

**IL CONTRIBUTO DEI GIS  
ALLA CONOSCENZA DEI FENOMENI  
AMBIENTALI**

*Rapporto Interno C89-26*

*27 settembre 1989*

**Irene Campari  
Adriano Cumer  
Paolo Mogorovich**

presentato a:

**International Conference and Workshop  
september 24-30 1989  
Venezia - Fondazione Cini**

**Global Natural Resource  
Monitoring and Assessments:  
Preparing For The 21st Century**

**IUFRO-FAO**

# IL CONTRIBUTO DEI GIS ALLA CONOSCENZA DEI FENOMENI AMBIENTALI

I. Campari (\*\$), A. Cumer (€), P. Mogorovich (\$)

(\*) - Istituto IREM - CNR - Napoli  
(€) - Lab. Biologico Provinciale - Bolzano  
(\$) - Istituto CNUCE - CNR - Pisa

## ABSTRACT

L'origine dei "danni di nuovo tipo" al patrimonio forestale, evidenti da più di un lustro, non è ancora chiara. Sono stati considerati all'origine del fenomeno prima le piogge acide, poi alcuni gas, infine l'effetto congiunto di questi con altri fattori. Gli studi eseguiti, che non portano risposte sicure ed univoche, considerano fattori legati a situazioni geografiche locali e, più raramente, globali. La correlazione spaziale tra cause ed effetti, in ogni caso, non permette di prescindere dai GIS (Geographic Information System) come strumenti di studio.

I GIS, come strumento, offre un contributo metodologico per quanto riguarda la standardizzazione della raccolta dei dati e la loro sistematizzazione; ma soprattutto si presenta con contributi diversi quando si operi alla micro o alla macroscale, condizionando il livello di conoscenza del fenomeno. La variabile "tempo", inoltre, dà indicazioni sui limiti della conoscenza tramite GIS, e sui rapporti tra GIS e modellistica.

Un corretto utilizzo delle tecnologie GIS e della modellistica necessaria suggerisce di affrontare il problema dei "danni di nuovo tipo" organizzando una serie di informazioni con completezza spaziale e temporale, acquisite da Organizzazioni qualificate secondo metodologie standardizzate.

## INTRODUZIONE

Nonostante le ricerche realizzate, gli innumerevoli convegni di studio promossi, le iniziative intraprese a livello di strutture regionali, nazionali e sovranazionali, la questione dell'origine dei "danni di nuovo tipo", la cui presenza è manifesta da più di un lustro, sembra ben lontana dall'essere risolta.

L'allarme lanciato dalle istituzioni scientifiche, dalle amministrazioni forestali e dai mass media all'inizio degli anni '80 tendeva ad attribuire la responsabilità principale del danno alle precipitazioni acide, (il fenomeno veniva genericamente definito "piogge acide"), poiché le manifestazioni iniziali sembravano richiamare quelle presenti in prossimità di fonti di emissione di acidificanti minerali ed organici.

In seguito ci si avvide che anche in assenza di arricchimenti acidificanti delle precipitazioni o con livelli contenuti degli stessi la moria del bosco poteva manifestarsi.

Furono posti successivamente sotto accusa i principali gas nocivi primari (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, composti di cloro e fluoro), l'accumulo sulle piante o nel terreno di sostanze acidificanti, tossiche, o fertilizzanti, la carenza di nutrienti o le variazioni strutturali dei suoli, l'azione biocida dell'ozono o dei derivati organici delle combustioni, modifiche quantitative o qualitative dell'apporto energetico di base, legato a variazioni dell'attività solare o alle modalità di attraversamento dell'atmosfera (strato di ozono, effetto serra).

Da più parti viene avanzata l'ipotesi delle possibilità di effetto combinato e sinergico di vari fattori, alcuni dei quali forse ancora ignoti, che provocano una specie di "stress multicausa" al bosco, mentre sono sempre diffusi, specialmente nell'ambito forestale, quanti sostengono che alla base di ogni alterazione patologica sono sempre fattori climatici, che agirebbero da componente primaria, anche se non esclusiva, per i "danni di nuovo tipo".

Ad aumentare l'incertezza contribuiscono anche le notizie contraddittorie sulla reattività delle varie specie o strutture forestali alle possibili cause di alterazione del processo vitale.

