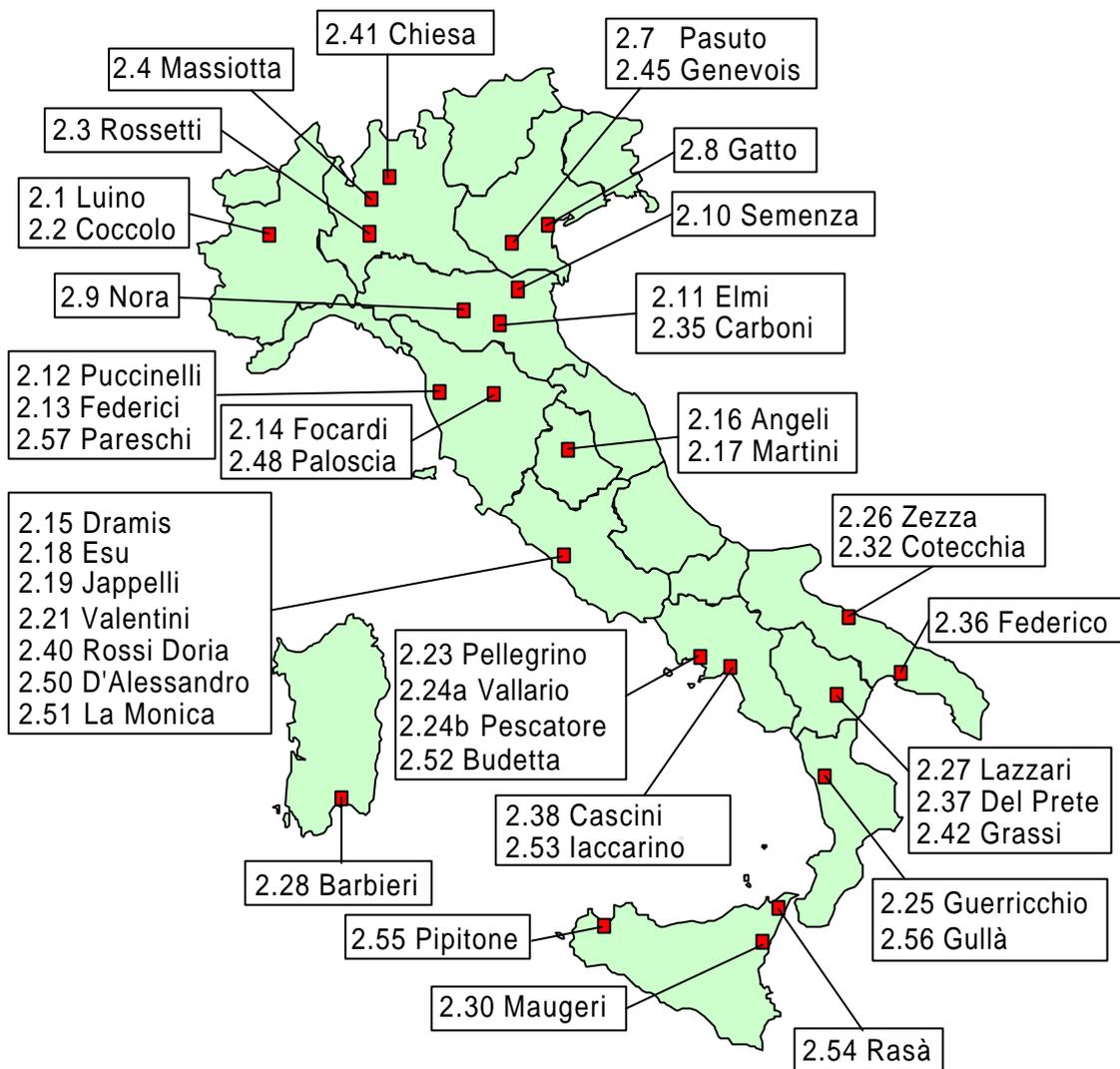


Fig. 1 – Distribuzione delle Unità Operative attive nel periodo 1996-1998

## 1. OBIETTIVI GENERALI E PROGETTI DI RICERCA COORDINATI TRA LE DIVERSE LINEE

Nel corso del periodo, pur essendo il riferimento programmatico principale dell'attività costituito dal già citato Allegato Tecnico Triennale 1996-98, l'allegato tecnico triennale precedente (1993-1995) ha costituito un orientamento ancora valido: quest'ultimo, infatti, contiene riferimenti all'organizzazione dell'attività consolidatasi nel corso degli anni precedenti e che hanno costituito premessa e continuità al lavoro fino ad oggi svolto.

Gli obiettivi generali in esso previsti, che presentano un contributo ed una partecipazione differenziata da parte delle varie Unità Operative, sono i seguenti:

- Rischio di inondazione da piene in corsi d'acqua naturali
- Rischio di alluvione a causa di colate detritiche e sovralluvionamento in torrenti montani
- Rischio di inondazione per piene da collasso di sbarramento
- Rischio di frana e mappatura del rischio in aree abitate
- Rischio di frana e mappatura del rischio in aree costiere
- Rischio di subsidenza in aree di pianura
- Rischio di deficienza idrica per fenomeni di siccità e di inquinamento degli acquiferi
- Programmi di previsione e prevenzione per il rischio idrogeologico

Di questi obiettivi alcuni sono specifici di altre Linee e vengono in esse trattate: qui sono illustrati quelli in cui si è avuto un contributo da parte di Unità Operative della Linea 2.

### 1.1 Rischio di alluvione a causa di colate detritiche e sovralluvionamento in torrenti montani

Operano su questo obiettivo le Unità Operative che sviluppano i temi relativi ai movimenti rapidi di masse detritiche. Il tema viene come negli anni precedenti sviluppato in associazione con la Linea 1 (Unità Operativa 1.20, Resp. Armanini) e l'attenzione viene rivolta in particolare, da parte delle U.O. IRPI di Torino e Padova alla formazione delle aree di origine del fenomeno ed al rilevamento dei fattori di innesco.

Le aree di studio sono state quella delle Prealpi nord-orientali e quella alpina occidentale, dove è stata realizzata l'analisi di numerosi fenomeni, per i quali è stata eseguita anche, in taluni casi, la modellazione del fenomeno stesso e delle sue cause innescanti.

Nel corso del periodo si è svolta inoltre la ricerca, coordinata tra le UU.OO. 2.12 (Resp. Nardi) e 2.14 (Resp. Focardi), sull'evento alluvionale avvenuto in Versilia nel giugno 1996, volta al censimento degli eventi franosi verificatisi e alla valutazione delle cause di innesco, i cui primi risultati sono stati presentati alla Riunione annuale delle Unità Operative del GNDCI tenutasi il 19 Dicembre 1996.

Il censimento effettuato costituisce una documentazione completa delle aree interessate da movimenti franosi conseguenti all'evento di precipitazione e i dati ottenuti sono stati resi disponibili nel corso del 1996 sia su supporto cartaceo, che sotto forma di data-base informatizzato utilizzabile in ambiente Arc-Info/Arc-View e AutoCAD per la realizzazione di cartografia tematica secondo parametri di interesse dell'utente. Nel 1997 sono stati affinati i data-bases informatizzati contenenti il completo censimento dei fenomeni e sono stati realizzati studi sulle soglie di precipitazione quale principale fattore di innesco.

### 1.2 Rischio di inondazione per piene da collasso di sbarramento

Le Unità Operative che sviluppano temi inerenti questo obiettivo generale sono quelle i cui interessi ricadono nel tema «Stabilità delle difese di sponda e frane di sbarramento».

Lo studio è svolto dalla U.O. 2.14 (Resp. Focardi) in collaborazione con le UU.OO. 3.20 (Resp. Natale) e 1.33 (Resp. Bacchi): quest'ultima collaborazione è stata perfezionata nel corso del 1997. In particolare l'U.O. 2.14 ha messo a punto nel 1996 una stazione di misura, attrezzata con strumenti per la raccolta di dati meteorologici, tensiometri e piezometri per la misurazione delle pressioni interstiziali in rapporto ai livelli idrometrici e sensori di potenziale spontaneo per la registrazione dell'avanzamento del fronte di saturazione durante le piene. Nel periodo 1997- I semestre 1998 sono proseguiti gli studi dei dati derivanti dalla stazione di misura, ottenendo interessanti risultati oggetto di pubblicazione.

### 1.3 Rischio di frana e mappatura del rischio in aree abitate

Svolgono attività di ricerca in questo settore la maggior parte delle forze della Linea 2, con le Unità Operative operanti su temi relativi ai progetti «Programma speciale SCAI», «Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana», ma anche «Rilevamento dei fenomeni franosi in aree vulcaniche» e «Frane lungo costa», laddove interessano centri abitati.

La mole dei risultati ottenuti è passata in rassegna nel paragrafo 3, dedicato all'analisi dei risultati ottenuti per ciascun singolo progetto.

### 1.4 Rischio di frana e mappatura del rischio in aree costiere

Il tema è affrontato principalmente dalle U.O. 2.14 (Resp. Focardi), 2.41 (Resp. Chiesa) nelle isole vulcaniche, 2.18 (Resp. Esu), 2.13 (Resp. Federici), 2.50 (Resp. D'Alessandro) e 2.52 (Resp. Budetta) dal punto di vista metodologico ed applicativo.

L'argomento è anche oggetto di una collaborazione con il Servizio Geologico Nazionale, per la definizione di principi metodologici di rilevamento e per la loro calibrazione attraverso il rilevamento di aree campione del litorale toscano: nel 1996 sono stati resi disponibili i primi dati derivanti dalla campagna di rilevamento in corso.

Le aree fino ad oggi prese in considerazione sono alcuni tratti costieri del litorale toscano, in particolar modo del promontorio dell'Argentario (GR), per il quale, nel periodo 1997-1998, sono stati ottenuti numerosi dati geotecnici e geomeccanici.

### 1.5 Rischio di subsidenza in aree di pianura

Opera come di consueto su questo tema, in collaborazione con la Linea 4, la U.O. 2.8 (Resp. Gatto), nell'area della laguna veneziana, del Delta Padano e della città di Modena, zone altamente a rischio che, per le loro particolari condizioni morfologiche ed ambientali, possono essere facilmente soggette ad alluvionamenti e a subsidenza: in particolare gli studi sull'estrazione di combustibili gassosi e la conseguente variazione topografica negativa nell'area di Venezia, rappresentano un importante contributo nello studio delle cause, e delle relative contromisure, dei fenomeni di subsidenza della Laguna veneta. Il monitoraggio ha fornito nel corso del periodo una notevole quantità di dati per i quali è in corso l'elaborazione.

### 1.6 Redazione di Linee Guida per i programmi provinciali e regionali di previsione e prevenzione per il rischio idrogeologico

Nel corso del 1997-1998 è stato perfezionato il documento messo a punto già nel corso del 1996, impiegabile quale riferimento alle varie iniziative e normative che vengono realizzate da parte di Enti pubblici territoriali, in particolare Regioni e Province. Esso è stato redatto in collaborazione tra

le quattro Linee che indica i criteri guida per programmi di previsione e prevenzione e in questo ambito la Linea 2 ha elaborato la parte relativa al rischio di frana e la U.O. 2.14 (Resp. Focardi) ha realizzato nel 1997 lo studio delle condizioni di pericolosità da frana nella provincia di Firenze e sta ultimando quello relativo alla Regione Emilia Romagna.

### 1.7 Redazione di Linee Guida per il censimento dei fenomeni franosi.

Il coordinamento della Linea 2 in cooperazione con l'U.O. 2.14 (Resp. Focardi) ha elaborato nel corso del 1996, in collaborazione con il Servizio Geologico Nazionale, il documento contenente le Linee Guida per il censimento dei fenomeni franosi che trova la sua sintesi operativa in una Scheda di lavoro da utilizzare nel corso del rilevamento sul terreno. Dopo la sua pubblicazione in una prima stesura e la sua presentazione all'Assemblea annuale GNDCI 1996 e in seguito al Convegno Nazionale dell'Ordine dei Geologi, esso è stato oggetto nel 1997 di parziali revisioni per giungere ad una sua versione definitiva nel corso del 1998.

L'U.O. 2.14 (Resp. Focardi) in questo quadro ha realizzato nel 1997 il censimento dei fenomeni franosi generatori di condizioni di rischio nel bacino dell'Arno per l'Autorità di Bacino dello stesso.

## **2. PRODOTTI DI LINEA**

I prodotti di linea costituiscono i risultati derivanti dall'attività svolta dalle Unità Operative sui temi di ricerca loro assegnati: a tal proposito è da segnalare l'elevata rispondenza tra i risultati attesi dichiarati preventivamente dai responsabili delle singole UU.OO. e quanto prodotto nel corso dell'attività: ciò soprattutto ha particolare significato a partire dal 1997, anno in cui la dichiarazione a priori dei risultati attesi è divenuto parametro indispensabile dei progetti di ricerca annuali.

L'insieme dei risultati ottenuti è riportato di seguito, suddiviso nei dieci temi principali costituenti la struttura portante dell'Allegato Tecnico Triennale 1996-98 cui si aggiunge l'attività di valutazione tecnico scientifica per il Dipartimento della Protezione Civile.

Si tratta di una sintesi dei risultati più significativi ottenuti dalle singole UU.OO. operative nei temi di ricerca in cui si inquadra la loro attività.

### 2.1 Attività di ricerca

#### 2.1.1 Programma speciale SCAI

Svolgono attività di ricerca su questo tema la maggior parte delle Unità Operative della Linea 2.

Il progetto SCAI ha come obiettivo la revisione e l'analisi critica delle situazioni di instabilità dei centri abitati classificati e segnalati negli elenchi di cui alla L. 445/1908 e successive integrazioni e modificazioni.

Il programma di ricerca prevede la raccolta dei dati necessari per la valutazione del rischio di frana nei centri abitati tramite studi geologici, geomorfologici, la elaborazione dei dati geotecnici disponibili e la realizzazione di cartografia di dettaglio.

Nel corso del periodo notevoli sono stati i progressi del progetto, che ha registrato l'intensa attività di numerose Unità Operative, tanto da pervenire in tempi più rapidi di quelli preventivati ad una serie di tangibili risultati di seguito riportati.

La «prima fase» del progetto è giunta alla conclusione al termine del triennio precedente per una parte consistente del territorio italiano, sebbene con alcune differenze sullo stato di avanzamento nelle varie regioni. È cioè terminato e pubblicato per quanto riguarda le regioni Emilia Romagna, Piemonte, Veneto, Umbria e in attesa di pubblicazione per le regioni Marche e Toscana (per quest'ultima è stato destinato nel corso del 1997 un apposito finanziamento e si prevede pertanto di realizzare prossimamente la monografia regionale). Nelle altre regioni italiane, al 30.6.1998, si hanno condizioni non uniformi di completezza di rilevamento, anche se alcune aree risultano notevolmente approfondite sotto il profilo dell'analisi della stabilità dei centri abitati. Risultano particolarmente avanzate le ricerche nelle province di: Cagliari e Nuoro (U.O. 2.28, Resp. Barbieri),

Sassari, La Spezia, Oristano, Imperia e Genova (U.O. 2.13, Resp. Federici); e nelle regioni: Basilicata (U.O. 2.42, Resp. Grassi), Lombardia (U.O. 2.4, Resp. Massiotta e U.O. 2.3, Resp. Rossetti, per le zone ad esse afferenti), Molise (U.O. 2.24a, Resp. Vallario) e Calabria (U.O. 2.56, Resp. Gullà).

Nel 1996, in particolare, l'U.O. 2.28 ha concentrato l'attenzione sullo studio degli abitati di Osini e Jerzu (NU) e dei limiti di invasione delle frane di crollo e sull'analisi della dinamica dei movimenti nell'abitato di Castelsardo; l'U.O. 2.13 ha intensificato l'attività in special modo nella provincia di La Spezia, in seguito alla decisione di procedere alla pubblicazione della prima parte dell'Atlante Regionale Ligure, dedicata a tale territorio; le UU.OO. 2.3 e 2.4 hanno avviato una collaborazione con il Servizio Geologico della Regione Lombardia che porterà alla pubblicazione dell'Atlante Regionale Lombardo. In particolare è stato dato alle stampe l'Atlante SCAI della Provincia di Sondrio, presentato preliminarmente alla Riunione Annuale delle UU.OO. GNDCI e ufficialmente a Sondrio il 7 maggio 1997. La franosità dei centri abitati è stata studiata nel contesto geologico e geomorfologico; ove possibile, è stata effettuata la raccolta dei dati geognostici, delle notizie storiche, delle perizie e degli interventi operati nel tempo sui vari fenomeni.

Nel 1997, l'U.O. 2.28 ha concentrato l'attenzione sulla prosecuzione dello studio dell'abitato di Osini e sullo svolgimento delle indagini nel centro abitato di Tiana (NU) e nell'abitato di Castelsardo ove sono stati realizzati stendimenti sismici, sondaggi stratigrafici e geotecnici, osservazioni inclinometriche e monitoraggi topografici, sia tradizionali che a mezzo GPS; l'U.O. 2.13 ha intensificato l'attività in special modo nella provincia di La Spezia ed ha avviato una collaborazione con la Regione Liguria per il completamento e la pubblicazione dei risultati; l'U.O. 2.42 sta concludendo una ricerca sulle condizioni di stabilità dell'abitato di Craco (MT) e di altri centri nel bacino del fiume Basento; le UU.OO. 2.3 e 2.4, dato alle stampe l'Atlante SCAI della Provincia di Sondrio, stanno procedendo al completamento all'analisi della situazione della Provincia di Bergamo (nel periodo è stato ultimato il rilevamento nel bacino del torrente Brembo) mentre è terminata la stesura dell'Atlante dei Centri Abitati Instabili dell'Oltrepo Pavese (per il quale la revisione dei centri abitati potenzialmente instabili è stata estesa significativamente verso occidente) che è stato presentato e distribuito nel corso dei primi mesi del 1998.

L'U.O. 2.24a ha proseguito i rilevamenti dei centri abitati instabili della Provincia di Isernia e sta provvedendo a trasferire i dati sulla cartografia tecnica digitale messa a disposizione dalla Regione Molise.

Nel corso del periodo, le Unità Operative SCAI che hanno già restituito i dati raccolti sotto forma di atlanti (pubblicati o in attesa di pubblicazione), proseguono l'attività nel settore con l'individuazione e lo studio dei centri che, pur non essendo inclusi negli elenchi, presentano fenomeni di instabilità. È il caso dell'U.O. 2.35 (Resp. Carboni) che sta predisponendo una versione informatizzata in ambiente ARCVIEW dell'Atlante Emilia-Romagna, dell'U.O. 2.1 (Resp. Lollino), dell'U.O. 2.15 (Resp. Dramis), dell'U.O. 2.17 (Resp. Martini) e dell'U.O. 2.9 (Resp. Nora) che ha approfondito lo studio nella provincia di Modena, allestendo una carta delle «aree critiche» del territorio provinciale, anche tramite informatizzazione per mezzo del programma GEODRAW.

La ricerca ha avuto nuovo impulso nel corso del 1996, dando vita ad una «seconda fase» del progetto informalmente denominata SCAI II, mediante l'avvio della ricerca nelle regioni finora non interessate, se non in modo marginale, dallo studio. In questa prospettiva sono state costituite le nuove UU.OO. 2.53 (Resp. Iaccarino), 2.54 (Resp. Rasà) e 2.55 (Resp. Pipitone) che hanno iniziato la preliminare raccolta dei dati in Campania e in Sicilia. La prima ha avviato gli studi geologici, geomorfologici e di franosità di alcuni Comuni che ricadono nelle province di Napoli, Salerno e Benevento; la seconda ha, tra l'altro, iniziato la raccolta dei dati pluviometrici e cartografici della Provincia di Messina.

Nel 1997, l'U.O. 2.53 portati a buon livello di avanzamento gli studi in alcuni Comuni che ricadono nelle province di Napoli, Salerno e Benevento ha avviato analoghi studi in altri centri in un territorio più ampio, comprendente anche la provincia di Avellino. L'U.O. 2.54 ha lavorato alla struttura di un data base (su MS Access) degli eventi franosi censiti e al reperimento ed acquisizione in forma digitale di cartografia geologica e topografica nel territorio della Provincia di Messina, oltre che all'informatizzazione di dati raccolti nei rilevamenti di dettaglio di Roccella Valdemone e S.

Domenica Vittoria. L'U.O. 2.55 ha condotto uno studio preliminare in gran parte del territorio regionale al fine di indirizzare la ricerca su alcuni centri abitati che presentano condizioni di elevato rischio da frane.

Le UU.OO. siciliane (2.30, Resp. Maugeri; 2.54, Resp. Rasà; 2.55, Resp. Pipitone) hanno inoltre collaborato nel 1997 ad una relazione sullo stato di dissesto presente nella Regione Sicilia per conto della Protezione Civile Nazionale.

Nel 1998, l'U.O. 2.28 (Resp. Barbieri) ha esteso significativamente le conoscenze dei movimenti franosi che interessano i centri abitati delle province di Cagliari e Nuoro, tramite la compilazione delle relative schede conoscitive e la redazione della cartografia geomorfologica e della franosità.

L'U.O. 2.15 (Resp. Dramis) ha dato inizio a studi sul centro di Camerino, interessato dalla sequenza sismica del 26 settembre 1997: completato uno studio geomorfologico di dettaglio è stata avviata una campagna geognostica comprendente l'installazione di piezometri ed inclinometri.

L'U.O. 2.42 (Resp. Grassi) ha significativamente esteso gli studi ad ampie aree della Basilicata, analizzando in dettaglio le situazioni degli abitati di Balvano, Calciano, Grassano, Filiano e Craco.

L'U.O. 2.4 (Resp. Massiotta) ha rapidamente concluso le indagini, iniziate nel corso del 1997, sul territorio della Provincia di Lecco: l'insieme dei dati è ormai pronto per la pubblicazione, che avverrà prossimamente, dapprima sotto forma di Carta dei dissesti in scala 1:10.000 e successivamente nella canonica veste di Atlante. In questo modo un significativo passo avanti verso il completamento dell'Atlante Regionale Lombardo SCAI è stato compiuto.

L'U.O. 2.7 (Resp. Nora) ha concluso l'informatizzazione di 30 schede relative a centri abitati della Provincia di Modena che sono state aggiunte a quelle già presenti nel data base SLOPE, per giungere al completamento della versione GIS dell'Atlante SCAI contenente oltre 60 monografie consultabili ed aggiornabili in tempo reale.

L'U.O. 2.24b (Resp. Pescatore) ha completato la "Carta geologica e dei fenomeni franosi della provincia di Benevento" in scala 1:50.000, importante documento per la redazione dell'Atlante provinciale, che contribuirà a formare l'Atlante SCAI campano.

L'U.O. 2.55 (Resp. Pipitone) ha completato lo studio riguardante i centri abitati instabili delle province di Palermo, Trapani e Catania, giungendo alla definizione degli aspetti geologici e delle cause che condizionano l'instaurarsi e l'evolversi di fenomeni franosi e alla loro cartografazione su supporto cartaceo in scala adeguata agli scopi dell'indagine (1:5.000 e 1:10.000). Ha inoltre provveduto alle prime indagini sui centri abitati delle altre province siciliane, concorrendo, assieme alla U.O. 2.54 (Resp. Rasà) che ha effettuato un lavoro di estremo dettaglio su tutto il territorio della provincia di Messina, ad un rapido progresso dello studio SCAI in questa regione, notevolmente evolutosi nel corso del triennio.

Le UU.OO. toscane (2.12, Resp. Puccinelli e 2.14, Resp. Focardi) hanno provveduto all'aggiornamento dei dati in loro possesso in vista dell'ormai imminente pubblicazione dell'Atlante SCAI Toscana, ormai in fase di revisione soltanto editoriale.

L'U.O. 2.24a (Resp. Vallario) ha concluso il rilevamento dei centri abitati della provincia di Isernia ed ha completato la redazione del relativo data-base sia cartaceo che informatico: pertanto, ormai pronto per la stampa il relativo Atlante provinciale, ha provveduto a iniziare le indagini preliminari nella provincia di Campobasso, nell'ottica di realizzare quanto prima l'Atlante SCAI Molise.

Per quanto concerne il Progetto SCAI nel suo complesso, in Fig. 2 è rappresentato lo stato di avanzamento nel corso del periodo, mostrandone la progressiva estensione a porzioni sempre più ampie del territorio nazionale.

### *2.1.2 Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana*

Le ricerche con obiettivi legati a questo tema hanno come scopo la raccolta e la valutazione delle metodologie esistenti e l'elaborazione di nuove per la definizione delle condizioni di pericolosità e di rischio per movimenti franosi.

Esse riguardano la previsione dell'evoluzione degli spostamenti dei corpi di frana, del tempo previsto per il collasso, l'individuazione delle soglie di allarme, l'elaborazione di modelli previsionali su basi statistiche, ecc.

Si tratta del tema più propriamente metodologico tra quelli della Linea e ad esso contribuiscono numerose Unità Operative la cui attività costituisce, nel suo complesso, un punto di riferimento sull'argomento, sia a livello nazionale che internazionale.

Nel 1996, l'U.O. 2.16 (Resp. Angeli) ha affrontato il problema delle condizioni idrauliche critiche e caratteristiche dei movimenti nella definizione di tale tipo di rischio; di particolare interesse sono risultate le analisi dei dati dell'area del Conero dove i drenaggi eseguiti hanno permesso di intercettare da monte l'acquifero che alimenta la frana e il modello dinamico di analisi di stabilità applicato ad un fenomeno nei pressi di Cortina d'Ampezzo.

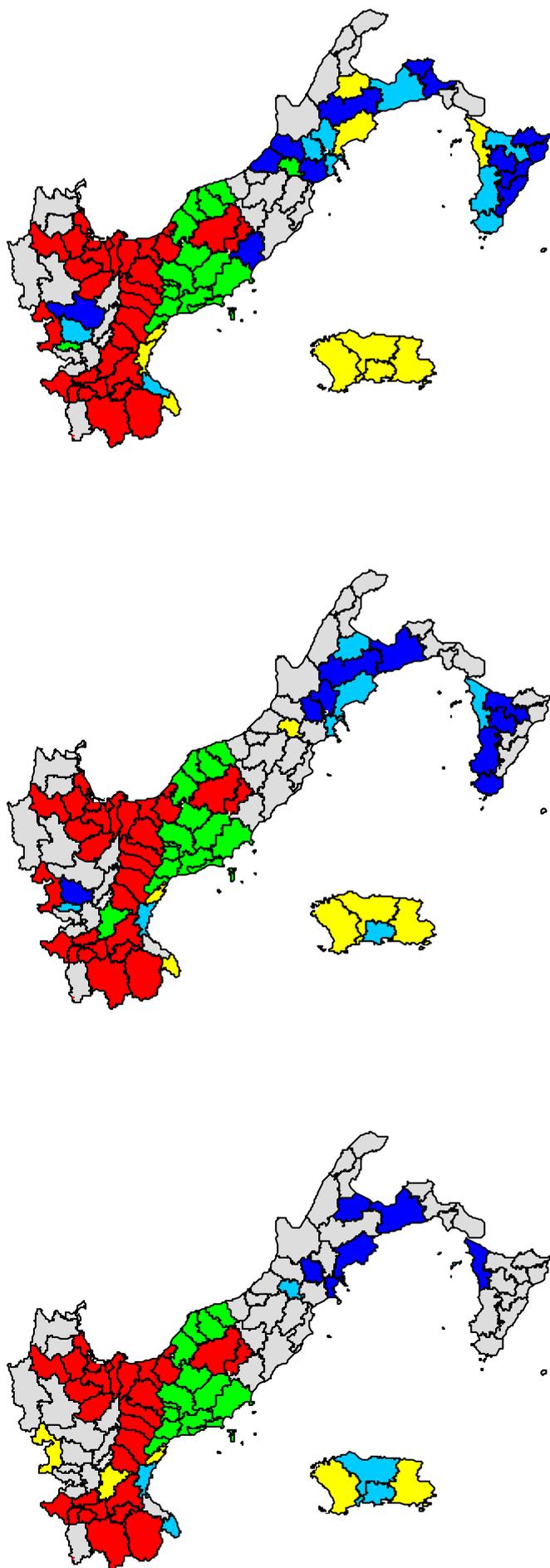


Fig. 2 Stato di avanzamento dell'indagine SCAI negli anni 1996 (sinistra), 1997 (centro) e, pro parte, 1998 (destra): in rosso le aree per le quali l'indagine è conclusa e pubblicata; in verde le aree ove l'indagine è conclusa ed in attesa di pubblicazione; in giallo, azzurro, blu e grigio le altre aree caratterizzate da decrescenti livelli di approfondimento, da elevato (giallo) a preliminare (grigio).

L'U.O. 2.17 (Resp. Martini) ha proseguito le analisi volte alla zonazione di aree a diverso grado di rischio da frana in aree rappresentative.

L'U.O. 2.4 (Resp. Massiotta) ha intrapreso uno studio di tipo statistico per l'individuazione di aree a rischio di frana e sull'impiego del SIT IRWIS in un bacino dell'Oltrepò Pavese.

L'U.O. 2.12 (Resp. Nardi) ha caratterizzato la propria attività sullo studio dei rapporti tra la ricorrenza delle frane e gli eventi meteorologici estremi: per rendere maggiormente efficace tale attività ha focalizzato l'attenzione su una parte della Garfagnana. Sullo stesso tema, ma in aree diverse (Provincia di Belluno), ha altresì operato l'U.O. 2.7 (Resp. Pasuto), che ha installato alcuni sistemi di monitoraggio per alcune frane rappresentative.

L'U.O. 2.24a (Resp. Vallario) è stata impegnata nello studio di situazioni ad elevato rischio determinatesi in Molise nel corso del periodo (1996): in particolare è stato analizzato in dettaglio il grande fenomeno di Ripalimosani (IS).

L'U.O. 2.37 (Resp. Del Prete) ha effettuato uno studio sulle frane preesistenti in alcune aree dell'Avanfossa lucana.

Nell'ambito dell'attività dell'U.O. 2.14 (Resp. Focardi), è stata messa a punto e pubblicata una seconda edizione del lavoro di Canuti e Casagli sulla valutazione del rischio da frana, rispetto a quella presentata nel maggio '94 al Convegno «Fenomeni franosi e centri abitati».

L'U.O. 2.21 (Resp. Valentini) ha effettuato la propria ricerca in aree caratterizzate dalla presenza di sequenza terrigene prevalentemente pelitiche sovrastate da corpi litoidi situate in alcune regioni centro-meridionali (Basilicata, Campania, Lazio e Abruzzo)

All'interno del progetto ha operato infine un'unità interdisciplinare composta da geologi (U.O. 2.24b, Resp. Pescatore) e ingegneri geotecnici (U.O. 2.23, Resp. Pellegrino), che svolge la propria attività sul tema della franosità di grandi aree; lo studio, che sviluppa anche il problema della scelta dei metodi e criteri di intervento in relazione alla tipologia di frana, è svolto in zone dell'Italia Meridionale.

Nel 1997, l'U.O. 2.16 (Resp. Angeli) ha proseguito gli studi sulle condizioni idrauliche critiche e caratteristiche dei movimenti nella definizione di tale tipo di rischio; nel quadro di tale attività è stato intrapreso lo studio della frana di Assisi per la quale sono state effettuate misurazioni tramite GPS.

L'U.O. 2.4 (Resp. Massiotta) ha proseguito gli studi su alcuni fenomeni in alcuni settori del territorio lombardo (Valtellina, Val Seriana, Valle Imagna, Val Taleggio), ha continuato l'allestimento del sistema di banca dati territoriale (basato su ARC-INFO e ORACLE) e ha sviluppato un modello numerico per lo studio della cinematica dei movimenti di massa.

L'U.O. 2.12 (Resp. Nardi) ha proseguito l'attività di studio dei rapporti tra la ricorrenza delle frane e gli eventi meteorologici estremi: la raccolta dati ha riguardato alcuni centri abitati in Val di Serchio e in provincia di Pistoia.

L'U.O. 2.7 (Resp. Pasuto), ha perfezionato l'installazione di alcuni sistemi di monitoraggio nel Bellunese ed ha provveduto ad eseguire alcuni sondaggi per alcune frane di particolare interesse.

L'U.O. 2.9 (Resp. Nora) ha pubblicato definitivamente i risultati dello studio volto alla messa a punto di una metodologia per la determinazione del rischio sui terreni del versante padano dell'Appennino settentrionale.

L'U.O. 2.10 (Resp. Semenza) ha continuato lo studio di aree franose delle tre Venezie, in particolare sull'insacco della frana del Tessina (BL) e su vari debris-flows della Valle d'Isarco (BZ).

L'U.O. 2.24a (Resp. Vallario) ha proseguito lo studio di situazioni ad elevato rischio presenti nella Provincia di Isernia (acquisendo, tra l'altro, la cartografia digitale del 1992 dalla Regione Molise) e nell'analisi in dettaglio del grande fenomeno di Ripalimosani (IS), rimobilizzatasi due volte nel corso del periodo (gennaio e maggio).

L'U.O. 2.37 (Resp. Del Prete) ha effettuato uno studio volto alla valutazione della stabilità di corpi di frana presenti in aree abitate o lungo reti di servizio nell'ambito dell'Appennino meridionale e dell'Avanfossa lucana, anche tramite modellazione, per mezzo di diversi programmi di calcolo (SEEP-W e FLAC).

Nell'ambito dell'attività dell'U.O. 2.14 (Resp. Focardi), prosegue la verifica e la validazione della seconda edizione del lavoro di Canuti e Casagli sulla valutazione del rischio da frana, pubblicata nel corso del semestre precedente.

L'U.O. 2.32 (Resp. Cotecchia) ha proseguito gli studi e l'analisi dei movimenti di massa interessanti abitati e infrastrutture di trasporto, con riferimento all'assetto geologico-strutturale e alle condizioni geotecniche delle formazioni argillose affioranti nelle alte valli dei Fiumi Sele e Ofanto e lungo il litorale adriatico (Ancona e Petacciato).

L'U.O. 2.38 (Resp. Cascini), ricostituita nel corso del periodo, ha ripreso le proprie ricerche sull'esame degli eventi pluviometrici nella dinamica dei versanti per la verifica dei modelli completi di versante e di modelli «a scatola chiusa».

Lavora su questo tema, inoltre, anche l'U.O. 2.56 (Resp. Gullà) costituita anch'essa nel corso del periodo, che si prefigge a medio termine la definizione di contesti geo-ambientali omogenei, la raccolta e l'analisi dei dati, la definizione preliminare dei modelli di riferimento.

Ha proseguito la sua opera, inoltre, l'unità interdisciplinare composta da geologi (U.O. 2.24b, Resp. Pescatore) e ingegneri geotecnici (U.O. 2.23, Resp. Pellegrino), che svolge la propria attività sul tema della caratterizzazione geologica e geotecnica di alcune frane dell'Italia meridionale (province di Avellino, Potenza, Benevento e Salerno).

Nel 1998 l'U.O. 2.16 (Resp. Angeli) ha approfondito gli studi della frana di Assisi, località Ivancich, e ciò ha permesso di rispondere prontamente a quanto richiesto dall'Ordinanza n. 2793 del 27.6.1998 del Ministero dell'Interno, delegato per il Coordinamento della Protezione Civile, in merito agli «Interventi urgenti di sistemazione del versante» interessato dal suddetto fenomeno.

L'U.O. 2.32 (Resp. Cotecchia) ha conseguito i risultati attesi, giungendo ad individuare l'incidenza delle condizioni geostrutturali, geotecniche e degli eventi climatici per un elevato numero di movimenti di massa in formazioni argillose appenniniche e lungo la costa adriatica.

L'U.O. 2.1 (Resp. Lollino, subentrato a Luino) ha dato inizio alla sua nuova attività, considerato ormai esaurita, con la pubblicazione dell'atlante regionale e i successivi studi di revisione, la fase di appartenenza al Progetto SCAI: è stato infatti realizzato un esclusivo Sistema Inclinometrico Automatico e ne è stato installato un primo esemplare in una frana di scivolamento planare nelle Langhe cuneesi.

L'U.O. 2.23 (Resp. Pellegrino) ha concentrato la propria attività su questo tema sulla definizione delle soglie di rischio dei manufatti interessati da frane: si tratta di un importante contributo nello studio del rischio e, in particolare, nell'individuazione di criteri operativi per la determinazione della vulnerabilità.

L'U.O. 2.21 (Resp. Valentini), oltre a proseguire l'attività nelle aree di avanfossa della Basilicata, ha dato inizio ad alcuni studi sulla stabilità nel territorio comunale di alcuni centri della provincia di Viterbo, ponendo con ciò le basi per intraprendere, anche nella regione Lazio, le necessarie indagini per la realizzazione, a medio-lungo termine, del relativo Atlante SCAI.

Nel periodo hanno inoltre effettuato una notevole attività tutte le U.O. campane, coordinate dalle UU.OO. facenti capo all'Università di Salerno (U.O. 2.38, Resp. Cascini e U.O. 2.53, Resp. Iaccarino), affiancate da UU.OO. di regioni confinanti (è il caso dell'U.O. 2.56, Resp. Gullà e dell'U.O. 2.19, Resp. Jappelli), impegnate nel rilevamento e nello studio dei disastrosi fenomeni occorsi in Campania nel mese di maggio. Si è trattato e si tratta di un imponente lavoro di analisi e di sintesi, oltre che di coordinamento, per giungere alla definizione degli interventi urgenti per la riduzione del rischio di frana nei territori interessati dal fenomeno e della relativa linea di indirizzo per la progettazione. Questa attività ha determinato un primo risultato al termine del semestre, con la definizione, pubblicata ufficialmente il 5 luglio 1998, degli interventi strutturali e non strutturali per la messa in sicurezza delle aree colpite.

### *2.1.3 Studio delle DGPV*

Il tema delle deformazioni gravitative profonde di versante è affrontato dalle UU.OO. 2.15 (Resp. Dramis), 2.13 (Resp. Federici), 2.42 (Resp. Grassi), 2.7 (Resp. Pasuto), 2.2 (Resp. Coccolo), 2.4

(Resp. Massiotta), 2.12 (Resp. Nardi), 2.14 (Resp. Focardi), 2.32 (Resp. Cotecchia), 2.25 (Resp. Guerricchio), 2.37 (Resp. Del Prete).

Le aree studiate sono quella delle Alpi Orientali, della Val di Serchio e Val di Magra, dell'Appennino Tosco Romagnolo, di zone dell'Appennino lucano, della Sardegna (laddove esse sono in connessione con gli aspetti di pertinenza del Progetto SCAI), delle Prealpi lombarde, delle Marche centro-meridionali, della Calabria (Fig. 3)

Sono stati effettuati numerosi studi geomorfologici, rilievi strutturali a varie scale (micro e meso), installazione di reti di monitoraggio (anche tramite GPS), studi sull'effetto della alimentazione da parte di acque sotterranee e, per quanto riguarda i fenomeni che si sviluppano in ammassi rocciosi fratturati sovrapposti a complessi argillitici tettonizzati, la modellazione numerica del comportamento di blocchi rigidi su substrato deformabile.

Molte UU.OO. attive su questo tema hanno presentato i risultati dei propri lavori nel corso del V Seminario sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, svoltosi a Chieti nei giorni 2, 3 e 4 maggio 1996.

Il gruppo di lavoro sulle DGPV costituisce un importante patrimonio della Linea 2, rappresentando un insieme di ricercatori i cui risultati costituiscono l'avanguardia della ricerca internazionale sull'argomento.

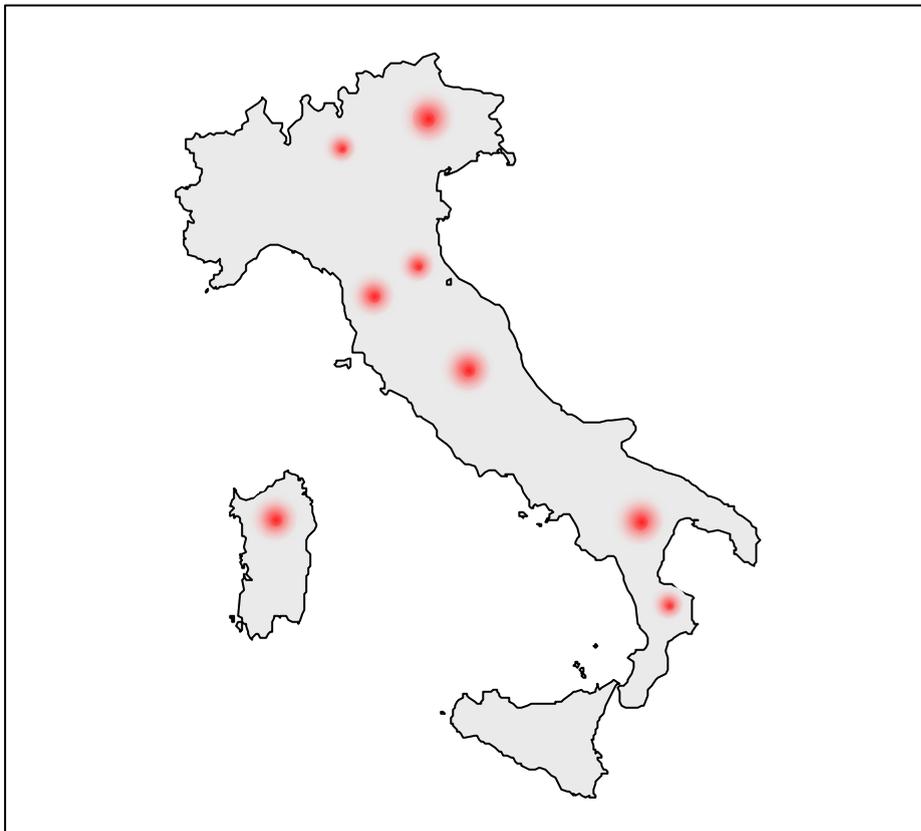


Fig. 3 – Principali zone di studio del Programma DGPV.

#### *2.1.4 Rilevamento dei fenomeni franosi in aree vulcaniche*

Il tema è affrontato principalmente dalla U.O. 2.41 (Resp. Chiesa).

Lo studio è svolto a Vulcano (in collaborazione con il Genio Civile di Messina) dove è proseguita nel periodo (in particolare nel 1997) la campagna di misure e di campionamento, nelle Isole Pontine, ad Ischia e all'isola di Stromboli, per la quale sono proseguiti il rilevamento delle instabilità presenti e l'acquisizione dei dati sul terreno (1996), fino alla realizzazione della carta della pericolosità di frana dell'isola, presentata al Convegno «La stabilità del suolo in Italia» tenutosi a Roma, presso l'Accademia dei Lincei, nel mese di maggio.

A Vulcano, in particolare, si cerca di individuare la relazione fra l'apertura delle fratture, le deformazioni del suolo e le variazioni della attività fumarolica: sulla base dei modelli digitali del terreno del versante orientale del Cono della Fossa, si è proceduto al calcolo delle condizioni preesistenti alla frana dell'aprile 1988: nel corso del 1997 sono state realizzate tre missioni di misura che non hanno segnalato evoluzioni degne di rilievo.

Nel 1996 sono inoltre proseguiti gli studi nell'isola d'Ischia dopo la realizzazione della carta delle pericolosità geologica presentata nel 1995 e quelli nell'isola di Ventotene, per la quale nel 1997 è stato realizzato un DTM e sono stati acquisiti dati sullo stato delle falesie.

Nel 1998, l'attività si è sviluppata sulla modellazione di movimenti franosi che coinvolgono materiali vulcanici in differenti condizioni di equilibrio ed è proseguita la sorveglianza delle fessure sull'isola di Vulcano dove continuano le modificazioni millimetriche sulle singole fessure e la formazione di piccole fessurazioni verso la sommità del bordo settentrionale del cratere.

### *2.1.5 Analisi dei movimenti franosi rapidi di masse detritiche*

La ricerca si propone di evidenziare i meccanismi fondamentali relativi al comportamento dei terreni ed alla distribuzione delle pressioni neutre che presiedono alla mobilitazione dei fenomeni di movimento rapido di masse detritiche, eventi che hanno luogo in concomitanza con periodi di intense, anche se brevi, precipitazioni o a seguito di eventi sismici.

Il tema è stato sviluppato in modo particolare dalle Unità Operative afferenti ad Istituti di ricerca per la Protezione Idrogeologica, nonché dalle UU.OO. 2.36 (Resp. Federico), e 2.19 (Resp. Jappelli): quest'ultima si avvale a partire dal 1996 dell'esperienza e delle conoscenze maturate nell'Università di Palermo, in considerazione della fusione fra le UU.OO. 2.19 e 2.30a (Resp. Musso).

Le ricerche si svolgono nell'ambito teorico e sperimentale, in laboratorio ed in sito. Particolare interesse è stato rivolto allo studio delle pressioni neutre e dei moti di filtrazione, per il quale, nel corso del periodo, l'U.O. 2.36 ha continuato le proprie ricerche teoriche-bibliografiche.

In particolare, l'U.O. 2.19 ha proseguito le indagini sui debris-flows, sui pendii in rocce lapidee fratturate, sui terreni a struttura complessa, sui terreni argillosi e sulla gettiniezione.

Nel 1998 l'U.O. 2.19, oltre alla consueta attività di ricerca, è stata notevolmente impegnata nelle attività relative alla limitazione del rischio nelle aree della Campania interessate dai fenomeni di colate rapide del 5 e 6 maggio, in collaborazione con l'U.O. 2.38 (Resp. Cascini).

### *2.1.6 Frane lungo costa*

Il tema è sviluppato da qualche tempo dalle unità operative 2.13 (Resp. Federici), 2.14 (Resp. Focardi), 2.41 (Resp. Chiesa) in aree della Liguria (Bocca di Magra-Punta Mesco-Sestri Levante-Portofino), della Toscana (Arcipelago Toscano, Argentario) e nelle isole Eolie e Pontine (Vulcano, Stromboli, Ischia, Ventoténe).

Ad esse si aggiunge dal 1996 l'attività delle UU.OO. 2.50 (Resp. D'Alessandro) e 2.52 (Resp. Budetta), che si dedicano allo studio di questo argomento in alcune aree dell'Abruzzo e della Campania (Cilento) (Fig. 4).

Nell'ambito della ricerca interlinea su «Difesa dei litorali» è stata inoltre formata la nuova U.O. 2.51 (Resp. La Monica) che ha avviato la propria attività nel corso del 1996.

Lo studio si sta rivelando di rilevante interesse per gli aspetti scientifici e pratici, in particolare in relazione alle attività di pertinenza della Protezione Civile, nonché per le numerose connessioni con altri temi della Linea 2, quali il Progetto «Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana», il «Progetto SCAI», «Metodi e criteri di intervento in relazione alla tipologia di frana» e, per quanto riguarda la U.O. 2.41, il progetto «Rilevamento dei fenomeni franosi in aree vulcaniche». Il tema ha preso l'avvio alla luce della esperienza sviluppata, dal punto di vista metodologico, dalla U.O. 2.18 (Resp. Esu). Attualmente le Unità Operative attive su questo argomento sono in fase avanzata per

quanto riguarda l'individuazione delle aree di maggiore interesse e la loro descrizione tramite analisi di foto aeree e rilevamento geologico, morfologico, strutturale.

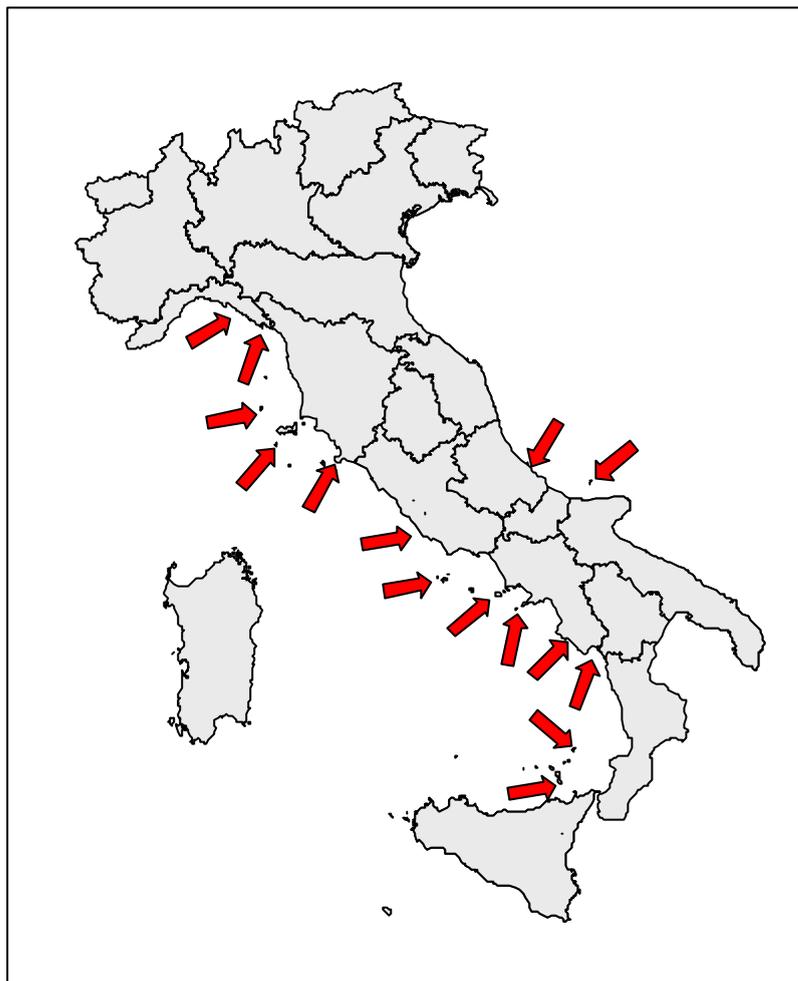


Fig. 4 – Localizzazione delle aree indagate nell'ambito del Progetto sulle frane lungo costa.

Nel 1996, l'U.O. 2.14, che ha scelto come prima area campione la costa alta di Talamone, interessata da diffusi fenomeni di franosità in roccia, ha sviluppato una metodologia per la zonazione della pericolosità ed ha proposto criteri per la valutazione del rischio.

L'U.O. 2.13 (Resp. Federici) ha completato l'allestimento di una carta geomorfologica della riviera fra Bocca di Magra e Punta Mesco (La Spezia - Liguria Orientale).

L'U.O. 2.50 (Resp. D'Alessandro) ha avviato le preliminari indagini sulla bibliografia generale e sulle condizioni climatiche e geomorfologiche del litorale abruzzese.

L'U.O. 2.51 (Resp. La Monica) ha dato inizio alla propria attività procedendo ad una prima fase di coordinamento dei gruppi di lavoro che la costituiscono.

L'U.O. 2.52 (Resp. Budetta) ha provveduto all'avvio del censimento delle zone di maggior interesse all'interno del tratto costiero preso in esame.

Nell'ambito di quest'attività di ricerca e per consentire anche la messa a punto di una metodologia unificata, per il rilevamento e la catalogazione dei fenomeni franosi in coste alte, le UU.OO. 2.14 (Resp. Focardi) e 2.52 (Resp. Budetta) si sono coordinate tra loro e con il Servizio Geologico Nazionale.

Nel 1997, l'U.O. 2.14 (Resp. Focardi), effettuato il rilevamento di un tratto di costa del promontorio dell'Argentario (GR) volto ad individuare le aree nelle quali fenomeni gravitativi possono interferire con la fruizione della costa, ha svolto un lavoro di dettaglio all'isola di Capraia (LI), che ha messo in evidenza l'effettivo arretramento della linea di costa.

L'U.O. 2.50 (Resp. D'Alessandro) ha proseguito le indagini sulla geomorfologia, sulle caratteristiche batimetriche e sui dati termopluviometrici delle aree circostanti il litorale abruzzese (con particolare riguardo alle zone comprese tra i bacini del Fiume Sangro e del Fiume Trigno).

L'U.O. 2.51 (Resp. La Monica) ha coordinato quanto prodotto dagli otto gruppi di lavoro che la costituiscono (Trieste, Ferrara, Padova, Genova, Firenze, Roma, Napoli e Catania) riguardo la formulazione di linee guida per la definizione di parametri e fattori utili alla zonazione costiera ed alla determinazione della vulnerabilità delle spiagge.

Queste ultime due UU.OO. hanno inoltre impostato ed avviato una collaborazione per lo studio dell'erosione nelle spiagge abruzzesi e dell'evoluzione morfosedimentologica del litorale di Nettuno (RM).

L'U.O. 2.52 (Resp. Budetta) ha provveduto all'avvio del censimento delle zone di maggior interesse all'interno del tratto costiero preso in esame, in particolare del tratto compreso tra Acciaroli e Pisciotta, dove è stato completato lo studio geologico, geomorfologico, meteomarinario e geomeccanico.

Nel 1997 e nel 1998 hanno svolto parte della propria attività su questo tema anche l'U.O. 2.37 (Resp. Del Prete), l'U.O. 2.32 (Resp. Cotecchia) e l'U.O. 2.25 (Resp. Guerricchio): la prima ha in corso studi di pericolosità di frana che interessa la zona dell'arco naturale di Tito, a Capri; le altre due hanno intrapreso lo studio delle condizioni di stabilità della falesia settentrionale dell'isola di San Nicola nelle Tremiti (FG).

Nel I semestre 1998, l'U.O. 2.52 (Resp. Budetta) ha rapidamente completato lo studio del tratto costiero da sud di Acciaroli ed ha avviato l'analisi di dettaglio sull'Arco naturale di Palinuro, che versa in precarie condizioni di stabilità per effetto di ripetuti crolli di porzioni più o meno cospicue di roccia calcarea.

L'U.O. 2.51 (Resp. La Monica) ha proseguito l'attività di coordinamento degli otto gruppi di lavoro che la costituiscono, distribuiti su tutto il territorio nazionale: ai gruppi di Genova, Trieste, Ferrara, Firenze, Napoli, Catania e Roma, si è infatti aggiunto nel periodo il gruppo di Cagliari che ha proceduto ad iniziare l'elaborazione di una carta del rischio ambientale litorale di tutta la regione Sardegna.

### *2.1.7 Frane in relazione ad eventi sismici*

Operano all'interno di questo tema l'U.O. 2.45 (Resp. Genevois, che prosegue una ricerca avviata nel 1993 nell'Appennino Settentrionale - Emilia Romagna, Marche, Toscana, Umbria) e l'U.O. 2.30 (Resp. Maugeri), secondo un programma che prevede le seguenti 9 fasi:

1. Ricerca storica e catalogazione frane innescate da sismi
2. Valutazione dell'affidabilità dei dati raccolti
3. Scelta di frane tipiche in base a caratteri litologici, cinematismi ed intensità della sollecitazione dinamica
4. Valutazione dell'attività sismica dell'area dei singoli fenomeni
5. Valutazione dei caratteri climatici delle aree prescelte
6. Realizzazione del modello geologico e geotecnico/geomeccanico dei fenomeni di massa scelti
7. Analisi pseudostatiche parametriche di ogni fenomeno
8. Analisi dinamica dei singoli eventi
9. Analisi delle possibili evoluzioni

Per quanto riguarda l'attività dell'U.O. 2.45, il 1996 ha visto il compimento di tutte le fasi sopra elencate per i fenomeni precedentemente individuati nelle aree di studio, mentre nel 1997 è stata terminata la catalogazione delle frane innescate da fenomeni sismici nelle regioni italiane del centro-nord (Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Liguria). Nel 1998 è stata infine completata la valutazione dell'attendibilità dei dati raccolti con riscontri incrociati ed è stata allargata la ricerca ai fenomeni innescati dal sisma che ha interessato le Marche e l'Umbria nel settembre 1997. È inoltre continuata per tutto il periodo la collaborazione con il Centro Europeo Rischi Geomorfologici sullo studio dei rapporti tra sismi e conseguenti effetti superficiali: in quest'ambito un adeguato numero

di frane ad elevate probabilità di innesco sismico è stato analizzato in dettaglio dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e geomeccanico/geotecnico.

