

## **Quale influenza esercita la componente climatica in ordine alle manifestazioni di danni boschivi di «nuovo tipo»?**

**Un'indagine condotta in Alto Adige attribuisce alle recenti ed accertate variazioni del clima un ruolo significativo, ma indica altresì nell'inquinamento ambientale, ed atmosferico in particolare, un preoccupante elemento perturbatore della circolazione atmosferica e del clima a livello planetario.**

Come già in altre regioni boscate d'Europa, anche nei boschi dell'Alto Adige dall'inizio degli anni '80 si osserva un permanente e generalizzato stato di deperimento che ora, alla luce delle risultanze di indagini a tal scopo avviate, assume sempre più i connotati di un quadro patologico complesso, non certamente ascrivibile *sic et simpliciter* al noto fenomeno della «moria dei boschi» in senso canonico.

La sintomatologia, per quanto aspecifica, è caratterizzata da fenomeni di precoce clorosi e successiva coresi degli organi fogliari, non attribuibili a cause convenzionali e note di tipo biotico o abiotico.

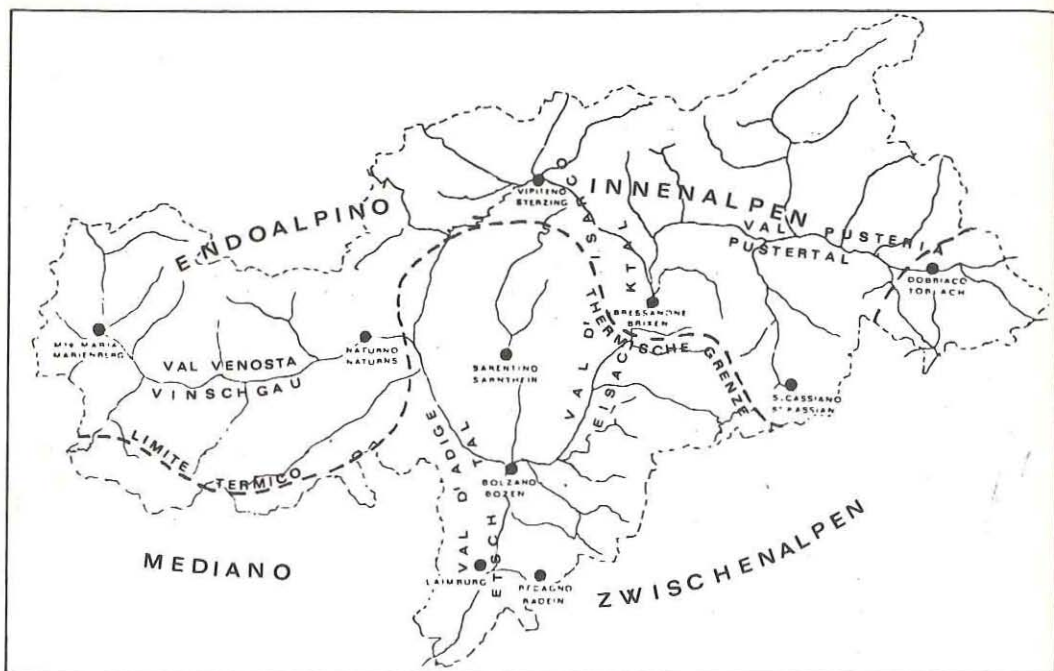
Alcuni elementi tuttavia, tra cui la prevalenza delle manifestazioni descritte a carico delle conifere più igrofile - *Abies alba* Mill. e *Picea excelsa* Link. - in particolare nelle porzioni prossimali e basali delle chiome, la maggior presenza dei danni sui versanti esposti a solatio, sui terreni superficiali (affioramenti di roccia, calcari, dolomie, ecc.) e comunque laddove le caratteristiche fisiche del terreno non consentono una efficace e sufficiente ritenzione idrica, legittimano il sospetto secondo cui quanto osservato sia conseguenza di si-

tuazioni idriche deficitarie, quindi di minori apporti meteorici.

Le affinità con le sintomatologie di stati carenziali idrici e nutritivi sono d'altro canto notevoli, mentre la rilevante estensione geografica assunta dai fenomeni e la positiva reazione delle specie forestali a più favorevoli condizioni climatiche (udometriche) sono altrettanti significativi indizi di dirette implicazioni dei fattori climatici nelle manifestazioni di deperimento dei boschi.

Si riporta pertanto quanto emerso in uno studio che, sulla base dei dati relativi all'andamento climatico dell'ultimo periodo in Alto Adige, ravvisa in alcune significative variazioni del clima, individuato nei suoi fondamentali parametri fisici, una possibile causa o concausa dei danni boschivi di «nuovo tipo».

Condizioni climatiche sfavorevoli, oltre ad arrecare danni diretti alla vegetazione (estremi climatici, aridità), possono difatti predisporre la stessa all'azione di agenti patogeni (insetti, malattie fungine) o favorire il pullulare di questi ultimi o addirittura aggravare una situazione di danno per inquinamento ambientale già in atto.



