

Nazioni Unite Commissione
Economica per l'Europa

Commissione Europea

Condizioni delle Foreste in Europa

2003 Bilancio Esecutivo



Centro Federale per la Ricerca
nel settore delle Foreste e dei Prodotti Forestali (BFH)

Le denominazioni utilizzate e la presentazione del materiale contenuti nel presente Rapporto non esprimono alcuna opinione particolare del Segretariato delle Nazioni Unite in merito alla natura giuridica di qualsivoglia paese, territorio, città o regione o delle relative autorità, oppure alla delimitazione degli stessi mediante frontiere e confini.

Le opinioni espresse nel presente Rapporto sono quelle dell'autore e non corrispondono necessariamente a quelle della Commissione Europea.

Dopo l'approvazione da parte della Task Force del Programma ICP Forests, il presente Rapporto ha ricevuto il nulla osta del Gruppo di Lavoro sugli Effetti della Convenzione sugli Effetti dell'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza.

© UNECE e EC, Ginevra e Bruxelles,
2003

Riproduzione autorizzata, salvo a fini commerciali, con citazione della fonte.

ISSN 1020-5934

Stampato in Germania

CONDIZIONI DELLE FORESTE IN EUROPA

Bilancio Esecutivo 2003

Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza: Programma di Cooperazione Internazionale sulla Valutazione e il Monitoraggio degli Effetti dell'Inquinamento Atmosferico sulle Foreste.

Schema dell'Unione Europea sulla Protezione delle Foreste dall'Inquinamento Atmosferico

Nazioni Unite Commissione Economica per l'Europa

Commissione Europea

Ringraziamenti

La Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite e la Commissione Europea desiderano ringraziare tutte le persone e le istituzioni che hanno contribuito alla preparazione del presente Rapporto: in particolare il Centro Federale per la Ricerca nel settore delle Foreste e dei Prodotti Forestali – Centro di Coordinamento del Programma ICP Forests, i Centri Focali Nazionali per la raccolta dei dati; e

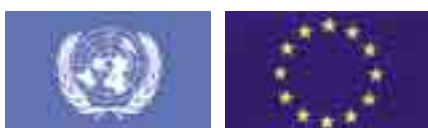
R. Fischer (curatore, cap. 1+6+7), W. de Vries (cap. 3+5), E. Beuker (par.2.2), V. Calatayud (cap.4), A. Fürst (par.2.3), K.-H. Häberle (cap. 4 -special focus), T. Haußmann (cap. 7), D.F. Karnosky (cap. 4 – special focus), G.H.M. Krause (cap. 4), P. Gundersen (cap. 5), M. Lorenz (riassunto + cap.7), S. Luyssaert (par. 2.3), R. Matyssek (cap. 4 – special focus), F.-J. Mayer (cap. 2–special focus), S. Meining (cap. 2-

special focus), V. Mues (par. 2.1), P. Neville (cap. 6), K.E. Percy (cap. 4 – special focus), M. Posch (cap. 3), T. Preuhsler (par. 2.2), H. Raitio (par. 2.3), G.J. Reinds (cap. 3+5), J.P. Renaud (cap. 6), M.J. Sanz (cap. 4), E.D. Schulze (cap. 5 – special focus), E. Vel (cap. 3+5).

CONTENUTI E PRINCIPALI RISULTATI

Prefazione p. 6

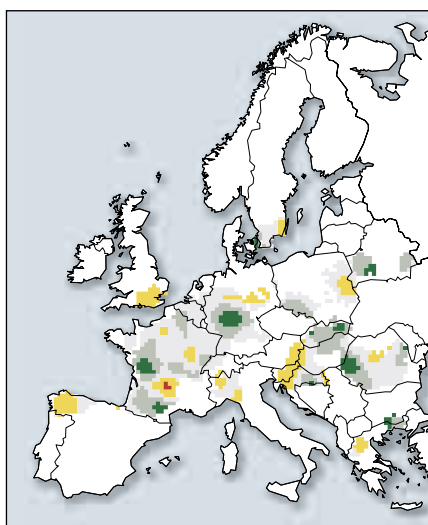
Risultati di 17 anni di Monitoraggio delle Condizioni delle Foreste p. 8



1. Il sistema pan-europeo di monitoraggio p. 11

Il Programma comune di monitoraggio della Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) e l'Unione Europea (EU) si basa su:

- 6.000 punti di Livello I selezionati in modo sistematico
- 860 Aree di Monitoraggio Intensivo (Livello II)
- 39 Paesi partecipanti



Cinque anni di evoluzione della defogliazione nelle querce

2. Condizioni delle foreste su vasta scala e risposta delle piante. . p. 13

La valutazione annuale di oltre 17 anni di studio ha rivelato un complessivo deterioramento con un recupero transitorio a metà degli anni '90. Nel 2002 circa un quinto degli oltre 130.000 alberi campionati in Europa è stato classificato come moderatamente o gravemente danneggiato.

La defogliazione delle chiome è influenzata dall'età delle piante, da condizioni atmosferiche estreme e da fattori biotici. Esiste una chiara relazione tra le deposizioni di zolfo e la defogliazione delle chiome delle principali specie arboree. La riduzione delle emissioni di zolfo si riflette sulla composizione chimica delle foglie di pino e di abete. Le piante rispondono ai cambiamenti climatici attraverso cambiamenti dei periodi di emissione delle foglie, di colorazione e perdita delle foglie.

2.1 Condizioni delle chiome nel 2002 ed evoluzione passata. . p. 13

Le condizioni dell'abete bianco (*Abies alba*) p. 18

2.2 Fenologia e influenze ambientali p. 20

2.3 La composizione chimica fogliare riflette i cambiamenti ambientali. p. 21



Simulazione delle concentrazioni di nitrati

3. Inquinamento atmosferico e previsione dell'impatto a lungo termine. p. 22

I valori più alti di deposizioni di azoto e zolfo interessano i siti forestali dell'Europa centro-occidentale. L'analisi degli scenari per le riduzioni delle emissioni, in accordo con le convenzioni internazionali, evidenzia che le concentrazioni di solfati nelle soluzioni circolanti nel suolo rimarranno ai bassi livelli già raggiunti nel 2000, e le concentrazioni di nitrati diminuiranno entro il 2010 nella maggior parte dei siti.

4. La concentrazione di ozono nelle foreste p. 26

Le concentrazioni di ozono sono state particolarmente elevate nell'Europa Meridionale. Danni da ozono sono visibili sulle foglie di diverse specie di alberi in Europa. I primi risultati della fase sperimentale sull'ozono mostrano l'importanza delle attività di monitoraggio nell'ambito del Programma.

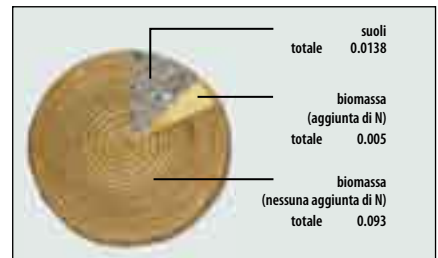


Danni da ozono su una foglia di ontano

Ozono: situazione globale, danno fogliare e ricerca p. 29

5. Cattura di carbonio e cambiamenti climatici p. 30

La cattura del carbonio da parte delle foreste può rallentare la velocità dei cambiamenti climatici. I risultati mostrano che l'attuale cattura di carbonio nelle foreste europee è principalmente in relazione con l'aumento della biomassa arborea. Gli apporti di azoto dall'atmosfera accelerano la crescita degli alberi, ma in generale la loro influenza sulla cattura del carbonio è piuttosto limitata.



Cattura annua netta di carbonio in Gton/ha/y

Biossido di carbonio: situazione globale, conseguenze, ricerca e provvedimenti politici p. 34

6. Biodiversità nelle Aree di Monitoraggio Intensivo p. 35

Il database del Programma contiene preziose informazioni su molti aspetti che riguardano la diversità biologica forestale, inclusa la vegetazione, le specie arboree e la struttura del popolamento. *Galeopsis tetrahit* è un esempio di specie erbacea presente particolarmente nei siti caratterizzati da elevate deposizioni di azoto. E' stata lanciata una fase sperimentale per lo sviluppo di valutazioni supplementari e di indici sintetici.



Galeopsis tetrahit

7. Conclusioni p. 38

Allegati p. 40



Dr. Heinz-Detlef Gregor

PREFAZIONE

E' per me un immenso piacere presentarvi il Rapporto Esecutivo 2003 sulle condizioni delle foreste in Europa. Anche quest'anno il presente Rapporto segnala importanti elementi per il lavoro svolto nell'ambito della Convenzione UNECE sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza e della Commissione Europea, attraverso un'unica rete di cooperazione scientifica. Nell'ambito della Convenzione il Programma Internazionale per la Cooperazione per la Valutazione e il Monitoraggio degli Effetti dell'Inquinamento Atmosferico sulle Foreste (ICP Forests) è stato impostato per monitorare gli effetti degli inquinanti atmosferici sulle foreste attraverso la raccolta di dati esaurienti e confrontabili sui cambiamenti degli ecosistemi forestali nelle attuali condizioni ambientali e per individuare le relazioni causa-effetto attraverso il monitoraggio e la ricerca. Si tratta del più ampio programma all'interno del Gruppo di Lavoro sugli Effetti e promuove lo sviluppo di metodi armonizzati, la formazione, lo scambio di dati interni ed esterni, l'assicurazione della qualità, la guida scientifica e la partnership internazionale.

Apprezzo molto che il lavoro accuratamente programmato e svolto nell'ambito dell'EU/ICP Forests e le collaborazioni con gli altri cinque programmi, come la Task Force che si occupa degli Effetti sulla Salute Umana, forniscano lo strumento scientifico necessario per il supporto delle politiche ambientali per l'Europa e per i paesi dell'UNECE, oltre ad incrementare la consapevolezza della scienza, della politica e dell'opinione pubblica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico a livello regionale. Allo stesso modo desidero ringraziare il generoso supporto che il programma sulle

foreste ha ricevuto all'interno dello Schema dell'Unione Europea per la Protezione delle Foreste dall'Inquinamento Atmosferico.

Il Rapporto Esecutivo 2003, basato su una serie di dati di 17 anni relativamente alle condizioni delle chiome, rivela un generale deterioramento. Sono messi in relazione l'inquinamento atmosferico, i cambiamenti fenologici e i cambiamenti climatici. Emerge, inoltre, come il recupero degli ecosistemi forestali sia un processo molto lento.

Gli ecosistemi forestali sono molto complessi. Per capire il loro stato attuale, valutare la loro futura evoluzione e prevedere scenari ambientali futuri sono necessari numerosi dati e una continua azione di monitoraggio. Questo comporta che l'attuale ricchezza di dati, raccolti grazie alla partecipazione di 37 paesi europei e del Nord America, costituisca un contributo rilevante anche per altri programmi regionali o di più ampio raggio come la Rete di Monitoraggio delle Deposizioni Acide nell'Asia Orientale (EANET) o quella del Ministero dell'Agricoltura, Servizio Forestale, degli Stati Uniti (USDA).

Le attività svolte nell'ambito della Convenzione sono incentrate attualmente sulla preparazione della revisione del Protocollo Multipollutant-Multi-Effect, quando questo entrerà in vigore, e di altri protocolli la cui entrata in vigore è prevista entro qualche anno. Le serie temporali, come quelle raccolte nell'ambito del Programma ICP Forests e dell'Unione Europea hanno un valore molto importante, poiché permettono di seguire le tendenze di variazione delle condizioni degli ecosistemi monitorati, in connessione con il notevole miglioramento della situazione dell'inquinamento in Europa.

A tale riguardo, diventa particolarmente importante la collaborazione tra i diversi Programmi ICP. Il Rapporto Esecutivo 2003 dimostra la cooperazione su vasta scala con gli altri Programmi ICP nell'applicazione dei carichi critici e dei modelli dinamici, nell'ambito dei rapporti causa-effetto, nella descrizione dei sintomi visibili dei danni da ozono sugli alberi forestali, a supporto dello sviluppo di approcci basati sui flussi di sostanza per la valutazione degli effetti dell'ozono sulle foreste, e nella valutazione dei modelli di deposizione.

Il futuro delle attività di monitoraggio coordinate da tutti i Programmi ICP dipende dal contributo dei relativi Centri Focali Nazionali, dal supporto dei Paesi partecipanti e dai contributi volontari delle parti in conformità al programma di lavoro per l'attuazione della Convenzione. La revisione dei Protocolli, che continuerà nel 2004, può essere eseguita come è stata pianificata solo se tutti i Programmi saranno portati a termine secondo il piano di lavoro. Inoltre, il rispetto dei tempi per tutte le azioni previste richiede un accordo su uno strumento di finanziamento stabile per le attività che riguardano lo studio degli effetti nell'ambito della Convenzione.

Desidero congratularmi con il Programma EU/ICP Forests per la realizzazione di un altro eccellente Rapporto. Spero che costituisca un valido strumento per chi opera nel settore politico.

Alla luce dell'attuale situazione, caratterizzata dalla presenza di più inquinanti, tra i compiti futuri del Programma dovranno essere previste decisioni su come estendere l'utilizzo dei dati raccolti al fine di effettuare valutazioni di rischio complessivo.

Su questa linea l'ICP Forests in collaborazione con la Commissione Europea continuerà ad essere



Fiume e paesaggio forestale in Norvegia

uno dei principali strumenti scientifici gestionali per la cooperazione internazionale nell'ambito delle attività di monitoraggio ambientale, utile alla soluzione del comune problema dell'inquinamento atmosferico transfrontaliero.

Handwritten signature of Heinz-Detlef Gregor in black ink.

Dr. Heinz-Detlef Gregor
Chairman del Gruppo di Lavoro sugli Effetti nell'ambito della Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza



IMPATTO DI FATTORI DI STRESS AMBIENTALE SULLE FORESTE IN EUROPA – RISULTATI DI 17 ANNI DI DI MONITORAGGIO DELLE CONDIZIONI DELLE FORESTE

La condizione delle foreste in Europa è soggetta all'impatto di numerosi cambiamenti ambientali. Questi cambiamenti minacciano la gestione sostenibile delle foreste e quindi la loro funzione ecologica, economica, sociale e culturale. Le politiche ambientali internazionali devono fondarsi su misure preventive che abbiano solide basi scientifiche. Per garantire solidità a queste basi scientifiche di partenza è necessario un monitoraggio intensivo delle condizioni delle foreste su larga scala spaziale e temporale.

La rete di monitoraggio

Le condizioni delle foreste in Europa sono monitorate da oltre 17 anni dalla Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite e dall'Unione Europea. Le variazioni nello spazio e nel tempo su larga scala delle condizioni delle foreste sono valutate in 6.000 punti sistematicamente distri-

buiti in Europa in relazione a fattori naturali e antropici. L'intensità di monitoraggio su larga scala è definita come di "Livello I". Le relazioni di causa-effetto sono studiate in dettaglio in 860 aree di monitoraggio intensivo che rappresentano i più importanti ecosistemi forestali europei. Questo monitoraggio intensivo è definito come di "Livello II". Entrambi i livelli d'indagine sono da considerarsi tra loro complementari. Grazie ai numerosi siti e parametri presi in considerazione e ai 39 Paesi partecipanti, il Programma costituisce la più grande rete mondiale di biomonitoraggio.

Condizioni delle chiome

La valutazione delle condizioni delle chiome è un rapido indice che può essere utilizzato per numerosi fattori ambientali che minacciano la vitalità delle piante. Le valutazioni annuali delle condizioni delle chiome eseguite da oltre 17 anni hanno rive-

lato un generale deterioramento con un recupero transitorio a metà degli anni '90. Nel 2002 circa un quinto degli oltre 130.000 alberi monitorati in Europa è stato classificato come moderatamente o fortemente defogliato. L'impatto dei diversi fattori sulle condizioni delle chiome presenta un'ampia variazione spaziale e temporale. Le relazioni tra l'andamento delle condizioni delle chiome e i principali fattori antropici sono studiate attraverso analisi di statistica e geostatistica multivariate. I risultati presentati in questo Rapporto confermano le osservazioni preliminari del Programma, che spiegavano la variazione nella defogliazione come effetto dovuto principalmente all'età degli alberi, a condizioni climatiche estreme, a fattori biotici e all'inquinamento atmosferico. Gli effetti delle condizioni climatiche si possono manifestare, inoltre, attraverso cambiamenti fenologici negli alberi, come



Formazione forestale aperta di leccio "Montado - Dehesa" in Portogallo

ad esempio i cambiamenti del periodo di emissione delle foglie, di colorazione e della perdita delle foglie. Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, sono ormai comprovati i rapporti fra le deposizioni di zolfo e la defogliazione delle principali specie arboree.

Inquinamento atmosferico

Coerentemente con il proprio mandato politico, il Programma rivolge particolare attenzione agli effetti dell'inquinamento atmosferico. L'inquinamento atmosferico può avere effetti negativi sugli ecosistemi forestali prima ancora che sia possibile identificare segni visibili sulle piante, come ad esempio la defogliazione. Studi precedenti svolti all'interno del Programma hanno messo in evidenza le relazioni esistenti tra le condizioni del suolo forestale e le deposizioni atmosferiche. In particolare le deposizioni di azoto sono risultate essere

la principale sorgente di acidificazione potenziale del suolo. Le deposizioni acide, di azoto e di metalli pesanti superano i rispettivi valori di carichi critici in numerosi siti forestali e questo costituisce un'indicazione sull'aumento dei rischi per gli ecosistemi forestali. In contrapposizione a quanto appena detto, le deposizioni di zolfo sono diminuite negli ultimi anni. Il presente Rapporto mette in evidenza come le concentrazioni di zolfo siano diminuite negli aghi dell'abete rosso e del pino silvestre. Questo rappresenta un importante successo delle drastiche riduzioni nelle emissioni di zolfo in Europa previste dalla Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza (CLRTAP) dell'UNECE. Nell'ambito di tale Convenzione sono stati adottati otto Protocolli legalmente vincolanti che stabilivano i limiti nazionali per le emissioni in atmosfera dei principali inquinanti. L'ultimo di

questi, il Protocollo di Gothenburg, è stato firmato a Gothenburg, in Svezia, nel 1999, con l'obiettivo di ridurre almeno del 63% le emissioni di zolfo e del 41 % quelle di NO_x rispetto ai valori del 1990.

Un punto chiave riguarda il beneficio che ci si può aspettare dalle singole misure di controllo delle emissioni. Per la prima volta il presente Rapporto presenta i risultati dell'analisi degli scenari futuri presupponendo la riduzione delle emissioni attuata secondo il protocollo di Gothenburg. Questo è possibile grazie all'utilizzo di modelli dinamici che simulano le reazioni della chimica del suolo al variare delle condizioni ambientali. I risultati indicano che le riduzioni previste comportano un veloce recupero nella qualità delle soluzioni circolanti nel suolo. Le concentrazioni dei solfati nelle soluzioni circolanti rimarranno al basso livello già raggiunto nel 2000, mentre per le



Foresta di pino silvestre in Norvegia

concentrazioni dei nitrati è prevista una diminuzione entro il 2010 nella maggior parte dei siti, in particolar modo per quelli in cui si registrano elevati apporti di azoto. Il recupero della componente solida del suolo sarà invece molto più lungo.

Uno dei principali inquinanti atmosferici che minaccia direttamente le foreste attraverso gli effetti sulle foglie è l'ozono troposferico. Le prime misurazioni effettuate nell'ambito del Programma confermano che le concentrazioni di ozono più elevate si registrano soprattutto nell'Europa Meridionale. La valutazione visibile dei danni da ozono sarà ulteriormente sviluppata nell'ambito dell'unico sistema di monitoraggio dei suoi effetti sulle foreste su scala europea. I risultati preliminari rivelano inoltre danni da ozono anche per il faggio, nell'Europa Centrale.