L'U.O. 2.30 è invece giunta alla messa a punto di metodi di calcolo basati su modellazioni semplificate che sono in grado di fornire risultati confrontabili, come affidabilità, a quelli derivanti da modellazioni complesse agli elementi finiti: è stato sottoposto a questo tipo di verifica il caso della frana di Calitri.

Nel corso del 1997 per lo svolgimento di tale attività è stata avviata una collaborazione tra tale U.O. e la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e nel 1998 tale procedura di calcolo è stata applicata allo studio della frana di Calitri, riattivata in occasione del sisma del 1980. Nello stesso periodo è stata inoltre messa a punto una procedura di microzonazione sismica basata sull'instabilità dei pendii, applicata in ampie zone della regione Toscana e nella città di Gubbio.

### *2.1.8 Deformazioni del suolo e subsidenza*

Su questo tema è attiva da anni la U.O. 2.8 (Resp. Gatto), che lavora anche sul tema interlinea «Rischio di subsidenza in aree di pianura», in collaborazione con la Linea 4, in particolare con l'U.O. 4.6. Lo studio affronta i seguenti temi:

a) subsidenza dei litorali veneti, dovuto a cause naturali, ma intensificatosi negli ultimi decenni con gli emungimenti e la coltivazione di giacimenti di idrocarburi gassosi;

b) oscillazioni dei livelli acquiferi.

Nel corso del 1996 è proseguita l'attività di controllo idrogeologico del comprensorio lagunare veneziano ed è stata completata la messa in opera di una rete geodetica di appoggio al sistema GPS per il controllo dei fondali in prossimità dei giacimenti di futuro sfruttamento: tale rete permetterà di supportare le livellazioni di alta precisione che verranno effettuate sulla terraferma allo scopo di verificare gli effetti altimetrici del previsto sfruttamento di 15 giacimenti di idrocarburi.

Nel 1997 sono stati eseguiti numerosi controlli altimetrici finalizzati alla verifica dei movimenti tettonici in atto e per la quantificazione della subsidenza in aree di pianura, attivando, tra l'altro, una collaborazione con l'Università di Udine e l'Amministrazione Provinciale di Vicenza.

È altresì proseguita l'attività di indagine interlinea 2.8-4.6 sull'incidenza della programmata coltivazione di idrocarburi gassosi da giacimenti off-shore, mentre per quanto concerne l'attività di indagine sulle variazioni dei livelli piezometrici è stata intensificata la consueta campagna di misura a cadenza annuale tramite l'installazione di centraline per la registrazione in continuo in dodici stazioni idrometrografiche.

Nel 1998 è stato provveduto, come ogni primavera, al ripristino dei pozzi costituenti la rete di controllo, con interventi strutturali per avarie dovute sia alle intemperie invernali che ad atti vandalici. Grazie all'esperienza ormai decennale, la rete è stata rapidamente ripristinata e resa completamente funzionante per il periodo estivo con i suoi 117 punti di misura, dei quali 12 a registrazione in continuo. Per quanto concerne i controlli altimetrici si è provveduto alla verifica ed al perfezionamento della nuova linea di livellazione, mediante l'aggiunta di nuovi capisaldi e la sostituzione di quelli ritenuti non perfettamente idonei.

Ha altresì operato su questo tema l'U.O. 2.26 (Resp. Zezza), che ha analizzato a partire dal 1997 i fenomeni di subsidenza e instabilità del territorio in aree carsiche della penisola salentina (Altamura, BA) dove sono manifesti stati di degrado e di instabilità connessi con la presenza di cave a fossa e in sotterraneo: in particolare sono stati definiti i caratteri fisici, meccanici delle formazioni osservate nel corso del rilevamento e i loro rapporti stratigrafici. Nel 1998 queste analisi sono state concentrate nella Grotta di S. Martino nel territorio avetrano (BA):

### *2.1.9 Stabilità delle difese di sponda e frane di sbarramento*

La ricerca ha come soggetto lo studio dei processi gravitativi che avvengono in corrispondenza dei corsi d'acqua e che quindi si trovano in stretta relazione con i fenomeni della dinamica fluviale. L'argomento è svolto dalla U.O. 2.14 (Resp. Focardi) in collaborazione con l'U.O. 3.6 (Resp. Natale) nell'ambito del progetto interlinea «Rischio di alluvionamento per frane di sbarramento».

Nel 1996 l'U.O. 2.14 ha eseguito un rilievo lungo l'asta fluviale della Sieve, principale affluente dell'Arno. Contemporaneamente sono stati raccolti dati idrologici ed idraulici per la previsione delle altezze di piena mediante modelli di flusso e moto vario. È inoltre proseguita la campagna di prove in situ per la caratterizzazione geotecnica dei terreni lungo le sponde del corso d'acqua. In particolare, in località Fornacina (Comune di Pontassieve, FI) è stata allestita una stazione di misura, adiacente a quella idrometrica del Servizio Idrografico, attrezzata con strumenti per la raccolta di dati meteorologici, tensiometri e piezometri per la misurazione delle pressioni interstiziali in rapporto ai livelli idrometrici e sensori di potenziale spontaneo per la registrazione dell'avanzamento del fronte di saturazione durante le piene.

Per quanto concerne le frane di sbarramento, l'U.O. 2.14, ha effettuato nel 1997 un primo censimento di questo tipo di fenomeni nell'area nord-appenninica: la prima base per la formulazione di modelli evolutivi previsionali è costituita da oltre 70 casi. L'elaborazione dei dati, perfezionata nel corso del 1998, ha permesso di ricavare delle relazioni fra parametri morfometrici per la previsione dell'evoluzione dello sbarramento. In particolare sono state ricavate relazioni per la stima della probabilità della completa occlusione dell'alveo e della probabilità di collasso dello sbarramento

Sul tema delle frane di sponda, la stessa U.O. ha elaborato i dati fisici derivanti da circa 18 mesi di registrazioni effettuate nella stazione di Fornacina (Pontassieve, FI). Nell'arco di tale tempo si sono verificati sei eventi di piena principali che hanno permesso di ricavare le relazioni fra livelli idrometrici e risposta delle pressioni interstiziali (positive e negative) nei materiali nella sponda, con le conseguenti implicazioni sulla stabilità della sponda stessa.

#### *2.1.10 Metodi e criteri di intervento in relazione alla tipologia di frana*

Lo studio metodologico e scientifico delle tipologie dei fenomeni franosi di aree campione, nonché il monitoraggio delle situazioni e la verifica degli interventi sistematori eseguiti sui singoli movimenti costituisce parte dell'attività di numerose Unità Operative e, in special modo, delle UU.OO. 2.48 (Resp. Paloscia), 2.19 (Resp. Jappelli), 2.16 (Resp. Angeli), 2.23 (Resp. Pellegrino), 2.7 (Resp. Pasuto), 2.30 (Resp. Maugeri), 2.40 (Resp. Rossi-Doria).

I risultati finora raggiunti nel settore dello studio delle frane rappresentative hanno permesso di definire un quadro di manifestazioni tipiche, cui fare riferimento per approfondire le modalità esecutive e le tipologie per interventi su eventi franosi minaccianti infrastrutture ed aree urbane.

Nel 1996 l'U.O. 2.48 ha continuato l'analisi dei dati SAR ed ha intrapreso, in collaborazione con il Centro Sperimentale per le Valanghe e la Difesa Idrogeologica di Arabba (BL), uno studio sulla radiometria a microonde sul manto nevoso per la valutazione del rischio da valanghe.

L'U.O. 2.19 ha svolto la propria ricerca nel settore geotecnico, sviluppando il tema della affidabilità delle indagini geotecniche, lo studio della efficacia di dispositivi «subalvei» in terreni eterogenei, per la protezione di pendii naturali ed artificiali e la modellazione del comportamento meccanico di terreni con struttura complessa, avvalendosi anche dell'esperienza della confluyente U.O. 2.30a (Resp. Musso), ora non più esistente.

L'U.O. 2.30 ha approfondito lo studio della frane innescate sulla «Timpa» di Acireale (CT) dall'evento meteorico del 13 marzo 95.

Per quanto riguarda il tema del monitoraggio, sono proseguite le operazioni sulle reti già installate nel passato in aree campione e su fenomeni tipici, con misurazioni, analisi ed elaborazioni dei dati idrologici e cinematici. In alcune località sono operanti anche reti di monitoraggio controllate con il GPS.

L'U.O. 2.7 ha proseguito gli studi di correlazione tra modelli idrologici e modelli cinematici nelle aree campione di Cortina d'Ampezzo (BL) e di Corvara in Val Badia (BZ) ed ha avviato lo studio dell'imponente fenomeno che ha colpito il 7 agosto l'abitato di Borca di Cadore (BL).

L'U.O. 2.40 ha concluso la raccolta dei dati pluviometrici, piezometrici ed inclinometrici in aree campione dell'Abruzzo e ne ha cominciato l'elaborazione.

Sia pure in maniera indiretta, sono da ritenersi operanti in quest'ambito l'U.O. 2.1 (Resp. Luino) e l'U.O. 2.2 (Resp. Coccolo) nella loro attività di raccolta ed elaborazione dati sull'evento alluvionale

piemontese del novembre '94 e l'U.O. 2.12 (Resp. Nardi) che ha operativamente partecipato agli interventi immediatamente susseguenti all'alluvione in Versilia del 19 giugno. Su tale avvenimento, di notevole importanza ed interesse scientifico, ha lavorato comunque tutta la Linea 2 nel suo complesso, allo scopo di predisporre un «Rapporto di Evento» in collaborazione con la Linea 1: in particolare sono stati esaminati i temi del censimento dei movimenti di versante e delle condizioni d'innesco dei debris-flow. I risultati sono stati presentati alla Riunione annuale GNDCI del 19 dicembre 1996.

Nel 1997 l'U.O. 2.48, nell'ambito dello studio su movimenti franosi e valanghe, ha proseguito nell'analisi dei dati SAR multitemporali per la stima dell'umidità del terreno a scala regionale, nell'attività sperimentale con radiometri a microonde sul manto nevoso (tramite il programma MORSEx) e nella validazione di modelli elettromagnetici per la stima della rugosità del terreno (IEM).

L'U.O. 2.19 ha sviluppato i temi delle verifiche di sicurezza dei pendii, della risposta meccanica di terreni argillosi (terreni a struttura compatta, argille consistenti intatte, argille tenere), della realizzazione di interventi di stabilizzazione, delle apparecchiature per sperimentazioni geotecniche e delle questioni connesse con la necessità di disporre di informazioni bibliografiche e normative aggiornate.

L'U.O. 2.30 ha affrontato lo studio sulla funzionalità e qualità delle opere con impiego di geosintetici.

L'U.O. 2.7 ha continuato lo studio dell'imponente fenomeno che ha colpito il 7 agosto 1997 la frazione di Cancia nel territorio comunale di Borca di Cadore (BL) ove è stato installato un sistema di allarme. Negli ultimi mesi del 1997 la stessa U.O. ha inoltre attivato una collaborazione con la Direzione Regionale della Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia per lo studio di due importanti fenomeni a Prato Carnico (UD) e nei pressi del Passo Pramollo.

L'U.O. 2.40 ha affiancato i dati inclinometrici e piezometrici in aree campione della Calabria e dell'Abruzzo con dati pluviometrici forniti da un pluviografo a registrazione continua appositamente installato.

L'U.O. 2.23 ha lavorato particolarmente sulle frane del Colle di Bisaccia (AV), dell'Alta Valle del Basento (PZ) e della Valle de Sele (SA), oltre che sui dati sperimentali provenienti da un sito della Valle del Miscano.

Ha operato su questo tema anche l'U.O. 2.1 (Resp. Luino) che ha esaminato un fenomeno torrentizio di trasporto di massa avvenuto ad Omegna (VB) ed ha avviato una ricerca nel territorio dell'Alta Valcamonica su processi di instabilità connessi ad eventi idrologici.

L'U.O. 2.12 (Resp. Nardi) e l'U.O. 2.14 (Resp. Focardi) hanno continuato la loro attività di studio sui fenomeni connessi all'evento alluvionale in Versilia e Garfagnana del 19 giugno 1996.

Nel I semestre 1998, risultati significativi sono stati ottenuti nel tema dall'U.O. 2.30 (Resp. Maugeri) che ha proceduto alle analisi delle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche Italiane relative alla progettazione di opere di intervento in zone sismiche ed è stato effettuato un confronto con quanto contenuto nell'Eurocodice n. 8.

L'U.O. 2.48 (Resp. Paloscia) ha proseguito gli studi sui fenomeni di movimenti rapidi di masse nevose, analizzati tramite l'interpretazione di dati elettromagnetici telerilevati: nel periodo sono stati studiati alcuni modelli stratificati di trasporto radiativo per simulare le risposte caratteristiche di manti a diversa composizione al variare delle emissioni incidenti.

L'U.O. 2.7 (Resp. Pasuto) ha provveduto all'installazione di una rete di capisaldi per il monitoraggio topografico di precisione della frana di Corvara (BZ), dopo che nei primi mesi del '98, gli ingenti spostamenti hanno causato la rottura dei tubi inclinometrici precedentemente installati: ciò ha comunque consentito di interpretare definitivamente la geometria e la cinematica del corpo di frana. Contemporaneamente è stata pianificata la prossima installazione di alcuni piezometri nella zona di corona della frana di Cancia (Borca di Cadore, BL) per verificare il ruolo della saturazione dei materiali nell'innesco del debris-flow.

Le UU.O. 2.23 (Resp. Pellegrino) e 2.24b (Resp. Pescatore) hanno consolidato la collaborazione esistente per l'approfondimento dello studio delle frane già indagate negli anni precedenti: di particolare interesse paiono i risultati conseguiti nell'analisi dei movimenti al Colle di Bisaccia (AV),

nelle valli del Sele (SA) e del Basento (PZ) e nella provincia di Napoli. Entrambe le UU.OO. sono state inoltre impegnate nelle attività straordinarie connesse con l'emergenza susseguente al disastro idrogeologico campano del 5 e 6 maggio, così come previsto dall'ordinanza 2787 del 21.5.1998.

### 2.1.11 Sintesi dell'attività di ricerca

Nella tabella di pagina seguente è sintetizzata l'attività delle singole Unità Operative nei dieci temi principali sopra riportati, nel corso del periodo esaminato.

### 2.2 Attività di valutazione tecnico-scientifica per il Dip.to della Protezione Civile

Nel corso del periodo è proseguito lo svolgimento di questa attività in collaborazione con il settore Previsione e Prevenzione del Dipartimento per la Protezione Civile.

Sono stati eseguiti dai collaboratori alle varie Unità Operative, su convocazione del Dipartimento della Protezione Civile, su tutto il territorio italiano, 162 sopralluoghi, così distribuiti:

1996: 30 sopralluoghi

1997: 62 sopralluoghi

1998: 70 sopralluoghi

Nelle Tabb. 1, 2 e 3, compilate sulla base delle copie delle convocazioni inviate per conoscenza dal Ministero al Responsabile di Linea, è illustrata la ripartizione per regioni dei sopralluoghi effettuati.

Abruzzo	2	Basilicata	4	Calabria	8
Campania	5	Emilia Romagna	1	Lazio	3
Liguria	1	Lombardia	4	Marche	3
Molise	1	Piemonte	2	Puglia	2
Sicilia	10	Toscana	3	Veneto	1

Tab. 1 - Distribuzione dei sopralluoghi effettuati nel 1996

Abruzzo	2	Basilicata	1	Calabria	2
Campania	15	Friuli Venezia Giulia	1	Lazio	4
Lombardia	2	Marche	2	Puglia	3
Sicilia	14	Toscana	10	Trentino Alto Adige	10
Umbria	2	Veneto	3		

Tab. 2 - Distribuzione dei sopralluoghi effettuati nel 1997

Abruzzo	1	Basilicata	13	Calabria	6
Campania	2	Emilia Romagna	2	Lazio	5
Lombardia	2	Marche	3	Molise	1
Puglia	17	Sicilia	5	Toscana	1
Umbria	11	Veneto	1		

Tab. 3 - Distribuzione dei sopralluoghi effettuati nel 1998

Le tabelle sopra riportate sono da considerarsi qualitativamente e quantitativamente indicativa del lavoro svolto dalle varie UU.OO. sul territorio italiano, in quanto risulta che l'elenco è in difetto rispetto alla reale situazione dei sopralluoghi effettuati a causa di una non esauriente comunicazione degli stessi: tale considerazione è da ritenersi di particolare importanza per quanto concerne l'attività svolta in occasione di particolari emergenze, quali l'evento alluvionale in Versilia nel 1996, il sisma umbro-marchigiano del settembre 1997, l'evento calamitoso in Campania nel maggio 1998.

U.O.	Responsabile	Scai	ACV	DGV	VUL	DET	COS	SIS	SUB	SBA	MET
1	Luino										
2	Coccolo										
3	Rossetti										
4	Massiotta										
7	Pasuto										
8	Gatto										
9	Nora										
10	Semenza										
11	Elmi										
12	Nardi										
13	Federici										
14	Focardi										
15	Dramis										
16	Angeli										
17	Martini										
18	Esu										
19	Jappelli										
21	Valentini										
23	Pellegrino										
24	Pescatore										
24	Vallario										
25	Guerricchio										
26	Zeza										
27	Lazzari										
28	Barbieri										
29	Merenda										
30	Maugeri										
32	Cotecchia										
35	Carboni										
36	Federico										
37	Del Prete										
38	Cascini										
40	Rossi Doria										
41	Chiesa										
42	Grassi										
45	Genevois										
48	Paloscia										
50	D'Alessandro										
51	La Monica										
52	Budetta										
53	Iaccarino										
54	Rasà										
55	Pipitone										
56	Gullà										
57	Pareschi										

Scai: Programma speciale SCAI

ACV: Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana

COS: Frane lungo costa

SIS: Frane in relazione a eventi sismici

DGV: Studio delle DGPV  
subsidenza

VUL: Fenomeni franosi in aree vulcaniche

DET: Movimenti franosi rapidi di masse detritiche

SUB: Deformazioni del suolo e

SBA: Sponde e frane di sbarramento

MET: Metodi e criteri di intervento

In tali occasioni, infatti, numerosi componenti della Linea, appartenenti alle UU.OO. territorialmente più vicine ai luoghi interessati, si sono posti a diretta disposizione del Dipartimento.

Ad ogni sopralluogo effettuato è stata associata la stesura da parte del consulente GNDCI di una relazione che costituisce parte integrante del verbale steso dalla competente autorità comunale che ha richiesto il servizio.

La Linea 2 è stata inoltre coinvolta nella elaborazione delle «Schede informative per la preparazione dei programmi nazionali di previsione e prevenzione dei rischi idraulico-geologici», iniziativa promossa direttamente dal Ministero per la Protezione Civile, in collaborazione con i Responsabili della Linee, e coordinata, per quanto riguarda la Linea 2, dalla U.O. 2.14, nella persona del Prof. Canuti.

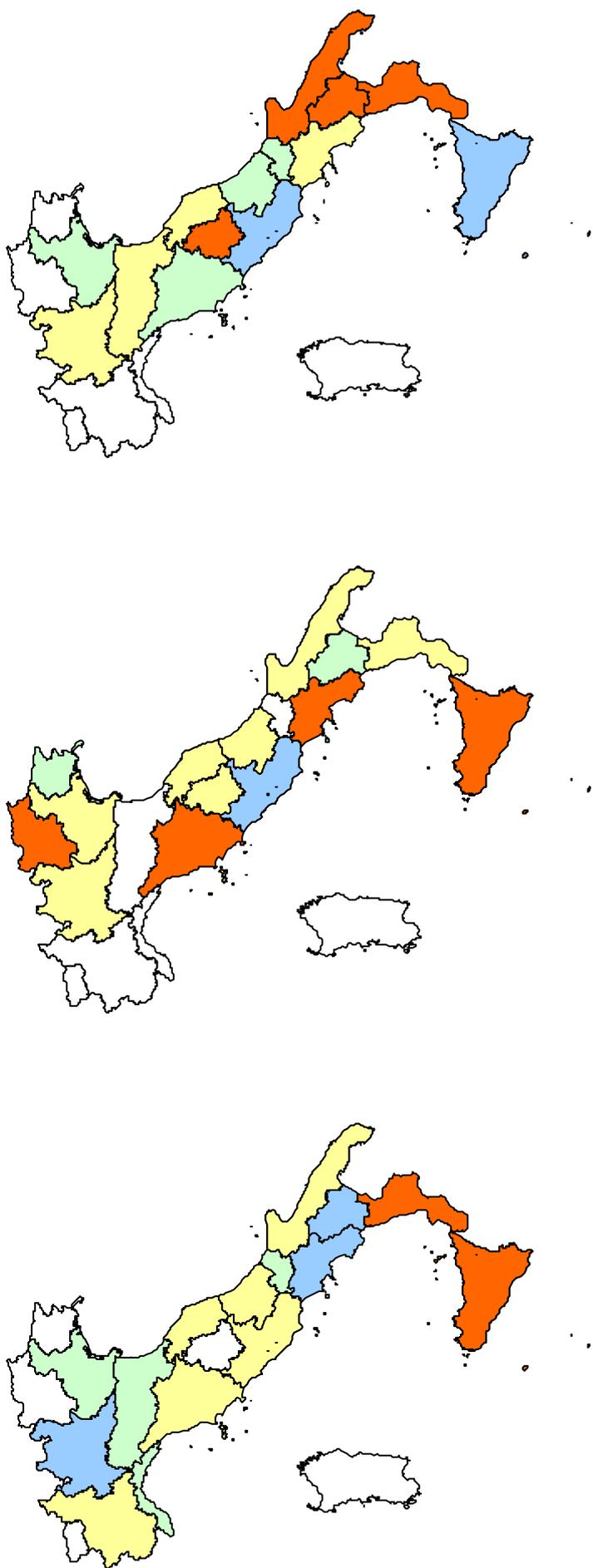


Fig. 5 Distribuzione dei sopralluoghi eseguiti per conto del Dipartimento di Protezione Civile nel 1996 (a sinistra), 1997 (al centro) e 1998 (a destra): in bianco, nessun sopralluogo; in verde, 1 sopralluogo; in giallo, da 2 a 3 sopralluoghi; in azzurro da 4 a 5 sopralluoghi; in rosso, oltre 5 sopralluoghi.

### 3. CONVEGNI E CONGRESSI

Nel corso del periodo si sono tenuti Convegni e Congressi di notevole interesse per l'attività della Linea, che è stata rappresentata ottimamente, sia da un punto di vista quantitativo che, soprattutto, qualitativo, dagli appartenenti alle varie UU.OO..

Gli incontri scientifici in questione sono stati:

- «V Seminario Gruppo Nazionale Deformazioni Gravitative Profonde» – Chieti (Italia), 2-4 maggio 1996
- «La Stabilità del Suolo in Italia: zonazione della Sismicità, Frane» Accademia Nazionale dei Lincei – Roma (Italia), 30-31 maggio 1996
- «7<sup>th</sup> International Symposium on Landslides» – Trondheim (Norvegia), 17-21 giugno 1996
- «V Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata» – Cagliari (Italia), 14-17 ottobre 1996
- «La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della ricerca Scientifica» – Alba (Italia), 5-7 novembre 1996
- International Symposium on the Engineering Geology and the Environment, IAEG. – Atene, Grecia, 23-27.6.1997
- European Geophysical Society General Assembly – Wien, Austria, 21-25.4.1997
- 4<sup>th</sup> International Conference on Geomorphology – Bologna, 28.8-3.9.1997
- I Forum Italiano di Scienze della Terra, Geotalia 1997 – Bellaria (RN), 5-9.10.1997
- XXIII General Assembly of the European Geophysical Society, Nizza, 20-24 aprile 1998

Oltre a questi, si sono svolti i seguenti Convegni e Congressi su argomenti inerenti i temi di studio della Linea, per i quali si è avuta la partecipazione, a vario titolo, di alcune UU.OO.:

- «Exemples Majeurs et Recents en Geotechnique de l'Environnement» – Parigi (Francia), 1-2 febbraio 1996
- «GIS '96» – Wiesbaden (Germania), 13-15 febbraio 1996
- «Thematic Conference on Geologic Remote Sensing» - Las Vegas (USA), 27-29 febbraio 1996
- «International Congress on Environment and Climate» – Roma (Italia), 4-8 marzo 1996
- «Conferenza Internazionale ed Esposizione sulla Riduzione dei Disastri Naturali» – Washington D.C. (USA), 5-8 marzo 1996
- «Applied Geoscience Conference» – Londra (UK), 15-18 marzo 1996
- «HydroGIS '96» – Vienna (Austria), 16-19 aprile 1996
- «NAT '96 - International Conference on Environmental Geology and Land Use Planing» – Granada (Spagna), 24-27 aprile 1996
- «Integrated Applications for Risk Assesment and Disaster Prevention for the Mediterranean» - La Valletta (Malta), 20-23 maggio 1996
- «International Geoscience and Remote Sensing Symposium» – Lincoln (USA), 23-27 maggio 1996
- «Environmental Geotechnology» - San Diego (USA), 10-12 giugno 1996
- «2<sup>nd</sup> International Remote Sensing Conference» - San Francisco (USA), 24-27 giugno 1996
- «Erosion and Sediment Yeld: Global and Regional Prospectives» – Exeter (UK), 15-19 luglio 1996
- «6<sup>th</sup> International Symposium on Natural and Man-Made Hazards» – Toronto (Canada), 21-26 luglio 1996
- «28<sup>th</sup> International Geographic Congress» - The Hague (Olanda), 4-10 agosto 1996
- «EUROCK '96» – Torino (Italia), 2-5 settembre 1996
- «25<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering» – Orlando (USA), 2-6 settembre 1996
- «Geology and Environment» – Istanbul (Turchia), 2-6 settembre 1996
- «IV Simposio Latino Americano: Sobre Riesgos Geológicos en Areas Urbanas» - San José (Costa Rica), 9-13 settembre 1996
- «LXXIX Riunione Estiva della Società Geologica Italiana» - S. Cassiano (Italia), 16-19 settembre 1996

- «8<sup>th</sup> International Conference and Field Workshop on Landslides» – Grenada (Spagna), 16-28 settembre 1996
- «Riduzione dei disastri naturali '96» – Brisbane (Australia), 29 settembre-2 ottobre 1996
- «ISSMF - Arrigo Croce Memorial Symposium» – Napoli (Italia), 3-4 ottobre 1996
- «XLIII Geomechanics Colloquy» – Salisburgo (Austria), 13-14 ottobre 1996
- «Journées d'Etude Internationales de l'AFTES» – Chambéry (Francia), 21-24 ottobre 1996
- Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea» - S. Luis Potosi (Messico), novembre 1996
- «International Symposium on Environmental Geotechnology» – Osaka (Giappone), 5-8 novembre 1996
- Drought, Groundwater Pollution and Management – Dindigul, India, gennaio 1997
- Tunnelling Asia '97 – New Delhi, India, 20-24.1.1997.
- Settimana Ambiente Italia 1997 - Giornate di Studio - C.N.R. – Milano, 21-28.2.1997
- IHP/OHP International Conference on Regionalization in Hydrology – Braunschweig, Germania, 10-14.3.1997
- 5<sup>th</sup> International Congress on Computer Plasticity (Complas V) – Barcellona, Spagna, 17-20.3.1997
- 1<sup>st</sup> Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering – Istanbul, Turchia, 25-29.3.1997
- World Tunnel Congress '97 – Vienna, Austria, 12-17.4.1997
- IAHS Scientific Assembly – Rabat, Marocco, 23.4-3.5.1997
- Symposium on the Geotechnical behaviour of soft clays – Yokohama, Giappone, maggio
- XIX Congress on Large Dams – Firenze, 26-30.5.1997
- IX ISRM International Congress – Parigi, Francia, 25-28.8.1997
- Workshop «La cartografia del rischio geologico» CIRITA-Politecnico di Milano – Milano, settembre.
- Geoscience and Environmental Protection – Ankara, Turchia, 2-6.9.1997
- XIV International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering – Amburgo, Germania, 6-12.9.1997
- Convegno ELICA '97 – Portoferraio (LI), 22-24.9.1997
- IV Convegno dei Ricercatori di Ingegneria Geotecnica – Perugia, 16-17.10.1997
- 2<sup>nd</sup> Panamerican Symposium on Landslides – Rio de Janeiro, Brasile, novembre 1997
- Giornata di Studio «Dalle aree inondate alle aree inondabili» - GNDCI – Roma, dicembre 1997
- II International Symposium on Hard Soils Soft Rocks, Napoli, marzo 1998
- XI Danube European Conference S.M.F.E., Porec (Rep. Ceca), aprile 1998
- International Workshop «Landslides and earthquakes», Bari, 24-25 aprile 1998
- III Rumenian-Italian Workshop on Geomorphology, Oradea (Romania), 3-5 giugno 1998
- I International Conference on «Environmental Energy and Renewable Energy», Ulan Bataar (Mongolia), giugno 1998
- XI European Conference on Earthquake Engineering, CNIT, Parigi, 6-11 giugno 1998

## 4. CONFRONTO DEI RISULTATI CONSEGUITI CON QUANTO PREVISTO DALL'ALLEGATO TECNICO TRIENNALE 1996-1998 E DAI PROGETTI ESECUTIVI ANNUALI

La sintesi fin qui effettuata sull'attività svolta viene di seguito confrontata, per ciascun tema di ricerca, con quanto preventivato nei documenti di programmazione (Allegato Tecnico Triennale 1996-98) e Progetti esecutivi annuali, per verificare l'effettivo conseguimento, e assai frequentemente il superamento, degli obiettivi prefissati.

Ciò costituisce la misura dell'efficienza del gruppo di ricercatori costituenti la Linea 2, considerato che una parte di essi è stata puntualmente coinvolta ogni anno in attività straordinarie, non preventivate, connesse al verificarsi di emergenze idrogeologiche (1996, alluvione in Versilia; 1997, sisma umbro-marchigiano; 1998, eventi nel territorio campano).

### 4.1 Studio Centri Abitati Instabili

Nei documenti di programmazione, era stato sinteticamente previsto il cosiddetto Programma Speciale SCAI n. 2, comprendente:

- a) la preparazione per la stampa di lavori completati per le Regioni Toscana e Marche;
- b) il preliminare svolgimento della ricerca in alcune delle Regioni non ancora prese in esame (Campania, Friuli Venezia Giulia, Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige, Sicilia, Molise, Abruzzo).

L'attività svolta ha pienamente centrato gli obiettivi, andando ben oltre quanto preventivato, con la pubblicazione di due Atlanti provinciali lombardi (Sondrio e Pavia), il completamento definitivo delle indagini nelle provincie di Lecco e Isernia e il notevole avanzamento degli studi in Liguria e Sardegna e, ad un livello minore, ma comunque superiore alle previsioni, in Calabria, Campania e Sicilia.

### 4.2 Programma speciale "Analisi, Controllo e Valutazione del Rischio di frana"

In questo tema si è concentrata l'attività di gran parte delle UU.OO. con risultati di notevole valore scientifico, grazie alla elevata qualità degli studi effettuati, nonché all'ampia tipologia di fenomeni indagati, legata ai numerosi esempi di fenomeni studiati, distribuiti su tutto il territorio nazionale.

Ciò costituiva pienamente quanto preventivato, sostenendo l'Allegato Tecnico triennale 1995-98 "...In questo ambito di ricerca che coinvolge numerose professionalità, la competenza complessivamente presente nella linea 2 "Fenomeni franosi a grande rischio" è designata a svolgere il ruolo informatore fondamentale."

### 4.3 Studio delle deformazioni gravitative profonde

"Saranno approfonditi ed ampliati i dati geologici, strutturali e geomorfologici riguardanti i fenomeni connessi con le Deformazioni Gravitative Profonde e verranno effettuate misurazioni di precisione dei movimenti tramite GPS; i dati ottenuti potranno essere utilizzati nella proposizione di modelli evolutivi dei fenomeni. Gli studi verranno effettuati in aree campione di particolare interesse per le implicazioni socio-economiche (sicurezza di centri abitati, funzionalità di importanti infrastrutture, ecc.) e storico-monumentali (stabilità di centri ed opere di importanza storica)."

Questi gli obiettivi prefissati all'inizio del triennio, coincidenti con quanto realizzato in numerose zone italiane; da notare, inoltre, come quanto realizzato in questo tema dalla Linea costituisca uno dei più importanti riferimenti sull'argomento in campo internazionale.

### 4.4 Rilevamento dei fenomeni franosi in aree vulcaniche

Come previsto dai documenti di programmazione, sono state prese in considerazione le condizioni

di equilibrio di alcuni tratti di falesie di isole vulcaniche, in particolare la condizione di un settore dell'isola di Ventotène, la mappatura dell'instabilità dell'isola di Stromboli ed è stata effettuata la redazione di carte della pericolosità da frane.

La ricerca ha conosciuto inoltre sviluppi ulteriori, grazie all'applicazione delle metodologie messe a punto in altre località delle isole Eolie e Pontine.

#### [4.5 Analisi dei movimenti rapidi di masse detritiche](#)

L'Allegato tecnico triennale 1995-1998 prevedeva che "...l'attività sarà finalizzata alla formulazione di un modello che descriva i rapporti tra i caratteri dei materiali e del mezzo interessati dal fenomeno (granulometria e tessitura dei sedimenti, volumi dei corpi sedimentari, capacità di trasporto), con i fattori innescanti ed al contorno (litologia, precipitazioni, ecc.)".

L'attività svolta concorre in modo significativo al raggiungimento di quanto previsto, grazie ai numerosi casi indagati e alla notevole esperienza ormai maturata nel settore dalle UU.OO. della Linea impegnate nel tema.

#### [4.6 Metodi e criteri di intervento su movimenti franosi tipologicamente rappresentativi](#)

È questo l'argomento di carattere più operativo fra quelli affrontati dalla Linea e l'efficienza di quest'ultima si può misurare considerando il numero di fenomeni indagati, essendo ciò direttamente proporzionale all'ampiezza delle tipologie indagate.

In questo senso i casi esaminati dalle UU.OO. della Linea, sia nello svolgimento di questo tema che in quello legato alla Valutazione e controllo del rischio di frana, rappresentano un campione di ampiezza notevolissima, grandemente arricchito nel corso del triennio.

#### [4.7 Frane lungo costa](#)

Il triennio ha visto i sostanziali progressi metodologici sul tema, grazie anche alla collaborazione instaurata col Servizio Geologico Nazionale, e l'arricchimento con numerosi casi di studio che hanno affiancato le aree campione del litorale e dell'arcipelago toscano.

Si tratta di un risultato molto interessante su un tema di nuova istituzione, per il quale l'individuazione di criteri di studio costituiva l'obiettivo primario.

#### [4.8 Frane in connessione ad eventi sismici](#)

Il programma di ricerca prevedeva, all'inizio del triennio, le nove fasi già richiamate precedentemente, delle quali le prime quattro potevano dirsi completate.

Al termine del periodo di attività considerato tutti i punti sono stati affrontati in modo definitivo e, inoltre, sono state esaminate alcune delle situazioni collegate all'evento sismico umbro-marchigiano del settembre 1997.

#### [4.9 Deformazioni del suolo e subsidenza](#)

In questo tema è proseguita l'attività dell'U.O. 2.8, in collaborazione con la Linea 4: oggi gli studi effettuati costituiscono un prezioso bagaglio di conoscenze sulle condizioni di instabilità della Laguna di Venezia e qualunque ipotesi di intervento di mitigazione del fenomeno non può prescindere dall'esame dei parametri individuati dall'attività della Linea in questo campo.

#### 4.10 Stabilità delle sponde fluviali, degli invasi artificiali e naturali

L'allegato tecnico triennale 1995-1998 prevede per questo tema:

- per quanto riguarda la stabilità delle sponde fluviali la raccolta di dati idrologici ed idraulici per la previsione delle altezze di piena mediante modelli di flusso e moto vario e la caratterizzazione geotecnica dei terreni in situ costituenti le sponde del corso d'acqua;
- per quanto riguarda le frane di sbarramento il censimento dei fenomeni avvenuti, sulla base di evidenze geomorfologiche e di notizie storiche.

L'attività svolta dalla Linea nel sito campione di Pontassieve costituisce non solo il pieno conseguimento del primo dei due obiettivi, ma un risultato scientifico originale d'assoluto valore internazionale.

Il secondo obiettivo è stato inoltre senz'altro raggiunto e superato grazie alla mole di dati raccolti inerenti l'intera regione Appenninica settentrionale.

#### 4.11 Attività di valutazione tecnico-scientifica per il Dipartimento della Protezione Civile

In questo tema la Linea si è da sempre posta a disposizione delle esigenze del Dipartimento: il crescente numero di sopralluoghi effettuati, oltre alla attività straordinaria richiesta in condizioni di emergenza (Versilia, Umbria-Marche, Sarno), costituisce l'indice dell'evidente soddisfazione di quest'ultimo del lavoro svolto dai componenti delle varie UU.OO.

**Parte II**

---

**RELAZIONI DELLE UNITÀ OPERATIVE**

## Unità Operativa 2.1

**SVILUPPO DI STRUMENTAZIONI INNOVATIVE E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI FENOMENI FRANOSI CON RILEVANTE IMPATTO SUL TERRITORIO**

Responsabile Dott. Giorgio Lollino  
CNR – IRPI Bacino Padano  
Strada delle Cacce, 73 – 10135 – TORINO  
Tel. 011-3977257 Fax 011-343574 E-mail: lollino@irpi.to.cnr.it

L'U.O. n.1 afferente alla Linea 2 del CNR-GNDCI, nel 1998 ha subito una sostanziale ristrutturazione, infatti con il responsabile della U.O. è cambiato anche il titolo del programma di ricerca che attualmente riguarda lo "Sviluppo di strumentazioni innovative e metodologie di indagini per lo studio di fenomeni franosi con rilevante impatto sul territorio". Di conseguenza sono state rinnovate pure le collaborazioni, arricchitesi con la partecipazione di Ricercatori con diversa provenienza sia regionale che professionale. E' prevista già per il 1999 la partecipazione di altre professionalità scientifiche che intendono sviluppare all'interno dell'U.O. n.2.1 "Studi sulle reti paramassi".

Nel 1998, è iniziata la sperimentazione di due Sistemi Inclinomatrici Automatizzati (SIA) su aree in frana in diversi ambienti geologici. Un primo SIA è stato installato su una frana a scivolamento planare nella zona delle Langhe Cuneesi (Serravalle Langhe) e fino ad oggi non ha rivelato movimenti. In occasione del corso di specializzazione internazionale post universitario organizzato dall'Università di Grenoble e dal Politecnico di Torino, il SIA è stato presentato ufficialmente ai partecipanti a tale corso cui è seguita una ampia discussione.

Il secondo SIA è stato installato da alcuni mesi su una grande frana complessa dell'Appennino Emiliano (Corniglio - PR). In questa frana le misure acquisite in automatico con controllo a distanza, risultano decisamente importanti per la taratura del sistema, nonostante le difficoltà logistiche abbiano determinato lo spostamento della strumentazione dalla postazione inclinometrica originaria (prof. - 150 m) in una seconda perforazione (prof. - 55 m). I primi dati ottenuti in automatico, relativi alla velocità ed alla profondità del movimento, risultano in perfetto accordo con le misure inclinometriche effettuate sugli altri tubi con metodi tradizionali manuali.

Poiché risulta importante determinare il livello della soglia di allarme da impostare sui sistemi di monitoraggio automatico, il gruppo di ricerca sta sperimentando l'opportunità di ricercare questa soglia attraverso la modellazione numerica.

A tal fine su una importante fenomeno di scivolamento planare delle Langhe, si è applicata una modellazione ad elementi distinti (Codice UDEC) i cui primi risultati sono molto soddisfacenti perché in perfetto accordo con quanto riscontrato da Govi e Sorzana (1982).

Stesso procedimento di modellazione numerica con identico fine, si intende applicare a due diverse tipologie di fenomeni di dissesto (fenomeni di caduta massi e di trasporto solido di massa) che interessano tratti della viabilità provinciale Torinese a rischio e sui quali sono in corso studi per la progettazione e realizzazione di sistemi di monitoraggio automatico per la messa in sicurezza della viabilità (Convenzione con il Servizio di Protezione Civile della Provincia di Torino). La stessa convenzione prevede una fase preliminare di ricerca nell'archivio storico dell'IRPI di Torino, per il censimento dei tratti di viabilità che in passato sono stati soggetti a fenomeni di dissesto idrogeologico e che attualmente presentano caratteristiche di rischio potenziale. Le informazioni reperite nell'archivio e da sopralluoghi, sono state riportate su apposite schede e successivamente elaborate graficamente con appositi programmi GIS (Arc View).

L'attività dell'U.O. estesa anche all'Appennino Emiliano ha riguardato:

- Sviluppo di una metodologia di indagine sul rischio di frana basata sull'analisi retrospettiva dei fenomeni. Acquisizione per il bacino del F. Reno di un data-base di oltre 2000 frane verificatesi negli ultimi 5 secoli.
  - Analisi dei caratteri fisici del paesaggio per l'individuazione in ambiente alpino degli elementi geomorfologici e idrogeologici di interesse per la redazione dei Piani di Protezione Civile.
  - Documentazione e analisi storica dei fenomeni franosi che hanno interessato la Provincia di Reggio Emilia finalizzate alla definizione della ricorrenza spaziale e temporale dei fenomeni e degli effetti sul territorio (Convenzione con il Servizio Cartografico e Geologico Regione Emilia-Romagna).
  - Studio dei rapporti tra cause predisponenti (assetto strutturale, circolazione idrogeologica) e innescanti (sollecitazioni sismiche, distribuzione delle precipitazioni) responsabili della riattivazione della grande frana di Corniglio. Impostazione di un modello interpretativo dell'evoluzione dei movimenti.
- Infine la presenza nell'U.O. di ricercatori provenienti da altre regioni Italiane (Università di Chieti) ha esteso lo studio dei fenomeni di dissesto di instabilità dei versanti ad altri ambienti geologici dell'Appennino Centrale con differenti cause destabilizzanti (vedi Pubblicazioni).

## Pubblicazioni

- ALLEGRA P., CARBONERIS M., GODONE F. & LOLLINO G. (1998) - Studio della metodologia per una banca dei dissesti relativi alla viabilità della Provincia di Torino. Atti del Convegno su "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel canavese", Ivrea, 8-9 maggio 1998.
- LOLLINO G., LOLLINO P. & BOTTINO G. (1998) – Analisi di stabilità e modellazione numerica di un fenomeno di scivolamento planare nelle Langhe. In: VI Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata, Chieti 22-24 ottobre 1998, Abstract, p. 63-64.
- BRUNAMONTE F. (1998) - L'analisi retrospettiva applicata alla valutazione del rischio di frana nel bacino del Fiume Reno. Atti del Convegno internazionale ALBA 96 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Alba (Cuneo), 5-7 novembre 1996. Vol. 1, 529-540. Pubbl. GNDCI n. 1600.
- SERVA L. & BRUNAMONTE F. (1998) - L'abbassamento del suolo nella Pianura Pontina: un caso eccezionale di interferenza tra evoluzione naturale ed effetti della bonifica idraulica. In: CNR-GNDCI - Riedizione della Prima Monografia del "Comitato Nazionale per la Difesa del Suolo".
- BRUNAMONTE F., SERANGELI S., & SERVA L. (1998) - Natural and Man Made Processes in the Subsidence History of the Pontina Plain (Italy). Proceedings 8th IAEG, Vancouver, Canada, 21-25 September 1998, 2173-2180.
- PASCULLI A., RAINONE M.L., SCIARRA N., SIGNANINI P. & STRONATI D. (1998) - First results about geological risk issues of Numana cliff (Monte Conero Park – Marche – Central Italy). Atti del Conv. "EL.I.C.A. '97", Portoferraio, Isola d'Elba, 22-24 settembre 1997 (in stampa su Quaderni di Geologia Applicata - Pitagora editrice - Bologna)
- BUCCOLINI M., PASCULLI A. & SCIARRA N. (1998) - Castelfrentano landslide (Abruzzo – Central Italy). Proceedings 8th IAEG, Vancouver, Canada, 21-25 September 1998, in stampa sul Volume Post-Congresso.
- FAVALI P., RAINONE M.L., SCIARRA N. & SIGNANINI P. (1998) - Examples of site soil response induced by the 1997 Umbria-Marche seismic sequence, Italy). Proceedings 8th IAEG, Vancouver, Canada, 21-25 September 1998, 715-719.
- SCIARRA N. & CALISTA M. (1998) - Modellazione del comportamento di formazioni rigide su di un substrato deformabile: il caso di Caramanico Terme. Atti VI Conv. Naz. Giov. Ric. Di Geol. Appl., 22-24 ottobre 1998 Chieti (previsto sul volume 54 delle Mem. Soc. Geol. It., Roma - bozza depositata ai sensi del D.Lgs. n. 660/1945)
- ARATTANO M., GRATTONI P. AND MARCHI L. (1998) - Measurement of debris flow surface velocity based on image processing techniques. "European Geophysical Society XXIII General Assembly", Nice, April 1998. Poster presentation.

ARATTANO M., MARCHI L. (1998) - Il monitoraggio delle colate detritiche nel Torrente Moscardo (Alpi Carniche): gli eventi dei mesi di giugno e luglio 1996. Atti del Convegno internazionale ALBA 96 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Alba (Cuneo), 5-7 novembre 1996. Vol. I, 175-185. Pubbl. GNDCI n. 1600.

## Unità Operativa 2.3

**CENTRI ABITATI INSTABILI DELL'APPENNINO PAVESE**

Responsabile Prof. Roberto Rossetti  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Pavia  
Via Abbiategrasso, 217 – 27100 – PAVIA  
Tel. 0382-505824 Fax 0382-505890 E-mail: rossetti@crystal.unipv.it

Parte degli sforzi compiuti nel triennio 1996-1998 è stata volta al completamento della preparazione per la stampa delle schede, con la relativa cartografia, dei centri abitati dichiarati instabili per legge o per decreto e, soprattutto, del testo del primo volume dell'Atlante dei Centri Abitati Instabili pubblicato in collaborazione con il Servizio Geologico della Regione Lombardia. Oltre a questo, il lavoro eseguito nell'ultimo biennio rappresenta un ulteriore sviluppo del progetto S.C.A.I ed estende verso meridione la revisione dei centri abitati potenzialmente instabili presenti a sud, fino alla Valle Staffora. Il settore tra il confine con la provincia di Piacenza e la valle del T. Scuropasso (zona di Stradella) era stato oggetto delle precedenti ricerche così come quello della prima fascia collinare a ovest di Stradella e fino allo sbocco in pianura della valle Staffora.

Il territorio comprende le valli dei torrenti Coppa, Ardivestra, Nizza, Staffora (sino al T. Aronchio, quasi coincidente con il parallelo di Varzi), Tidone (per la parte in provincia di Pavia) nelle quali sono presenti oltre un centinaio di Comuni con numerosi centri minori (frazioni e case sparse) per molti dei quali sono state riconosciute condizioni di instabilità potenziale a causa di frane attive o quiescenti presenti nell'immediato intorno del nucleo abitato e sono state redatta la relativa scheda e la carta in scala 1:10'000.

Tra tutti i centri abitati presi in esame, oltre a poche località, già inserite nel volume pubblicato nel 1998, sono state oggetto di provvedimenti amministrativi che hanno sancito la necessità di un intervento di consolidamento.

Anche gli altri ora esaminati richiederebbero però interventi per poter scongiurare la minaccia di nicchie in arretramento o di frane incombenti sull'abitato, come nell'eclatante caso del nucleo del paese di Poggio Ferrato al cui margine occidentale, nell'Indifferenziato, si sta ampliando una frana complessa.

Nella parte occidentale della zona presa in esame, dove, al margine con la pianura, sono impostate le prime colline, il carattere geologico è dato da una fascia di terreni neogenici, di età compresa tra il Miocene e il Pliocene, in parte di origine marina (Marne di S. Agata Fossili, Formazione gessoso solfifera, Argille di Lugagnano) in parte di origine continentale (Conglomerati di Cassano Spinola) coperti dai depositi del Fluviale antico, mentre nella parte orientale essi sono sovrascorsi dalla falda delle unità Liguri, qui rappresentata dalla Formazione della Val Luretta.

A sud e ad oriente di questa serie si riconosce una situazione strutturale più complessa, definita col nome «strutture deformate del margine».

La predominanza di terreni a componente argillosa, o con interstrati argillosi e di rocce di tipo marnoso, ha determinato una vasta diffusione di forme di degradazione di versante che sono risultate distribuite pressoché in tutta la zona rilevata.

In corrispondenza delle aree impostate sui terreni argillosi ad assetto caotico e su quelli di natura argilloso-siltosa il dilavamento superficiale e il successivo decorticamento hanno dato luogo ad aree denudate che si evolvono in spettacolari forme calanchive oppure, più frequentemente, può originare delle colate di fango o terra che si incanalano lungo le linee d'impluvio. In qualche caso il toponimo rende perfettamente le caratteristiche del paesaggio come, ad esempio, quello di «Costa Pelata».

Nelle aree collinari comprese nella zona esaminata la coltura predominante è rappresentata dalla vite che per il suo sviluppo richiede un terreno prevalentemente scoperto. In conseguenza di abbondanti piogge si può così verificare una abbondante erosione superficiale dei suoli che conduce inevitabilmente all'attivazione di fenomeni di soliflusso o all'insorgere di deformazioni

plastiche e che, nel caso di cattivo drenaggio del pendio o di cattiva manutenzione delle opere drenanti, può portare al verificarsi di frane anche importanti.

Lungo i fondovalle più interni e nei loro bassi versanti si ha lo sviluppo dei frutteti, sostituiti verso l'alto da boschi e, in molte zone da pascoli e/o prati da fienagione che, attualmente sono in parte abbandonati.

I movimenti franosi più diffusi sono risultati essere quelli di genesi complessa, ovvero quelli formati dalla combinazione di due o più movimenti semplici (rotazionale, traslazionale, crollo, colata). Frequentemente un dissesto franoso si imposta su litologie differenti variando il tipo di movimento in relazione alle caratteristiche tecniche offerte dai litotipi coinvolti.

Un altro tipo di movimento particolarmente diffuso è la colata di terra che, come accennato precedentemente, si sviluppa preferibilmente lungo le linee di impluvio, ma che spesso interessa la parte bassa dei versanti come evoluzione di fenomeni più complessi presenti nella zona a monte.

Rari sono invece stati i fenomeni franosi di tipo traslazionale che, impostandosi generalmente su strati a franapoggio in corrispondenza di orizzonti di scivolamento, non hanno trovato in questa zona le condizioni favorevoli per attivarsi.

Poco frequenti sono state anche le frane da crollo, sebbene nella zona meridionale dell'area studiata siano presenti pareti subverticali di arenaria compatta potenzialmente soggette a crolli di materiale.

Tra le cause intrinseche responsabili dei movimenti franosi vanno segnalate quelle di natura tettonica legate alla presenza di faglie o fratture, quelle stratigrafiche di variazione di facies o, ancora, quelle legate alla natura stessa dei materiali. La cattiva stabilità presente nelle zone in cui affiorano le Formazioni «Indifferenziato e Caotico» è da mettere in relazione con le caratteristiche intrinseche di questi terreni.

L'utilizzo del programma di archiviazione «S.C.A.I 95» (versione aggiornata del precedente «programma SCAI) fatto elaborare da questa Unità ha permesso di preparare delle tabelle analitiche in base alle quali è stato possibile fare dei riferimenti statistici riguardo i movimenti analizzati.

Dalla tabella riguardante i tipi di frana presenti nei centri abitati, è emerso che i fenomeni franosi più ricorrenti sono stati quelli complessi con una percentuale del 60%, mentre le colate di terra, che rappresentano il secondo fenomeno più diffuso riguardano solo il 30% dei dissesti.

I fenomeni di crollo e di scorrimento semplice (rotazionale, traslazionale) sono risultati meno frequenti e condividono il restante 10% dei movimenti. Solo in rari casi si è manifestato un fenomeno oramai inattivo che è stato interpretato come espansione laterale.

I movimenti complessi e le colate di terra hanno coinvolto una superficie di terreno pari a circa 2000 ha, tuttavia questo valore areale comprende esclusivamente quelle manifestazioni franose che si sono sviluppate nei centri abitati e nelle zone limitrofe ad essi, sono quindi esclusi tutti quei fenomeni che sono avvenuti lontani da aree antropizzate. Questo dato non consente perciò di fare una percentuale sulla totale estensione del territorio analizzato che indichi le aree coinvolte da frane.

Dalla stessa tabella emerge inoltre che le formazioni geologiche più coinvolte nelle frane sono state le «Marne di S. Agata Fossili» e le «Marne di Monte Lumello», che hanno un basso grado di cementazione e un'elevata alterazione, la «Formazione gessoso-solfifera», per l'elevata tettonizzazione dei suoi terreni e, in particolar modo, il «Complesso Caotico» e il «Complesso Indifferenziato» che sono stati sede, con la loro bassa coesione, di numerosi dissesti.

Nell'ambito di queste formazioni si è visto poi che i fenomeni franosi più estesi hanno avuto luogo sulle «Marne S. Agata Fossili» e va inoltre messo in evidenza che sulla «Formazione della Val Luretta», la quale non ha una vasta superficie di affioramento nell'area analizzata, ma si è dimostrata una formazione particolarmente soggetta a frane, si hanno avuti due grossi eventi in località Montalto per un totale di 30 ha.

Per conoscere il numero degli abitanti che hanno risentito dei vari danni si è fatto uso, quando non è stato possibile conoscere direttamente i dati, di una stima basata sul rapporto tra il numero dei residenti nel centro abitato e il numero delle abitazioni presenti.

Indicativamente, è emerso che solo una piccola percentuale di persone è stata coinvolta, anche perché nelle aree esaminate esiste spesso una sensibile discrepanza tra la popolazione nominale e quella effettivamente residente. I casi in cui si sono dovuti abbandonare degli edifici sono stati in numero ridotto anche se i danni alle abitazioni sono risultati frequenti, ma raramente hanno intaccato le strutture portanti arrecando gravi scompensi alle costruzioni.

L'infrastruttura sicuramente più colpita dai movimenti di terreno è risultata la rete viaria comunale e provinciale che è apparsa profondamente danneggiata in parecchi tratti e che ha richiesto il rifacimento e/o l'installazione di opere di sostegno per ridurre gli effetti più vistosi dei movimenti del terreno anche se alcune delle gabbionate installate presenta evidenti deformazioni dovute al persistere del movimento franoso. Del pari fortemente interessato, con analoghe conseguenze, è risultato l'insieme delle strade secondarie e agresti.