**Figura 1** – Suddivisione del territorio dell'Alto Adige nei due settori endoalpino, caratterizzato da valori termici inferiori, e mediano. Quest'ultimo presenta apporti idrici solo di poco superiori. Ambedue le zone possono tuttavia ritenersi povere di piogge

## 1. Brevi lineamenti del clima in Alto Adige

Sul versante meridionale delle Alpi si distinguono dal punto di vista fitoclimatico e fitogeografico tre distinti settori di preminente interesse bioecologico – endoalpino, mediano e meridionale – contraddistinti in particolare dal diverso tipo di regime pluviometrico.

In Alto Adige, territorialmente compreso fra i primi due settori (Fig. 1), il clima di tipo sub-continentale *temperato freddo* volge più verso il tipo mitteleuropeo, del quale presenta più attenuanti i caratteri (settore endoalpino), piuttosto che verso il tipo sub-mediterraneo del quale subisce, sia pure marginalmente, gli influssi sul lato più meridionale ed orientale (settore mediano).

Secondo Fliri e Mayer il mesoclima altoatesino di tipo centroalpino costituisce dunque una entità climatica autoctona a sè stante: *la regione siccitosa del Tirolo*. Tale carattere di aridità, espressione diretta dei fattori fisiografici locali (posizione geogra-

fica, distanza da superfici marine, elevazione dei rilievi, disposizione ed orientamento delle valli) può a ragione essere considerato costituzionale.

Il fattore pluviometrico gioca infatti un ruolo di prim'ordine in quanto, più di altri, tipicizza il clima locale e più direttamente influenza il collettivo della vegetazione. Ad esso viene pertanto fatto specifico riferimento nella presente trattazione, in particolare per quanto attiene alla distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno (regime pluviometrico) ed alla loro entità durante il periodo estivo (giugno-agosto) e vegetativo (maggio-settembre).

I principali elementi termo-pluviometrici, ricavati dai dati raccolti in dieci stazioni di misura distribuite sul territorio provinciale, sono riassunti nella scheda n. 1.

## 2. Mutamenti climatici dell'ultimo periodo in Alto Adige

Come emerge dalle elaborazioni statistiche, l'andamento climatico del recente passato è contraddistinto da alcuni, ma si-



gnificativi, eventi anomali, in merito ai quali si accenna qui in breve.

### **2.1 Graduale riduzione delle quantità di pioggia annua a partire dagli anni '60.**

Sulla base dell'ammontare annuo delle precipitazioni si riconosce nel lungo periodo un'alternanza di fasi con abbondanti o più scarsi apporti meteorici.

Dagli andamenti relativi alle medie annue quinquennali si evidenziano, rispetto al valore medio pluriennale (1921-1980):

- una fase di precipitazioni abbondanti attorno all'anno 1935;
- due fasi caratterizzate da estrema scarsità, incentrate attorno agli anni 1945 e 1970. Localmente tale situazione si protrae fino agli anni '80.

Quasi ovunque le quantità di pioggia sono deficitarie. L'ultimo quinquennio segna tuttavia un generalizzato e sostanziale recupero con esclusione dell'area *sud-orientale* della provincia (Dobbiaco, S. Cassiano, Redagno) ove le precipitazioni annue si mantengono al di sotto della media.

### **2.2 Tendenziale affermarsi di un regime pluviometrico sub-equinoziale anziché sub-continentale-solstiziale.**

Già nel passato la distribuzione annua delle piogge nei settori endoalpino e mediano ha manifestato periodicamente una tendenza verso il tipo subequinoziale, più proprio del settore meridionale alpino, geograficamente limitrofo, come dell'alto versante adriatico. L'affermarsi su tutto il versante meridionale delle Alpi Orientali di un tale tipo di regime pluviometrico elimina la differenziazione che contraddistingue i tre settori bioecologici. (Fig. 2).

Fasi in cui ha prevalso tale carattere sono incentrate attorno agli anni 1926, 1959, 1962, 1980, 1983, 1984 (maggiore frequenza di stazioni interessate) e subordinatamente nel 1923, 1928, 1940, 1961. Tale fenomeno non introduce pertanto un elemento di novità per la regione altoatesina.

Straordinaria è al contrario la maggiore frequenza ed intensità con cui questi si è manifestato nel recente periodo (1975-1984): 8 stazioni su 10 nel 1980, tutte le stazioni negli anni 1983 e 1984 (es. Bolzano, Fig. 3).

Questo accertato aumento della compo-

nente mediterranea è verosimilmente da porre in rapporto con una più marcata azione, rispetto al passato, dell'anticiclone delle Azzorre, che domina sul bacino del Mediterraneo durante la stagione estiva e che periodicamente estende la sua influenza alla regione centroalpina ed altoatesina. Qui esso attenua gli effetti della circolazione depressionaria presente, sempre in questo periodo, sull'Europa centro-settentrionale. In conseguenza di ciò le perturbazioni transitano più a nord.

Questa situazione barica individua una caratteristica tipica del clima mediterraneo; la siccità estiva e/o durante la stagione vegetativa.

