

*CNR CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE*

*GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTOFI  
IDROGEOLOGICHE*

LINEA 3

**Valutazione del rischio idraulico geologico e  
zonazione; strategie di intervento per la  
mitigazione degli effetti degli eventi estremi**

Responsabile: Prof. FRANCO SICCARDI

**PROGETTO ESECUTIVO 1999**

## Obiettivi della ricerca

Il Progetto Esecutivo 1999, per quanto riguarda la specifica Linea di ricerca 3 "Valutazione del rischio idraulico-geologico e zonazione; strategie di intervento per la mitigazione degli effetti degli eventi estremi" è steso in collaborazione con la Linea 1.

Il Progetto esecutivo si articola in 4 progetti di ricerca, in cui vengono coordinate le attività delle UU.OO. della Linea e in pochi progetti specifici.

## 1. Riorganizzazione della struttura operativa

Nel Progetto Esecutivo 1998 ritenemmo di tenere in conto sia alcune indicazioni che provenivano dall'interno del CNR, sia delle più generali indicazioni di necessità di creazione di strutture con una dimensione critica sufficiente per conseguire rapidamente risultati di ricerca.

Fu fatto osservare più volte che il numero delle unità operative del GNDCI era molto elevato, e che i finanziamenti pro-capite erano troppo bassi.

Inoltre, nella prospettiva del possibile accorpamento del GNDCI e degli IRPI in un unico ente, che continua ad essere l'obiettivo del Consiglio di Presidenza, fu necessario disegnare un ruolo delle UUOO Universitarie e di altri enti in modo che esse potessero avere peso simile agli IRPI stessi, essendo costituite per esempio in Centri di Ricerca riconoscibili direttamente dal CNR come strutture del Gruppo.

D'altra parte la numerosità e la relativa libertà di proposizione dei temi di ricerca è stata, nell'esperienza del GNDCI, un valore cui non si deve rinunciare. Per l'anno 1999 è stata disegnata una transizione morbida dal precedente sistema di piccole UUOO, ad un sistema altrettanto dinamico ma in qualche misura più "moderno". La strutturazione di cui si propone il finanziamento per il 1999 è mutuata dalla struttura dei contratti di ricerca della DGXII dell'Unione Europea: seguendo le indicazioni del MURST ogni gruppo è dimensionato attorno a 300 milioni/anno ed è individuata una UUOO capofila, cui spetterà fare ricerca in proprio ma anche coordinare l'attività delle altre unità, provvedendo anche a valutare, secondo le indicazioni del Consiglio Scientifico, la congruità dei finanziamenti rispetto alle azioni di ricerca.

Anche in termini scientifici il Consiglio Scientifico si attende che sia presentata, al termine dell'attività di ricerca, una unica relazione, che raccoglierà i contributi di ciascuna UUOO e anche i frutti dell'interazione scientifica delle diverse UUOO aumentandone il grado di efficacia.

## 2. Progetti di ricerca

I progetti di ricerca della Linea 3 corrispondono a quattro tematiche principali che sono riportate di seguito. I Responsabili di progetto hanno definito in dettaglio il programma scientifico che corrisponde all'estensione del programma triennale in corso, sia per il 1999 come per i prossimi 2 anni.

TABELLA FINANZIAMENTI CNR 1999

Unità operativa	Responsabile	Sede	Ist.	Voce A	Voce B	Voce C	Totale U.O.
U.O. 3.1	F. Guzzetti	PG	IRPI	10	100	0	110
U.O. 3.2	A. Mugnai	Roma	IFA	15	65	0	80
U.O. 3.3	G. Scarchilli	Roma	IFA	0	40	0	40
U.O. 3.22	A. Carrara	BO	CSITE	0	40	0	40
U.O. 3.40	V. Levizzani	BO	ISAO	5	30	0	35
U.O. 3.41	G. Zipoli	FI	IATA	0	30	0	30
U.O. 3.42	A. Buzzi	BO	ISAO	15	10	0	25
U.O. 3.51	F. Luino	TO	IRPI	0	20	0	20
Totale Istituti CNR				45	335	0	380
U.O. 3.6	L. Natale	MI	UNI	20	69	0	89
U.O. 3.11	M. Santoro	PA	UNI	0	48	0	48
U.O. 3.12	I. Becchi	FI	UNI	19	74	0	93
U.O. 3.15	D. Giuli	FI	UNI	0	33	0	33
U.O. 3.16	G. Roth	SV	CIMA	20	131	0	151
U.O. 3.20	F. Prodi	FE	UNI	0	33	0	33
U.O. 3.23	W. Dragoni	PG	CIPLA	0	24	0	24
U.O. 3.24	S. Fattorelli	PD	UNI	0	38	0	38
U.O. 3.28	R. Minciardi	GE	UNI	0	28	0	28
U.O. 3.29	F. Cipolla	GE	SGA	0	85	0	85
U.O. 3.30	O. Lolli	PG	COGEO	0	85	0	85
U.O. 3.36	E. P. Carratelli	Fisciano	CUGRI		29	0	29
U.O. 3.38	S. Tibaldi	BO	ARPA	5	75	0	80
U.O. 3.43	G. Visconti	AQ	UNI	0	24	0	24
U.O. 3.44	P. Ciotti	AQ	UNI	0	24	0	24
U.O. 3.45	G. Perona	TO	UNI	0	19	0	19
U.O. 3.46	S. Nanni	BO	ARPA	0	28	0	28
U.O. 3.47	M. Monai	Teolo	ARPA	0	19	0	19
U.O. 3.48	R. Fabbo	UD	CSA	0	28	0	28
U.O. 3.49	A. Pezzoli	TO	UNI	0	22	0	22
U.O. 3.50	P. Brandi	PG	UNI	0	24	0	24
U.O. 3.52	E. Guidoboni	BO	SGA	0	28	0	28
U.O. 3.54	F. Savi	Roma	UNI	0	15	0	15
Totale Università ed altri Enti				64	983	0	1047
Totale Generale L3				109	1318	0	1427

## 2.1 Sensori remoti e precipitazioni estreme

Il Progetto è coordinato dal Dott. Alberto Mugnai – Responsabile Scientifico dell'U.O. 3.2, con sede presso il CNR-IFA di Roma – che opera in collaborazione con le seguenti UU.OO.:

- U.O. 3.40 Coord. Dott. V. Levizzani;
- U.O. 3.3 " Dott. G. Scarchilli;
- U.O. 3.41 " Prof. G. Zipoli;
- U.O. 3.42 Coord. Dott. A. Buzzi;
- U.O. 3.43 " Prof. G. Visconti;
- U.O. 3.44 " Prof. P. Ciotti;
- U.O. 3.15 " Prof. D. Giuli;
- U.O. 3.20 " Prof. F. Prodi;
- U.O. 3.45 " Prof. G. Perona;
- U.O. 3.46 " Dott. S. Nanni;
- U.O. 3.47 " Dott. A. Monai;
- U.O. 3.48 " Dott. R. Fabbo;
- U.O. 3.16 " Prof. G. Roth;

Analisi di eventi di intensa precipitazione sul territorio nazionale tramite tecniche combinate radar satellite e simulazioni numeriche (a cura del Dott. A. Mugnai)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.2 si articolerà secondo i seguenti punti:

- 1) Coordinamento delle misure e selezione dei "case-studies"
  - Coordinamento della selezione dei case-studies precedenti e successivi al periodo MAP
  - Fornitura dei tempi e dati relativi ai passaggi dei satelliti polari alle microonde (DMSP-SSM/I; ADEOS-AMSR; EOS/PM-AMSR)
  - Collaborazione allo studio delle modalità di acquisizione radar ottimali per l'impiego congiunto con i satelliti nell'ambito di tecniche multisensore di riconoscimento delle nubi e di stima delle precipitazioni.
- 2) Messa a punto e validazione degli algoritmi per i vari sensori a terra e su satellite
  - Collaborazione alla messa a punto e validazione di algoritmi SSM/I "profile-based" -- basati, cioè, sull'utilizzo di "cloud-radiation databases" derivanti da simulazioni numeriche eseguite tramite modelli di nube alla mesoscala (UW-NMS, in particolare) -- utili sia per la classificazione delle nubi che per le stime di precipitazione e di struttura microfisica delle nubi stesse
  - Partecipazione a messa a punto e validazione di procedure radar per la stima verticale della microfisica, sia in situazioni operative «normali» che in condizioni di «pre-allarme»
  - Simulazioni necessarie per la definizione delle caratteristiche ottimali di eventuali sensori futuri
- 3) Sviluppo, messa a punto e validazione di tecniche combinate multisensoriali
  - Partecipazione alle analisi dinamico-microfisiche degli eventi osservati, anche al fine della verifica (ed eventuale miglioramento) dei modelli concettuali di nube
  - Collaborazione allo sviluppo di algoritmi combinati che utilizzino le informazioni ottenibili dai vari sensori, anche al fine di calibrare le stime relative a zone e/o istanti in cui solo alcuni dei sensori sono disponibili:
    - metodi di matching probabilistico
    - metodi basati sull'utilizzo dei modelli concettuali di nube
    - metodi radar + modello di nube per la costruzione del "cloud-radiation database" ottimale da applicare all'evento corrente

- Collaborazione allo studio della qualità delle stime di precipitazione al variare delle scelte procedurali implementate (tecniche multisensoriali diverse; varie combinazioni di sensori; varie modalità operative radar)
- 4) Utilizzazione combinata delle osservazioni e delle misure da sensore remoto con modelli di nube e modelli ad area limitata (LAM)
- Simulazione di alcuni case-studies tramite l'UW-NMS ed il RAMS
  - Verifica e validazione di tali simulazioni (con quelle ottenute per gli stessi casi da altri modelli e con le misure e le stime microfisiche derivate dai sensori disponibili).
  - Utilizzo dei "cloud-radiation databases" generati da queste simulazioni nei punti 2) e 3).

### **Studio dei processi dinamico-microfisici della precipitazione con tecniche multispettrali e sviluppo di tecniche di analisi per modelli ad area limitata** (a cura del Prof. V. Levizzani)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.40 si articolerà secondo i seguenti punti:

- Case studies (1999-2000)
  - Coordinamento attività in campo durante la fase dello Special Observing Period (SOP) del Mesoscale Alpine Programme (MAP).
  - Individuazione dei casi di studio relativi a SOP.
  - Data collection e accesso al MAP Data Center (MDC).
  - Coordinamento dell'accesso dei gruppi GNDCI al MDC.
  - Identificazione di case studies non appartenenti al MAP relativi ad eventi degli anni passati.
  - Identificazione delle procedure operative per l'utilizzo dei dati MAP (2000-2001).
- Tecniche combinate multisensoriali (1999-2000)
  - Studio dei processi dinamico-microfisici in atto nella convezione profonda. Utilizzo dei dati dei sensori AVHRR, ATSR e altri esistenti per la simulazione dei dati di MSG-SEVIRI.
  - Analisi multispettrale delle nubi per l'identificazione dei processi di formazione delle precipitazioni in nubi continentali e marittime.
  - Utilizzo dei dati da case studies identificati dal Progetto Coordinato.
  - Utilizzo dei dati radar Doppler polarimetrici relativi ai case studies di cui al precedente anno (2000-2001).
  - Studio combinato mediante sensori nelle MW, precipitation radar su satellite e sensori di fulminazione (2000-2001).
- Accoppiamento con modelli di nube e LAM (1999-2001)
  - Proseguimento dell'attività di assimilazione dei dati satellitari nella procedura di analisi alla mesoscala del Local Analysis and Prediction System (LAPS) già in corso.
  - Allargamento del numero di canali coinvolti.
  - Identificazione dei dati assimilabili nei LAM.
  - Verifica degli output dei modelli.
  - Possibile modellazione dei casi di convezione profonda mediante modello di nube 3-D.

### **Stima radar polarimetrica della precipitazione per eventi estremi** (a cura del Prof. G. Scarchilli)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.3 si articolerà secondo i seguenti punti:

- Osservazione di eventi precipitativi nell'ambito del progetto MAP (Mesoscale Alpine Project) mediante il radar polarimetrico in banda C posto in località Montagnana (Firenze). Contributo

alla definizione delle strategie di acquisizione dei dati raccolti dai radar meteorologici coinvolti nel progetto per la creazione e selezione di un adeguato numero di case studies (1999).

- Analisi della qualità del data base raccolto dai radar meteorologici coinvolti nel progetto mediante statistica del segnale meteo su scala lineare e logaritmica, comparazione degli osservabili radar e studio del segnale di ground clutter mediante parametri doppler. Verifica di tecniche di calibrazione del radar tramite il principio di autoconsistenza e metodo CDF ed utilizzo di tecniche di correzione dell'attenuazione cumulata lungo la tratta mediante parametrizzazione in funzione della riflettività ZH e della riflettività differenziale ZDR (2000).
- Stima dei profili verticali della riflettività per la identificazione e localizzazione dello strato di fusione e per la tipologia del temporale, parametrizzazione della stima della intensità di precipitazione mediante gli osservabili radar (riflettività e riflettività differenziale) e validazione mediante dati pluviometrici al suolo e dati satellitari (2001).

## **Analisi dati telerilevati da satellite ed integrazione con dati a terra per la stima della precipitazione** (a cura del Dott. G. Zipoli)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.41 si articolerà secondo i seguenti punti:

### 1. Coordinamento delle misure e selezione dei "case-studies"

Selezione di case-studies in Toscana, in relazione alla loro caratterizzazione statistica in termini della ricorrenza sia puntuale che areale e alla disponibilità di dati di osservazione da sensori multipli, sia terrestri (rain gauges, radar ove possibile, Meteosat e SSM/I). Un obiettivo sarà la selezione di casi di pluviometria intensa di diversa natura, in particolare convettiva e orografica.

### 2. Messa a punto e validazione degli algoritmi per i vari sensori a terra e su satellite

Ulteriore sviluppo degli algoritmi finalizzati alla stima automatica ad alta frequenza di aggiornamento della pioggia da Meteosat.

L'algoritmo attualmente impiegato in modo routinario impiega estensivamente le caratteristiche delle immagini Meteosat nell'infrarosso termico e alcuni campi atmosferici prodotti da un modello ad area limitata (profilo verticale di umidità, temperatura al suolo. Questi campi atmosferici costituiscono in parte un input diretto per la procedura, in parte la base dello screening delle aree coperte e serene.

La tecnica sarà orientata in senso "adattativo", cioè predisposta per l'assimilazione di dati prodotti da ulteriori sensori.

### 3. Sviluppo, messa a punto e validazione di tecniche combinate multisensoriali (per il monitoraggio degli eventi estremi e per la previsione della loro evoluzione, nonché per lo studio dei processi dinamici e microfisici che in essi avvengono)

Particolare cura sarà dedicata alla assimilazione nella tecnica di stima automatica della pioggia da Meteosat di dati multisensoriali, in particolare di osservazioni locali (stazioni) e remote (radar) a terra, di osservazioni remote dallo spazio (stime di pioggia istantanea da SSM/I, dal Precipitation Radar sul TRMM, ecc).

Saranno definiti gli eventuali miglioramenti delle prestazioni della tecnica in base a indicatori statistici oggettivi.

Sarà anche verificata la sensibilità della tecnica alla rappresentazione di alcuni campi atmosferici "sensibili" quali i profili di umidità e la temperatura superficiale del suolo.

### 4. Utilizzazione combinata delle osservazioni e delle misure da sensore remoto con modelli di nube e modelli ad area limitata (LAM)

I case-studies saranno riprodotti per mezzo del modello a fisica completa RAMS, innestato nei campi del modello globale del ECMWF, in modalità non-idrostatica e con la microfisica completamente attivata, configurato con almeno due griglie innestate in modalità two-ways di risoluzione probabilmente 40 km su Italia e Mediterraneo centro-occidentale e 8 km intorno alle aree di test. Sarà sperimentata la possibilità di introduzione di una ulteriore griglia ad altissima risoluzione (probabilmente 2 km).

Sarà particolarmente verificata la ricostruzione dei campi di precipitazione, sia dal punto di vista puntuale che di struttura spaziale.

Sarà proposta una configurazione ottimale pre-operativa del sistema modellistico.

## **Modellistica meteorologica di eventi di precipitazioni intense utilizzando dati di sensori remoti per l'assimilazione e la verifica dei modelli** (a cura del Dott. A. Buzzi)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.42 si articolerà secondo i seguenti punti:

- Partecipazione alle attività del MAP SOP, sia al MOC di Innsbruck che al POC di Milano, e conseguente attività in campo di monitoraggio e modellistica in tempo reale degli eventi MAP, che consente una prima analisi, scelta e successivo approfondimento dei "case studies". In particolare potrà essere effettuata una "quick look analysis", basata sui dati meteorologici e idrologici acquisiti e disponibili in tempo reale o quasi reale (inclusi dati da aereo, radar, satellite, idrologici). 1999-2000
- Elaborazione dei dati e modellistica meteorologica ad alta risoluzione dei case studies, finalizzata alla analisi dei processi fisici e dinamici associati ai fenomeni di precipitazione intensa, in particolare di precipitazione orografica, e verifica della modellistica mediante un confronto con i dati acquisiti durante il MAP-SOP, includendo dati di variabili atmosferiche, di variabili microfisiche, di precipitazione. 2000-2001
- Utilizzazione di misure da sensori vari per la modellistica regionale finalizzata alla previsione di precipitazioni intense. In questa linea si prevede uno studio rivolto all'assimilazione nei modelli dinamici alla mesoscala di parametri direttamente legati al ciclo dell'acqua in atmosfera, in particolare dati di umidità, rate di precipitazione, contenuto di acqua e ghiaccio di nube. La prima fase (1999-2000) sarà rivolta ad un test di metodi semplificati di assimilazione spazio-temporale (es. nudging) e all'utilizzo di singole variabili disponibili. In una seconda fase (2000-2001) si prevede sarà possibile eseguire esperimenti di assimilazione anche di dati su griglia e multivariati.