Concludendo, l'area analizzata, come del resto tutto l'Appennino pavese, si è confermata una zona particolarmente soggetta a episodi di tipo franoso che pertanto vanno considerati come una componente inevitabile dell'evoluzione del paesaggio dato anche l'elevato numero di «Paleofrane» ancora ben riconoscibili, alcune delle quali risalenti almeno al primo Neozoico.

In questo senso, viste le caratteristiche prevalenti dei terreni e le cause che maggiormente influiscono sui dissesti, gli interventi maggiormente indicati in queste zone sono le opere di drenaggio che, se ben curate, riescono ad ridurre notevolmente la possibilità che si formi e/o si sviluppi un movimento di massa.

## **Pubblicazioni**

BRAGHIERI R., MAGGI D., PICCIO A. (1997) I movimenti franosi nel territorio di Santa Giulietta Atti Ticinensi di Scienze della Terra, Volume XXXIX. Pubblicazione GNDCI n. 1646.

ROSSETTI R. (1997) Centri abitati instabili della Provincia di Pavia - Volume I. CNR GNDCI, Pubblicazione n. 1780.

## Unità Operativa 2.4

**PERICOLOSITÀ DA FRANA E MAPPATURA DEL RISCHIO IN  
LOMBARDIA  
MOVIMENTI DI MASSA RELATIVI A CENTRI ABITATI IN  
LOMBARDIA**

Responsabile Prof. Paolo Massiotta  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Milano  
Via Mangiagalli, 34 – 20133 – MILANO  
Tel. 02-23698251 Fax 02-70638261 E-mail: giuseppe@gp.terra.unimi.it

L'attività di ricerca nel triennio 1996-1998 si è esplicata esclusivamente nell'ambito della Linea di ricerca Previsione e prevenzione eventi franosi a grande rischio, in particolare ci si è riferiti ai due programmi:

- 1) Progetto S.C.A.I.: Titolo della ricerca, Movimenti di massa relativi a Centri abitati instabili in Lombardia.
- 2) Valutazione del rischio di frana: Titolo della ricerca, Pericolosità da frane e mappatura del rischio in Lombardia.

In particolare l'attività di ricerca è stata suddivisa in due temi principali di cui il primo presenta una finalità strettamente territoriale (territorio regionale lombardo), mentre il secondo risulta più incentrato sulla messa a punto di metodologie di studio, sia d'indagine che di modellazione, e pertanto include anche aree particolarmente significative di altre regioni ove è possibile osservare fenomeni adatti.

Nel primo caso si intendeva completare lo stato delle conoscenze sulla pericolosità da rischio di frana, definendo correttamente le aree a rischio del territorio lombardo, fatta salva la Provincia di Pavia di competenza di altra Unità Operativa. Questa parte della ricerca si è svolta in stretta collaborazione con il servizio Geologico della Regione Lombardia.

I prodotti fino ad ora realizzati sono costituiti:

- a) Atlante dei Centri Abitati Instabili della Provincia di Sondrio, comprendente 86 stralci cartografici relativi ad aree ad alto rischio sia per processi di versante che per processi lungo i corsi d'acqua; complessivamente i Centri Abitati vulnerati o vulnerabili individuati sono 152. L'Atlante è stato presentato e distribuito a Sondrio, nella sede della Provincia, agli Amministratori locali ed alla stampa durante un incontro organizzato dal Centro per lo Studio della Geodinamica Alpina e Quaternaria (C.N.R. – Milano).
- b) 5 Carte del Censimento dei dissesti (Scala 1:25.000) dell'Alta Val Camonica (provincia di Brescia), realizzate sulla base cartografica 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale della Lombardia. Allo scopo di sperimentare un prodotto con facile chiave di lettura che consentisse a tecnici e amministratori di verificare lo stato del dissesto diffuso sul territorio di loro competenza.
- c) Predisposizione per la stampa delle Carte dei dissesti della Provincia di Lecco (Scala 1:10.000). Tali carte adottano la medesima metodologia dell'Atlante della Provincia di Sondrio, ma senza limitarsi alla minaccia, diretta o indiretta, sui Centri Abitati. E' stata interessata prevalentemente l'area montana e collinare della Provincia di Lecco, per un areale di circa 726 km<sup>2</sup>, dove la superficie totale della provincia assomma a 816,17 km<sup>2</sup>. Complessivamente sono stati cartografati 2,964 dissesti.
- d) Presso il Servizio Geologico della Regione Lombardia è stato allestito un sistema di Banca Dati territoriali, basato su ARC-Info ed ORACLE, che dovrebbe essere reso accessibile anche a livello dei singoli Comuni. In prospettiva si aprono pertanto notevoli possibilità di interfacciamento capillare tra gli Enti Locali, la Regione e l'Università, con maggiori possibilità di affinamento e

aggiornamento dei dati oltre che poter verificare in modo diretto la ricaduta dei prodotti della ricerca in atto.

Nel secondo caso, allo scopo di acquisire esperienze su aree campione (esperienze da riversare nello studio della Lombardia), sono state attuate delle collaborazioni con l'I.R.P.I. di Perugia relativamente alla messa a punto di metodologie di prima valutazione della suscettività di frana di un territorio, utilizzando sia sistemi informativi territoriali che metodologie geomeccaniche.

Per raggiungere tali obiettivi si sono trattati i molteplici dati (geologici, geomorfologici, geomeccanici, climatologici, vegetazionali) raccolti a partire dalla fine degli Anni '70 in Oltrepo pavese, in particolare nelle Valli Versa e Staffora, con il concreto vantaggio di poter verificare le variazioni in una quindicina di anni dello stato del dissesto.

Un primo prodotto di questo approccio della ricerca è stato la presentazione di una nota sulla dissestabilità del Bacino del T. Versa presentata nel Convegno tenutosi ad Alba (CN) nel mese di Novembre 1996.

Sono stati altresì condotti studi circoscritti a processi caratteristici (grandi frane) in aree ove risultassero ben rappresentati, quali la Valtellina (SO), Valli Imagna – Taleggio – Seriana (BG). In particolare si aveva come obiettivo di poter prevedere il tragitto, la distanza, gli spessori e la velocità di movimento degli accumuli, in processi di flusso e colamento generalizzati (colate detritiche, valanghe di roccia, ecc.). Il risultato raggiunto è stata l'elaborazione di un modello numerico, utilizzando codici di calcolo automatico (FLAC, UDEC, 3DEC), che è stato ripetutamente sottoposto a verifiche in situazioni note ed è tuttora in fase di implementazione.

## **Pubblicazioni**

SFONDRINI G. (1996) - Fattori geologici d'instabilità dei versanti del bacino del T. Bitto, ramo di Gerola (Prov. di Sondrio). Mem. Soc. Geol. It., 51, 959-973, 1 t.

AGOSTONI S., LAFFI R., SCESA E., MASSIOTTA P. & SFONDRINI G. (1997) - Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio. Pubbl. CNR - GNDCI n. 1580, 392 pp.

MANCUSO M., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. & STERLACCHINI S. (1997) - La franosità nel bacino del T. Versa (PV). Evoluzione nel tempo e nello spazio. Atti del Convegno Internazionale ALBA96: "La previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Vol. I, pp. 431-442, Pubbl. CNR - GNDCI n. 1817.

AGOSTONI S., CERIANI M., LAFFI R., MASSIOTTA P., SCESA E. & SFONDRINI G. (1997) - I centri abitati instabili della Provincia di Sondrio. Atti del Convegno Internazionale ALBA96: "La previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Vol. I, pp. 269-283, Pubbl. CNR - GNDCI n. 1816.

## Unità Operativa 2.7

**FENOMENI FRANOSI A GRANDE RISCHIO NELLE ALPI NORD-ORIENTALI**

Responsabile Dott. Alessandro Pasuto  
CNR – Istituto Geologia Applicata alla Pianificazione Viaria  
Corso Stati Uniti, 4 – 35020 – PADOVA  
Tel. 049-8295803 Fax 049-8295827 E-mail: alessandro.pasuto@irpi.pd.cnr.it

L'obiettivo della ricerca era l'approfondimento delle conoscenze sulle modalità evolutive di versanti soggetti a movimenti di massa che comportavano elevato rischio per centri abitati e strutture antropiche. Le ricerche sono state svolte principalmente su due aree di studio nelle Dolomiti: la zona di Cortina d'Ampezzo e quella di Corvara in Badia. Nella prima area erano già in corso indagini specifiche che, nel corso del triennio, hanno consentito di individuare, grazie a numerose datazioni radiometriche, degli intervalli temporali in cui sembra essersi concentrata l'attività franosa nel corso dell'Olocene. La fase critica più antica risale al passaggio Pleistocene-Olocene in cui, a seguito della deglaciazione subita dalla valle (12.000-10.000 yr B.P.), si attivarono imponenti fenomeni di crollo e scivolamento; la seconda fase sembra essere connessa allo scioglimento del permafrost e al passaggio da condizioni climatiche di tipo periglaciale a temperato (9.000-7.000 yr B.P.), mentre l'ultima fase parossistica è risultata coincidente con la fine dell'optimum climatico dell'Atlantico Superiore (5.000-4.000 yr B.P.). Questi risultati sono stati ampiamente discussi e apprezzati in numerosi convegni nazionali ed internazionali e pubblicati su riviste internazionali [1; 2]. Questa attività si è conclusa con la pubblicazione di un lavoro di sintesi e di una carta per la quale si è messa a punto e applicata una metodologia di rilevamento e rappresentazione innovativa [3; 4]. Questi studi di carattere areale sono stati affiancati da ricerche di carattere più applicativo su un singolo fenomeno franoso, ubicato sempre nella stessa area, atte a definire i meccanismi cinematici e i loro rapporti col clima, per un fenomeno di mudslide. Questo fenomeno è stato studiato approfonditamente anche con l'ausilio di un sistema avanzato di monitoraggio che ha permesso di ottenere una serie continua di dati idrologici, cinematici e meteorologici, difficilmente riscontrabile in altri siti in Europa. Lo studio si è concretizzato con la formulazione di un modello cinematico [5] per la previsione dei movimenti e di un modello accoppiato che consente di prevedere gli spostamenti partendo dai dati di piovosità [6].

Per comparare i risultati ottenuti nella conca di Cortina d'Ampezzo, si è scelta una nuova area che presentasse analoghe condizioni geologiche e morfologiche e che fosse, come la precedente, caratterizzata da un elevato rischio da frana. Nella zona di Corvara in Badia si è quindi iniziato un accurato rilevamento geologico e geomorfologico, con particolare riguardo ai fenomeni franosi che determinavano particolari condizioni di rischio per i centri abitati. In particolare si è concentrata l'attenzione sulla frana di Corvara, un esteso colamento il cui piede lambisce il centro abitato. Sono stati eseguiti sondaggi equipaggiati poi con tubi inclinometrici, piezometri ed estensimetri ed è stata poi ricostruita l'evoluzione del movimento sia attraverso l'analisi di fotografie aeree multitemporali, sia con l'ausilio di numerose datazioni radiometriche.

I risultati ottenuti hanno confermato il trend già evidenziato nella zona di Cortina, infatti i fenomeni più antichi che interessarono la zona a partire da 9000 anni fa furono conseguenza del completo scioglimento del permafrost e dei concomitanti fenomeni di infiltrazione profonda che furono favoriti dalle fratture createsi grazie ai rilasci di tensione che interessarono il versante dopo la definitiva e completa scomparsa della calotta pleniglaciale. La fase di attività successiva (5~2 ka B.P.) sarebbe invece da mettersi in relazione, probabilmente, con l'incremento delle precipitazioni che si ebbe in Europa successivamente al cosiddetto "optimum climatico" del periodo Atlantico. I risultati preliminari ottenuti da questa ricerca sono stati presentati in convegni nazionali [7] e internazionali [8] e forniti all'amministrazione locale e alla Provincia Autonoma di Bolzano, i quali si

sono dimostrati interessati ad un approfondimento delle tematiche riguardanti il rischio connesso ai fenomeni di instabilità, per un trasferimento delle conoscenze in sede di pianificazione territoriale.

Dal 1997 fa parte dell'U.O. 2.7 anche personale dell'IROE-CNR di Firenze. L'attività svolta da questo settore è consistita nel rilevamento e cartografia delle frane che interessano il territorio della Provincia di Rieti (centri abitati e viabilità). Questa ricerca ha portato alla realizzazione della Carta delle frane interessanti i centri abitati e la

viabilità principale della Provincia di Rieti. Oltre a ciò si è lavorato per la realizzazione e sperimentazione di un sistema a microonde per il controllo di movimenti franosi e delle deformazioni di manufatti. Si è sviluppato il software di gestione dell'apparato e di elaborazione dati in ambiente LabView. Si è inoltre realizzato un sistema di antenne ad elica operanti a 1.2 Ghz, per l'ottimizzazione delle capacità operative dell'apparato. Personale dell'IROE ha inoltre partecipato alla ricerca bibliografico-documentale, in collaborazione con l'IRPI-CNR di Torino, per la realizzazione della bibliografia sui dissesti ambientali dell'Italia settentrionale.

Durante il triennio 1996-98 l'U.O. è stata inoltre coinvolta nella gestione di alcune situazioni di dissesto verificatisi in Veneto e in Friuli-Venezia Giulia. La prima riguarda un fenomeno di debris flow che si riattiva frequentemente a monte dell'abitato di Cancia nel comune di Borca di Cadore. In questo caso è stato svolto un lavoro di ricerca anche in collaborazione con il Genio Civile di Belluno e alcuni dipartimenti della Regione del Veneto, che ha portato alla realizzazione di un sistema di monitoraggio per la protezione della circolazione in corrispondenza della S.S. 51 di Alemagna. Anche in questo caso i risultati ottenuti sono stati presentati ad un convegno nazionale [9]. Personale dell'U.O. fa parte inoltre di una commissione di studio per la sistemazione del versante instabile. Il secondo caso si riferisce ad una caso di frana innescatosi a seguito dell'alluvione del giugno 1996 in Friuli. La frana interessa la S.P. del Passo Pramollo che rappresenta un'importante via di comunicazione tra Italia e Austria. Lo studio della frana, svolto in collaborazione con la Direzione Regionale per la Protezione Civile, si è concretizzato in sistema di sorveglianza per il quale è stata utilizzata della strumentazione tecnologicamente avanzata.

Nel triennio 1996-98 l'U.O. 2.7 ha inoltre proseguito il suo impegno, che continua ormai del 1992, sulla frana del Tessina in Comune di Chies d'Alpago (BL), per la gestione e manutenzione del sistema di monitoraggio ed allarme, ed ha fornito supporto tecnico-scientifico al Dip. Protezione Civile di Roma in occasione di calamità naturali.

## Referenze

- [1] Panizza M., Pasuto A., Silvano S., Soldati M. 1996: Time occurrence and activity of landslides in the area of Cortina d'Ampezzo (Dolomites, Italy). In: M. Soldati (Editor), Landslides in the European Union. *Geomorphology*, 15, 311-326.
- [2] Panizza M., Pasuto A., Silvano S., Soldati M. 1997: Landsliding during the Holocene in the Cortina d'Ampezzo Region, Italian Dolomites. In: Matthews, J.A., Brunnsden, D., Frenzel, B., Gläser, B. & Weiß, M.M. (eds): Rapid mass movement as a source of climatic evidence for the Holocene. *Paläoklimaforschung, Palaeoclimate Research*, 19,17-31.
- [3] Pasuto A., Siorpaes C., Soldati M., 1997. I fenomeni franosi nel quadro geologico e geomorfologico della conca di Cortina d'Ampezzo (Dolomiti, Italia). *Il Quaternario*, 10(1): 75-92.
- [4] Pasuto, A. and Soldati, M. (1999). The use of landslide units in geomorphological mapping: an example in the Italian Dolomites. In: Pasuto A. and Schrott L. (Editors), Recent development of landslide research in Europe. *Geomorphology*, (in stampa).
- [5] Angeli M.-G., Gasparetto P., Menotti R.M., Pasuto A., Silvano S., 1996. A visco-plastic model for slope analysis applied to a mudslide in Cortina d'Ampezzo, Italy. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 29, 233-240.
- [6] Angeli M.-G., Buma J., Gasparetto P., Pasuto A., 1998. A combined hillslope hydrology/stability model for low-gradient clay slope in the Italian Dolomites. *Eng. Geol.*, 49: 1-13.
- [7] Corsini, A., Panizza, M., Pasuto, A., Silvano, S., Siorpaes, C., Soldati, M., 1988. Indagini preliminari per la definizione della pericolosità da frana nella conca di Corvara in Badia (Dolomiti). *Mem. Soc. Geol. It.*, 53: 207-224.

- [8] Corsini, A., Pasuto, A., Soldati, M., 1999. Geomorphological Investigation and Management of the Corvara Landslide (Dolomites, Italy). *Transactions of Japanese Geomorphological Union*, 20(3): 333-350.
- [9] Panizza, M., Piacente, S., Silvano, S., Siorpaes, C., Toffoletto, F., Bozzo, G.P., 1988. La frana di Borca di Cadore (Belluno) del 7 agosto 1996. *Mem. Soc. Geol. It.*, 53: 465-478.

## Unità Operativa 2.8

**CONTROLLO DELLE CAUSE DI SUBSIDENZA LUNGO I LITORALI  
VENETI (LAGUNA DI VENEZIA)**

Responsabile Dott. Gino Gatto  
CNR – Istituto per lo Studio delle Dinamiche delle Grandi Masse  
Cà Papadopoli, S. Polo, 1364 – 30125 – VENEZIA  
Tel. 041-5216827 Fax 041-2602340 E-mail: geologi@flux.isdgm.ve.cnr.it

**1. Premessa**

Gli sconosciuti abusi perpetrati nello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee del distretto veneziano, protrattisi ininterrottamente per circa cinquant'anni e lievitati a dismisura nel periodo postbellico con la ripresa intensiva dell'attività industriale di Marghera, hanno provocato sensibili scompensi nell'equilibrio idrogeologico della regione, che si sono manifestati con incrementi preoccupanti della subsidenza. La città lagunare e le isole del suo comprensorio hanno registrato infatti un anomalo sprofondamento dei terreni dovuto ad una accelerazione del processo naturale di compattazione dei sedimenti sciolti del sottosuolo.

**2. Obiettivi**

Il limitato franco altimetrico che penalizza Venezia e le isole del suo circondario costituisce una minaccia continua per il delicatissimo equilibrio idrologico raggiunto in seguito alla chiusura, negli anni settanta, della maggior parte dei pozzi artesiani del comprensorio lagunare. La necessità quindi di un controllo continuo dei livelli di falda e delle pressioni di strato degli acquiferi un tempo maggiormente sfruttati è un impegno imprescindibile ed assoluto. L'U.O. 2.8 ha il compito di tenere sotto controllo continuo il sistema idrico veneziano e di segnalare tempestivamente, quando è necessario, eventuali episodi di scompenso dovuto a sfruttamento anomalo delle falde in pressione.

L'Interlinea 2.8-4.6 ha inoltre il compito di controllare la situazione altimetrica del suolo veneziano mediante la istituzione di una rete fissa di livellazione circumlagunare, idonea anche all'impiego di sistemi satellitari, per costituire lo zero di base per il controllo di eventuali collassi altimetrici.

**3. Risultati conseguiti****A - Controlli idrogeologici del comprensorio veneziano**

La misura sistematica dei livelli di falda è stata effettuata con cadenza annuale sempre nei mesi estivi (agosto-primi di settembre) per consentire un criterio omogeneo di confronto dei dati.

Per rendere possibili tali rilevazioni è necessario effettuare nel periodo primaverile una accurata manutenzione dell'intera rete di monitoraggio, costituita da 117 pozzi; indispensabile risulta in particolar modo la verifica della funzionalità e la perfetta efficienza delle 12 stazioni idrometrografiche a registrazione in continuo, molto sensibili all'altissimo tasso di umidità dell'area veneziana.

La campagna di misura del 1997 ha confermato, ciò che già in precedenza si era notato, per l'area del litorale del Cavallino-Jesolo un notevole abbassamento dei livelli della falda sfruttata stagionalmente (cosa peraltro regolarmente autorizzata dalle Autorità locali) per scopi irrigui e turistici. Tale fenomeno peraltro, tempestivamente segnalato alle competenti Autorità dal C.N.R., non desta per ora eccessiva preoccupazione, visto il ripristino autunnale dei primitivi livelli di equilibrio statico. Il fenomeno comunque andava senz'altro seguito e tenuto sotto controllo; a tale

scopo, la stazione idrometrografica già funzionante in loco è stata affiancata da un secondo punto di controllo con registrazione in continuo. Per questo problema l'Unità Operativa Interlinea è stata incaricata dalle Autorità, come viene detto più oltre, di eseguire dei rilievi altimetrici della zona interessata.

### B - Controlli altimetrici per verificare movimenti tettonici in atto e per quantificare la

subsidenza in aree di pianura

1 - Nel 1996, in vista dell'annunciato sfruttamento, per ora soltanto rimandato, dei 15 giacimenti gassosi ubicati a breve distanza dalle coste veneziane e del Delta Padano è stata realizzata una rete di livellazione lungo i litorali veneti, allo scopo di definire lo zero di riferimento per i futuri controlli altimetrici. E' stata inoltre allestita anche una seconda rete geodetica di appoggio per le misurazioni altimetriche mediante il sistema GPS.

2 - Nel 1997, con il supporto dell'Università di Udine, si sono rinnovati i controlli altimetrici a Caneva (PN), che si susseguono con ritmo biennale fin dal 1986, per il controllo sistematico della struttura sismotettonica di Aviano, linea di importanza regionale che interessa direttamente l'alta pianura veneto-friulana. Le misure eseguite hanno dimostrato la sostanziale stabilità dei caposaldi situati a nord della linea di Aviano ancorati in roccia, mentre hanno denunciato una certa instabilità quelli posti a meridione della struttura. Si è inoltre controllata altimetricamente la zona di Aquileia-Grado, per verificare l'esistenza della subsidenza in atto nel distretto lagunare di Grado. Il confronto dei dati rilevati con quelli del 1979 ha confermato una certa differenza negativa (7 cm) sui 25 Km di livellazione effettuati. Questi risultati sono comunque da considerare con una certa cautela, visti i diversi criteri adottati nelle livellazioni confrontate; la zona va comunque tenuta senz'altro sotto controllo mediante livellazioni sistematiche omogenee.

3 - Nel 1998 l'Unità Operativa Interlinea, in collaborazione con la Regione del Veneto e con l'AGIP S.p.a., ha svolto una campagna di livellazione di alta precisione nel litorale del Cavallino, per controllarne la situazione altimetrica e contemporaneamente una campagna di misura dei livelli degli acquiferi in pressione maggiormente sfruttati della zona. Nel territorio del Cavallino infatti, come già detto sopra, sottoposto durante la stagione estiva a intenso sfruttamento delle acque sotterranee per scopi turistici ed irrigui, da anni si registrano cali sensibili della pressione di strato, peraltro limitati ai periodi di sfruttamento, che potrebbero innescare, se intensificati e protratti nel tempo, casi di subsidenza locale. I dati raccolti nelle due campagne son in fase di elaborazione e i risultati saranno resi noti nel 1999.

### C - Interventi per situazioni di dissesto idrogeologico

L'U.O. Interlinea ha effettuato nel corso del 1996, su richiesta delle Autorità Locali, alcuni interventi in occasione di situazioni di dissesto idrogeologico:

1 - su richiesta del Sindaco di Bassano del Grappa (VI) sono stati effettuati sopralluoghi per definire le condizioni di stabilità delle antiche mura del Castello degli Ezzelini di Bassano, interessate da moto franoso che minacciava alcuni edifici situati a valle;

2 - su richiesta del Prefetto di Vicenza si sono eseguiti sopralluoghi e verifiche sul moto franoso in località Vallison di Valrovina (Vicenza), che ha determinato l'isolamento di una contrada montana;

3 - richiesta del Dipartimento per la Protezione Civile di Roma (Ufficio Previsione e Prevenzione - Servizio Rischio Idrogeologico), di esaminare un progetto di sistemazione idrogeologica del Torrente Fiorentina, in Val Fiorentina (Belluno);

4 - il Sindaco di Pianezze (Vicenza) ha invitato i responsabili dell'U.O. Interlinea a partecipare a incontri di lavoro per definire l'assetto idrogeologico comunale in vista di una sistemazione ambientale.

Nel 1997 l'U.O. Interlinea, su richiesta delle Autorità locali, ha nuovamente controllato la stabilità delle mura del Castello degli Ezzelini di Bassano (VI), coinvolto da un movimento franoso riattivato dalle abbondanti piogge primaverili.

Il dottor Mozzi, corresponsabile dell'U.O. Interlinea, ha fatto parte della Commissione di Esperti istituita dal Comune di Venezia, con il compito di formulare una valutazione sull'incidenza che la programmata estrazione di gas da 15 giacimenti di idrocarburi situati in Adriatico, nelle vicinanze della Laguna di Venezia, può avere sulle coste venete.

In seguito alle conclusioni della Commissione, l'inizio della coltivazione degli idrocarburi è stata bloccata e ogni decisione ulteriore rimandata tra un anno.

#### 4. Bibliografia

BEINAT A., DAZZI R., GATTO G., MARCHESINI C., MOZZI G., ZAMBON G. (1996) – Definizione della quota della stazione GPS permanente istituita presso la sede del CNR di Venezia - ISDGM, TN 167, Venezia

BALESTRI L., GATTO G., MAGNONI G., MOZZI G., SANTANGELO R., ZAMBON G. (1996)- Altimetria del territorio veneziano nell'ultimo secolo da livellazioni di precisione . Progetto Sistema Lagunare Veneziano-Linea di Ricerca 2.8 - Istit. Veneto Sc., Lett. ed Arti, Venezia

DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G. (1996 ) - Variazioni altimetriche misurate in corrispondenza del giacimento di idrocarburi denominato "Collalto" - Periodo 1985-1995. ISDGM, TN 173, Venezia

DAZZI R., GATTO G., GUARAGLIA D., MATTICCHIO B., MAZZOLDI A., MOZZI G., ZAMBON G. (1996) - Dinamica de las aguas subterranas en terrenos sueltos: principales metodologias de medicion y su comparacion. Mem. III Congreso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea - nov. 1996- S. Luis Potosi (Messico)

DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G. (1996) - Venezia, una città fragile.

DAZZI R., GATTO G., MAZZOLDI A., MOZZI G., ZAMBON G. , FUMAGALLI F. (1998) - Prevencion de la contaminacion del sistema hidrico subterraneo en el Veneto (NE de Italia) IV Congreso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea - Pubbl. GNDCI n. 1851, Montevideo (Uruguay), 16-20 de noviembre de 1998

GNDCI - CNR - REGIONE DEL VENETO - PROVINCIA DI VICENZA (1997) - Difesa degli acquiferi dell'Alta Pianura Veneta: Bassa Valle dei fiumi Agno-Guà e Chiampo e relative pianure - Reti di controllo dei parametri idrogeologici e chimici e informazioni litostratigrafiche . Amministrazione Provinciale di Vicenza, 2 Vol.

GUARAGLIA D., DAZZI R., GATTO G., MAZZOLDI A., MOZZI G., ZAMBON G. , MINGILLO R. (1996) - Medicion de la velocidad local del agua subterranea: algunos resultados experimentales de laboratorio. III Congreso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea - nov. 1996- S. Luis Potosi (Messico)

## Unità Operativa 2.10

**STUDIO DI ZONE FRANOSE NELLE TRE VENEZIE E DEI POSSIBILI RIMEDI**

Responsabile Prof. Edoardo Semenza  
Istituto di Geologia – Università di Ferrara  
Via Ercole d'Este, 32 – 44100 – FERRARA  
Tel. 0532-210341 Fax 0532-206468 E-mail: trm@dns.unife.it

Per tutto il periodo considerato sono continuati gli studi programmati su fenomeni franosi delle Tre Venezie.

In particolare l'Unità Operativa da me coordinata si è occupata della frana del T. Tèssina (Bacino dell'Alpago, BI), della frana del T. Áldega (Sospirolo, BI), dell'area franosa presente alle testate dei bacini dei torrenti Missiaga e Bordina (Agordo, BI), della frana del Vaiont, della colata di detrito di San Vigilio d Marebbe (Bz) e dello studio della stabilità di fronti di cava in diverse località venete e friulane.

**Frana del T. Tèssina**

Sono continuate per tutto il periodo le misure di portata della sorgente Pelegona e delle altre sorgenti minori, al fine di valutare l'incidenza della costruzione della galleria drenante all'interno del monte Teverone. Contemporaneamente sono continuati gli studi geologico – geomorfologici con lo scopo di studiare i rimedi più adatti per far cessare i movimenti che ancora interessano il versante. Attualmente, con una tesi di dottorato in Geologia Applicata, si stanno studiando in laboratorio alcuni campioni indisturbati delle argilliti del Flysch dell'Alpago, per quantificare la loro incidenza sulla stabilità del Flysch stesso.

La storia della frana e gli ultimi studi sono stati presentati al convegno tenutosi a San Cassiano (BZ) nel settembre 1996, per la 79 Escursione estiva della Società Geologica Italiana (SGI).

**Frana del T. Áldega**

Lo studio di questa frana ha avuto come scopo la valutazione delle sue cause, sia predisponenti che innescanti. Sono stati prelevati numerosi campioni, anche indisturbati, e con i dati ricavati in laboratorio è stata fatta una modellazione dell'evento franoso con un programma agli elementi finiti. I risultati di questo lavoro sono stati presentati come poster al Convegno Nazionale Geoitalia 1997, tenutosi a Bellaria (Rn) nell'ottobre del 1997.

**Area franosa dei Torrenti Missiaga e Bordina**

È stato completato lo studio della frana attiva presente alla testata della valle del T. Bordina. Sono stati effettuati con grande dettaglio il rilevamento geologico, quello geomorfologico e quello topografico. Il comportamento meccanico dei terreni coinvolti nel movimento franoso (Fm. Di La Valla e Fm. Di San Cassiano) è stato analizzato sia con prove di laboratorio che con una serie di "back analysis". L'analisi di stabilità è stata effettuata con una modellazione agli elementi finiti. I risultati finali dello studio sono stati presentati al Simposio sulle frane di Trondheim (Norvegia) nel giugno 1996 e in un lavoro pubblicato in Italia nel 1997.

**Frana del Vaiont**

Sono state svolte ulteriori indagini su documenti risalenti al periodo della costruzione della diga e della gestione del bacino idroelettrico. Sono stati inoltre contattati diversi testimoni delle varie fasi

dei lavori e degli studi, in vista di future pubblicazioni più esaurienti. I risultati di queste ricerche sono state presentate in numerose conferenze tenute in diverse Università e circoli culturali. Su questo argomento poi è stata fatta una pubblicazione uscita nel 1998.

## Colata di detrito di San Vigilio di Marebbe

Lo studio è stato effettuato con lo scopo di riconoscere i meccanismi di innesco della colata, analizzare la morfometria dei depositi, caratterizzare tali depositi dal punto di vista granulometrico e valutare la possibilità di danni alle infrastrutture.

Il lavoro è stato svolto in diverse fasi:

- ricostruzione storica degli eventi passati, attraverso documenti storici e con l'aiuto della "memoria" degli abitanti più anziani del paese.
- studio delle registrazioni delle precipitazioni meteoriche di due stazioni pluviografiche vicine all'area di frana
- ricostruzione topografica del percorso della colata, con lo scopo di cartografare i principali elementi morfologici, quali i canali, le scarpate, gli argini e le strutture lobate e analisi granulometriche di tali strutture
- studio cartografico dettagliato del conoide, attraverso la sovrapposizione delle carte dell'acclività e dell'uso del suolo, al fine di valutare se un'eventuale colata non contenuta dall'argine artificiale potrebbe raggiungere l'abitato di San Vigilio di Marebbe.

Studio della stabilità di fronti di cava

Tale studio è stato affrontato partendo dal rilevamento di molti dati di campagna sulla base di quanto suggerito dalle norme I.S.R.M.. Sono quindi stati analizzati numerosi fronti cava, sia nel Veneto che nel Friuli Venezia Giulia; si tratta sempre di cave di calcari, sia per pietre ornamentali che per inerti o cemento. Il primo tipo di elaborazione dei dati è consistito nelle classificazioni classiche di Romana e di Bieniawski. Attualmente si cerca di classificare i diversi ammassi rocciosi con la metodologia dei R.E.S., cui seguirà una nuova classificazione impostata sulla teoria dei blocchi di Goodman e Shi.

## Pubblicazioni

M. C. Turrini, F. Fiorani, M. Galvani (1996) - Analysis of a landslide in a complex formation. VII Int. Symp. on Landslides Proc., vol. 2. Trondheim, Norvegia.

M. C. Turrini, D. Bernardinello (1996) - L'uso di diversi pacchetti software nella classificazione dell'ammasso roccioso. Atti V Work. GIASI "Informatica e scienze della terra. S. Sepolcro, Arezzo.

W. Busin, M. C. Turrini (1997) - L'utilizzo delle analisi parametriche e dell'analisi a ritroso nel calcolo della stabilità di un versante. Convegno Nazionale Geoitalia 1997, Riassunti, fascicolo 2, pp 384-385. Bellaria (Rn ).

D. Bernardinello, F. Fiorani, M. C. Turrini (1997) - Il movimento gravitativo lento del Sass del Camin (Agordo, Belluno). Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria.

M. C. Turrini, P. Visintainer (1998) - Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy. Engineering Geology.

M. C. Turrini, D. Bernardinello, P. Visintainer (1998) - Esempi di metodi cartografico - numerici per la zonazione della pericolosità da frana e applicazioni ad aree dolomitiche. Memorie della Società Geologica Italiana.

E. Semenza, M. C. Turrini (1998) - La frana del Tèssina: storia dei movimenti e degli interventi. Memorie della Società Geologica Italiana.

E. Semenza, M. Ghirotti (1998) - Vaiont – Longarone, 34 anni dopo la catastrofe. Annali dell'Università di Ferrara, NS, Sez. Sc. Terra.

Unità Operativa 2.12

## **FENOMENI FRANOSI NEI CENTRI ABITATI INSTABILI DELLE PROVINCE DI PISA, LUCCA, PISTOIA, MASSA E LIVORNO QUALIFICAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA IN CENTRI ABITATI CARATTERISTICI**

Responsabile Prof. Alberto Puccinelli  
(fino al 1998 Prof. Raffaello Nardi)  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Pisa  
Via S. Maria, 53 – 56126 – PISA  
Tel. 050-847111 Fax 050-500932 E-mail: pucci@dst.unipi.it

### **1. Programmi speciali: “SCAI” e “Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana”**

Obiettivi principali: raccolta dati per la valutazione del rischio di frana nei centri abitati della Toscana nord-occidentale (provv. di PI, LU, PT, MS e LI), mediante studio geologico e geomorfologico e cartografia di dettaglio; realizzazione di schede sui dissesti; realizzazione di un atlante dei centri abitati instabili della Toscana (in collaborazione con la U.O. di Firenze); individuazione dei rapporti tra la ricorrenza delle frane e quella degli eventi meteorici estremi e dei sismi; individuazione delle soglie di rischio e dei tempi di ritorno per la redazione di una carta del rischio in centri abitati caratteristici.

Terminati gli studi (censimento, rilievo geologico e geomorfologico, redazione di schede) sui centri abitati instabili della Toscana nord-occidentale le ricerche sono state estese ad altri centri abitati con problemi di stabilità; sono state inoltre verificate e aggiornate le informazioni su molti centri già studiati. E' stata realizzata la cartografia geologico-geomorfologica (secondo la legenda GNDCI), con la scheda di sintesi sulle caratteristiche dell'area, sui fenomeni franosi e sulle infrastrutture, edifici e abitanti coinvolti. Ne è derivata la realizzazione di un atlante dei centri abitati instabili della Toscana (in collaborazione con la U.O. di Firenze, in stampa).

Sono proseguiti gli studi per la quantificazione del rischio di frana in centri abitati caratteristici; attraverso indagini storico-archivistiche e analisi di serie storiche di sismi e precipitazioni, si mira a riconoscere e valutare le connessioni tra le frane e le cause scatenanti. Sono stati elaborati i dati geognostici raccolti e realizzate numerose verifiche di stabilità, per analizzare le modalità di variazione del coefficiente di sicurezza dei pendii. In Val di Serchio sono proseguite le ricerche per la valutazione della pericolosità di frana; sono state considerate oltre 200 frane (che interessano abitati, dighe e invasi idrici), per individuarne la periodicità di riattivazione. I dati raccolti hanno permesso in molti casi di individuare localizzazione e cronologia dei movimenti e di valutare i tempi di ritorno; la pericolosità è stata graduata in quattro classi, in base al tempo di ritorno individuato.

### **2. Studio delle deformazioni gravitative profonde (DGPV)**

Obiettivi principali: individuazione delle condizioni geologico-strutturali, geomorfologiche e meteorologiche nella genesi delle DGPV; relazione tra attività delle DGPV ed eventi estremi; individuazione dei lineamenti mesostrutturali che derivano da tensioni gravitative a scala del versante.

Sono state esaminate varie DGPV in Val di Magra, Val di Serchio e Appennino Tosco-Emiliano. Sono stati presi in esame alcuni casi, analizzandone le condizioni geologico-strutturali, le caratteristiche geomorfologiche e la genesi in relazione all'evoluzione morfotettonica delle aree

studiate. I versanti interessati sono modellati in rocce argillitiche, oppure in formazioni competenti stratificate (arenarie, flysch calcareo-marnosi), spesso intercalate o sovrapposte a litologie a comportamento plastico (litofacies prevalentemente argillitiche). I tipi di movimento rientrano tra scorrimenti in blocco, espansioni laterali e colate di roccia. Sono stati raccolti dati mesostrutturali nelle aree interessate; in alcuni casi sono state individuate configurazioni strutturali e deformazioni di tipo duttile/fragile a scala dell'affioramento, legate a movimenti del versante, mentre in altri casi è stato confermato il ruolo predisponente delle discontinuità e degli elementi strutturali. La valutazione dello stato di attività è risultata spesso difficoltosa; la maggior parte dei fenomeni osservati può ritenersi nel complesso quiescente; in alcuni casi sono stati riscontrati indizi di attività.

### **3. Altre attività svolte dall'Unità Operativa**

#### **Alluvione della Versilia**

Il 19/6/1996 una zona delle Alpi Apuane meridionali, tra la Versilia e la Garfagnana, è stata colpita da piogge particolarmente intense, che hanno causato centinaia di frane, esondazioni e numerose vittime.

L'U.O. ha collaborato con le località autorità di Protezione Civile e la Regione Toscana, con numerosi sopralluoghi in aree dissestate, per valutare lo stato di rischio; l'U.O. ha fornito anche alla Regione Toscana e agli Enti Locali una cartografia di dettaglio dei dissesti verificatisi, che ha notevolmente agevolato le fasi di pianificazione dell'emergenza e degli interventi. Sono stati censiti i dissesti (prevalentemente soil slip-debris flow rapidi o molto rapidi) e le modificazioni morfologiche verificatisi. Sono state studiate le caratteristiche delle precipitazioni verificatesi, confrontandole con gli eventi storici conosciuti, per individuare i tempi di ritorno; sono state calcolate le portate di piena con assegnato tempo di ritorno, risultate critiche anche con tempi di ritorno di pochi anni. Nelle aree più colpite sono stati svolti rilievi geomorfologici di dettaglio; sono stati raccolti i dati principali relativi ai movimenti franosi e ai versanti (assetto geologico-strutturale e geomorfologico, caratteristiche dei materiali, tipo di copertura vegetale, ecc.); tali dati sono in fase di analisi ed elaborazione statistica, per individuare quali parametri, oltre all'intensità di pioggia, abbiano maggiormente concorso all'innescare delle frane; si procederà quindi a elaborazioni cartografiche, volte a realizzare una cartografia con scopi previsionali e preventivi. Studi analoghi sono stati intrapresi in occasione dell'alluvione di Camaiore (LU) (ottobre 1998) e sono in corso di svolgimento.

#### **Sprofondamento carsico di Camaiore (LU)**

Sono proseguiti gli studi sullo sprofondamento verificatosi nel 1995 in una zona urbanizzata di Camaiore (LU); esso ha dato luogo a un'ampia voragine, che ha provocando il collasso o la totale inagibilità di alcuni edifici per civile abitazione. Per ricostruire l'andamento del substrato nella zona del collasso e per individuare eventuali cavità carsiche sepolte, sono state eseguite anche indagini geofisiche (sondaggi geoelettrici, tomografie cross-hole). Secondo i dati acquisiti, in fase di elaborazione conclusiva, lo sprofondamento sarebbe dovuto al collasso profondo della volta di una cavità carsica del substrato roccioso, favorito dal sisma avvertito nella zona pochi giorni prima dell'evento. Il ritardo tra il sisma e il collasso sarebbe imputabile alle particolari caratteristiche geotecniche dei materiali alluvionali, che per un certo tempo hanno consentito alla copertura di non collassare.

Per approfondire le conoscenze sullo stato di rischio del centro abitato e della pianura di Camaiore e programmare eventuali interventi, sono state pianificate e parzialmente svolte ulteriori indagini

sul sottosuolo; è stata eseguita una campagna gravimetrica, nelle aree della pianura maggiormente significative; i dati raccolti sono in fase di elaborazione.

## Pubblicazioni

Caredio F., D'Amato Avanzi G., Pellegrino G., Pieroni A., Puccinelli A., Turrini G., Trivellini M., Venutelli A. & Verani M. (1996) - L'evento meteorologico estremo del 19 giugno 1996 nelle valli del Fiume Versilia e del Torrente Turrite di Galliciano (Lucca). Atti "79a Riunione Estiva della Società Geologica Italiana". S. Cassiano (BZ), 16-19 settembre 1996 (abstract).

Buti F., D'Amato Avanzi G., Mazzanti G. & Puccinelli A. (1997) - I movimenti gravitativi profondi della zona di Chioso (Val di Magra): aspetti geologici e geomorfologici e influenza sull'ambiente antropico. Atti Conv. "Grandi fenomeni gravitativi lenti delle regioni alpine ed appenniniche". Maratea (PZ), 28-30 settembre 1995. Pubbl. GNDCI n. 1385. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 20, 33-41.

Canuti P., Casagli N., D'Amato Avanzi G., Iotti A., Puccinelli A., Tarchiani U. & Trivellini M. (1997) - Aspetti geomorfologici e condizioni di innesco dei fenomeni franosi verificatisi in Versilia e Garfagnana occasione dell'evento alluvionale del 19/6/1996. Conv. "GEOITALIA". Bellaria (RN), 5-9 ottobre 1997. FIST, Riassunti (2), 317 (abstract).

Caredio F., Castaldini D. & Puccinelli A. (1997) - Gravitational slope deformations near the Abetone pass (Tuscan-emilian Apennines). Atti V Sem. CNR - Gruppo Nazionale Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, Chieti, 2-4 maggio 1996. Pubbl. GNDCI n. 1386. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 19 (1996), 287-296.

D'Amato Avanzi G. & Puccinelli A. (1997) - Deep-seated gravitational slope deformations in north-western Tuscany (Italy): remarks on typology, distribution and tectonic connections. Atti V Sem. CNR - Gruppo Nazionale Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, Chieti, 2-4 maggio 1996. Pubbl. GNDCI n. 1387. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 19 (1996), 325-334.

D'Amato Avanzi G., Pieroni A. & Puccinelli A. (1997) - Il rischio di frana in Val di Serchio: stima della pericolosità in aree maggiormente vulnerate. Atti Conv. "La stabilità del suolo in Italia: zonazione sismica - frane". Roma, Accad. Naz. Lincei, 30-31 maggio 1996. Atti dei Conv. Lincei, 134, 171-177.

D'Amato Avanzi G., Pieroni A. & Puccinelli A. (1997) - Studio dei movimenti gravitativi profondi di S. Romano in Garfagnana (Val di Serchio, Lucca). Atti Conv. "Grandi fenomeni gravitativi lenti delle regioni alpine ed appenniniche". Maratea (PZ), 28-30 settembre 1995. Pubbl. GNDCI n. 1384. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 20, 61-70.

Caredio F., D'Amato Avanzi G., Puccinelli A., Trivellini, Venutelli M. & Verani M. (1998) - La catastrofe idrogeologica del 19/6/1996 in Versilia e Garfagnana (Toscana, Italia): aspetti geomorfologici e valutazioni idrauliche. Atti Conv. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Alba (CN), 5-7/11/1996. Pubbl. CNR-GNDCI n. 1589, 75-88.

Castaldini D., Genevois R., Panizza M., Puccinelli A., Berti M. & Simoni A. (1998) - An integrated approach for analysing earthquake - induced surface effects: a case study from the northern Apennines, Italy, (1998), *Geodynamics*, V. 26 (2-4), 413 - 441.

CNR - GNDCI (1998) – Atlante dei centri abitati instabili della Toscana (in stampa).

D'Amato Avanzi G. (1998) - Landslides triggered by the intense rainstorm of June 19, 1996 in southern Apuan Alps (Tuscany, Italy). Atti "IV International Conference on Geomorphology". Bologna, 28/8- 3/9/1997. *Trans. Jap. Geomorph. Union*, 15 (5), 5-18 (in stampa).

D'Amato Avanzi G., Pieroni A. & Puccinelli A. (1998) - Valutazione della pericolosità delle frane in aree a maggior vulnerabilità del bacino del F. Serchio. Atti Conv. "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo". Accad. Naz. dei Lincei. Roma, 1-2/10/1998. Atti Conv. Lincei (in stampa).

D'Amato Avanzi G., Puccinelli A. & Verani M. (1998) - L'evoluzione metodologica negli studi sulla stabilità dei versanti in Garfagnana e Lunigiana (Toscana settentrionale). Quaderni di Geologia Applicata. Pitagora Ed., Bologna, 1-12 (in stampa).

- Pochini A. (1998) - Rainfall-deformation analysis in data monitoring of a landslide. 8° Internat. Congr. I.A.E.G. Vancouver. Balkema Ed., 1677-1682.
- Pochini A., Puccinelli A. & al. (1998) - Istruzioni tecniche per le indagini geologico- tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici. "Progetto Terremoto" in Garfagnana e Lunigina, Regione Toscana, Dip.to Politiche Territoriali e Ambientali, 201 pp.
- Puccinelli A. & Trivellini M. (1998) - Fenomeni di instabilità del versante costiero nei pressi di Rio Marina (Isola d'Elba). Atti Convegno ELICA '97 (Portoferraio - LI, 22-24/9/1997) (in stampa).

Unità Operativa 2.13

## **STUDIO SUI CENTRI ABITATI INSTABILI DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE E DELLA LIGURIA, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE ZONE COSTIERE**

Responsabile Prof. Paolo Roberto Federici  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Pisa  
Via S. Maria, 53 – 56126 – PISA  
Tel. 050-847233 Fax 050-500932 E-mail: federici@dst.unipi.it

L'Unità Operativa ha sede a Pisa e opera con ricercatori delle Università di Pisa e Sassari. La principale attività riguarda il programma speciale S.C.A.I. (Studio dei Centri Abitati Instabili), ma con un allargamento tematico vengono compiuti studi sulle deformazioni gravitative profonde di versante, cui talvolta le frane sono conseguenza, e su altri movimenti di massa. Un altro tema collegato è quello degli studi sulle frane lungo costa.

### **1. Programma Speciale SCAI**

L'Unità Operativa ha come aree di ricerca la Sardegna centro-settentrionale e la Liguria. Per quanto riguarda la prima regione il lavoro è stato effettuato in precedenza e tutti i Centri Abitati Instabili sono stati censiti, rilevati e pronti per una eventuale divulgazione a stampa. A tutt'oggi, nonostante gli sforzi, non è stato possibile arrivare alla pubblicazione del previsto Atlante. Su alcuni centri sono stati pubblicati comunque i risultati delle ricerche. Attualmente la Sardegna è sempre oggetto di indagine soprattutto per quanto riguarda il tema delle deformazioni gravitative profonde di versante che interessano zone urbanizzate e il tema delle frane lungo costa. A partire dal 1996 l'attività di ricerca dell'U.O. 13 si è concentrata soprattutto nella Liguria Orientale, dove già in precedenza era stata affrontata la tematica dello SCAI nella provincia della Spezia. Erano quindi stati studiati i centri instabili e cartografati e preparati per una eventuale pubblicazione dell'Atlante della Liguria in 5 fascicoli (1 per Provincia e 1 generale). In effetti sulla base di un accordo con la Regione Liguria si aveva motivo di pensare alla concreta possibilità di stampa dello stesso.

La restituzione di bozze di stampa di prova di carte geologico tecniche-geomorfologiche dell'Atlante dei centri abitati instabili della Liguria ha mostrato però alcune incongruenze sia di carattere grafico che di metodologia cartografica. In alcuni casi si è dovuto procedere a nuovi sopralluoghi di perfezionamento di alcuni particolari ma in generale si è trattato di un lavoro di omogeneizzazione delle carte eseguite per prime con quelle eseguite in tempi più recenti sulla base della proposta metodologica di cartografia tematica messa a punto dall'U.O. con la pubblicazione della "Carta della franosità del territorio di Ponzano Superiore e Falcinello (La Spezia, Liguria Orientale)".

Questa cartografia è basata sulle unità litotecniche che costituiscono il fattore primario e, subordinatamente, sulla giacitura e l'acclività che costituiscono i fattori secondari. La carta è stata esposta a un convegno annuale del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche a Roma. La revisione delle carte è in corso ma si ritiene di riportarle alla stampa prossimamente dato che la Regione ha preso impegno di finanziare il 2° fascicolo dell'Atlante. Le schede dei centri abitati instabili invece non mostrano particolari necessità di revisione per cui l'Atlante dei centri abitati instabili della Liguria Parte II Provincia della Spezia potrà essere portato a compimento entro il 1999.

Il lavoro di studio sui centri abitati instabili della Liguria è proseguito con l'esame di varie situazioni della provincia di Genova. Si possono citare a questo proposito Santo Stefano d'Aveto, Giacopiane, Borzone e Zoagli.

Lo studio dei centri della Val Petronio nella parte della Provincia di Genova contigua a quella della Spezia ha riproposto il problema della totale o parziale congruenza dei rapporti fra alcuni sistemi di lesioni degli edifici con le direzioni dei sistemi di frattura. Il prolungamento di alcune strutture sismogenetiche della zona di giunzione fra il graben del Vara con quello del Magra fino alla Val Petronio e alla Val Graveglia permetterebbe di affermare che le frane potrebbero essere non direttamente responsabili o soltanto indirettamente dei dissesti dei centri di quest'area, come ad esempio Borzonasca e Giacopiane. Comunque, per uno dei centri (Santo Stefano d'Aveto), data la sua importanza di centro turistico invernale ed estivo, si prevede una pubblicazione specifica, poiché sulla base dello studio recentemente eseguito non si può più accettare l'attribuzione dell'instabilità del centro abitato alla degradazione di depositi morenici, quando invece pare evidente la presenza di un estesissimo corpo di frana. In questa parte di Appennino (Valli Trebbia e Aveto) c'è collaborazione con ricercatori dell'Università di Genova, che già in passato proprio per questa provincia avevano collaborato (Brancucci e Marini, pubbl. n° 141 del GNDCI).

Per affrontare in via teorico-pratica lo studio dei centri di fondo valle, è stato poi preparato un modello di evoluzione delle grandi frane nelle valli del Vara e del Magra quando si organizzano in complessi gravitativi sviluppantisi su entrambi i versanti delle valli. In questi casi si osserva una convergenza morfologica con i sistemi dei terrazzi vallivi. Il fatto è interessante perché, se verificato in altre zone, potrebbe costituire un modello evolutivo di notevole significato anche predittivo.

Sono stati poi portati alla stampa definitiva due lavori dell'U.O. di un certo interesse, basati sulla costruzione di un apposito Gis il primo e sull'applicazione di un altro Gis il secondo. Infatti l'Unità Operativa ha iniziato una attività di ricerca metodologica sui problemi dell'instabilità dei versanti sia dal punto di vista euristico sia da quello della rappresentazione cartografica.

E' stata realizzata una Carta della Stabilità Potenziale dei Versanti alla scala 1:10000 della zona compresa tra Monte Prato Fiorito e le Tre Potenze (Appennino Settentrionale), mediante l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico. La metodologia applicata per la valutazione della stabilità dei versanti è l'Analisi Condizionale della quale sono stati discussi i risultati mettendone in evidenza le potenzialità ed i limiti. Tale valutazione è stata preceduta da un rilevamento geomorfologico di dettaglio che ha fornito un quadro completo dei fenomeni che hanno agito sul territorio e delle loro tendenze evolutive.

L'Analisi Condizionale è basata sulle relazioni statistiche tra alcuni fattori geo-ambientali ed il verificarsi delle frane ed è stata associata ad unità di terreno chiamate Unità di Condizioni Uniche (UCU), originate dalla sovrapposizione di sei tematismi: litologia, rapporti tra giacitura degli strati e versanti, acclività, lunghezza dei versanti, posizione relativa sui versanti e uso del suolo.

Per quanto riguarda il Sistema Informativo Geografico, è stato utilizzato GRASS, un GIS di dominio pubblico operando sotto sistemi operativi di tipo UNIX, sia su workstation che su PC.

La Carta di Stabilità, ottenuta utilizzando come elemento di dissesto gli orli di nicchia di frana, ha rivelato la maggiore estensione areale delle classi estreme: il 49,31% dell'area è caratterizzato da instabilità molto bassa mentre il settore del territorio con instabilità molto alta occupano oltre un quinto dell'area totale (21,96%).

La metodologia utilizzata si è rivelata un valido strumento per la realizzazione della cartografia della stabilità dei versanti, integrandosi perfettamente con il GIS che ha consentito l'acquisizione e l'elaborazione dei dati in tempi brevi e a costi contenuti.

Le competenze acquisite attraverso i programmi SCAI sono risultate estremamente utili anche in altri ambiti culturali; in particolare c'è stata collaborazione con la Soprintendenza alle Antichità della Sardegna per individuare le cause dell'assetto dei centri pre-nuragici di cui è discussa la causa del declino. L'ipotesi, già esposta in un simposio a Nassebar (Bulgaria), di una rovina del centro di Sos Furrighesos nella regione del Goceano a causa di movimenti gravitativi indotti da un terremoto ha trovato conferma segnalando così l'esistenza di una paleosismicità in questa parte della Sardegna. Il risultato è d'altra parte coerente con l'assetto tettonico dell'alto Tirso strutturato come un graben recente (Federici e Ginesu, 1991) derivato dalle attività delle linee NE-SW mossesi in età alpina e divenute vie preferenziali di uscita delle lave basaltiche che si sono effuse fino a poche migliaia di anni fa.

Un altro saggio di un certo interesse è stato quello dello studio del terrazzamento antropico, che è risultato in molti casi essere ricavato sui così detti "fondi di terra" (G. Rovereto), in realtà masse rocciose stabilizzate appartenenti a grandiose frane storiche. E' in questo contesto che si trovano alcuni centri instabili.