Mentre in una prima fase di accertamento dei danni risultavano più colpite le conifere (con percentuali di danno decrescenti dall'abete bianco al pino silvestre all'abete rosso), nelle indagini successive risultano in alcune aree altrettanto o più interessate le latifoglie.

Per quanto riguarda la densità e i tipi strutturali, secondo alcune segnalazioni i danni interessano indifferentemente boschi densi e radi, giovani e vecchi, secondo altre esistono differenziazioni per densità ed età. Anche le localizzazioni legate alla morfologia terrestre e all'orografia (esposizioni, pendenze, altitudini) non danno risposte univoche.

Tutte queste situazioni contraddittorie producono notevoli effetti negativi, dei quali si elencano i principali:

- 1) la difficoltà di indicare con sicurezza le misure da intraprendere per contrastare la tendenza;
- 2) la dispersione delle risorse scientifiche necessarie per approfondire il problema;
- 3) la generazione di un senso di stanchezza e di sfiducia, o di assuefazione alla situazione negativa, che può provocare un abbassamento della guardia da parte dei responsabili del settore.

Riesaminando i fattori indicati come possibili responsabili della situazione, si nota che essi possono essere distinti in due grandi categorie:

- 1) quelli legati a situazioni locali (inquinanti classici, acidificanti, fotoossidanti, etc.)
- 2) quelli connessi ad alterazioni operanti a livello planetario (Ozono stratosferico, modifiche climatiche legate all'effetto serra o ad alterazioni naturali cicliche).

Si ritiene che l'accertamento del peso reciproco complessivo delle due categorie sopradette potrebbe non solo fornire un contributo di chiarezza al contenuto generale della problematica, ma potrebbe indirizzare più proficuamente le ricerche, razionalizzandone le procedure, accelerandone i tempi e ottimizzando le spese.

Le interazioni tra fattori considerati cause di degrado e gli oggetti del degrado si collocano nello spazio, visto come supporto ai fenomeni che in esso avvengono (p.es. la circolazione atmosferica) e come condizionante tali fenomeni (si consideri ad esempio l'importanza del rilievo). La conoscenza di tale spazio, presupposto di base per l'analisi del fenomeno, può avvenire unicamente tramite strumenti in grado di gestire la componente spaziale delle variabili in gioco; strumenti di questo tipo, noti come GIS, hanno avuto enorme diffusione negli ultimi anni, diventando da strumenti di studio, strumenti commerciali usati anche in attività operative.

## IL RUOLO DEL GIS NELL'ANALISI AMBIENTALE

Il compito di un GIS nel quadro di progetti d'analisi ambientale globale dovrebbe essere quello di sistematizzare la raccolta e l'organizzazione dei molteplici tipi di dati al fine di renderli congrui all'interpretazione complessiva. Il ruolo organizzativo dei GIS si presta in modo adeguato all'acquisizione standardizzata di dati strutturati da una logica omogenea e ripercorribile.

Questo fondamentale requisito, non ancora giunto a tutt'oggi ad una realizzazione, ha origini di natura istituzionale e in questa sede deve essere discusso e possibilmente avviato. Ciò non ci può esimere però da alcune considerazioni di carattere tecnico.

Lo scetticismo che corre spesso tra i ricercatori ed operatori ambientali circa l'effettiva utilità della messe di dati e informazioni raccolte durante le campagne di rilevamento, sembra aggravarsi più che alleviarsi con l'entrata in gioco di sofisticatissimi modelli matematici da una parte e dei sistemi informativi dall'altra. Nonostante questi due strumenti abbiano notevolmente ampliato le possibilità di documentare e comprendere i fenomeni, sono lasciati vivere in un regime di comunicabilità limitata, lo stesso in cui operano coloro i quali quegli strumenti utilizzano.

L'accessibilità completa ad ogni tipo utile di informazione che occorre per tracciare un quadro 'non provinciale' dello stato ambientale, dovrebbe essere la 'conditio sine qua non' per ogni organismo, seppur di limitata influenza territoriale, sia amministrativo che scientifico, preposto al controllo e alla gestione dell'ambiente.

Quest'accessibilità può essere garantita solo se esiste un organismo sovracontinentale che si faccia carico di tutti i compiti che un Progetto di Informazione Globale comporta, e tecnicamente controlli le modalità protocollari con le quali le informazioni sono raccolte ed elaborate. Le tecnologie avanzate di archiviazione dei dati, la loro gestione, lo sviluppo di reti permettono nel loro insieme un facile accesso remoto a banche dati distribuite. Il problema tecnologico sembra, in questo caso, il più semplice da risolvere.