## **Utilizzo dei modelli numerici ad area limitata come integrazione alla stima e previsione delle precipitazioni intense** (a cura del Prof. G. Visconti)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.43 riguarderà la messa a punto del modello MM5 e la partecipazione al MAP. La strumentazione in uso comprende:

- radiometro a 5 canali
- radar in banda C
- Wind profiler
- Sodar
- Attrezzatura per il lancio di radiosonde

La intervalidazione dei sensori potrà arricchirsi dal fatto che nel prossimo anno sarà operativo anche un ricevitore GPS e potranno essere effettuate misure di routine con un lidar - raman.

Il contributo del gruppo di Ingegneria è da questo punto di vista fondamentale per l'esperienza sia con sensori da satellite che con sensori a terra a microonde.

## **Tecniche di telerilevamento per la stima della precipitazione e integrazione con dati da sensore passivo** (a cura del Prof. D. Giuli)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.15 si articolerà secondo i seguenti punti:

- Contributo all'acquisizione dei dati con radar POLAR 55C e alla preelaborazione dei dati radar nell'ambito del programma MAP per la definizione e il confezionamento dei casi studio. Questa attività riguarda il primo anno, mentre per i due anni successivi si prospetta un aggiornamento ed estensione dei casi studio basata sulle necessità evidenziate nel corso della ricerca.
- Contributo per la definizione di strumenti telematici per la gestione cooperativa dei dati relativi ai casi studio (in collegamento con lo specifico progetto ASI). L'attività riguarda il primo anno.
- Contributo all'estrazione dei dati di precipitazione da sensore radar, attraverso la definizione di algoritmi operativi per la correzione dei dati radar (attenuazione da propagazione, clutter, aliasing, etc.) e la loro validazione mirata al trasferimento e alla qualificazione in ambito operativo con dati di verità "a terra" (i sensori considerati al riguardo sono, oltre che pluviometri, radar terrestri o aviotrasportati multiparametrici). Un contributo collegato riguarda l'analisi dinamica e la previsione a breve termine basata su sequenze temporali dei dati da singolo radar. L'attività verrà sviluppata anno per anno, con riferimento ai casi studio definiti.
- Compressione dei dati derivanti da singolo sensore multiparametrico (mono e multispettrale)
- Contributo per la realizzazione e validazione, previa disponibilità dei casi di studio TRMM, di algoritmi per la stima di precipitazione (in collegamento con lo specifico progetto ASI). L'attività riguarderà presumibilmente il primo e secondo anno
- Definizione di requisiti di missione (primo anno) e definizione di algoritmi di stima della precipitazione (nei tre anni) per rain radar di nuova generazione per missioni spaziali di interesse nazionale (collaborazioni suggerite con le U.O. di Prodi, Mugnai e Siccardi nell'ambito della collaborazione scientifica avviata a seguito della missione R<sup>3</sup> SAT).
- Anno per anno, in relazione alla disponibilità di specifici casi studio, si propone un contributo alla definizione e validazione di dati multisensoriali e multiparametrici per i casi studio disponibili, con particolare riferimento a:
  - a) Radar terrestre - pluviometri
  - b) Radar terrestre – SSM/I
  - c) Precipitation Radar (TRMM) – TRMM Microwave Imager
  - d) Integrazione multipla con la pluralità di sensori disponibili negli specifici casi studio orientati alla stima di precipitazione su varia scala.

## **Analisi di precipitazioni intense mediante uso combinato di radar e satellite. Assimilazione dati di sensori in un modello ad area limitata** (a cura del Dott. S. Nanni)

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda la U.O. 3.46 si articolerà secondo i seguenti punti:

- 1) Coordinamento delle misure e selezione dei "case studies"  
Il Servizio Meteorologico dell'Emilia-Romagna (di seguito ARPA-SMR) gestisce il radar meteorologico GPM 500 C di S. Pietro Capofiume (BO), che ha capacità Doppler e di doppia polarizzazione. Il radar attualmente opera giornalmente secondo schedule programmate che consentono di registrare con elevato dettaglio spazio-temporale la struttura tridimensionale (volumi polari) dei sistemi precipitanti nell'area monitorata (tipicamente 110 km di raggio). Dalla fine del 1999 è prevista un'attività coordinata dei radar del nord Italia per la realizzazione di immagini composite (progetto Meteonet). E' chiaro che la disponibilità di tali dati rappresenta un valore aggiunto anche nelle finalità di tale Progetto di Ricerca. Occorre verificare, alla luce delle

richieste degli altri partecipanti al progetto, le eventuali modifiche da apportare all'attuale piano di acquisizione per lo studio ottimale dei case studies da selezionare.

Attività 1999: Definizione della metodologia di osservazione e attività all'interno della campagna MAP.

Attività 2000-01. Acquisizione dati all'interno dei case studies selezionati.

2) Messa a punto e validazione degli algoritmi per i sensori a terra e su satellite

Attività 1999. Validazione delle proprietà statistiche e controllo della qualità dei dati radar in collaborazione con il gruppo radar del CNR-IFA.

Attività 2000-01. Confronto delle stime di precipitazione da radar con reti telepluviometriche ed indagine di algoritmi per la stima ottimale di precipitazione.

3) Sviluppo, messa a punto e validazione di tecniche combinate multisensoriali

Attività 1999: Utilizzo e confronto di tecniche multisensoriali (radar e satellite) per la stima delle precipitazioni. Attività in collaborazione con il gruppo Meteorologia da satellite del CNR-ISAO.

Attività 2000-01. Applicazione ai case studies selezionati.

4) Utilizzazione delle misure da sensore remoto nel LAM

Attività 1999: Assimilazione delle osservazioni di remote sensing in LAPS. Attività in collaborazione con il gruppo Meteorologia da satellite del CNR-ISAO.

Attività 2000-01. Impiego di tali dati nello schema di inizializzazione di un LAM.

## **Stima dell'intensità di precipitazione al suolo ed integrazione delle misure radar in un sistema di analisi multisensore della struttura tridimensionale delle nubi** (a cura del Dott. R. Fabbo)

- Il Centro Radar di Fossalon di Grado svolge, parallelamente all'attività operativa, un'attività di ricerca nel campo della radarmeteorologia applicata. L'intero centro, dal sensore al sistema informatico, è stato ideato e realizzato nell'ambito di un progetto di ricerca italo-sloveno per lo studio dei fenomeni intensi e per operazioni di difesa attiva contro la grandine.
- Il Centro è ottimamente attrezzato per l'acquisizione, l'archiviazione e l'elaborazione di dati radar;
- Il Centro è gestito, per conto dell'ERSA, dal Centro Servizi Agrometeorologici per il Friuli – Venezia Giulia. Tale associazione gestisce anche il Centro Meteorologico Regionale, e dispone di una banca dati che contiene, tra l'altro, tutti i dati delle stazioni sinottiche del Friuli – Venezia Giulia;
- Il Centro partecipa attivamente a diversi progetti di ricerca, tra cui il MAP (Mesoscale Alpine Project). È in corso una collaborazione con l'IFA-CNR in materia di misure combinate radar-satellite (SSMI) di intensità di precipitazione al suolo;
- Nel periodo 1998 ÷ 1999 sono stati presentati diversi lavori in materia di microfisica delle nubi;
- Il Centro radar di Fossalon, nell'ambito del progetto SINA di interconnessione in rete dei radar meteorologici del nord-Italia, è stato incaricato di svolgere un lavoro riguardante la stima delle precipitazioni al suolo e la correlazione tra i dati radar e quelli pluviometrici. Tale lavoro è stato realizzato seguendo un approccio basato su considerazioni riguardanti la microfisica della nube.

Tra le principali attività in corso del Centro Radar di Fossalon vi sono:

1. stima delle precipitazioni al suolo a partire dai dati radar ed analisi delle problematiche ad essa connesse (clutter di terra, attenuazione, bright band, ...)
2. analisi congiunta radar – satellite dell'evento intenso del 5 ÷ 7 ottobre 1998, nell'ambito di una collaborazione con l'IFA-CNR, mediante l'utilizzo di un database microfisico di nube ottenuto da un modello numerico.

L'attività di cui al punto 1. ha portato allo sviluppo ed alla realizzazione di algoritmi numerici per la soppressione del clutter e per la stima dell'intensità di precipitazione e della precipitazione accumulata, attualmente in fase di validazione sulla base dei dati della rete pluviometrica del Friuli-Venezia Giulia.

L'attività di cui al punto 2. ha portato allo sviluppo ed alla realizzazione di algoritmi numerici per l'identificazione delle idrometeore e per la stima del Liquid Water Content ad esse associato, nonché alla definizione di un formato dei dati corrispondenti.

Nello svolgimento delle attività sopra elencate sono stati analizzati ed affrontati molteplici aspetti operativi riguardanti, tra l'altro, la definizione di modalità, tempi e parametri di acquisizione (tenendo anche in considerazione problematiche legate ai satelliti SSM/I) e la calibrazione del sensore radar. Pertanto, sulla base dell'esperienza già acquisita, riteniamo di poter svolgere un ruolo guida per ciò che concerne il coordinamento dell'attività di misura radar e di trattamento dei dati relativi.

Per ciò che attiene la selezione dei case-studies, riteniamo di dover contribuire attivamente, avvalendoci anche del supporto del centro meteorologico regionale per quanto riguarda caratterizzazione sinottica, uscite dei modelli, etc.

Per il futuro si prevede di proseguire, nell'ambito del progetto del GNDCI, con le attività 1. e 2. allo scopo di migliorare per quanto possibile la qualità dei dati e quindi le stime di precipitazione, considerando ulteriori case studies.

## Algoritmi

Sono stati sviluppati ed implementati diversi algoritmi numerici in materia di:

1. Riconoscimento e sottrazione del clutter di terra;
2. Stima dell'intensità di precipitazione utilizzando anche misure polarimetriche;
3. Riconoscimento delle idrometeore;
4. Calcolo del Liquid Water Content.

Alcuni di tali algoritmi sono ormai consolidati, mentre altri sono in fase di validazione o di sviluppo. Per il futuro si prevede l'implementazione di nuovi algoritmi (soprattutto per quanto attiene alla stima di precipitazione) e la classificazione delle situazioni per cui essi sono applicabili con successo.

## Tecniche combinate multisensoriali

Come già più volte ribadito, siamo attualmente impegnati, in collaborazione con l'IFA-CNR, nello sviluppo di una tecnica combinata radar-satellite (SSM/I e Meteosat), in particolare per ciò che riguarda la definizione di un meccanismo di calibrazione del satellite sulla base delle osservazioni radar.

L'impiego congiunto del radar con i satelliti (SSM/I e Meteosat) offre interessanti prospettive in quei casi in cui una stima radar di precipitazione risulta problematica. Tali prospettive potranno essere considerate nel progetto del GNDCI.

Utilizzazione combinata con modelli di nube e Lam

Siamo interessati a possibili applicazioni in questo settore. Attualmente non ci stiamo occupando di modellistica, ma riteniamo comunque che la nostra partecipazione a questa linea di attività possa essere proficua.

## Osservazioni dei precursori di eventi estremi e gestione del rischio (a cura del Prof. G. Roth)

L'U.O. 3.16 si prefigge di fornire relativamente al progetto un contributo nell'ambito dell'attività 3: "sviluppo, messa a punto e validazione di tecniche combinate multisensoriali" e dell'attività 4: "utilizzo combinato delle osservazioni e delle misure da sensore remoto con modelli di nube e modelli ad area limitata (LAM)".

## Validazione delle tecniche combinate multisensoriali tramite una stima integrale dei volumi di precipitazione a scala di bacino

Le procedure di validazione degli algoritmi per la modellazione delle precipitazioni estreme risentono della mancanza di osservazioni dirette delle grandezze modellate. I sistemi tradizionali di osservazione della precipitazione (pluviometri) forniscono osservazioni dirette della precipitazione, ma valide solo puntualmente. Essendo le relazioni tra i valori osservati puntualmente e su aree estese del tutto aleatorie, risulta fuorviante il confronto diretto tra l'output dei suddetti algoritmi e osservazioni puntuali. Il radar meteorologico, pur fornendo osservazioni distribuite spazialmente, dà solamente stime indirette della precipitazione attraverso l'interposizione di un opportuno algoritmo. Una fonte preziosa di informazione si rivelano le osservazioni idrometriche disponibili in occasione di eventi di precipitazione intensa. Da esse, attraverso una opportuna trasformazione afflussi-deflussi, è possibile infatti ottenere una stima integrale dei volumi di precipitazione a scala di bacino, che costituisce un mezzo di validazione dei sopra citati algoritmi.

Con la presente proposta ci si prefigge quindi di mettere a punto un sistema di verifica a scala integrale di bacino degli algoritmi di stima delle precipitazioni, confrontando i risultati forniti da questi ultimi con le osservazioni idrometriche in caso di eventi estremi.

Tra i casi di studio individuati nell'ambito del progetto (linea di attività 1) verrà selezionato un sottoinsieme di eventi per i quali si utilizzeranno i risultati degli algoritmi di stima della precipitazione da sensore remoto come input per la modellazione afflussi-deflussi. A tale scopo un campione di bacini, con scale spazio-temporali caratteristiche tali da consentire l'utilizzo di modelli idrologici afflussi-deflussi già testati ed in uso presso il CIMA, verrà selezionato nell'area di studio.

I valori modellati ed osservati dei volumi defluiti alle sezioni idrometriche prescelte verranno confrontati al fine di valutare le capacità degli algoritmi messi a punto in tale progetto di riprodurre i campi di precipitazione a scala di bacino.

## Definizione di uno "storm potential" per la regione mediterranea

E' noto che i flussi di calore latente e sensibile dalla superficie marina verso l'atmosfera, sono uno dei parametri più cruciali nella genesi di un evento convettivo di forte intensità, come ad esempio un ciclone tropicale o una "polar low".

Un problema ampiamente discusso riguarda la generale sottostima delle intensità di cicloni tropicali da parte dei modelli ad area limitata.

In aree tropicali, per limitare gli effetti di tale sottostima, si usa operazionalmente affiancare alla previsione numerica anche un metodo, definito come valutazione dell'"hurricane potential". Tale grandezza consiste in una stima della massima intensità teoricamente raggiungibile da un uragano (Miller, 1958; Holland, 1997)

L'intensità di un ciclone tropicale viene normalmente valutata in termini di "massimo vento misurato" o "minima pressione al suolo misurabile".

Si è ampiamente dimostrata nel Mediterraneo l'esistenza di vortici convettivi intensi e/o processi ciclogenetici che presentano delle similitudini con i cicloni tropicali (tropical-like cyclones TLCs). Di tali cicloni interessa in questa sede soprattutto la capacità di concentrare grandi quantità di acqua in strutture relativamente piccole, producendo quindi precipitazioni molto elevate.

Anche nel caso dei TLC Mediterranei e delle polar lows si è osservata talvolta una sottostima delle precipitazioni previste dai modelli. Tale sottostima potrebbe essere dovuta a due possibili "deficienze" delle analisi: una sistematica sottostima dei flussi o un errato posizionamento dei mesovortici.

Anche nel caso di TLC e polar lows si ritiene pertanto che la definizione di uno "storm potential" possa portare degli importanti contributi operativi. In particolare, si ritiene che la definizione di una grandezza diagnostica funzione di flussi di calore latente e sensibile dalla superficie marina, del cosiddetto "wind stress" e del "moisture flux convergence", rappresenti

un potente indicatore qualitativo dell'intensità massima possibile delle tempeste Mediterranee o delle polar lows atlantiche, e quindi dello stato di rischio di precipitazioni convettive intense.

In questo studio, per la valutazione dei flussi, ci si avvarrà, oltre che del vento fornito dalle analisi del National Center for Environmental Predictions (NCEP), anche dei dati di vento misurato sul mare con tecniche satellitari scatterometriche.

Il confronto dei campi ottenuti dai due tipi di "vento" offrirà una valutazione della qualità delle analisi oggi a nostra disposizione, sia per ciò che riguarda i flussi che il posizionamento e l'identificazione dei cicloni.