## Frane e deformazioni gravitative di versante

Sul problema dell'instabilità generata dalle deformazioni gravitative profonde è stato affrontato il caso di aree poste in alta montagna. In particolare sono stati evidenziati nelle Alpi Marittime e Liguri casi, essenzialmente Sackung, nei quali risulta preminente fra i fattori predisponenti l'elevata energia di rilievo. In effetti tutti i casi studiati risultano inseriti in fasce in cui questa assume valori elevati (500-700 m) spesso interpretabili come culminazioni morfologiche di fronti di thrust alpini.

## Frane lungo costa

Sono continuati gli studi su questo tema sia in Liguria che in Sardegna. La metodologia usata è quella indicata per la cartografia dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, che con adatta simbologia consente di inquadrare le frane nel quadro più generale della morfogenesi gravitativa. Nella Sardegna Orientale l'inquadramento è stato più semplice dati i noti studi sulle deformazioni profonde dei versanti di Dieni e Massari, che per primi misero in luce il ruolo della gravità negli scivolamenti di cospicue masse rocciose nel massiccio del Monte Albo. Nelle assise carbonatiche di Orosei, il rischio da frana è alto per l'elevata energia di rilievo e per l'azione del mare che scalza le falesie, anche nei dintorni del centro abitato. Le ricerche hanno permesso di contribuire concretamente ad un'altra iniziativa scientifica del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che ha portato a due pubblicazioni.

Sul tema delle frane lungo costa è stato affrontato lo studio della zona fra Moneglia e il promontorio di Portofino. E' stato eseguito un rilevamento geomorfologico di dettaglio e i movimenti gravitativi sono risultati in gran parte indotti non soltanto dallo scalzamento al piede ad opera del mare ma anche dalle attività antropiche, quali l'attività estrattiva e la costruzione di strade.

## Rischio ambientale

L'Unità Operativa si è impegnata anche su questo tema sia partecipando a Convegni, come viene detto più avanti, sia pubblicando saggi. In particolare è stato preparato un ampio saggio sui rischi ambientali in Italia, che ha avuto una buona accoglienza in sede internazionale.

Altri lavori hanno riguardato i rischi ambientali nella regione della Versilia e nel Bacino dell'Arno.

e l'U.O. ha cercato di dare anche un contributo alla conoscenza climatica delle Alpi Apuane in relazione al funesto evento del giugno 1996, dei cui effetti si è occupata la Protezione Civile. I risultati dello studio già presentati a Roma al convegno annuale del Gruppo sono stati poi riportati in una pubblicazione.

L'Unità Operativa ha partecipato ad incontri scientifici, fra cui, oltre a quelli organizzati da G.N.D.C.I., al Congresso Internazionale di Geografia nell'Agosto 1996 all'Aia (Paesi Bassi) e in particolare alle sedute tematiche sui rischi ambientali al Convegno tenutosi a Firenze sull'anniversario dell'alluvione di Firenze del 1996, nel quale il responsabile dell'U.O. è stato relatore. Successivamente l'Unità Operativa ha partecipato al Convegno "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche : il contributo della ricerca scientifica " tenutosi ad Alba (Novembre 1996). Nel Giugno 1997 c'è stata attiva partecipazione al III Italian-Rumanian Workshop on Landslides a Oradea (Romania). Componenti l'Unità Operativa hanno partecipato alla Conferenza Regionale del "International Geographic Union" a Lisbona alla fine di Agosto 1998 e hanno partecipato anche all'escursione tematica nella Serra da Estrela (Portogallo, 26-28 Agosto 1998); altri hanno

partecipato a un'escursione nella isole Azzorre dove sono stati affrontati i problemi dell'instabilità dei versanti in terreni vulcanici.

Naturalmente c'è stata regolare partecipazione agli incontri della Linea 2 e a quelli organizzati dal Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.

Quando richiesto c'è stata partecipazione a sopralluoghi della Protezione Civile in aree instabili.

Presso l'Unità Operativa c'è stata un'intensa attività scientifico-editoriale per la definitiva edizione degli Atti del 5° Seminario "Deformazioni Gravitative Profonde e di Versante, tenutosi a Chieti (2-4 Maggio 1996) in concomitanza con il II Italian-Rumanian Workshop on Landslides. Tali Atti sono usciti nel volume 19 fasc.2 della Rivista Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. Successivamente sono usciti gli Atti del Convegno "Grandi Movimenti Gravitativi Lenti nelle Aree Alpine ed Appenniniche", tenutosi a Maratea, sul volume 20 fasc.1 della rivista Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. Questi volumi costituiscono un corpus di tutto rispetto sugli argomenti trattati dal G.N.D.C.I., che ha sostenuto parzialmente l'iniziativa.

Unità Operativa 2.14

## **FRANE DI SBARRAMENTO E DI SPONDA FLUVIALE E FRANE COSTIERE: GENESI E CINEMATICA**

Responsabile Prof. Piero Focardi  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Firenze  
Via G. La Pira, 4 – 50121 – FIRENZE  
Tel. 055-2757489 Fax 055-2756296 E-mail: focardi@geo.unifi.it

### **1. Premessa**

Nel corso del triennio l'U.O. 2.14 ha intensificato l'attività nelle direzioni sostanzialmente determinate nell'opera svolta nel periodo precedente, relativamente a:

- Stabilità delle difese di sponda e frane di sbarramento
- Frane lungo costa

Sono state inoltre perfezionate alcune collaborazioni con il Servizio Geologico Nazionale in merito ad argomenti di interesse generale della Linea. Ciò si inquadra nell'ambito dell'impegno della Unità Operativa nell'opera di coordinamento della Linea 2 e delle afferenti UU.OO., opera svolta attraverso la persona del Prof. Canuti, nella sua qualità di Responsabile di Linea.

### **2. Risultati ed obiettivi**

Per ciò che concerne il tema delle frane di sbarramento, che ha avuto l'avvio nel corso del 1994, sono proseguite le indagini volte al raggiungimento di un completo censimento di questo tipo di fenomeni nell'Appennino Settentrionale. In particolare è stata realizzata una banca-dati degli eventi storici nell'Appennino Tosco-Emiliano che attualmente è in corso di completamento. Per tale scopo è stata appositamente realizzata una scheda censuaria per l'individuazione e l'analisi dei parametri che concorrono alla genesi e allo sviluppo dei fenomeni. Attualmente sono stati censiti oltre 70 casi che costituiscono una prima base per la formulazione di modelli evolutivi previsionali. L'elaborazione dei dati ha permesso di ricavare delle relazioni fra parametri morfometrici per la previsione dell'evoluzione dello sbarramento. In particolare sono state ricavate relazioni per la stima della probabilità della completa occlusione dell'alveo e della probabilità di collasso dello sbarramento. I risultati dello studio in merito sono stati presentati all'International Geomorphology Congress di Bologna (1998). Si sta procedendo inoltre allo sviluppo di metodologie di studio per l'analisi, oltre che della pericolosità di questo tipo di fenomeni, anche del rischio, specifico e totale: a tale scopo sono state approfonditamente analizzate le situazioni, in via di sviluppo, esistenti a Gaggio Montano (Bologna). Si sta approntando inoltre, per la prosecuzione dello studio l'inventario e l'analisi dei fenomeni verificatisi nell'Appennino Umbro-Marchigiano.

Per ciò che concerne le frane lungo costa, prosegue l'attività di individuazione e censimento dei fenomeni nell'area prescelta come sede di zone campione, ovvero quella del litorale toscano (costa livornese, Argentario, Talamone) e delle prospicienti isole dell'Arcipelago: il censimento è propedeutico allo studio delle tipologie di frana.

Questo tema di ricerca è stato affrontato per la prima volta nel corso del 1994: si sta procedendo allo studio di alcuni fenomeni per determinarne i parametri geotecnici relativi alle masse in movimento e meccanici dei materiali costituenti i versanti e gli accumuli di frana in modo da poterli confrontare con i dati mareografici, di cui si sta procedendo ad una raccolta sistematica generale relativa alla Toscana meridionale.

Sull'argomento ha avuto inizio la collaborazione, coordinata insieme all'U.O. 2.52 (Resp. Budetta), con il Servizio Geologico Nazionale, attraverso la persona del dott. Gisotti. In questo contesto è

stato rilevato un tratto di costa del promontorio dell'Argentario (GR) con l'intento di individuare le aree nelle quali i fenomeni gravitativi possono interferire con la fruizione, prevalentemente estiva e a scopo turistico-balneare, della costa. Per lo svolgimento di tale ricerca, la Capitaneria di Porto di Livorno ha messo a disposizione una motovedetta per consentire di raggiungere anche le insenature il cui accesso via terra è impedito dalla distribuzione delle proprietà private, chiuse, in genere, da alte recinzioni.

È proseguita altresì la raccolta di dati meteomarini ed è iniziata la loro elaborazione, volta a verificare l'effettiva influenza dell'azione del mare sull'evoluzione delle ripe costiere. Un lavoro di dettaglio è stato svolto all'isola di Capraia (LI), dove è stato possibile evidenziare l'effettivo arretramento della linea di costa sui versanti esposti alle mareggiate maggiori. Sempre a Capraia è stato ultimato un lavoro sul fenomeno franoso coinvolgente il Castello, i cui risultati sono stati oggetto di comunicazione al Convegno Geitalia 97.

In merito alla ricerca sulle frane di sponda ha avuto seguito la raccolta dei dati geotecnici nell'ambito dello studio lungo l'asta del fiume Sieve (Bacino dell'Arno). Lungo la sponda dello stesso, in località Fornacina (Comune di Pontassieve) è stata allestita una stazione di misura, adiacente a quella idrometrica del Servizio Idrografico, attrezzata con strumenti per la raccolta di dati meteorologici, tensiometri e piezometri per la misurazione delle pressioni interstiziali in rapporto ai livelli idrometrici e sensori di potenziale spontaneo per la registrazione dell'avanzamento del fronte di saturazione durante le piene. Attualmente sono disponibili i dati di oltre un anno e mezzo di registrazioni. Nell'arco di tale tempo si sono verificati sei eventi di piena principali che hanno permesso di ricavare le relazioni fra livelli idrometrici e risposta delle pressioni interstiziali (positive e negative) nei materiali nella sponda, con le conseguenti implicazioni sulla stabilità della sponda stessa. Durante la piena maggiore si è verificata effettivamente una frana di sponda, la cui analisi di dettaglio ha permesso di formulare un modello idraulico-geotecnico per la previsione dei futuri fenomeni di instabilità. I risultati dello studio in merito sono stati presentati all'International Geomorphology Congress di Bologna.

È proseguita altresì nel corso del periodo l'attività di ricerca rivolta allo studio delle applicazioni dell'interferometria nell'analisi dei movimenti franosi: a tal fine è stata intrapresa una collaborazione col Politecnico di Milano (Prof. Rocca), d'intesa con il Dipartimento della Protezione Civile.

Sono state inoltre perfezionate e svolte dalla U.O., a nome e per conto della Linea, le collaborazioni con il Servizio Geologico Nazionale che hanno permesso la redazione di:

a - Sezione relativa al rischio da frana delle Linee Guida per i programmi provinciali e regionali di previsione e prevenzione per il rischio idrogeologico: il documento, realizzato in collaborazione tra le quattro Linee, è stato concepito come riferimento alle iniziative e normative messe in atto dagli EE.LL. (in particolare Regioni e Province).

b - Linee Guida per l'esecuzione del rilievo dei fenomeni franosi: anche in questo caso lo sguardo è rivolto agli EE.LL. ed agli operatori ad essi appartenenti; in tal senso è stata realizzata una scheda censuaria, che costituisce la sintesi del lavoro, da proporre quale standard di riferimento per l'esecuzione del rilevamento in campagna. La collaborazione è giunta alla fase di verifica del lavoro fin qui svolto.

### 3. Pubblicazioni

AMANTI M., CASAGLI N., CATANI F., D'OREFICE M., MOTTERAN G. (1996) – Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione. In: Canuti P. & Petrone F. (eds.), Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico, Miscellanea, VII, 109 pp. (Pubbl. CNR-GNDCI N. 1587).

CANUTI P., CASAGLI N. (1996) – Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati", CNR-GNDCI – Regione Emilia-Romagna, (Bologna, 27 Maggio 1994), 29-130. (Pubbl. CNR-GNDCI n.846).

CANUTI P., CASAGLI N. (1996) – I Piani di Previsione e prevenzione del rischio di frana. Atti del Convegno "Protezione Civile", PROCIV (Ferrara, 10-14 Aprile 1996).

- CANUTI P., CASAGLI N. (1996) – Previsione e prevenzione del rischio di frana. In: "Linee guida per l'attuazione dei programmi di previsione e prevenzione del rischio idrogeologico" a cura di P. VERSACE.
- AMANTI M., CASAGLI N., CATANI F., D'OREFICE M., MOTTERAN G. (1997) – Presentazione della "Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione". IX Congresso Nazionale dei Geologi "Risorse e Sviluppo: prospettive per il XXI secolo", Roma, 17-20 Aprile 1997. 203-208. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1647).
- CANUTI P., CASAGLI N. (1997) – Previsione e prevenzione del rischio di frana. Accademia Nazionale dei Lincei. Atti dei Convegni Lincei n.134 "La Stabilità del Suolo in Italia: Zonazione sismica – Frane" (Roma, 30-31 Maggio 1996), 47-58.
- CASAGLI N., CURINI A., GARGINI A., RINALDI M., SIMON A. (1997) – Effects of pore pressure on the stability of streambanks: preliminary results from the Sieve river, Italy. Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision (Oxford, Mississippi, USA, May 20-22, 1997), 243-248. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1572).
- AGNELLI A., BILLI P., CANUTI P., RINALDI M. (1998) – Dinamica evolutiva recente dell'alveo del Fiume Arno. Monografia CNR-GNDCI, Pubblicazione n° 1739, 191 pp. – Pacini Editore, Pisa.
- CANUTI P., CARBONI R., CASAGLI N., IOTTI A., MONTI L., PALMIERI S., TARCHIANI U. (1998) – Risk prevention and management in the Silla landslide (Italy). Proc. of "8th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment" (Vancouver, Sept. 1998), 1, 1049-1056 – Balkema, Rotterdam. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1845).
- CANUTI P., CASAGLI N., ERMINI L. (1998) – Inventory and analysis of landslide dams in the Northern Apennine as a model for induced flood hazard forecasting. In: ANDAH K. (ed.) Managing hydro-geological disasters in a vulnerable environment. CNR-GNDCI & UNESCO International Hydrological Programme, 189-202. (Pubbl. CNR-GNDCI n. 1900).
- CANUTI P., CASAGLI N., RINALDI M. (1998) – Unsaturated flow and mechanisms of failure of a streambank during flow events. Proc. of "8th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment" (Vancouver, Sept. 1998), 3, 1865-1870 – Balkema, Rotterdam. (Pubbl. CNR.GNDCI n. 1846).
- CANUTI P., EGIDI D., PALMIERI S. (1998) – Prevenzione e gestione del rischio nella frana di Silla (Gaggio Montano, BO) del Novembre 1994. Convegno Internazionale "La previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica" (Alba, CN, 5-7 Novembre 1996) CNR-IRPI, 1, 613-623. (Pubbl. CNR-GNDCI n. 1573).
- CARBONI R., CASAGLI N., IOTTI A., MONTI L., TARCHIANI U., VANNINI S. (1998) – La Frana di Silla (Gaggio Montano, BO): indagini, interventi e monitoraggio. Convegno Internazionale "La previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica" (Alba, CN, 5-7 Novembre 1996), CNR-IRPI, 1, 107-115. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1574).
- CANUTI P., CASAGLI N., BERTOLINI G., DE NARDO M.T., GENEVOIS R., MAINETTI M. & PIZZIOLLO M. – La carta della pericolosità relativa da frana ai fini di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna. Atti dei Convegni Lincei "Il Rischio idrogeologico e la difesa del suolo". Accademia Nazionale dei Lincei, (Roma, 1-2 Ottobre 1998). In stampa.
- CANUTI P., CASAGLI N., MORETTI S., RINALDI M. – Evoluzione di alvei fluviali e stabilità delle sponde. Pubblicazione Progetto MURST "Difesa del suolo e gestione delle risorse idriche nazionali". Quaderni di Geologia Applicata – Pitagora, Bologna. In stampa.
- CANUTI P., CASAGLI N., RINALDI M. – Instabilità di alvei e di sponde fluviali in Toscana. Atti dei Convegni Lincei "Il Rischio idrogeologico e la difesa del suolo". Accademia Nazionale dei Lincei (Roma, 1-2 Ottobre 1998). In stampa.
- CASAGLI N., CURINI A., GABBANI G., GARGINI A., RINALDI M. – Effetti delle pressioni interstiziali sulla stabilità delle sponde fluviali: primi risultati delle indagini sul Fiume Sieve (Toscana). "V Convegno Giovani Ricercatori Gruppo Nazionale Geologia Applicata" (Cagliari, Ottobre 1996). (Pubbl. CNR-GNDCI n.1564). In stampa.
- CASAGLI N. & ERMINI L. – Modellizzazione della genesi e del collasso di sbarramenti fluviali da frana tramite l'utilizzo di una rete neurale. "VI Convegno Nazionale Giovani Ricercatori di Geologia Applicata" (Chieti). In revisione.

CASAGLI N., RINALDI M., GARGINI A., CURINI A. – Pore water pressures and streambank stability: results from a monitoring site on the Sieve river, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1906). In stampa.

FOCARDI A., FOCARDI P., VANNOCCI P. – Debris flows which occurred in the Apuan Alps (Tuscany, Italy) during the rainfall event of 19<sup>th</sup> June 1996. *Proc. of XXIII General Assembly of European Geophysical Society (Nice, France, 20-24 April 1998)*. In stampa.

Unità Operativa 2.15

## STUDIO DEI CENTRI ABITATI INSTABILI NEL TERRITORIO REGIONALE DELLE MARCHE

Responsabile Prof. Francesco Dramis  
Dipartimento Scienze Geologiche – Università di Roma Tre  
Via Ostiense, 169 – 00154 – ROMA  
Tel. 06-57372876 Fax 06-57372827 E-mail: dramis@uniroma3.it

### 1. Introduzione

Le ricerche svolte dall'Unità Operativa Roma TRE si inseriscono nel programma di attività della linea "Previsione e Prevenzione di Eventi Franosi a Grande Rischio" del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R. Quest'ultimo rappresenta il principale settore di studio della linea 2 del GNDCI ed è di notevole interesse per gli Enti preposti alla individuazione, alla mitigazione ed all'intervento nelle situazioni ad elevata pericolosità per frana, sia a livello nazionale (Ministero della Protezione Civile, Ministero dei Lavori Pubblici), sia a livello locale (Assessorati Regionali, Prefetture ecc.). Infatti, fra i compiti istituzionali del GNDCI vi sono quelli di fornire consulenza scientifica e tecnica nel settore del rischio idraulico e geologico agli Enti suddetti, di assicurare il coordinamento delle azioni di intervento scientifico in occasione di eventuali inondazioni e frane, di mantenere i collegamenti con gli organi preposti alla gestione del territorio, e di coordinare le attività di carattere scientifico relative alla pianificazione dei bacini idrografici.

L'attività dell'Unità Operativa Roma Tre ha preso il via dai risultati ottenuti in precedenza dall'Unità Operativa "Marche" che si è incentrata essenzialmente sul censimento dei Centri Abitati Instabili della regione marchigiana (Progetto SCAI), con integrazione dei dati relativi ad un quadro di conoscenze omogeneo per tutti centri abitati esposti a rischio e messa a punto di una graduatoria di priorità per la realizzazione di studi più approfonditi e di interventi sistematori. Sulla base dei risultati ottenuti da questo primo censimento, l'Unità Operativa ha programmato e condotto a termine una serie di indagini più approfondite su 18 centri abitati campione (Palcano, Caibrandini, Fiorenzuola di Focara, S.Marina, Castel di Mezzo, Tavullia, Belvedere Fogliense, Camerano, Loreto, Offagna, Domo, Sirolo, Camerino, Montelupone, Ussita, Fermo, Montappone, S.Vittoria in Matenano), che possono essere considerati rappresentativi delle situazioni più tipiche di instabilità nei diversi ambienti geologici e geomorfologici delle Marche. Il Convegno "Studio Centri Abitati Instabili", realizzato dall'Assessorato Regionale alla Protezione Civile a Portonovo (Ancona) nel 1989, ha rappresentato un primo importante punto di arrivo per l'Unità Operativa.

### 2. Ricerche svolte nel periodo 1996-98

L'attività svolta dall'Unità Operativa facente capo al Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università Roma Tre, ha riguardato principalmente i temi generali 1 (programma speciale SCAI - Studio dei Centri Abitati Instabili) e 3 (studio delle deformazioni gravitative profonde) nell'area umbro-marchigiana.

Per quanto riguarda il programma speciale SCAI, sono state approfondite le indagini sull'evoluzione storica di alcuni fenomeni franosi di particolare importanza che interessano gli abitati di Montelparo e Sant'Agata Feltria (Angeli et al., 1996; Bisci et al., 1996) e Montappone. Sono anche proseguite le registrazioni e le analisi dei dati estensimetrici e inclinometrici sulle frane di Sirolo.

I dati storici unitamente a quelli derivanti dalle indagini geologico-geomorfologiche, da sondaggi geognostici e dal monitoraggio strumentale, hanno consentito di mettere a punto, per alcuni casi

di instabilità, modelli cinematico-evolutivi attendibili su cui è possibile basare i progetti di risanamento.

Per quanto riguarda il centro di Montelparo (Bisci et al., 1996), in particolare sono stati eseguiti 2 sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo (per un totale di circa 53 m), in corrispondenza della trincea sommitale; i relativi fori sono stati attrezzati con tubi piezometrici aperti per la misura dei livelli idrici; la migliore definizione della circolazione idrica sotterranea risulta infatti di fondamentale importanza per poter ottenere le necessarie correlazioni con le misure degli spostamenti sia superficiali che sotterranei. Sulla rete di monitoraggio così integrata, costituita inoltre da un tubo inclinometrico e da una serie di basi distometriche e deformometriche, sono state eseguite misure periodiche che hanno consentito di ottenere significativi risultati circa l'attuale cinematismo della frana, confermando il modello traslazionale ipotizzato dalle osservazioni di superficie ed evidenziando una netta superficie di scorrimento alla profondità di 39 m dal piano di campagna e in corrispondenza di un livello pelitico-arenaceo. E' stata anche effettuata una verifica fotogrammetrica degli spostamenti del lato est dell'abitato sulla base del confronto tra le fotografie aeree in scala circa 1:10'000 del 1994 e quelle alla medesima scala recentemente acquisite dalla Regione Marche.

Sull'abitato di Sant'Agata Feltria, attraversato da una colata di terra lunga circa 5.4 km di cui, a partire dal XVI secolo, sono documentate diverse riattivazioni, apparentemente legate all'evoluzione di deformazioni gravitative profonde nel versante più a monte (Angeli et al., in stampa; Bisci et al., in stampa), sono state avviate indagini geomorfologiche e stratigrafiche (volte all'individuazioni di fasi di attivazione più antiche), con l'obiettivo finale di determinare i meccanismi e le cause del fenomeno.

Per quanto riguarda l'abitato di Montappone, la cui porzione orientale è interessata un vasto movimento franoso che ha prodotto notevoli danni alle strutture abitative, è stata avviata una campagna di studio in collaborazione con la locale Amministrazione Comunale. Questa ha già reso disponibile una notevole quantitativo di dati geognostici e di monitoraggio che hanno consentito una ricostruzione schematica della geometria del corpo di frana, un fenomeno di tipo "roto-traslazionale" a carattere retrogressivo, impostato in un orizzonte arenaceo pelitico disposto a franapoggio e sovrapposto ad un livello pelitico. Le linee equipotenziali sperimentali mostrano un andamento tipico dei pendii in frana con elevati valori delle pressioni neutre in corrispondenza delle superfici di scorrimento. Tale andamento, caratterizzato anche dalla particolare forma a ginocchio di alcune linee equipotenziali, dimostra l'esistenza all'interno del pendio di condizioni di flusso confinato in accordo con l'assetto stratigrafico.

Allo scopo di meglio comprendere il ruolo dei fenomeni sismici e delle variazioni climatiche nel controllare la prima attivazione e gli scatti evolutivi dei fenomeni franosi, sono state avviate ricerche stratigrafiche su depositi colluviali e alluvionali olocenici con l'obiettivo di mettere a punto uno schema della sequenza climatico-ambientale della regione marchigiana negli ultimi 10.000.000 anni. Inoltre, allo scopo di meglio comprendere il ruolo dei fenomeni sismici e delle variazioni climatiche nel controllare la prima attivazione e gli scatti evolutivi dei fenomeni franosi, sono state avviate ricerche stratigrafiche su depositi colluviali e alluvionali olocenici con l'obiettivo di mettere a punto uno schema della sequenza climatico-ambientale della regione marchigiana negli ultimi 10.000.000 anni. In una prospettiva più generale è stato infine pubblicato un lavoro sulle caratteristiche tipologiche e sulla distribuzione delle frane in Europa (Cendrero & Dramis, 1996).

I fenomeni franosi delle Marche hanno costituito uno dei temi principali dell'escursione scientifica "Geomorfologia ed Evoluzione Quaternaria dell'Italia Centrale", organizzata nell'ambito della IV Conferenza Internazionale di Geomorfologia (Bologna, 22 agosto - 8 settembre 1997) e alla quale hanno partecipato circa 40 studiosi provenienti da 14 diversi paesi europei ed extraeuropei. In questo ambito è stata organizzata una sosta nell'abitato di Montelparo, in occasione della quale è stata effettuata una approfondita discussione del problema. Un libro guida appositamente preparato per l'escursione (Gentili & Dramis, 1997) ha trattato ampiamente il tema dell'instabilità nei centri abitati marchigiani.

Per quanto riguarda i fenomeni di deformazione gravitativa profonde, le grandi frane a questi associate (Aringoli et al., 1996; Folchi Vici D'Arcevia et al., 1996); Dramis et al, 1997) sono state

condotte indagini sistematiche con l'obiettivo di mettere in evidenza eventuali casi di riattivazione sismica. Una sintesi su deformazioni gravitative profonde e tettonica recente in Italia centrale ed una rassegna dei casi di riattivazione sismica dei fenomeni in parola nell'Appennino umbromarchigiano sono state presentate al V Seminario del Gruppo Nazionale "Deformazioni Gravitative Profonde di Versante" tenuto a Chieti nel maggio 1996 (Dramis et al., 1996; Calamita et al., 1996). Nel corso del 1998, l'Unità Operativa si è dedicata allo studio degli effetti gravitativi prodotti dalla sequenza sismica ( $M_w$  max = 6.0) del 26 settembre 1997 (Prestininzi et al., 1998). In tale prospettiva sono stati avviate controlli sistematici dei fenomeni già studiati o in corso di studio nell'ambito del presente programma, con l'obiettivo di mettere in evidenza eventuali casi di riattivazione. Sempre in questo ambito è stato effettuato uno studio geomorfologico di dettaglio su un versante franoso nell'abitato di Camerino in corrispondenza del quale si sono verificati forti danni alle strutture edilizie ed è stata predisposta una campagna di indagini geognostiche che prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio.

Alcuni dei risultati delle ricerche sono stati presentati alla XXIII Assemblea Generale della Società Geofisica Europea (Nizza, aprile 1998) (Aringoli et al., 1998), al III Workshop Italo-Rumeno di Geomorfologia (Oradea, giugno 1998) (Aringoli et al., in stampa) ed Convegno "Il Rischio idrogeologico in Italia", tenuto a Roma presso l'Accademia dei Lincei nel giugno 1998 (Gentili et al., in stampa). Sempre nello stesso anno è stato pubblicato un lavoro a carattere divulgativo sulle frane in Italia (Dramis et al., 1998).

### 3. Riferimenti bibliografici

- Angeli M.G., Bisci C., Burattini F., Dramis F., Leoperdi S., Pontoni F. & Pontoni F. (1996) - Evolution and triggering factors of large-scale landslides affecting built-up areas in the Marche Region (Central Italy). *Quaderni di Geologia Applicata*, 3(1), 131-140.
- Aringoli D., Gentili B. & Pambianchi G. (1996) - The role of recent tectonics in controlling the deep-seated gravitational deformation of Mount Frascare (central Apennines). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 19, 281-286.
- Aringoli D., Dramis F., Gentili B., Materazzi M., Pambianchi G. & Scalella G. (1998) - The relationship between seismic events and gravitational phenomena in the Umbria-Marche Apennines (central Italy). Abs. XXIII Gen. Ass. E.G.S (European Geophysical Society), Nice (France), 20-24 April 1998.
- Aringoli D., Gentili B., Materazzi M. & Pambianchi G. - Damming phenomena caused by landslides along the Chienti and Tenna river valleys (central-southern Marche, Italy). *Proc. 2nd Romanian-Italian Workshop*, June 1998, in stampa.
- Bisci C., Dramis F., Burattini F., Leoperdi S., Pontoni F. & Pontoni F. (1996) - The Sant'Agata Feltria Landslide (Marche Region, Central Italy): A Case of Recurrent Earthflow Evolving from a Deep-Seated Gravitational Slope Deformation. *Geomorphology*, 15, 351-361.
- Calamita F., Dramis F. & Prestininzi A. (1996) - Gravity induced deformation versus tectonics: the case of the Central Apennine. *Riassunti del V Seminario del Gruppo Nazionale "Deformazioni Gravitative Profonde di Versante"*, Chieti-Camerino, 2-4 maggio, 1996, 3.
- Cendrero A. & Dramis F. (1966) - The contribution of mass movements to landscape evolution in Europe. *Geomorphology*, 15, 191-211.
- Dramis F., Bisci C. & Fazzini M. (1998) . Una frana chiamata Italia. *Scienza Nuova*, 1(4), 73-76.
- Dramis F & Gentili B. (eds.) (1997) - Geomorphology and Quaternary geology of Central Italy. *Fourth International Conference on Geomorphology*, 28 Guidebook for the Excursions, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, suppl. III, t. 2, 79-103.
- Dramis F., Gentili B., Materazzi M. & Pambianchi G. (1997) - Earthquake induced gravitational phenomena in the Umbria -Marche Apennines. *Proceedings of the Italian-Rumanian Meeting on Slope Instability Phenomena*, Cluj-Napoka (Transilvania), october 1995, *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geographia*, 42(1-2), 63-71.

- Dramis F., Gentili B., Pambianchi G., Aringoli D. & Materazzi M. (1996) - Deformazioni gravitative profonde di versante e grandi frane in rapporto alla tettonica distensiva nel settore meridionale dei Monti Sibillini (Appennino umbro-marchigiano). Riassunti del V Seminario del Gruppo Nazionale "Deformazioni Gravitative Profonde di Versante", Chieti-Camerino, 2-4 maggio, 1996, 12.
- Falchi Vici D'Arcevia WC., Gentili B., Luzi L., Pambianchi G. & Viglione F. (1996) - Deep-seated gravitational slope deformation in the central-southern Umbro-Marchean Apennines: morphometric and macrostructural analyses. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 19, 335-341.
- Gentili B., Pambianchi G., Aringoli D., Materazzi M. & Scalella C. G. - Sbarramenti per frana degli alvei fluviali: alcuni esempi nelle Marche centro-meridionali. *Accademia dei Lincei, Atti del Convegno "Il Rischio idrogeologico in Italia"*, Roma, Giugno 1998, , in stampa.
- Prestininzi A., Romeo R., Valentini G., Bozzano F., Cello G., Dramis F., Gambina P., Scarascia Mugnozza G. & Tondi E. (1998) - Assetto sismotettonico regionale ed effetti di superficie indotti dal terremoto dell'Umbria-Marche del 26 settembre 1997. *Ingegneria Sismica*, 15(1), 7-14.

Unità Operativa 2.16

## **CONDIZIONI IDRAULICHE CRITICHE E CARATTERISTICHE CINEMATICHE DEI MOVIMENTI NELLA DEFINIZIONE DEL RISCHIO DA FRANA**

Responsabile Ing. Maceo Giovanni Angeli  
CNR – IRPI Italia Centrale  
Via Madonna Alta, 126 – 06128 – PERUGIA  
Tel. 075- 5006730 Fax. 075-5051325 E-mail: maceo@teseo.unipg.it

In accordo con il programma di ricerca presentato, l'attività relativa al 1996-1997-1998 é consistita nel monitoraggio di casi di frane in ambienti geologici e climatici diversi oltre che nell'analisi ed interpretazione dei dati ottenuti. Il monitoraggio ha riguardato non soltanto le caratteristiche idrauliche e cinematiche di alcune frane campione (Cortina, Sirolo, Todi, Assisi etc.), ma anche il controllo di alcune opere pilota di stabilizzazione realizzate con il supporto di enti operativi sul territorio.

Infatti, il monitoraggio continuo dell'efficienza di ancoraggi e drenaggi tubolari di notevole lunghezza (100-150 m), realizzati alla fine del 1994 e del 1996, ha dimostrato sino ad ora che una grande e complessa frana costiera, che interessa un intero centro abitato, é stata stabilizzata per quanto riguarda il corpo più a rischio.

Tale risultato, valido in condizioni climatiche ordinarie, é stato verificato anche in condizioni critiche. I nubifragi dell'agosto 1995 e settembre 1996, che hanno colpito la costa adriatica con inaudita violenza, riversando in due giorni nell'area del Conero circa il 50% della quantità di pioggia che cade normalmente in un anno, hanno rappresentato il miglior collaudo possibile per le opere di stabilizzazione.

Inoltre i drenaggi eseguiti con il ben noto metodo osservazionale alla fine del 1996 hanno permesso di intercettare da monte l'acquifero che alimenta il corpo di frana.

Ciò implicitamente ha permesso di dimostrare che una volta individuato il meccanismo di frana a seguito di operazioni mirate di monitoraggio, la stabilizzazione delle frane può essere realizzata anche con un numero limitatissimo di interventi. I primi risultati sono stati pubblicati negli atti del Convegno Nazionale di Geotecnica e del ISL '96.

La grande quantità di dati climatici, piezometrici e di velocità ha permesso di mettere a punto un modello dinamico di analisi di stabilità ed applicarlo ad un caso di colata in argille nei pressi di Cortina D'Ampezzo. Il modello é in grado di riprodurre a partire da livelli piezometrici noti l'andamento delle velocità dei corpi di frana. L'aspetto forse più interessante del modello é costituito dal fatto che é stato possibile individuare il meccanismo che sovrintende alla continua variazione di soglie piezometriche critiche nei pendii, variazione registrata anche a fronte di eventi idrologici del tutto simili come intensità e durata. La ragione di ciò é stata attribuita, dopo una lunga serie di osservazioni in situ e lunghe prove di laboratorio, nella capacità delle argille montmorillonitiche di produrre un guadagno di resistenza dopo ogni stop della frana. In altre parole il guadagno di resistenza, sempre diverso in funzione del diverso periodo di stop, richiede soglie piezometriche sempre diverse per permettere la rimobilitazione delle frane. Tale modello potrebbe essere applicato con successo in tutti i casi reali di elevato rischio da frana, legando la previsione ed allarme alla sola misura dei livelli piezometrici in punti significativi del corpo di frana. I risultati sono stati pubblicati nel "Quarterly Journal of Engineering Geology".

Uno sviluppo ulteriore di tale modellizzazione é costituito dalla creazione di un modello idrologico (del tipo «Tank-model») in grado di fornire, a partire dalle precipitazioni, l'input piezometrico calcolato al modello di stabilità dinamico di cui sopra. In altre parole esso ha permesso di intraprendere un discorso di previsione dello sviluppo di velocità di frana (e quindi di rischio) a partire dai dati di precipitazione. I risultati sono stati pubblicati in «Engineering Geology».

Per quanto riguarda la frana di Assisi, in seguito all'Ordinanza n. 2793 del 27/6/1998 del Ministro Dell'Interno, delegato per il Coordinamento della Protezione Civile, riguardante «Interventi urgenti di sistemazione del versante in frana nel comune di Assisi, località Ivancich», lo studio di detta frana é stato particolarmente approfondito. Considerati i tempi estremamente limitati fissati dall'Ordinanza e la notevole estensione areale della frana in questione, lo scrivente ha proposto al Provveditorato alle Opere Pubbliche per l'Umbria un programma di indagini basato prevalentemente su osservazioni di superficie e prospezioni geofisiche, oltre alla raccolta ed organizzazione del materiale esistente a tutt'oggi, riservandosi di approfondire le conoscenze utilizzando anche sondaggi geognostici in una eventuale II fase di indagini.

Sono stati pertanto presi in considerazione tutti gli studi geognostici prodotti già a partire dai primi anni '60 (campagna geognostica per la costruzione del nuovo ospedale, campagne geognostiche intraprese da privati, etc.), nella fase di massima urbanizzazione dell'area, area che sino agli anni 1950-1951, non era stata oggetto di edificazione alcuna. Ed infatti sono stati proprio i primi edifici costruiti a cavallo del fianco destro e sinistro dell'enorme corpo di frana a denunciare i primi sintomi di dissesto. Purtroppo mancando a quel tempo una conoscenza approfondita dei fenomeni franosi, scienza sviluppatasi anche a livello internazionale soltanto nei successivi decenni, l'area non fu all'epoca riconosciuta in frana e la sua urbanizzazione continuò per tutti gli anni '70 e primi anni '80. Tenuto anche conto dei risultati acquisiti con il progetto triennale (U.O. 2.16 GNDCI) di controllo del corpo di frana a mezzo di tecniche satellitari di rilevamento degli spostamenti (spostamenti in buon accordo con le misurazioni inclinometriche e topografiche effettuate negli anni precedenti nell'area centrale della frana) anche in zone poste notevolmente a monte ed a valle rispetto all'area urbanizzata, le indagini sono proseguite celermente allo scopo di individuare alcuni meccanismi di frana. I risultati di tali indagini hanno permesso di rispondere ai quesiti dell'Ordinanza in tempo utile, ovvero all'individuazione degli interventi di stabilizzazione, nonché alla possibilità di recuperare dal punto di vista statico anche gli edifici danneggiati dal sisma del 26/9/1997. Gli approfondimenti geomorfologici e geofisici, anche se non del tutto completati come elaborazioni finali, hanno evidenziato la possibilità di una circolazione sotterranea secondo distinti meccanismi.

Secondo il modello di circolazione delle acque sotterranee ipotizzato, gli apporti di acqua al canale impermeabile che fa da asse longitudinale alla base del corpo detritico di frana, avverrebbero a quote, ubicazioni e tempi non sempre coincidenti.

La non coincidenza dei tempi, oltre a dipendere dai diversi percorsi che l'acqua fornita dal massiccio del monte Subasio é costretta a percorrere per raggiungere il corpo di frana -viste le anomalie riferibili alle diverse pendenze presenti nella parte sommitale del bedrock-, dipende anche e principalmente dall'effetto serbatoio del massiccio, che può rilasciare l'acqua ricevuta dalle precipitazioni in quota con grande ritardo rispetto all'effetto di infiltrazione delle precipitazioni che direttamente gravitano nell'ampio bacino costituito dal corpo di frana stesso.

Nell'eventualità di una concomitanza di effetti dovuta ad un rilascio ritardato delle acque provenienti dal massiccio (rilascio causato possibilmente da piogge antecedenti) con l'infiltrazione diretta di una precipitazione intensa, gli effetti di alimentazione della falda all'interno del corpo di frana andrebbero inevitabilmente a sommarsi creando condizioni idrauliche critiche per la stabilità dell'ammasso.

Pertanto tali condizioni andranno opportunamente verificate nel dettaglio (indagini di II fase) e la progettazione degli interventi dovrà, come indicato in tutti le ipotesi elaborate in precedenza, seguire come categoria di riferimento quella dei drenaggi ad alta e media profondità di esecuzione.

Un lavoro di sintesi su due grandi frane del territorio marchigiano ad elevato rischio é stato di recente pubblicato sulla collana dei Quaderni di Geologia applicata.

Infine un lavoro di carattere più didattico dal titolo «Rock Avalanche» é stato pubblicato recentemente nel volume Landslide Recognition edito da Wiley.

## Publicazioni

- ANGELI M.-G., GASPARETTO P., MENOTTI R., PASUTO A., SILVANO S. "Examples of mudslides on low-gradient clayey slopes" Proc. of VII ISL, Trondheim, 17-21 June 1996, vol. 1, pp. 141-145, 1996.
- ANGELI M.-G., GASPARETTO P., PONTONI F. "Long term monitoring and remedial measures in a coastal landslide (Italy)" Proc. of VII ISL, Trondheim, 17-21 June 1996, vol. 3, pp. 1497-1502, 1996.
- ANGELI M.-G., BUMA J., PASUTO A. and SILVANO S. "TESLEC database and field programmes: Alverà mudslide, Cortina d'Ampezzo, Italy" In: TESLEC Final Report (part I), CEE Project (Contract N° EV5V-CT94-0454), Bonn, vol 1, 109-114, 1996.
- ANGELI M.-G., PASUTO A., SILVANO S. "Landslide hazard in high mountain areas: case histories in the Italian Dolomites" Journal of the Geological Society of China, Vol. 39, N° 4, 401-422, 1996.
- ANGELI M.-G., BUMA J. and GASPARETTO P. "Climatic change impacts on groundwater and slope stability - case studies: Alverà mudslide, Cortina d'Ampezzo, Italy" In: TESLEC Final Report (part I), CEE Project (Contract N° EV5V-CT94-0454), Bonn, vol 1, 163-169, 1996.
- ANGELI M.-G., BONOMI T., BUMA J., CAVALLIN A., PASUTO A. and SILVANO S. "Investigations in the Cortina d'Ampezzo test site (Dolomites, Italy): Research carried out for objective 3" In: TESLEC Final Report (part II), CEE Project (Contract N° EV5V-CT94-0454), Bonn, vol 2, 163-190, 1996.
- ANGELI M.-G., PASUTO A. and SILVANO S. "Monitoring and Warning Systems: Methodological Approach and Case Studies" In: R. Casale & C. Margottini (eds.), Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment. Springer-Verlag, Berlin, 295-303, 1999.
- ANGELI M.-G., BUMA J., GASPARETTO P., PASUTO A. and SILVANO S. "A combined hillslope hydrology/stability model for low-gradient clay slopes in the Italian Dolomites" Journal of Engineering Geology, vol 49, 1-13, 1998.
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Pennabilli" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n. 94/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Sassocorvaro" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.95/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Sirolo" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.96/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Corridonia" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.97/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Montelupone" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.98/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Montappone" In: Monitoraggio e sorveglianza in materia di rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Pennabilli, Sassocorvaro, Sirolo, Corridonia, Montelupone e Montappone (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.99/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Novafeltria" In: Rilevazioni, studi, mappe e censimento dei rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Novafeltria, Pennabilli, San Severino Marche, Castignano e Montegranaro" (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n.100/1997).

- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Pennabilli" In: Rilevazioni, studi, mappe e censimento dei rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Novafeltria, Pennabilli, San Severino Marche, Castignano e Montegranaro" (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n. 101/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di San Severino Marche" In: Rilevazioni, studi, mappe e censimento dei rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Novafeltria, Pennabilli, San Severino Marche, Castignano e Montegranaro" (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n. 102/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Castignano" In: Rilevazioni, studi, mappe e censimento dei rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Novafeltria, Pennabilli, San Severino Marche, Castignano e Montegranaro" (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n. 103/1997).
- ANGELI M.-G. (Responsabile Scientifico del Progetto) "Centro abitato di Montegranaro" In: Rilevazioni, studi, mappe e censimento dei rischi derivanti da fenomeni franosi che interessano i centri abitati di Novafeltria, Pennabilli, San Severino Marche, Castignano e Montegranaro" (Convenzione stipulata tra IRPI e Regione Marche, Rapporto finale, IRPI, n. 104/1997).
- ANGELI, M.-G., PASUTO, A. and SILVANO, S., "Towards a definition of slope instability behaviour in the Alverà mudslide (Cortina d'Ampezzo, Italy)". In: Pasuto A. and Schrott L. (Editors), Recent development of landslide research in Europe. *Geomorphology* (in press).
- SILVANO, S., PASUTO, A., ANGELI, M.-G., MENOTTI, R.M. and ZANNONI, A. (1997). "Landslide Instrumentation and Monitoring". In: *New Technologies for Landslide Hazard Assessment and Management in Europe (Newtech)*, CEC Environment Programme, Contract ENV-CT96-0248, Progress Report July 1997. Universitat Politècnica de Catalunya, 182-185, 1997.
- ANGELI, M.-G., PASUTO, A. and SILVANO, S. "A critical review of landslide monitoring experiences". *Eng. Geol* (in press).
- ANGELI M.-G. "An example of the observational method: control works in a coastal landslide (Central Italy)" *Proc. of ICEM2, Wollongong, Australia, 10-13 February 1998*, vol 2, 929-936, 1998.
- ANGELI M.-G. "Analysis of water induced landslide – Case studies" *Proc. of Int. Workshop – cum – Training programme, New Delhi, India, 6-11 November 1998*, vol 1, 34, 1998.
- ANGELI M.-G. "Sulle condizioni di stabilità della piazza S. Francesco in Assisi" *Giornate sul tema: Gli interventi sul patrimonio monumentale ed artistico dopo il sisma nell'Umbria e nelle Marche*, Accademia dei Lincei, Roma, 22-23 giugno 1998, vol 1, 22-26, 1998 (in corso di stampa).

Unità Operativa 2.19

# ANALISI DEI MECCANISMI DI COLLASSO DEI PENDII ED ISTRUZIONI PER INDAGINI, VERIFICHE ED INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

Responsabile Prof. Ruggiero Jappelli  
Dipartimento Ingegneria Civile – Università Tor Vergata  
Via Ricerca Scientifica – 00133 – ROMA  
Tel. 06-72597056 Fax 06-72597005 E-mail: Federico@ing.uniroma2.it

## 1. Introduzione

Nel triennio 1996-1998 l'attività di ricerca dell'U.O. Roma "Tor Vergata, coordinata dal Prof. Ing. Ruggiero Jappelli, è stata sviluppata in stretto interscambio di esperienza con l' U. O. di Palermo coordinata dal Prof. Ing. Antonino Musso, ed è stata indirizzata alla modellazione del comportamento meccanico di terreni argillosi consistenti ed intatti, teneri ovvero fessurati con struttura complessa, allo studio dei fenomeni di debris flow e dei movimenti di sponde di serbatoi artificiali, alla modellazione fisica del "toppling" di ammassi rocciosi fratturati, all'analisi dell'efficacia di interventi di stabilizzazione mediante gettiniezione, alla riorganizzazione critica della normativa geotecnica sul tema della Stabilità dei Pendii. E' proseguita inoltre l'analisi di casi documentati.

## 2. Verifiche di sicurezza dei pendii

### [a - Debris flow](#)

E' proseguita l'analisi di una classe di fenomeni di dissesto che si manifestano quando il materiale nel suo complesso non offre sufficiente resistenza alle distorsioni conseguenti a sforzi tangenziali e scorre come un fluido viscoso. Allo scopo, è stata sviluppata una ricerca sull'applicazione dell'analisi dimensionale come guida per la realizzazione di modelli fisici a piccola scala finalizzati allo studio delle colate detritiche (FERLISI S., MUSSO A., RESTIVO E., 1996).

Inoltre, è stata avviata una ricerca sulle modalità con le quali un materiale liquefatto, metastabile, riacquista la capacità di reagire a sforzi deviatorici mediante la ricostituzione di un nuovo scheletro solido capace di trasmettere sforzi efficaci: nel corso di questo processo che potrebbe denominarsi di risolidificazione, le pressioni neutre subiscono una caratteristica evoluzione nello spazio e nel tempo, associata alla propagazione di un onda di transizione spontanea fra lo stato liquido e lo stato solido (LANFRANCA A., 1997).

### [b - Movimenti di sponde di serbatoi artificiali](#)

Dopo una lunga storia di analisi ed elaborazione dei dati rilevati in 25 anni di assidue osservazioni del comportamento del serbatoio Ragoletto (MUSSO A., URCIUOLI G., 1996), realizzato in Sicilia nel 1962, si è messo a punto un modello teorico che inquadra a grandi linee gli spostamenti ed i fenomeni di dissesto dei pendii del serbatoio in condizioni di post-rottura causati da oscillazioni cicliche del livello di invaso (RESTIVO, 1998). Nel modello, il pendio di alimentazione e quello di

accumulo sono rappresentati da due blocchi rigidi connessi tramite una molla lineare e si è studiata la cinematica del movimento del sistema dei due blocchi per effetto di incrementi di tensione indotti da variazioni cicliche del livello del serbatoio al piede del pendio. Modellando più cicli di riempimento, dopo un primo ciclo completo, il movimento si innesca solamente quando è superato il massimo livello in precedenza raggiunto. E' evidenziata la correlazione tra la velocità d'invaso, il picco di velocità e il ritardo temporale che intercorre tra l'istante in cui si raggiunge il picco di velocità e quello in cui si raggiunge il massimo livello di invaso.

### c - Pendii in rocce lapidee fratturate

E' stata svolta una ricerca sui fenomeni di collasso dei pendii costituiti di rocce lapidee fratturate; la ricerca è finalizzata alla verifica dei modelli teorici, mediante il confronto con i risultati ottenuti dalla sperimentazione su modelli fisici. A tal fine, è stata progettata e realizzata un'apparecchiatura che consente di eseguire prove su modello, in condizione di tensione piana (MITTIGA E., 1996). I risultati sperimentali sono stati soddisfacentemente confrontati con soluzioni teoriche elementari, ricavate con il metodo dell'equilibrio limite (MITTIGA E., 1997).

### d – Scavi in argille consistenti

Una ricerca sulla previsione degli spostamenti indotti da scavi in argille consistenti ha dimostrato l'importanza degli effetti dell'installazione dell'opera di sostegno sugli spostamenti prodotti dallo scavo. Per simulare gli effetti dell'installazione è necessario introdurre nelle analisi la non linearità del legame costitutivo. I risultati di uno studio parametrico agli elementi finiti sono confrontati con dati di letteratura in (VIGGIANI G. ed al., 1998).

## **3. Interventi di stabilizzazione**

I fenomeni indotti nel terreno dai trattamenti di gettiniezione sono stati analizzati con l'ausilio di un modello teorico, impostato su osservazioni sperimentali. Il modello tiene conto del fatto che la miscela iniettata viene assorbita solo in parte dal terreno, mentre un'aliquota non trascurabile risale al piano di campagna, senza contribuire al consolidamento. La soluzione analitica fornisce la portata assorbita dal terreno ed il grado di riempimento dei pori con la miscela cementante; il raggio della colonna consolidata è ricavato mediante integrazione numerica. I risultati indicano che l'efficacia del trattamento dipende sensibilmente dalla permeabilità del terreno; la profondità non ha una influenza significativa, ad eccezione di un breve tratto in prossimità della superficie [CROCE P., FLORA A., 1997].

## **4. Apparecchiature per sperimentazioni geotecniche**

E' stato perfezionato presso il laboratorio geotecnico dell'Università di Roma Tor Vergata un apparecchio di compressione triassiale a percorso di sollecitazione controllato del tipo Bishop e Wesley, per prove su provini di diametro fino a 100 mm.

## **5. Comportamento meccanico di argille a struttura complessa**

La ricerca ha per oggetto lo studio dei principi di Meccanica dei Terreni, che sono alla base dell'analisi delle condizioni di sicurezza di pendii in terreni argillosi con meso-struttura a scaglie, molto diffusi nel Meridione d'Italia, caratterizzati da due sistemi di pori intercomunicanti, differenti per proprietà geometriche e fisiche. Lo studio è stato articolato secondo due direttrici.

1 - Si è studiato il problema dell'interazione del terreno con doppio ordine di pori con lo strumento di misura della pressione neutra. I risultati hanno consentito di interpretare i dati ottenuti su campioni artificiali con struttura (FEDERICO F., CALLARI C., 1996).

2 – E' stata svolta una simulazione della consolidazione di un'argilla con struttura attraverso un'analisi agli elementi finiti della consolidazione di mezzi eterogenei bidimensionali e tridimensionali, caratterizzati da una struttura ordinata (blocchi porosi delimitati da fessure). Sono stati anche considerati la linearità non geometrica derivante dalla progressiva chiusura delle fessure nel corso della consolidazione, nonché gli effetti indotti sull'evoluzione della consolidazione da un sistema di drenaggio parzialmente efficiente (CALLARI C., FEDERICO F., 1998). Il confronto fra i risultati teorici ed i dati sperimentali, relativi a prove di consolidazione su materiali artificiali con struttura, disponibili in letteratura geotecnica, ha confermato la validità del modello analitico "a doppia porosità" di rappresentare la consolidazione del mezzo con struttura e di prevedere gli effetti indotti dalla presenza di dispositivi di drenaggio.

## 6. Comportamento meccanico di argille tenere

La descrizione del comportamento costitutivo delle argille normal-consolidate è stata affrontata nell'ambito della teoria dell'elasto-plasticità in deformazioni finite ricorrendo all'ipotesi di decomposizione elasto-plastica moltiplicativa del gradiente di deformazione.

Si è considerata la combinazione del potenziale elastico di Houslsby con il criterio di snervamento del Cam-clay Modificato; il modello così ottenuto [CALLARI C., 1997; CALLARI C. et al., 1996; CALLARI C. et al., 1998] è termodinamicamente consistente. La procedura di integrazione numerica è stata implementata nel codice FEM - FEAP.

## 7. Comportamento meccanico di rocce piroclastiche tenere

Il comportamento meccanico del deposito piroclastico definito "Pozzolana Nera" è stato esaminato per la prima volta nell'ambito di una ricerca sperimentale. È stata messa a punto una procedura originale per il campionamento e la preparazione di campioni naturali di Pozzolana Nera (CECCONI, 1998). Con analisi al microscopio ottico e a scansione elettronica si sono riconosciute le caratteristiche microstrutturali del materiale e si è identificata la natura dei legami intergranulari (CECCONI, VIGGIANI, 1998).

I risultati delle prove di compressione edometrica e triassiale, eseguite in un ampio intervallo di pressioni di confinamento (0.05-58 MPa) mostrano una graduale transizione di comportamento da fragile dilatante a duttile contraente all'aumentare della pressione di confinamento. Si è riconosciuto che il comportamento meccanico del materiale è caratterizzato dalla progressiva destrutturazione nel corso della prova (CECCONI et al., 1998). I risultati della ricerca sono propedeutici ad ogni valutazione della stabilità di pendii in questi terreni tipici dell'area romana.

## 8. Attività svolta per la protezione civile

Uno dei componenti della U.O. (A. MUSSO) ha partecipato nel 1998 con l'Unità Operativa del GNDCI presso l'Università di Salerno (resp. L. CASCINI) all'attività connessa con l'Emergenza Idrogeologica del maggio 1998 nel territorio campano. Dopo una prima fase di studio, che ha consentito di redigere una Carta Preliminare del Rischio Residuo, l'attività è proseguita con gli studi relativi alla definizione delle linee guida degli interventi di stabilizzazione e di riduzione del rischio, nelle aree interessate dai dissesti, nonché per l'individuazione delle aree a rischio di colate piroclastiche nei rimanenti comuni della Regione Campania. I risultati sono compendati in carte tematiche, relazioni ed elaborati di progetto preliminare, da cui la Protezione Civile ha ricavato gli elementi per la redazione del Piano degli interventi infrastrutturali di emergenza e di prima sistemazione idrogeologica.