L'opera di sistematizzazione operata tramite GIS può suggerire nuove e più razionali organizzazioni di dati, tale che la loro integrazione non sia un problema tecnico, ma riguardi esclusivamente la 'compatibilità' semantica tra i dati e le loro fonti, e sia per questo valutata in ambito interdisciplinare.

Se gli scopi di iniziative riguardanti i Global Change sono quelle di migliorare la nostra comprensione dei fenomeni interagenti nella vita totale del sistema terrestre, l'osservazione e la documentazione sistematica diventano nodi cruciali. Lo strumento GIS assolvono in modo ottimale al compito di organizzare la documentazione descrittiva in modo tale che anche le osservazioni e i loro risultati siano costretti al rigore e al formalismo, caratteri fondamentali per la circolazione e l'utilità dell'informazione alla scala globale.

Le potenzialità integrative dei GIS a differenziati livelli (tema/tema, fonte/fonte, formato/formato, etc.) producono inoltre dati derivati e indiretti, i quali, seppur non direttamente utilizzabili nella fase di interpretazione delle condizioni globali dell'ambiente, sono di estrema utilità nella fase descrittiva dei fenomeni e di alcune loro manifestazioni territoriali. La localizzazione e la rappresentazione della misura di un fenomeno limitabile nella

modellazione spaziale, sono una prerogativa di questo tipo di tecnologia, a disposizione dell'integrazione tematica diffusa.

A proposito i GIS utilizzati, ed in alcuni casi dedicati, all'indagine del patrimonio forestale trovano da qualche anno, oltre che un impiego sempre piu' diffuso, anche continui affinamenti delle funzionalita' tecniche, tale che anche metodologicamente la loro utilizzazione non sia piu' di carattere sperimentale. Le tecniche di polygon overlay descritte gia' nel corso degli anni Settanta ed incluse nella funzionalita' dei sistemi per la gestione di informazione territoriale rappresentano il naturale campo di integrazione con i dati forestali desunti da immagini telerilevate. Se da una parte vengono affinate le tecniche, dall'altra si stenta ad ampliare il raggio dei loro interventi ad una scala che non sia locale, intendendo per locale tutte le approssimazioni bloccate al di qua della scala planetaria.

I compiti strumentali fin qui descritti non rappresentano una novita' per i GIS, non aggiungendovi alcuna nuova potenzialita'; rappresentano semplicemente la constatazione delle funzioni oggettive che attualmente i GIS apportano come in discutibile contributo all'analisi ambientale, la cui validita' alla scala locale e' indubbia, restando invece da definire in modo piu' articolato la loro piena operativita' alla scala globale.

Le riflessioni in merito a questo punto sono partite dall'analisi dei differenziati livelli procedurali di approccio conoscitivo ai problemi ambientali alla scala locale e alla scala globale. Vorremmo affrontare il problema, seppur in modo sintetico, da punti di vista multipli, iniziando con quello piu' pertinentemente teorico.

### IL GIS SU AREE LOCALI E GLOBALI

Se consideriamo l'ambito tecnologico di per se' le valutazioni qualitative in merito alla funzionalita' dei GIS non dovrebbero subire modificazioni sostanziali col mutare della scala di attenzione dei fenomeni approcciati. Ossia, la validita' strumentale dei GIS dovrebbe ambire, attualmente, ma soprattutto in prospettiva, all'efficienza sia alla macro che alla microscala geografica; in effetti le considerazioni di cui sopra vanno in questo senso. Se l'attenzione invece che alla funzionalita' pratica degli strumenti e' spostata agli oggetti geografici trattati dalla tecnologia, le valutazioni slittano nell'ambito teorico.

Le interrelazioni tra le componenti ambientali, simultaneamente colte come modificanti e modificate, a qualunque scala esse si presentino, costringono a constatare da un lato, la loro complessita' strutturale e, dall'altro, a riconoscere che solo un approccio complesso, puo' condurre a livelli accettabili la comprensione delle dinamiche che guidano lo svolgersi dei fenomeni. In questo transfert conoscitivo le teorie e i modelli scientifici che guidano l'applicazione di tecnologia acquistano un senso se contestualizzano quella complessita' naturale e l'incertezza che ne e' un ineluttabile carattere. Si tratta allora di chiarire se il tipo di tecnologia in discussione puo' operare in un ambito definito da complesse interazioni, o al contrario si presti solamente all'acquisizione di alcuni elementi di quella complessita' che elabora con modalita' autolimitanti.