Seguendo una procedura concettualmente simile a quella sviluppata per il calcolo del cosiddetto "hurricane potential", ovvero la massima intensità teorica concettualmente raggiungibile da un ciclone tropicale (De Maria and Kaplan 1994; Holland 1997; Blister 1996, Blister and Emanuel, 1998) ci si propone di definire per il Mediterraneo un cosiddetto Mediterranean Storm Potential (MPS), espresso come massima intensità raggiungibile da una tempesta mediterranea convettiva. Tale grandezza consentirebbe ad un operatore di valutare, sulla base di dati ottenuti in tempo reale, il rischio "teorico" di precipitazioni molto intense, a prescindere dalla situazione sinottica.

Mediante questo indice dovrebbe essere più facile quantificare la pericolosità massima di un evento, sia da un punto di vista "negativo" che "affermativo".

Infatti uno storm potential basso, inferiore ad una certa soglia di allerta, consentirebbe di escludere la pericolosità di certe situazioni, a prescindere dalla presenza o meno di un processo ciclogenetico in atto.

Viceversa, uno storm potential molto alto, (ovvero una stima di un'elevata precipitazione "teorica" raggiungibile), suggerirebbe un certo livello di attenzione anche nel caso che l'entità delle precipitazioni previste dal modello di riferimento sia modesta, per esempio a causa di errato posizionamento di un ciclone nelle analisi.

In altre parole, lo storm potential potrebbe essere visualizzato come lo scenario più pessimista possibile e potrebbe contribuire alla riduzione sia degli errori di overforecasting che di underforecasting.

Inoltre, da un'ampia selezione di casi studio, cui alla valutazione dello storm potential nelle ore precedenti l'evento estremo, si abbinino simulazioni numeriche con l'eta model, si intende costruire una statistica delle prestazioni del modello e dei corrispondenti valori dello storm potential. In tal modo si dovrebbero identificare i fattori critici nello sviluppo di intensi sistemi convettivi marini.

Lo studio inizierà con la selezione di casi studio di particolare interesse, caratterizzati da una forte predominanza marina del processo ciclogenetico.

La grandezza di "storm potential" da definire dovrebbe essere basata su "moisture flux convergence", calore latente, calore sensibile, e "wind stress", tutte variabili assegnate nelle global gridded analyses di NCEP (set di variabili 1).

Di tali variabili verrà però anche prodotto un set "satellitare", inferendole a partire da vento ottenuto da dati di scatterometro (set di variabili 2).

Per comprendere il loro contributo al processo ciclogenetico, si effettueranno successivamente dei test statistici rigorosi tra le velocità verticali delle analisi, e tutte le variabili sia del set 1 che del set 2.

Successivamente, si ritiene di poter definire la grandezza storm potential come una funzione delle variabili menzionate, pesate in modo coerente a quanto trovato nella fase precedente. Si ritiene anche di poter evidenziare eventuali discrepanze tra variabili ottenute dalle analisi operative e quelle ottenute da scatterometro.

Successivamente lo SP "ottimale" dovrebbe venir mappato per ogni punto di una griglia, ed anche calcolato come valore medio su "zone di controllo" da definire operativamente, e confrontato con le prestazioni del modello ad area limitata eta model.

Scopo di questa parte di attività è una procedura che consenta di fornire in tempo reale delle mappe che definiscano uno "storm potential" come funzione della massima "pericolosità teorica" di una certa situazione, posto che una tempesta convettiva vi si sviluppi.

Inoltre, lo studio sistematico dei valori di SP, delle precipitazioni osservate e delle prestazioni del modello ad area limitata eta model potrebbe fornire importanti contributi nella comprensione dei fattori critici di crescita di un sistema convettivo marino.

## Meteo-Idrologia

Il Progetto è coordinato dal Prof. Giorgio Roth– Responsabile Scientifico dell'U.O. 3.16, con sede presso il Centro di ricerca in Monitoraggio Ambientale di Savona – che opera in collaborazione con le seguenti UU.OO.:

- U.O. 3.38 Coord. Prof. S. Tibaldi;
- U.O. 3.28 " Prof. R. Minciardi;
- U.O. 3.23 " Prof. W. Dragoni;
- U.O. 3.12 " Prof. I. Becchi;
- U.O. 3.49 " Prof. A. Pezzoli;
- U.O. 3.50 " Dott. P. Brandi;
- U.O. 3.24 " Prof. S. Fattorelli;
- U.O. 3.54 " Dott. F. Savi;
- U.O. 3.6 " Prof. L. Natale;
- U.O.1.8 " Prof. R. Rosso;
- U.O. 1.34 " Prof. G. Calenda;

## Premessa

Nel 1998 un gruppo di Unità Operative attive nell'ambito del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche ha operato sotto un unico coordinamento: l'attività di ricerca di più sedi è stata indirizzata alla meteo-idrologia ed alla previsione degli effetti al suolo degli eventi estremi. L'esperienza ha consentito di verificare che è possibile collegare centri di ricerca operanti in sedi distinte e in discipline diverse al fine di accelerare il processo di formazione dei risultati della ricerca applicata.

La riorganizzazione dei Servizi Tecnici Nazionali richiesta dal D.L. 112/98 ed in particolare la necessità di organizzare un servizio di allerta a scala nazionale richiede di produrre in tempi molto rapidi strumenti affidabili che consentano di quantificare l'incertezza della modellazione meteorologica degli stati estremi del tempo, di accoppiare alla previsione le osservazioni da sensore remoto in modo da restringere in tempo reale l'intervallo di confidenza delle stime, di riconoscere strutture particolarmente pericolose nell'area mediterranea e di trasferire la previsione in termini di valori attesi e di varianza ad una modellistica idrologia sviluppata in modo tale da consentire una rapida ed affidabile decisione operativa, anche su territori di rilevante estensione areale.

Il complesso di scale coinvolte va infatti dalle migliaia di chilometri delle strutture sinottiche fino ai pochi chilometri tipici della risposta dei piccoli bacini appenninici ed alpini, nonché dei bacini urbani. E' quindi richiesta una ulteriore attività di ricerca per quanto riguarda la disaggregazione spazio temporale affidabile delle previsioni di precipitazione ottenute da modelli meteorologici ad area limitata mentre le scale della risposta del suolo devono essere definite al fine di ottimizzare le relazioni tra meteorologia ed idrologia.

A queste domande di ricerca applicata intendono rispondere le U.O. i cui programmi per il triennio 1999-2001 sono di seguito riportati. Il coordinamento complessivo di tali attività sarà curato dalla

U.O. 3.16 attiva presso il Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'Università degli Studi di Genova.

## **Previsione e valutazione degli eventi estremi: sviluppo di tecniche di previsione e disaggregazione dei campi di precipitazione e di modellistica idrologica distribuita a scala regionale** (a cura del Prof. G. Roth – U.O. 3.16)

Alcuni ambienti morfologici sono caratterizzati da strutture drenanti di dimensioni spaziali estremamente ridotte, tali che l'intervallo temporale intercorrente tra un evento intenso di precipitazione e la relativa piena risulta estremamente limitato. Gli strumenti previsionali operanti in tempo reale devono conseguentemente fare riferimento a informazioni di fonte meteorologica sul campo di precipitazione ed essere in grado di simulare l'evento complessivo su un'area geografica estesa. L'obiettivo delle ricerche sviluppate dal CIMA nell'ambito CNR-GNDCI è, conseguentemente, lo sviluppo di modellistica idrologica finalizzata alla predizione degli effetti al suolo di campi di precipitazione previsti da modelli meteorologici. Le ricerche interessano lo sviluppo di modelli di disaggregazione dei campi di precipitazione previsti e di modelli idrologici afflussi deflussi appropriati per la previsione delle piene in tempo reale a scala regionale in ambienti ad orografia tormentata.

a) Modelli di disaggregazione dei campi di precipitazione previsti. Uno dei maggiori problemi che riguardano le procedure operative di previsione delle piene in regioni caratterizzate da orografia complessa e forti precipitazioni di origine convettiva è rappresentato dalla mancanza di conoscenza delle proprietà statistiche a scala fine dei campi di precipitazione. Le più recenti proposte suggeriscono di colmare l'incongruenza tra le scale dei modelli a circolazione globale (GCM) e ad area limitata (LAM) e le scale spazio-temporali di risposta dei bacini delle regioni mediterranee ad orografia tormentata, attraverso l'utilizzo di modelli di disaggregazione basati sulla geometria multifrattale, in grado di preservare le proprietà statistiche dei campi di precipitazione osservati. Un modello proposto di recente in letteratura (Deidda, 1999) utilizza uno sviluppo di wavelet definite positive con coefficienti estratti da una cascata stocastica per la disaggregazione spazio-temporale di campi stocastici. Tale modello è stato tarato e validato nel tempo utilizzando le serie storiche pluviometriche ad alta risoluzione osservate a Genova ed a Milano e nello spazio utilizzando dati radar della campagna GATE (GARP, Global Atmospheric Research Program, Atlantic Tropical Experiment). I risultati hanno mostrato come le proprietà statistiche della precipitazione osservata poco si discostano da quelle dei segnali generati. Visti i risultati incoraggianti ottenuti su campi mono e bi-dimensionali, è intenzione di questa unità operativa di svolgere ulteriori ricerche per verificare l'applicabilità del modello a campi tridimensionali, con dati osservati sull'area Mediterranea.

b) Modellistica idrologica distribuita a scala di bacino. Scopo della ricerca è l'identificazione di una schematizzazione dei processi fisici semplice e in grado di mantenere comunque una robusta capacità descrittiva degli aspetti principali dei fenomeni di formazione delle onde di piena, eventualmente anche a scapito dell'accuratezza nella riproduzione degli aspetti ritenuti di minore rilevanza, a partire dalle seguenti considerazioni:

- la forma della risposta idrologica di un sistema idrografico ad eventi intensi di precipitazione è fortemente dominata dalla morfologia del bacino e, conseguentemente, dai diversi processi che contribuiscono a determinare la dissezione del territorio per crescita e biforcazione della rete idrografica;
- lo sviluppo verso monte dei drenaggi superficiali è limitato da una soglia di canalizzazione che costringe il versante ad assumere una lunghezza tale da permettere la formazione ed il sostentamento del drenaggio alveato;
- la variabilità spaziale nelle caratteristiche del territorio si riflette nella eterogeneità della lunghezza dei versanti e della densità dei drenaggi, eterogeneità di particolare rilievo nello studio della risposta idrologica: l'inizio del deflusso alveato rappresenta infatti il punto di

confine, lungo il percorso superficiale del deflusso, fra due diversi specifici processi di trasporto.

Per quanto riguarda il tema a), lo scopo dell'attività di ricerca proposta è la verifica delle capacità del modello di disaggregazione di riprodurre le proprietà statistiche dei campi di precipitazione congiuntamente nello spazio e nel tempo, allo scopo di frammentare le precipitazioni previste da modelli di circolazione a scala globale o ad area limitata (GCM e LAM) fino alle scale congruenti con quelle della modellazione idrologica per piccoli bacini montani, ai fini della previsione in tempo reale degli eventi estremi.

Per quanto riguarda invece il tema b), sulla base delle considerazioni svolte in premessa, è in corso lo sviluppo di un modello semi - distribuito in grado di simulare la risposta di un sistema idrografico a eventi singoli di precipitazione. Il modello riproduce la distribuzione spaziale della produzione di ruscellamento e può tenere in conto la variabilità spazio-temporale delle piogge e le eterogeneità spaziali delle caratteristiche del suolo. L'andamento temporale del deflusso, determinabile per ogni sezione appartenente alla rete idrografica, è ottenuto applicando il concetto dell'integrale di convoluzione, base della teoria dei sistemi lineari formalizzata nel metodo dell'IUH, anche se con alcune differenze: la risposta istantanea unitaria di bacino è infatti usualmente tempo-invariante mentre nel modello qui descritto la rappresentazione spazio-temporale delle piogge e delle caratteristiche del territorio porta ad una risposta istantanea unitaria tempo-variante, che tiene conto della distribuzione spazio-temporale del ruscellamento all'interno del bacino. Le attività che si intendono realizzare nel triennio 1999-2001 includono:

- analisi delle diverse componenti, in particolare per quanto riguarda la schematizzazione dei processi fisici coinvolti;
- analisi delle fonti di informazione relative alla caratterizzazione dei suoli ed alla stima del grado iniziale di saturazione del terreno;
- sviluppo di moduli di ingresso specializzati nell'analisi dell'informazione pluviometrica in tempo reale a partire da diverse fonti di informazione, con particolare riguardo alle informazioni provenienti da campi di precipitazione previsti da LAMs, osservati da sensori remoti o derivanti da processi di disaggregazione;
- individuazione di una serie di casi di studio concreti sui quali implementare il modello in configurazione operativa in tempo reale e non.

Per la verifica del modello di disaggregazione proposto è intenzione dei proponenti utilizzare i dati da sensore remoto (radar meteorologico, DMSP - SSM/I, Meteosat) raccolti durante la fase di misure in campo o Special Observing Period (SOP) dell'esperimento Mesoscale Alpine Program (MAP) e da tutte le altre eventuali fonti che si renderanno disponibili sull'area di studio, identificabile come quella Alpino - Appenninica dell'Italia nord-occidentale, nel corso del triennio. Nel database così costituito verranno individuati alcuni casi di studio in corrispondenza di eventi pluviometrici estremi. Una parte verrà utilizzata per la taratura del modello ed un'altra per la validazione. In fase di taratura verranno utilizzati i dati radar per la stima dei parametri del modello di disaggregazione e verrà verificata la capacità del modello di riprodurre statisticamente i campi osservati. In fase di validazione, invece, si utilizzerà l'informazione ottenuta in fase di taratura per disaggregare i campi di precipitazione previsti dai modelli GCM e/o LAM in configurazione operativa, i quali poi verranno utilizzati come input per il modello idrologico sviluppato nell'ambito di questo stesso progetto, applicato su un numero prefissato di bacini nell'area di studio. I risultati, in termini di colmi di piena, verranno confrontati statisticamente con le osservazioni idrometriche.

Per il raggiungimento degli obiettivi proposti nel campo della modellistica idrologica distribuita operante in tempo reale si intendono utilizzare le tecniche e le metodologie classiche dell'analisi idrologica, con particolare riguardo alla schematizzazione dei processi fisici alle diverse scale ed alla loro congruenza reciproca nell'ambito della modellazione. Saranno anche introdotte tecnologie di riconoscimento della rete idrografica basate su approcci di tipo frattale, recentemente resi

disponibili da ricerche condotte in ambiente geomorfologico, la cui applicazione all'interno di modelli afflusso-deflusso, di tipo distribuito o concentrato, costituisce un interessante e promettente campo d'indagine non ancora affrontato né in ambiente scientifico né in ambiente tecnico operativo.

Dalla fase di taratura del modello di disaggregazione ci si propone comprendere meglio le relazioni tra i valori medi a larga scala dei campi di precipitazione ed i parametri del modello in area mediterranea ad orografia complessa. Nella fase di validazione si otterranno informazioni sulla capacità della tecnica proposta di riprodurre, in termini statistici, i colmi di piena osservati nell'area di studio e quindi sulla possibilità di utilizzare il modello per fornire allerta idro-meteorologici su aree caratterizzate da orografia tormentata.

Per quanto riguarda invece la modellistica idrologica distribuita, il prodotto della ricerca sarà una migliore conoscenza dell'interazione fra clima e morfologia dei bacini idrografici. Tale conoscenza, ottenuta anche attraverso un miglioramento della capacità descrittiva dei fenomeni modellati, produrrà un algoritmo di simulazione dei processi di formazione dei deflussi di piena in grado di essere utilizzato operativamente in tempo reale, anche accettando ingressi di tipo distribuito, per la predizione delle portate di piena in bacini idrografici di taglia medio-piccola.

## **Bibliografia**

- Ferraris, L., A. Romairone e F. Siccardi, From flood forecasting to regional warning, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1170, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris, P. Gollo, A. Romairone e C. Versace, The experience of the Liguria region in the extreme events management, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1173, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris e A. Romairone, Flood Forecasting in small e medium catchments, *Proceedings of the 25<sup>th</sup> International Conference on Alpine Meteorology*, 209-213, Torino, 14-19 Settembre, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris, P. Gollo, A. Romairone e C. Versace, "Management of the hydrometeorological risk in Alpine and Apenninic environment", *Booklet of Abstracts of 25<sup>th</sup> International Conference on Alpine Meteorology*, 71, Torino, 14-19 Settembre, 1998.
- Boni, G., L. Ferraris e F. Siccardi, Will Pilgrims of the Year 2000 Jubilee be Flooded in Rome?, *American Geophysical Union Fall Meeting*, S.Francisco, Dicembre, 1998.
- Deidda, R., R. Benzi e F. Siccardi, Multifractal Analysis of rainfall fields in space and time, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1080, 1998.
- Deidda, R., R. Benzi, e F. Siccardi, A model for numerical simulation of the statistical properties of precipitation fields, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1080, 1998.
- Parodi, U., L. Ferraris, L. Colla e F. Siccardi, The experience of intensive training courses for the enhancement of professional competencies in the field of natural disasters mitigation, *International Symposium The Learning Society and Water Environment*, Parigi, 2-4 Giugno, 1999.
- Balsamo, I. e G. Roth, Sul ruolo della morfologia delle sezioni idriche nella stima del minimo deflusso vitale, *Convegno Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo*, *Accademia Nazionale dei Lincei*, Roma, 1-2 Ottobre, 1998.
- Giannoni, F., G. Roth, R. Rudari e F. Siccardi, Sul ruolo di versanti e canali nella modellazione idrologica distribuita: primi risultati, *Convegno Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo*, *Accademia Nazionale dei Lincei*, Roma, 1-2 Ottobre, 1998.
- Giannoni, F., G. Roth, R. Rudari e F. Siccardi, A hydrological response model founded on watershed morphology, *American Geophysical Union Fall Meeting*, S.Francisco, Dicembre, 1998.
- Roth, G., e F. Siccardi, The Italian policy for the mitigation of flood effects, *American Geophysical Union Fall Meeting*, S.Francisco, Dicembre, 1998.
- Cavallo, A., F. Giannoni, G. Roth e R. Rudari, Regional Flood Frequency Analysis Supported by a Rainfall – Runoff Model, *European Geophysical Society XXIV General Assembly*, The Hague, 19-23 Aprile, 1999.