Sotto il profilo della ricerca gli studi sono esposti in una relazione di sintesi, a carattere multidisciplinare. In questa, sono illustrate le ipotesi interpretative che è possibile avanzare sui fenomeni, nonché i principi, ai quali si ritiene che i provvedimenti di stabilizzazione e di riduzione

del rischio nelle aree colpite dalle frane debbano essere improntati. Sono delineati i criteri, ai quali le scelte progettuali dovrebbero ispirarsi.

## 9. Normativa geotecnica

Gli studi sui principi e sulle applicazioni delle norme nei vari settori della Geotecnica sono proseguiti con la ricostituita Commissione Norme Geotecniche del CNR. Notevole impegno hanno richiesto lo studio, la divulgazione e la traduzione del testo delle norme europee di progettazione geotecnica e delle norme sui geosintetici nell'ambito della Commissione di Ingegneria Strutturale (CIS) [JAPPELLI R., 1996, 1997 a, b, 1998 a, b]. Sul tema specifico della Stabilità dei Pendii è stata elaborata la memoria (JAPPELLI R., VIGGIANI G., 1998).

## 10. Manuali

E' stata completata la nuova edizione del capitolo "Stabilità dei Pendii" del Manuale dell'Ingegnere Civile, edito da ESAC-ZANICHELLI (JAPPELLI R., MUSSO A., 1996).

## 11. Memorie e note

CALLARI C., AURICCHIO F., SACCO E. (1996) - "A Return Map Algorithm for a Finite-strain Cam-clay Plasticity Model", Joint Conf. Of Italian Group of Comp. Mech. And Ibero-latin American Association of Comp. Meth. In Eng., Padova, settembre..

FEDERICO F., CALLARI C., (1996) - Computer simulation of the mechanical response of structurally complex clayey soils. ISCS '96, Italian Society for Computer Simulation, Yearly Conference, Rome, December 12-13.

FERLISI S., MUSSO A., RESTIVO E. (1996) - Analisi dimensionale e teoria dei modelli per lo studio dei "debris flow". Rapporto di ricerca, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Palermo.

JAPPELLI R. (1996) - Eurocodice 7 – Scopi, Principii e Compatibilità con le Norme Italiane. AGI, Giornata di Studio "Eurocodici e Normativa Geotecnica", 20 marzo. Rivista Italiana di Geotecnica, 2.

JAPPELLI R., MUSSO A. (1996) - Stabilità dei Pendii. Man. di Ingegn. Civile, Cap. IV, Zanichelli ESAC.

MITTIGA E. (1996) - Modellazione fisica di ammassi rocciosi fratturati. Tesi di Laurea, Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneria Civile.

MUSSO A., URCIUOLI G. (1996) - Il contributo dell'Ingegneria Geotecnica nella gestione di pendii interessati da frane - Convegno "La stabilità del suolo in Italia" Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.

CALLARI C. (1997) - Comportamento costitutivo di argille tenere in deformazioni finite, Tesi di dottorato, Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneria Civile, febbraio.

CROCE P., FLORA A. (1997) - Analisi teorica della gettiniezione. Rivista Italiana di Geotecnica.

JAPPELLI R. (1997 A) - "Il processo di progettazione geotecnica". Corso AGI per Ordine degli Ingegneri di Ancona, luglio.

JAPPELLI R. (1997 B) - The Observational Approach in Geotechnical Engineering. Third Int. Symp. on "Civil Infrastructure System – Intelligent Renewal", Capri, settembre.

LANFRANCA A. (1997) - "Solidificazione e consolidazione di terreni metastabili". Tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Palermo.

MITTIGA E. (1997) - Modellazione fisica di ammassi rocciosi fratturati. Rapporto di Ricerca, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Roma "Tor Vergata".

CALLARI C., AURICCHIO F., SACCO E. (1998) - "Finite-element implementation of a finite-strain Cam clay model". 5th Int. Conf. on Computer Plasticity. (COMPLAS V), 17-20 March, Barcelona, Spain.

- CALLARI C., FEDERICO F. (1998) – FEM validation of a double porosity elastic model for consolidation of structurally complex clayey soils. In print
- CECCONI M. (1998) - Sample preparation of a problematic pyroclastic rock. Int. Symp. Tohoku '98 (Sendai).
- CECCONI M., VIGGIANI G. (1998.) Physical and structural properties of a pyroclastic soft rock. Proc. II Int. Symp. on Hard Soils/Soft Rocks, Napoli, Vol. I, 85-91.
- CECCONI M., VIGGIANI G., RAMPELLO S. (1998) - An experimental investigation of the mechanical behaviour of a pyroclastic soft rock. II Int Symp. on Hard Soils/Soft Rocks, Napoli, vol. I, 473-482.
- JAPPELLI R. (1998 a) - Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Principi, Applicazioni e Confronto con le Norme Italiane. Il Processo di Progettazione Geotecnica. Conf. Ordine Ingegneri della Provincia di Roma.
- JAPPELLI R. (1998 b) – Situations in Geotechnical Engineering. Workshop “Prediction and Performance”, Napoli, aprile.
- JAPPELLI R., VIGGIANI G. (1998) - Landslide control: a summary of suggestions for Engineering Code writers. Proc. 1st I. C. “Environmental Engineering and Renewable Energy”, Ulaanbaatar, Mongolia, Elsevier, 57-66.
- RAMPELLO S., STALLEBRASS S.E., VIGGIANI G. (1998) – Ground movements associated with excavations in stiff clays: current prediction capability. Proc. II Int. Symp. on Hard Soils/Soft Rocks, Napoli, Vol. III.
- RESTIVO E. (1998) – Interpretazione dei meccanismi di dissesto di sponde di serbatoi artificiali in condizioni di post-rottura a seguito di oscillazioni cicliche del livello d'invaso. Rapporto interno, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Univ. Di Palermo.

## Unità Operativa 2.21

**VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA  
IN COMUNI DELLA BASILICATA, LAZIO E ABRUZZO**

Responsabile Prof. Giovanni Valentini  
Dipartimento Scienze della Terra – Università La Sapienza  
Piazzale Aldo Moro, 5 – 00185 – ROMA  
Tel. 06-49914923 Fax 06-4454729 E-mail: gval@geoappli.geo.uniroma1.it

Le ricerche che questa unità operativa ha condotto nel triennio 1996-1998 sono state rivolte a realtà regionali e locali di dissesto in diversi contesti geo-morfologici: da quelli di avanfossa plio-pleistocenica nella regione Basilicata si è passati ad analizzare bacini peritirrenici in cui successioni sedimentarie argillo - sabbiose vedono al di sopra una copertura vulcanica (Lazio settentrionale), fasce immediatamente adiacenti ad importanti fronti di sovrascorrimento e grandi paleofrane quaternarie nell'Appennino abruzzese. Per alcune di queste aree (avanfossa lucana, bacini peritirrenici laziali) lo studio è stato concentrato sui centri abitati. In questo quadro, l'attività svolta nel triennio è stata così articolata:

**Regione Basilicata**

Sulla scorta delle conoscenze della «franosità» dell'area si è avviata l'acquisizione di più specifiche informazioni sulle condizioni di innesco dei movimenti di versante ed in particolare sul ruolo che su di esse hanno le precipitazioni. L'attività è stata indirizzata da un lato ad una verifica dell'applicabilità di modelli idrologico-statistici nello studio delle condizioni di innesco di movimenti di versante che colpiscono 10 centri abitati siti nella Fossa Bradanica (rif. 2, 3, 4), dall'altro lato, con l'obiettivo di mettere a punto modelli completi di versante che, tenendo conto delle realtà geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche di ciascun sito, consentano di verificare l'effettivo ruolo delle precipitazioni sulla stabilità di specifici versanti, si è provveduto sia alla raccolta dei dati di input necessari all'allestimento di tali modelli attraverso l'esecuzione di rilievi di campagna e di indagini di laboratorio sia alla sperimentazione diretta in sito e allo studio dell'adattabilità di alcuni programmi di simulazione numerica alla risoluzione del problema in esame.

L'applicazione sperimentale di modelli idrologico-statistici alla franosità che nell'ultimo quarantennio ha colpito il centro abitato di Montalbano Ionico costituisce l'oggetto di una nota (rif. 4). I risultati raggiunti rendono esplicito soltanto in alcuni casi (30%-40% sul totale dei movimenti di versante) un chiaro e quantificabile innesco del collasso del versante da parte di precipitazioni di anomale caratteristiche; nei restanti casi tale corrispondenza, scandagliata sino a 180 giorni a ritroso rispetto alla data dell'evento, non sembra sussistere.

Per quanto attiene ai modelli completi di versante, sono stati selezionati tre versanti sede di documentati movimenti di versante: il versante nord - occidentale della collina di Montalbano Ionico (MT), quello di "la Salsa" a Pomarico (MT) e quello di S. Donato sul versante orientale di Pisticci (MT). Per ciascuno di essi, sulla base dei rilievi di campagna e delle indagini di laboratorio condotte, è stato ricostruito lo scenario geologico, geomorfologico, geomeccanico ed idrogeologico schematizzato attraverso alcune sezioni chiave.

E' stata inoltre avviata l'acquisizione di dati sperimentali sulla risposta dei terreni alle precipitazioni, in termini di variazione delle pressioni interstiziali all'interno sia delle coperture detritiche sia delle sottostanti Argille grigio-azzurre. Con questo intento è stato realizzato nel mese di febbraio 1999. in località Pomarico, un sistema di misura in continuo delle precipitazioni e delle pressioni interstiziali all'interno dei suddetti litotipi attraverso il posizionamento di piezometri elettrici in un foro di sondaggio e l'installazione di una stazione metereologica. Attraverso questo sistema si otterranno dati sperimentali in sito di notevole significato.

Importante considerazione emersa dallo studio della franosità dei centri abitati bradanici è la rilevante incidenza del fattore antropico sulla franosità delle colline argilloso-sabbioso-conglomeratiche della Basilicata. A questo proposito, nel tentativo di quantificare tale fattore, è stato svolto uno studio comparato della evoluzione dei versanti nell'ultimo quarantennio di due aree della Fossa Bradanica pressoché simili sotto numerosi aspetti tranne che per quanto attiene alle attività antropiche: in una (collina di Montalbano Ionico, MT) pressanti, nell'altra (Timpa Rossa) trascurabili (rif. 5).

## Regione Lazio

Studio delle condizioni di stabilità di alcuni comuni della provincia di Viterbo, storicamente interessati da movimenti franosi. La ricerca si è posta per obiettivo, oltreché l'analisi delle condizioni di stabilità del singolo centro abitato, l'analisi delle geometrie e dei meccanismi dei fenomeni di instabilità, generalmente crolli e ribaltamenti, e la comprensione del peso che i singoli «fattori» hanno nel generare condizioni di instabilità sul singolo versante. Le ricerche condotte dal 1994 nella regione Lazio relativamente alla franosità dei centri abitati di Civita Castellana, Castel S. Elia, Faleria, Calcata, Orte, Bomarzo, Chia (frazione di Soriano al Cimino) e Bassano in Teverina costituiscono l'oggetto di una nota, che sarà presentata al Bolletino della Società Geologica Italiana, alla preparazione della quale è stata rivolta parte dell'attività del 1998. Elemento peculiare di questo lavoro è l'aver esplicitato, attraverso un'ampia e differenziata casistica, quali siano per i rilievi collinari tufacei dell'alto Lazio i fattori maggiormente incidenti sulla franosità.

Diversamente, l'analisi di altri centri abitati, Sutri e Capranica, ha costituito l'oggetto delle attività di campagna compiute nel 1998 che si sono concentrate sul rilevamento geologico, geomorfologico, sul censimento dei dissesti, sui rilievi geomeccanici delle discontinuità condotti in fronti naturali e in cavità artificiali.

## Regione Abruzzo

Lo studio di un fenomeno di frana riattivatosi nel 1905 in località Bussi (valle del F. Pescara) storicamente ben documentato, ha fornito spunto per indagare da un lato la tipologia dei movimenti di versante che coinvolgono potenti coperture detritiche ubicate in corrispondenza di importanti fronti di sovrascorrimento, situazione questa ampiamente diffusa in tutto l'Appennino centro-meridionale, e dall'altro per indagare sulla velocità di cancellazione degli indizi morfologici generalmente utilizzati per identificare un movimento franoso. Su questo movimento di versante è stata già pubblicata una nota (rif. 1) e sono allo stato attuale in corso approfondimenti ulteriori. In particolare nel mese di settembre 1997 sono state eseguite alcune trincee alla base del versante volte da un lato a reperire elementi utili alla valutazione della cinematica del movimento e dall'altro a consentire il campionamento dei materiali interessati dal dissesto. Nel corso del I semestre 1998 l'interpretazione di quanto rilevato sulle pareti delle trincee eseguite in corrispondenza del piede di frana ha permesso di identificare in questa parte del corpo di frana dislocazioni anche in epoca successiva al 1905 ed inoltre di registrare la presenza di chiare strutture compressive al piede della frana. Sono state inoltre concluse le indagini di laboratorio sui campioni prelevati dalle pareti delle trincee.

Ulteriori studi, di recente avviati, hanno come oggetto grandi frane in ammassi rocciosi fratturati avvenute sia in tempi preistorici sia storici. La ricostruzione dei cinematismi, dei meccanismi nonché dell'età di questi fenomeni di vaste proporzioni (in genere  $V > 10^6 \text{ m}^3$ ) riveste un'importanza fondamentale in merito alla definizione sia dei processi di colmamento delle conche intermontane e delle vallate dell'Appennino sia della dinamica morfoevolutiva dei versanti impostati prevalentemente in litologie calcaree e calcareo marnose. Primi risultati sono stati conseguiti per le frane di M. Arezzo (AQ) e Lettopalena (CH) rispettivamente date al Pleistocene e a  $4800 \pm 60 \text{ yr BP}$ . (rif. 7, 8).

## Pubblicazioni

- 1) Bozzano F., Cesati E., Prestininzi A. & Scarascia Mugnozza G. (1996): Stato e tipo di attività di movimenti di versante lungo fronti di sovrascorrimento dell'Appennino centrale: elementi di valutazione dedotti dalla frana di Bussi (PE), Atti del Convegno Internazionale "La prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (Cn), 5-7 Novembre 1996, 305-316.
- 2) Bozzano F., De Pari P. & Scarascia Mugnozza G. (1996): Historical data in evaluating landslide hazard in some village in southern Italy, Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Landslides (ISL '96), vol. 1, pp. 159-164.
- 3) Bozzano F., Floris M., Valentini G. (1996): Il ruolo delle piogge nelle instabilità di pendio sul versante ionico nella Basilicata: primi risultati, Atti del Convegno Internazionale "La prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (Cn), 5-7 Novembre 1996, 357-367.
- 4) Bozzano F., Floris M. & Polemio M. (1998): Rainfalls as triggering factor of slope movements in southern Italy: Montalbano Ionico case record, Atti dell' 8th IAEG Congress, 1889-1896.
- 5) Bozzano F., Floris M. & Traversa P. (1998) : Valutazione dell'incidenza del fattore antropico sulla franosità della collina di Montalbano Ionico (Basilicata), VI Convegno dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, ottobre 1998, in corso di referaggio.
- 6) Bozzano F., Gaeta M., Terrinoni M. (1998): Slope stability of Monte Mario urban park in Rome (Italy), Proc. 8th IAEG Congress (Vancouver, 1998) 3, 1601 - 1608.
- 7) Cinti G., Donati A. & Scarascia Mugnozza G. (1998): La grande frana di M. Arezzo", VI Convegno dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, ottobre 1998, in corso di referaggio.
- 8) Paolucci G., Pizzi R. & Scarascia Mugnozza G. (1998): Aspetti geologici, geomorfologici e geomeccanici della paleofrana di Lettopalena", VI Convegno dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, ottobre 1998, in corso di referaggio.
- 9) Bozzano F., Marcocchia S., Barbieri M. (1999): The role of calcium carbonate in the geomechanical behaviour of Pliocene lacustrine deposits, Quarterly Journal of Engineering Geology, 32, 3, 271-289.

Unità Operativa 2.23

# **STUDIO DI FRANE TIPICHE DELL'ITALIA MERIDIONALE ANALISI GEOTECNICA DI FRANE IN ARGILLE A STRUTTURA COMPLESSA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA**

Responsabile Prof. Arturo Pellegrino  
Istituto Tecnica delle Fondazioni e delle Costruzioni in Terra – Università di Napoli  
Via Claudio, 21 – 80125 – NAPOLI  
Tel. 081-7683472 Fax 081-7683481 E-mail: gianurci@cds.unina.it

## **1. Premessa**

L'U.O. ha operato nell'ambito dei seguenti progetti di ricerca della linea 2:

- Programma speciale "Analisi, Controllo e Valutazione del Rischio di frana";
- Metodi e criteri di intervento in relazione alla tipologia di frana.

La ricerca è di carattere interdisciplinare ed è stata svolta in collaborazione con i geologi del gruppo del prof. T. Pescatore.

Gli studi hanno riguardato la caratterizzazione geologica e geotecnica delle frane dell'Italia Meridionale e sono stati basati sul monitoraggio di alcune aree campione, ritenute rappresentative di situazioni tipiche sotto il profilo geologico, morfologico e geotecnico: 1) il colle di Bisaccia (AV), 2) l'Alta Valle del Basento (PZ), 3) la Valle del Sele (SA), 4) la Provincia di Napoli.

I primi tre siti sono rappresentativi di ambienti geologici tipici dell'entroterra appenninico e sono caratterizzati dalla presenza di potenti formazioni mioceniche: Argille Varicolori e Flysch Rosso; le frane tipiche sono le colate di terra. A tali siti l'U.O. ha dedicato per l'intero triennio, ma anche negli anni precedenti, la maggior parte delle proprie risorse umane e finanziarie.

La provincia di Napoli costituisce una recentissima estensione della ricerca ad un ambiente che presenta caratteristiche del tutto diverse dagli altri siti: la stratigrafia è rappresentata da una modesta copertura di piroclastiti sciolte su un potente substrato lapideo (calcareo o tufaceo); la franosità tipica è rappresentata dalle colate rapide che si innescano nella coltre piroclastica, la cui resistenza a taglio è sensibile alle variazioni del grado di saturazione.

L'U.O. è stata impegnata anche nella ricerca valutazione del rischio di frana, sviluppata con l'intento di trasferirne i risultati al campo della Protezione Civile.

## **II Colle di Bisaccia**

L'attività sviluppata nel triennio 96-98 si pone in continuità con quella del periodo immediatamente precedente, durante il quale fu completato il rilievo geologico e geo morfologico dell'area, individuando gli eventi che hanno dato vita alla formazione del Colle e dei valloni limitrofi.

Nel periodo di cui si riferisce sono continuate le misure di pressioni neutre a grande profondità al di sotto del piastrone di conglomerati e nel vallone dei Corvi, inciso nella formazione argillosa. Le misure hanno confermato che la distribuzione delle pressioni neutre è sensibilmente depressa rispetto a quella idrostatica; ciò è stato interpretato con la rapidità del fenomeno di erosione che ha dato vita ai valloni; lo scarico tensionale avrebbe generato nel sottosuolo condizioni parzialmente non drenate.

Il terremoto dell'Irpinia del 1980 produsse una serie di importanti effetti al suolo, diffusi nell'intero abitato di Bisaccia, consistenti soprattutto in vistosi cedimenti. Per interpretare la risposta sismica del Colle è stata sviluppata una sperimentazione di laboratorio di tipo ciclico e dinamico sulle argille della formazione di base.

Nell'ultimo anno l'interesse dell'U.O. si è rivolto soprattutto agli interventi di stabilizzazione. In uno dei valloni laterali al Colle è stato realizzato un campo prove per la sperimentazione sul miglioramento meccanico dei terreni mediante diffusione ionica da pali di cloruro di potassio.

## **Frane tipiche dell'Alta Valle del Basento**

Anche in questo caso gli studi geotecnici sono stati basati su un'ampia fase di ricerca rivolta al territorio (svolta in precedenza), durante la quale fu eseguito il rilievo geologico e geomorfologico di un'area di circa 70 Km<sup>2</sup>, nell'Alta valle del Fiume Basento. In tale area l'U.O. ha tenuto sotto osservazione con continuità tre colate tipiche, site nelle località Marino, De Nicola ed Acqua di Luca, facendosi carico, col proprio personale, delle misure piezometriche, inclinometriche e topografiche. Su frana Marino è stato in funzione per l'intero triennio un sistema di acquisizione automatico ed in continuo dei piezometri a corda vibrante e degli inclinometri fissi, attrezzati con elettrolivelle per la misura delle rotazioni; il sistema è alimentato da un accumulatore a 12 V con pannello solare. I dati acquisiti hanno consentito di definire l'andamento della falda e le sue escursioni stagionali e di ricostruirne l'andamento in dipendenza del regime di pioggia, misurato ad un pluviografo installato sullo stesso sito.

E' stata sviluppata la modellazione del comportamento meccanico delle frane di tipo traslativo in risposta alle varie sollecitazioni esterne (interazione con la zona di alimentazione ritenuta più attiva, variazione del livello della falda nel corpo della colata), utilizzando un programma agli elementi finiti in cui il corpo di frana è stato modellato come un mezzo elasto-plastico incrudente (Cam-clay modificato) e la superficie di scorrimento con elementi di interfaccia ad attrito, che consentono grandi spostamenti. I risultati hanno messo in risalto che una parte rilevante degli spostamenti potrebbe essere dovuta alla deformazione del corpo di frana.

## **La Valle del Sele**

In occasione della costruzione della strada Fondo valle Sele si rese necessario stabilizzare una vasta area, nel Comune di Contursi, e furono a tal fine realizzati pozzi con aste drenanti e trincee drenanti. Gli interventi furono basati su una vasta indagine in sito ed in laboratorio. Terminati i lavori la strumentazione installata fu controllata per qualche anno e fu poi abbandonata ed in parte distrutta. L'U.O. ha ritenuto di grande interesse tenere sotto osservazione il sito operando con mezzi propri, ad esclusivi fini scientifici.

Nel triennio di cui si riferisce sono stati rielaborati i dati piezometrici relativi al periodo precedente l'intervento; sono stati ritrovati e messi sotto osservazione i pochi piezometri ancora esistenti, sono state realizzate tre nuove campagne di sondaggi attrezzati con piezometri Casagrande ed è stato installato un pluviografo.

I risultati sono confortanti e danno conto dell'influenza dei drenaggi sul regime della falda; a tale conclusione si è giunti raffrontando non solo le misure piezometriche precedenti e successive l'intervento, ma anche quelle relative a zone interessate o non dai drenaggi.

## **La provincia di Napoli**

A seguito dell'evento alluvionale del 5 maggio 1998 l'U.O. ha avviato la ricerca sulle colate rapide nelle coltri piroclastiche, svolgendo rilievi su alcuni siti della provincia di Napoli interessati da queste frane ed esperienze di laboratorio sulle piroclastiti prelevate in tali siti.

## **Valutazione del rischio di frana**

La ricerca è finalizzata alla previsione dell'evoluzione degli spostamenti dei corpi di frana ed in particolare del tempo a cui si verificherà l'eventuale collasso.

Si è osservato che i pendii possono evolvere verso la crisi o verso una temporanea stabilizzazione senza che i comuni metodi di previsione a scatola chiusa, del tipo di quello proposto da Saito nel 1964, forniscano la possibilità di distinguere a priori il tipo di andamento.

E' stata eseguita l'analisi dei dati disponibili in letteratura col fine di mettere a punto un modello previsionale su base statistica che segnalasse l'avvicinamento ad opportune soglie di allarme, fissate in funzione della destinazione del territorio.

Per quanto riguarda le frane lente è stato predisposto un modello statistico - probabilistico per correlare gli spostamenti alle cause di frana (piogge, falda,...).

## Publicazioni

DI NOCERA S., FENELLI G.B., PELLEGRINO A., RAMONDINI M.: "Geological and geotechnical problems in slopes involved in large old landslides". VII International Symposium on Landslides, 1996.

GIUSTI G., IACCARINO G., PELLEGRINO A., PICARELLI L., RUSSO C., URCIUOLI G.: "Kinematic features of earthflows in Southern Apennines." VII International Symposium on Landslides, 1996.

RUSSO C.: "Caratteri evolutivi di movimenti traslativi e loro interpretazione meccanica attraverso analisi numerica". Tesi di dottorato. Consorzio fra le Università di Roma "La Sapienza" e Napoli Federico II, 1996.

FENELLI G.B., PELLEGRINO A., PICARELLI L. (1996) - Stability problems of old towns built on relict plateaux resting on clay deposits. Proc. Arrigo Croce Memorial Symposium "Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites, 1997.

EVANGELISTA A.: "Analisi di stabilità in rocce sciolte: validità e limiti dei metodi dell'equilibrio limite". Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

EVANGELISTA A.: "Strutture di sostegno di pendii instabili: analisi dei meccanismi d'interazione col terreno e cenni sul proporzionamento". Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

EVANGELISTA A.: "Sistemi drenanti per la stabilizzazione dei pendii: tipi e schemi di funzionamento". Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

FENELLI G.B., RAMONDINI M.: "Monitoring the behaviour of a multi-anchored diaphragm in pyroclastic soil." 14th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Eng. Amburgo 1997.

PELLEGRINO A.: "Tipologia e cause delle frane. Indagini e studi specifici". Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

PELLEGRINO A.: "Aspetti generali del progetto e dei controlli". Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

URCIUOLI G. - Caratterizzazione meccanica di corpi di frana in terreni argillosi. Corso C.I.S.M.: "Interventi di stabilizzazione dei pendii", Udine 1997.

AVERSA S., NOCILLA N., URCIUOLI G., CANDELA M. - Stability analysis of the vertical cliff resting on the via Krupp in Capri. Proc. Arrigo Croce Memorial Symposium "Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites, 1997.

DI MAIO C., FENELLI G.B.: "Influenza delle interazioni chimico-fisiche sulla deformabilità di alcuni terreni argillosi". RIG n° 1 1997.

FENELLI G.B., PAGANO L.: "Osservazioni sul comportamento di un diaframma realizzato in terreni piroclastici sciolti". Atti del IV Convegno del Gruppo Nazionale di coordinamento per gli studi di Ingegneria Geotecnica, Perugia 1997.

FENELLI G.B., PAGANO L.: "Modellazione del comportamento di un diaframma realizzato in terreni piroclastici". Atti del IV Convegno del Gruppo Nazionale di coordinamento per gli studi di Ingegneria Geotecnica, Perugia 1997.

MUSSO A., URCIUOLI G. - Il contributo dell'Ingegneria Geotecnica nella gestione di pendii interessati da frane. Convegno "La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità, frane". Roma 1997.

GUERRIERO G., PICARELLI L., URCIUOLI G.: "Some considerations on the ultimate condition of hard clays in triaxial tests (discussion)". Proc. 1st International Symposium on Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks, 1998.

MAURO R., PELLEGRINO A., RAMONDINI M., URCIUOLI G.: "A contribution to the geotechnical characterization of large areas for land planning.", Int. Conf. on Geotechnical Site Characterization, 1998.

OLIVARES L., PICARELLI L., URCIUOLI G.: " Yield and shear strength of intensely fissured clay shales (discussion)". Proc. 1th International Symposium on Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks, 1998.

OLIVARES L., URCIUOLI G., PICARELLI L.: "Mechanisms of rupture of reconstituted and natural fissured clay shales in undrained triaxial tests." Int. Symp. Nagoya, 1998.

URCIUOLI G.: "Pore pressures in unstable slopes constituted by fissured clay shales". 2nd Int. Symp. on The Geotechnics of Hard Soils - Soft Rocks, Napoli 1998.

Unità Operativa 2.24a

## **EVENTI FRANOSI NELL'AREA MOLISANA STUDI SULLE CAVITÀ DEL SOTTOSUOLO NAPOLETANO**

Responsabile Prof. Antonio Vallario  
Dipartimento Scienze della Terra – Università di Napoli  
Largo S. Marcellino, 10 – 80138 – NAPOLI  
Tel. 081-5473344 Fax 081-5525611

L'U.O. 2.24, responsabile scientifico Prof. Antonio Vallario, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Napoli Federico II, ha come tema di ricerca "Eventi franosi nell'area molisana; studi sulle cavità del sottosuolo napoletano". Le attività di ricerca nel periodo 1996-1998 sono state indirizzate sia ai temi indicati sia a filoni di ricerca complementari per sviluppare nuovi campi e nuove metodologie di approccio alle complesse problematiche ambientali del settore geologico applicativo.

In particolare, le ricerche riguardanti lo studio di frane e sistemi franosi nella valle del Fiume Biferno, distinte dai numeri di pubblicazione 1371, 1353, 1554, 1556, 1811 e 0000, sviluppano aspetti geomorfologici ed evolutivi come previsto dagli obiettivi prefissati dal GNDCI con metodologie innovative comprendenti le ricostruzioni spazio-temporali dei processi che hanno portato al coinvolgimento di aree sempre più ampie fino a caratterizzare estesi versanti ormai ai limiti della stabilità.

Al rischio a franare è stato dedicato uno studio (nota n° 1209) in alcune aree campione del bacino del Biferno, utilizzando una metodologia proposta da GUIDA ed altri nel 1979 e già sperimentata nei bacini del Mingardo e del Lambro in Cilento.

Sul rischio idrogeologico è stato, invece, affrontato uno studio pilota in corrispondenza del versante sud-occidentale del Somma-Vesuvio (nota n° 1217); val la pena di sottolineare che questo studio ha messo in evidenza per la prima volta, in maniera analitica, la pericolosità degli alvei-strade, in occasione anche di precipitazioni meteoriche non eccezionali.

Proseguendo un precedente filone di ricerca sull'Unità Territoriale di Riferimento per la pianificazione ambientale, è stata sviluppata un'applicazione nell'area del Monte Bulgheria in Cilento (nota n°1491).

Al fine di contribuire all'incentivazione di uno dei settori trainanti dell'economia molisana, è stato affrontato uno studio sui rischi geologico-ambientali prodotti dalle cave della conoide di Boiano (Campobasso) (nota n°1394); il lavoro ha messo in evidenza il rapporto uomo/ambiente con particolare riferimento alle attività estrattive, in situazioni di potenziale rischio idrogeologico.

Infine, è stato affrontato il complesso tema della "gestione delle catastrofi" che nel nostro Paese viene trascurato, principalmente da quegli Enti che a norma della recente legislazione (legge 225 del 24/02/1992), dovrebbero farsi carico della previsione e prevenzione delle catastrofi (nota n° 1362).

Le ricerche di questo triennio di attività oltre che essere perfettamente in linea con gli obiettivi prefissati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, hanno consentito di contribuire agli aspetti innovativi delle conoscenze scientifiche e tecnologiche sia per quanto attiene alle metodologie d'indagine messe a punto (elaborazione di carte del rischio da frane; inserimento di singoli fenomeni franosi in sistemi franosi con caratteri di processi evolutivi globali in formazioni strutturalmente complesse, tipo frana Covatta nel bacino del Biferno; definizione ed utilizzazione dell'Unità Territoriale di Riferimento per la pianificazione ambientale), sia per le sperimentazioni sul campo in termini di acquisizione di elementi conoscitivi dell'ambiente fisico, inseriti nel contesto geomorfologico-evolutivo che caratterizza la valle del Biferno. Non può essere trascurato che a queste attività di ricerca l'U.O. 2.24 associa intense azioni per la diffusione e la pubblicizzazione dei risultati scientifici raggiunti e delle azioni coordinate e promosse dal Gruppo

Catastrofi e dalla Protezione Civile, per incentivare le problematiche di previsione e prevenzione delle catastrofi che, a ragione, costituiscono le uniche concrete possibilità di raggiungere migliori condizioni di sicurezza per l'incolumità dei cittadini e delle opere antropiche.

Durante il triennio sono state trattate le problematiche del rischio idrogeologico in diversi incontri con gli studenti dei corsi di laurea in Scienze Geologiche ed in Scienze Naturali, con gli alunni di molte scuole secondarie superiori, con gli insegnanti attraverso l'Istituto di Ricerca e di Didattica Ambientale IREDA – Napoli e in convegni vari organizzati dal Club Alpino di Napoli, dalla SIGEA, dalla Provincia di Napoli, dall'associazione RISMA di Napoli ed altre associazioni.

Di seguito si riportano le ricerche pubblicate sotto l'egida del GNDCI nel triennio 1996-1998:

## Publicazioni

[1209] CORBI I., GUIDA M., TETAMO G., VALLARIO A., 1996: Considerazioni sul rischio a franare di aree campione nel bacino del Fiume Biferno (Molise), Mem. Soc. Geol. It., 51, pp. 1087-1100, Roma.

[1217] DE VITA P., VALLARIO A.; 1996: Il rischio idrogeologico del Somma-Vesuvio, Mem. Soc. Geol. It., 51, Roma.

[1371] GUIDA D., GUIDA M., VALLARIO A.; 1996: Analisi preliminare della frana del 12 aprile 1996 in località Covatta nel bacino del Biferno (Molise), Geologia Tecnica & ambientale, Ordine Nazionale dei Geologi, 2/96, Roma.

[1491] GUIDA D., GUIDA M., LANZARA R., VALLARIO A.; 1996: Unità Territoriale di Riferimento per la pianificazione ambientale: esempi a diversa scala nell'area del Monte Bulgheria (Cilento, Campania), Geologia tecnica & ambientale, Ordine Nazionale dei Geologi, 3/96, Roma.

[1394] DI MARIA M., PAONE M., VALLARIO A., 1996: Le attività estrattive nel contesto ambientale: considerazioni nell'area molisana, Quarry and Construction, 9/96, Ed. Pei, Parma.

[1362] VALLARIO A.; 1996: La gestione delle catastrofi, Quarry and Construction, 11/96, Ed. Pei, Parma.

[1353] CORBI I., DE VITA P., VALLARIO A.; 1996: Caratterizzazione idrogeologica per l'analisi morfoevolutiva delle formazioni strutturalmente complesse della media e bassa valle del Biferno (Molise), V Conv. Naz. dei Giovani Ricercatori in Geologia applicata, 14 Ottobre 1996, Cagliari.

[1554] CORBI I., GUIDA D., GUIDA M., VALLARIO A.; 1996: La frana in località Covatta nel bacino del Biferno (Molise): aspetti geologici e geomorfologici, Conv. Inter. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", IRPI-CNR di Torino, Alba (CN), 5-7 Novembre 1996.

[1556] LANZARA R., PERRIELLO ZAMPELLI S., VALLARIO A., VIGGIANI A.S.; 1996: La frana in località Covatta nel bacino del Biferno (Molise): analisi volumetrica e quantitativa, Conv. Inter. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", IRPI-CNR di Torino, Alba (CN), 5-7 Novembre 1996.

[1811] CORBI I., GUIDA D., GUIDA M., LANZARA R., VALLARIO A., 1998: La frana del 12 Aprile 1996 in località Covatta: riattivazione e fasi evolutive (Molise), Quarry and Construction, 1/98, Ed. Pei, Parma.

[0000] CORBI I., DE VITA P., GUIDA D., GUIDA M., LANZARA R. & VALLARIO A., 1999: Evoluzione a medio termine del Vallone in Località Covatta (Bacino del Fiume Biferno, Molise). Geografia Fisica e dinamica Quaternaria, (in stampa).

Unità Operativa 2.24b

## **RILIEVI GEOLOGICI E MORFOLOGICI NELLA PROVINCIA DI BENEVENTO PER LO STUDIO DELLA FRANOSITÀ**

Responsabile Prof. Tullio Secondo Pescatore  
Facoltà di Scienze – Università del Sannio  
Via Port'Arsa, 11 – 82100 – BENEVENTO  
Tel. 089-965316 Fax 089-965275 E-mail: pescatore@scienze.ingbn.unisa.it

L'Unità Operativa negli ultimi tre anni ha svolto studi di geologia e morfologia nell'ambito della Provincia di Benevento, che ricadono essenzialmente nel programma speciale "Analisi, controllo e valutazione del rischio di frana" previsto tra le ricerche della Linea 2.

Tali studi si inquadrano nell'ambito di una ricerca a carattere interdisciplinare iniziata presso la sede dell'Università Federico II di Napoli e proseguita presso la sede dell'Università del Sannio, e che prevede tra l'altro anche il coordinamento con studi geotecnici condotti in parallelo dall'Unità Operativa 2.23 (Resp. Prof. A. Pellegrino) con lo scopo di definire il carattere del dissesto idrogeologico in rapporto ai terreni ed al rischio di frana.

La ricerca si è posta come obiettivo la cartografia geologico-strutturale, la cartografia litologica e morfologica; una banca dati relativi alle principali aree in frana, e l'analisi di alcuni significativi movimenti franosi ricercando le relazioni con i fattori geologici e morfologici che regolano la franosità.

Essendo la Provincia di Benevento estesa circa 2000 Km<sup>2</sup>, gli studi sono stati rivolti al settore nord-orientale del territorio provinciale esteso circa 400 Km<sup>2</sup>. Tale settore aree al confine tra la Campania, il Molise e la Puglia, e sotto il profilo geologico regionale rappresenta il raccordo tra le porzioni assiali ed esterne dell'Orogene sudappenninico.

In particolare, il territorio studiato ricade nel settore sud-occidentale del F.n. 407 "S. Bartolomeo in Galdo", nel settore occidentale del F. n. 420 "Troia", nel settore orientale del F. n. 419 "San Giorgio La Molara". In tali aree gli studi geolitologici hanno evidenziato la presenza di un caratteristico assetto strutturale, costituito schematicamente dalla sovrapposizione di natura tettonica di terreni a comportamento rigido (Coltre Sannitica SELLI 1962) su terreni a comportamento duttile (Arenarie di Caiazzo (OGNIBEN 1956; DI NOCERA et alii, 1993). Durante il Pleistocene medio e superiore l'approfondimento fluviale in tali successioni è stato molto rapido; in quanto accentuato dagli effetti del sollevamento tettonico del territorio..

Gli studi geomorfologici rivolti all'analisi della franosità del territorio hanno evidenziato lungo i versanti presenti per tutto lo sviluppo delle due valli fluviali principali (F. Tammaro e F. Fortore) con uno stato di generalizzata instabilità. Gli studi hanno evidenziato che i caratteri geologico strutturali generali predisponenti la franosità dei versanti di questo settore geologico sono riconducibili: la multistratificazione delle successioni a prevalente componente pelitica e i complessi rapporti geometrici esistenti tra esse. La maggiore concentrazione del dissesto è osservata su quei versanti ove convergono valori di pendenze superiori all'angolo di naturale declivio ed in particolare dove in misura maggiore si risentono gli effetti dei principali lineamenti tettonici tanto di natura compressiva (sovrascorrimenti, faglie inverse) quanto di natura tensile (faglie normali, faglie a componente orizzontale).

Difatti, questi due aspetti sono esaltati nei settori ove è maggiore la complessa relazione geometrica tra successioni a caratteristiche reologiche differenti.

In tali aree oltre all'analisi dell'assetto strutturale e delle locali successioni stratigrafiche; mediante la interpretazione da foto aeree, sono stati rilevati e schedati 700 principali fenomeni franosi, cartografati alla scala 1:25.000 distinti per tipo di movimento ed età morfologica, mentre lo stato di attività è riferito alle aerofoto del volo 1984, in assenza di aerofoto di epoca successiva.

Il tipo di frana nettamente dominante è quello di colata rapida di argille; anche per queste aree della Provincia di Benevento esaminate viene confermata la validità del modello evolutivo di questo tipo di fenomeno articolato in quattro fasi (GUIDA D. & IACCARINO G. 1991,1995) che in più casi risultano mobilizzati anche in concomitanza di scosse sismiche di elevata intensità (ESPOSITO, GARGIULO, IACCARINO E PORFIDO 1996,1997)

Nel corso di tale ricerca, sono state redatte carte geologiche in scala 1:10.000 ed 1:25.000 ed una carta inventario delle frane.

## Bibliografia

- ESPOSITO, GARGIULO, IACCARINO E PORFIDO (1997) "Analisi dei fenomeni franosi in aree ad elevata sismicità in Appennini meridionale". Acc. Nazionale dei Lincei Roma 1996
- ESPOSITO, GARGIULO, IACCARINO E PORFIDO (1998) "Distribuzione dei fenomeni franosi riattivati dai terremoti dell'Appennino meridionale: Censimento frane del terremoto 1980 Atti convegno CNR-GNDCI Alba 1997
- IACCARINO G., PEDUTO F., PELLEGRINO A., PICARELLI L. (1995) - "Main features of landslides occurring in a wide area of Southern Apennines" Proc. XI ECSMFE. Copenhagen
- PESCATORE T., DE PALMA L., DI NOCERA S., IACCARINO G., MATANO F., PEDUTO F., & SABATO P.(1996)- "Rilievi geologici e morfologici nella provincia di Benevento per lo studio della franosità. Risultati preliminari" V Conf. Scient. dei Dipart. Università Federico II Napoli Ed. Frede
- DI NOCERA, FENELLI G.B., PELLEGRINO A. & RAMONDINI M. (1995) "Geological and Geotechnical problems in slopes involved in large old landslides". VII International Symposium on Landslides Trondheim (Norvegia) pp 1-6
- DI NOCERA S., IACCARINO G., PEDUTO F., & PESCATORE T.(1997) "Morphoevolutive model of the sliding phenomena in the Bisaccia area (Italy)" Convegno ATENE 1997

## Unità Operativa 2.25

**MOVIMENTI DI MASSA IN CALABRIA, BASILICATA E PUGLIA  
MONITORAGGIO IN CONTINUO**

Responsabile Prof. Alessandro Guerricchio  
Dipartimento Difesa del Suolo – Università della Calabria  
Contrada S. Antonello – 87040 – Montalto Uffago (CS)  
Tel. 0984-934316 - Fax. 0984-934245

Nel triennio 1996-1998 l'Unità Operativa ha svolto attività scientifica mirata al completamento degli studi, avviati nel corso degli anni precedenti, inerenti a:

- caratteri geologico-strutturali e geomeccanici dell'Isola di San Nicola (Tremiti);
- monitoraggio lungo la struttura di imbottigliamento della faglia di Mattinata (Gargano), ove ricadono importanti centri abitati;
- le grandi frane costiere adriatiche - la frana di Petacciato;
- fenomeni di subsidenza nell'area Crotonese e nel Brindisino (area archeologica di Egnazia);
- stabilità di numerosi centri abitati delle aree reggina, cosentina e lucana.

**Geologia e condizioni di stabilità dell'Isola di San Nicola**

Per le sue condizioni geologiche e strutturali, l'Isola di San Nicola è diffusamente interessata, lungo tutto il suo perimetro, da fenomeni di instabilità a cinematica rapida (ribaltamenti), generati dall'erosione differenziale operata dalla dinamica meteomarina sulle falesie costituite da litotipi ad elevata resistenza cui soggiacciono formazioni di più scadenti proprietà meccaniche.

Ciò è particolarmente accentuato nell'area settentrionale, esposta ai venti dominanti e alle conseguenti mareggiate, per la quale è stato stimato un arretramento medio negli ultimi tre secoli di circa 5cm/anno.

Studi petrografici e geomeccanici sono stati condotti allo scopo di determinare le adeguate miscele di iniezione negli interventi di stabilizzazione (ancoraggi).

**Strutture di blocco lungo la faglia di Mattinata**

Nell'area di San Giovanni in Lamis (promontorio del Gargano), lungo la struttura tettonica di Mattinata, è stata individuata una struttura di blocco del movimento trascorrente, identificabile come "curva di imbottigliamento" (restraining band), il cui esame in dettaglio ha mostrato che tale struttura costituisce una zona di forti accumulo tensionale che potrebbe dar luogo a sismi ad elevata magnitudo.

Gli sforzi di compressione esistenti hanno prodotto marcati piegamenti, il cui andamento può costituire indice dell'entità delle forze in gioco, sia accumulate che rilasciate. A tale scopo è stata avviata una campagna di misura tramite GPS degli innalzamenti indotti nella superficie topografica ad opera di tali sforzi.

**La frana di Petacciato**

È stato svolto un approfondito studio sulla dinamica passata ed attuale della frana di Petacciato le cui caratteristiche geografiche (presenza dell'abitato alla sommità del versante e della linea ferroviaria nella zona di piede) hanno costituito un utile monitoraggio di superficie a grande scala, affidabile e di durata pluridecennale.

Per quanto concerne le ultime mobilitazioni, sono state condotte analisi geomorfologiche e geotecniche sui terreni argillosi presenti che hanno condotto ad individuare tra le azioni

concomitanti nella realizzazione del movimento, una lenta azione deformativa tettonica a prevalente componente tangenziale, così come in altre zone della costa adriatica tra Termoli ed Ancona.

## Fenomeni di subsidenza in Puglia e nel Crotonese

Esempi di innalzamento relativo del livello marino sono stati indagati, anche tramite prospezioni geoarcheologiche subacquee, nelle aree di ritrovamento di opere fisse murarie di epoca archeologica di Egnazia (Brindisi) e di alcune località del Crotonese. I risultati, in corso di elaborazione, consentono di formulare ipotesi sulla stabilità dei versanti costieri e sulle cause dell'erosione delle coste, troppo diffusamente e facilmente attribuiti alla sola attività antropica.

## Stabilità di centri abitati nelle province di Reggio, Cosenza, Potenza e Matera

Sono stati approfonditi gli studi sulle condizioni di instabilità dei seguenti centri abitati e dintorni, con attenzione, per alcuni di essi, anche alle più importanti infrastrutture stradali e ferroviarie che ricadono nel loro territorio:

Provincia di Potenza: Maratea e S. Fele

Provincia di Cosenza: Cassano Jonico, Gimigliano e S. Lucido

Provincia di Reggio Calabria: Gerace

Provincia di Matera: Montalbano Jonico

## Pubblicazioni

GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1996) "Deformazioni gravitative dei versanti costieri di Vasto" Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Alba (CN)

GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1996) "Rischio da grandi frane nella fascia costiera adriatica" Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica". Alba (CN)

GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1996) "Difficili condizioni geologiche e comportamento della Galleria del Frido (Basilicata)" *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, Vol. XXIX

GUERRICCHIO A. (1996) "Strutture di blocco lungo la faglia trascorrente di Mattinata (Gargano)" *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, Vol. XXIX

COTECCHIA V., FIDELIBUS D., GUERRICCHIO A., TULIPANO L. (1996) "Valutazione del rischio di venute d'acqua nella nuova galleria ferroviaria attraversante le masse argillose di Miglionico" *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, Vol. XXIX

GUERRICCHIO A., GUERRICCHIO M., MARUCA A. (1996) "Strutture archeologiche fisse sommerse a Vasto ed Egnatia: considerazioni sulle variazioni delle linee di costa in tempi storici" Pubblicazione dell'Università della Calabria

GUERRICCHIO A., MELIDORO G., MELIDORO N. (1996) "Comportamento di una galleria stradale al piede di un grande corpo di frana antica" *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, Vol. XXIX

GUERRICCHIO A. (1998) "slope movements in the area of the town of San Fele, typical of the Southern Apennine in Italy" 8<sup>th</sup> IAEG Congress, Vancouver

GUERRICCHIO A., MASTROMATTEI R., RONCONI M. L., TUCCI G. (1998) "Deep seated gravitational slope deformations and large landslides in limestones and in complex geological formations at Verbicano town (Calabria region - Southern Italy)" 8<sup>th</sup> IAEG Congress, Vancouver

GUERRICCHIO A., RONCONI M. L. (1998) "Large coastal landslides in some localities in Italy and their influence on the reduction of beaches" 8<sup>th</sup> IAEG Congress, Vancouver

GUERRICCHIO A., PIERRI P. (1998) "Sismicità a San Giovanni Rotondo" *Geologia Tecnica*

## Unità Operativa 2.26

**SUBSIDENZA E INSTABILITÀ DEL TERRITORIO IN AREE CARSICHE**

Responsabile Prof. Fulvio Zezza  
Istituto Geologia Applicata e Geotecnica – Politecnico di Bari  
Via E. Orabona, 4 – 70125 – BARI  
Tel. 080-5460376 Fax 080-5460675

L'attività e di ricerca nel corso del triennio 1996-1998 ha riguardato essenzialmente due aree, la prima ubicata a Nord-Est di Altamura (Foglio 189 I.G.M.), interessata da un grave stato di degrado e di instabilità in relazione alla presenza di vecchie cave a fossa e in sotterraneo, ormai abbandonate da almeno 50 anni, la seconda, ricadente in agro di Avetrana (F° 213 I NO "Torre Colimena" della Carta Topografica d'Italia), caratterizzata dalla presenza di grotte paracarsiche con evidenti fenomeni di instabilità e di dissesto ("Grotta di S. Martino", "Grotta dell'erba" e "Grotta della Tumarola").

Nel primo caso è stato svolto uno studio di inquadramento geologico e morfologico di dettaglio, assemblando tutti i dati ottenuti da 60 trivellazioni e da indagini e rilievi di superficie ed in sotterraneo documentate da un inedito servizio fotografico.

E' stato, così, possibile ricostruire la successione litostratigrafica dell'area in oggetto, che vede il substrato calcareo, rappresentato in situ dal "Calcare di Altamura", seguito in trasgressione da quattro livelli calcarenitici appartenenti alla "Calcarenite di Gravina". Chiudono la successione terreni vegetali ricchi di humus argilloso-sabbioso, ed a luoghi argille quaternarie meglio conosciute con la denominazione di argille "Calcigne".

Sono state, in seguito, individuate zone di incipiente instabilità e di progressivi crolli in atto al punto che prima che si potessero completare tutti i rilievi, si sono verificati ulteriori crolli, soprattutto in seguito ad eventi piovosi molto intensi.

In particolar modo, in una zona piuttosto pianeggiante denominata "Grotta dei Tufi" sono state individuate ondulazioni "sospette" della superficie topografica con rapide variazioni altimetriche. Da un esame più accurato, sono state rilevate, in corrispondenza degli avvallamenti raccordati con le collinette, delle fratture con salto altimetrico del piano campagna che va dai 0,50 m ai 3,00 m. In corrispondenza di queste fratture si sono aperte delle voragini, profonde dai 5,00 ai 15,00 m, legate alla presenza di sottostanti gallerie di vecchie cave ormai abbandonate.

Sono stati definiti i caratteri fisici e meccanici di campioni appartenenti ai quattro strati calcarenitici osservati durante il rilevamento geologico di dettaglio effettuato.

In particolare, sono stati prelevati provini a differenti quote dalla cava localmente denominata "Grotta dei Tufi" e provini appartenenti alle mura della città vecchia.

In seguito, per un'analisi di stabilità delle cave in sotterraneo si è provveduto al dimensionamento delle gallerie e dei relativi pilastri abbandonati ed alla individuazione della quota di sfruttamento probabilmente suggerita più da motivazioni economiche, finalizzate al massimo sfruttamento possibile delle cave, piuttosto che da accurati calcoli di stabilità.

Per quanto riguarda il territorio di Avetrana, è stata rivolta maggiore attenzione alla Grotta di S. Martino, particolarmente affetta da problemi di stabilità.

Si è proceduto, in primis, ad una serie di sopralluoghi, di indagini in situ e di analisi di laboratorio, che hanno permesso la definizione dei caratteri geologico-stratigrafici e morfologici di dettaglio, ed, in seguito di quelli geotecnici. Sono state, altresì, eseguite prospezioni sismiche a rifrazione, che saranno completate successivamente.

L'area è caratterizzata in affioramento da sedimenti calcarenitici riferibili alla Formazione delle Calcarenite di Gravina di età pleistocenica inferiore. Si tratta di calcareniti e biocalcareni biancastre a giacitura massiccia a grana variabile dal fine al grossolano. La tessitura di queste rocce è granulo-sostenuta di tipo variabile dal packstone al wackstone a seconda della quantità di matrice

presente. La roccia si presenta poco fratturata. Le fratture hanno andamento subverticale o poco inclinato e sono a luoghi interessate da carsismo. Cavità carsiche si rinvencono nelle aree di cava poco al di fuori dell'area strettamente interessata dagli ipogei.

I sedimenti calcarenitici giacciono in trasgressione sul basamento calcareo dei Calcari delle Murge di età cretacea. Si tratta di calcari grigio-biancastri a grana fine e media ben stratificati in strati di spessore variabile da qualche decimetro al metro. Affiorano in un'area limitata lungo un'incisione valliva ("Grave di Avetrana") nel tratto in cui sono ubicati gli ipogei. In questo tratto lo spessore massimo della copertura calcarenitica non supera i 10-15 metri.

Dal punto di vista morfologico l'area si presenta pianeggiante e piuttosto uniforme. La generale uniformità viene interrotta dall'incisione valliva che nel tratto interessato dagli ipogei presenta un fondo piatto raccordato da fronti acclivi. Lungo il "thalweg" affiorano sedimenti alluvionali costituiti da sabbie calcaree frammiste a terre rosso-brune associate a pezzame calcareo e calcarenitico. La Grotta di S. Martino si apre lungo le pareti dell'incisione valliva e si sviluppa nella sua totalità nelle calcareniti pleistoceniche. Localmente la roccia calcarenitica presenta delle fratture a labbri accostati e/o aperti che rappresentano vie preferenziali alla infiltrazione delle acque. Alcune di queste fratture mostrano spostamenti relativi, anche se contenuti (qualche cm) che tuttavia possono porre problemi di stabilità della volta.

I risultati delle analisi fisico-meccaniche eseguite su campioni rappresentativi di tali banchi hanno messo in evidenza varietà con grado di cementazione differente.

I risultati acquisiti sono necessari per risalire ai meccanismi che determinano i collassi per subsidenza nei depositi calcarenitici della copertura Plio-quadernaria poggiante sul substrato Cretaceo fessurato e carsificato.

## Unità Operativa 2.28

**STUDIO DI ALCUNI ABITATI INSTABILI  
DELLA SARDEGNA CENTRO-MERIDIONALE**

Responsabile Prof. Giulio Barbieri  
Dipartimento Ingegneria del Territorio – Università di Cagliari  
Piazza d'Armi – 09123 – CAGLIARI  
Tel. 070-281245 Fax 070-275281 E-mail: barbieri@vaxca1.unica.it

**1. Premessa**

L'Unità Operativa 2.28 opera nell'ambito del Programma Speciale SCAI (Studio dei Centri Abitati Instabili) con una ricerca che interessa i centri abitati della Sardegna centro-meridionale.

**2. Obiettivi**

La ricerca interessa principalmente i centri abitati delle Province di Cagliari e Nuoro dichiarati da consolidare o da trasferire in base alla Legge 9 Luglio 1908, n.445. Gli obiettivi che la ricerca intende conseguire sono principalmente:

- acquisizione dei dati storico-bibliografici sugli eventi franosi che hanno interessato gli abitati in studio, integrazione dei dati conoscitivi con indagini in situ e caratterizzazione dei fenomeni franosi più interessanti e rappresentativi;
- individuazione della geometria dei corpi di frana e dei loro potenziali meccanismi;
- determinazione di traiettorie, velocità e coefficienti di restituzione dei blocchi franati, attraverso sperimentazione in situ di crolli artificialmente indotti;
- modellizzazione fisico-matematica dei fenomeni di crollo;
- cartografia dei fenomeni di instabilità e valutazione del rischio franoso.