### **2.3 Periodi siccitosi durante il periodo vegetativo e/o estivo.**

Con riferimento ai valori di deviazione standard, relativi al periodo 1921-80 per le dieci stazioni in esame, emergono nel corso del sessantennio in parola annate in cui i quantitativi di precipitazione durante la stagione vegetativa e/o estiva appaiono decisamente deficitari.

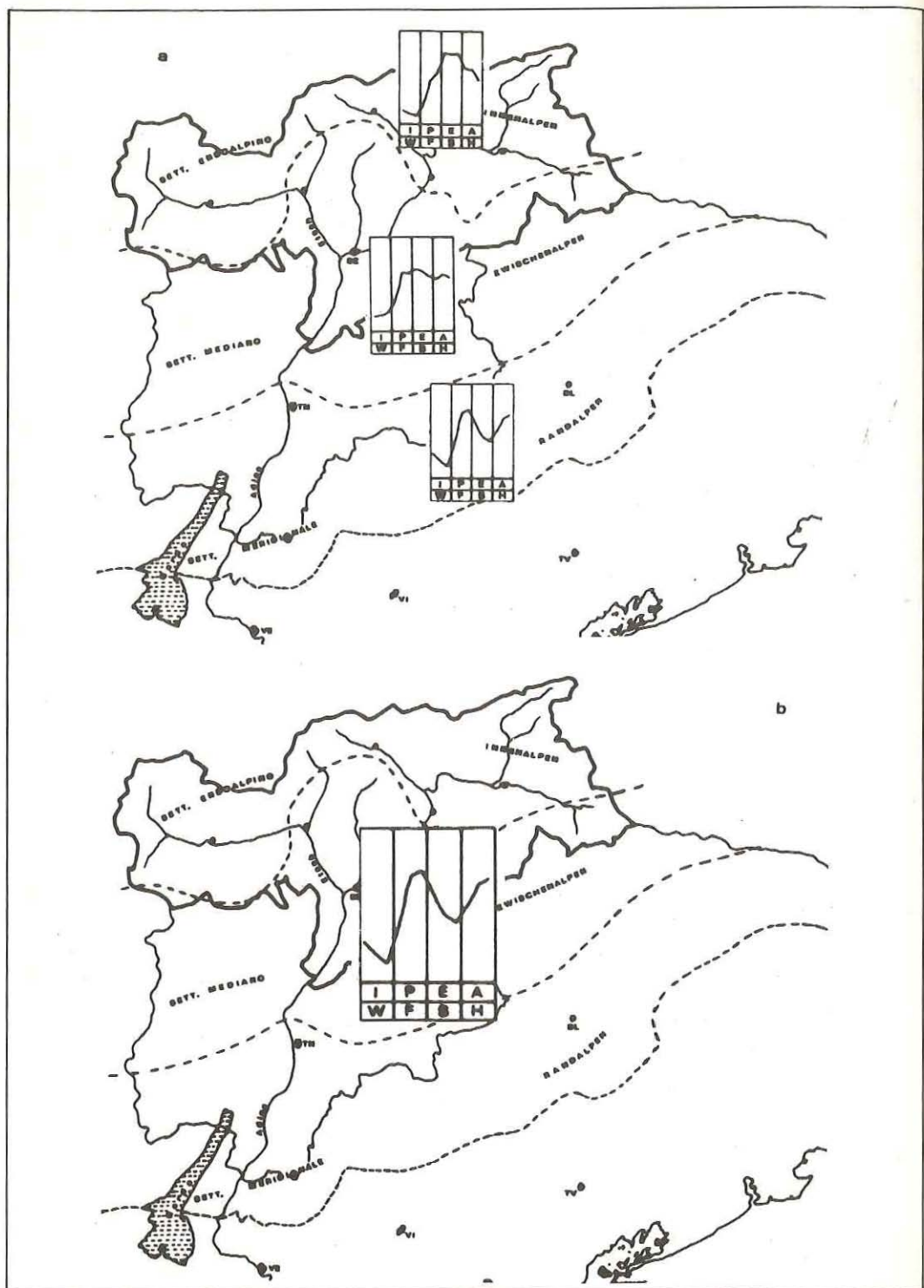
La sequenza delle annate con fasi siccitose si compendia come segue: 1936, 1943, 1949, 1959, 1961, 1962 (5 mesi siccitosi), 1964, 1969, 1971 (5 mesi siccitosi), 1976, 1980, 1983, 1984.

È evidente, rispetto ai decenni precedenti, la maggiore frequenza di annate siccitose negli ultimi anni a partire dal 1959: in media ogni 2,6 anni.

La coincidenza con annate a regime pluviometrico sub-equinoziale è evidente per gli anni 1959, 1962, 1980, 1983, 1984; non significativa al contrario per altri anni ove probabilmente, causa la posizione al margine del bacino del Mediterraneo, tale componente risulta meno pronunciata.

Negli ultimi anni si accentuano dunque le tendenziali linee evolutive del clima verso forme più xeriche, che esasperano il carattere di aridità costituzionale proprio del clima altoatesino. Ciò, sia in riferimento alle precipitazioni annue, sia e soprattutto durante la stagione vegetativa ed estiva.