Giannoni, F., Roth, G., Rudari, R. e F. Siccardi, Influence of Catchment Fractal Geometry in Rainfall – Runoff Modelling, European Geophysical Society XXIV General Assembly, The Hague, 19-23 Aprile, 1999.

Giannoni, F., Roth, G., Rudari, R. e F. Siccardi, A Semi – Distributed Rainfall – Runoff Model for Real Time Flood Forecasting Based on a Geomorphologic Approach, European Geophysical Society XXIV General Assembly, The Hague, 19-23 Aprile, 1999.

Deidda, R., Benzi, R. and Siccardi, F., Multifractal Modelling of anomalous scaling laws in rainfall, Water Resour. Res., 1999 in press.

## **Previsioni quantitative di precipitazione tramite Targeted Ensemble Prediction System (a cura del Prof. S. Tibaldi – U.O. 3.38)**

Il miglioramento della previsione quantitativa di precipitazione è uno degli obiettivi principali che la comunità modellistica meteorologica internazionale si prefigge quando vengono delineate le maggiori linee di sviluppo nel settore. L'enorme risorsa oramai disponibile in campo computeristico non pone più, come in passato, limiti stringenti sulla risoluzione spaziale raggiungibile dai modelli. Allo stato attuale si sta infatti cercando di rendere operativi sistemi modellistici in grado di descrivere in modo sempre più accurato le strutture a piccola scala (mesoscala ) spesso responsabili dell'innescio e/o dell'intensificazione di precipitazioni intense quali quelle associate ad eventi alluvionali.

Il miglioramento dei sistemi di assimilazione dati, per l'inizializzazione dei modelli, e dei modelli stessi porterà senza dubbio ad un aumento della qualità delle previsioni. E' comunque prevedibile che l'errore associato alla previsione rimarrà ancora, nei prossimi anni, a livelli di notevole criticità per applicazioni idrologiche nelle quali si utilizzi la QPF in modo diretto come input a modelli di previsione di piena su bacini di dimensioni ridotte. Per tali applicazioni è inoltre di difficile utilizzo, per ragioni di varia natura, l'informazione derivante dalla verifica operativa dei modelli che allo stato attuale viene condotta secondo standard della comunità meteorologica internazionale.

L'approccio di Ensemble Forecasting, basato concettualmente sulla consapevolezza del comportamento caotico-deterministico dell'atmosfera, può consentire di associare un grado di attendibilità (Forecast Skill) alla previsione quantitativa di precipitazione e di delineare i più probabili tra i possibili scenari evolutivi (alternativi) dello stato dell'atmosfera.

Presso ARPA-SMR, durante il 1998, è stato avviato un progetto, denominato LAM-EPS, il cui scopo principale è quello di attribuire alla previsione meteorologica quantitativa di precipitazione associata ad un rischio di alluvione in una determinata area geografica un valore di probabilità, operativamente utilizzabile nella predisposizione di un sistema di allerta a scopi di Protezione Civile. In questo progetto si utilizza l'Ensemble Prediction System (EPS) dell'ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts), che consente di generare diversi scenari evolutivi dell'atmosfera ed i cui risultati sono utilizzati per ulteriormente integrare il modello ad area limitata (LAM) operativo presso ARPA-SMR, in modo tale da fornire una previsione quantitativa di precipitazione ad alta risoluzione spaziale per ognuno dei possibili scenari evolutivi prodotti dall'EPS.

Attualmente l'EPS dell'ECMWF consiste in un sistema di integrazione multipla del modello globale dell'ECMWF a risoluzione spaziale TL159-L31 (risoluzione orizzontale approx. 125 km) su 50 condizioni iniziali quasi-equivalenti, con perturbazioni calcolate con un modello aggiunto a risoluzione T42L31 con ottimizzazione della crescita delle perturbazioni su un'area pari all'emisfero nord, area a nord di 30°N. Vi è poi un associato algoritmo di clusterizzazione che determina, nell'ensemble delle 50 intergrazioni del modello, uno o più scenari evolutivi della situazione meteorologica.

Nel 1998, durante una fase di primissima sperimentazione condotta in collaborazione con l'ECMWF e con il Centro di Calcolo Interuniversitario CINECA, sono stati esaminati quattro casi di studio relativi ad eventi alluvionali verificatisi tra il 1992 ed il 1995 nella regione alpina e prodotti con una metodologia modificata (LAM-EPS) messa a punto in fase di prima sperimentazione. I risultati ottenuti sono stati molto incoraggianti ed una seconda fase di sperimentazione, con ulteriore sviluppo della metodologia, sarà quindi avviata nel 1999, in collaborazione anche con i Servizi Meteorologici olandese e norvegese. In questo modo sarà possibile la valutazione della fattibilità di un sistema meteorologico previsionale finalizzato all'allerta da rischi alluvionali a varie scadenze temporali, sino ad un massimo di 5 giorni.

Un ulteriore sviluppo del progetto potrebbe condurre alla realizzazione di una catena modellistica meteorologica ed idrologica per formulare previsioni idrologiche relative ai diversi scenari definiti dall'Ensemble Prediction System e con una valutazione della probabilità di accadimento di ognuno di essi.

Il sistema EPS attualmente operativo presso ECMWF è stato ottimizzato avendo in mente la previsione meteorologica numerica a medio termine delle strutture a scala sinottica. L'ottimizzazione del sistema sulla scala nazionale italiana (e per scadenze temporali anche inferiori ai 5 giorni) ha portato alla definizione di un ulteriore sviluppo del progetto che prevede di utilizzare una nuova metodologia denominata Targeted Ensemble Prediction System, TEPS. In questa metodologia, le differenze fra le condizioni iniziali dei 51 elementi dell'ensemble sono date dalla combinazione lineare di perturbazioni rapidamente crescenti solo nella regione Euro-Atlantica e non in tutto l'emisfero boreale. Questo dovrebbe garantire una più precisa identificazione spaziale delle instabilità atmosferiche nella regione Euro-Atlantica con un conseguente probabile aumento della dispersione degli elementi dell'ensemble alle scadenze desiderate (tipiche della previsione meteo a breve termine, cioè minori di 5 giorni).

La metodologia sarà sperimentata su base regolare producendo due esperimenti di TEPS alla settimana ai quali sarà applicata una nuova, originale procedura di cluster analysis ed una di scelta degli elementi rappresentativi di ogni cluster e che individueranno gli scenari previsionali a scala sinottica. Questi elementi rappresentativi forniranno le condizioni iniziali ed al contorno per integrare, per ciascuno degli scenari evolutivi, il LAM. I risultati della sperimentazione permetteranno una valutazione statisticamente significativa della metodologia TEPS al fine di arrivare a costituire l'input meteorologico ad un sistema idrologico previsionale operativo di allerta da rischi alluvionali. In particolare sarà valutato il limite temporale di previsione nel quale l'approccio di ensemble di tipo TEPS non aggiunge informazione utile rispetto al puro approccio deterministico impiegato alla massima possibile risoluzione, e ciò con particolare riguardo alle applicazioni previsionali idrologiche.

I prodotti attesi sono costituiti da:

- Valutazioni scientifiche sulla validità del metodo LAM-TEPS.
- Definizione del possibile prototipo operativo LAM-TEPS.

## **Bibliografia**

C.Marsigli, T.Paccagnella, F.Nerozzi, P.Patrano, F.Molteni e R.Buizza, (1998). High-resolution ensemble prediction system with a Limited Area Model. Expert Meeting on Ensemble Prediction System, Reading (UK), 15- 16 Giugno 1998.

C.Marsigli, T.Paccagnella, F.Nerozzi, P.Patrano, F.Molteni e R.Buizza (1998). Preliminary results of the high resolution ensemble prediction system by a limited area model: the Piedmont's flood of November 1994. Expert Meeting on Ensemble Prediction System, Reading (UK), 7-8 Dicembre 1998

C.Marsigli, T.Paccagnella, A.Montani, F.Nerozzi, P.Patrano, F.Molteni e R.Buizza, (1999) High-resolution ensemble prediction system with a Limited Area Model, EGS Meeting, Aja, 19-23 Aprile 1999.

F.Nerozzi, C.Marsigli, T.Paccagnella, A.Montani, P.Patrano, F.Molteni e R.Buizza (1999) High-resolution ensemble prediction system with a Limited Area Model, MAP Meeting, Zurigo, 9-11 Giugno 1999.

C.Marsigli, F.Nerozzi, T.Paccagnella, P.Patrano ed A.Montani (1999) High-resolution ensemble prediction system with a Limited Area Model, IUGG Meeting, Birmingham, Luglio 1999.

**Miglioramento della parametrizzazione di grandezze di interesse idrologico nei modelli di land surface processes accoppiati a GCMs e LAMs, in corrispondenza ad eventi estremi sull'area mediterranea causati da intensi flussi umidi contro barriere orografiche** (a cura del Dott. O. Reale)

Ogni qualvolta un ciclone del tipo "tropical-like" investe una zona costiera (il cosiddetto "landfall") oppure quando un intenso "moisture flux convergence" viene indirizzato contro una barriera orografica, si assiste ad una sistematica sottostima delle precipitazioni previste dai modelli. Tale sottostima viene spesso grossolanamente attribuita a problemi di "risoluzione". È probabile che la verità sia ben più complessa. Infatti, se è vero che la genesi di eventi precipitativi estremi sul Mediterraneo è essenzialmente "marina", potrebbe altresì essere vero che le fortissime variazioni spaziali osservate nelle precipitazioni al momento del "land-fall" di una tempesta Mediterranea, siano almeno in parte controllate dalle forti variazioni spaziali delle proprietà della superficie, particolarmente lungo le aree costiere con orografia a ridosso. In questo studio ci si propone di stabilire se, assegnata una certa risoluzione, la previsione della precipitazione non possa essere sostanzialmente modificata da un miglioramento dei Land Surface Processes (LSS) dei modelli atmosferici. GCMs e LAMs includono notoriamente dei modelli di processi superficiali. Tali modelli cercano di accoppiare i LSS con l'Atmospheric Boundary Layer (ABL). L'importanza di tali processi nell'inibire (Charney et al, 1977) oppure enfatizzare la precipitazione atmosferica, soprattutto convettiva (Polcher, 1995) è noto da tempo. L'importanza dei LSS sulla dinamica atmosferica si esplica su scale temporali sia lunghe, dell'ordine di mesi o anni (attraverso un feedback tra radiazione solare ed albedo, i.e, aumento dell'albedo -> diminuzione di radiazione solare al suolo -> diminuzione dei moti convettivi -> diminuzione delle piogge -> morte della vegetazione con conseguente ulteriore aumento dell'albedo), che brevi dell'ordine di ore o giorni (per mezzo di un feedback tra soil moisture ed evaporazione, ed a causa del controllo di quantità di moto atmosferico controllato dalla "roughness"). Tale feedback potrebbe essere particolarmente importante in zone costiere.

Lo scrivente intende avvalersi dell'esperienza acquisita nell'uso del Simple Biosphere Model (SiB) progettato da Sellers et al., (1986), già usato per valutare il ruolo climatico della vegetazione del Mediterraneo (Reale, 1996; Reale and Dirmeyer, 1998; Reale and Shukla, 1998). In questo progetto, ci si propone di valutare la sensitività delle precipitazioni estreme in area Mediterranea, a variazioni di Land Surface properties nei modelli di LSS contenuti in un GCM o in un LAM. La ragione di tale studio è legata al fatto che, se è vero che su scala globale si è appurato il ruolo dominante di albedo e soil moisture nel modulare il clima (Dirmeyer and Shukla, 1994; Dirmeyer and Shukla, 1996), è altresì vero che in zone a terreno complesso come la realtà Mediterranea, la varietà delle land-surface properties sicuramente non è rappresentata nella media dei valori assegnati ad ogni gridbox, specie in presenza di orografia complessa.

Lo scopo è quindi quello di valutare come variazioni assegnate delle variabili di superficie quali roughness, evaporazione, leaf area index ed interception loss siano in grado di squilibrare i campi atmosferici in un GCM ed un LAM, sino a modificarne le prestazioni in corrispondenza ad eventi convettivi intensi. Tale studio di sensitività dovrebbe portare ad una migliore comprensione dei campi di precipitazione previsti.

Verranno localizzati alcuni casi studio di eventi particolarmente intensi, in cui si sia avuta una forzante atmosferica caratterizzata da un flusso diretto contro orografia. Di tali casi verranno raccolte le gridded analyses del National Center for Environmental Predictions (NCEP), e tali analisi verranno usate per forzare un modello a circolazione generale (probabilmente il COLA GCM) ed un modello regionale: l'Eta model. Su ognuno di questi casi verranno effettuati dei test di sensitività a risoluzione costante: all'interno del land surface scheme dell'Eta e del GCM verranno cambiati, uno alla volta, alcuni parametri, quali appunto interception loss, roughness, albedo, interception loss, soil moisture, e potential evaporation. Successivamente verranno valutate le variazioni di precipitazioni in corrispondenza a miglioramenti delle parametrizzazioni del land-surface all'interno del GCM, all'interno dell'eta model ed infine nel modello di land surface considerato come off-line. Ci si propone di confrontare due o possibilmente tre modelli di biosfera: il già citato SiB, il modello BATS (Dickinson et al., 1986) ed il modello Surface-Vegetation-Atmospheric-Transfer SVAT (Koster and Suarez, 1992).

Dal confronto sistematico dei vari esperimenti, ci si propone di comprendere meglio il processo del land-fall di una tempesta Mediterranea, evidenziando quali processi fisici influenzano il rilascio di precipitazioni più o meno intense nell'atto dell'impatto contro l'orografia.

## **Bibliografia**

- Charney, W. J. Quirk, S. H. Chow and J. Kornfield, 1977: A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. *J. Atmos. Sci.*, 34, 1366-1385.
- Dickinson, R. E., 1983: Land Surface Processes and Climate Surface Albedos and Energy Balance. *Advances in Geophysics*, Vol 25, Academic Press, 305-353.
- Dickinson, R. E., A. Henderson-Sellers, P. J. Kennedy and M. F. Wilson, 1986: Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) for the NCAR Community Climate Model. Tech. Note TN-275+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, 69 pp.
- Dirmeyer, P. A., and J. Shukla, 1994: Albedo as a modulator of climate response to tropical deforestation. *J. Geophys. Res.*, 99, 863-877.
- Dirmeyer, P. A., and J. Shukla, 1996: The effect on regional and global climate of expansion of the world's deserts. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 122,
- Koster, R. and M. Suarez, 1992: Modeling the land surface boundary in climate models as a composite of independent vegetation stands. *J. Geophys. Res.*, 97, 2697-2715.
- Polcher, J., 1995: Sensitivity of Tropical Convection to Land Surface Processes. *J. Atmos. Sci.*, 17, 3143-3161.
- Reale, O., 1996: Modeling the effects on climate caused by the changes in vegetation from the Roman Classical Period. Ph. D. Thesis, University of Maryland, 163 pp.
- Reale, O. and P. Dirmeyer, 1998: Modeling the effects of vegetation on Mediterranean Climate during the Roman Classical Period. Part I: climate history and model sensitivity. COLA Technical Report no. 57, COLA/IGES, Calverton, MD.
- Reale, O. and J. Shukla, 1998: Modeling the effects of vegetation on Mediterranean Climate during the Roman Classical Period. Part II: high resolution model simulation. COLA Technical Report no. 58, COLA/IGES, Calverton, MD.
- Sellers, P. J., Y. Mintz, Y. C. Sud and A. Dalcher, 1986: A Simple Biosphere Model (SiB) for Use within General Circulation Models. *J. Atmos. Sci.*, 43, 505-531.

## **Sistema di supporto alla valutazione del rischio idrogeologico** (a cura del Prof. R. Minciardi – U.O. 3.28)

L'attività di ricerca svolta negli anni scorsi dall'Unità Operativa presso il DIST ha avuto come obiettivo la realizzazione di un sistema di supporto alla valutazione del rischio idrogeologico sulla base di osservazioni multisensore [1]. Obiettivi specifici dell'attività svolta sono stati: a) lo sviluppo di metodi per l'integrazione e l'impiego di dati multisensore, ai fini della previsione degli effetti al suolo di eventi meteorologici estremi; b) la realizzazione (e il continuo aggiornamento delle funzionalità) di un sistema di acquisizione/elaborazione/archiviazione delle immagini ad alta risoluzione provenienti dal canale dati del satellite geostazionario Meteosat.