La scala alla quale e' considerato un quadro ambientale e la sua mutevole progressione si inserisce a proposito come il fattore che definisce la complessita' e il livello di organizzazione dei sistemi ambientali che l'osservatore desidera cogliere. Piu' la scala e' piccola e maggiore sara' la comprensione delle motivazioni degli squilibri, poiche' le componenti ambientali possono essere riferite all'assolutezza dei fenomeni che le regolano, lasciando alle scale piu' grandi la varianza locale, cioe' l'imprevedibilita' (o prevedibilita' limitata) che accompagna l'incompletezza, la disseminata morfologia dei cambiamenti, e di conseguenza la maggior difficulta' d'analisi.

Lo scenario ambientale globale include sia gli agenti che modificano le strutture e gli stati dei sistemi sia le connessioni tra i sistemi stessi; l'analisi che ad esso si rivolge e' obbligata all'interpretazione e alla spiegazione dei cambiamenti essendo individuabili tutti gli attrattori agenti di cambiamenti. Al contrario lo scenario locale dotato di una struttura organizzata solo ad alcuni livelli del sistema globale, puo' escludere dal suo insieme i luoghi dove gli agenti modificati hanno sede. In quest'ultimo caso l'interpretazione viene oggettivamente meno, rimane la possibilita' di osservazione e descrizione e forse, con modalita' non del tutto attendibili, la comparazione con stati locali del sistema ad altri livelli di organizzazione.

Al livello interpretativo globale, la tecnologia GIS si inserisce con carenze peculiari. Essendo un palinsesto di gestione di informazione territoriale chiuso, necessita per operare di molte e sostanziali semplificazioni, ossia di riduzioni della complessita' esogena ed endogena delle componenti ambientali indagate e dell'esperienza che richiede la loro indagine. Queste semplificazioni sono del tutto diverse dalla riduzione di complessita' constatata per l'approccio ai fenomeni globali, riguardando le prime solo un livello primitivo di generalizzazione, priva di incertezza, della rappresentazione di alcune proprieta' dei fenomeni ambientali. L'esclusiva capacita' descrittiva del GIS uno strumento idoneo allo studio dei fenomeni alla scala locale, poiche' a prescindere dalla complessita' del loro livello di organizzazione si e' limitati all'approccio descrittivo. Per sua natura i GIS constatano una condizione esistente, fatta di netti e definiti elementi spaziali e attributali; non gli si possono attribuire che funzioni di rappresentazione descrittive.

Seguendo questo filo logico, alla scala globale, i GIS necessitano dell'integrazione procedurale con la modellistica dedicata al trattamento delle condizioni di complessita' dinamica (fig.1).

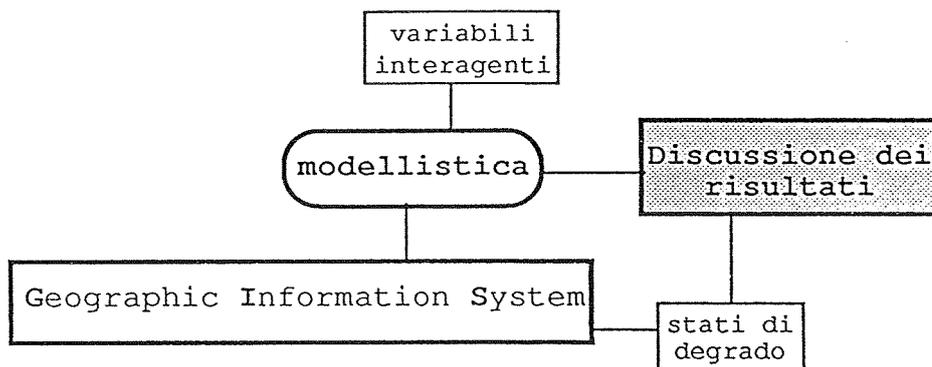


Figura 1

Una conferma della differenza di ruoli tra GIS e modellistica ambientale puo' trovarsi considerando per entrambi la quarta dimensione, ovvero il fattore tempo. Nei GIS il fattore tempo associato ad un fenomeno e' rappresentato da variabili cronologiche i cui valori definiscono molteplici stati fissi. Il tempo di rottura e di modificazione (o catastrofe) non puo' essere rappresentato essendo un passaggio qualitativo ed evolutivo; il GIS rappresentera' in questo caso lo stato poste ante, la verifica e la comprensione dello svolgersi del fenomeno nel tempo sara' invece a carico del modello. Tutto cio' va detto per chiarire i limiti di strumenti e i filtri di analisi che per l'attuale loro stadio di evoluzione si trovano ancora situati in ambiti separati.