Cattura di carbonio

Il riscaldamento globale è attribuito all'aumento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera, in particolare del biossido di carbonio (CO₂). Il programma di monitoraggio è utile nel fornire informazioni sulla cattura di carbonio da parte delle piante e quindi sulla relativa diminuzione delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera. I risultati mostrano che l'attuale riserva di carbonio negli alberi è 5-7 volte maggiore rispetto al contenuto di carbonio nel suolo. Estrapolazioni sull'area forestata dell'Europa, corret-

te per le rimozioni di carbonio dovute al fuoco e al taglio, forniscono un tasso medio di rimozione di 0,1 Gton all'anno. Le deposizioni di azoto sembrano incrementare la rimozione di carbonio del 5% circa, attraverso la stimolazione della crescita arborea; inoltre, anche un'oculata gestione forestale produce un marcato effetto sulla cattura di carbonio.

Biodiversità

Le attività di monitoraggio attualmente in corso forniscono dati su molti aspetti legati alla biodiversità forestale. Nel Rapporto dello scorso anno, l'influenza delle deposizioni atmosferiche sulla vegetazione era stata dimostrata. Quest'anno il Rapporto si concentra sulle informazioni che si possono ottenere dal database della Rete di Livello II in merito alla struttura del popolamento. Ulteriori metodi di valutazione e i calcoli di indici saranno sviluppati in una fase sperimentale del programma ICP Forests a partire dal 2003.

Direzioni future

Il monitoraggio delle foreste in Europa continuerà a fornire solide basi scientifiche per le politiche di abbattimento degli inquinanti nell'ambito dell'UNECE e dell'UE. Dopo un primo successo di queste politiche, gli obiettivi futuri del Programma comprenderanno la verifica degli effetti del controllo delle emissioni. Tuttavia, la solida struttura del programma, il

suo approccio di monitoraggio multidisciplinare e la sua base completa di dati permetteranno di fornire contributi significativi ad altre aree della politica ambientale. Il programma sta già perseguendo gli obiettivi di numerose risoluzioni della Conferenza Ministeriale sulla Protezione delle Foreste in Europa (MCPFE) e garantisce informazioni su alcuni degli indicatori utili nella gestione sostenibile delle foreste. Inoltre, sta contribuendo attivamente al Forum sulle Foreste delle Nazioni Unite (UNFF). I risultati previsti sulla biodiversità nelle foreste saranno rilevanti per l'applicazione della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) e contribuiranno all'azione ministeriale "Ambiente per l'Europa" attraverso la relativa Strategia Pan-Europea sulla Diversità Biologica e Paesaggistica (PEBLDS).

Con la possibilità di offrire il proprio contributo riguardo la valutazione della cattura di carbonio nelle foreste, il programma sosterrà il protocollo de Kyoto nell'ambito della Convenzione sui Cambiamenti Climatici. Inoltre, il programma sta ricevendo sempre più attenzione da parte delle istituzioni politiche e di ricerca al di fuori dell'Europa. Ciò è dimostrato anche dalla cooperazione iniziata di recente con i programmi di monitoraggio delle foreste Nord Americani nell'ambito della valutazione dei carichi critici. Un altro esempio riguarda la discussione sull'applicabilità dell'approccio del monitoraggio delle foreste europee alle foreste dell'Asia Orientale attraverso nella la Rete di Monitoraggio delle Depositioni Acide nell'Asia orientale (EANET).

Ulteriori informazioni sono disponibili sui siti:

<http://www.icp-forests.org> (ICP Forests)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Commissione Europea)

<http://www.fimci.nl> (Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute)



Frassino maggiore

1. IL SISTEMA PAN-EUROPEO DI MONITORAGGIO DELLE FORESTE

Introduzione e contesto

Le foreste coprono circa un terzo del territorio europeo. In molte aree esse rappresentano l'ecosistema più naturale del continente. Allo stesso tempo le foreste europee hanno un importante valore economico e sociale che, per il comune interesse della qualità della vita, deve essere conservato.

L'attuale condizione delle foreste non è che il risultato della continua interazione tra l'uomo e la natura nel corso dei secoli. Le politiche ambientali internazionali, così come la gestione delle foreste, devono fondare i provvedimenti che influenzeranno gli ecosistemi forestali, in futuro, su una solida base scientifica garantita da un monitoraggio intensivo delle condizioni delle foreste su larga scala spaziale e temporale.

L'origine dell'attuale sistema di monitoraggio risale agli anni '80 quando in molte zone dell'Eu-

ropa si rilevava un pericoloso deterioramento delle foreste. Come risposta alla crescente preoccupazione sul ruolo dell'inquinamento atmosferico in tale deterioramento, ha avuto inizio, nel 1985, il Programma di Cooperazione Internazionale sulla Valutazione e il Monitoraggio degli Effetti dell'Inquinamento Atmosferico sulle Foreste (ICP Forests) nell'ambito della Convenzione UNECE sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza (CLRTAP). Nel 1986 l'Unione Europea (EU) ha adottato lo Schema per la Protezione delle Foreste dall'Inquinamento Atmosferico e con il Regolamento CEE n. 3528/86 ne ha fornito le basi legali. Oggi sono 39 i paesi che partecipano al Programma Pan-Europeo di Monitoraggio.

Obiettivi del Programma

Gli obiettivi del Programma sono:

- fornire una periodica panoramica spaziale e temporale di come variano le condizioni delle foreste in relazione a fattori di stress naturali e antropici nell'ampia rete europea e nazionale di Livello I;
- contribuire a una migliore comprensione delle relazioni esistenti tra le condizioni degli ecosistemi forestali e i fattori di stress, in particolare l'inquinamento atmosferico, attraverso un'azione di monitoraggio intensivo in un certo numero di aree permanenti di osservazione selezionate a questo scopo, distribuite in tutta l'Europa (Livello II);
- contribuire al calcolo dei livelli critici, dei carichi critici e delle rispettive eccedenze nelle foreste;
- collaborare con altri Programmi di monitoraggio ambientale, al fine di raccogliere utili informazioni su altre importanti pro-

Indagini condotte	Livello I		Livello II	
Condizioni delle chiome	annuale	tutte le aree	almeno annuale	tutte le aree
Composizione chimica delle foglie	una sola volta	1497 aree	ogni 2 anni	tutte le aree
Composizione chimica del suolo	una sola volta	5289 aree	ogni 10 anni	tutte le aree
Soluzioni nei suoli			continua	alcune aree
Accrescimento arboreo			ogni 5 anni	tutte le aree
Vegetazione			ogni 5 anni	tutte le aree
Deposizioni atmosferiche			continua	alcune aree
Inquinanti atmosferici			continua	alcune aree
Meteorologia			continua	alcune aree
Fenologia			più volte all'anno	facoltativa
Telerilevamento			al momento dell'installazione	facoltativa

Tabella 1-1: Indagini condotte nei punti di Livello I e nelle aree di Livello II.

blematiche, come ad esempio i cambiamenti climatici e la biodiversità negli ecosistemi forestali, per contribuire a una gestione sostenibile delle foreste in Europa;

- raccogliere informazioni sui processi che avvengono negli ecosistemi forestali e fornire ai responsabili delle decisioni politiche e al pubblico le informazioni pertinenti.

Schema di monitoraggio

Per conseguire gli obiettivi del Programma sono stati istituiti una rete sistematica di monitoraggio su vasta scala (Livello I) e un programma di monitoraggio intensivo delle foreste (Livello II) (Tab. 1-1).

La grande importanza della rete di monitoraggio di Livello I è legata alla sua rappresentatività e all'elevato numero di punti fissi, circa 6.000, inseriti in un reticolo di 16 x 16 km, distribuite in tutta

Europa. La valutazione annuale delle condizioni delle chiome è svolta come indagine di Livello I; inoltre, in un elevato numero di punti, viene svolta anche l'analisi della composizione chimica delle foglie e del suolo. Quest'ultima sarà ripetuta prossimamente.

Per il monitoraggio intensivo sono state selezionate oltre 860 aree di Livello II, ubicate nei principali ecosistemi forestali dei Paesi partecipanti. All'interno di queste aree vengono misurati numerosi fattori chiave e i dati raccolti consentono di effettuare studi specifici sulle più comuni combinazioni di specie arboree ed aree. Le più recenti modifiche apportate alle indagini in corso prevedono fasi sperimentali per le misure di ozono, per la valutazione dei danni visibili e potenziali contribuiti alla valutazione della biodiversità forestale.



Abete rosso in buone condizioni, Repubblica Slovacca.

2. CONDIZIONI DELLE FORESTE SU VASTA SCALA E REAZIONE DELLE PIANTE ALLE VARIAZIONI AMBIENTALI

2.1 Condizioni delle chiome nel 2002 ed evoluzione passata

Sintesi

- Oltre il 20% dei 130.000 alberi valutati nel 2002 è stato classificato come danneggiato. Gli alberi monitorati sin dall'inizio di questa indagine mostrano un deterioramento costante dal 1986 al 1995. Dopo un significativo recupero a metà degli anni '90, il deterioramento è ripreso a livelli più bassi.
- Da analisi approfondite condotte sull'abete rosso e sulle specie del genere *Quercus* è emerso che non esiste un'unica tendenza temporale di defogliazione in Europa, ma che questa risulta legata alle mutevoli condizioni delle diverse regioni.
- I fattori che incidono sulle condizioni delle chiome sono: la quantità di precipitazioni, le infezioni

fungine e da insetti e l'inquinamento atmosferico.

Introduzione

Il programma fornisce una panoramica continua nel tempo delle condizioni delle foreste in Europa attraverso il monitoraggio su larga scala della Rete 16 x 16 km. L'indagine annuale sulle condizioni delle chiome rappresenta la principale attività su vasta scala del Programma. Nell'ambito di questa indagine la mancanza di foglie per ciascun albero osservato è indicata come defogliazione. Nel 2002 sono stati esaminati oltre 130.000 alberi in 6.000 punti distribuiti in 30 Paesi europei, seguendo i metodi standard. Inoltre, in molti Paesi sono state eseguite valutazioni aggiuntive in punti posti su di una Rete più fitta.

La defogliazione risponde a numerosi fattori di stress ed è quindi un indicatore generale importan-

te delle condizioni delle foreste. Per mettere in evidenza le relazioni esistenti tra i fattori di stress e le condizioni delle chiome su vasta scala, sono applicate tecniche di statistica multivariata. Il presente Rapporto focalizza l'attenzione su valutazioni approfondite che riguardano l'abete rosso e la rovere seguendo lo stesso approccio del Rapporto dello scorso anno sul pino silvestre e sul faggio. L'approfondimento sulle condizioni dell'abete bianco riflette la prospettiva e l'esperienza degli esperti nazionali riguardo particolari specie arboree e continua la serie iniziata negli anni precedenti con il leccio, il pino d'Aleppo e il faggio.

Le foreste sono ecosistemi molto complessi e le influenze ambientali possono essere seguite a vari livelli. Ciò emerge chiaramente dai risultati dell'analisi della chimica delle foglie e delle osservazioni fenologiche.

Metodi

L'analisi della variazione temporale e spaziale dell'abete rosso, della rovere e della farina, è basata sui punti di Livello I, per cui si hanno a disposizione dati completi dal 1997 al 2002 per almeno tre alberi di abete o quercia. Le influenze multiple sono calcolate per il periodo di valutazione 1994-1999, poichè negli anni successivi non erano disponibili i dati sulle deposizioni.

Livelli di defogliazione: Le stime di defogliazione nei siti distribuiti in tutta Europa sono fortemente influenzate dall'età degli alberi nelle parcelle (gli alberi più vecchi risultano generalmente più defogliati) e dal Paese in cui sono collocati i punti di Livello I (i metodi di valutazione a volte sono diversi tra i vari Paesi). I livelli di defogliazione riportati sono stati quindi calcolati come differenza tra le valutazioni sul campo e i valori ottenuti dall'applicazione dei modelli per i vari siti, nei quali si è tenuto conto delle variabili "età del popolamento" e "Paese" in modo da compensare la loro influenza.

L'evoluzione della defogliazione è stata calcolata come gradiente della regressione lineare dei punti di saggio utilizzando tutti i valori medi annuali dei punti dal 1997 al 2002. L'influenza dell'età e del Paese sono trascurabili nella valutazione delle tendenze temporali.

Il metodo geostatistico di Kriging è stato utilizzato per l'interpolazione di livelli e tendenze di defogliazione, sui punti di Livello I disponibili.

I modelli lineari multipli sono stati impiegati per spiegare la defogliazione in relazione a diverse influenze ambientali (dal 1994 al 1999). Sono stati utilizzati dati esterni al Programma per le deposizioni e le precipitazioni. Una concomitanza di valori elevati di defogliazione e di diversi fattori di stress può essere interpretata come probabile effetto dei danni.

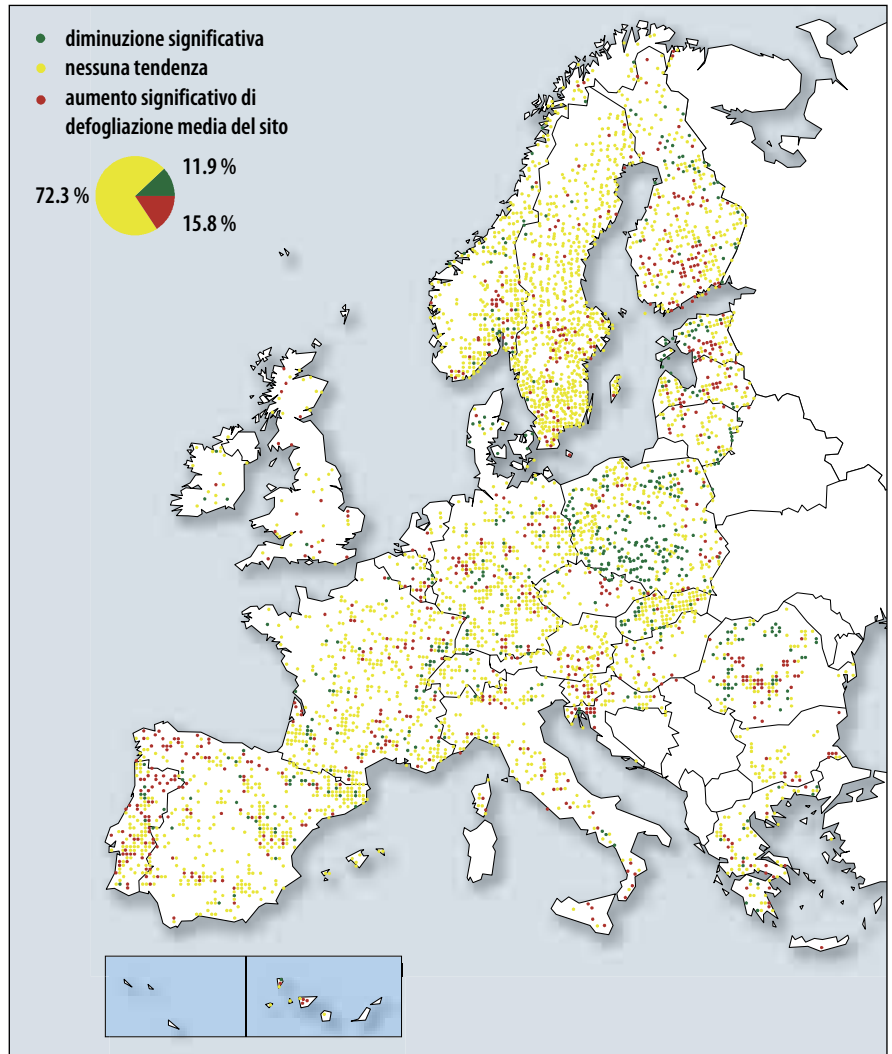


Figura 2-1: Evoluzione della defogliazione per tutte le specie arboree. Le tendenze lineari dei punti di saggio per il periodo 1994-2002 sono stati sottoposti a test di significatività. Il periodo di valutazione per Francia, Italia e Svezia è 1997-2002.



I Corsi Internazionali di Calibrazione Incrociata costituiscono una parte del Programma di controllo di qualità della valutazione delle chiome. Nel corso di questi Corsi i gruppi leader dei diversi Paesi si incontrano nei punti di osservazione e formulano una valutazione sugli stessi alberi campione.

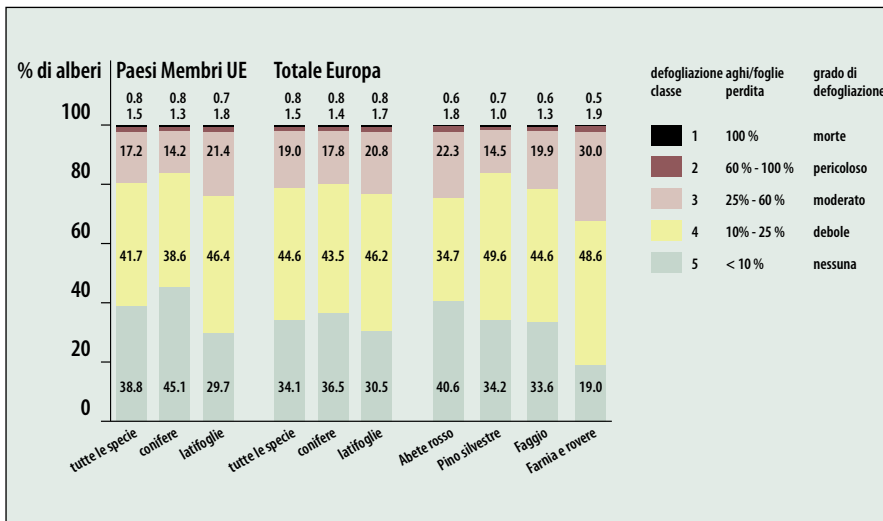


Figura 2-2: Percentuale di alberi nelle diverse classi di defogliazione per le principali specie arboree. Totale Europa e Unione Europea, 2002.

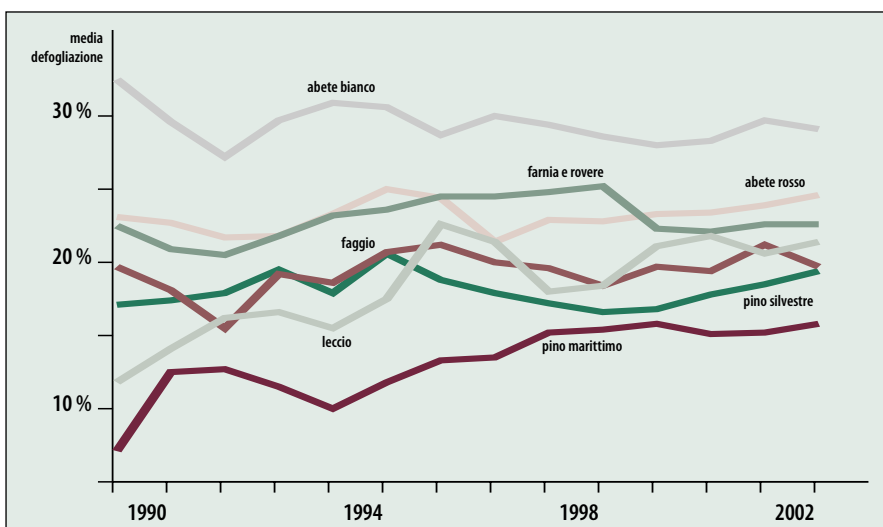


Figura 2-3: Tendenza della defogliazione media per le principali specie arboree europee, calcolata per gli alberi soggetti a monitoraggio continuo. Il numero di campioni varia da 1.237 alberi per farnia e rovere, a 2.988 per l'abete rosso (abete bianco: 289 alberi).

Risultati su vasta scala

Il 21,3% degli alberi osservati nel 2002 è stato classificato come moderatamente o fortemente defogliato o morto. Le condizioni delle chiome nei Paesi membri dell'Unione Europea sono risultate migliori rispetto all'Europa nel suo insieme. Tra le quattro specie arboree che si ritrovano più frequentemente nei siti forestali, la farnia e la rovere sono risultate le specie più fortemente defogliate (Fig. 2-2).