Per quanto riguarda il primo punto, sono stati studiati in particolare i problemi di integrazione fra dati provenienti da pluviometri a terra e dati ottenibili dall'elaborazione di immagini Meteosat. Inizialmente è stata proposta una procedura per la stima dei campi di pioggia basata su una modellizzazione deterministica e sulla minimizzazione dell'errore quadratico integrale fra i dati disponibili ed i valori del campo di pioggia stimato [2]. La validazione di tale procedura è stata effettuata confrontando i profili di portata (l'idrografo) registrato e quello ottenuto dal campo di pioggia determinato dalla suddetta procedura di integrazione. L'applicazione di tale tecnica, soprattutto nel caso di regioni caratterizzate dalla presenza di bacini molteplici e di dimensioni geograficamente contenute (ad es., la Liguria), ha però messo in evidenza due tipi di difficoltà dell'approccio sviluppato. Il primo tipo è legato all'impossibilità di attribuire ai valori di temperatura, ottenibili per ogni pixel dell'immagine Meteosat, una qualche interpretazione affidabile (dal punto di vista quantitativo) dell'intensità di pioggia media nell'area corrispondente a quel pixel. Il secondo tipo di difficoltà deriva invece dalla necessità di utilizzare una modellistica stocastica spaziale (o spazio-temporale), per i campi di pioggia, che sia in grado di generare campi di pioggia compatibili con tali modelli, e quindi di fornire una valutazione probabilistica della pericolosità dell'evento di precipitazione. Per tali ragioni, nelle ultime fasi della ricerca relative a questo specifico punto, sono state valutate alcune possibili scelte per una modellizzazione stocastica spazio-temporale del fenomeno di precipitazione.

Per quanto riguarda il secondo punto, l'attività svolta negli anni precedenti ha riguardato lo sviluppo di una serie di procedure per la determinazione, a partire dall'immagine Meteosat all'infrarosso, di aree ad elevata probabilità di precipitazione intensa [3]. Le procedure sviluppate si basano essenzialmente su passi successivi di sogliatura, inseguimento, determinazione dei contorni, filtraggio. Sono state inoltre messe a punto procedure per la determinazione dei parametri di evoluzione e movimento di tali aree (relativamente al moto rotazionale, a quello traslazionale, ed alla deformazione), basate sull'analisi di immagini successive. Il sistema complessivo di acquisizione/elaborazione/archiviazione delle immagini Meteosat nelle bande dell'infrarosso e del vapore acqueo è stato inoltre continuamente aggiornato, sia dal punto di vista software, sia da quello hardware. Tali aggiornamenti si sono resi necessari per: i) tener conto delle variazioni nella temporizzazione delle trasmissioni programmate dall'EUMETSAT; ii) per rivedere il software di base delle macchine costituenti la stazione ricevente; iii) per migliorare l'interfaccia di accesso al sistema di archiviazione dei dati ricevuti. Il sistema è stato inoltre periodicamente revisionato anche dal punto di vista hardware, allo scopo di garantire un buon livello di affidabilità e buone caratteristiche per quanto riguarda l'apertura nei confronti di altri sistemi cooperanti.

Gli obiettivi della ricerca che si intende svolgere possono essere riferiti a tre differenti attività.

La prima attività riguarda lo sviluppo e l'applicazione di metodi per la determinazione delle caratteristiche stocastiche di campi di pioggia sulla base dell'integrazione di dati provenienti da

sensori diversi. Tale integrazione porterà alla determinazione di una distribuzione congiunta delle variabili aleatorie che potrà essere utilizzata per generare campi di pioggia compatibili con tale distribuzione e quindi per valutare il grado di pericolosità dell'evento di precipitazione che si sta studiando.

La seconda attività ha come oggetto l'analisi di immagini ricevute da satellite Meteosat, di prima e di seconda generazione, allo scopo di ottenere stime sull'evoluzione di regioni caratterizzate da un'alta probabilità di precipitazione intensa. Nel contempo, saranno potenziate e perfezionate le funzionalità relative all'archiviazione e alla fruizione remota dei dati ricevuti, mediante la realizzazione di un data-base accessibile via rete e consultabile per mezzo di un'interfaccia WEB.

La terza attività è invece finalizzata alla realizzazione di un sistema GIS prototipale e alla definizione di una struttura di rete radio a pacchetto per il trasporto di flussi multimediali (video in tempo reale, dati idrometrici, etc.) da impiegarsi per le comunicazioni tra centrale operativa e stazioni fisse e/o mobili dislocate sul territorio, durante situazioni di rischio idrogeologico, ove i comuni canali di trasmissione (reti telefoniche fisse e cellulari) potrebbero risultare estremamente congestionati o del tutto indisponibili. Il GIS che si intende proporre dovrebbe mettere a disposizione, con dettagli e modalità differenti, alle autorità preposte alla decisione ed agli operatori sul territorio, un sistema cartografico su cui evidenziare lo stato delle vie di comunicazione, i principali dati idrometrici e un insieme di sequenze di immagini acquisite e trasmesse da telecamere fisse e/o all'occasione opportunamente dislocate sul territorio (in luoghi ritenuti strategici per il monitoraggio delle situazioni di rischio).

Per quanto riguarda il primo degli obiettivi sopra menzionati, le metodologie che verranno utilizzate saranno essenzialmente quelle della geostatistica e dell'analisi dei processi stocastici spazio-temporali [4,5,6], ed i metodi di programmazione matematica (ottimizzazione non lineare). Si prevede infatti di considerare il processo stocastico (a livello esclusivamente spaziale, in una prima fase) caratterizzabile mediante una distribuzione congiunta di variabili aleatorie con struttura assegnata (lognormale). Le variabili aleatorie in gioco sono corrispondenti all'intensità di pioggia media nei vari pixel all'immagine Meteosat. Si prevede di sviluppare una serie di procedure in cui l'informazione quantitativa dei dati provenienti dall'immagine Meteosat sia finalizzata essenzialmente alla determinazione di dati di correlazione del processo stocastico spaziale corrispondente alla distribuzione dell'intensità di pioggia sulla regione considerata. Interpretando poi i dati forniti dai pluviometri a terra come realizzazioni delle suddette variabili aleatorie, è possibile applicare procedimenti standard per la determinazione della distribuzione congiunta condizionata a tali realizzazioni. I gradi di libertà significativi della procedura complessiva sono quelli legati alle modalità con cui i dati relativi alla temperatura dei pixel dell'immagine Meteosat vengono convertiti in dati di correlazione del campo stocastico di pioggia (ed eventualmente utilizzati anche per determinare stime del valor medio dell'intensità di pioggia nei diversi pixel).

La suddetta procedura potrà essere validata mediante il confronto con i dati ottenuti da alcuni pluviometri che non vengono utilizzati per la determinazione della distribuzione congiunta condizionata delle intensità di pioggia. Nell'ambito di tale validazione potranno peraltro essere calibrate le funzioni che forniscono le stime della media e della varianza dell'intensità di pioggia nei vari pixel. Tali funzioni, opportunamente parametrizzate, potranno essere derivate in modo "ottimale" attraverso la formalizzazione e la risoluzione di problemi di ottimizzazione non lineare. Quanto appena esposto costituisce in realtà il programma di ricerca per il primo anno. Per gli anni successivi, si tratterà di estendere tale approccio al caso spazio-temporale, ovvero al caso in cui, oltre alla determinazione della distribuzione congiunta spaziale, si tratterà di determinare anche un modello di interdipendenza aleatoria delle misure rilevate in istanti di campionamento successivi. Un'altra estensione prevista è quella relativa al caso in cui siano disponibili anche misure da radar meteorologico.

Un ulteriore aspetto meritevole di indagine è rappresentato dal confronto fra le procedure qui proposte e quelle di tipo geostatistico "classico", ovvero basate esclusivamente su misure reali e non sull'ipotesi di una struttura del campo aleatorio di cui si vogliono identificare le caratteristiche. Si noti comunque che, in ogni caso, la determinazione di modelli stocastici (spaziali o anche spazio-temporali) permette di effettuare una campagna simulativa in cui possono essere generati campi di pioggia compatibili con le caratteristiche stocastiche del modello. Gli effetti al suolo di tali campi di pioggia possono poi essere valutati attraverso modelli di afflusso/deflusso.

Per quanto concerne l'elaborazione di immagini Meteosat, verranno perfezionate le tecniche per l'estrazione delle regioni di interesse da sequenze di immagini Meteosat, per la determinazione di regioni corrispondenti in immagini successive, e infine per la previsione a brevissimo termine dell'evoluzione di tali regioni. Poichè l'EUMETSAT ha annunciato, per il secondo semestre del 2000, la messa in orbita di satelliti Meteosat di Seconda Generazione (denominati MSG), è necessario procedere ad una sostanziale revisione delle tecniche di analisi e determinazione del movimento messe a punto nel corso degli anni precedenti, in modo da poter sfruttare tutte le potenzialità della nuova tipologia di satellite. In particolare si ritiene che la disponibilità di dati su 12 bande radiometriche differenti, unitamente ad una aumentata risoluzione temporale (flussi dati ogni 15 minuti, contro i 30 minuti di adesso) e spaziale (campionamento ad ogni chilometro, contro gli attuali 2,25) permetta "viste" pseudo-tridimensionali dell'atmosfera. In quest'ottica, le regioni di interesse potrebbero essere pensate come "blob" tridimensionali a cui applicare tecniche per la determinazione del movimento quali quelle basate su insieme di punti(3D) target corrispondenti o sul flusso ottico ("optical flow"). Tali approcci per lo studio del moto in 3D andranno opportunamente adattati per il caso di oggetti, i "blob", intrinsecamente non rigidi e il cui movimento è fortemente influenzato dall'orografia del territorio. L'Unità Operativa DIST ha già fatto richiesta all' EUMETSAT di poter entrare in possesso dei flussi multisensoriali del MSG non appena questi saranno disponibili.

Per quanto riguarda l'attività di archiviazione delle immagini Meteosat (di prima generazione), si intende proseguire l'attività di costruzione di un data-base SQL per la consultazione e il "retrieval" dei dati memorizzati. A tale scopo si pensa ad un aggiornamento dell'attuale sistema di archiviazione da CDRom a DVD, così da poter permettere una maggior densità di memorizzazione e una conseguente maggior velocità di accesso alle informazioni memorizzate. Il data-base accessibile e consultabile via WEB dovrebbe permettere agli utenti il recupero delle immagini non solo in formato originale, ma anche elaborate secondo procedure di utilità comune che questa o altre unità di ricerca avranno sviluppato.

La realizzazione del sistema GIS comporterà la messa a punto da un lato di un data-base distribuito in grado di contenere informazioni eterogenee quali immagini (opportunosamente compresse), dati idrometrici e messaggi testuali ricevuti e/o inviati da/verso il campo. Grande attenzione sarà prestata alla possibilità di fruizione in rete dei dati memorizzati, provvedendo all'adattamento dei protocolli TCP-IP per i particolari canali trasmissivi usati, radio a pacchetto e/o satellitari, caratterizzati da tempi di propagazione molto più elevati rispetto ai comuni canali terrestri. Verranno inoltre studiate le tecniche per l'allocazione della banda disponibile, al fine di permettere, per ogni tipo di flusso trattato (video, dati, messaggi, etc), una qualità di servizio differenziata. Per quanto riguarda poi il flusso video, si studieranno e si realizzeranno algoritmi di codifica differenti per alcuni particolari contesti applicativi già individuati. Per consentire un'efficiente trasmissione multimediale su reti a capacità variabile, le tecniche utilizzate impiegheranno schemi di codifica con perdita di tipo "piramidale" e le stazioni trasmettenti e riceventi impiegheranno meccanismi di controllo adattativo di flusso per prevenire la congestione della rete. Le funzionalità delle tecniche di allocazione di banda e di controllo di flusso verranno analizzate mediante tecniche di simulazione.

Per quanto riguarda il primo degli obiettivi sopra menzionati, l'attività di ricerca darà luogo ad un insieme di metodologie e di procedure software per la determinazione delle caratteristiche

stocastiche di campi di pioggia a partire da dati provenienti da sensori diversi. L'integrazione di tali procedure con modelli di tipo idrologico dell'area considerata permetterà la valutazione probabilistica del livello di pericolosità complessivo dell'evento di precipitazione intensa sulla regione di interesse.

L'attività di ricerca nell'ambito dell'elaborazione di immagini Meteosat darà luogo ad un insieme di algoritmi e di procedure software per l'identificazione e la stima dell'evoluzione delle regioni, individuate in una sequenza multispettrale di immagini satellitari, associabili ad un'alta probabilità di precipitazione intensa.

Per quanto riguarda l'archiviazione delle immagini Meteosat, verrà realizzato un insieme di moduli software per le interrogazioni (via WEB) del data-base dei dati ricevuti e per il recupero, la calibrazione, la conversione e il cambio di formato delle immagini memorizzate. Saranno inoltre implementate (e fruibili remotamente via WEB) le procedure di utilità comune per le unità coinvolte nella ricerca. Saranno inoltre aggiornate le apparecchiature, il firmware e le procedure di pre-elaborazione già realizzate, al fine di consentire la ricezione delle immagini dai satelliti Meteosat di seconda generazione, che diventeranno operativi verosimilmente dal secondo semestre del 2000.

Per quel che concerne il sistema GIS si svilupperanno moduli software specifici per alcuni contesti applicativi individuati.

## Bibliografia

- P. La Barbera, L. Lanza, R. Minciardi, M. Paolucci, "A decision support system for optimum use of multisensor information in flood forecasting", *Remote Sensing Reviews*, Vol. 14, pp. 229-250, 1996.
- P. La Barbera, S. Lo Casto, R. Minciardi, M. Paolucci, "Integrating Meteosat satellite and rain-gauge information to estimate rainfall patterns", *Surveys in Geophysics*, vol 16, pp. 183-199, 1995.
- R. Bolla, G. Boni, P. La Barbera, L. Lanza, M. Marchese, S. Zappatore, "The tracking and prediction of high intensity rainstorms", *Remote Sensing Reviews*, Vol. 14, pp. 151-183, 1996.
- E. H. Isaaks, R. M. Srivastava, "Applied Geostatistics" Oxford University Press, 1989.
- P. K. Kitanidis, "Introduction to Geostatistics: Applications in Hydrogeology" Cambridge University Press, 1997.
- N. H. Cressie, "Statistics for Spatial Data " J. Wiley & Sons, 1993.

## **Impatto delle variazioni climatiche sul ciclo idrogeologico in Italia e strategie per la mitigazione degli effetti negativi** (a cura del Prof. W. Dragoni – U.O. 3.23)

Oggi è quasi generalmente accettato che l'atmosfera sta attraversando una fase di riscaldamento globale (circa 0.3 - 0.5 °C negli ultimi 120 - 150 anni). Questo aumento potrebbe essere legato alle emissioni artificiali di gas serra, ma ciò non è ancora dimostrato con certezza: il dibattito sulle cause, sulle conseguenze, sui rimedi è al momento molto acceso (IPCC, 1996; Kerr, 1997; Singer, 1998 ; American Geophysical Union, 1999). Qualunque sia la causa principale del riscaldamento, è inevitabile che esso influenzi il ciclo dell'acqua. In linea di principio, a scala globale, un aumento della temperatura dell'atmosfera comporta una maggiore evaporazione e quindi un aumento delle precipitazioni medie globali. Localmente, però, si può avere una diminuzione di piovosità: vi sono forti indizi che una di queste aree sia il Mediterraneo occidentale. Ciò è suggerito, ma non dimostrato con assoluta certezza (soprattutto dal punto di vista quantitativo), da una serie di indagini multidisciplinari recenti eseguite secondo criteri diversi e di seguito elencati:

A - Approccio analogico (Arnell, 1995). Seguendo questo criterio si assume che se in futuro si dovessero avere condizioni di temperatura diverse dalle attuali, ma che si sono già verificate in precedenza, le conseguenze sul ciclo idrologico sarebbero analoghe a quelle osservate in passato. Per la regione italiana, per i periodi precedenti le misure strumentali (ultimi 3000 anni), queste ricerche sono state eseguite studiando i paleolivelli dei laghi chiusi dell'Italia centrale e le caratteristiche geomorfologiche, sedimentologiche ed isotopiche di varie località della penisola (Belluomini et al. 1993; Veggiani, 1994; Camuffo & Enzi, 1995; Giano & Guarino, 1996; Ortolani & Pagliuca, 1997; Dragoni, 1998; Cambi e Dragoni, 1998). Tali indagini sembrano nell'insieme indicare come negli ultimi tremila anni il clima abbia più volte oscillato tra fasi calde a bassa piovosità e fasi fredde ad alta piovosità.