**3. Risultati conseguiti**

Nel triennio 1996-98 si è dato corso alla terza fase della ricerca che prevede la compilazione delle schede conoscitive dei movimenti franosi che interessano i centri abitati delle provincie di Cagliari e Nuoro, la creazione di un archivio informatizzato e georeferenziato e la redazione della cartografia geomorfologica e della franosità

E' altresì continuata l'attività di campagna volta ad integrare i dati conoscitivi acquisiti e a studiare i dissesti più interessanti e rappresentativi.

Ad Osini, in provincia di Nuoro, si è provveduto ad ampliare ed integrare la rete di monitoraggio topografico che l'U. O. mantiene sotto controllo sin dal 1989 con levate a periodicità annuale, per la verifica e il controllo sistematico degli spostamenti plano-altimetrici del versante detritico su cui sorge il paese. In particolare sono stati installati 9 nuovi punti di collimazione, distribuiti negli edifici e nelle infrastrutture del centro abitato, e si sono effettuate le levate topografiche annuali, battendo tutti i punti della rete dalle stazioni di Tacco 1 e Tacco 2.

Nel rione Santa Maria di Jerzu (Nuoro) è stato eseguito un rilievo geologico di dettaglio ed è stata effettuata una campagna di prospezione geofisica, accompagnata da sondaggi geognostici. I dati raccolti nel corso delle indagini geologico-tecniche e geofisiche sono stati elaborati allo scopo di accertare le caratteristiche fisico-meccaniche delle rocce e di individuare le cause dei movimenti franosi che si sono recentemente manifestati nel quartiere: è in corso la pubblicazione dei risultati dello studio.

Ad Osini, Jerzu e Tiana, ancora in provincia di Nuoro, sono stati effettuati specifici rilievi geologico-tecnici per la caratterizzazione dei movimenti franosi che hanno interessato i centri abitati ed è stata redatta una prima bozza di zonizzazione della pericolosità geologica connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti, osservando la metodologia proposta dal Servizio Geologico di Stato. I risultati degli studi sono in corso di pubblicazione.

Su sollecitazione diretta dell'Assessorato dei Lavori Pubblici della Regione Autonoma della Sardegna, nell'abitato di Castelsardo, in provincia di Sassari è stato effettuato uno studio geologico e geotecnico finalizzato alla conoscenza della dinamica del movimento franoso che interessa la zona occidentale dell'abitato. L'interpretazione dei dati acquisiti con una campagna sismica a rifrazione e le osservazioni dirette effettuate nel corso di una serie di sondaggi geognostici e geotecnici a carotaggio continuo hanno consentito di ricostruire alcune sezioni geologiche rappresentative dell'area instabile e di prelevare campioni in fustella per la caratterizzazione fisico-meccanica in laboratorio dei terreni potenzialmente interessati dai fenomeni di instabilità. Sulle sezioni geologico-tecniche così ricostruite sono state quindi condotte le verifiche di stabilità della falesia e dell'intero versante instabile.

Nell'area instabile di Castelsardo sono state infine realizzate una rete di monitoraggio topografico, costituita da due stazioni di misura e 21 punti di collimazione, per il controllo degli eventuali spostamenti in superficie sia con strumentazione tradizionale che con sistemi di rilevamento GPS, e una rete di monitoraggio inclinometrico, impostata su quattro colonne inclinometriche in foro, per l'osservazione degli eventuali spostamenti in profondità. Sono già state effettuate diverse levate topografiche e inclinometriche, che verranno proseguite anche in futuro per un congruo periodo di tempo.

I risultati del monitoraggio topografico e le conclusioni dello studio geologico e geotecnico, nonché le verifiche di stabilità sul versante, sono riassunti e commentati nelle seguenti memorie presentate all'8° Congresso IAEG, tenutosi a Vancouver nel mese di Settembre:

- Unstable slopes monitoring by means of topographic surveys at Castelsardo (Sardinia, Italy) - Barbieri G., Flores R. & Ghiglieri G.
- Study of stability of a cliff in the built up part of Castelsardo (Sardinia, Italy) - Barbieri G., Ghiglieri G., Giani G.P. & Segalini A

E' infine stato eseguito un rilievo geologico-tecnico di dettaglio in scala 1:2000 sul versante franoso su cui sorge l'abitato di Desulo (Nuoro). Una attenta indagine storica sugli eventi pregressi ha consentito di ricostruire e localizzare i fenomeni di dissesto che si sono manifestati lungo tutto il versante urbanizzato. I risultati dello studio sono stati presentati al Convegno su Il Rischio Idrogeologico e la Difesa del Suolo, tenutosi a Roma nel mese di Ottobre, con la seguente memoria:

- Evoluzione dei fenomeni di instabilità nel centro abitato di Desulo (NU) - Ardau F., Barbieri G., Panetto G.

Unità Operativa 2.30

## **FRANE INDOTTE DA SISMI E CRITERI PER LA LORO STABILIZZAZIONE**

Responsabile Prof. Michele Maugeri  
Istituto Strade, Ferrovie e Aeroporti – Università di Catania  
Viale Andrea Doria, 6 – 95125 – CATANIA  
Tel. 095-338920 Fax 095-338920 E-mail: mmaugeri@isfa.ing.unict.it

Le ricerche condotte dall'Unità Operativa di Catania nel triennio 1996-98 hanno riguardato lo studio della stabilità dei pendii in condizioni dinamiche, nonché i criteri più idonei per la stabilizzazione delle frane in zona sismica. Tali ricerche si inseriscono prevalentemente nei progetti di ricerca: "Frane in relazione ad eventi sismici" (Tema 7) e "Metodi e criteri di intervento in relazione alle tipologie di frana" (Tema 10).

In tale ambito è stato approfondito il tema del rischio sismico unitamente alla messa a punto di modelli in grado di tener conto dei principali fattori di rischio. In particolare, è stato affinato un modello in campo dinamico per valutare la risposta del pendio all'azione sismica, tenendo conto della degradazione della resistenza del terreno a seguito di carichi ciclici.

Per quanto riguarda le frane in relazione ad eventi sismici, obiettivi delle ricerche sono stati: l'analisi degli effetti dei terremoti nei pendii, ed in particolare, l'analisi degli spostamenti indotti; i criteri di calcolo della stabilità dei pendii in condizioni dinamiche; la valutazione della resistenza dei terreni e delle rocce in condizioni dinamiche; l'analisi, la valutazione ed il controllo del rischio di frana. Sono stati sviluppati alcuni metodi di calcolo per l'analisi della stabilità dei pendii tenendo conto della time-history di applicazione dei carichi sismici. A tal fine una procedura di calcolo, elaborata unitamente ai ricercatori della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, è stata applicata allo studio della frana di Calitri riattivatasi in occasione del terremoto dell'Irpinia del 23 Novembre 1980.

Mediante tale procedura è possibile tener conto di situazioni morfologiche e geotecniche rispettivamente irregolari e complesse ed altresì di mettere in conto gli effetti della amplificazione della risposta sismica, della topografia, della degradazione del terreno e della velocità di applicazione del carico.

Sul tema della stabilità dei pendii in condizioni dinamiche è stato messo a punto un modello per la valutazione degli spostamenti permanenti che i pendii possono subire durante un evento sismico, ipotizzando che la superficie di rottura sia piana o circolare, tenendo conto del decadimento della resistenza al procedere delle deformazioni e dell'effetto dell'incremento delle pressioni interstiziali. In entrambi i casi il sistema è considerato rigido e ad un grado di libertà e gli spostamenti vengono calcolati integrando nel tempo l'equazione del moto.

In tale ambito è stata anche esaminata l'influenza del numero di cicli e della velocità di deformazione di due argille naturali e di tre sabbie ricostituite per mezzo di un apparecchio di taglio torsionale-colonna risonante.

Dall'analisi dei risultati ottenuti emerge chiaramente che il rapporto di smorzamento è in realtà una grandezza complessa che riflette fenomeni di diversa natura come non linearità, viscosità dello scheletro solido e viscosità del fluido interstiziale. Ciò comporta per il progettista una particolare attenzione nella scelta dei valori di smorzamento da utilizzare in relazione al problema in esame specie nelle analisi lineari equivalenti per il calcolo della risposta sismica dei depositi di terreno.

Nell'ambito del tema del rischio sismico è stata, infine, verificata la possibilità di applicazione dei criteri di microzonazione contenuti nel Manuale per la Zonazione del Rischio Sismico Geotecnico pubblicato dalla Japanese Society of Soil Mechanics (1993). Tra tali criteri si prevede la possibilità di una zonazione di primo, secondo e terzo livello basata sulla instabilità dei pendii, condotta attraverso l'acquisizione di carte geologiche, nonché dei dati sulla vegetazione e sulle precipitazioni

atmosferiche, le proprietà geotecniche dei terreni. Tale procedura è stata utilizzata per la valutazione del rischio sismico geotecnico nel caso della regione Toscana e della città di Gubbio.

Nella valutazione del rischio sismico possono avere notevole incidenza i fattori di pericolosità dovuti alla geologia ed alle proprietà geotecniche del terreno.

L'influenza esercitata da tali fattori, tuttavia, viene in genere stimata o in termini qualitativi oppure attraverso complesse procedure di interazione terreno-struttura. Per poter valutare il ruolo esercitato dalle caratteristiche del terreno sul danno sismico, è stata utilizzata una scheda per il rilevamento a scala urbana del rischio sismico in relazione agli hazards geotecnici. La scheda raccoglie le informazioni più significative sulle caratteristiche del sito (morfologia, angolo di pendenza locale, distanza bordo di dirupo, etc.) e dei terreni di fondazione, assegnando opportune penalità alle diverse situazioni, al fine di definire per ciascuna zona presa in esame un indice di pericolosità geotecnica.

Nell'ambito dello studio del comportamento delle opere per il sostegno e/o la stabilizzazione di pendii o fronti di scavo, è stato elaborato un modello dinamico per il calcolo della risposta dei muri di sostegno a gravità soggetti ad una accelerazione al suolo, in termini di spostamenti, velocità ed accelerazioni. Tale modello tiene conto delle caratteristiche dinamiche del sistema muro-terreno e della variazione nel tempo della configurazione del sistema medesimo.

E' stato, inoltre, affrontato il problema della valutazione degli spostamenti subiti dalle paratie a mensole ed i loro effetti sulla stabilità della opera. Infatti il progetto delle paratie a mensola viene abitualmente condotto considerando il terreno rigido-plastico e, quindi, prescindendo dall'aspetto deformativo. Per una stima di massima di tali spostamenti può essere ancora convenientemente adottata una formulazione speditiva, che attraverso una soluzione in forma chiusa basata su modellazione elastico-perfettamente plastica del terreno fornisca i valori dello spostamento lungo l'asse della paratia. I risultati forniti dal modello sono confrontabili con quelli ottenuti mediante metodi di calcolo più sofisticati basati sul metodo degli elementi finiti.

I pali soggetti ad azioni orizzontali applicate alla testa rappresentano un altro tipico esempio di interazione terreno-struttura la cui risposta è condizionata dalle caratteristiche strutturali del palo e da quelle geotecniche del terreno. Con la ricerca si è voluto investigare su tale aspetto realizzando una opportuna modellazione ed un conseguente codice di calcolo in campo non lineare attraverso una modellazione della interazione palo-terreno mediante curve P-y di vario tipo.

Relativamente alle problematiche della progettazione delle opere di sostegno in zone sismiche, sono state analizzate le prescrizioni contenute nella Norme Tecniche Italiane, che per quanto concerne la determinazione delle azioni sismiche, prescindono quasi del tutto dall'influenza che hanno le caratteristiche di rigidità dei terreni e dall'importanza che le condizioni locali assumono durante un evento sismico. A tal fine è stato proposto un confronto su quanto contenuto nell'Eurocodice n.8, che su questo punto fornisce raccomandazioni più precise definendo tre spettri di progetto in funzione della stratigrafia di massima del sito considerato.

In conclusione si può affermare che risultati significativi sono stati ottenuti nell'ambito dei temi di ricerca affrontati. In particolare, per quanto attiene le frane in relazione ad eventi sismici, i risultati ottenuti mediante le modellazioni semplificate sono stati confrontati con quelli forniti da modellazioni più complesse agli elementi finiti; la sostanziale convergenza dei risultati ha consentito di verificare l'affidabilità dei metodi semplificati, consigliandone quindi la loro diffusione.

Risultati significativi sono stati altresì ottenuti relativamente al Tema 10: Metodi e criteri di intervento in relazione alle tipologie di frana. Lo studio di alcuni fenomeni franosi e l'analisi delle tipologie dei processi e delle sequenze di sviluppo, ha permesso di validare la modellazione fisico-matematica di alcune tipologie di interventi di stabilizzazione.

Unità Operativa 2.32

## **ANALISI DI MOVIMENTI DI MASSA IN FORMAZIONI ARGILLOSE APPENNINICHE E LUNGO LA COSTA ADRIATICA E DELLE FALESIE ROCCIOSE DELLE ISOLE TREMITI**

Responsabile Prof. Vincenzo Cotecchia  
Istituto Geologia Applicata e Geotecnica – Politecnico di Bari  
Via E. Orabona, 4 – 70125 – BARI  
Tel. 080-5460359 - Fax. 080-5460675

Nel triennio 1996-'98, l'attività di ricerca svolta dall'unità operativa in esame è stata mirata, principalmente, all'analisi dei movimenti di massa in formazioni argillose appenniniche (alta valle del fiume Sele e Ofanto) e in Argille Grigio-azzurre lungo la costa adriatica (Ancona e Petacciato) con particolare riferimento alla salvaguardia di abitati instabili e infrastrutture di trasporto. Allo stesso tempo sono stati considerati i diversi fenomeni di instabilità che coinvolgono versanti rocciosi quali quelli della Valle dei Templi di Agrigento e delle falesie delle isole Tremiti. Nelle diverse aree di indagine, maggiore attenzione è stata posta all'influenza delle condizioni geostrutturali e geotecniche, degli eventi climatici e sismici sui diversi fenomeni franosi oggetto di studio dell'attività di ricerca in esame. In relazione sempre alla stabilità di aree costituite in prevalenza da sedimenti argillosi, è stato, altresì, analizzato il comportamento meccanico delle "Argille Azzurre Subappenniniche" e dei depositi alluvionali recenti della Piana di Sibari. Altro filone della ricerca è stato valutare la possibilità di uso di un'espressione teorica per il coefficiente di spinta a riposo di argille normalconsolidate.

Per quanto riguarda la stabilità dei movimenti di massa nelle alte valli del Fiume Sele e Ofanto, la ricerca si è concentrata principalmente sugli assetti geologico-strutturali dei versanti e sugli aspetti evolutivi dei fenomeni franosi che ricadono nell'area epicentrale del terremoto Irpino del 1980, area di studio di un progetto CEE Environment Research Programme - Climatology and Natural Hazards ("Landslide Evolution Controlled by Climatic Factors in a Seismic Area. Prediction Methods and Warning Criteria") realizzato nella prima parte del triennio in esame dall'Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica del Politecnico di Bari in collaborazione con la City University di Londra e l'Ecole des Mines di Parigi e con il Centro di Studio sulle Risorse Idriche e la Salvaguardia del Territorio del CNR (Bari). I movimenti franosi esaminati sono: frana Buoninventre (Caposele), frana Strettolle (Calitri), frana La Cascata (Lioni), frana Piano dell'Aglio (Bisaccia) e in particolare frana Vadoncello-Serra dell'Acquara (Senerchia).

L'influenza delle condizioni geologico-strutturali su queste aree in frana, tranne quella di Senerchia, e l'evoluzione delle diverse frane sono state analizzate mediante il rilevamento geologico e geomorfologico, rilievi morfologici in sito con scadenze bi-mensili, analisi di documenti storici e fotointerpretazione di immagini ottenute in diversi periodi. L'evoluzione della frana di Lioni è stata analizzata anche mediante misure geodetiche di precisione con metodo GPS progettati all'interno ex-progetto CEE precedentemente citato.

Per quanto riguarda l'incidenza degli eventi climatici sui fenomeni franosi presenti nelle valli del Fiume Sele e Ofanto, sono state condotte analisi sulle relazioni tra piogge e frane tramite la raccolta di dati storici sulla mobilitazione delle frane individuate e l'analisi dei relativi dati di piovosità. Questo aspetto della ricerca ha riguardato l'applicazione di metodologie statistiche, idrologiche e idrogeologiche per perseguire nuove conoscenze nel campo del rischio idrogeologico, e in particolare del ruolo della piovosità nelle frane. E' stata costituita una banca dati delle piogge storiche (almeno 60 anni di piogge giornaliere) per ogni frana o sito studiato, ciascuno soggetto almeno ad una frana (massimo sei) e a una o più rimobilizzazioni per ciascuna frana.

Per quanto concerne la zona di Senerchia, comprendente la frana campione del progetto CEE - Acquara - Vadoncello del 1993, l'attività di ricerca è stata più ampia poiché esistevano diversi dati sull'assetto stratigrafico, sull'entità delle deformazioni superficiali e profonde e degli spostamenti, sulla sismicità e sulle condizioni piezometriche del versante instabile, ancora attivo grazie alle diverse campagne di indagine svolte durante il progetto CEE e alcune di esse ancora in corso. Infatti nell'area sono stati eseguiti diversi sondaggi geognostici attrezzati a inclinometro o a piezometro, sono state condotte, ad esempio, indagini gravimetriche nella zona a monte della nicchia di distacco della frana 1993, misure topografiche e geodetiche di precisione (GPS) su tutta l'area, analisi dell'attività sismica grazie ad un accelerometro installato nell'area. Inoltre sono state eseguite riprese aeree, rilevamento geologico e geomorfologico. Sono state condotte analisi mineralogiche e microstrutturali, prove di riconoscimento e prove meccaniche, tra cui prove edometriche di carico e scarico e prove di taglio diretto e semplice su campioni naturali e prove edometriche ad alte pressioni su campioni naturali e ricostituiti. Per quest'area, inoltre, l'influenza dei sismi e delle variazioni piezometriche sulle condizioni di stabilità del pendio sono state esaminate attraverso analisi numeriche di verifica (metodo di Janbu e Sarma) e attualmente è in corso la modellizzazione del versante attraverso il modello numerico alle differenze finite (FLAC). Parte dei risultati della ricerca svolta nell'alta valle del fiume Sele e Ofanto, a fine aprile 1998, sono stati presentati in un workshop (seminari e escursione) su "Frane e Terremoti" a cui hanno partecipato il Dr. Keefer e il Dr. Jibson (Servizio Geologico Statunitense).

Per l'area di Ancona, ci si riferisce all'evento franoso avvenuto la notte del 13 dicembre 1982 che coinvolse il versante settentrionale del Montagnolo (circa 2 km<sup>2</sup>). Il rilevamento geologico e geomorfologico dell'area in frana, coadiuvato dall'interpretazione fotogeologica di diverse riprese aeree, eseguite in epoche differenti precedenti e successive alla frana del dicembre 1982, dall'analisi litologica e paleontologica delle diverse stratigrafie esistenti, dalle misure inclinometriche e piezometriche, dalle misure topografiche eseguite nel corso del tempo, dai risultati delle prove meccaniche hanno permesso di definire l'assetto geologico-strutturale, di ricostruire la geomorfologia dell'area in frana e la sua evoluzione, di definire il comportamento meccanico dei litotipi e la loro influenza sulla stabilità dell'intero versante. Infine sono state eseguite analisi di stabilità (metodo Janbu e Sarma) e per l'area della cava di Palombella, ad est del Montagnolo prossima all'abitato, l'analisi di stabilità è stata condotta mediante il codice UDEC. Al fine di valutare l'eccezionalità degli eventi idrologici che hanno preceduto la frana di Ancona sono stati analizzati i dati di pioggia giornalieri dal 1947 al 1990 della stazione pluviometrica di Ancona (Torrette), integrando i dati mancanti con quelli della stazione di Baraccola calcolando inoltre le cumulate a più giorni e regolarizzando i valori adottando la distribuzione di Gumbel.

Uno studio dell'assetto geologico-strutturale e geomorfologico della frana di Petacciato (CB; 500Ha), è stato condotto, in via preliminare e sulla scorta di precedenti studi di massima condotti dal Prof. G. Melidoro e dal Prof. Guericchio. E' in procinto l'avvio di una campagna di indagini in sito e in laboratorio che sarà sempre mirata all'analisi dell'incidenza dell'assetto geologico e geotecnico, del regime pluviometrico e dell'attività sismica sulla dinamica ed evoluzione di quest'area al fine di stabilire i criteri per una sua stabilizzazione poiché il suddetto movimento di massa crea ingenti danni alla viabilità stradale e ferroviaria presenti nell'area.

Per quanto riguarda Agrigento archeologica e la città nuova, particolare enfasi è stata data al rilievo in sito della tettonica recente, cui si deve l'attuale morfologia della Collina dei Templi di Agrigento e della Valle che si interpone fra detta Collina e il versante acclive, a quota più elevata, della città medioevale araba e di quella più recente. Queste si affacciano sul lato mare con costoni interessati da estesi e frequenti franamenti, legati alla neotettonica dell'area, rilevanti quelli del 1966, che provocarono la distruzione di importanti edifici di recente edificazione nella città, e del 1976 prossimi al Tempio Giunone. E' stato quindi analizzato il rapporto tettonica-frane-eventi meteorologici e sismi. Sotto il profilo più squisitamente geotecnico è stata svolta un'analisi sulle proprietà petrografiche e geomeccaniche dei livelli calcarenitici inclusi nelle formazioni delle argille azzurre dei Monti Nardone e di Agrigento al fine di comprendere la loro influenza sui fenomeni di degrado cui sono sottoposti in particolare il piastrone calcarenitico di sommità della collina dei

Templi di Agrigento e i materiali con cui sono edificati circa 2500 anni fa i monumenti archeologici del sito in argomento.

Una parte della ricerca svolta nel triennio in esame ha analizzato i versanti instabili dell'isola di San Nicola (isole Tremiti), la quale ricade nell'attiva fascia sismogenetica del Gargano (Scandone et al., 1990). A tale fine sono stati svolti il rilevamento geologico, geomorfologico e strutturale dell'isola (rilievi in sito, studio di foto aeree, analisi dati di monitoraggio ecc.) e l'analisi di stabilità mediante il codice UDEC al fine di fornire utili indicazioni per le opere di stabilizzazione dei versanti rocciosi in esame.

In merito al comportamento meccanico, in genere delle Argille Grigio-azzurre pleistoceniche, è stata scelta una zona campione, quella del Bacino di Montemesola (Taranto). Gli effetti della struttura sul loro comportamento meccanico sono stati altresì esaminati. Questa parte della ricerca è stata svolta in collaborazione con l'Imperial College della London University e con la City University di Londra. La ricerca è stata finalizzata a mettere in luce sotto vari profili le trasformazioni di una argilla occorse a seguito della sua esposizione in un fronte di cava a cicli stagionali di drying/wetting, con particolare attenzione alle forme di degradazione da weathering desunte dal confronto tra il materiale "intatto" ed il materiale "alterato". Tra le prove di tipo meccanico si sono programmate edometrie, prove di taglio in triassiale (drenate e non drenate), compressioni isotrope e  $K_0$  (in TRX e "taglio semplice"), prove di taglio diretto, prove di drying/wetting simulati. È stato allestito un edometro da 15 MPa (con controllo delle pressioni neutre alla base) per cogliere con maggiore sicurezza lo snervamento dell'argilla; sono stati realizzati cinque dispositivi in perspex appositamente studiati per attuare le prove di drying rallentato (e susseguente wetting) con lo scopo di ricavare relazioni tra volume, contenuto d'acqua e livello di suzione nonché l'eventuale influenza della storia tensionale sui percorsi di essiccamento; è stata inoltre allestita una cella triassiale con mid-height probe per assicurarsi il reale grado di drenaggio nel corso delle prove drenate. L'indagine ha previsto anche analisi di dati di sito (SPT-CPT), e strumenti di analisi di significato geostatistico, allargando la visuale al di fuori della cava oggetto di campionamento.

Il comportamento meccanico dei depositi alluvionali del Piana di Sibari è stato investigato mediante prove di tipo meccanico tra cui edometrie, prove di taglio in triassiale (drenate e non drenate), compressioni isotrope e  $K_0$  (in TRX) al fine di comprendere i fenomeni di subsidenza interessanti la piana. Nell'ambito di questo triennio, si è completata l'interpretazione dei risultati sperimentali ottenuti negli anni precedenti in collaborazione con il Geotechnical Engineering Research Center della City University di Londra.

Durante il triennio in esame, è proseguita infatti la ricerca sperimentale sul comportamento di argille naturali di varia consistenza, svolta al fine della definizione di un modello generale di comportamento, capace di rappresentare argille di diversa origine, storia geologica e struttura. Laddove modelli costitutivi sono stati definiti in letteratura con riferimento alle argille ricostituite o a specifiche formazioni naturali, la ricerca qui di riferimento ha inteso definire un modello di validità generale, che simuli i fondamentali caratteri di comportamento delle argille e come questi si diversificano quantitativamente in dipendenza delle caratteristiche strutturali del terreno. Solo un tale modello può essere di reale utilità per l'ingegnere, costituendo un quadro di riferimento ove inserire il terreno naturale in esame. Una volta si conoscano alcuni parametri della storia geologica e tensionale, come la pressione di preconsolidazione, nonché alcuni parametri di comportamento, come la pressione di snervamento, un tale modello può aiutare ad interpretare lo stato corrente del materiale ed il suo comportamento meccanico. Si sono infatti individuati i parametri di normalizzazione del comportamento delle argille rispetto alla loro composizione, potendo di conseguenza eliminare l'influenza della composizione sul comportamento del materiale. Si è quindi individuato un parametro rappresentativo dell'influenza della struttura sul comportamento del materiale, potendo di conseguenza definire l'effetto della struttura su aspetti fondamentali del comportamento dell'argilla. Si è verificato che la risposta di argille di diversa struttura e composizione a percorsi di carico, compressivi e di taglio, è simile una volta normalizzata rispetto alla composizione ed alla struttura dell'argilla in base a detti parametri. La ricerca proseguirà con la verifica della validità delle normalizzazioni individuate per altre argille di struttura ancora differente

(vedi le Argille Varicolori affioranti nell'area di Senerchia), al fine di dimostrare la generalità del modello, e prosegue altresì con lo studio delle espressioni matematiche più accurate degli elementi di comportamento modellizzati.

I risultati delle diverse ricerche svolte nel triennio 1996-'98 sono presentati nei lavori riportati in bibliografia.

## Bibliografia

- F. CAFARO (1998) – “Influenza dell’alterazione di origine climatica sulle proprietà geotecniche di un’argilla grigio-azzurra pleistocenica” – Tesi di Dottorato (XII ciclo), Politecnico di Bari.
- F. CAFARO, F. COTECCHIA, C. CHERUBINI (1998) – “Weathering effects for stiff blue clays in Southern Italy” – Proc. Int. Symp. On Hard Soils and Soft Rocks, Napoli, in corso di stampa.
- G. CALCAGNILE, V. COTECCHIA, V. DEL GAUDIO, M. DONNALOIA, M. MASCIA, P. PIERI, J. WASOWSKI (1997) – “Osservazioni geofisiche su di una frana in area sismica” - Atti del Convegno dell’Accademia Nazionale dei Lincei: “La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità; frane”, 30-31 Maggio 1996, Roma.
- M. CAPRIOLI, D. COSTANTINO, P. DE FAZIO, R. TRIZZINO (1998) – “Plans of a GPS control network for monitoring the landscape shifts with GPS” – Proc. Int. FIG Conference, Sess SS38, Brighton, U.K.
- M. CIMINALE & J. WASOWSKI (1996) (riassunto esteso) – “Studio aeromagnetico e gravimetrico dell’Italia centro-meridionale: possibili implicazioni tettoniche” - Atti del 14° Convegno Nazionale del GNGTS (Gruppo Nazionale CNR di Geofisica della Terra Solida), Roma, v. 2.
- F. COTECCHIA (1996) - “The influence of structure on the properties of an Italian Pleistocene clay” – Tesi di Dottorato, Imperial College della London University.
- F. COTECCHIA, T. ORLANDI, S. SCHIAVONE (1996) – “Studio delle caratteristiche litologiche e degli indici geotecnici delle argille azzurre della Valle Pappadai” - Mem. Soc. Geol. It., Vol.51.
- F. COTECCHIA & M.R. COOP (1996) – “The geotechnical settlements of the archaeological site of Sibari – Proc. of the Arrigo Croce Memorial Symposium, Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites, Ottobre 1996, Napoli
- F. COTECCHIA & R.J.CHANDLER (1997) - “The influence of structure on the pre-failure behaviour of a natural clay” - Geotechnique, No.3, Vol.47, Geotechnique Symposium: Pre-failure Behaviour of Geo-materials.
- F. COTECCHIA, M.R. COOP, R.J. CHANDLER (1998) - “The behaviour of layered clays within a framework for the structure-related behaviour of clays” - Symposium on the Geotechnical behaviour of soft clays, Yokohama, Japan.
- F. COTECCHIA & R.J. CHANDLER (1998) – “One-dimensional compression of a natural clay: structural changes and mechanical effects” – 2nd International Symposium on Hard Soils Soft Rocks, Napoli
- F. COTECCHIA & R.J. CHANDLER (1998) – “A general framework for the mechanical behaviour of clays” - presentato per la stampa su Géotechnique.
- V. COTECCHIA (1996) – “Geotechnical degradation of the archaeological site of Agrigento” - Int. Symp. of the Int. Soc. Soil Mech. and Found. Engin., Geotechnical Engineering for the Perservation of Monuments and Historic Sites, Ottobre 1996, Napoli.
- V. COTECCHIA (1996) – “Landslide evolution controlled by climatic factors in a seismic area”. Prediction methods and warning criteria - Int. Conf. “Prevention of hydrogeological hazards: the role of scientific research”, 5-7 Novembre, Alba.
- V. COTECCHIA (1997)- “La grande frana di Ancona” - Atti del Convegno dell’Accademia Nazionale dei Lincei: “La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità; frane”, 30-31 Maggio 1996, Roma
- V. COTECCHIA (1997) – “The vulnerable town and the geological evolution of the medium adriatic coastal environment” - Proceedings of the International Symposium on the “Engineering Geology and the Environment”, 23-27 June 1997, Athens, Greece.

- V. COTECCHIA, L. MONTERISI, A. SALVEMINI (1996) – “Condizionamenti geologici e geotecnici nella realizzazione della Galleria di valico Caposele-Conza della Campania del Canale Principale dell'Acquedotto Pugliese” - *Geol. Appl. e Idrogeol.*, Bari, Vol. XXXI
- V. COTECCHIA, CHERUBINI C., CUCCHIARARO L., R. PAGLIARULO, F.P. RAMUNNI (1996) - “The geolithological and geomechanical characteristics of Agrigento calcarenites” - *Geotechnical degradation of the archaeological site of Agrigento*, Int. Symp. of the Int. Soc. Soil Mech. and Found. Engin. “Geotechnical Engineering for the Perservation of Monuments and Historic Sites”, Ottobre 1996, Napoli.
- V. COTECCHIA, A. GUERRICCHIO, G. MELIDORO (1996) – “Geologia e processi di demolizione costiera dell'Isola di San Nicola (Tremiti)” – 77° Congresso Nazionale della Soc. Geologica It., Bari., *Boll. Soc. Geol.*, 51.
- V. COTECCHIA & V. SIMEONE (1996) – “Studio dell'incidenza degli eventi di pioggia sulla grande frana di Ancona del 13.12.1982” – Int. Conf. “Prevention of hydrogeological hazards: the role of scientific research”, 5-7 Novembre, Alba
- V. COTECCHIA & N. TAFUNI (1997) – “Galleria Miglionico in argille azzurre: metodologie costruttive e di monitoraggio strutturale e geotecnico” - *Rivista Gallerie* n.51.
- V. COTECCHIA, M. PARISE, M. POLEMIO, R. TRIZZINO, J. WASOWSKI (1997) – “Primi risultati della ricerca sulla frana di Acquara-Vadoncello (Senerchia -AV) eseguita nell'ambito del Progetto CEE Environment, Landslide Evolution Controlled by Climatic Factors in a Seismic Area. Prediction Methods and Warning Criteria” - *Atti del Convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei: “La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità; frane”*, 30-31 Maggio 1996, Roma.
- V. COTECCHIA, R. MASTROMATTEI, P. LOLLINO (1998) – “Analisi dei processi demolitori naturali e di taluni interventi mirati alla riduzione del rischio e al restauro monumentale delle Isole Tremiti” – VI Ciclo di Conferenze di Meccanica e Ingegneria delle Rocce, Torino.
- P. FALCO & J. WASOWSKI (1996) – “Risultati delle indagini idrogeologiche nei pressi del centro abitato di Senerchia (AV)” - CNR-CERIST, Bari, *Rapporto Interno* n.48.
- P. FALCO & J. WASOWSKI (1996) – “Primi risultati delle indagini geostrutturali del margine est dei M.ti Picentini nei pressi di Senerchia” - CNR - CE.RI.S.T., Bari, *Rapp. Tecn. Int.* n° 45
- P. FALCO & J. WASOWSKI (1996) – “Misure della retrogressione della frana Acquara - Vadoncello nei pressi di Senerchia (AV): primi risultati” - CNR - CE.RI.S.T., Bari *Rapp. Tecn. Int.* n° 46.
- P. FALCO & J. WASOWSKI (1996) – “The 1993 Acquara - Vadoncello landslide: summary of subsurface field investigation (2nd phase) and detailed description of borehole stratigraphy”. CNR - CERIST, Bari, *Rapporto Interno* n. 49.
- A. FEDERICO, M.E. POPESCU, V. SIMEONE, A. TRANDAFIR (1998) – “Probabilistic risk assessment of landslide related geohazrds” - XI Danube European Conference S.M.F.E., Porec.
- A. FEDERICO, S. ADAMO, V. SIMEONE (1996) – “ Il metodo degli involuppi di resistenza per l'analisi di stabilità dei pendii” – *Geol. Appl. e Idrogeol.*, v. 31.
- A. FEDERICO & J.B. BURLAND (1997) – “At rest-earth pressure coefficient  $K_{0(NC)}$  from Cam-Clay model” – Presentato alla rivista *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering*.
- A. FEDERICO, M.E. POPESCU, V. SIMEONE, A. TRANDAFIR (1998) – “Probabilistic risk assessment of landslide related geohazards” – XII Danube European Conf. S.M.F.E., Porec.
- F. FIORILLO, M. PARISE & J. WASOWSKI (1996) – “Slope instability in the Bisaccia area (Southern Apennines, Italy)” - *Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Trondheim, Norway.
- A. GUERRICCHIO & G. MELIDORO (1997) – “Convivenza con le grandi frane sulla fascia costiera abruzzese-molisana” - *Atti del Convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei: “La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità; frane”*, 30-31 Maggio 1996, Roma.
- A. GUERRICCHIO & G. MELIDORO (1997) – “Deformazioni gravitative dei versanti costieri di Vasto (Abruzzi)” - *Atti del Convegno Internazionale sul tema “Prevention of Hydrogeological hazards: the role of scientific research”*, 5-7 Novembre 1996, Alba (CN).
- A. GUERRICCHIO & G. MELIDORO (1997) – “Rischio di grandi frane lungo la fascia costiera adriatica” - *Atti del Convegno Internazionale sul tema “Prevention of Hydrogeological hazards: the role of scientific research*, 5-7 Novembre 1996, Alba (CN).

- M. LATTANZIO, L. MONTERISI, A. SALVEMINI (1996) – “The influence of mass movements on the silting of the artificial reservoir of Abate Alonia (Potenza, Southern Italy)” – Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Landslides, Trondheim, Norvegia, v.1.
- G. MELIDORO & M. MEZZABOTTA (1997) – “Più di un secolo di “monitoraggio” delle deformazioni gravitative costiere adriatiche lungo la ferrovia” - Atti del Convegno Internazionale sul tema “Prevention of Hydrogeological hazards: the role of scientific research”, 5-7 Novembre 1996, Alba (CN).
- L. MONTERISI (1996) – “Aspetti geologici e geotecnici relativi alla costruzione della diga del Pappadai in Puglia” – Congr. Naz. della Soc. Geol. It., Mem. Soc. Geol. It., 51.
- M. PARISE (1996) – “Analisi geomorfica quantitativa del bacino del torrente Cortino (valle dell’Ofanto)” - CNR- CE.RI.S.T., Bari Rapp. Tecn. Int. n° 47.
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1996) – “Geomorfologia e fenomeni di instabilità nei dintorni di Lioni (alta valle del fiume Ofanto): prime considerazioni” - Il Quaternario, v. 9 (1).
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1996) – “Evoluzione morfologica di aree in dissesto: un caso di studio nell’Appennino meridionale” - Il Quaternario, v. 9 (1).
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1997) – “Use of landslide activity maps for the evaluation of landslide hazard: three case studies from southern Italy” - Annales Geophysicae, Suppl. I to Vol. 15, p. 231.
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1998) - Workshop: “Landslides and earthquakes” (Bari, 24-25 April 1998). Excursion guidebook (25 April 1998) - CNR-CERIST, Bari, Rapporto Interno n. 56, Aprile 1998.
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1998) - “Aspetti evolutivi e stato attuale della franosità nei dintorni dell’abitato di Calitri” - Atti del Convegno “La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica”, Alba (CN), vol. 1, p. 135-144.
- M. PARISE & J. WASOWSKI (1998)- “Landslide activity maps for landslide hazard evaluation: three case studies from Southern Italy” - accettato per la stampa su Natural Hazards.
- M. PARISE, M. POLEMIO, J. WASOWSKI (1997) – “Rainfall and landslides in the upper valleys of Sele and Ofanto rivers, Italy” - Proceedings of the International Symposium on the “Engineering Geology and the Environment”, 23-27 June 1997, Athens, Greece.
- M. POLEMIO (1998) – “Rainfall and Senerchia landslides (Southern Italy)” - Proceedings of the 2nd Panamerican Symposium on Landslides, 2nd PSL, Novembre 1997, Rio, Brasile.
- M. POLEMIO & F. SDAO (1996) – “Landslide hazard and critical rainfall in Southern Italy” - VII Int. Symp. on landslides, Norway, Balkema, Rotterdam.
- M. POLEMIO & F. SDAO (1996) – “Critical rainfall and landslides in Basilicata region (Southern Italy)” - 30° Int. Geological Congress, Beijing, Cina.
- M. POLEMIO & F. SDAO (1996) – “Le piogge e il rischio di frana in alcune aree urbane della Basilicata” - Conv. “La stabilità del suolo in Italia”, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- M. POLEMIO & F. SDAO (1998) – “Landslide hazard and heavy rains in southern Appennines (Italy): the case of Avigliano urban area” – presentato alla rivista Engineering Geology.
- F. SANTALOIA, F. COTECCHIA, M. POLEMIO (1998) - “Ground movements in highly tectonized soil slopes: the Vadoncello-Serra dell’Acquara landslides” – 2nd International Symposium on Hard Soils Soft Rocks, Napoli, Italia, in stampa.
- F. SDAO & V. SIMEONE (1997) – “Activation phases and geomorphic maturity of two earth-flow slides in Southern Italy” – Landslide News, 10.
- R. TRIZZINO & M. SORGENTE (1998) – “Osservazioni GPS su un’area in frana dell’Appennino meridionale” – 2<sup>a</sup> Conf. Naz. ASITA “Rilevamento, rappresentazione e gestione dei dati territoriali ed ambientali”, Bolzano.
- R. TRIZZINO & M. DRAGONE (1998) – “Metodologie ed applicazioni del sistema satellitare GPS nel campo della Geologia Applicata” – Workshop “L’applicazione del GPS nel campo delle Scienze della Terra”, Cosenza.
- J. WASOWSKI (1997) – “Activity trends of the 1993 Acquara-Vadoncello landslide: indications from monitoring data” - Riassunti del 1° Forum Italiano di Scienze della Terra GEOITALIA 1997, 5-9 ottobre 1997, Bellaria (Rimini).

J. WASOWSKI (1997) – “Evoluzione retrogressiva della frana Acquara-Vadoncello nei pressi di Senerchia (Appennino meridionale)” - Atti del Convegno Internazionale sul tema “Prevention of Hydrogeological hazards: the role of scientific research”, 5-7 Novembre 1996, Alba (CN).

J. WASOWSKI (1998) - “Inclinometer and piezometer record of the 1995 reactivation of the Acquara-Vadoncello landslide, Italy” - Proc. 8th Int. Congress IAEG, Vancouver, Canada. Balkema.

J. WASOWSKI & D. MAZZEO (1998) - Some results of topographic monitoring of the Acquara-Vadoncello landslide, Italy - Proc. 8th Int. Congress IAEG, Vancouver, Canada. Balkema.

## Unità Operativa 2.37

**STUDIO DI MOVIMENTI FRANOSI PREESISTENTI  
IN AREE URBANE E RETI VIARIE DELLA BASILICATA**

Responsabile Prof. Mario Del Prete  
Sezione Geologia Ambientale e Georisorse – Università della Basilicata  
Via Anzio, Pal. Auletta – 85100 – POTENZA  
Tel. 0971-474466 Fax 0971-474468 E-mail: delprete@unibas.it

Scopo della ricerca è stato di stabilire la pericolosità di riattivazione intermittente di grandi corpi di frana su cui sono state edificate ampie porzioni di abitati o su cui insistono reti di servizio nell'ambito della Catena appenninica e dell'Avanfossa lucana.

Sono state studiate frane preesistenti, soggette a riattivazioni intermittenti, in alcuni centri abitati della zona geologicamente appartenente all'Avanfossa lucana.

Nell'ambito di tale area, costituita da successioni plio-quadernarie riferibili alle formazioni dei Conglomerati di Irsina, delle Sabbie di M. Marano e delle Argille subappennine, sono stati eseguiti durante il 1996 rilievi geologici, geomorfologici ed indagini geotecniche di laboratorio sui materiali coinvolti dai processi di franamento. Ove possibile sono stati raccolti dati preesistenti di stratigrafia, di sondaggi e di misure piezometriche per le ricostruzioni geometriche dei corpi di frana e l'analisi delle condizioni idrauliche. Di molto aiuto è stata la raccolta di dati storici riguardanti le fasi di riattivazione dei corpi di frana a partire dal 1990.

I risultati delle indagini hanno portato all'acquisizione di molti elementi necessari per la valutazione delle condizioni di pericolosità e di vulnerabilità di alcuni ambienti edificati. Nell'ambito degli studi, sul comportamento franoso delle Argille subappennine e delle Sabbie di M. Marano dell'Avanfossa appenninica, sono stati individuati scorrimenti rotazionali e traslazionali verificatisi in connessione con disturbi di origine antropica così classificabili:

- sbancamenti operati a valle del punto neutro di frane rotazionali preesistenti;
- caricamenti su pendii instabili;
- alterazione di regimi idrici sotterranei per effetto di perdite di acquedotti e fognature;
- esportazione di manti vegetali.

A Grassano (MT) è continuato lo studio dei processi di instabilità con applicazioni di sistemi geografici informativi.

Nel 1997 è stato ultimato lo studio del centro abitato di Grassano con applicazione di sistemi geografici informativi, pubblicato nella rivista Quart. Journal Eng. Geol.

A Ferrandina è stata individuata una frana di grande interesse scientifico in corrispondenza del rione Manin. Questa particolare frana ha una sequenza di riattivazioni storiche riferibili all'aprile del 1918, al novembre del 1920, al dicembre del 1927, al marzo del 1928, al febbraio del 1931, al gennaio del 1934, al marzo del 1935, al gennaio del 1960, all'agosto del 1962, al maggio del 1965, al marzo del 1968, al gennaio del 1969, al novembre del 1970, al gennaio del 1971, al gennaio 1972, al novembre del 1980. Questa lunga serie di eventi storicamente ricostruiti è stata messa in connessione con possibili cause di riattivazioni da pioggia, da terremoto o da cause antropiche.

Della frana è stata ricostruita la configurazione geometrica e la tipologia.

Nel quadro degli studi che l'U.O. sta conducendo sulla stabilità delle coste delle isole minori italiane, è stato avviato lo studio geologico e strutturale dell'isola di Capri. Sono stati raccolti tutti gli elementi concernenti l'orientazione delle discontinuità presenti nella successione calcarea mesozoica costituente l'isola e sono stati prelevati campioni rappresentativi per prove di laboratorio. L'insieme dei dati è stato utilizzato per la modellazione fenomenologica e per programmi di calcolo ad elementi finiti ed equazioni lagrangiane (FLAC), che meglio si prestano ad una modellazione puntuale. La modellazione numerica sarà realizzata ipotizzando comportamenti

a conci giustapposti, attraverso l'interposizione di elementi di interfaccia che schematizzano le famiglie di frattura presenti. La risoluzione preliminare di alcuni schemi elementari con applicativi di calcolo FEM tradizionali (SAP) potrà dare informazioni sul funzionamento statico delle pareti calcaree e sullo stato tensionale presente.

Nel corso del secondo semestre del 1997 è iniziato il rilevamento delle principali frane presenti lungo la rete viaria della provincia di Potenza.

Lo studio comprende la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni affioranti lungo la rete viaria, l'individuazione dei principali movimenti franosi esistenti e la valutazione della loro pericolosità in base al numero delle loro riattivazioni.

Alcune difficoltà sono insorte nella raccolta dei dati di attivazione precedenti al terremoto del 1980 per problemi di archiviazione e reperimento della documentazione.

Nel 1998 la ricerca è proseguita con l'obiettivo della valutazione dei processi d'instabilità dei versanti in aree abitate o lungo reti di servizio nell'ambito dell'Appennino Meridionale e dell'Avanfossa Lucana.

A seguito delle frane che hanno colpito la zona del Sarnese il 5 maggio 1998, l'U.O. ha svolto ricerche nelle zone predette in collaborazione con il Prof. A.B. Hawkins dell'Università di Bristol, il Prof. P.B. Celico dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ed il Prof. F.M. Guadagno dell'Università di Benevento.

Sono, proseguiti gli studi di pericolosità di frana nelle isole minori e nelle aree costiere italiane di importante interesse turistico.

In tale ambito è ancora in corso lo studio sulle condizioni geostrutturali dell'isola di Capri, che rivestono grande importanza ai fini dei processi di instabilità. In collaborazione con il Prof. J. Cosgrove dell'Imperial College di Londra sono stati completati i rilievi degli elementi tettonici principali determinanti le discontinuità presenti.

E' continuato, inoltre, lo studio dei fenomeni di franosità che interessano la rete viaria dell'area di Catena lucana.

Contemporaneamente, è stato avviato lo studio dei meccanismi di innesco delle frane attivate nell'area campana occidentale compresa tra Sarno e Quindici, a circa 30 Km ad Est di Napoli, in seguito alle precipitazioni intense verificatesi tra il 4 ed il 5 maggio 1998,.

Le frane hanno interessato i depositi recenti di materiale piroclastico che ammantano il substrato costituito dal massiccio carbonatico mesozoico, già interessato da un precedente processo di carsismo.

Le colate di detrito originatesi si sono propagate nella pianura circostante, raggiungendo gli abitati di Sarno, Quindici, Bracigliano, Siano e San Felice a Canello portando distruzione e causando la morte di 160 persone.

Queste frane, classificabili come colate rapide con meccanismo di innesco complesso, hanno presentato entità di spostamento e velocità insolite, ma sono tuttavia riconducibili a fenomeni ricorrenti lungo buona parte dei rilievi campani delle province di Napoli, Salerno ed Avellino.

Infatti, già dal secolo scorso sono state chiaramente evidenziate le preoccupanti situazioni geologiche e geomorfologiche di aree urbanizzate campane per la presenza di coperture di piroclastiti altamente porose poggianti in assetto clinostratificato a franapoggio sulle successioni calcareo-dolomitiche mesozoiche.

Gli studi condotti sono stati mirati all'approntamento di diversi possibili scenari che consentissero di mettere in luce le cause ed i probabili meccanismi di attivazione delle colate. Particolare rilievo è stato dato all'influenza esercitata dalle precipitazioni che hanno preceduto l'innesco di tali fenomeni, al ruolo svolto dalle acque superficiali, alle proprietà fisico-meccaniche dei terreni vulcanoclastici e dei paleosuoli interposti e sottostanti.

L'esecuzione di rilievi di superficie e la raccolta di dati storici ha dato la possibilità di produrre un primo documento pubblicato sulla rivista I.A.E.G. e presentato in sessione speciale al Congresso Internazionale di Vancouver (Settembre 1998), in collaborazione con il Prof. F.M. Guadagno ed il Prof. B. Hawkins.

E' stato, infine, condotto uno studio dei danni indotti dalla sequenza sismica del settembre-ottobre 1997 su centri di rilevante interesse storico ed artistico dell'Italia Centrale.

Tale studio, finalizzato alla determinazione della vulnerabilità dei siti coinvolti dall'evento ed alla microzonazione sismica, ha anche avuto l'obiettivo di verificare le risposte dei pendii alle sollecitazioni sismiche.

## Elenco delle pubblicazioni

M. DEL PRETE, P. GOSTELOW, J. GIBSON (1995) "The hydrology of landslide disasters: examples from Basilicata using GIS". Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information, Netherlands Congress Centre The Hague, 27-31 March 1995.

M. DEL PRETE, M. BENTIVENGA, M. AMATO, F. BASSO, P. TACCONI (1995) "Interactions between vegetation and soil vulnerability to badlands erosion in Southern Italy". Atti de "International Conference on Geomorphic Response of Mediterranean and Arid Areas to Climate Change, 13-22 May, Jerusalem, Israel.

M. DEL PRETE, P. GOSTELOW, A. SIMONI (1996) "Some aspects of slope instability in the historic hilltop towns of Basilicata, S. Italy". Quart. Journal Eng. Geol.

M. DEL PRETE, L. COPPOLA, P. TACCONI (1997): "Italian Experience on mass movements in the appenninic mountaneous areas". In Journal of the Geological Society of China, Vol. 40, n° 1.

M. DEL PRETE, M. BENTIVENGA, M. AMATO, F. BASSO, P. TACCONI (1997) "Badland erosion processes and their interactions with vegetation: a case study from Pisticci, Basilicata, Southern Italy". Geogr. Fis. Dinam. Quat., Vol. 20.

M. DEL PRETE, F. M. GUADAGNO, A. B. HAWKINS (1998): "Preliminary report on the landslides of 5 May 1998, Campania, southern Italy". In Bull. Eng. Geol. Env., n° 57.

M. DEL PRETE, F. M. GUADAGNO, G. SCARASCIA-MUGNOZZA (1998): "Earthquake induced damage in an historic area: the September-October 1997 seismic sequence which affected Assisi, Central Italy". In Bull. Eng. Geol. Env., n° 57.

## Unità Operativa 2.38

**EVENTI PLUVIOMETRICI NELLA DINAMICA DEI VERSANTI**

Responsabile Prof. Leonardo Cascini  
Dipartimento Ingegneria Civile – Università di Salerno  
Via Ponte Don Melillo – 84084 – Fisciano (SA)  
Tel. 089-964330 Fax 089-964045

Come è noto, le precipitazioni meteoriche rappresentano una delle principali cause innescanti i movimenti franosi, la cui evoluzione incide in misura marcata sulla dinamica dei versanti.

I meccanismi attraverso i quali gli eventi di pioggia inducono nei pendii condizioni di instabilità possono essere molteplici, essendo rappresentati, ad esempio, dall'incremento del contenuto d'acqua e conseguente riduzione della suzione, oppure da incrementi dei valori delle pressioni neutre positive preesistenti.

Per l'oggettivazione dei meccanismi suddetti, un ruolo di fondamentale importanza è rivestito da una adeguata conoscenza dei processi di infiltrazione delle acque meteoriche la cui evoluzione, spaziale e temporale, è influenzata da numerosi fattori, quali il contesto geologico ed idrogeologico di riferimento, le proprietà fisico-meccaniche dei terreni, l'assetto stratigrafico, le condizioni climatiche.

La complessità dell'argomento ha favorito, nell'ambito di svariati settori disciplinari dell'ingegneria civile e delle scienze agrarie, lo svolgimento di numerosi studi che esaminano i molteplici aspetti del fenomeno proponendo modelli interpretativi e di calcolo in grado di portare in conto, con approcci diversi per impostazione teorica e finalità perseguite, i vari fattori in gioco. Si è, pertanto, in presenza di una vasta letteratura, oltre che di approcci metodologici che non sono, d'altro canto, sempre facilmente utilizzabili per la connotazione marcatamente disciplinare dei contributi.

Il conseguimento di risultati di portata e valenza più generale richiede, innanzitutto, una disamina critica dei principali modelli proposti al fine di individuare con chiarezza un quadro organico di riferimento; è, inoltre, necessario valutare potenzialità e limiti di tali modelli attraverso la loro applicazione a casi di studio per i quali si dispone di una strumentazione idonea a definire correttamente tutte le grandezze in gioco.

Per quanto concerne il primo degli aspetti menzionati, le attività condotte durante il triennio 1996-98, hanno consentito di condurre una approfondita disamina dei vari modelli presenti in letteratura distinguendo tra modelli completi di versante e modelli a scatola chiusa.

Come è noto, i primi consentono di simulare, mediante una impostazione fisico-matematica del problema, i processi fisici che governano i moti filtranti indotti nel pendio a seguito delle precipitazioni meteoriche; i secondi, invece, permettono di stabilire delle relazioni quantitative tra causa (eventi pioggia) ed effetto (variazione dei livelli piezometrici, innesco dei movimenti franosi).

Nell'ambito dei modelli completi di versante, la ricerca condotta in questi anni ha contemplato, tra l'altro, l'impiego di codici di calcolo agli elementi finiti in grado di integrare numericamente l'equazione differenziale reggente i moti filtranti nella parte satura ed in quella parzialmente satura dei terreni oggetto di studio; tali codici si sono applicati a due aree, opportunamente strumentate, interessate da movimenti franosi la cui causa innescante è rappresentata dagli eventi pluviometrici.

I risultati sinora conseguiti hanno indicato la buona affidabilità dei codici di calcolo utilizzati ed hanno, altresì, consentito di delineare con chiarezza gli aspetti quantitativi e qualitativi della strumentazione da porre in opera per il raggiungimento di risultati significativi nello studio dei problemi al finito.

Per quanto concerne i modelli a scatola chiusa, particolare attenzione è stata rivolta a quelli sviluppati in tempi recenti e che consentono l'analisi dei processi di infiltrazione sia a scala puntuale che a scala di bacino. In particolare, con riferimento a due bacini di studio della Campania caratterizzati dalla presenza in affioramento di terreni a bassa ed elevata permeabilità, si stanno applicando quattro diversi modelli, allo scopo di valutarne le potenzialità ed i campi di

applicazione.

Come si può osservare dalla bibliografia, il lavoro sin qui svolto non si è concretizzato in un numero adeguato di note a stampa. Tale circostanza è essenzialmente da ascrivere alle continue emergenze che i componenti dell'U.O. 2.38 e l'Unità Operativa medesima sono stati chiamati a fronteggiare fin dal gennaio 1997. Per tali attività è stato prodotto un lavoro ponderoso che in numerose circostanze è stato sottoposto al vaglio del Consiglio Scientifico del GNDCI. La documentazione prodotta, richiamata in bibliografia, è stata recentemente inviata alla Presidenza del GNDCI.