L'evoluzione temporale della defogliazione è stata analizzata per i campioni di alberi monitorati costantemente. Gli alberi di abete bianco monitorati hanno mostrato la più alta defogliazione media durante tutti gli anni di osservazione. In generale, i valori medi di defogliazione hanno oscillato considerevolmente (Fig. 2-3). La percentuale

di alberi danneggiati (categorie di defogliazione da 2 a 4) e morti per tutte le specie è stata massima nel 1995 (25,6%), mentre è diminuita nei due anni successivi (non riportato). Da allora si è avuto un aumento lento ma costante.

La mappa dei punti di saggio di tutte le specie arboree (Fig. 2-1) mostra che la percentuale dei siti in cui si è registrato un aumento significativo nella defogliazione dal 1994 al 2002 è più elevata (15,8%) rispetto alla percentuale dei siti in cui la defogliazione è risultata in diminuzione (11,9%). I siti che presentano condizioni delle chiome in deterioramento sono raggruppati lungo il litorale nord-occidentale della penisola iberica, nelle zone meridionali della Finlandia e dell'Estonia, nella regione alpina di Austria e Slovenia e in Croazia. Le regioni dove si re-

gistra un miglioramento nei punti di osservazione, riguardano la parte meridionale della Polonia e la zona costiera dell'Estonia.

L'Abete rosso

Nella parte centrale della Norvegia la defogliazione media dell'abete rosso è piuttosto elevata (Figg. 2-4 and 2-5). Questa situazione è dovuta principalmente alla ruggine degli aghi e ai funghi marcescenti delle radici. Il danno diviene particolarmente grave a causa di stress climatici. La situazione è leggermente migliorata negli ultimi cinque anni. In regioni molto vaste come la Svezia, la defogliazione è aumentata a partire dal 1997 per motivi legati agli stessi fattori che hanno determinato la defogliazione in Norvegia. Nella Bielorussia si è registrato un miglioramento, mentre nella regio-

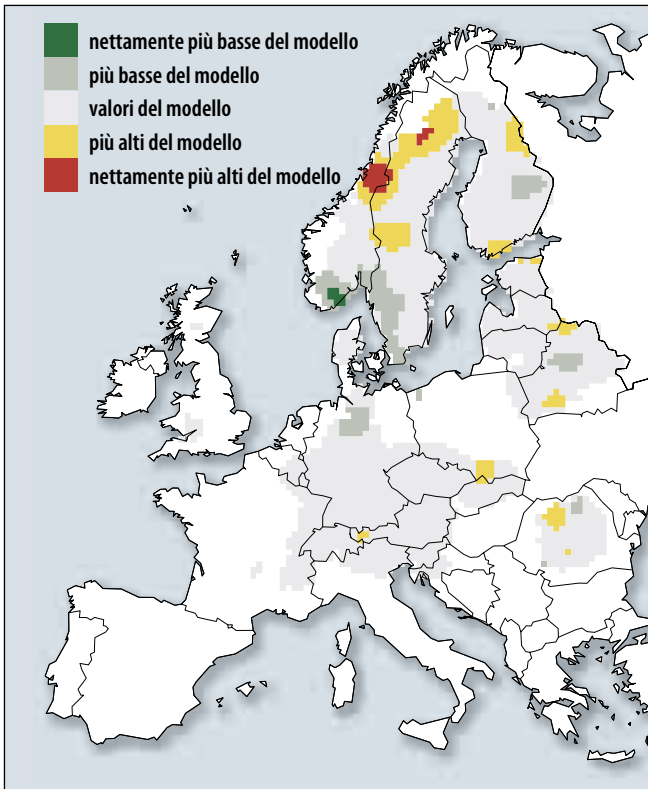


Figura 2-4: Defogliazione dell'abete rosso. Differenze tra la defogliazione media a medio termine e valore del modello. L'interpolazione è basata su 1.461 siti soggetti a monitoraggio continuo dal 1997 al 2002.

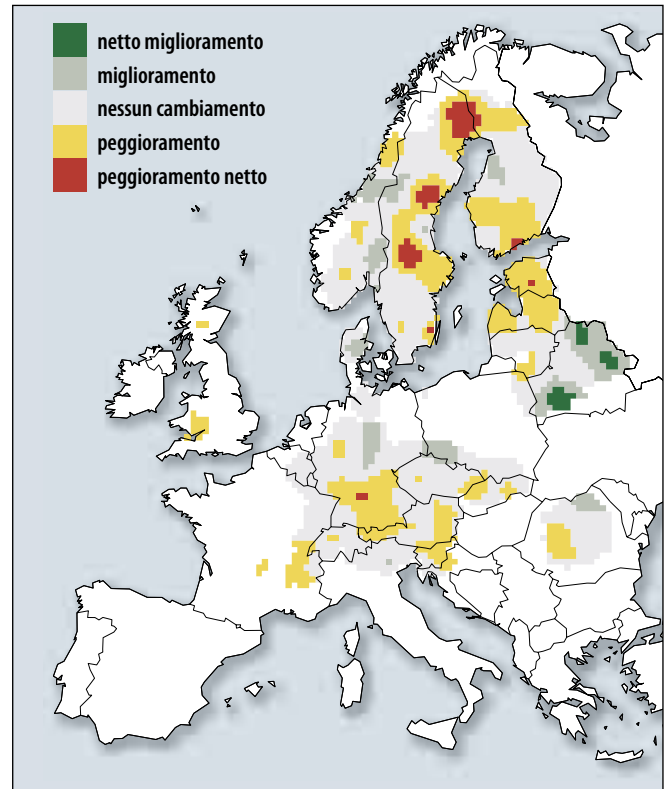


Figura 2-5: Tendenza temporale della defogliazione media dell'abete rosso. L'interpolazione è basata su 1.461 punti soggetti a monitoraggio continuo dal 1997 al 2002.

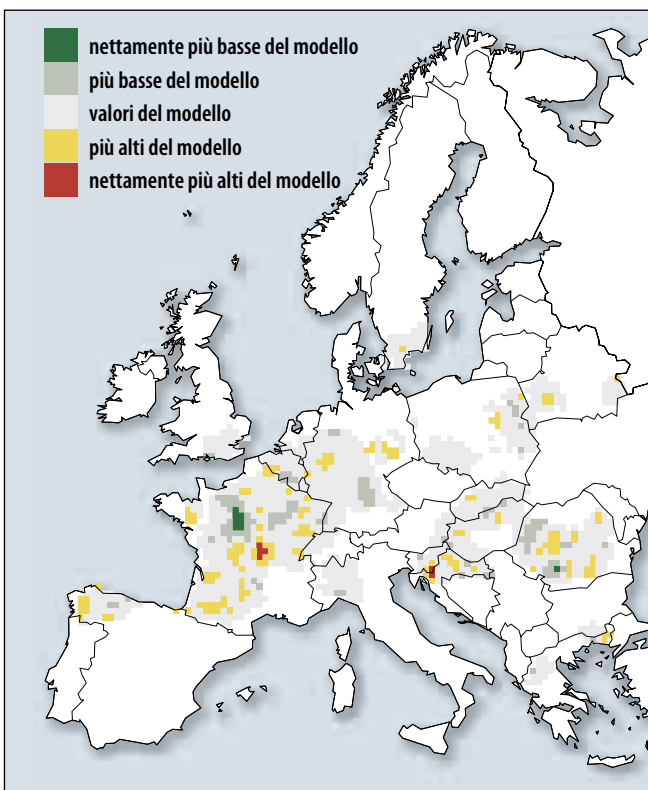


Figura 2-6: Defogliazione nella farnia e nella rovere. Differenze tra la defogliazione media a medio termine e valore del modello. L'interpolazione è basata su 503 punti soggetti a monitoraggio continuo dal 1997 al 2002.

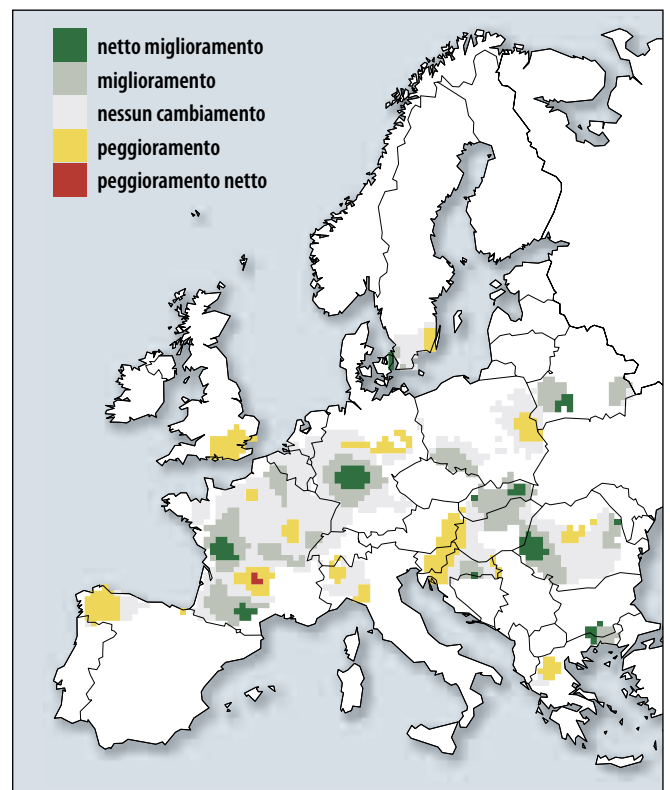


Figura 2-7: Tendenza temporale della defogliazione media della farnia e della rovere. L'interpolazione è basata su 503 punti soggetti a monitoraggio continuo dal 1997 al 2002.

	Variazione spaziale		Variazione temporale	
	abete	querce	abete	querce
R-quadro	58.7	43.1	40.8	43.8
No. di siti	1046	291	1046	291
precip. anno in esame	-	-	-	-
precip. anno precedente			-	-
insetti	+	++	+	+
funghi	+	--	-	+
deposizioni	S anno in esame	+	+	+
	NH ₄ anno in esame	+	-	+
	NO ₃ anno in esame	--		+
	S anno precedente			-
	NH ₄ anno precedente			-
	NO ₃ anno precedente			-
anno			0	0
età <small>corretta per Paese</small>	00	00		
paese	00	00		

Tabella 2-1: Relazioni tra la variazione temporale e spaziale della defogliazione nell'abete rosso e nella farnia e rovere e le diverse variabili individuate nell'analisi della regressione lineare multipla. Il valore di R² indica la percentuale di varianza spiegata dal modello.

-	correlazione negativa
--	correlazione negativa significativa
+	correlazione positiva
++	correlazione positiva significativa
0	correlazione
00	correlazione significativa

ne baltica e nel sud della Germania si è avuto un peggioramento della defogliazione nella maggior parte dei siti.

La farnia e la rovere

Gli alberi delle querce decidue hanno mostrato una grande variazione sia nella defogliazione media, sia nella variazione temporale (Figg. 2-6 e 2-7). In alcune regioni della Francia, la defogliazione è risultata piuttosto elevata con miglioramenti nelle zone meridionali e occidentali del paese, ma nessuna causa comune di danno è stata identificata per l'intero Paese. Nella parte centrale della Germania, il miglioramento su vasta scala è stato spiegato dal recupero degli alberi delle querce, che negli anni precedenti erano stati interessati da pericolosi danni da insetti.

Influenze multiple sulle condizioni delle chiome

I modelli lineari multipli hanno confermato che il clima, gli insetti e le

deposizioni atmosferiche influenzano le condizioni delle chiome in Europa (Tabella 2-1). Le valutazioni evidenziano che a un livello elevato di precipitazioni è collegata una salute relativamente buona delle chiome degli alberi. Questi risultati per l'abete rosso e per le querce decidue sostengono quelli, del tutto simili, ottenuti per il pino silvestre e per il faggio, presentati nella relazione dello scorso anno. Inoltre, l'influenza dei danni da insetto è stata ampiamente provata da valutazioni statistiche sulle quattro specie arboree che si ritrovano più frequentemente nei punti. I funghi mostrano influenze variabili. La deposizione di zolfo (S) dell'anno in corso è fortemente in relazione con un alto grado di defogliazione o con una tendenza all'aumento della stessa. Una tendenza lineare riflette un'evoluzione (non spiegabile da un punto di vista statistico) dipendente dalle altre variabili considerate dal modello. Come si può notare dalle mappe,

non esiste una tendenza uniforme a livello europeo, ma solo situazioni diverse nei vari punti. L'età degli alberi e il Paese sono fattori causali importanti che possono spiegare la variazione spaziale, ma che non influenzano le valutazioni delle tendenze temporali.



Abete bianco dominante in un bosco misto di montagna in Germania

LE CONDIZIONI DELL'ABETE BIANCO (ABIES ALBA)

Sintesi

- *Danni diffusi sull'abete bianco negli anni '70 hanno portato all'installazione dei primi punti di monitoraggio che sono stati in seguito inclusi nell'attuale Rete transnazionale di monitoraggio delle condizioni delle foreste.*
- *L'abete bianco è ancora tra le specie arboree maggiormente danneggiate, con oltre il 40% degli alberi continuamente monitorati danneggiati, e con un leggero miglioramento registrato soltanto negli ultimi anni.*
- *Molti studi hanno dimostrato la suscettibilità dell'abete bianco all'inquinamento atmosferico. Anche fattori di stress ambientale, come periodi di siccità, possono avere un ruolo importante. Una caratteristica peculiare è inoltre l'infestazione da vischio.*

Introduzione

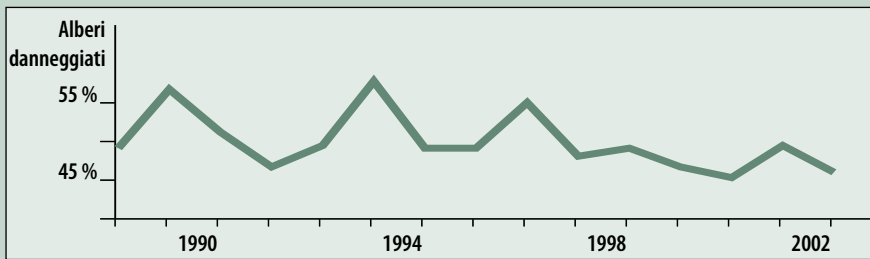
I danni diffusi nell'abete bianco (*Abies alba*) sono stati tra i primi a essere segnalati nel contesto del cosiddetto 'Waldsterben' (declino delle foreste) registrato in Germania e nell'Europa Centrale negli anni '70. All'origine fu utilizzato il termine 'Tannensterben' (declino dell'abete), ma ci si accorse molto presto che molte più specie arboree erano interessate da questo deperimento. Per questo motivo le serie temporali regionali riguardanti le condizioni delle chiome dell'abete bianco sono tra le più lunghe per un elevato numero di punti.

L'areale naturale di diffusione dell'abete bianco è rappresentato dalle zone montane umide delle regioni centro-meridionali dell'Europa. La specie è tollerante a scarse condizioni di luce e si trova tipicamente nei boschi misti di montagna dove forma popolamenti ric-

chi in specie in associazione con l'abete rosso e il faggio. Nell'Europa Centrale la specie si rinviene al di sopra dei 1200 metri. Soltanto nelle regioni meridionali, come ad esempio i Pirenei, è possibile trovarlo ad altitudini superiori. Per la crescita in condizioni di optimum l'abete bianco esige zone ben drenate e con un moderato apporto di nutrienti. Tuttavia, grazie al suo sistema radicale è in grado di colonizzare anche siti con suoli compatti e idromorfi. Si può rinvenire eccezionalmente su terreni fortemente acidificati.

Evoluzione storica del deperimento dell'abete bianco

All'inizio del XX secolo è stato redatto un rapporto sul deperimento dell'abete bianco che ha preso in considerazione anche la descrizione dei sintomi specifici. A metà degli anni '60 si osservò nuovamente



Percentuale di abeti bianchi danneggiati (soggetti a continuo monitoraggio dal 1988) nella rete di Livello I (classi di defogliazione da 2 a 4, >25% defogliazione)

questo deterioramento, prima nella Germania Meridionale e successivamente in altre regioni dell'Europa. Il deterioramento si fece particolarmente intenso nel 1976, anno caratterizzato da scarse precipitazioni. A metà degli anni '70 si registrarono elevate emissioni di biossido di zolfo in queste regioni e per la prima volta si prese in considerazione la relazione tra l'inquinamento atmosferico a lunga distanza e le condizioni di deperimento delle chiome.

La preoccupazione per il deterioramento degli ecosistemi ha portato all'installazione di punti di monitoraggio al fine di documentarne l'evoluzione e analizzare le cause dei sintomi osservati.

Risultati del monitoraggio

Attualmente oltre 2000 alberi di abete bianco sono presenti nella rete internazionale di monitoraggio su vasta scala del programma. La Francia, la Romania e la Germania sono i paesi che annoverano il maggior numero di alberi di questa specie nel proprio database. Dal 1988, la specie è fra le più danneggiate

con una percentuale di alberi danneggiati superiore al 45% (vedi anche Fig. 2-3). La percentuale è stata particolarmente alta nel 1989, nel 1993 e nel 1996. Successivamente si è osservato un leggero recupero. Le tendenze temporali regionali mostrano percentuali di danneggiamento ancora più elevate prima del 1988 con grave defogliazione prima del 1986.

Fattori di stress e recupero

Le tendenze regionali sono molto simili in molti punti nonostante la diversità di popolamenti e il tipo di sito. Questo suggerisce che le condizioni delle specie arboree dipendono non soltanto dalle influenze locali, ma anche dai fattori di stress su vasta scala. E' ormai assodato che l'abete bianco è suscettibile agli apporti atmosferici di solfati e da alcuni studi emerge che la crescita risulta influenzata dalla riduzione delle elevate emissioni di biossido di zolfo. Le indagini condotte negli anni '80 suggeriscono che anche i funghi del suolo provocano effetti dannosi. Inoltre, fattori climatici come pe-

riodi di siccità sono particolarmente importanti nell'influenzare le condizioni delle piante. Popolamenti molto fitti sono più inclini al deterioramento.

E' stata trovata anche una chiara relazione tra la defogliazione e la presenza di infestazioni da vischio (*Viscum album*). Indagini condotte sugli abeti infestati dimostrano che il vischio non colonizza necessariamente abeti fortemente deperiti. L'infestazione, tuttavia, provoca un progressivo indebolimento.

I risultati del monitoraggio a lungo termine nella Germania Meridionale hanno rivelato una relazione tra mortalità e defogliazione media. La mortalità è più probabile per alberi con un'elevata defogliazione media. Inoltre gli abeti già danneggiati presentano una maggiore predisposizione verso fattori di danno secondari.

In contrasto con altre specie, l'abete bianco è parzialmente in grado di compensare il danno da infezione, formando germogli secondari. Abeti gravemente danneggiati possono sopravvivere per molti anni e, in casi eccezionali, una chioma vitale secondaria può rimpiazzare completamente la chioma primaria indebolita e questo può portare al completo recupero.



Esempio di abeti gravemente danneggiati dal 1985 al 2002 con segni evidenti di rivitalizzazione



Abete rosso a diversi stadi fenologici (prima dell'emissione delle foglie, durante e dopo)

2.2 Fenologia e influenze ambientali

Sintesi

- *Le fasi di sviluppo fenologico annuali nelle piante come l'emissione, la colorazione e la caduta delle foglie mostrano relazioni con le influenze climatiche e la crescita arborea.*
- *Le recenti osservazioni fenologiche saranno portate avanti in futuro al fine di fornire uno strumento supplementare per l'analisi degli stress ambientali, come ad esempio i cambiamenti climatici. Saranno inoltre molto utili come sistema di allarme immediato.*

Introduzione

Le valutazioni a lungo termine hanno messo in evidenza che nell'Eu-

ropa Centrale attualmente l'emissione delle foglie primaverile si verifica circa due settimane prima rispetto a mezzo secolo fa, e nella maggior parte delle zone settentrionali della Scandinavia anche quattro settimane prima. Dal 2000, gli stadi di sviluppo delle piante come la fioritura, l'emissione, la decolorazione e la caduta delle foglie, sono eventi registrati dalle osservazioni fenologiche in un certo numero di aree di monitoraggio intensivo. La fenologia è importante nello studio degli effetti dei cambiamenti climatici sulle foreste e fornisce un'indicazione sulla diversità genetica e sulle deposizioni atmosferiche.