B - Estrapolazione ai prossimi decenni dei trend in atto rilevati nelle serie storiche. L'analisi delle serie storiche di pioggia, temperatura e portata più lunghe ed affidabili fin qui analizzate sembra confermare il binomio aumento della temperatura - diminuzione della piovosità (Dragoni, 1998 ; Cambi e Dragoni 1997). Peraltro alcune ricerche riguardanti i trend di pioggia e temperatura dell'Italia e del Mediterraneo occidentale, indicano che nella regione negli ultimi 50 - 100 anni è in atto un trend climatico statisticamente significativo, con diminuzione della piovosità media annua e lieve aumento della temperatura. L'estrapolazione di tali trend ai prossimi decenni indica un decremento considerevole delle risorse idriche rinnovabili (Piervitali et al., 1997a, 1997b ; Dragoni, 1996, 1998 ; Cambi e Dragoni, 1998).

C - Scenari forniti dai Modelli di Circolazione Globale (GCMs). Nonostante alcuni GCMs recenti indichino la possibilità che gli aerosol antropogenici provochino una lieve diminuzione della temperatura o la sua stabilizzazione ai livelli attuali, la maggior parte dei GCMs suggerisce per i prossimi decenni nel Mediterraneo un aumento della temperatura, in genere accoppiato ad una diminuzione della piovosità (Gaudioso et al., 1995; IPCC, 1996; Hasselman, 1997).

In sintesi, le ricerche finora eseguite suggeriscono in generale una diminuzione delle risorse idriche rinnovabili medie, con un aumento dell'intensità e della durata dei periodi siccitosi. In considerazione del crescente fabbisogno idrico e dei fenomeni di inquinamento in continua espansione, è assolutamente necessario approfondire le conoscenze sull'argomento, che nonostante il lavoro eseguito rimangono incomplete. I dubbi esistenti sono basati sul fatto che le serie storiche analizzate sono per la quasi totalità ubicate in zone di pianura o collinari e che non tutte le serie hanno un trend statisticamente significativo; vi è inoltre qualche indizio che alcune serie storiche, in alcune località il cui clima è fortemente condizionato dall'assetto orografico, possano essere soggette ad un incremento di piovosità. La situazione appare particolarmente confusa nella pianura padana e sulle Alpi. Inoltre deve essere sottolineato che le ricerche sin qui eseguite hanno riguardato gli andamenti annui, mentre è almeno altrettanto importante analizzare trend e regimi su base stagionale, mensile o giornaliera. A tutt'oggi è del tutto sconosciuto come, nel caso i trend individuati vengano confermati e persistano, varierà la ripartizione acque superficiali - acque sotterranee.

Bisogna sottolineare, infine, che rimane del tutto aperta la questione se, a dispetto della diminuzione delle risorse idriche, si stia andando verso un aumento della intensità degli eventi piovosi estremi (desertificazione del clima), con conseguente aumento della frequenza dei cosiddetti flash floods. Questa opinione, sostenuta per lo più da ricercatori con tendenze fortemente ambientaliste, è, secondo lo scrivente, ancora da dimostrare: è chiaro comunque che l'argomento è, nell'ottica della formulazione dei piani di gestione del territorio, assolutamente importante. E di ciò si intende tenere conto nella ricerca qui proposta.

Confermare su base statistica se vi sono trend climatici in atto, approfondendo su base stagionale e mensile le indicazioni già ottenute a scala media annua.

Definire le conseguenze degli eventuali trend sulle risorse idriche rinnovabili superficiali e sotterranee.

Definire metodi e strategie per mitigare gli impatti negativi. Per esempio :

- quali sono le zone più sensibili alle variazioni climatiche ?
- le attuali tecniche di sfruttamento delle sorgenti, che di fatto già ora molto spesso prosciugano le sorgenti stesse nei periodi siccitosi, sono migliorabili ?
- quali sono, in una certa regione, le situazioni geologicamente ed economicamente adatte per la ricarica artificiale degli acquiferi ?

Analizzare statisticamente serie storiche meteo finora non analizzate, soprattutto di Plogge e Temperature (ce ne sono molte, specie fra quelle pubblicate solo in parte). Revisione ed aggiornamento di serie già note. Le analisi dovrebbero essere eseguite sia su scala annuale che mensile e stagionale. I risultati verranno confrontati con le simulazioni fornite dai Modelli di Circolazione Globale ed i dati paleoclimatici a disposizione e reperiti ex-novo.

Analizzare statisticamente serie storiche di portate di fiumi e sorgenti, cercando di distinguere i trend causati dall'impatto antropico da quelli causati dai trend climatici (se presenti). Particolare attenzione verrà rivolta allo studio degli eventi estremi di portata, alla loro intensità e alla loro frequenza.

Modellizzazione di alcuni sistemi idrologici ed idrogeologici rappresentativi per studiare in dettaglio la reazione degli stessi alle variazioni meteo-climatiche, reali e simulate. Alcuni sistemi sono già stati individuati : il Tirso, alcune sezioni del Tevere ed alcuni suoi affluenti, più varie sorgenti ombre di cui si stanno mettendo insieme le serie storiche di portata e di cui si stanno costruendo i modelli matematici.

I risultati via via ottenuti verranno di continuo confrontati con gli scenari forniti dagli GCMs, in continua evoluzione. Inoltre la situazione italiana verrà inquadrata all'interno del sistema climatico Mediterraneo. Ciò verrà ottenuto lavorando in stretto contatto con le UO interessate agli stessi problemi o a problemi affini, ed in collaborazione con colleghi stranieri che si occupano dello stesso argomento, e con cui si è già in contatto.

Conferma dell'esistenza di trend climatici che modificano il ciclo idrologico. Individuazione delle aree più vulnerabili alle variazioni climatiche, e definizione degli effetti. Indicazioni riguardanti la messa a punto di strategie di minimizzazione degli effetti negative nelle varie zone.

Pubblicazione e diffusione dei risultati ottenuti tramite articoli su riviste nazionali ed internazionali e partecipazione a convegni. Disseminazione degli stessi risultati e conseguenti raccomandazioni presso gli Enti legislativi e quelli che si occupano di Gestione delle Risorse Idriche, Irrigazione ed Ambiente.

## Bibliografia

Arnell, N.W. (1995) Scenarios for hydrological Climate change impact studies, in H.R. Oliver and S. Oliver (eds.), *The role of Water and the Hydrological Cycle in Global Change*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Nato ASI Series, 1, 31, pp. 389-407.

American Geophysical Union (1999) : Position Statement Adopted on Climate Change and Greenhouse Gases. EOS, vol. 80, n. 5, February 2.

Belluomini, G., Manfra, L., and Proposito, A. (1993) : Lago di Bolsena: datazione con il Carbonio-14 di reperti sommersi e fluttuazioni oloceniche del livello delle acque. *Il Quaternario*, 6, 2, 265-270.

Cambi C., Dragoni W. (1998): Effetti delle variazioni climatiche sulle risorse idriche delle zone interne della regione italiana. Atti del 18° corso di aggiornamento in "Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento", settembre 1997, editi da G. Frega, Università degli Studi della Calabria, Editoriale BIOS, 69 - 88.

- Camuffo, D. and Enzi, S. (1995): The analysis of two bimillenary series: Tiber & Po river floods, in "Climatic Variations and Forcing Mechanism of the Last 2000 years", Springer-Verlag, NATO - ANSI Series, 41, pp.433-452.
- Dragoni W. (1996): Response of Some Hydrogeological Systems in Central Italy to Climatic Variations. In "Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region", Angelakis A. & Issar A. eds; NATO - ASI Series, vol.1, 36, 193-229, ISBN-3-540-60561-4, Springer Verlag .
- Dragoni W. (1998): Some considerations on climatic changes, water resources and water needs in the Italian region south of the 43°N. In "Water, Environment and Society in Times of Climatic Change". Brown N., Issar A. editors. Kluwer, pp. 241 - 271.
- Gaudioso, D., Contaldi, M., Sciortino, M., Dalla Costa, M., Ferrara, V., and Borrelli, G. (1995): First Italian national communication to the framework convention on climate change, Ministry of Environment - ENEA.
- Giano, S. I. and Guarino, P.M. (1996) : Trasformazioni ambientali in età storica del territorio di Oria (Brindisi), *Il Quaternario*, 9 (1), 331-336.
- Kerr R. (1997) : Global Climate Forecasting Still Cloudy. *Science*, May 16.
- Hasselmann, K. (1997): Are we seeing global warming? *Science*, 276, 914 - 915.
- IPCC (1996): Technical summary, in J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), *Climate Change 1995 - Contribution of WG1 to the Second Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, pp. 9-49.
- Ortolani F., Pagliuca S. (1998): Variazioni climatiche cicliche e modificazioni dell'ambiente fisico "tipo effetto serra" durante il periodo storico dell'area mediterranea. Previsioni per il futuro. Atti del 18° corso di aggiornamento "Tecniche per la difesa dall'inquinamento", a cura di G. Frega, Università degli Studi della Calabria, 10 - 13 settembre 1997, Guardia Piemontese (CS), Editoriale BIOS .
- Piervitali, E., Colacino, M., Conte, M. (1997a) : Le precipitazioni sul Mediterraneo centro-occidentale nel periodo 1951 - 1995, *IFA R.I.*, 97 - 2, Roma.
- Piervitali E., Colacino M., Conte M. (1997b): Signals of climatic changes in the Central-Western Mediterranean basin. *Theor. Appl. Climatol.* 58,211-219.
- Singer F. (1998): *Hot Talk Cold Science : Global Warning's Unfinished Debate*. Independent Inst; ISBN: 0945999755.
- Veggiani, A. (1994) : I deterioramenti climatici dell'età del ferro e dell'alto medioevo. *Torriceliana, Bollettino Società Torriceliana di Scienze e Lettere*, 45, 3 -80.
- Dragoni W. (1996): Response of Some Hydrogeological Systems in Central Italy to Climatic Variations. In "Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region", Angelakis A. & Issar A. eds; NATO - ASI Series, vol.1, 36, 193-229, ISBN-3-540-60561-4, Springer Verlag .
- Dragoni W. (1996): Indagini idrologiche ed idrogeologiche su alcuni bacini dell'Italia centro - settentrionale. In "Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, Linea 3, Rapporto quinquennale sull'attività 1990/95", C.N.R., Roma (in print).
- Angelini P., Dragoni W. (1997): The problem of modeling limestone springs: the case of Bagnara (North Apennines, Italy). *GROUNDWATER*, vol. 35, No. 4, 612 - 618; (Pubblicazione GNDCI-CNR n. 1539).
- Castellani V., Dragoni W. (1997): Ancient tunnels: from Roman outlets back to the early Greek civilisation Proc. XII International Conference of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, August 12 - 14 1997; vol 3, sect. 2, 265 - 268.
- Dragoni W. (1998): Some considerations on climatic changes, water resources and water needs in the Italian region south of the 43°N. In "Water, Environment and Society in Times of Climatic Change". Brown N., Issar A. editors. Kluwer, pp. 241 - 271.
- Cambi C., Dragoni W., Valigi D. (1998): How climatic changes threaten water resources: the case of the italian peninsula (NW Mediterranean). Proc. Int. Conference on "Water in the Mediterranean", Siccardi F. ed, Istanbul (Turkey), 25 - 29 November, 1997.

- Cambi C., Dragoni W. (1998): Effetti delle variazioni climatiche sulle risorse idriche delle zone interne della regione italiana. Atti del 18° corso di aggiornamento in "Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento", settembre 1997, editi da G. Frega, Università degli Studi della Calabria, Editoriale BIOS, 69 - 88.
- Dragoni W., Valigi D. (1999): Some considerations regarding climatic change and specific erosion in Central Italy. In "Geomorphology and Global Environmental Change", Slaymaker O. Editor, John Wiley & Sons (in press).
- Dragoni W., Valigi D. (1998): Risorse idriche e variazioni climatiche nel Mediterraneo centro - settentrionale: stato delle conoscenze. Relazione ad invito al simposio "La georisorsa acqua nel bacino del Mediterraneo", Erice 2-3-4- Ottobre 1997, Atti del Convegno (in press).
- Cambi C., Dragoni W., Giuffrida A. (1998) : Climatic changes and their influence on hydrologic and hydrogeologic systems in Central Italy. Proc. of "The Second International Conference on Climate and Water", vol. 3, R. Lemmela and N. Helenius eds., Espoo, Finland, 17 - 20 August 1998, 1515 - 1524.
- Dragoni W. (1998): Some consideration regarding the radius of influence of a pumping well. Hydrogeology. (Pubblicazione GNDCI-CNR n. 1879 in press).
- Dragoni W. (1999) : La curva caratteristica dei pozzi: considerazioni teorico-pratiche, stima dei coefficienti e procedura PTA. In "La curva caratteristica dei pozzi", Cerbini G., Dragoni W., Nucci M., edizioni GEOGRAPH (in press).

## **Metodologie di valutazione dell'incertezza nella previsione idro-meteorologica** (a cura del Prof. F. Castelli)

I recenti progressi nello sviluppo di modelli meteorologici ad area limitata (LAM) e nel loro utilizzo per la previsione quantitativa delle precipitazioni (QPF) consentono la sperimentazione di approcci innovativi alla previsione delle piene nei bacini di piccola e media dimensione (area inferiore ai 1000 Km<sup>2</sup>). Esempio tipico di tale tipo di approcci è l'utilizzo di modelli distribuiti della risposta idrologica che utilizzano in ingresso la QPF, in maniera da aumentare sensibilmente il tempo di anticipo della previsione rispetto a quanto si otterrebbe utilizzando unicamente precipitazione misurata (Boni et al., 1998).

Aspetti cruciali di tale processo di "trasformazione" della previsione meteorologica in previsione idrologica, a fronte della forte non-linearità e variabilità spaziale del filtro suolo nella trasformazione afflussi-deflussi, sono le problematiche di scala e di propagazione dell'incertezza, aspetti fra loro strettamente connessi (Castelli, 1995).

In particolare, data la ancora ampia disparità fra scale spazio/temporali di aggregazione minima della QPF nei modelli meteorologici attualmente operativi e le scale caratteristiche della risposta idrologica nei bacini medio-piccoli (Castelli e Mazzanti, 1996), è necessario distinguere innanzitutto fra incertezza alle scale risolte nella QPF e superiori (incertezza della previsione) e incertezza alle scale inferiori (problema di disaggregazione). Mentre per la prima risulta di fondamentale importanza la stima "a priori" fornita, generalmente in forma non-parametrica, dai modelli meteorologici stessi tramite tecniche di "ensemble forecasting" (Marsigli et al., 1999), la seconda è strettamente dipendente dal particolare modello di disaggregazione adottato (Deidda et al., 1998) e da come questo opera sull'incertezza alle scale risolte.

Altro fattore fondamentale che concorre ad una più completa quantificazione dell'incertezza della previsione meteorologica è il confronto fra campi previsti, con particolare riferimento ad eventi estremi, e misure pluviometriche (incertezza "a posteriori"). Approccio tradizionale alla quantificazione di tale aspetto è l'utilizzo di "scores" (Buzzi et al., 1994), calcolati generalmente in maniera deterministica con riferimento ad aree di previsione comprendenti un adeguato numero

sia di "pixels" di previsione che di misure pluviometriche al suolo. Almeno due aspetti richiedono ulteriori approfondimenti nell'ambito di tale approccio: da un lato il riferimento a QPF con valenza probabilistica (ensemble forecasting), dall'altro la esplicita considerazione della variabilità della precipitazione alle scale non risolte, senza la quale risulta statisticamente inconsistente il confronto fra previsione su aree di estensione finita (pixel) e misure puntuali al suolo (Castelli, 1995) o da sensore remoto, comunque affette da proprie caratteristiche di incertezza.

Dal punto di vista della risposta idrologica, recenti studi su eventi estremi con l'utilizzo di modellistica idrologica distribuita (Becchi et al., 1995, Castelli et al., 1997) hanno mostrato la rilevanza, ai fini della corretta rappresentazione degli effetti al suolo e della valutazione della relativa incertezza, della ricostruzione probabilistica della struttura spaziale delle precipitazioni anche a scale inferiori a quelle risolvibili da reti pluviometriche ad alta densità.

Sulla base di quanto esposto nella premessa, la presente ricerca si pone come obiettivi fondamentali lo studio e la sperimentazione di metodologie di valutazione dell'incertezza nella previsione quantitativa delle precipitazioni da modello meteorologico, comprendente i diversi aspetti sopra brevemente ricordati, e della sua propagazione non-lineare attraverso un modello idrologico distribuito per la trasformazione afflussi-deflussi. Ciò al fine ultimo di produrre uno strumento di analisi della varianza di stima dei valori attesi di deflusso superficiale alle scale risolte dal modello idrologico, in relazione alla variabilità delle caratteristiche idrauliche del suolo.