Le funzioni descrittive dei GIS devono essere, stante questo quadro, strumentali ai modelli di analisi degli stati e delle modificazioni che intercorrono nello spazio globale.

Il valore strumentale del GIS puo' diventare globale sia rispetto al raggio tematico delle informazioni che i database dei GIS possono acquisire, sia rispetto all'orizzonte di utilizzazione che gli archivi tramite esso prodotti possono costruire. In figura 2 e' sinteticamente mostrato lo schema di relazioni che concettualmente, ma anche funzionalmente, il rapporto tra GIS e modelli costruisce.

#### IPOTESI DI LAVORO

Volendo perseguire l'obiettivo che ci siamo posti inizialmente, di cercare una correlazione tra fonti inquinanti e danni al patrimonio forestale, e cercando di sfruttare i contributi tecnici e metodologici che sia i GIS sia la modellistica ci propongono, possiamo ipotizzare una raccolta ed analisi di informazioni su scala globale, come descritto di seguito.

Le informazioni da implementare dovrebbero essere le seguenti:

- 1) localizzazione delle principali fonti inquinanti artificiali (zone industriali, aree urbane dei settori temperato freddi del globo, centrali termiche, vie di grande comunicazioni, corridoi aerei civili e militari ecc) e naturali (emissioni gassose vulcaniche), con dati sulle sostanze nocive immesse nell'atmosfera, sull'origine e lo sviluppo nel tempo e nello spazio, sull'insorgenza di fattori modificatori (variazioni produttive o meteorologiche, modificazioni dell'apporto energetico).
- 2) Localizzazione delle principali aree soggette a danno, con indicazione sull'estensione, gravita', tipologia, specie e formazioni colpite, insorgenza ed evoluzione.
- 3) Ricognizione, attraverso l'analisi degli archivi di immagini di satelliti meteorologici, delle principali correnti atmosferiche di trasporto, degli inquinanti e delle precipitazioni ad esse collegate; raccolta di dati climatici e meteorologici su supporti tradizionali.

Parallelamente alle operazioni di raccolta, omogeneizzazione, controllo e inserimento nel modello dei dati citati, si propone anche la raccolta nelle aree temperate del globo di informazioni relative ai ritmi di accrescimento degli ultimi decenni per specie indicatrici e formazioni forestali nelle diverse localizzazioni stazionali e situazioni