Risultati preliminari

In Finlandia e in Germania l'emissione delle foglie dell'abete rosso è stata

seguita sugli alberi per i quali si misura in continuità la circonferenza con le apposite fasce. In generale, l'emissione delle foglie precoce e un periodo di crescita più lungo si riscontrano negli alberi in cui si registra anche un incremento di diametro maggiore (Fig 2-8, a sinistra). Tuttavia, le condizioni meteorologiche in un particolare periodo di crescita, così come la genetica della singola pianta e le condizioni del sito su piccola scala, possono sovrapporsi a tale fenomeno (albero in Fig. 2-8, a destra).

In Germania, Lussemburgo e in Francia, nelle aree caratterizzate dal faggio, si è visto che la durata della stagione di crescita (considerata come periodo compreso tra l'emissione delle foglie primaverile e l'ingiallimento autunnale delle foglie) è strettamente legata alla temperatura e alle diverse regioni geografiche.

Panoramica

Le valutazioni fenologiche costituiscono potenziali sistemi di allarme immediato per gli effetti che i cambiamenti climatici hanno sulle piante e saranno estese nell'ambito del Programma. L'integrazione con altri dati disponibili sulle aree di osservazione sarà un utile supporto per l'analisi delle relazioni causa-effetto. Lunghe serie temporali, informazioni da un numero maggiore di aree e di alberi per area, garantiranno risultati sempre migliori.

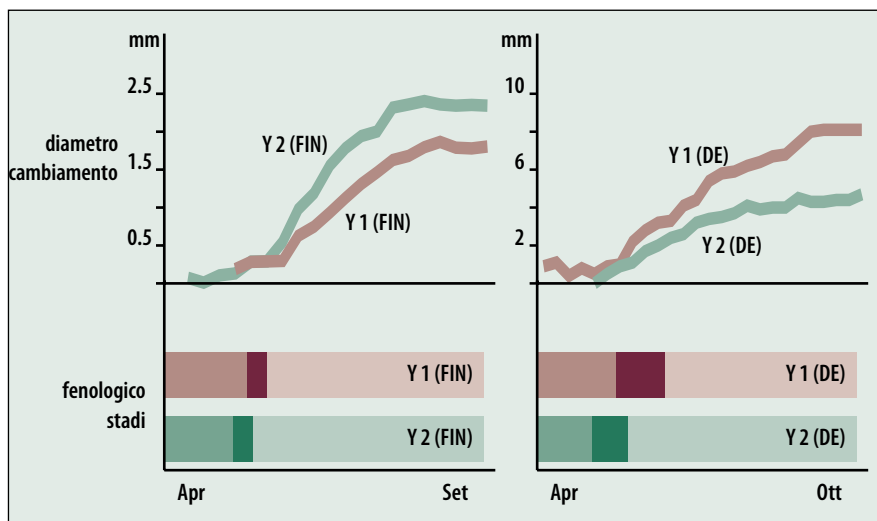


Figura 2-8: Sviluppo del diametro e osservazioni fenologiche su un abete rosso a Punkaharju (Finlandia, a sinistra) e a Sonthofen (Germania, a destra) in due anni diversi.

grafico in alto: misure del diametro

grafico in basso: periodi di emissione delle foglie negli stessi alberi per i due anni di osservazione (medio: prima della emissione delle foglie; scuro: emissione delle foglie; chiaro: dopo l'emissione delle foglie)

Le misure degli stessi anni sono evidenziate con i colori corrispondenti

Per ulteriori informazioni si visiti il sito:

<http://www.metla.fi/eu/icp/phenology/index.htm>

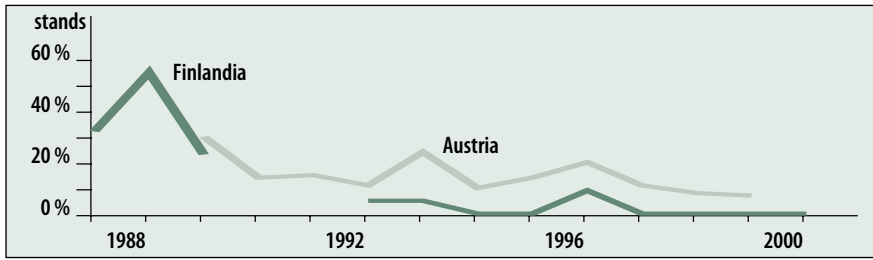


Figura 2-9: Percentuale di popolamenti con concentrazioni fogliari di zolfo superiori a 1,1 mg S/g in Finlandia e Austria

2.3 Composizione chimica delle foglie e cambiamenti ambientali

Sintesi

- La riduzione delle deposizioni di zolfo si riflette sulla composizione chimica delle foglie. Questo vale anche per paesi come la Finlandia e l'Austria, dove le concentrazioni di zolfo negli aghi degli alberi sono state basse negli ultimi 15 anni.
- La concentrazione fogliare di azoto è rimasta bassa in entrambi i Paesi, ma in alcune aree si osserva la tendenza ad un certo aumento.
- Nelle aree di monitoraggio di entrambi i Paesi, lo stato nutrizionale è stato caratterizzato da un rapporto di nutrienti bilanciato.

Introduzione

L'analisi chimica del contenuto delle foglie fornisce utili informazioni sullo stato nutrizionale della pianta, che a sua volta riflette i cambiamenti ambientali. Dal 1987, la composizione chimica delle foglie è stata determinata annualmente per 36 punti di Livello I in Finlandia e 71 in Austria. Sono stati scelti questi Paesi per la discussione dei risultati, poiché presentano la più completa serie di dati sulla chimica delle foglie.

Risultati

Negli ultimi 15 anni le concentrazioni di zolfo negli aghi sono state basse sia in Austria che in Finlandia. Persino a questi bassi livelli le con-

centrazioni di zolfo negli aghi sono diminuite, a dimostrazione del successo dei programmi di riduzione delle emissioni di zolfo (Fig. 2-9). In alcune aree remote della Finlandia le concentrazioni di zolfo nelle foglie sono calate a livelli che si ritrovano normalmente in foreste incontaminate. Tuttavia, in Austria il 7% delle foreste campionate mostra concentrazioni al di sopra della soglia nazionale specifica.

Le concentrazioni di azoto negli aghi nella maggior parte della Finlandia e dell'Austria sono rimaste generalmente basse. Questo è particolarmente vero per le foreste austriache situate nelle regioni alpine. Gli alberi con le più alte concentrazioni di azoto negli aghi sono stati trovati spesso vicini alle zone agricole ed industriali. Tenendo in considerazione il naturale effetto dell'invecchiamento degli alberi monitorati, ci si deve aspettare una diminuzione delle concentrazioni di azoto a fronte di apporti costanti. Tale diminuzione non è però stata osservata, e questo fa pensare che l'azoto sia sempre più disponibile nelle aree remote. L'aumento della disponibilità di azoto può avere effetti negativi sugli ecosistemi forestali.



Campionamento degli aghi nelle foreste finlandesi (a sinistra) e austriache (a destra)

Ulteriori letture:

Lorenz, M., V. Mues, G. Becher, C. Müller-Edzards, S. Luyssaert, H. Raitio, A. Fürst and D. Langouche, Forest Condition in Europe. Results of the 2002 Large-scale Survey. Technical Report. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 171 pp.



I lisimetri raccolgono acqua direttamente dai diversi strati del suolo

3. PREVISIONI A LUNGO TERMINE DEGLI IMPATTI DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE SULLA CHIMICA DELLE SOLUZIONI CIRCOLANTI NEI SUOLI FORESTALI

Sintesi

- Se le future riduzioni delle emissioni saranno quelle previste dal Protocollo di Gothenburg, si assisterà ad un rapido recupero della qualità delle soluzioni nel suolo, come previsto dall'applicazione dei modelli. D'altra parte il recupero della qualità della componente solida del suolo richiederà decenni.
- I risultati dell'applicazione dei modelli dinamici a circa 200 aree di monitoraggio intensivo mostrano una consistente riduzione dei solfati nelle soluzioni del suolo tra il 1980 e il 2000, legata alle riduzioni delle emissioni di zolfo.
- Gli scenari delle riduzioni delle emissioni prevedono inoltre una diminuzione delle concentrazioni di nitrato nei suoli per la maggior parte delle aree entro l'anno 2010, a condizione che il Protocollo di Gothenburg venga attuato in tut-

ti i Paesi. Le riduzioni saranno più consistenti per le aree che presentano concentrazioni di azoto più elevate.

- La riduzione delle concentrazioni di alluminio potenzialmente tossico è prevista per le aree che mostravano valori elevati negli anni '80.

Introduzione

L'inquinamento atmosferico è un fattore determinante nell'influenzare le condizioni delle foreste in Europa. Nell'ambito del Protocollo di Gothenburg i Paesi si erano accordati per una riduzione consistente delle emissioni di zolfo, ossidi di azoto e altri inquinanti atmosferici. Le emissioni di zolfo sono state ridotte considerevolmente negli ultimi decenni (Fig. 3-1), tuttavia i carichi critici di azoto e di acidità sono superati in molte aree, come era già stato evidenziato nel Rapporto dello scorso anno. Le serie temporali delle deposizioni di

inquinanti atmosferici sono utili strumenti del Programma per riconoscere i successi delle loto riduzioni e costituiscono un'ulteriore sfida per i provvedimenti sull'abbattimento degli inquinanti atmosferici in Europa.

Il presente capitolo riporta le applicazioni di un modello dinamico, basato sulla simulazione delle future reazioni a carico del suolo alle riduzioni delle deposizioni di inquinanti. Le valutazioni sono state effettuate in stretta collaborazione con i Programmi (Convenzione LTRAP) ICP on Modelling and Mapping e ICP on Integrated Monitoring. I risultati finora ottenuti rappresentano un passo avanti verso l'obiettivo futuro di applicazione dei modelli dinamici non solo su singole aree, ma anche su scala europea.

Applicazione del modello

In circa 200 aree di monitoraggio intensivo entrambi gli elementi di

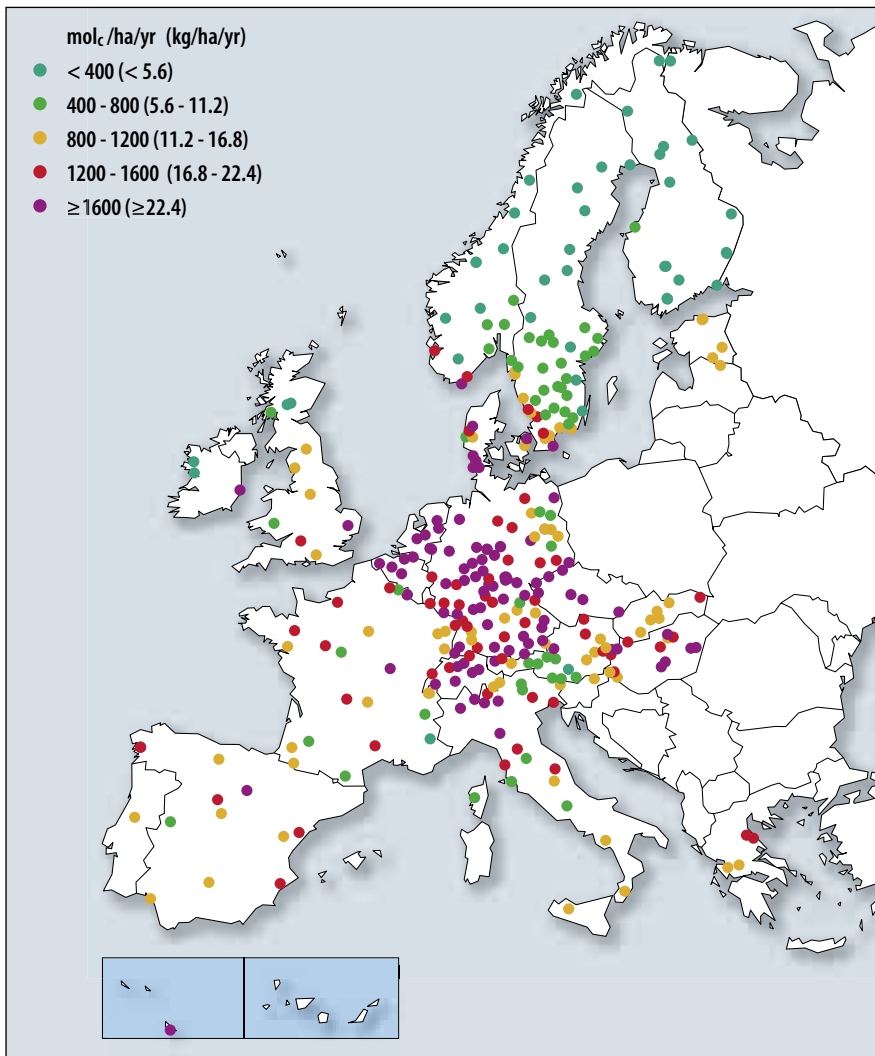


Figura 3-1: Deposizione totale di azoto nelle aree di Livello II nel periodo 1998 - 2000. La deposizione di azoto è risultata più elevata nell'Europa centrale. I carichi critici, stabiliti per evitare un ulteriore accumulo di azoto nel suolo, sono al momento superati nel 92% delle aree considerate. I carichi critici che considerano gli effetti sulle piante sono superati nel 45% delle aree. A causa delle interazioni con le chiome, la deposizione totale considera sia il campionamento sottochioma che quello a cielo aperto nelle vicinanze della parcella.

input del modello vengono misurati regolarmente attraverso l'analisi chimica delle deposizioni e delle soluzioni nel suolo. A queste aree è stato applicato un modello dinamico per l'acidificazione del suolo per verificare se le concentrazioni misurate nelle soluzioni del suolo possono essere riprodotte dal modello. Sono stati inoltre considerati dati disponibili per ottimizzare alcuni parametri utilizzati dal modello. Per la maggior parte delle aree è emerso un buon accordo. (Fig. 3-2).

Dopo la fase di ottimizzazione del modello, sono state effettuate le simulazioni degli impatti dovuti ai cambiamenti previsti per le deposi-



Attrezzatura di misura per la raccolta della deposizione umida in un popolamento forestale

Metodi

I **carichi critici** sono già stati presentati nel Rapporto Esecutivo 2002. Essi definiscono la soglia al di sotto della quale non si manifestano gli effetti pericolosi attesi. Se la deposizione supera il valore del carico critico, aumenta il rischio di danno per l'ecosistema e diviene necessario ridurre la deposizione per la salvaguardia dell'ecosistema.

Per il calcolo dei carichi critici si utilizzano i **modelli a stato stazionario**, i quali non tengono conto dei cambiamenti nel tempo della chimica del suolo.

I **modelli dinamici** sono utilizzati per simulare le reazioni della chimica del suolo a fronte di mutate condizioni ambientali. Sono molto più complessi poiché integrano i processi dinamici che avvengono nel suolo, come lo scambio di cationi, l'adsorbimento di solfati e la ritenzione di azoto.

Gli ioni di **alluminio** possono danneggiare le radici delle piante. Elevate concentrazioni si ritrovano soprattutto nei suoli acidi, per questo motivo le relative concentrazioni misurate nelle soluzioni circolanti possono essere indicatori chiave per l'acidificazione del suolo.

La **soluzione nel suolo** è l'acqua che penetra negli strati del suolo attraverso gli spazi interstiziali. La sua composizione chimica è influenzata dalle precipitazioni e costituisce inoltre la sorgente principale di nutrienti per le radici delle piante.

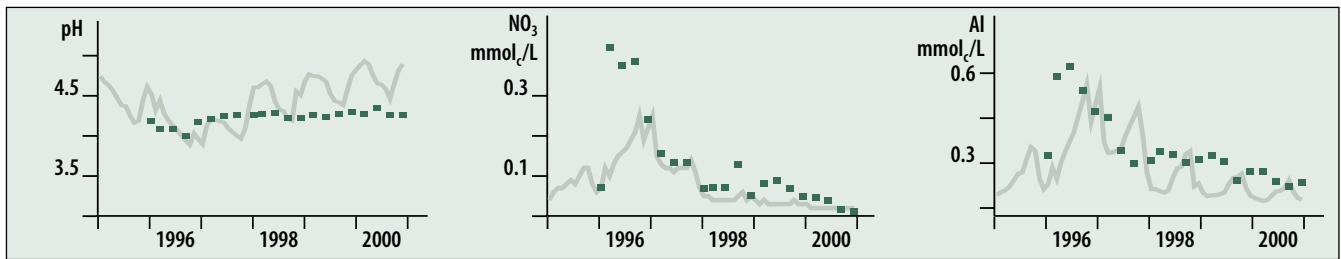


Figura 3-2: Esempio di valori misurati (punti) e simulati (linea) di pH, nitrati (NO_3) e alluminio (Al) nella soluzione del suolo in un'area di monitoraggio intensivo. La simulazione risulta buona per l'alluminio, meno buona per il pH.

zioni nel periodo dal 1970 al 2030. È ragionevole assumere che il modello sia in grado di riprodurre le misure delle concentrazioni nelle soluzioni del suolo per un certo numero di anni nel passato, e che fornisca previsioni plausibili per il futuro. Lo scenario ottenuto si basa sulle riduzioni previste dal Protocollo Gothenburg.

Risultati

L'analisi dello scenario futuro di tutte le aree di Livello II (Fig. 3-3) mostra una netta diminuzione delle concentrazioni medie dei solfati nelle soluzioni del suolo, determinata dalle forti riduzioni delle emissioni atmosferiche di zolfo in Europa. La diminuzione delle emissioni di azoto si riflette sulle più basse concentrazioni di azoto nel suolo. Ulteriori valutazioni suggeriscono che tale diminuzione sarà più consistente per quelle aree dove attualmente si registrano valori di nitrati molto elevati, mentre per alcune aree i valori di nitrati resteranno elevati anche

in futuro. La diminuzione delle deposizioni acide porta ad un miglioramento della condizione chimica delle aree, accompagnato da un aumento nei valori di pH e da una diminuzione delle concentrazioni di alluminio. Bisogna tener conto del fatto che questi risultati considerano solamente le reazioni chimiche che avvengono nelle soluzioni circolanti nel suolo, mentre la fase solida reagisce sempre più lentamente e il recupero richiederà decenni o addirittura secoli.

La distribuzione geografica delle concentrazioni simulate di solfati nelle soluzioni del suolo per le aree considerate mostra una forte diminuzione dei valori nel 2030 rispetto al 1970 (Fig. 3-4). Emerge anche una grande variabilità delle concentrazioni di solfati SO_4 nelle soluzioni del suolo, con i valori più alti nella zona centrale dell'Europa.

Per quanto riguarda le simulazioni delle concentrazioni di alluminio nelle soluzioni del suolo si nota una riduzione nel tem-

po soprattutto per i siti con le concentrazioni più elevate (Fig. 3-5). Inizialmente le concentrazioni di alluminio sono al di sopra del valore critico di $0,2 \text{ mol}_c/\text{m}^3$ nel 20% circa dei siti. Secondo le previsioni modellistiche questa percentuale dovrebbe ridursi in futuro al 5% circa.

Ulteriori letture:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 170 pp.