In particolare, le suddette metodologie di valutazione affronteranno i seguenti punti specifici, sull'arco temporale di tre anni previsto per lo svolgimento della ricerca:

1. schematizzazione probabilistica delle QPF prodotte da LAM tramite tecniche di ensemble forecasting, con riferimento a diverse ipotesi di "clusterizzazione" delle previsioni e a classi di eventi di diversa estensione e coerenza spazio-temporale caratteristiche;
2. formulazione di "scores" probabilistici che inglobino in maniera integrata l'incertezza a priori (punto precedente) e quella a posteriori (confronto di previsioni integrate a scala spaziale finita con misure di precipitazione puntuali e/o a diversa scala di integrazione) per le diverse classi di evento;
3. costruzione di un modello di disaggregazione delle varianze di stima dei principali descrittori statistici del campo di precipitazione (media, covarianza, intermittenza) dalla scala di evento a quella risolta dal modello meteorologico, e da quest'ultima a quella caratteristica del modello afflussi-deflussi; tale modello dovrà essere integrabile con le formulazioni di cui ai punti 1 e 2;
4. sviluppo e sperimentazione di un modello semplificato di trasformazione non-lineare afflussi-deflussi in grado di trattare in maniera congiunta le incertezze sulla conoscenza, alle diverse scale spazio-temporali, sia dei campi di precipitazione che dei parametri idraulici del suolo (Castelli, 1996).

I suddetti obiettivi di ricerca verranno perseguiti per fasi successive, sull'arco di tre anni di attività. Nel primo anno si intende affrontare uno studio di primo tentativo relativamente agli obiettivi da 1 a 3, da perfezionare nel secondo anno di attività e portare a compimento, insieme all'obiettivo 4, nel terzo anno.

La prima fase di studio partirà dall'analisi di serie temporali pluriennali ad alta densità spazio-temporale (risoluzioni semi-orarie, densità spaziale di circa 1/50 kmq) relative a reti pluviometriche in telemisura installate in Toscana all'inizio del decennio. Tale analisi sarà focalizzata alla individuazione di classi di eventi, in base alle diverse caratteristiche di estensione, variabilità, correlazione e coerenza spaziale e temporale, tramite l'utilizzo di "pattern recognition" per mezzo di reti neurali (castellani et al., 1996).

Si passerà poi alla formulazione di relazioni funzionali di primo tentativo che leghino, per ciascuna classe, la varianza di stima del valore medio di precipitazione a scale comparabili con quelle risolte dalla QPF (obiettivi 1 e 2) e degli altri parametri statistici a scale di aggregazione via via maggiori (obiettivo 3).

Per quanto riguarda la schematizzazione probabilistica della QPF da ensemble forecasting, si farà inizialmente riferimento a schemi sintetici con valori di dispersione e distorsione imposti a priori, e ipotesi di clusterizzazione centrate sulle classi di evento precedentemente definite.

I prodotti attesi sono i seguenti:

- Criteri di classificazione di eventi pluviometrici per famiglie di coerenza spaziale.
- Criteri di "scoring" stocastico per le previsioni quasi deterministiche da modello meteorologico.
- Modello di "down-scaling" delle varianze di stima dei parametri statistici dei campi di precipitazione.
- Modello afflussi-deflussi semplificato in grado di trasformare, in forma non lineare, la varianza di stima delle precipitazioni in varianza di stima del deflusso superficiale a scala di modello idrologico distribuito.

## Bibliografia

- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris e A. Romairone, Flood Forecasting in small e medium catchments, Proceedings of the 25<sup>th</sup> International Conference on Alpine Meteorology, 209-213, Torino, 14-19 Settembre, 1998.
- Castelli, F., Atmosphere modeling and hydrologic-prediction uncertainty. Invited lecture at the U.S.-Italy Workshop on the Hydrometeorology, Impacts and Management of Extreme Floods, Perugia, Italy, Nov. 13-17, 1995.
- Castelli, F. e B. Mazzanti, Sull'utilizzo dei modelli meteorologici ai fini della previsione delle piene. Atti del 25° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 16-18 settembre 1996, Vol. I, pagg 112-123.
- Deidda, R., R. Benzi, e F. Siccardi, A model for numerical simulation of the statistical properties of precipitation fields, Annales Geophysicae, 16(IV), C1080, 1998.
- C.Marsigli, T.Paccagnella, A.Montani, F.Nerozzi, P.Patrano, F.Molteni e R.Buizza, High-resolution ensemble prediction system with a Limited Area Model, EGS Meeting, L'Aia, 19-23 Aprile 1999.
- Buzzi, A., M. Fantini, P. Malguzzi e F. Nerozzi, Validation of a Limited Area Model in cases of Mediterranean cyclogenesis: surface fields and precipitation scores, meteorol. Atmos. Phys., vol. 53., 1994.
- Becchi, I., E. Caporali, L. Castellani, E. Palmisano and F. Castelli, Hydrological control of flooding: Tuscany October 1992. Surveys in Geophysics, 16, 227-252, 1995.
- Castelli, F., I. Becchi, E. caporali, B. Mazzanti and L. Castellani, Hydro-sedimentological analysis of the '96 Apuanian Alps flash-flood event. Annales Geophysicae, 15(supp. I), C237, 1997.
- Castelli, F., A simplified stochastic model for infiltration into a heterogeneous soil forced by random precipitation. Advances in Water Resources, 19, 133-144, 1996.
- Castellani, L., I. Becchi and F. Castelli, Rainfall frequency and seasonality identification through Artificial Neural Networks. Meccanica, 31, 117-127, 1996.

## Valutazione economica delle previsioni meteoidrologiche in ambiente alpino (a cura del Prof. G. Pezzoli – U.O. 3.49)

Come è ben noto un adeguato studio di opportuni modelli meteorologici di previsione a scala sinottica può permettere di conoscere con sufficiente anticipo e con buona precisione eventi meteorologici, in particolare di pioggia, che potrebbero risultare altamente pericolosi e distruttivi, come la recente storia della Regione Piemonte ci mostra. In effetti il rapporto tra studi meteorologici ed idrologici sta diventando, con il passare degli anni, sempre più stretto; i legami tra queste due scienze sono evidenti, dato che gli outputs della prima sono gli inputs della seconda (Wiesner C.J., 1970; Sumner G., 1988). Le piogge sono d'altronde il risultato di complicati processi

fisici: l'elevata non linearità e l'estrema sensibilità dei processi che le governano, ne rendono molto ardua una corretta descrizione fisica ed una previsione attendibile utilizzando metodi puramente deterministici. E' divenuta perciò prassi comune descrivere le precipitazioni come un processo stocastico sia nel tempo sia nello spazio. Numerosi modelli probabilistici sono stati proposti (Kaczmarek Z., 1977), ma la loro caratteristica comune è proprio quella di essere puramente stocastici, cioè di non contenere considerazioni di tipo fisico.

Nell'attività scientifica programmata per gli anni 1999-2001, che è la naturale conseguenza del programma di ricerca 1998-1999, si è pensato di applicare un modello di previsione di precipitazione giornaliero basato sui tipi di tempo e sui percorsi di circolazione atmosferica, indicando con questi termini l'insieme della situazione barica, termica ed igroscopica al suolo ed in quota su di una certa regione e la sua evoluzione a breve termine, elaborando un bollettino tipo per differenti eventi meteorologici, fornendo, a intervalli di 2h, degli indici di operatività che, correttamente e tempestivamente forniti agli enti preposti alla gestione delle infrastrutture stradali, possono con sufficiente anticipo evitare situazioni pericolose o comunque a rischio. Il modello prima citato unisce considerazioni fisiche ad algoritmi statistici per cui si confida che possa beneficiare di due approcci, migliorando i risultati ottenibili (Pezzoli A., 1996a, 1996b).

La ricerca proposta potrebbe essere divisa in due fasi:

I° fase) Verifica dell'affidabilità del modello di previsione meteoidrologico da effettuarsi su bacini campione piemontesi, rappresentativi dell'arco alpino occidentale, sui quali si dispone delle misure di precipitazione giornaliera, grazie ad un accordo siglato tra l'UU.OO. di Torino ed il Servizio Meteomont della Brigata Alpina Taurinense.

Questa verifica può essere effettuata durante una campagna previsionale che deve durare almeno una stagione "autunnale-invernale" o "invernale-primaverile". Giornalmente viene emesso un bollettino di previsione meteoidrologica ed in seguito sono raffrontati i valori previsti con quelli effettivamente misurati. Il bollettino è costruito a "schema" prendendo spunto, come strutturazione, da quello per l'assistenza ai trasporti marittimi già elaborato ed utilizzato da diversi anni dal Laboratorio Meteoidrologico del D.I.T.I.C. (Del Prete et al., 1999). In definitiva si pensa di riportare ogni 2-3 h i dati di vento ed un indice funzione dello stato stradale e degli asfalti (indice di operatività), quindi viene espressa l'altezza di pioggia cumulata nelle 24 h con 5 livelli di attenzione che risultano di notevole interesse anche per una corretta gestione del territorio ed eventuali operazioni di prevenzione per il "rischio idraulico" (Davoli, 1998; Pezzoli G. et al., 1998). L'elemento decisamente innovativo del bollettino è il coefficiente di validità (espresso in percentuale) della previsione che costituisce un'ulteriore informazione molto importante per chi si occupa di protezione del territorio e di gestione delle infrastrutture viarie (Pezzoli A., 1998) e che risulta essere fondamentale per lo sviluppo della II° fase. Si stima che questa I° fase possa essere completata nel periodo Ottobre 1999 -Ottobre 2000.

II° fase) Applicazione di un modello di valutazione economica ad alcuni casi di precipitazione analizzati nella I° fase.

Come detto il punto fondamentale della metodologia di analisi economica, che è stata proposta da Katz e Murphy (1997) ed applicata da Pezzoli A. (1998) per l'assistenza ai lavori di ingegneria costiera e off-shore, è costituito dalla determinazione del coefficiente di validità della previsione che rappresenta la "probabilità successo" in percentuale. Identificato quindi un bacino campione (presumibilmente il bacino del Torrente Chisone chiuso a Perosa Argentina) viene valutato il costo dei danni causati alle infrastrutture viarie e agli autoveicoli se non sono state prese delle misure per mettere in sicurezza le stesse (es.: trattamento asfalti stradali, chiusura di ponti...). D'altra parte, considerando l'errore previsionale e quindi la "probabilità insuccesso", è possibile che siano state prese delle misure di sicurezza che si rivelano di fatto inutili e che portano quindi ad una spesa. E' altresì possibile individuare i costi che vi sarebbero se fossero state prese delle misure di

sicurezza in funzione di un evento meteoidrologico intenso e previsto che poi si è verificato. Con una metodologia a "tabella di contingenza 2 x 2" si può infine verificare quale soluzione per la messa in sicurezza delle infrastrutture viarie risulterebbe più conveniente in funzione delle condizioni meteoidrologiche previste. Per ciò che concerne questa II° fase l'UU.OO. di Torino si è già attivata nei confronti del Servizio Protezione Civile della Regione Piemonte per un corretto censimento dei costi relativi alle differenti possibilità in merito alla messa in sicurezza delle infrastrutture viarie. Si stima che questa II° fase possa essere sviluppata nel periodo Ottobre 2000 – Ottobre 2001.

Il risultato che si vorrebbe ottenere da questa ricerca e che verrà proposto per la pubblicazione su Riviste Internazionali (per es.: "Hydrological Sciences Journal" dell'IAHS; "WEATHER AND FORECASTING" dell'American Meteorological Society; "Meteorological Applications" della Royal Meteorological Society) ed in Conferenze organizzate dal CNR-GNDCI, consiste nella dimostrazione di come oggi sia possibile con relativa oggettività e anticipo, prevedere sulla nostra regione fenomeni meteorologici sfavorevoli, usando modelli tarati per il microclima alpino piemontese ad un livello di dettaglio temporale preciso (ovviamente accettando un certo grado di errore prestabilito) e stilando un'interfaccia standard per un bollettino di semplice utilizzo. Ovviamente il bollettino dev'essere relativamente breve e di facile comprensione anche ai meno esperti, in maniera tale da diventare, magari in futuro, un vero e proprio strumento di consultazione sia per l'ente preposto al controllo stradale sia per l'utente che potrà organizzare i propri spostamenti in funzione delle informazioni acquisite.

E' altresì vero che un lavoro coordinato e interagente fra i vari enti può, in prospettiva per il futuro prossimo, fornire un più intelligente e ragionato utilizzo della rete stradale in funzione dei livelli di attenzione previsti, in particolare in corrispondenza di ore o di giorni a traffico elevato (weekends e festività). Questo in un'ottica di un'ottimizzazione dell'utilizzo delle arterie stradali e per un corrispondente aumento di sicurezza degli autoveicoli, avendo quindi come risultato un incremento del livello di servizio dei trasporti terrestri.

## Bibliografia

- Davoli A. (1998): "Caratterizzazione ed utilizzo delle reti di monitoraggio e dei campi previsionali meteo-idrologici in ambiente alpino". Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Relatori: Pezzoli G. e Pezzoli A.
- Del Prete R, Pezzoli A., Pezzoli G. (1999): "Current methods for meteorological and marine forecasting for the assistance of navigation and shipping operations". Journal of Navigation, 52, 1, 90-104.
- Kaczmarek Z. (1977): "Statistical methods in Hydrology and Meteorology"; Geological Survey, U.S. Departement of the Interior.
- Pezzoli A. (1996a): "Metodologie attuali per la previsione di eventi alluvionali nei bacini idrografici"; XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino.
- Pezzoli A. (1996b): "Analisi meteoidrologica degli afflussi nei bacini piemontesi. Previsione di eventi di piena"; XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino.
- Pezzoli A. (1998): "Vento e onde: risvolti economici e di compatibilità ambientale nelle previsioni meteoidrologiche per l'assistenza ai lavori di ingegneria costiera e off-shore". XXVI Convegno di Idraulica e C.I., Catania.
- Pezzoli G., Pezzoli A. (1998): "Synoptic weather forecasting methods for heavy rainfall events in river alpine basin for North-Western Piedmont". UNESCO-IHP Scientific Meeting, Perugia.
- Sumner G. (1988): "Precipitation, process and analysis"; Ed. J. Wiley & Sons, New York.
- Wiesner C.J. (1970): "Hydrometeorology"; Ed. Chapman & Hall, London.

## Progetto Aree Vulnerate Italiane

Il Progetto è coordinato dal Dott. Fausto Guzzetti– Responsabile Scientifico dell'U.O. 3.1, con sede presso il C.N.R. IRPI di Perugia – che opera in collaborazione con le seguenti UU.OO.:

- U.O. 3.30 Coord. Dott. O. Lolli;
- U.O. 3.29 " Dott. F. Cipolla;
- U.O. 3.22 " Dott. A. Carrara;
- U.O. 3.51 " Prof. F. Luino;
- U.O. 3.52 " Prof. E. Guidoboni;

### 1. Premessa

Sono passati 10 anni dal giugno del 1989 quando il Dipartimento per la Protezione Civile emanò l'ordinanza n° 1751 con la quale incaricava il GNDCI di realizzare un censimento degli eventi idrogeologici. Quello fu l'atto di nascita del Progetto AVI. A 10 anni di distanza è possibile affermare che nonostante le limitazioni, dovute alla complessità del territorio italiano, alla diversa sensibilità e conoscenza sia attuale che storica dell'impatto che le frane e le inondazioni hanno sul territorio, alle tecniche utilizzate per la ricerca e la raccolta delle informazioni ed alle risorse limitate, il censimento AVI rappresenta il più completo archivio di notizie su frane ed inondazioni mai realizzato in Italia.

Il censimento, pur non rappresentando di per se una mappa del rischio o della pericolosità idrogeologica, consente di avere una visione sinottica, la più accurata ed aggiornata ad oggi possibile, della distribuzione delle catastrofi idrogeologiche avvenute nel nostro paese in questo secolo. La recente legge 267, del 3 agosto 1998, emanata a seguito degli eventi alluvionali della Campania, ripropone il tema della difesa del suolo e richiede, tra l'altro, la perimetrazione delle aree soggette a maggior rischio. Fra gli strumenti che l'atto d'indirizzo della nuova normativa prevede debbano essere utilizzati per la definizione della pericolosità e del rischio vi sono le informazioni raccolte, organizzate, e rese disponibili dal progetto AVI. Questo costituisce un riconoscimento importante, forse unico a livello istituzionale, del ruolo di supporto che l'informazione storica, ed in particolare quella raccolta nell'ambito del progetto AVI, può avere nell'individuazione e nella definizione del rischio geologico ed idraulico.

### 2. Obiettivi raggiunti

Il censimento, condotto fra il 1991 ed il 1992, venne realizzato da 17 gruppi di ricerca che coinvolsero oltre 300 fra esperti, ricercatori ed operatori tecnici. Durante la fase di censimento vennero consultati 22 quotidiani locali; vennero reperite ed analizzate circa 1000 pubblicazioni tecniche e scientifiche; e furono effettuate interviste a 150 esperti nel settore dei movimenti franosi e delle inondazioni relativamente al periodo compreso fra il 1918 ed il 1990. Il censimento è stato successivamente esteso al periodo 1991-1994, ed è attualmente in corso una nova fase di aggiornamento relativa al biennio 1995-1996. Gli aggiornamenti vengono realizzati attraverso la lettura sistematica di ben 55 quotidiani locali.

Dal 1993 ad oggi il GNDCI ha impegnato risorse importanti nella gestione, nella manutenzione, nella diffusione e nella sperimentazione di possibili utilizzi dell'informazione storica sulle catastrofi idrogeologiche. I primi prodotti realizzati furono:

- i rapporti di sintesi regionali;
- una carta sinottica delle aree colpite da movimenti franosi e da inondazioni; ed
- un prototipo dell'archivio digitale.