Il 1976 ed in particolare gli anni 1983 e 1984 (fig. 3) sono caratterizzati da una estrema aridità estiva. Il deficit, per talune stazioni, supera abbondantemente il 200% della deviazione standard.



12 **Figura 2** - Regimi pluviometrici differenziati (a) e regime unico subequinoziale, su tutta l'area (b).



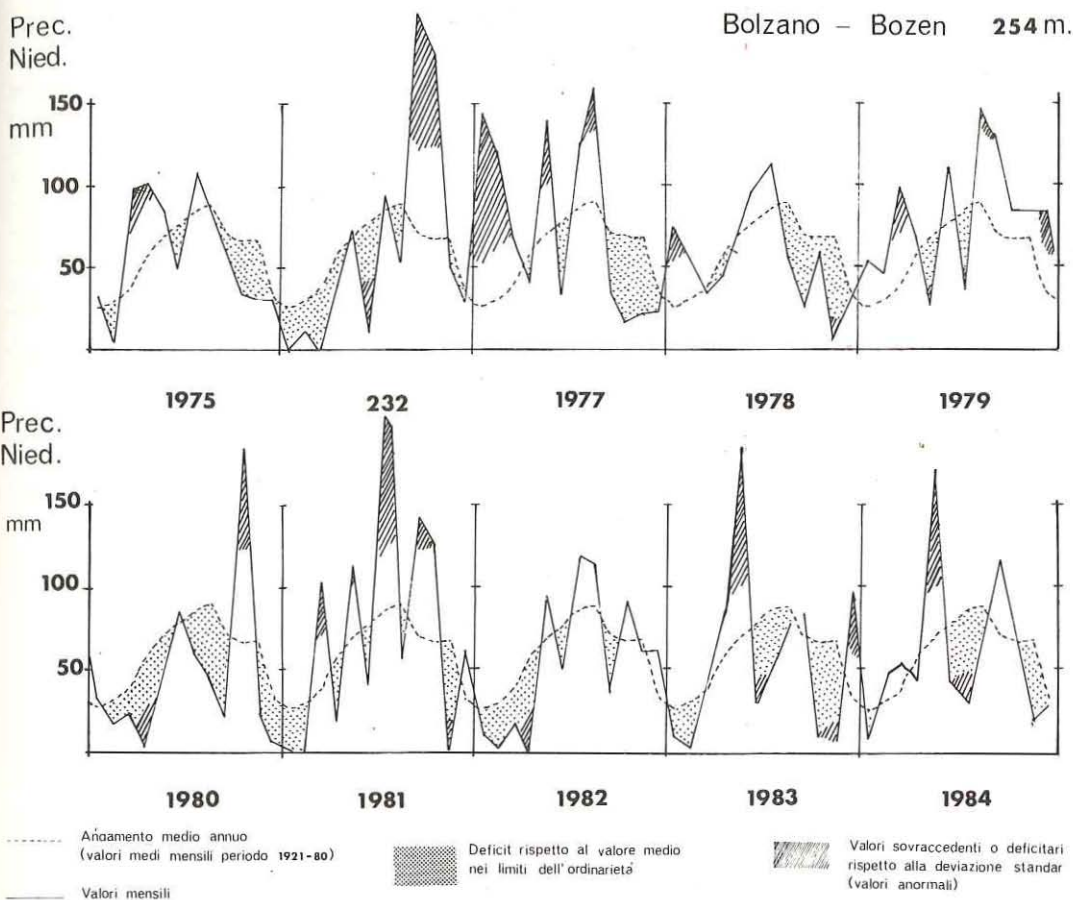


Figura 3 - Andamento delle precipitazioni. Decennio 1975/84 - Bolzano.

Il 1980 segna altresì un anno di crisi idrica generalizzata durante il periodo vegetativo (-136% a Dobbiaco, -152% a Bolzano, -169% a Laimburg, -168% a Redagno, rispetto alla deviazione standard).

Emerge chiaramente inoltre la pregiudizievole situazione in cui versa il settore sud-orientale del territorio nel corso del decennio 1975-84: le stazioni di Dobbiaco e di Redagno presentano ben 8 estati siccitose!