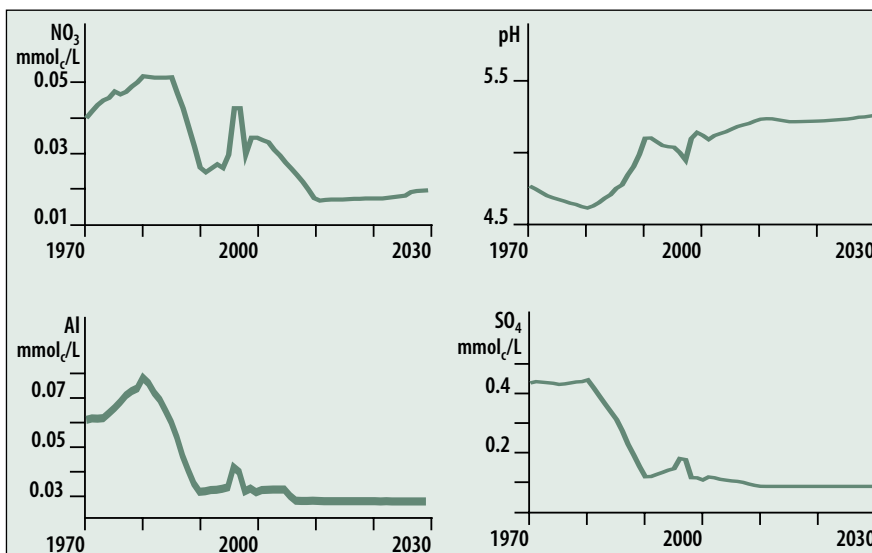


Figura 3-3: Simulazione dei valori mediani di pH, solfati (SO_4^{2-}), nitrati (NO_3), e alluminio (Al) nelle soluzioni del suolo di 200 aree di monitoraggio intensivo, per il periodo 1970-2030, assumendo le riduzioni delle emissioni previste dal Protocollo di Gothenburg. Lo scostamento dalla tendenza generale che si osserva per il periodo 1996-2000 è legato al fatto che per questi anni sono stati utilizzati i dati tal quali, anziché i valori medi come negli altri anni.

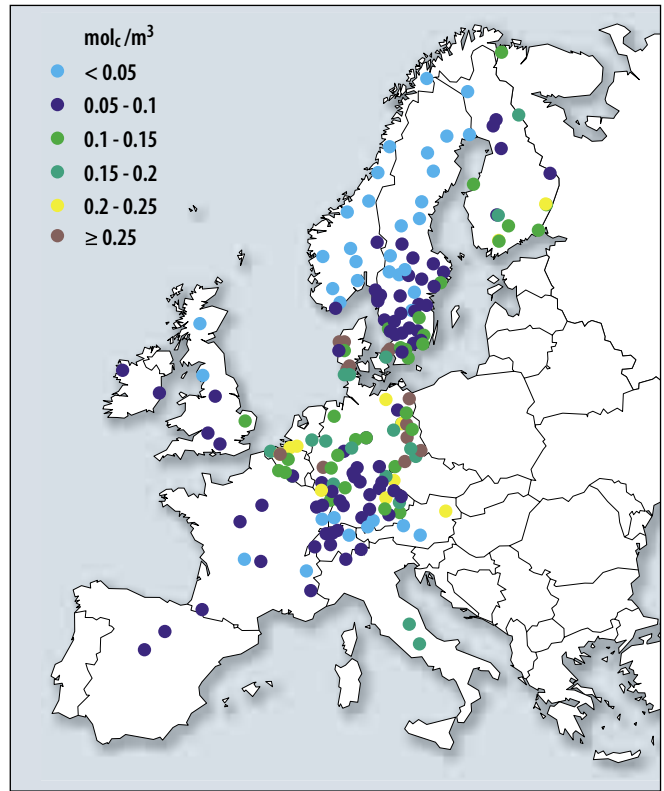
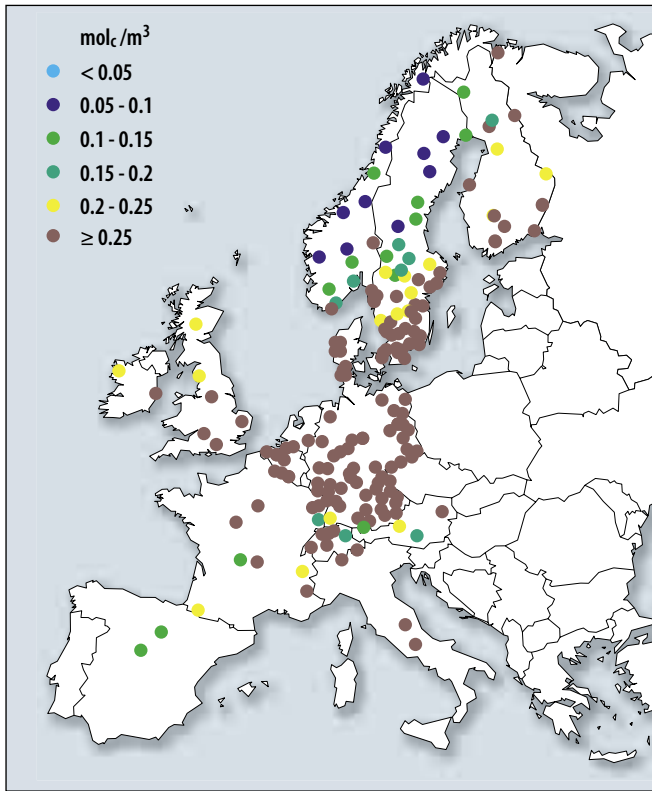


Figura 3-4: Simulazione delle concentrazioni di solfato (SO_4) nelle soluzioni del suolo nelle aree di Livello II, nel 1970 (a sinistra) e nel 2030 (a destra)

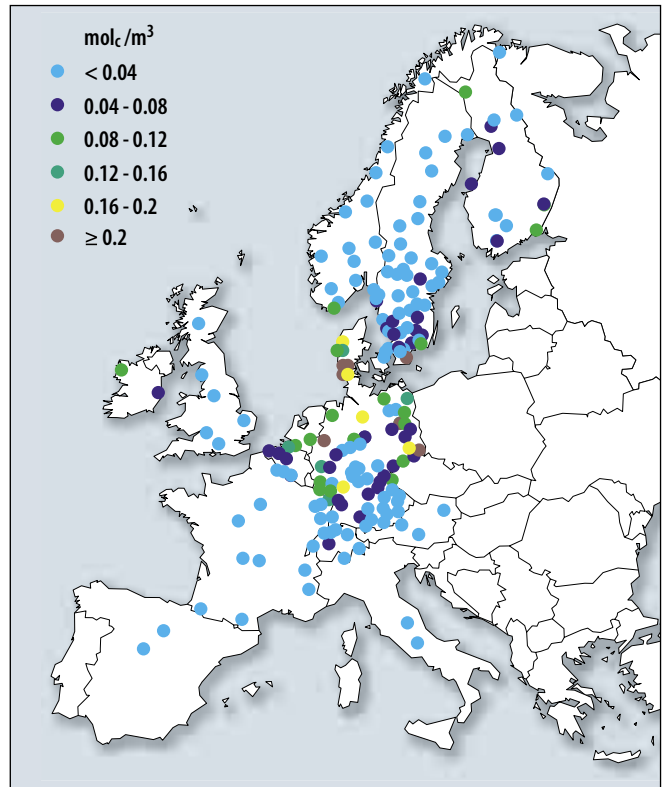
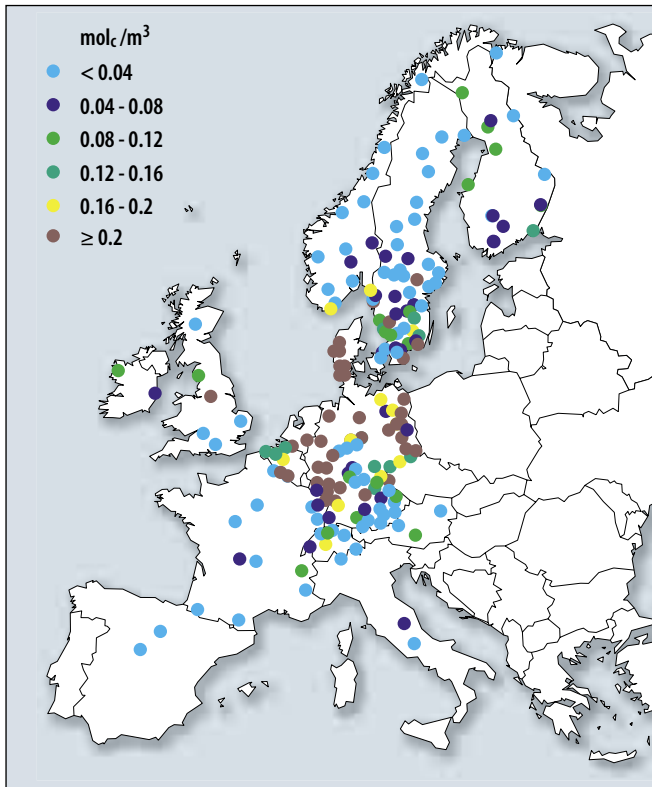


Figura 3-5: Simulazione delle concentrazioni di alluminio (Al) nelle soluzioni del suolo nelle aree di Livello II, nel 1970 (a sinistra) e nel 2030 (a destra)



Campionatori passivi installati in Spagna

4. CONCENTRAZIONI DI OZONO NELLE FORESTE

Sintesi

- L'ozono è oggi considerato come una delle sostanze inquinanti più diffuse che minacciano le foreste.
- Una fase sperimentale condotta su aree selezionate indica che il monitoraggio delle concentrazioni di ozono è realizzabile nei siti remoti e su larga scala. I risultati preliminari sono in linea con le attuali conoscenze. Concentrazioni particolarmente elevate di ozono si riscontrano in Europa Meridionale.
- Le valutazioni che si effettuano attualmente nel Programma sui danni visibili da ozono costituiscono il primo sistema di monitoraggio degli effetti diretti su scala europea. I risultati preliminari rivelano che, tra le principali specie arboree dell'Europa Centrale, anche il faggio è colpito dall'ozono. Molte specie erbacee ed arbustive, per le quali non si conosceva la re-

lativa sensibilità all'ozono, riportano segni evidenti dei danni da ozono.

Introduzione

Gli effetti a lungo raggio delle deposizioni atmosferiche sugli ecosistemi forestali sono stati riconosciuti molti anni fa e sono la ragione principale dell'attuazione del Programma di monitoraggio. In accordo con il proprio mandato, il Programma pubblica numerosi Rapporti (vedi www.icp-forests.org) con i risultati esaurienti del monitoraggio legati agli apporti di zolfo e azoto. A livello europeo e globale, l'importanza di gas serra come l'ozono e il biossido di carbonio è stata riconosciuta successivamente. Nel 2001, il programma EU/ICP Forests ha lanciato una fase sperimentale per il monitoraggio dell'ozono nelle sue aree forestali più remote, poichè la maggior parte

dei dati disponibili a livello europeo relativi all'ozono riguardano aree urbane e suburbane. La fase sperimentale è basata sulla misura delle concentrazioni atmosferiche di ozono con l'impiego di campionatori passivi e sulla valutazione dei danni visibili da ozono sulla vegetazione. In questa fase sono stati considerate circa 100 aree della Rete di monitoraggio intensivo collocate in nove diversi Paesi.

Campionatori passivi

I campionatori passivi utilizzati nella fase sperimentale si sono rivelati strumenti affidabili e allo stesso tempo poco costosi per raccogliere informazioni sulla qualità ambientale dell'aria, soprattutto in aree forestali remote dove non sarebbe possibile disporre di altro supporto tecnologico, come ad esempio centraline automatiche per un monitoraggio continuo (Fig. 4-2).

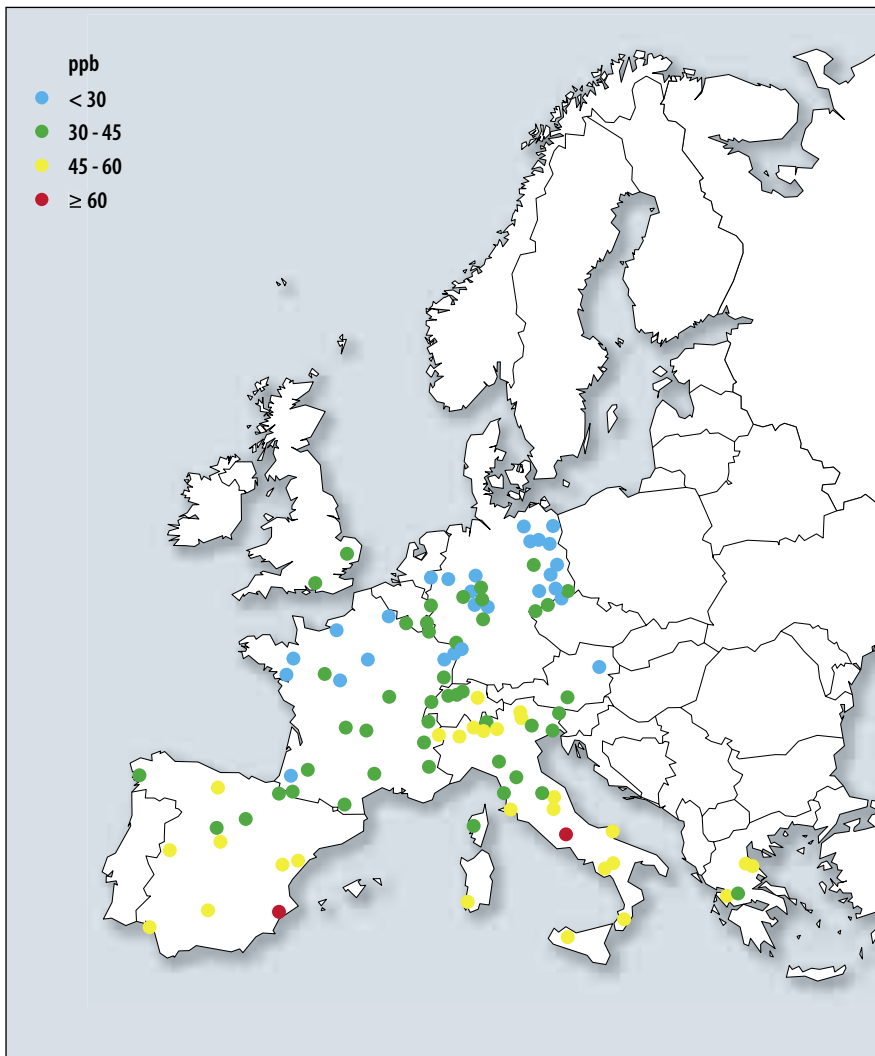


Figura 4-1: Concentrazioni di ozono medie dal 1° aprile al 30 settembre 2001, misurate con i campionatori passivi nei siti selezionati per la fase sperimentale.

I valori medi da aprile a settembre 2001 mostrano elevate concentrazioni nell'Europa Meridionale (Fig. 4-1), con il 58 % dei siti spagnoli e il 63 % di quelli italiani che presentano concentrazioni medie ponderate su un periodo di 6 mesi comprese in un range di 46-60 ppb. Anche in Grecia e in Svizzera sono state misurate concentrazioni elevate. In Germania, Francia, Regno Unito e Austria i siti sono caratterizzati da concentrazioni medie più basse. Si deve tener conto che nel 2001 le concentrazioni di ozono sono state generalmente più basse rispetto a quelle misurate negli anni precedenti.

Valutazione dei danni da ozono

L'ozono non lascia elementi residui che possono essere determinati analiticamente. Pertanto, nel 2001, è stata effettuata una valutazione dei danni visibili da ozono sulle foglie delle principali specie arboree, così come sulla vegetazione erbacea ed arbustiva, in 72 aree permanenti di nove Paesi. È stato creato un sito web all'interno del quale è presente anche una galleria fotografica con esempi di sintomi di danni da ozono sulle foglie, in modo da fornire un supporto utile alla determinazione dei danni da ozono (<http://www.gva.es/ceam/ICP-forests>). Sono stati organizzati inoltre molti corsi per formare esperti in questo campo e per uniformare i meto-

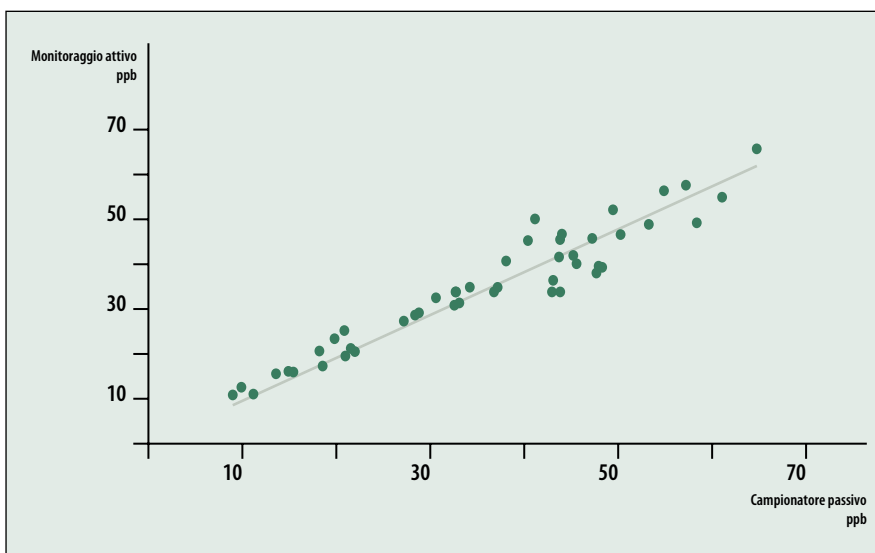


Figura 4-2: Confronto tra le concentrazioni medie di ozono relative a due settimane misurate con campionatori attivi e passivi in Spagna. La stretta relazione tra le concentrazioni misurate mostra che i campionatori passivi forniscono dati attendibili. Questi campionatori contengono sostanze chimiche che reagiscono con l'ozono atmosferico. I campioni vengono raccolti dopo una/quattro settimane al massimo e analizzati in laboratorio.



Danni visibili da ozono sulle foglie di faggio, ontano bianco e pino d'Aleppo. La differenziazione dei vari sintomi di danneggiamento richiede l'impiego di esperti ben preparati.

di. Lo sviluppo di particolari metodi al microscopio è stato fondamentale per la validazione di casi ambigui.

Danni visibili sulle piante sono stati chiaramente osservati in 17 delle aree considerate. Nell'Europa Centrale le indagini erano incentrate sul faggio. Per questa importante specie il danno da ozono è stato rilevato nel 24% delle aree osservate. Molte specie erbacee ed arbustive, sulle quali sono stati chiaramente riconosciuti visibili da ozono, non erano conosciute prima come specie ozono-sensibili.

Obiettivi raggiunti e panoramica futura

Durante la fase sperimentale, il monitoraggio dell'ozono nelle foreste in Europa è stato sperimentato e reso operativo. In molti paesi sono stati formati esperti di campionatori passivi. La valutazione del danno da ozono sulle principali specie arboree, così come su quelle erbacee ed arbustive, costituisce una prima fase volta ad applicare l'unico sistema di monitoraggio degli effetti dell'ozono su scala europea, basato su osservazioni di campo validate. Esso inoltre amplia le conoscenze sulle specie ozono-sensibili.

In futuro si cercherà di affinare i metodi e si continuerà con l'impiego dei campionatori passivi. Le informazioni provenienti dalle misure strumentali e dalle valutazioni sulla vegetazione verranno integrate con l'utilizzo di Sistemi Informativi Geografici (GIS). Questo sarà utile per una migliore comprensione degli effetti dell'ozono sulle foreste e fornirà buone basi per la calibrazione dei modelli utilizzati nell'ambito del Programma EU/ICP Forests e di altri Programmi nell'ambito della Convenzione dell'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza.