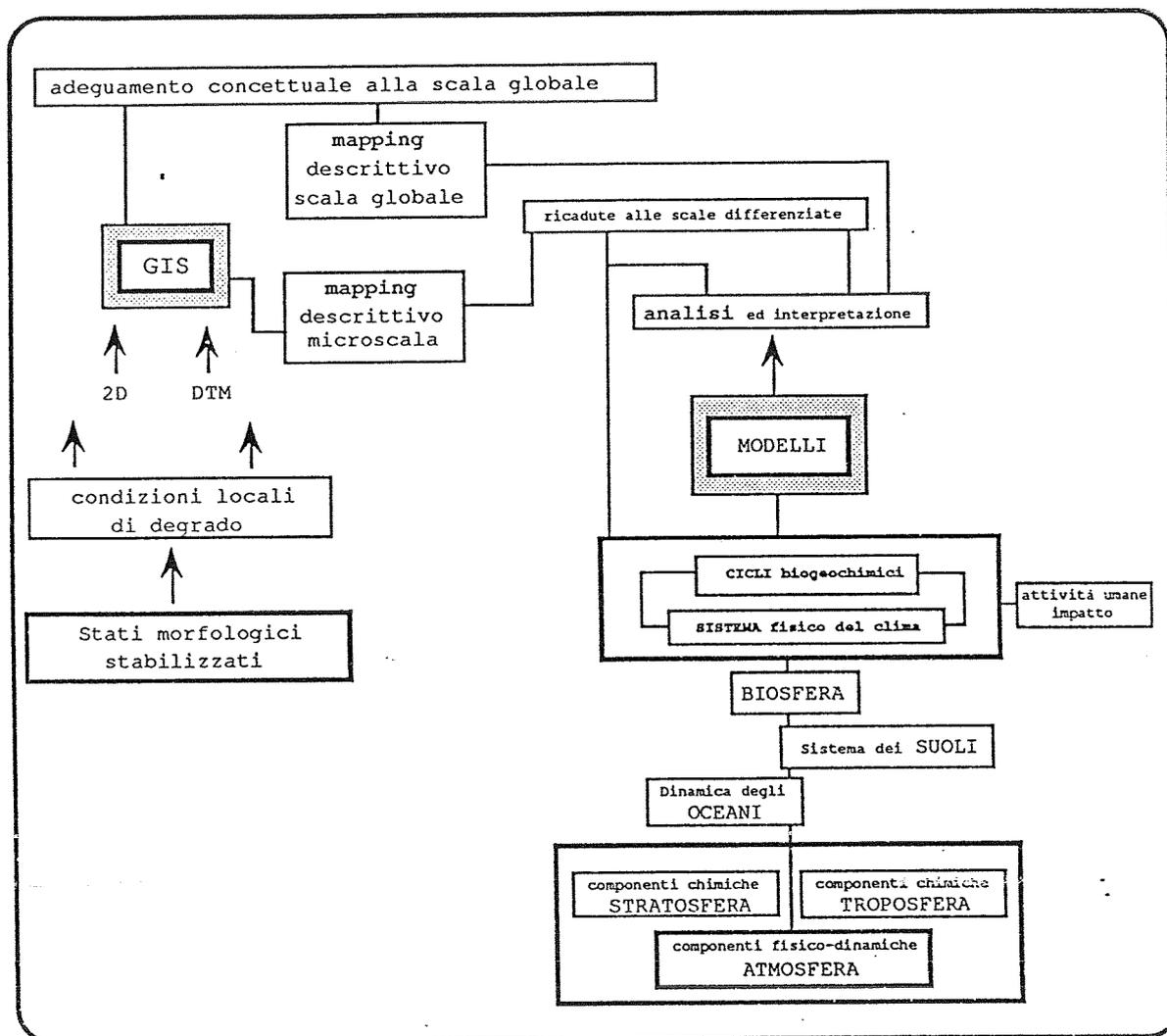


Figura 2

sanitarie. Il materiale informativo dovrebbe consistere di dati già elaborati, ove esistenti, (curve e tabelle incrementali, misure già eseguite, indagini già espletate) o di materiale grezzo (carote e rotelle legnole), da analizzare ed elaborare in collaborazione con un istituto specializzato, applicando le tecniche di controllo incrementale della dendrometria e le verifiche temporali della dendrocronologia. Si ritiene infatti che controlli di questo tipo potrebbero fornire controprove decisive per verificare la presenza delle anomalie assimilatorie che sono spesso ritenute responsabili delle morie segnalate nei vari Paesi, attraverso il confronto dei dati provenienti da zone ritenute immuni da inquinamento con quelli provenienti da zone interessate da immissioni nocive.

Nonostante sembri, secondo ricerche localizzate già esistenti, che non esista una diretta correlazione fra le turbe incrementali e la moria del bosco, si può ragionevolmente ritenere che un processo assimilatorio considerevolmente ridotto possa costituire la base primaria per l'insediamento di eventi patologici differenziati, atti a portare a morte piante forestali. Per quanto si riferisce alle modalità di raccolta dei dati, si ritiene che per l'inquinamento si potrebbe fare riferimento, per l'Europa, al progetto CORINAIR; per il resto del mondo potrebbero esser coinvolti nella raccolta o nell'individuazione e segnalazione di dati o reti già esistenti gli istituti aderenti alla IUFRO. Questi dovrebbero essere interessati anche nella raccolta dei dati sulle aree soggette a danni e del materiale relativo ai fenomeni incrementali. Per le informazioni di tipo climatico-meteorologico, c'è prevista la possibilità di attingere dati, ove esistano, dalle pubblicazioni ufficiali delle varie aree sulle quali convergerà l'indagine, dagli archivi di immagini di satelliti meteorologici, (le cui prime riprese risalgono al 1960), o dalle relative elaborazioni esistenti presso diverse strutture nazionali o internazionali di indagine e diffusione.