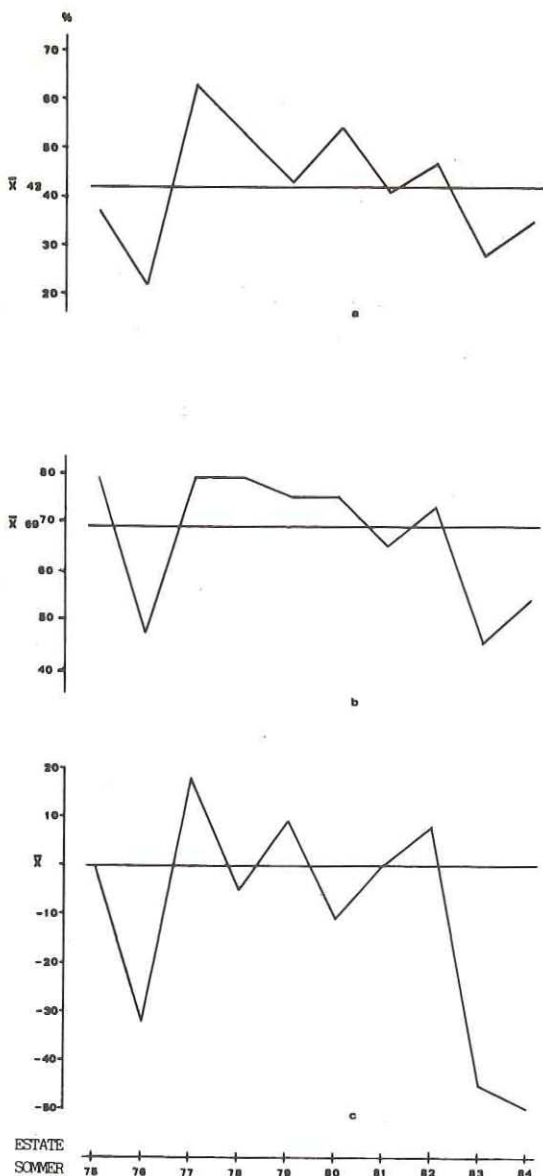
#### 2.4 Incrementata frequenza dei venti di direzione meridiana (N ↔ S) a scapito della componente zonale occidentale (W → E) portatrice di precipitazioni (\*)

I dati anemometrici gentilmente concessi dall'Ufficio Statistica del Servizio Meteo-

rologico dell'Aeronautica Militare si riferiscono alla stazione di Udine. Solo per tale località dell'arco alpino orientale sono infatti disponibili misurazioni dei venti (correnti) in quota. Di queste, effettuate quotidianamente alle ore 00.00 e 12.00 a mezzo di radiosonde nel periodo compreso fra gli anni 1975 e 1984, è stata considerata la direzione espressa in gradi sessagesimali (0-360°).

Al fine di evidenziare eventuali rapporti di causalità fra regime pluviometrico e circolazione atmosferica, sono state inoltre

(\*) N.B. circolazione meridiana: venti di direzione lungo i Meridiani N ↔ S  
circolazione zonale: venti alle medie latitudini di direzione W → E



**Figura 4a**

Frequenza dei venti in quota del settore di 210°-270° in percentuale dei venti totali.

**Figura 4b**

Frequenza dei venti nel settore 210°-270° in percentuale dei venti totali in quota ai quali è associato l'evento pluviometrico.

**Figura 4c**

Deviazione in percentuale del quantitativo estivo medio di precipitazione delle 10 stazioni rispetto alla media 1921/80.

prese in considerazione le correnti al livello di 500 hPa (= mbar). A tale quota isobarica (5.000+6.000 metri) i fronti delle perturbazioni risultano essere infatti molto intensi oltre che strettamente collegati alle correnti a getto. I moti dell'aria a questa altezza, oltre a interessare vaste aree continentali, non vengono influenzati dai rilievi. I dati raccolti possono dunque attendibilmente ritenersi rappresentativi per il settore orientale delle Alpi e quindi per l'Alto Adige (Udine dista 150 chilometri in linea d'aria da Bolzano).

In considerazione dalla posizione geografica, a ridosso dello spartiacque alpino, particolare importanza riveste per l'Alto Adige la direzione dei venti, soprattutto delle correnti in quota, nelle diverse stagioni:

- in presenza di venti di direzione meridiana da Nord l'entità delle precipitazioni si riduce, causa la posizione sottovento ed il conseguente dissolvimento della nuvolosità a seguito del riscaldamento adiabatico dell'aria (vento di föhn);
- i venti da Sud, per quanto apportatori di notevoli piogge in Alto Adige, scaricano gran parte del loro contenuto in umidità sui contrafforti prealpini;
- la maggiore disponibilità pluviometrica durante il periodo vegetativo ed estivo si registra in presenza di situazioni depressionarie o di circolazioni cicloniche ed indifferenti di provenienza occidentale legate ai venti zonali in quota appunto. Ad esempio: quando il vento spira da W - SW (210-270°) piove nel 47% e 49% dei casi rispettivamente. Sempre da W - SW proviene, per i periodi vegetativo ed estivo, il 67% ed il 69% delle precipitazioni.

Per gli eventi meteorici ad essi connessi i venti provenienti dal settore di 210°-270°, che nella media assommano al 43 ed al 42% del totale, assumono dunque un ruolo di primo ordine.

Nel corso del decennio gli anni 1975-76 e 1983-84 individuano due fasi in cui la frequenza dei venti occidentali durante il periodo vegetativo presenta un sensibile calo rispetto al dato medio.

Ciò vale in particolare per i venti dal settore di 210°-270°.



In estate (Fig. 4a) l'andamento di tale fenomeno appare più spiccato in quanto si riducono gli effetti di elementi compensativi, quali intervengono sul dato anemometrico medio riferito a periodi di osservazione più ampi.