Ulteriori letture:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 170 pp.*



Esperimenti di esposizione a ozono a Freising, Germania

Panoramica globale della situazione dell'ozono

- L'ozono (O_3) vicino alla superficie terrestre (ozono troposferico) è aumentato del 35% circa rispetto all'era preindustriale. In alcune regioni questo incremento è stato ancora maggiore, in altre minore. Nel 2001, il Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) ha classificato l'ozono come il terzo gas serra più importante dopo il biossido di carbonio (CO_2 , vedi anche capitolo 5) e il metano (CH_4).
- Mentre le concentrazioni di ozono troposferico vicino alla superficie terrestre aumentano, sono state osservate delle perdite di ozono

nella stratosfera, ad una quota compresa tra 15 e 50 km, negli ultimi due decenni. Questa perdita è causata principalmente dagli alogeni derivanti dall'attività antropica e costituisce un pericolo per il naturale schermo protettivo offerto dall'atmosfera terrestre.

Danni da ozono

La prima risposta delle piante si ha quando l'ozono entra nelle foglie attraverso gli stomi, piccole aperture sulla superficie fogliare a livello delle quali avvengono gli scambi di gas. All'interno della foglia l'ozono viene trasformato in radicali liberi, composti dannosi per la cellula. Esiste ormai un certo consenso scientifico, in Europa e in Nord America, sul fat-

to che l'ozono provochi un danno fogliare determinando una diminuzione del contenuto di clorofilla, della fotosintesi, acceleri la senescenza fogliare, riduca la crescita, alteri l'utilizzo del carbonio e predisponga la pianta agli attacchi di insetti nocivi. La tolleranza all'ozono varia molto con la specie e tra individui diversi della stessa specie.

Indagini sull'ozono

I ricercatori responsabili delle attività di monitoraggio nel Programma EU/ICP Forests lavorano in stretto contatto con Istituti di ricerca che svolgono, tra le altre cose, le due indagini descritte in precedenza.

A partire dal 2000, sono stati studiati gli effetti di un'esposizione cronica di piante adulte a due diverse concentrazioni di ozono, in un bosco misto di faggio e abete rosso nelle vicinanze di Freising, in Germania. Le foglie di faggio mostrano sintomi visibili e un'aumentata senescenza autunnale a causa dell'esposizione all'ozono, mentre l'abete rosso si è mostrato meno suscettibile. Questi risultati saranno utili nell'interpretazione dei numerosi dati disponibili per gli individui giovani, che non potrebbero essere direttamente estesi a piante mature.

Il progetto Aspen FACE (Free Air Carbon Dioxide Enrichment) condotto nella zona settentrionale del Wisconsin (USA), ha coinvolto ricercatori nordamericani e di cinque Paesi europei. In un sito di ricerca all'aria aperta, gli effetti dell'esposizione a elevate concentrazioni di CO_2 , O_3 , e $CO_2 + O_3$ sono stati confrontati con la situazione a livelli di concentrazioni ambientali. I risultati dei primi cinque anni evidenziano chiaramente che elevate concentrazioni (>200 ppm) atmosferiche di CO_2 incrementano la crescita arborea. A concentrazioni elevate, l' O_3 provoca danni a cascata, dalla regolazione dei geni fino a livello di ecosistema. Inoltre l'effetto benefico prodotto dall'aumento di CO_2 viene completamente annullato con l'esposizione a elevate concentrazioni di O_3 .



L'esperimento internazionale "Aspen FACE" nel Wisconsin, USA



Popolamento di querce mature e faggio in Germania

5. L'IMMAGAZZINAMENTO DI CARBONIO NELLE FORESTE EUROPEE E LA SUA IMPLICAZIONE PER I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Sintesi

- Le foreste assumono il carbonio dall'atmosfera. Gli ultimi risultati del Programma di monitoraggio suggeriscono che l'aumento netto della riserva di carbonio nelle foreste (piante e suolo) in Europa è di circa 0,1 Gigaton all'anno. Questo valore rappresenta dal 25 al 50% della riserva di carbonio totale stimata per l'Europa.
- Si calcola che la deposizione di azoto abbia contribuito per il 5% all'aumento della cattura di carbonio stimolando la crescita arborea in tutta Europa nel corso degli ultimi 40 anni.
- La riserva di carbonio nelle piante è considerevolmente più bassa rispetto quella del suolo. Tuttavia, la cattura annuale di carbonio da parte delle piante è circa 5-7 volte più alta rispetto al suolo. Con l'invecchiamento del bosco la cattura di carbonio diminuirà, e di conse-

guenza aumenterà la sua importanza nel suolo.

Introduzione

La cattura di carbonio nelle foreste ritarda l'aumento delle concentrazioni di CO₂ nell'atmosfera, rallentando così anche i ritmi dei cambiamenti climatici. Importanti domande che esigono una risposta sono:

- Quanto carbonio viene assorbito dagli ecosistemi forestali in Europa?
- Qual'è la causa del netto aumento della cattura di carbonio registrata negli ultimi decenni?

I dati disponibili sulla cattura del carbonio mostrano grande variabilità dovuta principalmente a differenze nelle metodologie impiegate e in parte a causa del ridotto numero di siti sperimentali. L'influenza antropica, rappresentata ad esempio dagli elevati apporti di azoto e

dal tipo di gestione forestale, può rivestire un ruolo importante nella cattura del carbonio. Altri possibili fattori di influenza sono l'aumento delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera e della temperatura. I dati relativi a 120 aree di monitoraggio intensivo di Livello II e a 6.000 punti di Livello I costituiscono un'ottima base per trovare una risposta a queste domande.

L'immagazzinamento di carbonio nelle aree di monitoraggio intensivo di Livello II e nei punti di Livello I

I risultati relativi alle aree di monitoraggio intensivo mostrano che la cattura annua di carbonio nella biomassa vegetale epigea è circa 5-7 volte più elevata rispetto alla quantità di carbonio immagazzinato dal suolo (Fig. 5-2). Come atteso, la cattura di carbonio delle piante legata alla crescita aumenta dal nord al centro dell'Europa. I dati relati-

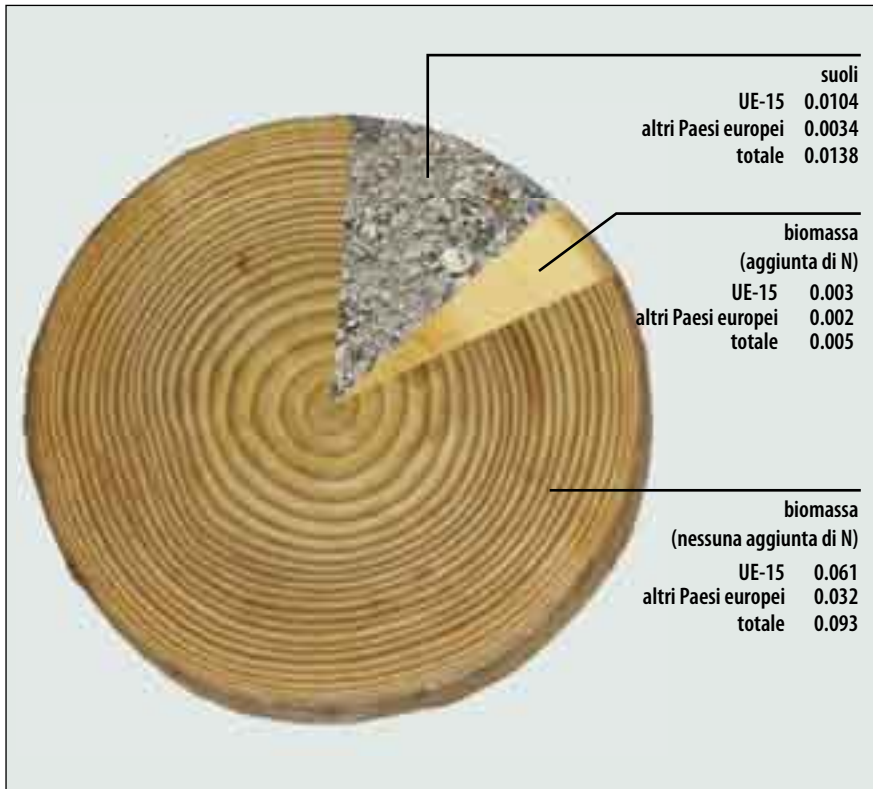


Figure 5-1: Immagazzinamento annuo netto di carbonio nella biomassa e nei suoli delle foreste europee, espresso in Gton/ha/a calcolato dalle aree di monitoraggio intensivo e dai punti di Livello I. La cattura di carbonio nella biomassa dovuta a ulteriori input di azoto è relativamente piccola. Per totale si intende l'area forestale come definita nell'Allegato I.

vi ai punti di Livello I evidenziano lo stesso andamento geografico per l'Europa (Fig. 5-3).

La cattura di carbonio nelle foreste europee e l'impatto delle deposizioni azotate

I risultati ottenuti dall'applicazione di modelli a 6.000 punti di Livello I stimano una quantità di cattura di carbonio legata alla crescita pari a 0,3 Gton/a per le foreste europee nel periodo 1960-2000. Questo valore è molto simile ai risultati ottenuti nell'ambito di altri progetti di ricerca.

Stimando in un rapporto medio per l'Europa di due terzi la perdita di carbonio dovuta, tra gli altri fenomeni, alle utilizzazioni boschive, agli eventi climatici estremi ed agli incendi, la cattura netta di carbonio è risultata di 0,1 Gton/a per tutte le foreste europee. Il contributo delle deposizioni di azoto all'aumento annuo di carbonio nella

biomassa arborea è di 0,005 Gton/a (Fig. 5-1), tenendo conto di un'ulteriore cattura di carbonio del 5% dovuta ad aumentati input di azoto dal 1960. Complessivamente per l'Europa l'apporto di azoto ha avuto un impatto relativamente piccolo sulla cattura di carbonio negli alberi, ma in aree con deposizioni elevate l'impatto locale potrebbe essere stato consistente.

La cattura di carbonio da parte del suolo è molto più difficile da stimare. Una prima stima calcolata per i suoli di undici siti nell'ambito del progetto EU "CANIF" indica una quantità di 0,128 GtonC/a. Recentemente, nell'ambito del programma CarboEurope (vedi l'approfondimento), si sono ottenute stime con valori ancora più elevati, fino a 0,194 Gton nei suoli dei circa 2 milioni di km² di foreste europee. La stima della cattura netta di carbonio, basata sui suoli di 120 aree di

La riserva di carbonio nel tronco e nel suolo è stata calcolata direttamente per i 120 aree di monitoraggio intensivo per le quali esiste un esauriente database. È stato inoltre possibile stabilire relazioni statistiche per estrapolare il pool di carbonio ai 6.000 punti di Livello I assunti come rappresentativi dei circa 2 milioni di km² di foreste europee (vedi Allegato I). Il 1960 è stato utilizzato come riferimento per le deposizioni di azoto; in seguito si è calcolato l'impatto degli input aggiuntivi di azoto dopo il 2000.

Nelle aree di monitoraggio intensivo

i cambiamenti del pool di carbonio nelle piante sono rilevati direttamente da ripetute analisi della crescita arborea. Le variazioni del carbonio nel suolo sono state calcolate dalla ritenzione di azoto (deposizione meno lisciviazione), dalla cattura di azoto e dal rapporto C/N (carbonio/azoto), assunto costante a diversi livelli di input di azoto.

Per i punti di Livello I la deposizione di azoto è stata stimata dai modelli. La cattura di azoto da parte della vegetazione è stata calcolata come resa in funzione della tipologia del sito. Per la riserva di carbonio nel suolo e le sue variazioni, la ritenzione di azoto nei punti di Livello I è stata messa in relazione al rapporto C/N misurato, mediante una relazione derivata dalle aree di Livello II.

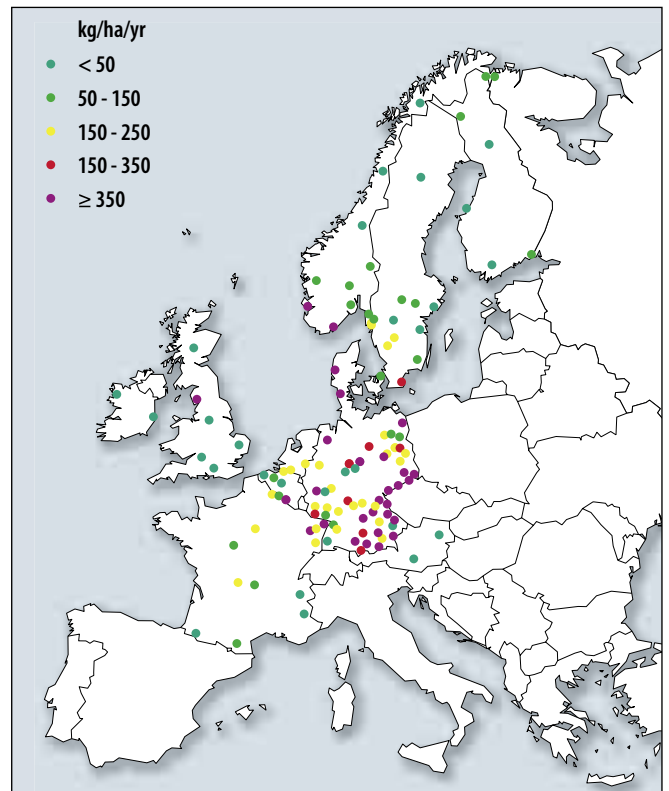
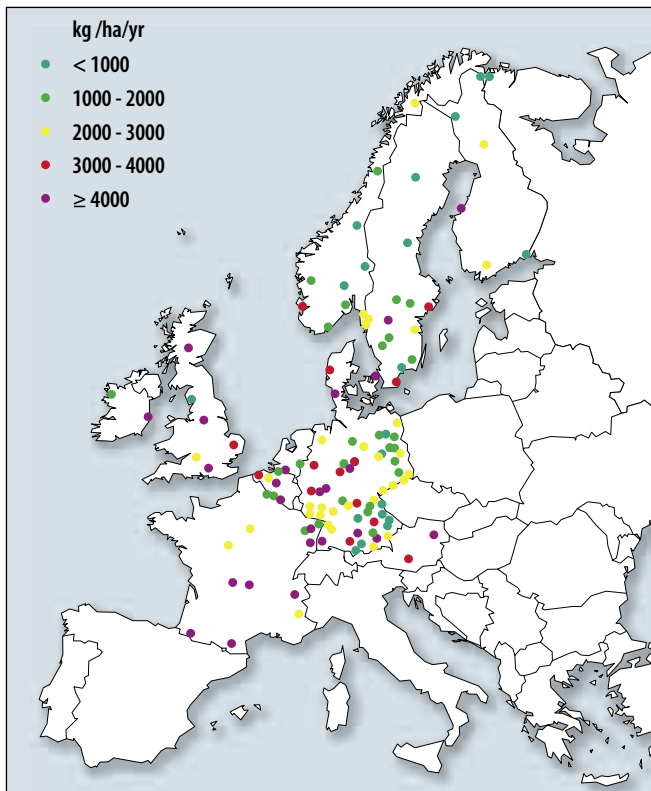


Figura 5-2: Immagazzinamento annuo netto di carbonio (kgC/ha/a) calcolato negli alberi (a sinistra) e nel suolo (a destra) in 121 aree di monitoraggio intensivo per l'anno 2000. Si noti la differenza di scala riportata in legenda!

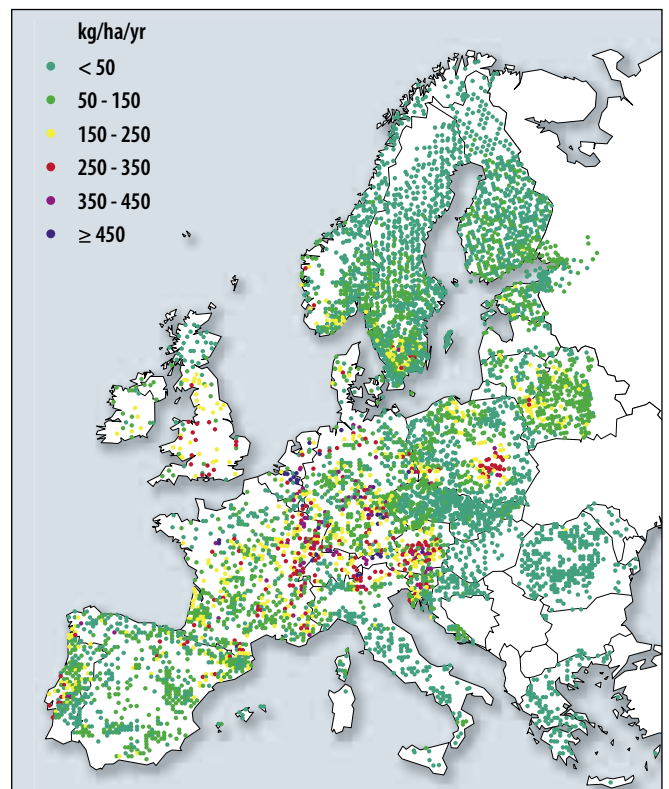
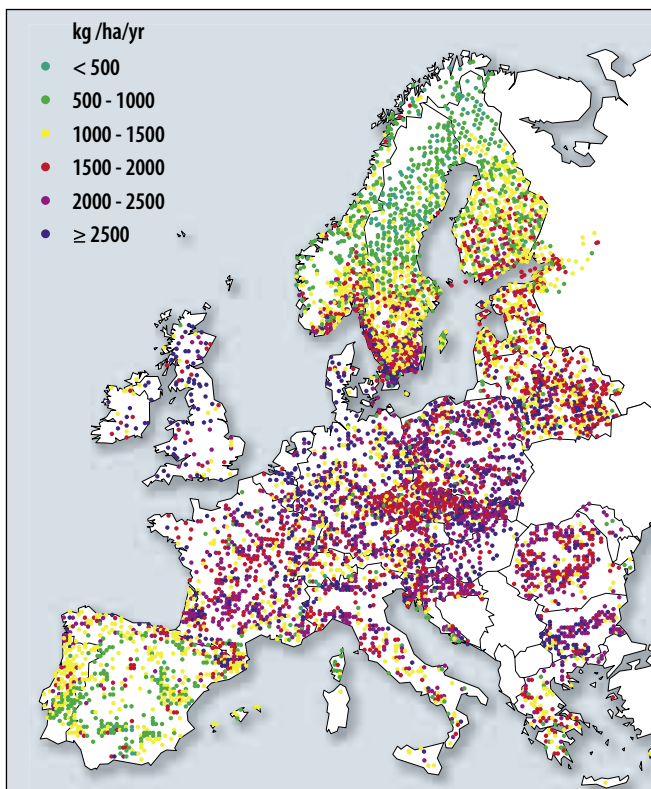


Figura 5-3: Immagazzinamento annuo netto di carbonio (kgC/ha/a) calcolata negli alberi (a sinistra) e nel suolo (a destra) in 6000 siti di Livello I per l'anno 2000. Si noti la differenza di scala riportata in legenda!



Popolamenti con elevati volumi arborei nelle aree di Livello II accumulano fino a 250 tonnellate di carbonio per ettaro (in alto), mentre suoli ricchi di sostanza organica fino a 500 tonnellate di carbonio per ettaro (in basso). L'immagazzinamento di carbonio nella vegetazione è attualmente più veloce rispetto a quello nel suolo. L'immagazzinamento nel suolo è in genere più lento e in alcuni casi può essere apprezzato solo dopo decenni.



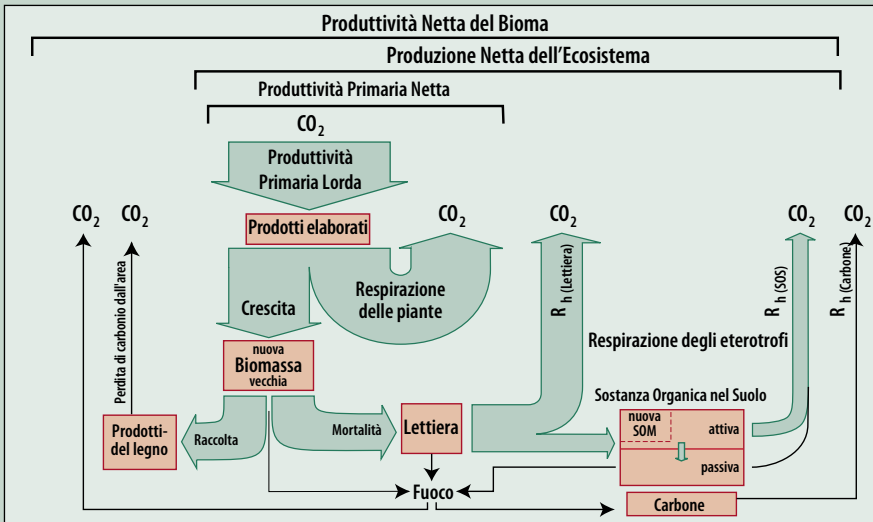
monitoraggio intensivo, mostra che nell'anno 2000 sono state immagazzinate in totale solo 0,0138 Gton, valore dieci volte inferiore. Questa notevole differenza richiede ulteriori ricerche per meglio definire il ruolo dei suoli forestali nella cattura del carbonio.