Con riferimento alle ricerche finanziate, si osserva che allo stato delle conoscenze acquisite in campo teorico ed applicativo, grazie alla ricerca svolta in questi anni, ha enormemente favorito lo svolgimento delle attività di emergenza e costituisce un indispensabile punto di partenza per indirizzare, con approcci e metodologie adeguate, lo studio del regime delle acque sotterranee nelle coltri piroclastiche che, come è noto, nel maggio del 1998 hanno dato luogo a numerosi e gravi dissesti in alcuni Comuni delle province di Avellino, Caserta e Salerno.

Le fenomenologie in questione sono particolarmente complesse e possono suddividersi schematicamente in tre fasi distinte che, talvolta, si manifestano in altrettante zone ben differenziate del sistema fisico di riferimento nel quale ha sede e si sviluppa il movimento franoso. Innanzitutto, la fase di innesco, caratterizzata da una rapida evoluzione temporale, che ha sede nelle forme deposizionali a morfogenesi differenziata (Zero Order Basins); segue la fase di veloce scorrimento all'interno di un canale, dove le caratteristiche cinematiche del materiale proveniente dai distacchi sommitali evolvono in quelle di colata; infine, la fase di deposizione in una zona terminale dove il materiale può essere a sua volta soggetto ad erosione, trasporto etc..

I temi di ricerca da sviluppare per un'analisi completa dei processi fisici che intervengono nelle tre fasi suddette devono contemplare, in primo luogo, una adeguata valutazione dell'influenza che i caratteri geologici, morfologici e geotecnici rivestono, da un lato, sull'innesco dei fenomeni franosi che evolvono in colata e, dall'altro, sulle caratteristiche del movimento dei materiali sino alla zona di deposito; in secondo luogo, essi devono approfondire l'influenza dei fenomeni di riconsolidazione in relazione alle proprietà meccaniche e strutturali acquisite dai sedimenti nelle zone di deposito e precisare le differenze esistenti tra tali proprietà e quelle del materiale in sede.

## Bibliografia

Barbarisi V. (1998) – “Risultati preliminari sulla caratterizzazione fisico-meccanica di alcune piroclastiti della Costiera amalfitana”. Tesi di diploma di laurea in Ingegneria delle Infrastrutture, Salerno.

De Luna V. (1996) – “Analisi geotecnica dei fenomeni franosi in gneiss alterati”. Rapporto Interno. Università degli Studi della Basilicata – Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria.

Clarizia M., Gullà G., Sorbino G. (1996) – “Sui meccanismi di innesco dei soil slips”. Atti del convegno su: La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica; Alba 5-7 nov.

Migale L. S. (1998) – “Eventi franosi della Costiera Amalfitana nel XIX secolo”. Tesi di laurea in Ingegneria Civile, Salerno.

Pennacchia C. (1997) – “L'efficacia delle trincee drenanti nella stabilizzazione dei pendii: un caso di studio”. Tesi di laurea in Ingegneria Civile, Salerno.

## Unità Operativa 2.40

**MOVIMENTI FRANOSI LENTI E PROFONDI SU PENDII ARGILLOSI**

Responsabile Dott. Martino Rossi Doria  
Dipartimento Idraulica, Trasporti e Strade – Università di Roma  
Via Eudossiana, 18 – 00184 – ROMA  
Tel. 06-44585829 Fax 06-44585016 E-mail: geoltec@dits.ing.uniroma1.it

L'attività 96-97 si riferisce alla U.O. 2.40 Centro di Studio per la Geologia Tecnica (CNR), quella 98 all'U.O. DITS UNIROMA 1

L'attività attuale costituisce pertanto una continuazione e riguarda lo studio di movimenti lenti e profondi su pendii modellati in:

- 1) in argille marnose ricoperte da coltri argillose eoliche nell'Abruzzo pedemontano adriatico (TE e PE)
- 2) in argille varicolori ricoperte da accumuli di frana lungo un pendio costiero ed un pendio interno della Calabria alto-ionica (CS)

Gli studi sono continuati, oltre che con l'esecuzione di 14 sondaggi (anni 96 e 97) dei quali 8 per postazioni inclinometriche (4) e piezometriche (4), con il monitoraggio dei movimenti mediante misure inclinometriche, piezometriche e pluviometriche che si protrae ormai dal 1980 nell'Abruzzo (13 inclinometri) e dal 1984 in Calabria (15 inclinometri). Con riferimento agli studi sviluppati in Abruzzo, la rarefazione delle misure per motivi finanziari (nessuna misura nel 1998) ed effetti di deriva strumentali (20 celle) rendono difficoltosa l'interpretazione delle misure piezometriche che si riferiscono alla situazione all'atto della misura che non sempre corrisponde a quella del momento dello scorrimento, mentre le misure inclinometriche (25 inclinometri funzionanti su 28 installati negli anni 80-82-87-89), anche se diradate, danno sempre indicazioni sicure.

Considerati taluni caratteri peculiari e ricorrenti e le strette relazioni scorrimenti-livelli piezometrici-pioggie già ben individuate, si tenta di individuare se esiste una relazione diretta e quantificabile tra scorrimenti e piogge. Ove fosse realmente quantificabile, questa relazione, riferita a zone a diversa piovosità, avrebbe validità molto più generale costituendo un ulteriore supporto alla valutazione della stabilità i.s. di aree nelle quali, solo attraverso indagini di tipo geomorfologico, si ipotizza l'esistenza di movimenti lenti e profondi. Con la stessa finalizzazione, sulla base dei dati di numerose Stazioni del Servizio Idrografico dello Stato che ricadono nel territorio abruzzese in esame, si stanno elaborando i dati relativi alla distribuzione della piovosità in funzione soprattutto della quota, della distanza dal mare o dai monti, alla durata, ai giorni di pioggia ecc., tenendo conto che esistono differenze di altezze di pioggia tra le varie stazioni che differiscono di 200-300 mm, cioè di una quantità che di regola è sufficiente per innescare i movimenti lenti e profondi.

L'elaborazione dei dati (fino ad oggi 1500 misure) raccolti in Abruzzo ha confermato i caratteri dei movimenti, ed in particolare le relazioni con le piogge, gli spostamenti sono stati inferiori al cm/anno, e in uno stesso pendio lungo la stessa verticale possono esistere più fasce di scorrimento (profondità massima oltre 25 m). Lungo queste, l'entità dello spostamento diminuisce con la profondità (differenze anche dell'ordine di parecchi cm), può variare lungo il pendio stesso, la direzione di scorrimento può essere diversa (differenze anche 20°-30°). Alla luce di questi dati, si sta ora valutando, come ipotesi di lavoro, se esistono relazioni tra questi e le ondulazioni della superficie dei pendii che sono un carattere peculiare dei movimenti in studio. Se vera, l'ipotesi può essere un ulteriore ausilio, non un sostitutivo delle indagini in sito! per l'identificazione dei movimenti.

L'elaborazione dei dati relativi al pendio costiero calabro ha messo in evidenza che si sono verificati movimenti dell'ordine massimo del cm. Ciò conferma che pur con piogge non elevate alcuni spessi accumuli (fino a oltre 15 m) o parte di essi sono in lento movimento (dal 87 al 98 lo spostamento massimo registrato è stato di 4 cm). Ciò assume una certa importanza se si

considera che sugli accumuli poggiano una strada statale (S.106 Ionica) ed una Ferrovia (Taranto-Metaponto-Reggio Calabria) e che gli accumuli stessi con periodi di ritorno di 20-30 anni, in conseguenza di piogge intense e prolungate nell'arco di 6 mesi, sono interessati da macroscorrimenti che comportano interruzioni delle due importanti infrastrutture

Parallelamente, è proseguita la raccolta di dati geomorfologici finalizzata alla zonizzazione di ampi tratti del territorio abruzzese compresi tra il F.Pescara a sud e il F.Tordino a nord. Quest'aspetto dello studio ha lo scopo di fornire criteri quanto più obbiettivi per la valutazione del rischio da frana in vista di una corretta utilizzazione non solo del territorio in esame ma che, a livello metodologico, siano anche estrapolabili ad altre situazioni. Il territorio abruzzese che si estende tra il piede dei rilievi montuosi ed il mare adriatico con paesaggio collinare più o meno blando, è stato suddiviso, in prima approssimazione in modo piuttosto lasco, in "zone geomorfologiche tipo" (abitati poggianti su roccia o su piastroni in terreni granulari marini o fluviali, pendii modellati nelle argille marnose plio-pleistoceniche, ricoperte o non da coltri detritiche eoliche, in lento movimento, pendii la cui stabilità è fortemente condizionata da condizioni litologico-giacitura, aree calanchive, ecc). Per ogni area si stanno delineando alcuni criteri guida per la valutazione dei rischi connessi con la stabilità dei versanti. Si segue in sostanza un approccio metodologico per approssimazioni successive, che talora comportano, per la natura stessa del problema, rinunce a suggestive ipotesi che o non sempre offrono univoci riscontri o si basano su indizi non sufficientemente diffusi o ancora non interamente noti, pur essendo fondate su taluni dati del tutto obbiettivi.

## Unità Operativa 2.41

**FENOMENI DI INSTABILITÀ E RISCHI GEOLOGICI IN AREE  
VULCANICHE**

Responsabile Dott. Sergio Chiesa  
CNR – Centro Studi Geodinamica Alpina e Quaternaria  
Piazza Cittadella, 4 – 24100 – BERGAMO  
Tel. 035-248051 Fax 035-248051 E-mail: cnrbg@uninetcom.it

L'attività dell'Unità Operativa (che nel triennio considerato ha avuto una drastica riduzione dei ricercatori afferenti essendosi esaurito il lavoro di esplorazione a tappeto) si è indirizzata al riconoscimento, caratterizzazione e mappatura delle situazioni individuate durante la fase di censimento.

Va ricordato che l'avvio dei lavori dell'Unità Operativa aveva avuto la collaborazione di numerosi ricercatori afferenti al GNV.

L'attenzione e le risorse sono state concentrate, prevalentemente, sulle isole di origine vulcanica del bordo tirrenico sulle quali sono attivi numerosi processi che modificano le condizioni di equilibrio dei versanti.

Nel caso delle instabilità presenti su parte del versante settentrionale del Cono della Fossa l'Unità Operativa ha gestito il mantenimento e le rilevazioni periodiche di una rete distometrica su fessure. Queste rilevazioni hanno evidenziato una continua variazione dell'entità delle aperture con andamenti non progressivi.

La delimitazione dell'area instabile ha costituito il riferimento per gli interventi di protezione installati dal Cenio Civile di Messina.

Alle isole Pontine le ricognizioni effettuate hanno portato al rilevamento dello stato di instabilità che caratterizza vari settori delle falesie determinando una situazione di pericolo per alcune delle aree destinate alla balneazione.

Oltre alle normali attività di ricerca e sorveglianza, sono state mantenute iniziative di sensibilizzazione e divulgazione sui temi della pericolosità geologica e sulla necessità di una corretta gestione del territorio. Queste attività hanno riguardato un ambito territoriale ed una impostazione tematica molto più ampia di quella tipica dell'Unità Operativa.

Tra le iniziative si annoverano partecipazioni a Convegni e Congressi in Italia ed all'estero (Costa Rica e Repubblica Dominicana), conduzione di seminari in corsi universitari, assegnazione di tesi di laurea, partecipazione a cicli di conferenze di Educazione Permanente, pubblicazione di interventi di taglio divulgativo su stampa periodica.

Il responsabile dell'Unità Operativa è entrato a far parte della Commissione provinciale della Protezione Civile per la Provincia di Bergamo.

L'unità Operativa ha curato, a titolo di esempio, la realizzazione degli elaborati di carattere geologico per la definizione delle aree a differente grado di fattibilità per un comune montano delle prealpi Orobiche caratterizzato da alta densità di dissesti idrogeologici.

Per quanto riguarda più specificatamente il tematismo proprio dell'Unità Operativa i risultati di maggior risalto sono le misure della rete di monitoraggio a Vulcano attiva da più di dieci anni.

Tali risultati, unitamente ad una illustrazione generale sulle condizioni di stabilità dei versanti, sono stati trasferiti ai proff. La Volpe e Sbrana del GNV per la realizzazione di una relazione sull'Isola di Vulcano. Le conclusioni sintetiche sono: le instabilità di versante presenti all'isola di Vulcano sono determinate da vari fattori, quelle che interessano il cono di La Fossa mostrano una stretta relazione con i processi vulcanici quali il grado di attività delle fumarole, e di deformazione del suolo. La dinamica osservata su una decina di fessure mostra un andamento altalenante e non si sono registrati, nel periodo di sorveglianza accelerazioni tali da indicare una evoluzione del fenomeno gravitativo sotto osservazione.

Sulla stessa l'Isola è stata studiata in dettaglio la frana del maggio 1986. Questa ha coinvolto un pacco di depositi piroclastici con volume di circa 220.000 mc. Lo studio ha evidenziato la presenza di abbondanti mineralizzazioni a gesso e zolfo in corrispondenza del livello lungo il quale si è sviluppato lo scivolamento indicando che i depositi piroclastici dell'isola sono spesso interessati da lente trasformazioni ad opera dei fluidi idrotermali.

Per il trasferimento dei risultati ottenuti sulle Isole Pontine si sono inviate comunicazioni, alle autorità locali, con l'ubicazione delle aree a maggior pericolosità e con indicazioni sugli interventi di mitigazione adottabili.

Azione simile è stata rivolta anche alle autorità dell'Isola d'Ischia sulla base dei risultati presentati, nell'anno 1995 al convegno "La città fragile in Italia", e pubblicati l'anno successivo.

E' stata presentata una zonizzazione della pericolosità da frana per l'Isola di Stromboli associata ad una cartografia di dinamica geomorfologica. Anche in questo caso i risultati sono stati portati a conoscenza delle autorità locali.

## Bibliografia

Arrigoni L (1996) - Dinamica geomorfologica e pericolosità di frana sull'isola di Stromboli. "La città fragile in Italia", Convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei: "La stabilità del suolo in Italia: Zonazione della sismicità - Frane", Roma 30-31 maggio 1996.

Chiesa S., Civelli G., De Toni S., Fenaroli G. (1996) - El Plan de Cuenca: instrumento para la mitigación del riesgo hidrogeológico. Comunicazione presentata al IV Simposio Latino Americano "Sobre Riesgos Geológicos en Areas Urbanas", San José, Costa Rica 9-13 settembre 1996.

Chiesa S., Comi L., Nozza G. (1997) "L'acqua madre del paesaggio non sempre benevola". Acqua e Territorio, Atti del Seminario Università di Bergamo, Aprile 1995.

Chiesa S., Garduño V.H., De Toni S., Garduño V.H., Chiesa S., Arreygue E.(1998) "Las Fallas Geológicas y sísmicas en la Planificación de Territorio de la Ciudad de Morelia". Rivista della Società Geologica Messicana.

Chiesa S. (1998) – Natura e uomo, la difficile pace. L'Eco di Bergamo 14 maggio 1998.

Chiesa S. (1998) - La grande frana della val Pola. Guide Geol. Reg., Alpi e Prealpi Lombarde, 1, II, SGI, pp. 90-96, BE-MA Ed., Milano.

## Unità Operativa 2.42

**CONDIZIONI DI INSTABILITÀ DEI CENTRI URBANI LUCANI**

Responsabile Prof. Damiano Grassi

Dipartimento Strutture, Geotecnica e Geologia Applicata – Università della Basilicata

Via della Tecnica, 3 – 85100 – POTENZA

Tel. 0971-474609 Fax 0971-57477 E-mail: grassi@unibas.it

**1. Obiettivi della ricerca**

Nel triennio 1996 – 1998, tale attività di studio è stata mirata a perseguire i seguenti obiettivi:

- censimento ed analisi delle situazioni di instabilità, sia in atto che potenziali, dei versanti su cui insistono numerosi centri urbani lucani e calabresi e la rete infrastrutturale ad essi facenti capo;
- individuazione e definizione dei caratteri geomorfologici ed evolutivi di grandi movimenti di massa ( riconducibili sia a Deformazioni Gravitative Profonde di Versante che a grandi frane) presenti in corrispondenza o nelle vicinanze di aree antropiche e nei diversi ambienti geostrutturali e geomorfologici dell'Appennino meridionale;
- studio delle connessioni esistenti fra eventi di pioggia, di varia durata ed intensità, e la diffusa quanto periodica franosità che affligge buona parte del territorio della Basilicata.

Tali studi si sono avvalsi di : raccolta, omogeneizzazione ed interpretazione di informazioni storico-bibliografiche, di dati provenienti da indagini in situ e in laboratorio e di studi precedenti; rilievi geologici e geomorfologici originali, condotti in situ e mediante l'interpretazione fotogeologica di foto aeree di diversa scala ed epoca di realizzazione.

I risultati delle ricerche condotte hanno costituito oggetto di note scientifiche pubblicate su Riviste anche internazionali, di memorie facenti parte di Atti di Convegni e Congressi Nazionali ed Internazionali, di cartografia a varia scala. Parte dell'attività è stata resa pubblica in sede di Convegni mediante comunicazioni orali o in sessione Poster.

I componenti dell'U.O. 2.42 hanno altresì svolto un'intensa attività di consulenza, come esperti del GNDCI e per conto della Protezione Civile, consistita in sopralluoghi, stesura di rapporti, ecc., in problemi di instabilità dei versanti e di pericolosità incombente coinvolgenti aree urbane della Basilicata e della Puglia (abitati di Castelmezzano, Montalbano Ionico, Pescopagano, Bernalda, Sant'Agata di Puglia). In occasione del terremoto del 9 settembre 1998, che ha interessato un'ampia porzione di territorio del confine calabro – lucano, alcuni componenti dell'U.O. hanno attivamente partecipato al censimento delle situazioni di instabilità prodotte o aggravate dal sisma medesimo.

**2. Sintesi delle ricerche**

Riferendoci agli obiettivi prima elencati, di seguito si riporta una sintesi delle attività di ricerca espletata dall'Unità Operativa 2.42 nel triennio 1996 – 1998.

Per quanto riguarda gli studi sulle condizioni di instabilità dei centri urbani lucani essi si sono espletati in corrispondenza di numerosi abitati, ricadenti sia nelle aree montuose che in quelle collinari della Basilicata. Gli studi ultimati hanno in particolare riguardato i seguenti centri urbani: Campomaggiore, Craco, Laurenzana, Filiano, Grassano, Castronuovo S. Andrea, Roccanova, Avigliano, Latronico, Satriano di Lucania, Castelsaraceno, San Fele, Viggianello, ecc.

Gli studi condotti sono stati sintetizzati su apposite carte geomorfologiche e di franosità a varia scala, corredate da sezioni geomorfologiche riguardanti i principali corpi franosi rilevati.

Gli studi relativi a detti centri abitati, nonché quelli relativi ad altri importanti centri urbani precedentemente esaminati dall'U.O., sono stati organizzati sotto forma di banca – dati gestibile

mediante un programma denominato Organizer e riportata su un supporto CD Rom. Tale banca – dati è continuamente aggiornata via via che gli studi vengono portati a termine.

Sono stati inoltre completati gli studi geomorfologici relativi al censimento dei fenomeni franosi, di vario tipo e dimensione, in atto o potenziali, che impegnano le aree urbane e suburbane della città di Potenza. Tali studi si concretizzeranno quanto prima con la redazione di una carta inventario delle frane, scala 1:25.000.

Nello stesso periodo, l'U.O. ha attivamente collaborato con l'U.O. 2.29 (resp. Dott. Luigi Merenda) nello studio sulle condizioni di instabilità pregressa ed attuale di importanti centri urbani calabresi ricadenti lungo il confine calabro-lucano. Tali ricerche hanno riguardato dieci diversi centri urbani caratterizzati da frane di diverso tipo e grado di attività.

Altri studi hanno riguardato alcuni grandi movimenti di massa ( riconducibili sia a Deformazioni Gravitative Profonde di Versante che a grandi frane) presenti in corrispondenza o nelle vicinanze di aree antropiche e nei diversi ambienti geostrutturali e geomorfologici dell'Appennino meridionale. In particolare, tali studi hanno riguardato i caratteri geomorfologici ed evolutivi dei grandi movimenti di massa presenti nelle successioni lagonegresi e liguridi affioranti nei dintorni del Monte Sirino (Basilicata) e nei terreni lagonegresi dell'area di Campomaggiore Vecchio. Trattasi di grandi movimenti di massa di tipo complesso, riconducibili ad espansioni laterali e a grandi scorrimenti rototraslazionali. Altri fenomeni di deformazione gravitativa profonda analizzati ricadono in corrispondenza degli abitati calabresi di Canolo, di Civita e di Mormanno.

Un altro tema di ricerca sviluppato dai componenti dell'U.O. concerne l'influenza degli eventi di pioggia sulla pericolosità di frana dovuta a piogge in aree urbane dell'Appennino meridionale. Tale ricerca, ancora in corso di svolgimento, ha in particolare riguardato: la diffusa mobilitazione franosa prodottasi in Basilicata a seguito degli eventi di pioggia del Novembre 1976; le connessioni esistenti fra le piogge e le periodiche riattivazioni subite dalle frane presenti nell'area urbana di Avigliano. Il ruolo delle piogge nelle diffuse e periodiche rimobilitazioni franose investigate è stato studiato ricorrendo a modelli idrologico-statistici basati sullo studio delle cumulate di pioggia da 1 a 180 giorni. Il modello consente di quantificare l'eccezionalità, espresso dal tempo di ritorno  $T$ , dell'evento meteorico associabile alla frana, mediante lo studio dei massimi valori assunti dalle cumulate.

Infine, sono stati espletati studi riguardanti : l'ambiente geologico e geomorfologico e l'attuale stato di degrado dei principali insediamenti rupestri medievali della Basilicata e della Puglia; le cause responsabili dell'attuale stato condizioni di dissesto statico delle opere storico - monumentale e castellane del periodo federiciano presenti in Puglia e Basilicata. Le ricerche hanno riguardato numerosi centri rupestri (tra i quali ricordiamo Massafra, Palagianello e Ginosola) e alcune strutture castellane come il Castello di Brindisi di Montagna, di Gravina, di Lucera e di Massafra.

### 3. Pubblicazioni

M. POLEMIO, F. SDAO (1996) - Landslide hazard and critical rainfall in Southern Italy. Landslides, Proc. of 6th Intern. Symp. on Landslides, vol. 2, 847 - 852, 6 ff, 1 tab. TRONDHEIM, GIUGNO 1996. Senneset K. ed., Balkema, giugno 1996, Rotterdam (Olanda).

M. POLEMIO & F. SDAO (1996) - Eventi di pioggia e fasi di attività di una frana nei pressi di Calciano (Basilicata). Presentato al V Convegno dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Cagliari Ottobre 1996.

D. GRASSI (1997) – Incidenza dei movimenti di massa sul rischio geologico in Basilicata. Atti convegno "La Stabilità del Suolo". Accademia del Lincei, Roma.

M. POLEMIO & F. SDAO (1997) - Le piogge e il rischio di frana in aree urbane della Basilicata. Atti convegno "La Stabilità del Suolo". Accademia del Lincei, Roma.

E. CRESCENZI, D. GRASSI, G. IOVINE, L. MERENDA, F. MICELI, F. SDAO (1996) - Fenomeni di instabilità franosa nei centri abitati calabresi : esempi rappresentativi. Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. XXXI.

F. SDAO & V. SIMEONE (1996) - Fasi di attivazione e maturità geomorfologica di due frane tipo colata nei pressi di Campomaggiore Vecchio (Basilicata). Geol. Appl. e Idrogeol., vol XXXI, Bari

- M. POLEMIO & F. SDAO (1996) - Rischio di frana indotto dagli eventi di pioggia in Avigliano (Basilicata). Geol. Appl. e Idrogeol. vol. XXXI.
- SDAO F. & SIMEONE V. (1997) - Activation phases and geomorphic maturity of two earth - flows slides in Southern Italy .Landslide News, International Newletters, n. 10 March 1997. - Japan Landslide Society.
- M. POLEMIO & F. SDAO (1998) Heavy rainfalls and extensive landslides occurred in Basilicata (Southern Italy) in 1976. Proc. 8<sup>th</sup> Congress of Intern. Ass. of Engin. Geology, Vancouver, Canada Settembre 1998
- GRASSI D. (1998) - Ricerche geologico-tecniche finalizzate alla salvaguardia delle opere monumentali e cause responsabili dello stato di conservazione di alcuni castelli normanno-svevi delle Puglia e della Lucania. Atti Conv. Internaz. "CASTRA IPSA POSSUNTET DEBENT REPARARI", Castello di Lagopesole, Potenza.
- GRASSI D. (1998) - Cause responsabili dello stato di conservazione del castello di Brindisi di Montagna (Lucania). Atti Conv. Internaz. "CASTRA IPSA POSSUNTET DEBENT REPARARI", Castello di Lagopesole, Potenza.
- GRASSI D., Tomaiuoli N. (1998) - Interventi di ripristino statico e di restauro della Torre della Leonessa della fortezza medioevale di Lucera (Puglia). Atti Conv. Internaz. "CASTRA IPSA POSSUNTET DEBENT REPARARI", Castello di Lagopesole, Potenza.
- GRASSI D. (1998) - Condizioni di stabilità e di degrado delle strutture rupestri, urbane e castellane aventi sede in uno stesso sito medioevale a Ginosa, Palagianello, Massafra (Puglia). Atti Conv. Internaz. " CASTRA IPSA POSSUNTET DEBENT REPARARI", Castello di Lagopesole, Potenza.

## Unità Operativa 2.45

**STUDIO DEI RAPPORTI FRA FENOMENI FRANOSI ED EVENTI  
SISMICI NELL'AREA UMBRO-MARCHIGIANA**

Responsabile Prof. Rinaldo Genevois  
Dipartimento Geologia, Paleontologia e Geofisica – Università di Padova  
Via Giotto, 1 – 35137 – PADOVA  
Tel. 049-8272080 Fax 049-8272070 E-mail: rinaldo@geol.unipd.it

La ricerca è stata strutturata nelle seguenti fasi:

1. Ricerca storica e catalogazione frane innescate da sismi.
2. Valutazione dell'affidabilità dei dati raccolti.
3. Scelta di frane tipiche in base a caratteri litologici, cinematismi ed intensità della sollecitazione dinamica.
4. Valutazione dell'attività sismica dell'area dei singoli fenomeni.
5. Valutazione dei caratteri climatici delle aree prescelte.
6. Realizzazione del modello geologico e geotecnico/geomeccanico dei fenomeni di massa scelti.
7. Analisi pseudostatiche parametriche di ogni fenomeno.
8. Analisi dinamica dei singoli eventi.
9. Analisi delle possibili evoluzioni.

La ricerca iniziata già nel 1993 ha riguardato nel triennio 1996-1998 il completamento del settore settentrionale dell'Appennino. In tale area è stata completata la ricerca storica e, in base all'attendibilità dei dati, sono stati individuati i fenomeni collegabili ad eventi sismici con elevata probabilità.

Per ognuno degli eventi franosi accertati si è quasi completata la costruzione dei modelli geologici tramite il rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di campagna; ove possibile è stata utilizzata anche la fotointerpretazione. Per gran parte dei fenomeni individuati è già stato costruito il modello geotecnico/geomeccanico e sono ultimate le analisi di stabilità in condizioni statiche e dinamiche. Sono state realizzate, altresì, le analisi di stabilità pseudostatiche, di tipo parametrico, per la scelta di una metodologia di analisi standardizzata.

Nel 1996 alcune delle altre frane individuate nella Regione Emilia-Romagna sono state completamente studiate in dettaglio ed i risultati sono stati preliminarmente inseriti in un lavoro di ampio respiro sulla caratterizzazione della Formazione Marnoso-Arenacea presentato al Congresso di Trondheim nel 1996.

Nel 1997 è stata terminata la catalogazione, tramite ricerca storico-bibliografica dettagliata, delle frane innescate da fenomeni sismici nelle regioni italiane del centro-nord (Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Liguria). Un adeguato numero di frane ad elevata probabilità di innesco sismico è stato analizzato in dettaglio dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e geomeccanico/geotecnico e su di esse sono state effettuate analisi parametriche con metodi all'equilibrio limite per la valutazione del valore dei parametri a rottura. Sono iniziate, sempre nel 1997, le analisi con metodi alle differenze finite (FLAC) per la valutazione della risposta dei versanti interessati dalle fenomenologie individuate alle sollecitazioni sismiche.

Nel 1998 è continuata la catalogazione, tramite ricerca storico-bibliografica dettagliata, delle frane innescate da fenomeni sismici nelle regioni italiane del centro-nord. La valutazione dell'attendibilità dei dati raccolti con riscontri incrociati è stata altresì completata.

I recenti eventi sismici in una parte rilevante dell'area complessivamente indagata hanno reso necessaria la prosecuzione della ricerca con i seguenti obiettivi:

1. completamento del catalogo delle frane sismo-indotte per le regioni Marche ed Umbria;
2. convalida dei criteri di affidabilità adottati per le frane storiche ;

3. convalida dei parametri di resistenza al taglio mediamente mobilizzati in condizioni sismiche dai differenti litotipi ;
4. studio ed analisi degli effetti di superficie applicando e confrontando metodologie standard (rilevamento di superficie, fotointerpretazione) e recenti metodologie di più complessa utilizzazione (interferometria radar).

Contemporaneamente sono continuate le attività più strettamente collegate alla ricerca concernente l'intero settore settentrionale degli Appennini ed in particolare:

- Catalogo regionale dei fenomeni franosi sismo-indotti, contenente tutte le informazioni relative ai fenomeni individuati ed alle caratteristiche del terremoto cui essi sono riferiti.
- Analisi statistica dei dati ottenuti dalla ricerca.
- Analisi dei rapporti tra caratteristiche e localizzazione dei fenomeni franosi e caratteristiche dei terremoti di innesco.
- Valutazione complessiva delle probabilità di evento in una determinata finestra temporale, possibile localizzazione di zone a rischio in aree opportunamente scelte in ognuna delle regioni studiate, con riferimento particolare ai centri abitati ed alle principali infrastrutture.

Sono continuate le analisi con metodi alle differenze finite (FLAC) per la valutazione della risposta dei versanti interessati dalle sollecitazioni sismiche. In presenza di versanti in roccia, si è iniziato ad utilizzare anche il codice di calcolo numerico agli elementi distinti UDEC, che risulta più appropriato nel caso di ammassi rocciosi fratturati.

Il 1998 è stato principalmente impiegato nella raccolta di tutti i dati e nel rilevamento geologico-tecnico dei fenomeni che si sono verificati nell'area umbro-marchigiana, insieme all'interpretazione del campo di spostamenti complessivo e di quello relativo ai singoli fenomeni di maggiore interesse o importanza, permetteranno di raggiungere gli obiettivi prefissati entro il termine di due anni.

I risultati degli studi e delle analisi effettuati sui singoli effetti di superficie (principalmente movimenti di massa) e tuttora in corso sembrano incoraggianti: sembra, infatti, possibile, almeno in via preliminare, stabilire alcune relazioni generali tra spostamenti indotti (per lo più calcolati analiticamente con il metodo di Newmark o con metodi alle differenze finite), intensità sismica al sito ed accelerazione critica della frana.

L'integrazione dei dati relativi all'ultimo evento sismico con quelli storici precedentemente raccolti ed analizzati dovrebbe permettere di risalire a correlazioni più generali che verranno utilizzate per la stima dell'intensità sismica di soglia, vale a dire delle intensità sismiche al sito minime richieste per innescare i differenti tipi di movimenti di massa.

## Publicazioni relative al Progetto di ricerca nel triennio

Castaldini D., Genevois R., Panizza M., Puccinelli A., Berti M., Cuzzani M.G., Pieroni A., Serani A., Simoni A., Putzolu P. & Ghirotti M. (1996) "Analysis of earthquake-induced surface effects in a sample area: a methodological approach in the Serchio River valley between Sillano and Piazza al Serchio (Garfagnana region, North-Western Apennines, Italy)" Final report on CERG Project, Strasbourg, pp. 1-29.

Baglioni A, De Florentis N., Francese R., Galgaro A., Genevois R., Grespan A., Illiceto V., Sartini G., Sedeo R. e Vallese C. (1997) "Indagini sismiche ad alta risoluzione per la valutazione di movimenti franosi". IX Cong.Naz.Geologi, Vol.1, 209-215.

Castaldini D., Genevois R., Panizza M., Puccinelli A., Berti M and Simoni A (1998): "An integrated approach for analysing earthquake-induced surface effects: a case study from the northern Apennines, Italy". J. Geodynamics, 26(2-4), 413-441

Bernagozzi G., Bertacchini M., Berti M., Bettelli G., Bollettinari G., Castaldini D., Cuzzani M.G., Genevois R., Gibertini M., Meletti C., Panini F., Panizza M., Pellegrini M., Simoni A., Tosatti G. and Zucchi M. (1998) "An integrated approach for analysing earthquake-induced surface effects: A case study in the Montese area, Province of Modena, Northern Apennines (Italy)". CERG Special Publication, pp. 68, Council Of Europe, Strasbourg.

Unità Operativa 2.48

## TELERILEVAMENTO A MICROONDE DELL'UMIDITÀ DEL TERRENO E DEL MANTO NEVOSO PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE AFFETTE DA MOVIMENTI FRANOSI E DI VALANGA

Responsabile Dott.ssa Simonetta Paloscia  
CNR – Istituto Ricerca Onde Elettromagnetiche  
Via Panciatichi, 64 – 50127 – FIRENZE  
Tel. 055-4235220 Fax 055-410893 E-mail: paloscia@iroe.fi.cnr.it

### 1. Obiettivi

1. Stima dell'umidità del terreno a livello di bacino a partire da dati SAR multitemporali da satellite (SIR-C/X-SAR ed ERS-1/2) raccolti sull'area di Montespertoli
2. Individuazione delle caratteristiche del manto nevoso in diverse condizioni di umidità per la valutazione dei rischi di valanghe e sviluppo di modellistica adeguata utilizzando tecniche di radiometria a microonde. Per questo programma sono stati utilizzati i radiometri a microonde IROE per sperimentazione a terra e le immagini da satellite (SSM/I) per studiare aspetti più generali legati all'evoluzione temporale delle aree innevate in Italia ed in Europa. Questo tipo di attività viene svolta nell'ambito di programmi nazionali (ASI, Agenzia Spaziale Italiana e MORSEx, Microwave Optical Remote Sensing Experiment) e internazionali (ERS-3 ed ENVISAT)

### Umidità del terreno

Un primo obiettivo della ricerca era la stima dell'umidità del terreno a livello di bacino a partire da immagini satellitari. Dai risultati ottenuti in passato era emersa una buona correlazione fra il coefficiente di backscattering in banda L (1.4 GHz) e l'umidità del terreno, misurati campo per campo, soprattutto a 20-25° di angolo di incidenza ( $r^2 = 0.62$ ). Come prevedibile a 35°, per l'influenza della rugosità del terreno e della vegetazione, il coefficiente di correlazione diminuiva sensibilmente. Se, tuttavia, venivano considerate le variazioni nel tempo mediate sempre per una stessa area, piuttosto che le variazioni spaziali di singoli campi in un'unica data, la correlazione con l'umidità del terreno aumentava notevolmente, fino ad arrivare coefficienti di correlazione maggiori di 0.9 sia a 20-25° che a 35° di angolo di incidenza. Sono stati allora analizzati anche i dati in banda C (5.6 GHz, corrispondenti ad una lunghezza d'onda di circa 6 cm) del satellite ERS-1 (pol. VV,  $\theta = 23^\circ$ ) e, seguendo la stessa metodologia, si sono ottenuti di nuovo risultati molto buoni, confrontabili con i dati in banda L, con coefficienti di correlazione alti.

Sulla base di questi risultati sono state perciò disegnate delle mappe di umidità del terreno per la zona agricola di Cerbaia ricavate direttamente dai dati di coefficiente di backscattering sia in banda L che in banda C in cui sono stati evidenziati 4 livelli di umidità del terreno [1] [2] [3].

### Manto nevoso

#### a) Sensibilità all'umidità della neve

Nel 1996 e 1997 sono state effettuate due campagne di misura sulle Alpi (Arabba e Falcade) in collaborazione con il Centro Sperimentale Valanghe di Arabba, utilizzando i radiometri a microonde IROE (6.8, 10 e 37 GHz), su neve in diverse condizioni di umidità e di stratificazione. Da una prima analisi dei dati è stata evidenziata una buona sensibilità dell'emissione sia espressa come Temperature di brillantezza (Tb) che come Indice di Polarizzazione (PI, ossia la differenza fra le polarizzazioni verticale e orizzontale) verso l'umidità della neve dei primi 5 cm. Le Tb a 10 e

soprattutto a 37 GHz hanno mostrato un accordo con le variazioni di umidità, in quanto l'emissione proviene dagli strati più superficiali del manto nevoso che sono quelli coinvolti nel processo di scioglimento, mentre a 6.8 GHz la sensibilità si è rivelata quasi nulla, in quanto a questa frequenza lo strato indagato è molto spesso. Per quanto riguarda gli indici di polarizzazione (PI) alle stesse frequenze, si è osservata una diminuzione del valore di PI all'aumentare dell'umidità della neve soprattutto a 10 GHz. Le variazioni alle altre frequenze sono state invece minime. [4]

### b) Brina di superficie

Un altro aspetto significativo riscontrato durante gli esperimenti è stato quello riguardante la sensibilità alla presenza di brina di superficie, soprattutto nel caso di cristalli di ghiaccio abbastanza grossi (qualche cm). Le variazioni maggiori sono state notate a 10 GHz nell'indice di polarizzazione e a 37 GHz sia nelle brillanze che nel PI. Questa situazione è importante ai fini della previsione di valanghe: infatti la formazione di questi cristalli di ghiaccio, che si ha in caso di forte umidità in zone poco esposte al sole, forma un'ottima superficie di scivolamento per gli strati soprastanti. La sua individuazione tempestiva permette quindi di individuare zone a rischio.

### c) Modellistica

Si stanno studiando alcuni modelli stratificati di trasporto radiativo per simulare il comportamento delle emissioni alle diverse frequenze per neve con diversi equivalenti in acqua e umidità.

## **2. Pubblicazioni**

- [1] PALOSCIA S., P. PAMPALONI, G. MACELLONI, S. SIGISMONDI, 1998, "Microwave remote sensing monitoring of hydrological parameters on NOPEX area", Agricultural and Forest Meteorology, Nopex Special Issue (in press)
- [2] MACELLONI G., S. PALOSCIA, P. PAMPALONI, S. SIGISMONDI, P. DE MATHAEIS, P.FERRAZZOLI, G.SCHIAVON, D.SOLIMINI, 1999, "The SIR-C/X-SAR experiment on Montespertoli: sensitivity to hydrological parameters", International Journal of Remote Sensing, (in press)
- [3] P.PAMPALONI, G.MACELLONI, S.PALOSCIA, S.SIGISMONDI, "ERS-1 SAR sensitivity to hydrological parameters: a comparison with SIR-C data", Proc. of the 3rd ERS Symposium 'Space at the service of our environment', Florence 17-21 March 1997, ESA-SP 414, vol.I, pp. 115-118
- [4] AMODEO G., G.MACELLONI, S.PALOSCIA, C.SUSINI, 1997, "L'uso dello SSM/I nello studio delle caratteristiche del territorio europeo", Rivista di Telerilevamento A.I.T., n.9, gennaio 1997, pp.23-34, Associazione Italiana di Telerilevamento

Unità Operativa 2.50

## **EROSIONE DELLE COSTE ALTE IN ABRUZZO GEOMORFOLOGIA DEI CENTRI ABITATI**

Responsabile Prof. Leandro D'Alessandro  
Dipartimento Scienze della Terra – Università D'Annunzio  
Campus Universitario – Via dei Vostini – 66013 – Chieti Scalo (CH)  
Tel. 0871-3556177 Fax 0871-3556146 E-mail: ferretti@unich.it

Le attività di ricerca sono state svolte secondo due linee direttrici: analisi dei processi morfogenetici in atto nei settori costieri maggiormente soggetti a erosione; caratterizzazione della dinamica geomorfologica nei principali bacini idrografici afferenti al litorale abruzzese, con particolare riguardo ai centri abitati. In prospettiva le due linee tendono a confluire allo scopo di addivenire ad una delineazione organica della evoluzione morfo-sedimentaria dei bacini idrografici e dei tratti di costa pertinenti.

La ricerca è stata condotta secondo le fasi programmatiche previste.

L'indagine bibliografica ha riguardato la letteratura scientifica italiana e straniera sulle coste alte, relativa sia alla tematica generale sia alla regione abruzzese in particolare.

A proposito della letteratura scientifica a carattere generale si rileva che i primi lavori di analisi degli effetti del moto ondoso sulle falesie risalgono agli anni '50 e '60 e sono stati pubblicati prevalentemente negli Stati Uniti e nel Giappone. In seguito al crescente interesse per la protezione dei litorali in generale, legato probabilmente allo sviluppo degli insediamenti costieri, una maggiore attenzione è stata dedicata recentemente anche alle problematiche legate alla evoluzione morfologica delle coste alte. La California ha offerto da questo punto di vista molti buoni spunti, per la presenza di lunghi tratti di falesia e per la forte pressione antropica sulle zone litoranee; in particolare Emery & Khun (1982) hanno elaborato un modello per la classificazione delle coste alte. Recentemente sono stati pubblicati due interessanti lavori specifici di notevole mole a cura di Threnhale (1987) e di Sunamura (1992). L'analisi della bibliografia acquisita ha contribuito ad avviare lo studio della tipologia e del ruolo dei vari agenti e processi che presiedono alla dinamica evolutiva delle coste in Abruzzo.

E' stata effettuata una indagine geomorfologica sul litorale attraverso i rilevamenti di campagna, l'acquisizione ed elaborazione delle documentazioni reperibili presso enti pubblici e società private: cartografia, coperture aerofotografiche di epoche diverse, dati termometrici, anemometrici, pluviometrici, documenti storici, sondaggi ( $\approx 150$ ) e dati di laboratorio. Su tali basi è stata avviata una classificazione tipologica del litorale su base morfoevolutiva, utilizzando a tale fine delle matrici che prendessero in esame il grado di attività della falesia, le condizioni litologiche e gli agenti erosivi.

Considerato il ruolo fondamentale che le condizioni meteo-climatiche assumono nella dinamica delle coste, è stata effettuata la raccolta dei dati termometrici (stazione di Pescara nel periodo 1921 – 1978 e di P. Penna nel periodo 1950 – 1978), pluviometrici (nel periodo 1951 – 1989 per le stazioni di Vasto, Torino di Sangro e Ortona) e anemometrici (stazioni di Pescara dal 1960 al 1990 e di Termoli dal 1960 al 1991). Considerata la fondamentale importanza morfogenetica del moto ondoso, i dati anemometrici sono stati integrati e correlati con quelli sul moto ondoso rilevati da piattaforme poste al largo della costa.

E' stata avviata una indagine sulle caratteristiche batimetriche di alcune zone specifiche; l'elaborazione dei relativi dati è in fase avanzata e consentirà di acquisire un elemento fondamentale per la definizione dell'energia del moto ondoso.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geomorfologica dei bacini idrografici afferenti al litorale abruzzese, è stata espletata una prima indagine su quelli del F. Sangro e del F. Trigno. La disponibilità di una parziale documentazione aerofotografica ha consentito l'avvio dell'analisi geomorfologica di dettaglio di centri abitati siti lungo la costa ed all'interno; tale analisi tende allo

scopo di acquisire elementi che consentano una adeguata definizione delle caratteristiche morfodinamiche e delle condizioni di pericolosità, utili anche ai fini dell'espletamento delle attività da parte del Gruppo di ricerca in collaborazione col Dipartimento per la Protezione Civile .

Si fa rilevare, inoltre, che, in riferimento anche ai suoi rilevanti aspetti sociali, è stata avviata anche una ricerca, in collaborazione con Ricercatori dell'I.S.P.E.S.L., sui fenomeni valanghivi in Abruzzo.

E' stata impostata ed avviata una collaborazione con l'Unità Operativa diretta da G.B. La Monica sullo studio della evoluzione morfosedimentaria del litorale di Nettuno, anche in considerazione di talune analogie con le falesie abruzzesi.

Nel complesso, fra i principali risultati ottenuti dalle attività di ricerca svolte, citiamo i seguenti:

- delineazione della dinamica recente della costa alta fra Ortona e Vasto (Chieti);
- prima caratterizzazione geomorfologica di bacini idrografici, con particolare riguardo a centri abitati;
- acquisizione di elementi relativi ai fenomeni valanghivi sul Gran Sasso.

Per quanto riguarda la dinamica recente della costa alta fra Ortona e Vasto (Abruzzo centro-meridionale ), si è riscontrato che gran parte di tale litorale è interessato da fenomeni franosi attivi e quiescenti, anche di notevole estensione. Non sempre si tratta, però, di falesie attive, in quanto in molte situazioni l'azione del mare non è più in grado di influire direttamente sull'evoluzione dei pendii, che però prosegue a causa di altri processi.

Attraverso il rilevamento di campagna e l'acquisizione ed elaborazione di altri dati (cartografie, coperture aerofotografiche di epoche diverse, dati climatologici, documenti storici, sondaggi geognostici e dati di laboratorio) è stata delineata la morfodinamica generale del litorale.

Relativamente ad alcuni pendii campione è stata realizzata una indagine di dettaglio, sugli aspetti stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnici.

Inoltre è stata effettuato un esame delle condizioni di stabilità, basata sul metodo di analisi agli elementi finiti, che tenesse conto soprattutto delle condizioni al contorno ritenute critiche (energia delle onde, evoluzione morfologica nel tempo), con lo scopo di meglio evidenziare il rapporto fra i risultati delle analisi ( espressi in termini di fattori di sicurezza e di dimensioni delle aree critiche ) e quanto emerso dall'indagine geologica e geomorfologica.

Dall'insieme dei risultati ottenuti è emerso che il modello evolutivo della zona studiata risulta influenzato fondamentalmente dall'assetto geo-strutturale in rapporto al livello del mare, dallo stato di attività raggiunto dalla falesia, e dal moto ondoso.

Attraverso l'analisi delle documentazioni aerofotografiche e topografiche sono stati determinati i tassi di arretramento. Riconducendosi ai risultati delle analisi di stabilità dei pendii, è interessante notare che le falesie le quali presentano l'area critica più estesa e il fattore di sicurezza più basso hanno tassi di arretramento reali più alti di quelle aventi fattore di sicurezza relativamente maggiore e zona critica meno estesa. Si può ritenere, pertanto, almeno in prima approssimazione, che i risultati dell'analisi di stabilità teorica siano effettivamente congruenti con i processi realmente rilevati nella zona e documentati dall'indagine geomorfologica.

La ricerca avviata relativa alla caratterizzazione geomorfologica di insediamenti abitativi in rapporto alla dinamica dei versanti ha consentito di effettuare una prima panoramica dello stato di dissesto dei centri abitati abruzzesi, in funzione della loro distribuzione altimetrica e dei complessi litologici caratterizzanti il substrato, rappresentativi del grado di resistenza ai processi di rapida morfogenesi. Sulla base delle conoscenze acquisite è stata programmata l'analisi geomorfologica di dettaglio di diversi centri abitati campione, rappresentativi della zona montana, collinare e costiera.

L'analisi delle forme e dei processi di dissesto, sarà inquadrata soprattutto sulla dinamica evolutiva generale dei versanti, dei fondivalle e della costa. Nel lavoro di analisi la valutazione dello stato di attività si avvale dei risultati della raccolta ed analisi di notizie storiche, già in fase avanzata.

Lo studio di dinamica geomorfologica segue i criteri indicati dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, ( 1987, 1993), dal Progetto S.C.A.I. e dal Gruppo di lavoro del Servizio Geologico per la cartografia e la geomorfologia.

L'indagine geomorfologica sarà condotta parallelamente al rilevamento litostrutturale, effettuato sia su base aerofotointerpretativa che attraverso rilievi di campagna.

La ricerca tende ad individuare i principali morfotipi insediativi ed a delinearne la caratterizzazione sia dal punto di vista morfostrutturale che morfoevolutivo, in modo da fornire un contributo per una ipotesi di tipizzazione geomorfica degli insediamenti abitativi.

Nell'ambito delle suddette ricerche, un particolare approfondimento è dedicato alla frana di Montepiano, che costituisce un prototipo morfostrutturale abbastanza diffuso, formato da una placca rigida di travertino poggiante sulle argille plio-pleistomiche. I risultati di precedenti analisi di stabilità sono stati riesaminati ed ampliati alla luce dell'acquisizione di ulteriori dati provenienti da sondaggi, prove di laboratorio e prime opere di consolidamento. Il lavoro scientifico è in corso di pubblicazione.

Relativamente alla ricerca sui fenomeni valanghivi sul Gran Sasso, nell'ambito di ricerche multidisciplinari condotte per la valutazione del bilancio di massa del ghiacciaio del Calderone, sono stati effettuati negli ultimi due anni, anche rilievi nel periodo di accumulo (autunno-inverno-primavera), sulla stratigrafia sulle condizioni fisico-meccaniche della neve. Tali rilievi hanno fornito elementi di interesse anche relativamente alla "risposta" della neve ai differenti andamenti meteorologici dell'estate; i risultati forniranno un contributo per la valutazione della pericolosità da valanghe in un'area che, sebbene molto frequentata da professionisti della montagna, alpinisti e sci-alpinisti, non è attualmente dotata di una stazione di rilevamento automatica, né è oggetto di rilievi manuali periodici. Le ricerche hanno consentito di accertare le condizioni che hanno innescato nella giornata del 25 aprile 1998 numerosi fenomeni valanghivi, uno dei quali ha avuto conseguenze mortali.

I risultati delle indagini saranno illustrati in una prossima pubblicazione scientifica.

Si precisa, infine, che fra le attività svolte è da segnalare la partecipazione fattiva a diversi congressi nazionali ed internazionali; fra cui: IV International Conference on Geomorphology, Bologna 1997; VI Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata, Chieti 1998. Segue l'elenco dei principali lavori scientifici strettamente attinenti alla ricerca.

## Elenco delle pubblicazioni

BELLI M., PIERMATTEI S., ALTIERI A., ORLANDO P., MICCADEI E., TREVISI R. & PIACENTINI T., (1997) – Criteri Geologici per la classificazione di aree a diverso potenziale di emanazione di Radon dal suolo. Radon tra natura e ambiente v.s. 89-101, Venezia.

BIGI S., CENTAMORE E., CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B., NISIO S., & PAMBIANCHI G. (1997) – Quaternary evolution and morphotectonics of the Marche – Abruzzi peri-Adriatic belt. Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. III. Tomo I, 83.

BUCCOLINI M., D'ALESSANDRO L. & MICCADEI E. "Gravitational movements and structural setting of the Morrone Mountain (central Apennine, Abruzzo, Italy). Abstracts: 8<sup>th</sup> International Symposium on Landslides Cardiff- June 2000.

BUCCOLINI M., DOLCE G., DI MUZIO N., GASPARI C., LEOMBRONI G., ORLANDO D., RANALLI V., RICCI E., SCIARRA N., coord. & D'ALESSANDRO L. "Progetto Chieti". Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ministero degli Interni, Dipartimento della Protezione Civile, (Decreto n. 768-11/03/1997 del Sottosegretario alla Protezione Civile). 1 vol., 6 all., Prefettura di Chieti 1997.

CAPELLI G., MICCADEI E. & RAFFI R. (1997) – Fluvial Dynamics in the Castel di Sangro plain: morphological changes and human impact from 1875 to 1992. Catena supplement 30, 205-309.

CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (1998) – Plio-Pleistocene carbonate lacustrine deposits in an intramontane basin: Sulmona basins (Central Italy). Global Geological Record of Lacustrine basin 2, Cambridge. AAPG (in stampa).

CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DRAMIS F., & MICCADEI E. (1997) – Geomorphological evolution and tectonics of the Sulmona intramontane basin (Abruzzi Apennine, Central Italy). Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. III Tomo I, 117-198.

COLTORTI M., D'ALESSANDRO L., DRAMIS F. & MICCADEI E. (1999) – Geomorphological evolution and neotectonics of the Sulmona intramontane Basin (Central Italy) V.S. INQUA workshop.

- CORRADO S., MICCADEI E., PAROTTO M. & SALVINI F. (1996) – Evoluzione tettonica del settore di Montagna Grande: il contributo di nuovi dati geometrici, cinematici e paleogeotermometrici. Su Boll. Soc. Geol. It. 115(3),325-338, Roma.
- D. ARINGOLI, C. BISCI, A.M. BLUMETTI, M. BUCCOLINI, S. CICCACCI, G. CILLA, M. COLTORTI, D. DE RITA, M. D'OREFICE, F. DRAMIS, P. FARABOLLINI, L. FERRELLI, P. FREDI, B. GENTILI, E. JAURAND, A. KOTARBA, M. MATERAZZI, A.M. MICHETTI, G. PAMBIANCHI, M. PECCI, C. PETRONIO, J. RAFFY, M. RASSE. R. SARDELLA, G. SCALELLA & C. SMIRAGLIA. "Geomorphology and quaternary evolution of central Italy". Suppl. Geog. Fis. Din. Quat. III T", 79-103,1997.
- D'ALESSANDRO L. (1996) – Sul dissesto geomorfologico in Italia. Geografia, Anno XIX, n. 3-4, 94-103.
- D'ALESSANDRO L., DAVOLI L., LUPA PALMIERI E., & RAFFI R. (1997) – Recent evolution of the beaches of Calabria (Italy) – Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. III. Tomo I, 132.
- D'ALESSANDRO L., DEL MONTE M., FREDI P., LUPA PALMIERI E., & PEPOLONI S. (1997) – Hysometric analysis in the study of Italian drainage basin morphoevolution. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. III. Tomo I, 132-133.
- D'ALESSANDRO L., GENEVOIS R., BERTI M., TECCA P.R. & URBANI A. (1997) – Stability analises and stabilization workes of the Montepiano travertinous Cliff (Central Italy). Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. III Tomo I, 132-133.
- DI FILIPPO M. & MICCADEI E. (1998) – Studio gravimetrico e assetto geologico-strutturale della Conca di Sulmona. Il Quaternario, 10 (2), 404-408. Roma.
- M BUCCOLINI, A. PASCULLI, N. SCIARRA. "Castelfrentano landslide (Abruzzo – central Italy)". 8<sup>th</sup> Congres of the Intarnational Association of Engineering Geology, september 1998 Canada (in stampa).
- M. BUCCOLINI, N. COMMITO, L. DEL SORDO, G. FABBRI, coord. L. D'ALESSANDRO "Piano di interventi urgenti relativi ai dissesti idrogeologici nella Regione Abruzzo". Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ministero degli Interni, Dipartimento della Protezione Civile , Regione Abruzzo (O. M.I. n. 2816 – 24.07.1998). 1 vol.. 5 all., L'Aquila 1998.
- M. BUCCOLINI & E. MICCADEI. "Carta geomorfologica del versante occidentale del Monte Morrone". Università "G. D'Annunzio", Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Chieti 1999.
- M. BUCCOLINI & E. MICCADEI. "Rilevamento geomorfologico della Valle dell'Orta 1) Depositi Quaternari ed elementi geomorfologici". Università "G. D'Annunzio", Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Chieti 1999.
- M. BUCCOLINI & N. SCIARRA. "Caramanico landslide (Abruzzo-Italy)". 7° International Symposium on landslides, trondheim juin 1996. Landslides, Senneset ed. – A.A. Balkema Rotterdam 1996.
- M. BUCCOLINI & S. TIBERIO. "Evoluzione recente e processi in atto nell'alveo del Fiume Tavo-Saline (Abruzzo centrale)" Abstracts VI Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata, Chieti 1998. Il lavoro è stato inviato per la stampa nelle Memorie della Soc. Geol. It.
- M. BUCCOLINI (rilevatore quaternario). "Carta geologica scala 1:50.000 Torre dei Passeri". Servizio Geologico Nazionale. (in stampa)
- M. BUCCOLINI (rilevatore quaternario). "Carta geologica scala 1:50.000 Sulmona". Servizio Geologico Nazionale (in stampa).
- M. BUCCOLINI (rilevatore quaternario). "Carta geologica scala 1:50.000 Avezzano". Servizio Geologico Nazionale. (in stampa).
- M. BUCCOLINI, "Frane e D.G.P.V. di Roccatagliata, Appennino centrale Abruzzo". Mem. Soc. It. 51,921-928, 1996.
- M. BUCCOLINI, G. DOLCE, N. DI MUZIO, C. GASPARI, G. LEOMBRONI, D. ORLANDO, V. RANALLI, E. RICCI, N. SCIARRA, coord. L. D'ALESSANDRO" Progetto Chieti". Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ministero degli Interni, Dipartimento della Protezione Civile, (Decreto n. 768-11/03/1997 del Sottosegretario alla Protezione Civile). 1 vol., 6 all., Prefettura di Chieti 1997.
- M. BUCCOLINI, U. CRESCENTI & G. RUSCIADELLI. " Geologia e geomorfologia - il Parco Nazionale della Majella". Collana ai parchi d'Italia. Università "G. D'Annunzio" Multimedia edit. 1998.