## BIBLIOGRAFIA

- Autori Vari, 1984, Waldsterben, Argumente zur Diskussion Deutscher Forstvereine V. Pforzheim.
- Autori Vari, 1986, Est-il encore Possible de Sauver la foret en montagne?, CIPRA, Muenchen.
- Autori Vari, 1983, Acid Precipitations. Origin and Effects, Proceedings of International Conference VDI, Lindau.
- Autori Vari, 1981, Questions about Increment Investigation in Air Pollution Research, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien.
- Autori Vari 1987, Beitraege der Pflanzenphysiologie zur Waldschadensforschung, Allgemeine Forst Zeitschrift, BLV Verlagsgesellschaft m b h, Muenchen.
- Autori Vari, 1989, Distribuzione ed Effetti dei Fotoossidanti in Ambiente Alpino, Atti del Convegno GSF, Munchen.
- Autori Vari, 1988, Trasporto Transfrontaliero di Inquinanti Atmosferici e Stato dell'Ambiente in Zone Alpine, Atti del Convegno, Universita' di Padova, ENEL-DSR-CRTN, CNR-ICTR, Bressanone.
- Autori Vari, 1989, The Corinair Project, Atti del Convegno, Ministero dell'Ambiente, CCE, Roma.
- Billingsley, F.C., Urena, J.L., 1984, Concepts for a Global Resources Information System, Pecora 9 Proceedings Spatial Information Technologies for Remote Sensing Today and Tomorrow, October 2-4 1984, Siouw Falls, SD, pp.123-131.
- Bizzarri, B., 1982, L'Osservazione del Tempo dallo Spazio, Aeronautica Militare Italiana, Servizio Meteorologico, Roma.
- Ceruti, M., Bocchi, L., (eds), 1984, La Sfida della Complessita', Feltrinelli, Milano.
- Gellini, R., Clauser, F., 1986, Prime Indagini sul Deperimento dei Boschi in Italia, Ministero Agricoltura e Foreste, Collana Verde, n.72, Roma.
- Guyenne, T.D., Calabresi, G.,(eds.), 1989, Monitoring the Earth's Environment, ESA SP-1102-ESTEC, Noordwijk.
- Haber, W., Schaller, J., 1988, Ecological Research in Berchtesgaden-spatial relations among landscape elements quantified by ecological balance methods, Proceedings of the European ESRI User Conference, Kranzberg
- Hailzl, G., 1981, Klassifizierung und Unterscheidung von Wetterfronten mit Hilfe von Satellitenbildern, Oesterreichischer Symposium Fernerkundung, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien
- Istituto Federale di Ricerche Forestali, 1986, Rapporto Sanasilva sui Boschi in Deperimento, Birmensdorf (CH).
- Istituto Italiano di Idrobiologia, 1987, Deposizioni Acide: un Problema per Acque e Foreste, CNR, Verbania-Pallanza.
- Mounsey, H.M., Tomlinson, R.F., (eds), 1988, Building Databases for Global Science, Taylor and Francis, London.
- Niesslein, E., Voss, G., 1985, Was wir ueber Waldsterben Wissen, Deutscher Instituts Verlag, Koeln.
- Paffrath, D., Peters, W., 1988, Betrachtung der Ozonvertikalverteilung in Zusammenhang mit den neuartigen Waldschaden, Forstwirtschaftliches Cbl, 107.
- Prigogine, I., Stengers, I., 1981, La nuova alleanza, Einaudi, Torino.

Rhind, D.W., Mounsey, H.M., 1989, Understanding the Global Environment through GIS, Shand, P., Moore, R., (eds), Association for Geographic Information Yearbook, Taylor and Francis, London, pp.267-72.

Rosswall T., Woodmansee, R.G., Risser P.G., (eds), 1988, Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes, SCOPE 35, J.Wiley and Sons, Chichester.

Shiryaev, E.E., 1987, Computer and the Representation of Geographical Data, J.Wiley and Sons, Chichester; 2<sup>nd</sup> ed. 1977 (versione russa)

Schuett, P., 1984, Der Wald Stirbt an Stress, C. Bertelsmann Verlag GmbH, Muenchen.

Schweingruber, F.H., et al., 1983, Eine Jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz, Rapporto n.253 dell'Istituto Federale di Ricerche Forestali, Birmensdorf.

Tickell, C., 1986, Climate Change and World Affairs, University Press, Harvard University.

Wright, A., De Meyer, H., 1986, An Overview of Forest Damage in the Member States of the European Economic Community, State University of Gent, Gent.