Complessivamente, il contributo dell'apporto di azoto alla cattura di carbonio da parte delle piante e del suolo è da considerarsi modesto. Assumendo un'influenza ancora minore delle elevate concentrazioni di CO₂ e dell'aumento della temperatura, la causa più probabile dell'aumento della riserva di carbonio nella biomassa vegetale in Europa risiede nel fatto che la quantità di legname raccolta è inferiore all'incremento complessivo della bio-

massa esistente o aggiunta attraverso interventi di riforestazione. Questa ipotesi richiederà una verifica nei prossimi anni.

Ulteriori letture:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report*. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 170 pp.



Il ciclo del carbonio. La cattura terrestre di CO₂ è governata dalla Produzione Netta del Biomassa (NBP), che rappresenta il bilancio tra la Produzione Netta dell'Ecosistema (NEP) e le perdite di carbonio dovute a incendi e raccolta della biomassa

IMMAGAZZINAMENTO DI CARBONICO

Biossido di carbonio: situazione globale, implicazioni, ricerca e misure politiche

I risultati del Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento del Clima (IPCC) indicano che:

- Il clima globale è dimostrabilmente cambiato dall'era preindustriale. Dal 1750, le concentrazioni di biossido di carbonio (CO₂) sono aumentate in tutto il mondo del 30% circa. La velocità di aumento nell'ultimo secolo non ha precedenti, almeno negli ultimi 20.000 anni.

- L'attuale aumento in atmosfera di CO₂ è causato dalle emissioni antropiche. Circa tre quarti di queste emissioni derivano dalle combustioni, mentre il cambiamento nell'uso del territorio e la deforestazione sono le altre principali cause.
- Secondo le previsioni modellistiche, le concentrazioni di CO₂, così come la temperatura globale superficiale, continueranno ad aumentare nel XXI secolo.

Interazioni del carbonio

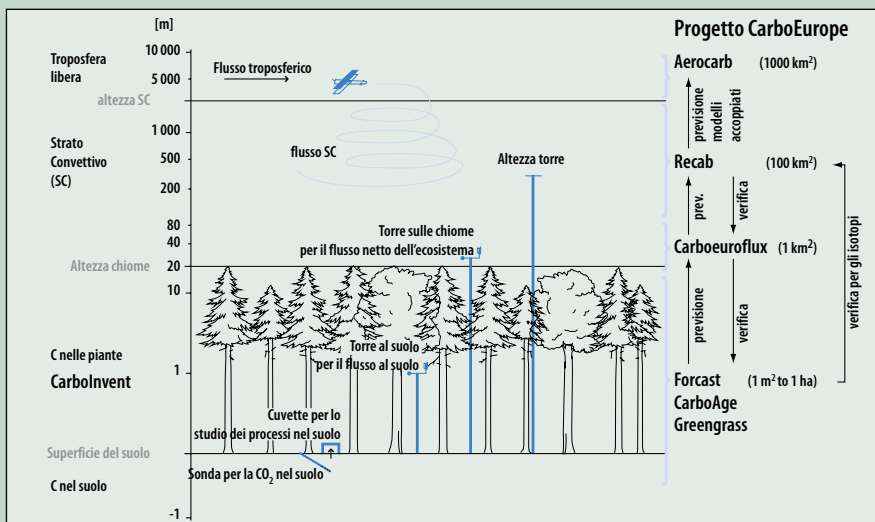
- Le piante assorbono CO₂ attraverso la fotosintesi e rilasciano ossigeno all'ambiente. Il carbonio è l'elemento principale utilizzato dalle piante per costruire biomassa. Il legno e il suolo catturano carbonio per lunghi periodi di tempo, pertanto sono delle vere e proprie riserve di carbonio. La gestione forestale può determinare un aumento della cattura di carbonio, attraverso la protezione dei popolamenti a più elevata biomassa e quella del suolo.
- A livello globale, gli oceani costituiscono la più importante riserva di carbonio. Tuttavia, più aumenta la concentrazione di CO₂ in atmosfera, minore è la frazione che è catturata dagli oceani.

Il Protocollo di Kyoto

Nel 2002 l'Unione Europea ha ratificato il Protocollo di Kyoto nell'ambito della Convenzione sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite, impegnandosi entro il 2012 a ridurre le emissioni di CO₂ dell'8% rispetto i valori del 1990. Le percentuali di riduzione tra i vari Paesi firmatari sono diverse.

CarboEurope

CarboEurope è un progetto di ricerca dell'Unione Europea con l'obiettivo di sviluppare metodologie per quantificare il bilancio del carbonio in Europa, in vista dell'attuazione del Protocollo di Kyoto. La misurazione della quantità di carbonio e le previsioni modellistiche sono effettuate a diversi livelli, dal calcolo delle concentrazioni di CO₂ nella troposfera, a misure dei flussi di carbonio al di sopra della superficie della vegetazione, a misure nel suolo. I dati raccolti all'interno del Programma EU/ICP Forests contribuiscono a questo progetto. C'è ancora una grande incertezza sulle stime generali del bilancio di carbonio. Tuttavia, le più complete informazioni disponibili attualmente suggeriscono che, in Europa, le foreste rappresentano la più grande riserva di carbonio esistente.



Impostazione del Progetto CarboEurope



Cladonia chlorophaea è una specie di lichene che si ritrova comunemente nelle foreste di conifere in Scandinavia.

6. BIODIVERSITÀ NELLE AREE DI MONITORAGGIO INTENSIVO

Sintesi

- *L'attuale database del Programma contiene preziose informazioni su vari aspetti che sono legati alla diversità biologica nelle foreste, come la vegetazione, le specie arboree, le dimensioni e l'età degli alberi, e il legno morto. Quando si prendono in considerazione tutti questi dati insieme agli altri raccolti nelle aree di campionamento, come le deposizioni, il clima, gli agenti biotici, si può capire il potenziale contributo che il Programma può dare alle discussioni internazionali sulla diversità biologica delle foreste.*
- *La fase sperimentale del Programma ICP Forests per l'ulteriore sviluppo di metodi di valutazione e di calcolo di indici è iniziata nel 2003. Questa fase mira inoltre ad indagare le relazioni esistenti tra alcuni dei fattori chiave della*

biodiversità, come la struttura del popolamento e la vegetazione.

Introduzione

Dalla Conferenza UNCED di Rio de Janeiro nel 1992, la biodiversità delle foreste ha raccolto grande attenzione a livello mondiale. Ora è ampiamente riconosciuta come aspetto importante nella valutazione e nella gestione degli ecosistemi. Ciò è inoltre in linea con i progetti della Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa (MCPFE). Nell'ambito del Programma EU/ICP Forests, è stato portato avanti uno studio per valutare in che misura i dati disponibili del monitoraggio intensivo possono contribuire a una maggior comprensione della biodiversità negli ecosistemi forestali, tenendo presente il ruolo dell'inquinamento atmosferico.

La vegetazione in relazione alle influenze ambientali

Oltre alle specie arboree, anche la vegetazione nel suo complesso è un ottimo indicatore della biodiversità nelle aree di Livello II. Applicando la statistica multivariata, sono state valutate le relazioni tra la composizione specifica della vegetazione e gli apporti di azoto e altri numerosi fattori ambientali. Da un punto di vista statistico, almeno 20 specie, sulle 63 presenti in almeno 50 aree, mostrano una chiara suscettibilità alle deposizioni di azoto. *Galeopsis tetrahit* è una delle specie che si ritrova nelle aree caratterizzate da elevati apporti di azoto. La vegetazione è un valido bioindicatore per numerosi fattori ambientali e può integrare le informazioni sulla fertilità del suolo, sull'acidità, la disponibilità di azoto e di acqua, le condizioni del clima e i relativi cambiamenti.

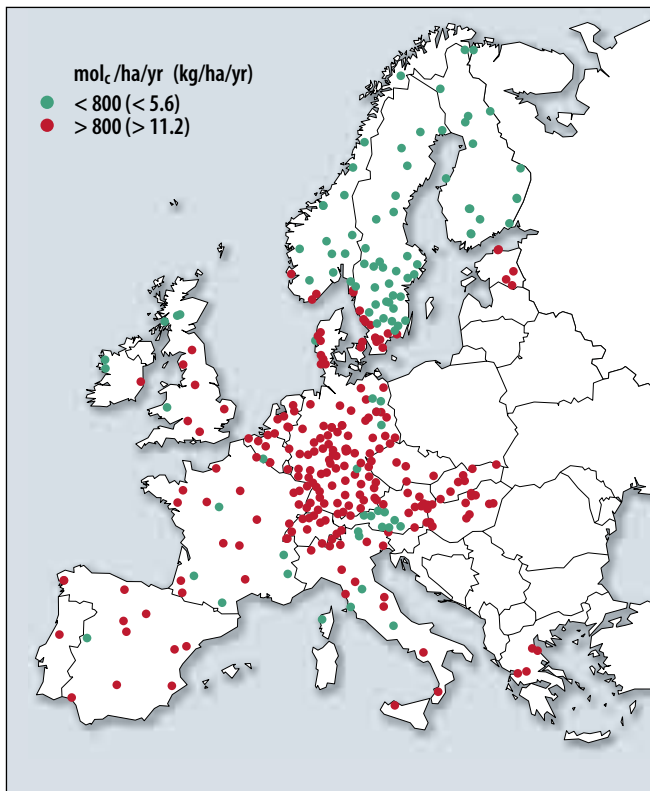


Figura 6-1: deposizione totale di azoto nelle aree di Livello II nel periodo 1998 - 2000. Valori ottenuti dal modello espressi in kg/ha/a

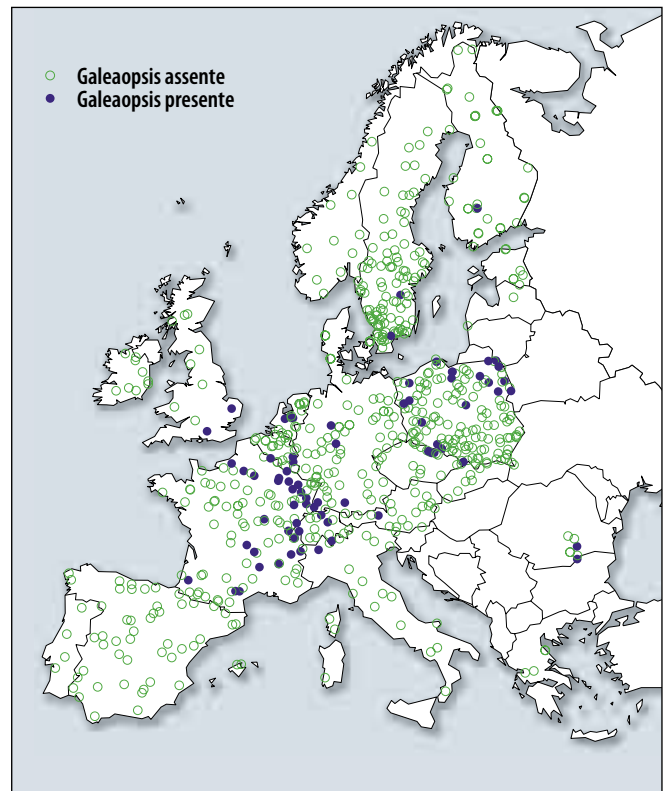


Figura 6-2: presenza di Galeopsis tetrahit nelle aree di Livello II

Parametri di biodiversità disponibili nel Programma

Tra tutti i dati disponibili, sono stati sperimentati i parametri che descrivono aspetti della biodiversità in 800 aree di Livello II. Tra questi parametri sono inclusi la composizione e la struttura del popolamento; quest'ultimo è un indicatore molto importante di biodiversità forestale. Anche l'età del popolamento è un'utile informazione, poichè popolamenti più vecchi offrono in genere habitat molto più ricchi per molti gruppi di specie. La variazione del diametro delle piante all'interno di un popolamento può essere calcolata dai dati esistenti e costituisce un elemento di particolare importanza per la biodiversità, in quanto una grande variabilità implica una maggior presenza di nicchie ecologiche in una foresta. Altri parametri strutturali del popolamento che possono



Galeopsis tetrahit cresce abitualmente su terreni ricchi di nutrienti e fiorisce da giugno a settembre.



L'isola di Zannone, situata lungo la costa tirrenica italiana, è una delle poche aree nell'Europa Meridionale dove le foreste abbiano risentito solo marginalmente dell'influenza diretta dell'uomo. Queste aree sono oggi rigorosamente protette e servono da punti di riferimento per la gestione sostenibile di altre foreste. Tuttavia, la flora presente sull'isola ha subito importanti cambiamenti nel corso degli ultimi decenni, a causa dei cambiamenti climatici.

essere calcolati dai dati disponibili riguardano il numero di alberi monumentali e il numero di alberi morti per ettaro. Parametri che riguardano la composizione sono invece il numero di alberi e di specie vegetali nel loro complesso.

Panoramica

Il gruppo di lavoro sulla biodiversità del Programma EU/ICP Forests ha proposto indagini aggiuntive che potrebbero contribuire alla valutazione della biodiversità nelle foreste in Europa. Queste indagini prevedono il monitoraggio dei licheni epifiti, approfondite valutazioni sulla struttura del popolamento, l'applicazione della stratificazione per tipi forestali, l'estensione dell'analisi della vegetazione e valutazioni più dettagliate del legno morto. La valutazione dei dati, inclusa l'elaborazione di indici specifici e la loro possibile aggregazione in indici sintetici, costi-

tuisce un altro obiettivo importante degli esperti che operano all'interno del Programma. E' previsto inoltre un approfondimento delle relazioni esistenti tra i fattori chiave della biodiversità, come la struttura del popolamento e della vegetazione, in modo da contribuire allo sviluppo di indicatori applicabili a un elevato numero di aree. Nell'ambito del Programma ICP Forests, è stata lanciata una fase sperimentale per condurre queste attività. La cooperazione tra le organizzazioni internazionali sull'argomento biodiversità è fondamentale per raggiungere la maggiore sinergia possibile.



7. CONCLUSIONI

Argomenti principali

1. *Le foreste in Europa reagiscono alle mutate condizioni ambientali. L'inquinamento atmosferico è una delle cause che determina cambiamenti delle condizioni delle foreste. Questi cambiamenti sono dimostrati da vari indicatori.*

- *La defogliazione nelle principali specie arboree è rimasta elevata nell'anno 2002, con un quinto degli alberi monitorati classificato come danneggiato. La defogliazione è principalmente legata a condizioni climatiche avverse, fattori biotici e inquinamento atmosferico.*
- *La diminuzione delle concentrazioni di zolfo negli aghi di pino e abete rosso è una testimonianza delle riduzioni delle emissioni di zolfo avvenute negli ultimi decenni.*
- *Emissioni fogliari precoci e periodi di crescita più lunghi nell'abete rosso sono legate a mutate condizioni climatiche.*

2. *Le analisi degli scenari, che assumono una riduzione delle emissioni*

in accordo con i provvedimenti internazionali, prevedono una diminuzione delle concentrazioni di zolfo e azoto nelle soluzioni del suolo. Il recupero della fase solida del suolo richiederà invece molto più tempo e questo suggerisce che gli ecosistemi forestali subiranno ancora a lungo gli effetti degli elevati carichi.

3. *Le prime valutazioni delle misure di ozono nei siti forestali confermano elevate concentrazioni di ozono nell'Europa Meridionale. Il danno da ozono è visibile sulle foglie delle principali specie arboree come il faggio, così come in alcune specie erbacee ed arbustive, che non erano conosciute prima come specie ozono-sensibili.*

4. *A livello europeo, l'immagazzinamento annuo netto di carbonio da parte delle piante è circa 5-7 volte maggiore rispetto a quello del suolo. L'estrapolazione fatta per l'area forestale in Europa, corretta per la perdita dovuta agli incendi e alla raccolta di biomassa, fornisce un tasso medio*

di 0,1 Gigaton all'anno. L'aumento della crescita arborea dovuta agli apporti di azoto implica un aumento della cattura di carbonio pari al 5%.

Condizioni delle foreste

Le condizioni delle foreste in Europa stanno cambiando a fronte delle attuali condizioni ambientali. Il Programma ICP Forests e l'Unione Europea portano avanti la più vasta rete di biomonitoraggio mondiale con l'obiettivo di quantificare questi cambiamenti e contribuire a una migliore comprensione delle relazioni di causa-effetto.

Deposizioni

L'inquinamento atmosferico è una delle cause del cambiamento delle condizioni delle foreste e costituisce l'argomento principale per le attività di monitoraggio del Programma. Questo Rapporto mette in evidenza il successo della riduzione delle emissioni di zolfo negli ultimi decenni. L'analisi dello scenario futuro



Le foreste in Norvegia

basato sul Protocollo di Kyoto della Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza, prevede una diminuzione anche delle concentrazioni di nitrato nelle soluzioni del suolo per la maggior parte dei siti. Tuttavia, l'apporto atmosferico sta ancora aumentando in alcune regioni a causa dello sviluppo di industrie e sono necessari perciò esperti che controllino costantemente la situazione. In questo contesto, i risultati raggiunti dal Programma ICP Forests e dall'Unione Europea sono stati riconosciuti al Forum delle Nazioni Unite sulle Foreste nella sua terza sessione e i metodi di monitoraggio del Programma sono stati consigliati per altre zone nel mondo.

Ozono e immagazzinamento di carbonio

Le concentrazioni di ozono al di sopra dei livelli critici, unite a concentrazioni di biossido di carbonio in aumento, costituiscono una minaccia

per gli ecosistemi forestali. Nel 2002 la percentuale di alberi che presentavano danni alle chiome è rimasta elevata e danni visibili da ozono sono stati rilevati in molti siti. Non è ancora molto chiaro come gli ecosistemi forestali su vasta scala rispondano all'aumento della concentrazione dei gas serra e ai cambiamenti climatici e come questi fattori interagiscano complessivamente tra loro. Fino ad ora la ricerca sul campo ha dimostrato le interazioni fra il biossido di carbonio e l'ozono. I risultati presentati in questo Rapporto mostrano gli effetti dei carichi di azoto sulla cattura di carbonio. Con la sua Rete unica di siti monitorati e il suo database, il Programma si trova in una posizione importante per poter fornire solide basi per le politiche ambientali future in questo ambito.

Biodiversità

Molti indicatori considerati nel Programma mostrano che le foreste reagiscono in modo differente a

fronte di mutate condizioni ambientali. Durante una fase sperimentale sulla biodiversità, svolta nell'ambito del Programma ICP Forests, saranno sviluppati nuovi metodi di monitoraggio. Nuovi indicatori saranno utili per migliorare e affinare le conoscenze sulla biodiversità forestale, la differente struttura, composizione e funzionalità.

Prospettive

Il Programma continuerà la sua regolare azione di controllo delle condizioni delle foreste in Europa. Inoltre fornirà informazioni chiave, utili alle misure politiche, su fattori di stress come l'inquinamento atmosferico. In questo contesto contribuirà inoltre all'urgente necessità di raccolta di informazioni riguardo i cambiamenti climatici e la biodiversità forestale. In questo modo le attività di monitoraggio garantiranno solide basi per le politiche di abbattimento degli inquinanti e per una gestione sostenibile delle foreste in futuro.