I rapporti di sintesi, voluti dal prof. Franco Siccardi, responsabile della Linea 3 del GNDCI, vennero redatti con l'intento di fornire una sintesi dell'informazione in ogni regione ed ebbero una grande

diffusione fra le strutture di Protezione Civile centrali e locali. Contenevano i primi elenchi di località colpite da frane ed inondazioni. La carta sinottica, voluta dal Sottosegretario di Stato alla Protezione Civile, prof. Franco Barberi, costituì un vero e proprio "manifesto" che contribuì a mantenere alto il livello d'attenzione sul problema del rischio idrogeologico.

Fra il 1996 ed il 1998, nell'ambito della convenzione fra il Dipartimento della Protezione Civile ed il GNDCI appena conclusasi, le unità operative attive nel progetto AVI si posero gli obiettivi di:

- validare ed aggiornare l'archivio digitale;
- valutare il grado di completezza dell'archivio
- produrre un catalogo nazionale delle località colpite da frane e da inondazioni;
- sviluppare strumenti per la diffusione dell'informazione storica;
- sperimentare usi ed applicazioni dell'informazione storica.

Tutti gli obiettivi, anche se in misura diversa, sono stati raggiunti. In particolare, l'aggiornamento e la validazione dell'archivio digitale hanno permesso di incrementare in modo significativo il contenuto informativo dell'archivio stesso. L'incremento nel numero di informazioni è stimabile in 20-30%. Recenti test mirati a valutare il grado di completezza dell'archivio permettono di affermare che il catalogo, almeno per quanto riguarda gli eventi di frana che hanno causato vittime dopo il 1950, è stazionario e quindi completo ed utilizzabile come strumento predittivo.

Nel triennio appena conclusasi sono 4 i prodotti di spicco realizzati:

- il catalogo nazionale delle notizie sugli eventi di frana o di inondazione;
- la nuova edizione della carta sinottica delle aree colpite da movimenti franosi e da inondazioni;
- il programma Mappavi per la visualizzazione interattiva del catalogo; e
- l'accesso all'archivio ed alla documentazione AVI attraverso la rete Internet.

Il catalogo nazionale delle informazioni sulle località colpite da frane e da inondazioni è forse il prodotto più significativo fra quelli di recente realizzazione. Il catalogo riporta in 2 volumi, uno per le frane ed uno per le inondazioni, la localizzazione e, quando nota, la data di 17,000 eventi di frana e di 15,000 eventi di inondazione. La seconda edizione della carta delle aree colpite da movimenti franosi e da inondazioni riporta la localizzazione di oltre 15,000 località colpite da frane (9086) e da inondazioni (6456). Le località sono riportate con simboli e colori diversi a seconda del numero di eventi censiti in ogni sito. Vi è quindi una indicazione sulla frequenza degli eventi. Il programma Mappavi che consente la visualizzazione interattiva delle informazioni sugli eventi di frana e di inondazione, combina in forma digitale la nuova carta ed il catalogo nazionale. Infine, sono state ampliate e migliorate le funzionalità che permettono l'accesso alle informazioni ed agli archivi attraverso la rete Internet. Informazioni sul progetto AVI sono disponibili all'indirizzo <http://avi.gndci.pg.cnr.it>. L'archivio ed il catalogo delle informazioni storiche sono invece consultabili direttamente all'indirizzo <http://wwwdb.gndci.pg.cnr.it>.

### **3. Programma Triennale 1999-2001**

Il successo dei prodotti realizzati nel corso degli ultimi anni ed i recenti riconoscimenti istituzionali dell'importanza dei risultati raggiunti dal progetto AVI, indicano senza alcun dubbio che la raccolta, il reperimento, la sistemazione e l'analisi d'informazioni storiche sulle catastrofi idrogeologiche devono continuare. Si pone tuttavia un interrogativo di fondo: ora che si dispone di una così grande mole d'informazioni, come la si può utilizzare per migliorare le nostre capacità di definire le aree soggette a rischio e di prevedere gli eventi catastrofici?

Dopo la fase iniziale di censimento, svolto agli inizi degli anni '90, le attività del progetto AVI si sono concentrate essenzialmente nell'organizzare ed informatizzare i dati esistenti, nell'aggiornare l'archivio per gli anni più recenti, e nello sviluppo di sistemi e prodotti per la diffusione dell'informazione disponibile. Compiti complessi e costosi che dovranno sicuramente essere proseguiti nel prossimo triennio. A questi dovranno essere affiancate nuove attività mirate ad

ampliare l'intervallo temporale dell'archivio AVI, nonché ad indagare, ad ampio spettro, i possibili utilizzi ed i limiti dell'informazione storica per la definizione della pericolosità e del rischio idrogeologico.

In quest'ambito, nel prossimi triennio, ci si propone di:

1. mantenere, aggiornare, raffinare ed incrementare l'archivio, anche estendendo a ritroso nel tempo la ricerca storica, valutando il grado di completezza, l'affidabilità e la rappresentatività dell'informazione;
2. ampliare e migliorare le funzionalità del sistema informativo, anche potenziando gli strumenti per la diffusione dei dati; e
3. sperimentare possibili applicazioni dell'informazione storica, producendo cataloghi tematici, caratterizzando i maggiori eventi meteo-idrologici che hanno prodotto catastrofi idrogeologiche, ed individuando linee guida per l'utilizzo dell'archivio AVI nella definizione della pericolosità geologica ed idraulica.

Le attività condotte nell'ambito del progetto sono molteplici e si possono, in linea di massima, ricondurre a 4 principali:

- il censimento;
- la validazione;
- la diffusione;
- l'utilizzo.

## **Il Censimento**

Il censimento dell'informazione storica rappresenta senza dubbio l'attività più importante condotta nell'ambito del progetto AVI e quella che più lo caratterizza. La fase di censimento iniziale venne realizzato da 17 gruppi di ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale che coinvolsero oltre 300 fra esperti, ricercatori ed operatori tecnici. Durante questa fase furono consultati 22 quotidiani locali, per un totale di oltre 350.000 copie di giornale; vennero reperite ed analizzate circa 1000 pubblicazioni tecniche e scientifiche; e vennero realizzate interviste a 150 esperti nel settore dei movimenti franosi e delle inondazioni.

Successivamente si è provveduto ad estendere il censimento al periodo 1991-1994 attraverso la lettura sistematica di 55 quotidiani locali, per un totale di oltre 70.000 copie di giornale consultate. Durante la fase di aggiornamento sono state reperite numerose informazioni relative anche ad eventi verificatisi prima del 1991.

E' stata programmata ed a breve avrà inizio una seconda fase di aggiornamento che dovrà coprire il periodo 1995-1996. L'aggiornamento verrà anche in questo caso realizzato attraverso la sistematica consultazione di numerose testate locali. Verranno inoltre analizzate alla ricerca di notizie storiche le oltre 1800 pubblicazioni editte dal GNDCI.

## **La validazione**

L'attività di validazione comprende la valutazione del grado di completezza e di affidabilità dell'archivio storico ed in particolare il controllo della consistenza dell'informazione in esso contenuta.

L'archivio digitale ha subito, dalla sua creazione nel 1992 ad oggi, numerose trasformazioni. La struttura attuale è costituita da due database, uno per le frane ed uno per le inondazioni, ciascuno composto da oltre 20 tabelle relazionate fra loro in modo complesso.

Dopo alcune preliminari valutazioni del contenuto e della congruità dell'archivio, si è provveduto ad effettuare una completa verifica sintattica e grammaticale delle oltre 34.000 schede che attualmente costituiscono l'archivio digitale. E' in avanzata fase di realizzazione il controllo di congruità formale fra le schede "cartacee" prodotte in fase di censimento e le schede "digitali" che costituiscono l'archivio digitale.

## La diffusione

Nell'ambito dell'attività di diffusione sono stati fatti sforzi mirati a rendere il più possibile nota e fruibile l'informazione storica censita.

Più in dettaglio:

- Nel 1994 e 1995 sono stati pubblicati dei rapporti regionali, uno per ogni Regione, contenenti una sintesi ragionata dell'informazione storica disponibile al momento della preparazione dei rapporti stessi. I rapporti contengono fra l'altro un elenco delle località colpite. Nel 1996 è stata pubblicata la "Carta delle Aree Colpite da Movimenti Franosi e da Inondazioni" a scala 1:1.200.000. E' attualmente in fase di stampa una versione aggiornata della carta che contiene la localizzazione di oltre 15.000 località colpite da frane o da inondazioni. La nuova carta sarà disponibile entro l'autunno del 1998. L'archivio digitale è stato messo a disposizione degli utenti in varie forme. Attualmente l'intero archivio digitale è accessibile attraverso la rete internet all'indirizzo [www.db.gndci.pg.cnr.it](http://www.db.gndci.pg.cnr.it). E' in corso di realizzazione un CD-ROM contenente un software realizzato ad hoc che permette di visualizzare la localizzazione di tutte le località colpite da frane o da inondazioni, nonché informazioni relative al numero di eventi occorsi in ogni sito. Il software utilizza la tecnologia Geomedia di Intergraph. Sono infine stati prodotti alcuni articoli a carattere divulgativo sul Progetto AVI, le sue caratteristiche e le potenzialità di sviluppo.

## L'utilizzo

L'utilizzo dei dati storici rappresenta uno degli aspetti più interessanti ed importanti del progetto. I dati dell'archivio digitale sono già stati utilizzati da numerose amministrazioni, ed in particolare da alcune Autorità di Bacino, nella preparazione di cartografie e documenti tematici relativi al dissesto idrogeologico ed al rischio ad esso associato.

E' stato anche sperimentato l'utilizzo dei dati storici relativi a frane ed inondazioni per la definizione della pericolosità idrogeologica a scala regionale o di bacino idrografico. Le sperimentazioni sono state condotte nel bacino del fiume Tevere.

Nel bacino del Tevere sono 894 le località colpite da 1689 eventi di frana e 324 le località colpite da 1232 eventi di inondazione.

L'istogramma mostra in ascissa il numero di località colpite da inondazioni ed in ordinata il numero di inondazioni di cui si ha notizia in ogni località, ovvero la frequenza delle località storicamente colpite da inondazioni. E' evidente come il numero di località colpite sia elevato (324) ma come il numero di località colpite in modo ricorsivo (in blu) sia limitato. Grafici simili sono stati preparati per tutte le regioni italiane. Nella maggior parte delle regioni il numero di località colpite è elevato, a conferma di quanto sia diffuso il fenomeno delle alluvioni, ma anche che le località colpite con maggiore ricorrenza sono un numero contenuto.

Sono anche state condotte sperimentazioni tese a valutare la possibilità di utilizzare i dati storici per la definizione di soglie d'allerta o d'allarme regionali od a scala di bacino.

I grafici riportano, rispettivamente per l'idrometro di Ponte Nuovo di Torgiano, a sud di Perugia, e per l'idrometro di Ripetta, a Roma, le relazioni esistenti fra l'occorrenza di catastrofi idrogeologiche, ovvero di frane e di inondazioni, e le condizioni idrologiche del bacino. Le informazioni sulle catastrofi idrogeologiche sono state ricavate dall'archivio storico. Le informazioni relative alle condizioni idrologiche del bacino sono state ottenute dall'analisi dei dati di portata media giornaliera pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. Gli eventi maggiormente calamitosi (quadrati rossi), per i quali si sono verificate frane ed inondazioni, sono localizzati ove le condizioni idrologiche sono più severe (maggior portata giornaliera e maggior volume di piena).

## **Sviluppi futuri**

Gli sviluppi previsti per il progetto sono molteplici e si inquadrano in una strategia di lungo termine che si pone 3 obiettivi:

- l'ampliamento e la manutenzione dell'archivio;
- il miglioramento dei sistemi di diffusione dell'informazione; e
- l'utilizzo dell'informazione storica per scopi tecnici e scientifici.

Per quanto concerne il primo obiettivo, a breve termine ci si propone di:

- Completare la seconda fase di aggiornamento dell'archivio relativa al periodo 1995-1996. L'aggiornamento verrà realizzato attraverso la lettura sistematica di alcune decine di quotidiani locali. Verranno anche analizzate le oltre 1800 pubblicazioni edite dal GNDCI alla ricerca di informazioni storiche, e verranno inserite nell'archivio digitale informazioni provenienti da altre fonti.
- Proseguire la validazione dell'archivio digitale, correggendo il maggior numero possibile di errori ed incongruenze, controllando fra l'altro la congruenza delle tabelle relative alle coordinate ed alle denominazioni IGM, ed individuando ed eliminando ridondanze e duplicazioni.
- Proseguire nella validazione del catalogo delle località colpite, contenente attualmente informazioni relative ad oltre 15.000 siti, allo scopo di pubblicare il "Catalogo delle località storicamente colpite da frane ed alluvioni in Italia". Allo scopo verrà anche controllata la congruenza, ad oggi non completa, fra l'archivio digitale ed il catalogo delle località colpite. Questo controllo è necessario in particolare a seguito del completamento del controllo di congruenza fra le "schede cartacee" e le "schede digitali" attualmente in corso che, in alcune regioni, fa aumentare considerevolmente il numero delle località note per essere state colpite. Dovrà infine essere aggiornata anche la cartografia sinottica delle località e degli eventi.
- Inserire nell'archivio digitale i testi degli articoli di giornale raccolti durante la fase di censimento.

Nell'ambito del secondo obiettivo ci si propone di migliorare i sistemi di accesso all'informazione storica, con particolare riferimento alla sua distribuzione attraverso il sistema informativo del GNDCI. Alle procedure esistenti ne verranno affiancate altre per l'accesso ai dati tematici. Particolare attenzione verrà posta alla realizzazione di procedure semiautomatiche per la generazione di rapporti regionali, ad uso delle Autorità di protezione civile nazionali e locali, che possano restituire le informazioni anche attraverso i normali canali di posta elettronica.

L'utilizzo dell'informazione storica per scopi tecnici e scientifici è un campo di ricerca vasto ed in gran parte inesplorato. Nell'ambito del progetto AVI sono previste alcune sperimentazioni innovative fra le quali:

- La definizione e la classificazione degli eventi meteorologici storici che hanno prodotto catastrofi idrogeologiche allo scopo di definire soglie di pericolosità e di allarme a scala regionale o di bacino. Ci si propone in particolare di individuare tutti gli eventi meteorologici che hanno prodotto frane od inondazioni; di definire l'estensione e la distribuzione spaziale dell'area colpita; di analizzare le condizioni pluviometriche ed idrometriche connesse al verificarsi degli eventi meteorologici; e di caratterizzare le condizioni meteorologiche generali di

ogni singolo evento. Queste informazioni permetteranno la definizione probabilistica di scenari di rischio.

- La preparazione di cataloghi degli eventi che hanno causato danni e/o vittime, allo scopo di conoscere in modo più accurato di quanto ora disponibile il "costo", ovvero la perdita economica connessa alle catastrofi idrogeologiche in Italia. L'obbiettivo è anche quello di costruire curve  $f/N$ , ovvero distribuzioni di frequenza del numero di eventi calamitosi di magnitudo diversa.
- La preparazione di cataloghi e mappe dei danni subiti dalle infrastrutture ed in particolare dalle reti di comunicazione.

## **Progetto Emergenza Traffico – Estremi ed Infrastrutture**

Il Progetto è coordinato dal Prof. Ignazio Becchi - Responsabile Scientifico dell'U.O. 3.12, con sede presso l'Università di Firenze – che opera in collaborazione con le seguenti UU.OO.:

- U.O. 3.11 Coord. Prof. M. Santoro;
- U.O. 3.6 “ Prof. L. Natale;

L'attività del Progetto di ricerca per quanto riguarda l'U.O. 3.12 riguarderà principalmente:

- Identificazione di interazioni tra evoluzione dei fenomeni alluvionali e infrastrutture dei trasporti;
- Sperimentazione di un sistema integrato di misure strutturali e non strutturali finalizzato alla difesa dalle piene.

Il programma scientifico prevede l'analisi delle correlazioni esistenti tra gli incidenti lungo le infrastrutture dei trasporti, la loro localizzazione, le condizioni meteorologiche e di traffico per l'individuazione degli stati di rischio e delle misure per la sicurezza. Indagini sulla correlazione tra eventi di precipitazione e lo spessore d'acqua sul manto stradale tramite l'analisi delle immagini ottenute mediante una stazione sperimentale di monitoraggio, provvista di telecamera, già in corso di controllo e taratura su un sito test nelle Alpi Apuane. Prevede inoltre l'analisi della gestione congiunta di difese strutturali e non, con riferimento esemplificativo ad un argine in presenza di un sistema di allertamento idrometeo. Studio dell'interazione tra corpi mobili e inondazioni in ambito urbano tramite modello misto numerico-fisico.

I risultati attesi previsti dalla ricerca sono:

- Individuazione delle misure per la sicurezza delle infrastrutture dei trasporti a fronte del rischio idraulico
- Relazioni sperimentali fra intensità di pioggia e velo idrico sul manto stradale.
- Relazioni parametriche sulla gestione ottimale dei sistemi di difesa dalle alluvioni