Di rilievo è la caduta dei venti da W – soprattutto da W-SW – quale viene espressa dai minimi assoluti del 1976 e 1983 come dal minimo secondario del 1984.

Si osserva inoltre una tendenziale riduzione della frequenza di tali venti dopo il 1977, cui corrisponde di converso un aumento dei venti dagli altri quadranti soprattutto di *direzione meridiana*.

Anche i venti apportatori di meteore del settore di 210-270° manifestano una netta quanto sintomatica caduta negli anni 1976, 1983, 1984 (Fig. 4b). Ad essa corrisponde una riduzione delle precipitazioni (Fig. 4c).

La *componente meridiana* (N - S), particolarmente marcata attorno agli anni 1975-76 e 1983-84, manifesta inoltre un significativo recupero negli ultimi anni, più evidente per l'estate che non per il periodo vegetativo.

La portata di tali fenomeni è tuttavia difficilmente valutabile sulla scorta di osservazioni di sì breve periodo, in quanto la caratteristica di zonalità dei venti sulle nostre regioni, benché più ridotta, sembra comunque prevalere ugualmente in ogni periodo dell'anno.

Dalle elaborazioni emerge tuttavia, sia pure a livello indiziale, una riduzione delle precipitazioni estive tanto più rimarchevole quanto minore è la frequenza dei venti occidentali, in particolare dal settore di W-SW (anni 1976, 1983, 1984).

Tale rapporto è meno palese in riferimento al periodo vegetativo ed in occasione di annate in cui minori sono gli scostamenti dalla media, in quanto all'assenza di correnti da ovest sopperiscono i venti umidi da altri quadranti, anche essi pur sempre presenti: le perturbazioni non devono infatti necessariamente provenire esclusivamente tutte da occidente.

## 2.5 Variazioni termiche nel recente passato (1975-1984).

Al contrario del fattore udometrico, la

temperatura stagionale e periodica assume nel tempo una variabilità meno pronunciata. Minime oscillazioni dei valori medi di temperatura, anche dell'ordine di pochi decimi di grado, possono tuttavia sottendere notevoli modificazioni dei valori estremi, come pure influire sensibilmente sui fenomeni climatici.

Data la brevità del periodo per il quale si dispone di dati (1975-1984), confronti con periodi passati sono possibili solamente attingendo a quanto riportato dalla letteratura consultata.

Rispetto ai valori medi di riferimento, il periodo 1975-84 non denota univoche variazioni di temperatura: le differenze sul territorio altoatesino variano in relazione all'area geografica ed alla stagione.

Un dato sufficientemente significativo è tuttavia rappresentato dall'intervenuta diminuzione delle temperature medie, per tutti i periodi dell'anno considerati, nell'area individuata dalle stazioni di Bolzano, Bressanone, Laimburg.

Questo nucleo centrale si estende quindi, nelle diverse stagioni ed in diversa misura, ad altre aree geografiche: Dobbiaco, S. Cassiano, Sarentino, Redagno.

Nell'insieme si accerta, relativamente alla media annua decennale, per il settore sud-orientale un raffreddamento rispetto al passato. Le diminuzioni variano da 0,3 a 1,2°C.

Per le altre stazioni (di alcune non si dispone di dati di riferimento) la tendenza si rivela opposta e diversificata: la temperatura media è generalmente crescente a Vipiteno e Naturno; inoltre a Redagno nell'anno; a Dobbiaco, Redagno, Monte Maria in inverno; a S. Cassiano in estate e durante la stagione vegetativa.

Le variazioni della temperatura media, in particolare la tendenza prevalente verso una diminuzione, sono una conseguenza di più accentuate oscillazioni delle medie dei massimi e dei minimi. Per i primi la diminuzione (media decennale) è compresa fra 0,2 e 4,1°C, mentre per i secondi essa è più attenuata (0,1+2,5°C).

Più sensibili sono comunque le variazioni nell'estate e nel periodo vegetativo.