ALLEGATO I: FORESTE, INDAGINI E CLASSI DI DEFOGLIAZIONE NEI PAESI EUROPEI (2002)

Risultati delle indagini nazionali riportati dai Centri Focali Nazionali

Paesi partecipanti	Area boscata (x 1000 ha)	% di area boscata	Dimensioni reticolo (kmxkm)	No. di siti di osservazione	No. di alberi osservati	Defogliazione (per classi) di tutte le specie arboree; indagini nazionali		
						0	1	2-4
Albania	1028	35.8	10x10	299	8970	42.4	44.5	13.1
Austria	3878	46.2	8.7x8.7	264	7029	60.2	29.6	10.2
Belgio	691	22.8	4x4/8x8	132	3079	38.7	43.5	17.8
Bielorussia	7845	37.8	16x16	407	9690	34.9	55.6	9.5
Bulgaria	3314	29.9	4x4/8x8/16x16	141	5303	24.1	38.8	37.1
Cipro	298	32.2	16x16	15	360	30.8	66.4	2.8
Croazia	2061	36.5	16x16	80	1910	38.4	41.0	20.6
Danimarca	468	10.9	7x7/16x16	20	480	61.5	29.8	8.7
Estonia	2249	49.9	16x16	93	2169	45.9	46.5	7.6
Federazione Russa	8125	73.2	variabile	183	4144	37.9	51.2	10.9
Finlandia	20032	65.8	16x16/24x32	457	8593	54.6	33.9	11.5
Francia	14591	26.6	16x16	518	10355	40.1	38.0	21.9
Germania	10264	28.9	4x4/16x16	447	13534	35.1	43.5	21.4
Grecia	2512	19.5	16x16	75	1768	42.1	37.0	20.9
Irlanda	436	6.3	16x16	21	424	43.9	35.4	20.7
Italia	8675	28.8	16x16	258	7165	20.3	42.4	37.3
Lettonia	2902	44.9	8x8	364	8682	19.8	66.4	13.8
Liechtenstein	8	50.0						
Lituania	1858	28.5	8x8/16x16	220	5162	16.4	70.8	12.8
Lussemburgo	89	34.4						
Norvegia	12000	37.1	3x3/9x9	1504	7421	35.0	39.5	25.5
Paesi Bassi	334	9.6	16x16	11	231	57.1	21.2	21.7
Polonia	8756	28.0	variabile	1229	24580	8.8	58.5	32.7
Portogallo	3234	36.4	16x16	145	4350	47.8	42.6	9.6
Regno Unito	2156	8.9	random	356	8532	27.3	45.4	27.3
Rep. di Moldavia	318	9.4	2x2	480	11489	25.2	32.3	42.5
Repubblica Ceca	2630	33.4	8x8/16x16	140	7013	11.6	35.0	53.4
Repubblica Slovacca	1961	40.0	16x16	111	4207	17.3	57.9	24.8
Romania	6244	26.3	4x4	4028	104366	62.7	23.8	13.5
Serbia e Montenegro			16x16	46	1104	80.8	15.3	3.9
Slovenia	1099	54.2	16x16	39	936	32.3	39.6	28.1
Spagna	11588	23.4	16x16	620	14880	24.2	59.4	16.4
Svezia	23400	57.1	variabile	4180	16671	49.2	35.0	15.8
Svizzera	1186	28.7	16x16	49	1064	23.4	58.0	18.6
Turchia	20199	25.9						
Ucraina	9316	15.4	16x16	49	1204	8.9	63.4	27.7
Ungheria	1804	19.4	4x4	1143	26921	38.1	40.7	21.2
TOTALE	197549		variabile	18124	333786			

Grecia: macchia mediterranea esclusa.

Serbia e Montenegro: solo Montenegro.

Svezia, Norvegia: studi speciali sulla betulla.

Federazione Russa: solo indagini regionali nelle zone europee nordoccidentali e centrali della Federazione Russa.

Alcune differenze nelle classi di danno a cavallo di confini nazionali possono essere in parte dovute all'utilizzo di metodiche diverse. Questa limitazione non influisce comunque sull'attendibilità dei trend temporali.

ALLEGATO II: DEFOGLIAZIONE IN TUTTE LE SPECIE (1991-2002)

Risultati delle indagini nazionali presentate dai relativi Centri Focali Nazionali

Paesi partecipanti	Tutte le specie classe di defogliazione 2-4												cambiamento punti %
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2001 / 2002
Albania								9.8	9.9	10.1	10.2	13.1	2.9
Austria	7.5	6.9	8.2	7.8	6.6	7.9	7.1	6.7	6.8	8.9	9.7	10.2	0.5
Belgio	17.9	16.9	14.8	16.9	24.5	21.2	17.4	17.0	17.7	19.0	17.9	17.8	-0.1
Bielorussia		29.2	29.3	37.4	38.3	39.7	36.3	30.5	26.0	24.0	20.7	9.5	-11.2
Bulgaria	21.8	23.1	23.2	28.9	38.0	39.2	49.6	60.2	44.2	46.3	33.8	37.1	3.3
Cipro											8.9	2.8	-6.1
Croazia		15.6	19.2	28.8	39.8	30.1	33.1	25.6	23.1	23.4	25.0	20.6	-4.4
Danimarca	29.9	25.9	33.4	36.5	36.6	28.0	20.7	22.0	13.2	11.0	7.4	8.7	1.3
Estonia	*	*	*	*	*	*	*	8.7	8.7	7.4	8.5	7.6	-0.9
Federazione Russa				10.7	12.5						9.8	10.9	1.1
Finlandia	16.0	14.5	15.2	13.0	13.3	13.2	12.2	11.8	11.4	11.6	11.0	11.5	0.5
Francia	7.1	8.0	8.3	8.4	12.5	17.8	25.2	23.3	19.7	18.3	20.3	21.9	1.6
Germania	25.2	26.4	24.2	24.4	22.1	20.3	19.8	21.0	21.7	23.0	21.9	21.4	-0.5
Grecia	16.9	18.1	21.2	23.2	25.1	23.9	23.7	21.7	16.6	18.2	21.7	20.9	-0.8
Irlanda	15.0	15.7	29.6	19.7	26.3	13.0	13.6	16.1	13.0	14.6	17.4	20.7	3.3
Italia	16.4	18.2	17.6	19.5	18.9	29.9	35.8	35.9	35.3	34.4	38.4	37.3	-1.1
Lettonia		37.0	35.0	30.0	20.0	21.2	19.2	16.6	18.9	20.7	15.6	13.8	-1.8
Liechtenstein		16.0											
Lituania	23.9	17.5	27.4	25.4	24.9	12.6	14.5	15.7	11.6	13.9	11.7	12.8	1.1
Lussemburgo	20.8	20.4	23.8	34.8	38.3	37.5	29.9	25.3		23.4			
Norvegia	19.7	26.2	24.9	27.5	28.8	29.4	30.7	30.6	28.6	24.3	27.2	25.5	-1.7
Paesi Bassi	17.2	33.4	25.0	19.4	32.0	34.1	34.6	31.0		21.8	19.9	21.7	1.8
Polonia	45.0	48.8	50.0	54.9	52.6	39.7	36.6	34.6	30.6	32.0	30.6	32.7	2.1
Portogallo	29.6	22.5	7.3	5.7	9.1	7.3	8.3	10.2	11.1	10.3	10.1	9.6	-0.5
Regno Unito	56.7	58.3	16.9	13.9	13.6	14.3	19.0	21.1	21.4	21.6	21.1	27.3	6.2
Rep. di Moldavia			50.8		40.4	41.2				29.1	36.9	42.5	5.6
Repubblica Ceca	45.3	56.1	51.8	57.7	58.5	71.9	68.6	48.8	50.4	51.7	52.1	53.4	1.3
Repubblica Slovacca	28.5	36.0	37.6	41.8	42.6	34.0	31.0	32.5	27.8	23.5	31.7	24.8	-6.9
Romania	9.7	16.7	20.5	21.2	21.2	16.9	15.6	12.3	12.7	14.3	13.3	13.5	0.2
Serbia e Montenegro	9.8					3.6	7.7	8.4	11.2	8.4	14.0	3.9	-10.1
Slovenia	15.9		19.0	16.0	24.7	19.0	25.7	27.6	29.1	24.8	28.9	28.1	-0.8
Spagna	7.4	12.3	13.0	19.4	23.5	19.4	13.7	13.6	12.9	13.8	13.0	16.4	3.4
Svezia	*	*	*	*	14.2	17.4	14.9	14.2	13.2	13.7	17.5	15.8	-1.7
Svizzera	16.1	12.8	15.4	18.2	24.6	20.8	16.9	19.1	19.0	29.4	18.2	18.6	0.4
Turchia													
Ucraina	6.4	16.3	21.5	32.4	29.6	46.0	31.4	51.5	56.2	60.7	39.6	27.7	-11.9
Ungheria	19.6	21.5	21.0	21.7	20.0	19.2	19.4	19.0	18.2	20.8	21.2	21.2	0.0

Repubblica Ceca: prima del 1997 si consideravano solo alberi con più di 60 anni

Francia: a causa di un cambiamento di metodi, solo i periodi 1990-94 e 1997-2002 sono validi, anche se non confrontabili tra loro

Germania: per il 1990, solo dati dell'ex Repubblica Federale Tedesca

Grecia: macchia mediterranea esclusa

Italia: a causa di un cambiamento di metodi, solo i periodi 1989-96 e 1997-2002 sono validi, anche se non confrontabili tra loro

Serbia and Montenegro: nel 2002 solo Montenegro.

Federazione Russa: indagini regionali solo

nelle zone europee occidentali e centrali della Federazione Russa

Regno Unito: le differenze tra il 1992 e gli anni successivi sono principalmente dovute al cambiamento dei metodi di valutazione per conformarsi a quelli utilizzati negli altri paesi.

* = valutazioni esclusivamente su conifere

ANNESSE III

Specie arboree citate nel testo:

Pino d'Aleppo:	<i>Pinus halepensis</i>
Faggio:	<i>Fagus sylvatica</i>
Farnia:	<i>Quercus robur</i>
Ontano bianco:	<i>Alnus incana</i>
Leccio:	<i>Quercus ilex</i>
Pino marittimo:	<i>Pinus pinaster</i>
Abete rosso:	<i>Picea abies</i>
Pino silvestre:	<i>Pinus sylvestris</i>
Rovere:	<i>Quercus petraea</i>
Abete bianco:	<i>Abies alba</i>

Fotografia, pagina

D. Aamlid: pp. 7, 10, 22, 23, 33 in basso, 35, 38/39; E. Beuker: p. 20; A. Fischer p. 31, R. Fischer: pp. 13, 18, 30, 33 top, 37; A. Fürst: p. 21 a destra; H.-D. Gregor: p. 6; K. Häberle: p. 29 in alto; D. Karnosky: p. 29 in basso; J. Kribbel: p. 36; M. Lorenz: p. 8/9; S. Meining: p. 19 a destra; M. Minaya: p. 26; E. Oksanen: pp. 11, 21 a sinistra; M.J. Sanz: p. 28 a destra; M. Schaub: p. 28 parte centrale sulla sinistra; H. Schröter: p. 19 parte centrale sulla sinistra; W. Seidling: p. 14

Ulteriori informazioni:

Centro Federale per la Ricerca nel settore delle Foreste e dei Prodotti Forestali

PCC of ICP Forests

Attenzione di Dr. M. Lorenz, R. Fischer

Leuschnerstr. 91

D-21031 HAMBURG

Commissione Europea

DG AGRI, Fl. 3

Rue de la Loi 130

B-1040 Brussels

Internet:

<http://www.icp-forests.org> (ICP Forests)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Commissione Europea)

<http://www.fimci.nl> (Forest Intensive Monitoring Co-ordinating Institute)

PAESI PARTECIPANTI E CONTATTI:

- Albania:** Ministry of the Environment, Dep. of Biodiversity and Natural Resources Management, e-mail: cep@cep.tirana.al, Rruga e Durresit Nr. 27, Tirana.
- Austria:** Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Mr. Ferdinand Kristöfel, ferdinand.kristoefel@fbva.bmlf.gv.at, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien.
- Belgio:** Wallonia, Ministère de la Région Wallonne, Div. de la Nature et des Forêts, Mr. C. Laurent, c.laurent@mrw.wallonie.be, Avenue Prince de Liège, 15, B-5000 Namur.
- Flanders,** Institute for Forestry and Game Management, Mr. Peter Roskams, e-mail: peter.roskams@lin.vlaanderen.be, Gaverstraat 4, B-9500 Geraardsbergen.
- Bielorussia:** Forest Inventory republican unitary company "Belgosles", Mr. V. Kastsiukevich, e-mail: belgosles@open.minsk.by, 27, Zheleznodorozhnaja St., 220089 Minsk.
- Bosnia e Erzegovina:** Federalno Ministarstvo Poljop. Vodop. Sum., Mr. Bajram Pescovic, Maršala Tita br. 15, Sarajevo.
- Bulgaria:** Ministry of Environment and Waters, Ms. Penka Stoichkova, e-mail: pafmon@nfp-bg.eionet.eu.int, 136, Tzar Boris III blvd., BG-1618 Sofia.
- (S)4046 Canada:** Canadian Forest Service, Mr. Harry Hirvonen, e-mail: hirvonen@nrcan.gc.ca, 580 Booth Street – 7th Floor, CDN-Ottawa, ONT K1A 0E4. Quebec: Ministère des Ressources naturelles, Mr. Rock Ouimet, rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca, 2700, Einstein, CDN-STE. FOY - Quebec G1P 3W8.
- Repubblica Ceca:** Forestry and Game Management Research Institute (VULHM), Mr Bohumir Lomsky, e-mail: lomsky@vulhm.cz, Strnady 136, CZ-15604 Praha 516, Zbraslav.
- Cipro:** Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Mr. Andreas K. Christou, Publicity@cytanet.com.cy, P.O.Box 4157, CY-1414-Lefkosia.
- Croazia:** Sumarski Institut, Mr. Joso Gracan, e-mail: josog@sumins.hr, Cvjetno Naselje 41, 10450 Jastrebarsko.
- Danimarca:** Danish Forest and Landscape Research Institute, Ms Anne Marie Bastrup-Birk, e-mail: abb@fsl.dk, Hörsholm Kongevej 11, DK-2970 Hörsholm.
- Estonia:** Estonian Centre for Forest Protection and Silviculture, Mr. Kalle Karoles, e-mail: kalle.karoles@metsad.ee, Rõõmu tee 2, EE-51013 Tartu.
- Finnlandia:** Finnish Forest Research Institute, Mr. Hannu Raitio, e-mail: hannu.raitio@metla.fi, Kaironiementie 54, FIN-39700 Parkano.
- Francia:** Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Mr. Jean Luc Flot, jean-luc.flot@agriculture.gouv.fr, 19, avenue du Maine, F-75732 Paris Cedex 15.
- Germania:** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft – Ref. 533, Mr. Thomas Haußmann, e-mail: thomas.hausmann@bmvvel.bund.de, Postfach 140270, D-53107 Bonn.
- Grecia:** Institute of Mediterranean Forest Ecosystems, Mr. George Baloutsos, Mr. Anastasios Economou, e-mail: oika@fria.gr, Terma Alkmanos, GR-11528 Athens-Illissia.
- Irlanda:** Coillte Teoranta, Research and Development, Mr. Pat Neville, e-mail: neville_p@coillte.ie, Newtownmountkennedy, IRL- CO. Wicklow.
- Italia:** Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Servizio CONECOFOR, Dr. Davide De Laurentis, conecofor@corpofo.restale.it, Via Sallustiana 10, I-00187 Roma.
- Lettonia:** State Forest Service of Latvia, Ms Liene Suveizda, e-mail: liene@vmd.gov.lv, 13. Janvara iela 15, LV-1932 Riga.
- Liechtenstein:** Amt für Wald, Natur und Landschaft, Mr. Felix Näscher, e-mail: felix.naescher@awnl.llv.li, Dr. Grass-Strasse 10, FL-9490 Vaduz.
- Lituania:** State Forest Survey Service, Mr. Andrius Kuliesis, e-mail: vmt@lvmi.lt, Pramones ave. 11a, LT-3031 Kaunas.
- Lussemburgo:** Administration des Eaux et Forêts, Jean-Pierre Arend, e-mail: Jean-Pierre.Arend@ef.etat.lu, 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg-Ville (Cloche d'Or).
- Moldova:** State Forest Agency, Mr. Dumitru Galupa, e-mail: Galupa@moldovacc.md, 124 bd. Stefan Cel Mare, MD-2012 Chisinau.
- Norvegia:** Norwegian Forest Research Institute, Mr. Dan Aamlid, e-mail: dan.aamlid@skogforsk.no, Høgskolevn. 12, N-1432 ÅS.
- Paesi Bassi:** Ministry of Agriculture, Nature Management & Fisheries, Mr. G. Grimberg, g.t.m.grimberg@eclnv.agro.nl, Postbus 30, Marijke wag 24, NL-6700 AA Wageningen.
- Polonia:** Forest Research Institute, Mr. Jerzy Wawrzoniak, e-mail: j.wawrzoniak@ibles.waw.pl, Bitwy Warszawskiej 1920 nr. 3, PL-00973 Warszawa.
- Portogallo:** Ministerio da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Direcção Geral das Florestas, Divisao de Defesa e Protecção dos Arvoredos, Ms Maria Barros, e-mail: mbarros@dgf.min-agricultura.pt, Av. Joao Crisostomo 28-6°, P-1069-040 Lisboa.
- Regno Unito:** Forest Research Station, Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Mr. Andrew J. Moffat, e-mail: andy.moffat@forestry.gsi.gov.uk, UK-Farnham-Surrey GU10 4LH.
- Romania:** Forest Research and Management Institute, Mr. Romica Tomescu/ Mr. Ovidiu Badea, e-mail: biometrie@icas.ro, Sos. Stefanesti nr. 128 sector 2, RO-72904 Bukarest.
- Federazione Russa:** St. Petersburg State University (SpsSU). Biological Research Institute, Ms Natalia Goltsova, e-mail: Natalia.Goltsova@pobox.spbu.ru, Oranienbaumskoe schosse 2, RUS-198504 Petrodvoretz.
- Serbia e Montenegro:** Institute for Forestry, Mr. Radovan Nevenic, e-mail: nevenic@Eunet.yu, Kneza Viselava street 3, YU-11000 Novi-Beograd.
- Repubblica Slovacca:** Lesnický výskumný ústav, Mr. Tomáš Bucha, e-mail: tomas.bucha@fris.sk, T.G. Masaryka 22, SK-96092 Zvolen.
- Slovenia:** Gozdarski Institut Slovenije, Mr. Marko Kovac, e-mail: marko.kovac@gozdis.si, Vecna pot 2, SLO-1000 Ljubljana.
- Spagna:** Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Mr. Sanchez Peña, e-mail: gsanchez@mma.es, Gran Vía de San Francisco, 4, E-28005 Madrid.
- Stati Uniti d'America:** Forest Health Monitoring Program, Forestry Sciences Laboratory, P.O. Box 12254, USA-Research Triangle Park, NC 27709.
- Svezia:** National Board of Forestry, Mr. Sture Wijk, e-mail: sture.wijk@svo.se, Vallgatan 6, S-551 83 Jönköping.
- Svizzera:** Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Mr. Norbert Kräuchi, e-mail: kraeuchi@wsl.ch, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf.
- Turchia:** Ormançilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Mr. Yasar Simsek, P.K. 24 Bahçelievler, TR-06561 Gazi-Ankara.
- Ucraina:** Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Mr. Igor F. Buksha, e-mail: buksha@uriffm.com.ua, Pushkinskaja 86, UKR-61024 Kharkiv.
- Ungheria:** Forest Management Planning Service, Mr. Andras Szepesi, szepesi.andras@esz.hu, Széchenyi u. 14, H-1054 Budapest 5.