- M. BUCCOLINI. "Guida alla escursione del V Seminario Deformazioni Gravitative Profonde di Versante". Università "G. D'Annunzio" 1996.
- MICCADEI E. & PAROTTO M. (1999) – Assetto geologico strutturale delle dorsali Rotella Pizzalto e Porrara. Geol. Rom. 34 (in stampa).
- MICCADEI E., BARBERI R. & CAVINATO G.P. (1999) – La geologia della Conca di Sulmona. Geol. Rom. 34 (in stampa).
- MICCADEI E., BARBERI R. & DE CATERINI G. (1998) – Nuovi dati sull'evoluzione geologico-quaternaria della Conca subaequana (Appennino abruzzese). Il Quaternario, 10(2),436-440. Roma.
- MICCADEI E., PAROTTO M., & PIACENTINI T. (1999) Assetto geologico-strutturale dei Monti della Conca subequana (Appennino abruzzese). Geol. Rom. 34(in stampa)

## Unità Operativa 2.51

**ZONAZIONE COSTIERA E VULNERABILITÀ DELLE SPIAGGE**

Responsabile Prof. Giovanni Battista La Monica  
Dipartimento Scienze della Terra – Università La Sapienza  
Piazzale Aldo Moro, 5 – 00185 – ROMA  
Tel. 06-49914826 Fax 06-4454729 E-mail: erasmo@axrma.uniroma1.it

**1. Premessa**

Nel triennio in oggetto l'attività di ricerca svolta ha portato a risultati di indubbio interesse, nonostante due fattori negativi.

Il primo riguarda il ritardo con cui vengono resi effettivamente disponibili i fondi assegnati. Infatti, per quanto concerne il 1996 i fondi furono attribuiti dal CNR il 7.08.1996 e resi disponibili dall'Università di Roma il 12.12.1996; per il 1997 furono attribuiti il 19.06.1997, ma resi disponibili solo il 22.04.1998; per il 1998 l'attribuzione data al 30 settembre 1998, ma a tutt'oggi i fondi non sono ancora disponibili. Gli effetti di questi ritardi, di per sé molto gravi, sono resi ancora peggiori dalla disposizione della Ragioneria dell'Università secondo la quale "..... i pagamenti .....potranno avere corso solo dopo che la Ragioneria ... avrà dato notizia dell'avvenuta riscossione dei fondi .....". Se si considera che i contratti hanno scadenza e rendicontazione annuale, è facile comprendere come la proroga di sei mesi sia divenuto un obbligo per il CNR, quanto sia difficile una reale programmazione delle attività e quanto oneroso il lavoro di chi ha l'obbligo di coordinarle.

Il secondo fattore negativo è dovuto alla costituzione stessa dell'Unità Operativa: ne fanno parte numerosissimi ricercatori sparsi su tutto il territorio nazionale, il che ha reso necessario individuare Unità locali, ciascuna con un proprio coordinatore. Poiché tali collaboratori appartengono a Università, Dipartimenti e Istituti differenti, ciascuno con norme amministrativo-contabili diverse e, talora, contrastanti, il dispendio di tempo ed energia è notevole e spesso si è costretti a vere acrobazie che solo il buon senso di molti Direttori di Dipartimento rende possibile. Si ritiene che la vastità dei temi affrontati, la quantità e qualità dei ricercatori, il numero delle sedi universitarie interessate e, non per ultime, l'importanza e la risonanza dei risultati raggiunti nonostante tutte le difficoltà, parlino a favore dell'attivazione di una nuova Linea di ricerca all'interno del GNDCI.

**2. Attività svolta**

Nel triennio ciascuna unità locale ha operato nella propria realtà regionale, affrontando, sempre in chiave di pericolosità per erosione (sia naturale che indotta da attività antropiche) delle spiagge, di rischio e di possibili interventi di mitigazione, quei temi che si era proposti all'inizio della ricerca.

Così in Calabria si è giunti alla conclusione che l'innescò dell'arretramento delle spiagge tirreniche, le prime ad entrare in erosione, si deve fondamentalmente a cause climatiche, con deciso aumento della ventosità e drastica diminuzione delle calme, pur non trascurando gli effetti degli interventi sistematori nei bacini imbriferi; al contrario le spiagge ioniche sono entrate in crisi con 10 anni di ritardo, in concomitanza con una netta e generalizzata diminuzione degli afflussi meteorici e conseguente deficit di apporti solidi a mare.

Le ricerche su alcune spiagge della Liguria, così come della Sicilia e della Toscana, hanno evidenziato, invece, l'effetto fortemente negativo di talune opere antropiche. È risultato quanto sia deleteria la costruzione di porti aggettanti poiché esplicano una triplice azione dannosa: ostacolano il libero flusso lungo riva inducendo, sottoflutto, una brusca e notevole riduzione del bilancio sedimentario; costituiscono trappole che privano il sistema di una quota non indifferente di sedimento e, infine, inducono un moto delle sabbie verso l'esterno, su fondali notevolmente

profondi; ne consegue che successivamente solo le particelle piu' fini possono essere risospinte a riva. In tali situazioni le normali difese (longitudinali aderenti e non, trasversali, tipo isola) non hanno efficacia in quanto generano forte turbolenza, con livelli energetici troppo alti perche' tali sedimenti fini possano depositarsi. Qualora non sia possibile un intervento di ripascimento, solo strutture complesse (longitudinali/trasversali ed emerse/sommerse), in grado di creare specchi d'acqua parzialmente riparati, possono produrre una significativa progradazione della spiaggia.

Ai fini della mitigazione del rischio sono proseguite le ricerche su modello matematico e sul campo per valutare l'efficacia del versamento di materiali grossolani (ghiaia grossa) nella protezione cosi' dei litorali, come di opere eventualmente presenti nell'immediato entroterra. A parte il risultato, scontato, che la spiaggia in ghiaia e' meno mobile di quella in sabbia, e' risultato che la forma del profilo della spiaggia in ghiaia e' condizionata solo dalle onde incidenti e quindi e' facile prevederla. Nel caso di ondate molto violente il sedimento non si disperde verso mare, ma viene sospinto a terra; questo meccanismo, se da una parte puo' provocare qualche problema nel caso di distanza troppo breve fra linea di riva e strutture, dall'altra incrementa notevolmente l'altezza della spiaggia e quindi ne aumenta la capacita' di difesa dell'entroterra.

Sempre in termini di quantificazione e di mitigazione del rischio per erosione, particolare attenzione e' stata prestata all'analisi degli effetti prodotti dai cordoni dunari costieri e all'individuazione dei parametri che sovrintendono i processi di interscambio sedimentario fra spiaggia e cordoni e dei fattori che regolano la formazione e lo sviluppo di tali complessi. La conoscenza di tali meccanismi e' fondamentale nel momento in cui si voglia, attraverso il ripascimento artificiale, ricostruire non solo la spiaggia, ma anche la barriera retrostante che, da una parte, si opponga alle mareggiate piu' violente, dall'altra costituisca una riserva di sedimento per una ricarica spontanea della spiaggia. E' risultato che, nonostante la specificita' di ciascun sito, la prima distinzione da effettuare e' fra cordoni alongshore e cordoni oblique-onshore; solo per la modellazione dei primi, infatti, il moto ondoso svolge un ruolo importante. L'analisi della dinamica costiera recente, del bilancio sedimentario per azione eolica e dell'azione antropica (sia stress ambientale che gestione) consente, quindi, di quantificare la vulnerabilita' di spiagge caratterizzate da cordoni dunosi.

Tutte le unita' locali, oltre a portare avanti le proprie specifiche indagini, in funzione anche delle peculiarita' regionali e della caratterizzazione scientifica dei ricercatori, hanno concorso alla stesura della carta del rischio per erosione dei litorali italiani. Si tratta del primo esempio, non solo italiano, di cartografia su tale tema esteso all'intero territorio nazionale e l'interesse e' stato evidenziato dagli articoli apparsi su molti dei quotidiani a diffusione nazionale.

Quanto le attivita' sopra sintetizzate hanno prodotto nel triennio e' compendiato in 24 lavori scientifici, ma il risultato migliore sta nell'aver stretto rapporti con molte Regioni che, in forme diverse, hanno spesso collaborato alle attivita'; altri Enti hanno dimostrato il proprio interesse richiedendo i dati prodotti ed informandosi sui possibili futuri sviluppi dell'attivita'. Anche il mondo della ricerca ha mostrato il proprio apprezzamento e nel modo piu' evidente: nel 1996 i collaboratori alla ricerca erano 18, nel 1999 (nel caso di un proseguimento delle attivita') i collaboratori saranno 44 e di questi ben 9 fra dottorandi e borsisti.

### 3. Elenco dei lavori

1. AMINTI P., PRANZINI E., TECCHI M.G. - Modello di previsione del profilo di una spiaggia artificiale in ghiaia per la protezione di litorali o di opere costruite sulla costa
2. AMINTI P., IANNOTTA P., PRANZINI E. et Al. - Morfodinamica di un sistema costiero intensamente protetto: il litorale di Marina di Massa
3. AMINTI P., BRANDINI C. - Medium term morphodynamic modelling of a submerged groyns field
4. AMINTI P., CIPRIANI L.E., PRANZINI E. - An innovative, non-structural solution to beach erosion: cost less and delivers more benefits
5. AMORE C., GIUFFRIDA E., et Al - L'influenza antropica sulla morfodinamica fluviale e costiera
6. ATZENI A., DE MURO S., DI GREGORIO F., PIRAS G. - Carta delle aree a rischio ambientale nelle coste della Sardegna.

7. ATZENI A., DE MURO S., DI GREGORIO F., PIRAS G. - Note illustrative alla Carta del rischio ambientale nelle coste della Sardegna.
8. BEZZI A., FONTOLAN G. - Le dune costiere nella prospettiva di difesa dall'ingressione marina
9. COCCO E., IULIANO S., CAPPUCCIO D. - Processi erosivi lungo il litorale di Salerno
10. CORTEMIGLIA G.C., FIRPO M., PICCAZZO M. - Dinamica e caratteri evolutivi della spiaggia di Varazze (Liguria occidentale - Italia)
11. D'ALESSANDRO L., LA MONICA G.B. - Rischio per erosione dei litorali italiani
12. FIRPO M., PICCAZZO M., POGGI F., SBARDELLA P. - Evoluzione delle spiagge albisolesi in relazione agli eventi alluvionali del Torrente Sansobbia (Liguria occidentale)
13. FIRPO M., PICCAZZO M., POGGI F. - Cause naturali ed antropiche delle modificazioni morfologiche delle spiagge albisolesi
14. LUPIA PALMIERI E. et Al. - Natural and anthropic factors of the recent evolution of Calabria beaches (Italy).
15. MAZZINI E., SIMEONI U. - Instability in coastal areas: littoral, foredunes and beaches.
16. SIMEONI U., PANO N., CIAVOLA P. - The coastline of Albania: morphology, evolution and coastal management issues.
17. SIMEONI U., CALDERONI G., CVIAVOLA P., MAZZINI E., TESSARI U., ZAMARIOLO A. - Un diverso approccio per la gestione delle dune costiere
18. SIMEONI U., CIAVOLA P., FONTOLAN G., GABBIANELLI G., MAZZINI E., TESSARI U. - Evoluzione dello Scannone di Goro (Delta del Po)
19. SIMEONI U., CALDERONI G., CIAVOLA P., FONTOLAN G., MAZZINI E., TESSARI U., ZAMARIOLO A. - Modificazioni naturali e antropiche del sistema Scanno-Laguna di Goro
20. SIMEONI U., CIAVOLA P., FONTOLAN G., MAZZINI E., TESSARI U. - Centennial evolution of a recurved spit: a case study from the spit of the Goro Lagoon, Po Delta (Italy)
21. SIMEONI U., BORGHESI A., CALDERONI G., CIAVOLA P., FONTOLAN G., GATTI M., GONELLA M., TESSARI U., ZAMARIOLO A. - Analisi previsionale dell'evoluzione dello scanno e della sacca di Goro
22. SIMEONI U., CALDERONI G., CIAVOLA P., FONTOLAN G., TESSARI U., ZAMARIOLO A. - Natural and man-made coastal change of the Goro spit-lagoon system (Po Delta, Northern Italy)
23. SIMEONI U., CALDERONI G., TESSARI U., MAZZINI E. - A new application of System Theory to foredunes intervention strategies
24. TESSARI U., SIMEONI U., CIAVOLA P., MANTOVANI F., MARZOTTO M. - Evoluzione della pianura costiera di Myzeq (Albania)

## Unità Operativa 2.52

**FENOMENI DI EROSIONE E FRANE CONSEGUENTI ALL'AZIONE DEL MOTO ONDOSI TRA CASALVELINO E SAPRI (CILENTO, CAMPANIA)**

Responsabile Prof. Paolo Budetta  
Istituto Geologia Applicata – Università di Napoli  
Piazzale Tecchio – 80125 – NAPOLI  
Tel. 081-7682166 Fax 081-7682162 E-mail: budetta@unina.it

Nel triennio considerato, l'Unità operativa 2.52 costituitasi nel 1996, ha incentrato la sua attenzione sulle seguenti tematiche di ricerca:

1. Fenomeni di erosione e frane conseguenti all'azione del moto ondoso in coste alte di alcune aree del Cilento (Campania): ricerca finanziata negli anni 1996 e 1997;
2. Fenomeni di erosione e frane conseguenti al moto ondoso tra Casalvelino e Sapri (Cilento, Campania): ricerca finanziata nel 1998 e per la quale è stato richiesto il finanziamento anche nel 1999.

Gli obiettivi previsti nel tema di ricerca (1) si riferivano essenzialmente al tratto costiero cilentano compreso tra Agropoli e Pisciotta ed erano i seguenti: (a) definizione dei modelli geomorfologici, geomeccanici e geotecnici di frane indotte dal moto ondoso; (b) realizzazione di verifiche di stabilità e valutazione del rischio da frana.

I principali risultati conseguiti riguardano lo studio meteomarinico, geologico, geomorfologico e geomeccanico di dettaglio di un tratto costiero di circa 6 km, compreso tra Acciaroli e Pisciotta, ove affiorano terreni attribuibili alla "Formazione di Ascea" (flysch del Cilento), depositi di spiaggia recenti ed antichi, lembi di terrazzi tirreniani e cumuli di frana di natura limo-argillosa. Questo tratto costiero appare interessato da numerosi movimenti franosi per scorrimento-colata, imputabili all'azione erosiva del moto ondoso. Per quanto riguarda i cumuli di frana, si è provveduto, in taluni casi, alla campionatura indisturbata dei terreni ed alla esecuzione di prove fisico-meccaniche di laboratorio. La ricerca si è poi rivolta alla definizione delle caratteristiche meteomarine del paraggio considerato, soprattutto per quanto riguarda le condizioni del moto ondoso di largo. In effetti questo paraggio risulta investito da onde provenienti dai quadranti meridionali ed il massimo fetch, pari a circa 964 miglia marine, è compreso tra le direttrici N255° e N240°. Al largo, l'altezza d'onda significativa ( $H_S$ ) è compresa tra 1 e 3 metri con percentuale d'occorrenza di circa il 50%, mentre per il periodo significativo dell'onda ( $T_S$ ) è stato calcolato un valore compreso tra 4 e 7 sec.

Sulla scorta del quadro generale delle conoscenze acquisite, è stata messa a punto una metodologia di studio, in parte originale, che consenta di correlare la velocità dell'erosione, lungo il tratto costiero studiato (definita sulla base del confronto di carte topografiche e foto aeree di epoca diversa), con le azioni dinamiche delle onde alla base delle scogliere e con la resistenza meccanica degli ammassi rocciosi. Quest'ultima è stata valutata in sito, applicando il metodo proposto da Palmstrøm nel 1995 e basato sulla definizione dell'indice RMI (Rock Mass index), a sua volta, calcolato rilevando ed indicizzando opportunamente una serie di fattori geostrutturali tipici degli ammassi (volume dei blocchi, condizioni delle discontinuità, spazatura, etc.). Per quanto riguarda invece la resistenza a compressione dei terreni e dei cumuli di frana esposti all'azione del moto ondoso, essa è stata valutata sulla base di prove penetrometriche speditive, mediante penetrometro tascabile. La finalità dello studio è stata quella di quantizzare l'entità delle azioni dinamiche del moto ondoso che provoca erosione sul tratto costiero indagato, sul quale, tra l'altro, non sono disponibili attendibili rilievi batimetrici di dettaglio sotto costa.

I risultati dell'intero studio sono stati sintetizzati in due Note a stampa, di prossima pubblicazione, di cui una su Rivista internazionale e l'altra presentata ad un recente Convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei (vedi Elenco bibliografico).

Gli obiettivi previsti nel tema di ricerca (2) erano analoghi a quelli del tema (1), ma si riferivano al tratto costiero cilentano compreso tra Casalvelino e Sapri. In questo settore, l'attività di ricerca si è concentrata in particolare, nel corso del 1998, sull'Arco Naturale di Palinuro che è interessato, da alcuni anni, da crolli di blocchi lapidei che ne minano l'integrità. Tale Arco, rappresenta una singolare morfostruttura tirreniana, unica nel suo genere lungo la costa in questione a motivo del suo elevatissimo pregio ambientale e paesaggistico. L'Arco si è venuto a trovare negli ultimi anni sempre più esposto all'azione del moto ondoso, a causa del progressivo arretramento della spiaggia che lo proteggeva. La velocità dell'erosione costiera è ben documentata negli ultimi 50 anni e le cause dell'arretramento, pur molto complesse, possono essere ricondotte essenzialmente all'azione delle correnti di deriva costiera ed alla progressiva riduzione, negli ultimi decenni, del trasporto solido proveniente dalla vicina foce del fiume Mingardo. Alcuni grossi scogli e lo stesso Arco naturale che, almeno fino agli inizi degli anni 70 si trovavano interrati e protetti dalla spiaggia, sono ora esposti all'azione diretta del moto ondoso. Tutta l'area in questione, durante il periodo estivo, è intensamente frequentata e molte persone sostano per diverse ore del giorno ai piedi dell'Arco, nonostante i divieti di balneazione esistenti.

Gli studi fino ad ora condotti sull'Arco naturale dall'U.O. 2.52, di intesa anche con la Comunità montana del Lambro e Mingardo competente per territorio, sono consistiti in rilievi geologici, geomeccanici e di monitoraggio del quadro fessurativo, che hanno permesso di accertare che la morfostruttura è costituita da calcari dolomitici stratificati e mediamente immergenti verso nord est. L'attuale assetto strutturale è stato raggiunto a seguito di varie fasi tettoniche ben testimoniate dalla presenza di almeno 4 sistemi di discontinuità dei quali uno è rappresentato dalla stratificazione e gli altri 3 da fratture, talora a basso angolo e legate a motivi trascorrenti. Sono stati individuate almeno 8 differenti aree caratterizzate da assetti diversi ed interessate da modelli di rottura che dipendono chiaramente dall'intersezione dei sistemi di discontinuità e soprattutto dalla loro intersezione con i diversi fronti che delimitano l'intera struttura. Infine, sui due lati principali dell'Arco, rivolti verso Palinuro e Marina di Camerota rispettivamente, sono stati eseguiti rilievi fotogrammetrici da terra e da mare allo scopo di definire meglio l'assetto geostrutturale degli ammassi rocciosi. Sono altresì previsti rilievi in parete da effettuarsi con tecniche alpinistiche.

## Lavori realizzati nell'ambito dell'attività di ricerca

BUDETTA P., GALIETTA G. & SANTO A. (1998): A methodology for the study of the relation between coastal erosion and the mechanical strenght of soils and rock masses. Engineering Geology. Elsevier, Amsterdam (in corso di stampa).

BUDETTA P., GALIETTA G. & SANTO A. (1998): Fenomeni d'erosione e frane in alcune aree a coste alte del Cilento (Campania). Atti Conv. "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo" Roma 1-2 ottobre 1998. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma (in corso di stampa).

## Unità Operativa 2.53

**PROGETTO SPECIALE S.C.A.I. PER LA REGIONE CAMPANIA**

Responsabile Prof. Gianmaria Iaccarino  
Centro Universitario Grandi Rischi – Università di Napoli e Salerno  
Via Ponte Don Melillo – 84084 – Fisciano (SA)  
Tel. 089-964101 Fax 089-964045

L'U.O. 2.53 è stata attivata il 1 aprile 1996 presso il CUGRI (Consorzio tra le Università di Napoli e di Salerno) ed ha coinvolto nelle attività di ricerca il prof. Roberto de Riso (Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli "Federico II"), i proff. Silvio Di Nocera e Gianmaria Iaccarino (Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università "Federico II") ed il prof. Tullio Pescatore (Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università del Sannio di Benevento).

Nella fase iniziale d'attività sono stati attivati contatti con gli Enti responsabili della gestione del territorio tramite la Dott. Vera Corbelli, dirigente dell'Autorità di bacino nazionale del "Liri – Garigliano – Volturno" ed il Dott. Gerardo Lombardi, funzionario della Regione Campania ed attualmente dell'Autorità di bacino nazionale "Destra Sele".

Allo stesso tempo, sono state aperte collaborazioni con il CIRAM (Centro di Ricerche sull'Ambiente – Università "Federico II") e con il CUGRI al fine di facilitare la raccolta dei dati a livello territoriale, a prescindere dai siti occupati dai centri abitati. Infatti si è ritenuto che la caratterizzazione della franosità, in ambito regionale, fosse necessaria per gli obiettivi specifici della ricerca finanziata.

Con l'avvio della fase di raccolta dei dati, l'impegno è stato concentrato sull'aggiornamento degli elementi litostratigrafici, morfologici nonché del quadro degli eventi pregressi relativi a 22 centri abitati distribuiti nelle varie Province della Campania, nell'ambito dell'Elenco dei Comuni o Frazioni ammessi a consolidamento e a trasferimento.

A seguito degli eventi verificatisi nel periodo novembre 1996 – gennaio 1997, l'entità dei danni è stata tale da richiedere il coinvolgimento del Dipartimento della Protezione Civile ed il conseguente supporto tecnico – scientifico previsto dalla Legge 225/1992.

Tra il gennaio 1997 ed il successivo novembre, le attività svolte per la verifica dei danni sugli oltre 200 Comuni della Regione colpiti da dissesti di varia entità, hanno impegnato la quasi totalità dei Ricercatori. Ne è derivata – d'altra parte – la necessità di una revisione del quadro conoscitivo delle condizioni di stabilità dei Comuni già presi in esame.

L'evento di Sarno (maggio 1998) ha nuovamente coinvolto i componenti dell'U.O. in un'intensa attività su vasta parte del territorio campano che si è protratta fino all'inverno 1998. Tale attività ha comportato complesse operazioni di rilievi in sito dalle quali sono scaturite numerose informazioni perfettamente rispondenti agli obiettivi del Progetto SCAI. Tali informazioni sono infatti integrative ed in molti casi estensive degli scenari di riferimento offerti dalla Legge 445/1908.

Unità Operativa 2.54

## **INDAGINE CARTOGRAFICO-TEMATICA E STRUMENTALE SUI MOVIMENTI FRANOSI CHE INTERESSANO O MINACCIANO I CENTRI ABITATI DEL COMPENSORIO NEBRODICO-PELORITANO (PROVINCIA DI MESSINA)**

Responsabile Dott. Riccardo Rasà  
Dipartimento Fisica della Materia – Università di Messina  
Salita Sperone, 31 – 98166 – MESSINA  
Tel. 090-6763000 Fax 090-391382 E-mail: riccardo@labcart.unime.it

L'attività svolta dalla U.O. nel triennio 96-98 è esplicitata nel seguito per punti. Si segnala che solo da qualche giorno è stato possibile accedere ai fondi assegnati per il 98.

Per valutare la risposta complessiva del territorio in indagine a condizioni pluviometriche particolarmente gravose è stata analizzata attraverso controlli sul terreno la franosità diffusa ed i fenomeni di esondazione verificatisi in occasione degli eccezionali eventi di pioggia che hanno interessato l'intera provincia di Messina dal 4 al 10 Ottobre 1996 (400 mm di pioggia contro una media annuale di 1000 mm; 61 i comuni vulnerati su 109; 149 i dissesti provocati da movimenti gravitativi su versante e 112 i dissesti in alveo) e nel periodo Novembre 95 - Marzo 96. I dati, raccolti in forma sia tabellare che cartografica e trasmessi al Gruppo insieme alla relazione di attività 97, evidenziano il grave dissesto idrogeologico dell'intera area e la elevata vulnerabilità di buona parte dei centri abitati della Provincia. Tra le ragioni di tale elevata vulnerabilità sono da segnalare il tormentato quadro orografico e le croniche carenze di infrastrutture viarie di servizio: parecchi centri sono serviti da un'unica strada d'accesso, generalmente interdetta all'uso per parecchi giorni dopo periodi di pioggia intensa perchè invasa da corpi di frana anche di modeste dimensioni.

Al fine di acquisire un quadro organico della vocazione al dissesto dell'intero comprensorio provinciale sono state redatte la carta della dissestabilità propria dei tipi litologici affioranti nella provincia di Messina (scala 1:120.000) e la carta della propensione al dissesto nella provincia di Messina (scala 1:120.000). Quest'ultima, che integra dati di cui al successivo punto, è stata realizzata con l'ausilio di opportune matrici d'incrocio tramite discretizzazione e successiva sintesi additiva di dati clivometrici, strutturali e litologici. Le carte, entrambe in scala 1:120.000, elaborate ed editate presso il Laboratorio di Cartografia Numerica dell'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Messina, sono state pubblicate in proprio conformemente alla vigente normativa che regola l'editoria (1,2)

E' stata effettuata la raccolta di tutti i dati bibliografici sulla franosità nel territorio della provincia di Messina dal secolo scorso ad oggi, con particolare riferimento alla franosità a carico dei centri abitati, e tramite sopralluoghi puntuali ed informazioni ottenute dagli uffici del Genio Civile di Messina e dagli Uffici Tecnici dei comuni della Provincia è stato realizzato un primo censimento dei dissesti a carico dei centri abitati dell'intero areale nebrodico-peloritano, realizzando un catasto delle frane della provincia (3) contenente informazioni sulle località, sulle tipologie e sullo stato del dissesto, oltrechè sui danni provocati o potenziali. Da questo censimento è emerso che sui 108 comuni della Provincia di Messina ben 31 centri abitati presentano dissesti in atto con edifici già coinvolti e che altri 52 presentano dissesti attivi prossimi ad aree urbane che mettono a rischio infrastrutture ed edificato.

Sono stati realizzati:

- a) il posizionamento georiferito in forma digitale di tutti i centri urbani della provincia;
- b) la digitalizzazione georiferita della base topografica a curve di livello (scala di acquisizione 1:25.000) dell'intero territorio provinciale (2.147 Km<sup>2</sup>);

c) l'acquisizione (anch'essa in forma vettoriale georiferita ed alla stessa scala) dell'intera rete drenante, frazionando il territorio in unità geomorfiche elementari (bacini e sottobacini) di diverso ordine gerarchico.

Per gli archivi b) e c) è stato realizzato ed utilizzato un opportuno algoritmo di calcolo allo scopo di correggere gli errori di accostamento delle isoipse delle diverse tavolette.

È stata effettuata l'archiviazione informatica di tutti i dati bibliografici raccolti e dell'intero censimento dei dissesti sopra descritto (data-base su Access). Sulla scorta di tale archivi, integrati da dati emersi in occasione di numerosi sopralluoghi sul campo e da informazioni reperite attraverso indagini svolte presso gli archivi cartacei di diversi Enti pubblici provinciali e regionali, l'U.O. possiede attualmente i) il quadro completo dei centri della provincia interessati in varia misura da fenomeni franosi, anche imponenti, ed in alcuni casi ad evoluzione secolare ed a volte plurisecolare (es. abitato di Raccuia, in area peloritana) fortemente legati a condizioni orografico-geologiche intrinsecamente instabili, oltre ii) al quadro dei più recenti dissesti attivi, per i quali il fattore antropico emerge sempre come causa scatenante.

Il data-base, che consente vari tipi di query (tipologie di dissesto, bibliografia, cartografia tematica disponibile, numero abitanti ecc), è stato interfacciato tramite link dinamici con il software cartografico MapInfo per consentire la consultazione contemporanea dei dati alfanumerici e dei tre archivi cartografici precedentemente descritti (posizionamento dei comuni, curve di livello, rete drenante), realizzando così un preliminare Sistema Informativo Territoriale sulla franosità in area urbana dell'area nebrodico-Peloritana, utilizzabile anche a fini di Protezione Civile.

Il censimento dei dissesti ha poi consentito la selezione di aree significative per litologia, assetto strutturale e per tipologie di frana in cui avviare prioritariamente campagne di rilevamento di dettaglio, ed attualmente indagini di campagna sono in corso sui dissesti a carico degli abitati di S. Fratello, Capo d'Orlando, Castel di Lucio, Patti, Barcellona P.G., S. Domenica Vittoria, Montalbano Elicona, Mirto ed Antillo, mentre sono state completate le indagini cartografiche sui gravi dissesti in atto nell'abitato di Roccella Valdemone. I dati raccolti in quest'ultima località sono stati compendati in un lavoro (4) che oltre alla ricostruzione della evoluzione storica del dissesto ed alla analisi della sua attuale cinematica comprende la cartografia morfologica e geologica dell'area di frana (fenomeno attivo fin dal 1880) e diverse carte tematiche (clivometrica, geologica, rete drenante gerarchizzata, modello tridimensionale) dell'intero bacino del Torrente Roccella (alta valle dell'Alcantara, sinistra idraulica).

## **Publicazioni della U.O. (96-98)**

(1) Ieni R., Rasà R., Tripodo A., Villari L. (1997): Stabilità propria dei litotipi affioranti nella Provincia di Messina (area nebrodico-peloritana): Carta di prima approssimazione (scala 1: 120.000). Publ. n° 15 del Laboratorio di Cartografia Numerica dell'Istituto di Scienze della Terra, Università di Messina.

(2) Ieni R., Rasà R., Tripodo A., Villari L. (1997): Propensione al dissesto nella provincia di Messina (area nebrodico-peloritana): Carta di prima approssimazione (scala 1: 120.000). Publ. n° 16 del Laboratorio di Cartografia Numerica dell'Istituto di Scienze della Terra, Università di Messina.

(3) Ieni R., Rasà R., Tripodo A., Villari L. (1997): Censimento (dicembre 1997) dei dissesti presenti nella Provincia di Messina. Publ. n° 19 del Laboratorio di Cartografia Numerica dell'Istituto di Scienze della Terra, Università di Messina.

(4) C. Bottari, R. Ieni, R. Rasà, A. Tripodo, T. Tuvè (1998): "La frana di Roccella Valdemone nel suo contesto geologico e geomorfologico". Atti 79° Congr. Naz. Soc. Geol. It. "La Sicilia, un laboratorio naturale nel Mediterraneo. Strutture, Mari, Risorse e Rischi" - Palermo 21-23 Sett. 1998. Vol. A, pp. 186-189.

Unità Operativa 2.55

## **DISTRIBUZIONE ED ATTIVITÀ DI FENOMENI FRANOSI A GRANDE RISCHIO IN SICILIA**

Responsabile Prof. Giuseppe Pipitone  
Dipartimento di Geologia e Geodesia – Università di Palermo  
Corso Tukory, 131 – 90134 – PALERMO  
Tel. 091-7041019 Fax 091-7041041 E-mail: agnesi@mbox.unipa.it

Il programma di ricerca dell' U.O. 2.55 consiste nello studio sistematico dei fenomeni di instabilità dei versanti volto alla individuazione delle frane che costituiscono condizioni di rischio per i centri abitati e per le strutture viarie.

Detta Unità Operativa, formata da ricercatori del Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo, dell'Istituto di Geologia dell'Università di Catania e da tecnici del Servizio Geologico e Geofisico della Sicilia, nel corso del biennio 1997/98 ha condotto uno studio preliminare volto alla individuazione delle situazioni di instabilità che interessano i centri abitati. Lo studio si è articolato in una prima fase, di carattere essenzialmente bibliografico, durante la quale è stata acquisita ed analizzata la numerosa documentazione esistente sull'argomento, costituita sia da lavori scientifici sia da relazioni tecniche; sono stati quindi intrapresi rilevamenti di campagna sia al fine di verificare quanto già riportato in letteratura, che di aggiornare i dati posseduti.

Si è quindi operato il censimento dei centri abitati instabili, utilizzando la scheda per il censimento delle frane proposta dal C.N.R.-G.N.D.C.I. in collaborazione con il Servizio Geologico Nazionale. Alle schede appositamente compilate sono state allegate cartografie geomorfologiche delle aree interessate in scala 1:10.000 e/o 1:5.000.

In particolare, sono state censite e cartografate numerose frane che oltre ad interessare i centri abitati, riguardano il territorio circostante, soprattutto le aree in cui ricadono infrastrutture viarie di particolare interesse per i collegamenti. Per una migliore valutazione delle condizioni di rischio vengono, inoltre, riportate le opere di consolidamento e di stabilizzazione, laddove presenti, eseguite nel tempo e valutate le loro attuali condizioni di efficienza.

Attualmente sono in fase di informatizzazione i dati acquisiti adoperando un data-base relazionale utilizzando il G.I.S. ARC/INFO; l'informatizzazione di questi dati risulta importante in quanto consente, oltre che l'aggiornamento dei dati, una migliore gestione del territorio; i dati acquisiti verranno messi a disposizione del Servizio Geologico e Geofisico della Regione Sicilia che li potrà utilizzare oltre che per il monitoraggio di centri abitati che versano in condizioni di precaria stabilità anche per fini di protezione civile.

I centri abitati fino ad oggi censiti ricadono in diverse province della Sicilia.

- Alia, Camporeale, Chiusa Sclafani, Scillato, Marineo, Pollina, Polizzi Generosa, Caltavuturo, Godrano, Mezzojuso, San Giuseppe Jato, San Cipirrello, Bolognetta, Balestrate (Provincia di Palermo) ;
- Buseto Palizzolo, Castellammare del Golfo, Custonaci, San Vito lo Capo, Poggioreale, Salaparuta, Alcamo, Erice (Provincia di Trapani);
- Sant'Angelo di Brolo, San Teodoro, Roccella Valdemone, Malvagna, Moio Alcantara, Mistretta, San Fratello, San Piero Niceto, Monforte San Giorgio, Venetico, Valdina, Rocca Valdina (Provincia di Messina);
- Santa Domenica Vittoria, Randazzo (Provincia di Catania).

L'attività di ricerca successiva prevede la continuazione del censimento dei centri abitati instabili da estendere anche alle altre province e il completamento degli studi riguardanti le province di Palermo e Trapani per le quali si è già in possesso di un gran numero di dati.

## Lavori pubblicati e comunicazioni a Convegni

AGNESI V., LUZIO D., PINGUE F., ROTIGLIANO E., CORRADO G. (1998). Studio geofisico della frana di Scopello (Sicilia Occidentale). 17° Conv. Nazionale G.N.G.T.S., Roma 10-12/11/1998, 32-33, (abstract).

AGNESI V., DI MAGGIO C., MACALUSO T., ROTIGLIANO E. (1998). Genesi ed evoluzione dei fenomeni di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante nei settori occidentali e centrali della catena siciliana. Atti 79° Cong. Naz. Società Geologica Italiana, Palermo 21-23/9/98, vol. A, 41-43.

AMANTIA A., FERRARA V., PAPPALARDO G. (1998). La frana di Randazzo (Monti Peloritani - Sicilia NE): indagini geomorfologiche e idrogeologiche in formazioni strutturalmente complesse. Atti 79° Cong. Naz. Società Geologica Italiana, Palermo 21-23/9/98, vol. A, 54-57.

MONTELEONE S., PIPITONE G., SABATINO M. (1998). Caratteristiche geologico-ambientali dei nuovi siti urbani di Poggioreale, Salaparuta e Gibellina (Valle del Belice, Sicilia Occidentale). Atti 79° Cong. Naz. Società Geologica Italiana, Palermo 21-23/9/98, vol. B, 610-613.

MONTELEONE S., PIPITONE G., SABATINO M. (1998). Studio delle caratteristiche morfoevolutive del Fiume Imera Settentrionale in relazione agli interventi antropici (Sicilia Centro-occidentale). Atti 79° Cong. Naz. Società Geologica Italiana, Palermo 21-23/9/98, vol. B, 614-615.

Unità Operativa 2.56

## **RISCHIO DA FRANA ED INTERVENTI DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE IN CONTESTI GEOAMBIENTALI OMOGENEI**

Responsabile Dott. Giovanni Gullà  
CNR – IRPI Italia Meridionale e Insulare  
Via G. Verdi, 1 – 87030 – Roges di Rende (CS)  
Tel. 0984-838674 Fax 0984-837382 E-mail: gulla@irpi.cs.cnr.it

Considerato l'obiettivo del progetto di ricerca (definizione, per contesti geo-ambientali omogenei, di strategie per la valutazione del rischio di frana e per la progettazione degli interventi di prevenzione e mitigazione) nella fase di avvio sono stati raccolti e validati sistematicamente i dati già disponibili per diverse aree della Calabria. Questo lavoro, che ha prodotto la formazione di un archivio già disponibile in forma numerica per quanto attiene la parte relativa agli elementi geologici e morfologici, ha consentito di selezionare le aree maggiormente significative relativamente alla disponibilità di dati ed informazioni. In questa fase sono state definite le caratteristiche ed i criteri di progettazione e realizzazione della banca dati geotecniche.

Assumendo come elementi di omogeneità geologica ed ambientale, relativamente ai fattori predisponenti ed alle cause innescanti, quelli forniti da alcuni lavori disponibili nella letteratura sono stati delineati i contesti geo-ambientali omogenei tipici della Calabria. Per l'aspetto in esame, che nel suo sviluppo specifico presenta interessanti connotazioni metodologiche, è stata prodotta una cartografia disponibile in forma numerica.

L'analisi complessiva dei risultati anzi illustrati ha consentito la scelta di alcune macro-zone: rappresentative dei contesti geo-ambientali tipici della Calabria; dove sono presenti instabilità rappresentative di tipologie diffuse e rilevanti in termini economici e sociali; per le quali è disponibile una base di dati geologici, morfologici, idrologici e geotecniche. Tali macro-zone sono state identificate come: Catena Costiera-Valle del Crati-Sila; Sila Meridionale-Stretta di Catanzaro-Serre Settentrionali; Aspromonte. Per un'estensione complessiva di circa 6500kmq sono stati quindi condotti rilievi alla scala 1:50000 e, in particolare, sono state verificate le strutture esaminando le foto aeree del volo Italia 1990 presso il Servizio Geologico Nazionale; per la stessa area è stata predisposta, utilizzando le informazioni della Carta Geologica, una carta litotecnica. Ancora per le macro-zone individuate è stata prodotta, utilizzando dati reperiti in letteratura, una cartografia delle frane alla Scala 1:50.000 che, attualmente, è stata verificata ed integrata dalle foto aeree del volo Italia 1990 per la macro-zona Sila Meridionale-Stretta di Catanzaro-Serre Settentrionali.

Nelle macro-zone sono stati individuati i seguenti casi di studio: Via San Francesco, Altavilla, San Fili, Lago, Stretta di Catanzaro (soil-slip), Rupe di Catanzaro, Plati. L'inquadramento geologico e morfologico di dettaglio (scala 1:10000) è stato specificamente predisposto per un'area che comprende 10 sezioni del 10000 IGMI e che ricade nella Stretta di Catanzaro.

Gli aspetti geotecniche trattati nello sviluppo del progetto sono riferiti ai casi di studio e correlati alla definizione del relativo modello geotecnico.

Per i casi di studio di Via San Francesco ed Altavilla la prosecuzione delle misure ai piezometri ed ai tensiometri ha confermato le ipotesi già formulate relativamente ai meccanismi piogge-pressioni neutre ed ha altresì evidenziato alcuni aspetti di estremo interesse per la comprensione dei meccanismi di innesco delle instabilità superficiali che si riscontrano nel contesto in esame. Connessa all'aspetto in menzione è la sperimentazione condotta in 4 stazioni di prova con misure di suzione, sino a circa 0.7 m dal piano campagna, e prove di permeabilità. Prove di permeabilità e di identificazione sono state eseguite su campioni prelevati nelle 4 stazioni di prova. Si è ulteriormente approfondita la caratterizzazione meccanica e della deformabilità dei terreni di

alterazione coinvolti nelle instabilità, finalizzandola alla valutazione dell'influenza del grado di saturazione e dell'anisotropia. I risultati ottenuti, pur necessitando di mirati approfondimenti, consentono di trarre indicazioni circa le relazioni intercorrenti tra parametri che definiscono l'involuppo di rottura e grado di saturazione; per quanto concerne l'anisotropia, pur rilevandosi una certa influenza, si può assumere che non sia essenziale per la definizione dei meccanismi di instabilità individuati.

Nel sito di Lago la ricerca riguarda un fenomeno di DGPV nel cui ambito sono state condotte misure di spostamenti profondi, sino a circa 100 m dal piano campagna, che hanno evidenziato la presenza di uno scorrimento dei primi 25-35 m, con direzione congruente all'inclinazione del versante e con spostamenti dell'ordine di 1 cm/anno. Sembrano ancora rilevabili spostamenti molto più contenuti, sino a circa 80 m, e con direzione che potrebbe essere guidata da elementi strutturali.

Sulle tre tipologie di terreni che costituiscono il pendio è stata completata una prima fase di sperimentazione che, data la complessità dei materiali interessati, ha richiesto un notevole impegno. I risultati conseguiti in laboratorio e quelli disponibili dalla sperimentazione in sito (prove SPT, pressiometriche e di permeabilità) forniscono una prima indicazione dei parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento al finito dei terreni di interesse.

Studi mirati ancora alla caratterizzazione geotecnica hanno riguardato i fenomeni di instabilità superficiali (soil-slip) che interessano diffusamente le argille e le sabbie presenti nella Stretta di Catanzaro. I rilievi topografici e fotografici, supportati da accurati controlli geomorfologici, hanno consentito la definizione dei caratteri geometrici: lunghezza da 10 a 20 m; larghezza tra 3 e 10 m; spessori compresi tra 0.5 e 0.1 m; pendenza media dei versanti interessati dai soli slip di circa 27° con valori locali anche superiori a 40°. La documentazione fotografica disponibile per un periodo di 10 anni, analizzata congiuntamente ai dati pluviometrici, ed il complesso delle conoscenze acquisite consentono di ipotizzare due modalità di innesco: soil slip isolati; soil slip diffusi e contigui.

La sperimentazione geotecnica ha interessato sia le coltri di argille degradate sia le argille intatte più o meno fessurate. Le prove hanno riguardato in questa fase l'identificazione dei terreni, la valutazione della permeabilità e della resistenza a taglio (valutata su provini completamente saturi, a contenuto d'acqua naturale e desaturati).

Ulteriori attività di ricerca sono state svolte nell'ambito delle emergenze di Protezione Civile verificatisi nel Maggio 1998 (Emergenza Campania) e nel Settembre 1998 (Emergenza Terremoto Basilicata-Calabria).

Per l'Emergenza Campania il lavoro svolto ha riguardato la redazione, per un'area di circa 200 kmq ricadente nelle province di Salerno ed Avellino, di diverse carte: Carta degli elementi geomorfologici significativi per l'individuazione delle aree soggette a colate rapide di fango; Carta delle frane da colate rapide di fango; Carta degli spessori delle coperture piroclastiche e detritico-piroclastiche; Carta preliminare della suscettibilità del territorio rispetto alle colate rapide di fango. Ancora in tale ambito è stato fornito un primo contributo alla caratterizzazione dei terreni piroclastici coinvolti nei fenomeni di colata rapida di fango: identificazione (granulometria, peso specifico dei grani, contenuto d'acqua, etc.), prove di taglio diretto (su provini saturi, a contenuto d'acqua naturale e desaturati), prove di compressione edometrica (su provini saturi, a contenuto d'acqua naturale e desaturati), prove di permeabilità. In sito sono state eseguite alcune prove e misure, in particolare: prove di permeabilità a carico variabile, misure di suzione.

Per l'Emergenza Terremoto Basilicata-Calabria l'UO2.56 ha coordinato le attività di accertamento e rilevazione delle situazioni di instabilità dei versanti prodotte o aggravate dal sisma, ha partecipato ed ha dato supporto alla stesura del "Piano degli interventi per i dissesti causati o aggravati dal sisma" previsto dall'Ordinanza N. 2847/98. Per svolgere le operazioni richieste è stato predisposto uno schema di lavoro che ha visto la predisposizione di semplici schede di accertamento. Sono stati condotti sopralluoghi su un totale di circa 200 siti e l'analisi complessiva dei dati ha evidenziato che le instabilità più diffuse sono state quelle per crollo, prevalentemente in costoni costituiti da calcari. In diversi casi è stata accertata la riattivazione di altre tipologie di instabilità (esp. scorrimenti).

In naturale prosecuzione alla redazione del Piano è stata avviata la stesura di un "rapporto di evento" ed è stato avviato uno studio che seguirà nel suo sviluppo l'impostazione generale del progetto di ricerca dell'UO 2.56.

I lavori svolti nel biennio 1997-1998 sono riconducibili agli obiettivi intermedi previsti dal progetto di ricerca: definizione dei contesti geo-ambientali omogenei, raccolta ed analisi dei dati, definizione preliminare dei modelli di riferimento, indagini ed analisi mirate alla verifica ed all'affinamento dei modelli. I risultati conseguiti presentano alcuni contenuti innovativi (definizione di aree geo-ambientali omogenee, definizione preliminare del rischio di frana, caratterizzazione geotecnica dei terreni in condizioni di parziale saturazione) che vanno ulteriormente verificati ed approfonditi. Sono stati prodotti 13 lavori: 1 nota su rivista internazionale; 2 note su convegni internazionali; 2 note su convegni nazionali; 1 poster ad un convegno nazionale; 4 carte; 2 report per il Dipartimento della Protezione Civile; 1 Piano come da Ordinanza N. 2847/98. Le azioni di diffusione ed il trasferimento dei risultati si sono concretizzate per alcuni aspetti nelle attività svolte per conto del Dipartimento della Protezione Civile, per altri aspetti sono necessari ulteriori verifiche ed approfondimenti.

## Lavori prodotti nel biennio 1997-1998

- 1) SORRISO-VALVO M., GULLA' G., ANTRONICO L., TANSI, AMELIO M. (in press) – Mass movement, geologic structure and morphologic evolution of the Pizzotto-Greci slope (Calabria, Italy). *Geomorphology*.
- 2) CLARIZIA M., GULLA' G., SORBINO G. (1996) – Sui meccanismi di innesco dei soil slip. Atti del Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica" ALBA 96, 5-7 Novembre 1996, Alba, Italia, 585-597.
- 3) ANTRONICO L., GULLA' G., ODDO B. (1998) – A methodological approach to characterized soils slips: Preliminary results. Proceedings 8<sup>th</sup> International Congress IAEG, 21-25 September 1998, Vancouver, Canada, 1577-1584.
- 4) ANTRONICO L., GULLA' G., SORRISO-VALVO M., TANSI C. (1998) – Grandi frane e deformazioni gravitative profonde di versante: un possibile approccio per la prevenzione ed alcuni approfondimenti di studio mirati alla previsione. Comunicazione e Lavoro PRESENTATI al Convegno "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Accademia dei Lincei, 1-2 Ottobre 1998, Roma.
- 5) ANTRONICO L., CATALANO E., DE LUCA M., GULLA' G., ODDO B., SORRISO-VALVO M., TANSI C. (1998) – Rischio da frana ed interventi di prevenzione e mitigazione in contesti geo-ambientali omogenei: primi elementi di riflessione. Poster PRESENTATO al Convegno "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Accademia dei Lincei, 1-2 Ottobre 1998, Roma.
- 6) ANTRONICO L., GULLA' G., ODDO B. (presentato) – Considerazioni preliminari sui risultati relativi alla caratterizzazione di soil slip in alcune zone di studio della Stretta di catanzaro (Calabria). VI Convegno Nazionale Giovani Ricercatori di Geologia Applicata, 22-24 Ottobre 1998, Chieti, Italia.
- 7) GULLA' G., ANTRONICO L., NICOLETTI P.G., SCALZO A., SORRISO-VALVO M. (1998) – Relazione relativa alla carta degli elementi geomorfologici ed alle verifiche dei rilievi delle coperture piroclastiche in aree aventi le stesse caratteristiche geologiche e morfologiche della zona interessata dagli eventi del 5 e 6 maggio 1998. CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".
- 8) GULLA' G., ACETO L., NICEFORO D. (1998) – Caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni coinvolti nelle instabilità del 5 maggio 1998. CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".
- 9) DI NOCERA S., SORRISO-VALVO M., CIMMINO M., GAROFALO N., MARULO G. (1998) – Carta degli spessori delle coperture piroclastiche (1:25.000). CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".
- 10) ANTRONICO L., NICOLETTI P.G., SCALZO A., SORRISO-VALVO M. (1998) – Carta degli elementi geomorfologici significativi per l'individuazione di aree soggette a colate rapide di fango

(1:25.000). CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".

11) ANTRONICO L., NICOLETTI P.G., SCALZO A., SORRISO-VALVO M. (1998) – Carta delle frane da colate rapide di fango (1:25.000). CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".

12) GULLA' G., ANTRONICO L., SCALZO A., SORRISO-VALVO M. (1998) – Carta preliminare della suscettibilità del territorio a colate rapide di fango (1:25.000). CNR-GNDCI, UO 2.56, Contributo di lavoro fornito nell'ambito delle attività previste dall'Ordinanza N. 2787/98 "Emergenza Campania".

13) CALCARA E., COPERTINO V., GULLA' G., SORRISO-VALVO M., VERSACE P. (1998) – Piano degli interventi per i dissesti idrogeologici prodotti o aggravati al confine calabro lucano dal sisma del 9 Settembre 1998. GNDCI-CNR – Dipartimento della Protezione Civile, Ordinanza N. 2847/98.

Unità Operativa 2.57

## **IL RISCHIO DI ALLUVIONAMENTO NELL'AREA CIRCUMVESUVIANA MODELLIZZAZIONE DI LAHAR E FLOODS**

Responsabile Prof.ssa Maria Teresa Pareschi  
CNR – Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino  
Via S. Maria, 53 – 56126 – PISA  
Tel. 050-8471111 Fax 050-500675 E-mail: pareschi@dst.unipi.it

La zona attorno al Vesuvio può essere suddivisa in tre grandi aree: la valle del Sarno a Sud-Est; la valle delle Sebeto a Nord-Ovest e la conca di Nola. Mentre le prime due hanno un normale deflusso verso il mare, la presenza del Vesuvio ostacola il normale drenaggio della conca di Nola che raccoglie le acque delle valli del Quindici e del Clanio. Il problema del deflusso si esaspera in concomitanza di un'eruzione, quando la presenza di ceneri freatomagmatiche fini può impermeabilizzare il terreno e la piovosità risulta aumentata per la maggior presenza in atmosfera di polveri (nuclei di condensazione) e vapore.

In questo progetto l'obiettivo è la simulazione con opportuni codici numerici dell'alluvionamento della piana di Nola (supponendo il caso peggiore di un suolo praticamente impermeabile per l'effetto delle ceneri), in modo da ricavare indicazioni sulle modalità di riempimento dei bassi morfologici e sulla quantità di pioggia necessaria.

Nel primo anno è stato costruito il modello digitale del terreno dell'area in modo da avere un'adeguata base per le simulazioni. La matrice delle quote predisposta ha risoluzione 10 m. Sono stati altresì calcolati: la matrice delle pendenze, il reticolo di drenaggio, gli spartiacque. Un SIT (strade, abitato, dati ISTAT, ferrovie, elettrodotti, acquedotti, ecc.) è stato messo a punto per l'area (grazie in parte anche ad altri fondi). L'individuazione delle infrastrutture e risorse in genere è stato realizzato grazie anche a immagini digitali ortorettificate da aereo con risoluzione 1m.

Un codice bidimensionale per la simulazione dello scorrimento di acqua è stato applicato alla zona di Nola. Run preliminari sono stati effettuati specificando in input la pioggia caduta uniformemente sull'area della piana a Nord del Vesuvio.

### **Pubblicazioni**

Pareschi M.T., Santacroce R., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Sulpizio R., Zanchetta G., 1998: Analisi dei Bacini nella zona di Sarno-Quindici-Bracigliano-Siano, Interessati da flussi di Fango (Lahars secondari), Dipartimento di Protezione Civile, Consiglio Nazionale delle Ricerche-Gruppo Nazionale della Vulcanologia, Giardini Ed., 18pp.

Pareschi M.T., Santacroce R., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Sulpizio R., Zanchetta G., 1998: Contributo alla zonazione della pericolosità ed alla valutazione del rischio connessi allo scorrimento di colate di fango nei bacini dei torrenti Clanio ed Acqualonga, Giardini Ed., 31 pp.

Arrighi A.L., Giannini F., Cavarra L., Marone G., Pareschi M.T.: 1998: Un data base della popolazione e delle attività socio-economiche nell'area circumvesuviana per la valutazione del rischio vulcanico, Rapporto Tecnico CNR, S.T.A.R., Pisa.

Pareschi M.T., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., 1998: Gis and volcanic risk management, Natural Hazard, in press.