Con esclusione di S. Cassiano e Laimburg l'escursione termica annua (differen-

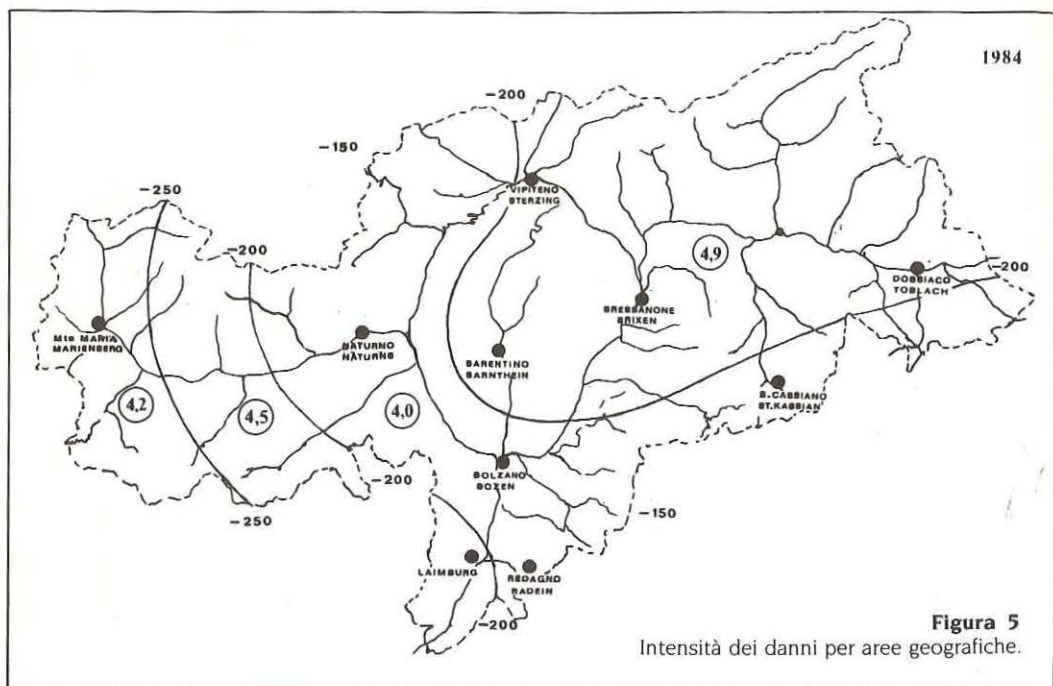


Figura 5  
Intensità dei danni per aree geografiche.

za medie gennaio-luglio) presenta una diminuzione dell'ordine di  $0,4+3,3^{\circ}\text{C}$ . In Alto Adige il clima nell'ultimo decennio risulta dunque, rispetto ai periodi precedenti, meno continentale.

### 3. Effetti sulla vegetazione

#### 3.1 Aspetti generali.

Il bilancio idrico stagionale, quindi le disponibilità idriche per i vegetali, dipende essenzialmente dai fattori ecologici costituzionali.

Particolare importanza rivestono dunque l'ammontare delle precipitazioni, la loro distribuzione nell'anno, la capacità di ritenzione idrica del terreno.

La caratteristica continentale del regime pluviometrico assicura il normale e sufficiente approvvigionamento idrico durante la stagione vegetativa.

La regolarità di tale contributo risulta tanto più necessaria in considerazione dell'elevato drenaggio climatico dei terreni montani, le cui peculiarità di elevata pendenza, superficialità, percolazione e deflusso delle acque, legate fondamentalmente alla loro genesi ed evoluzione di terreni litomorfi (litosuoli), determinano

una limitata capacità di ritenzione idrica, specie in presenza di substrati calcarei e dolomitici.

Sul versante meridionale delle Alpi, in particolare nel settore centroalpino, le formazioni vegetali presentano caratteri fisiognomici xeromorfosati, quale conseguenza di adattamenti ecotipici alle locali condizioni climatiche e fisiografiche.

Ciò nonostante, le variazioni intervenute nel recente passato, in ordine alla distribuzione stagionale delle precipitazioni, enfatizzando il carattere di costituzionale aridità ambientale del territorio altoatesino, determinano durante la fase vegetativa condizioni sfavorevoli soprattutto per la vegetazione più igrofila (abete bianco ed abete rosso) dei settori endoalpino e mediano.

Relativamente alle esigenze idriche della vegetazione autoctona si ammette da parte di questa un adattamento, inteso come differenziazione ecotipica, quindi come appropriato sviluppo degli organi vegetativi, alle condizioni locali medie di bilancio idrico stagionale, quali sono espresse per esempio dall'andamento medio annuo (linea tratteggiata in Fig. 3) relativo ad un pe-



riodo di osservazioni significativamente ampio (1921-80). Anomali e quindi pregiudizievoli per la vegetazione, si ritengono i valori deficitari, cioè inferiori al limite statisticamente definito dalla deviazione standard, durante il periodo vegetativo ed in particolare durante la fase della ripresa vegetativa (maggio-luglio). In tale periodo infatti l'attività assimilativa (fotosintesi ed organizzazione) e meristemica, alla base dei processi di accrescimento e fruttificazione, è massima.

Notevole è quindi l'assunzione di acqua dal suolo sia come elemento, sia come vettore di sostanze nutritive.

Secondo K.E. Rehfuess «condizioni di aridità pedologica sortiscono effetti doppiamente deleteri a carico degli apparati radicali fini, quindi sulla fisiologia dei vegetali: viene accentuato il disseccamento delle radici fini mentre contemporaneamente viene ridotta la fotosintesi dalla cui efficienza dipende la capacità di rigenerazione radicale». La fruttificazione può inoltre contribuire ad alterare il bilancio degli idrati di carbonio e degli elementi nutritivi. Gli apparati radicali, seriamente compromessi, non sono quindi più in grado di rifornire a sufficienza la chioma dal punto di vista idrico. La pianta reagisce con sintomi di avvizzimento riducendo la superficie traspirante mediante l'anticipata coresi degli organi fogliari più vecchi. *In genere si assiste ad una diminuzione di vitalità.*

Situazioni di aridità fisiologica non si limitano tuttavia alla sola stagione vegetativa. Fattori di stress idrico possono presentarsi anche durante il periodo invernale qualora, in conseguenza di ridotte precipitazioni, venga meno l'efficacia ecologica del manto nevoso.

L'insufficiente o tardiva copertura nevosa favorisce infatti l'instaurarsi di danni da gelo a carico degli apparati radicali fini di superficie preposti all'assunzione degli elementi nutritivi, mentre, gelando il terreno a maggiore profondità, viene altresì considerevolmente ridotto l'assorbimento idrico.

Gli effetti negativi di tali situazioni possono inoltre aggravarsi durante la seguente stagione vegetativa qualora questa risultasse particolarmente siccitosa.

Nella stagione primaverile, al risveglio quindi della vegetazione, il rifornimento idrico fornito dall'acqua di fusione assicura inoltre il graduale e costante stato di imbibizione del terreno in questo periodo dell'anno, in cui massime sono le esigenze idriche delle specie vegetali. Ciò risulta tanto più necessario quanto più la primavera è povera di precipitazioni.

Abbondanti precipitazioni nelle stagioni intermedie sortiscono solamente effetti temporanei, risultando scarsa la loro efficacia ecologica in considerazione degli elevati deflussi e della limitata capacità di ritenzione idrica dei terreni.

### **3.2 Andamento climatico negli anni 1983-1984 ed aspetti fitopatologici.**

Con riferimento agli effetti diretti sulla vegetazione ed agli aspetti fitopatologici indotti, il calendario climatico per il 1983 ed il 1984 (anni di particolare intensità delle manifestazioni di deperimento dei boschi) è brevemente riassunto nella scheda n. 2.

Analisi condotte presso il Laboratorio di Chimica Agraria del Centro Sperimentale di Ricerca di Laimburg hanno inoltre evidenziato significative carenze di elementi nutritivi nei tessuti fogliari, soprattutto di N, Mg, K, Ca e Fe, riconducibili non tanto a deficienze fisiologiche, quanto piuttosto alla loro immobilizzazione indotta nel suolo per l'assenza del mezzo di trasporto idrico.

Più in particolare nell'abete rosso, in caso di insufficiente rifornimento dal terreno, avviene un fenomeno di trasporto dei microelementi mobili (es. Mg) dagli aghi più anziani a quelli più giovani fotosinteticamente più efficienti. A carico dei primi si osservano quindi depigmentazioni ed anticipata coresi.

### **3.3 Clima e «danni boschivi di nuovo tipo».**

Sulla scorta dei risultati dell'indagine campione eseguita nell'estate 1984 i popolamenti di abete rosso dell'area orientale dell'Alto Adige sono risultati essere più seriamente interessati da sintomatologie di deperimento non ascrivibili a patologie convenzionali, le cui cause, in quanto non meglio identificate, devono conside-



rare «ignote» (danni di nuovo tipo): stress idrici, alimentati, inquinamento ambientale ecc.

L'intensità del danno (indice medio ponderato - Fig. 5 valori in circoletto) ripartita secondo aree geografiche, definite sulla base del differente grado di deficit pluviometrico estivo, varia in dipendenza di questo.

Per quanto riconoscibile la presenza di un gradiente, il rapporto fra danno e fenomeno siccitoso non è immediato (coefficiente di correlazione non significativo: 0,19), in quanto influenzato da un complesso di altri non trascurabili elementi: geopedologia, esposizione, quota, risposta ecotipica, ecc.

Nella zona con deficit estivo di precipitazioni compreso fra -150 e -200% (Bassa Val Venosta, Val Passiria, Val d'Adige, margine sud-orientale del territorio), l'indice medio di danno è del 4,0%.

Procedendo verso l'area orientale del territorio, quale è sottesa dalle isolinee di deficit di -200% fino a -250%, l'indice di danno medio sale al 4,9%.

Nell'area di pari deficit pluviometrico comprendente la media Val Venosta e la bassa Val d'Adige, l'indice di danno è più basso: 4,5%.

◊ Nel primo caso il substrato calcareo e dolomitico, permeabile, accentua il deficit idrico stazionario e quindi lo stress fisiologico; nel secondo l'abete rosso, come più in generale tutte le specie che edificano i soprassuoli della Val Venosta, manifesta una minore sensibilità nei confronti di periodi siccitosi, in virtù di adattamenti ecotipici a condizioni stazionali più xeriche. Pertanto, anche in presenza di un maggiore deficit idrico, l'indice di danno in alta Val Venosta si attesta attorno al 4,2%.

#### 4. Cause antropiche alla base delle variazioni climatiche?

Modificazioni della circolazione atmosferica hanno dunque determinato nel recente passato l'instaurarsi di ricorrenti periodi siccitosi in Alto Adige.

Diverse condizioni di clima comportano necessariamente una reazione da parte della vegetazione sottoforma di processi

adattivi (selettivi), in cui il diverso grado di suscettività individuale e specifica svolge un ruolo di prim'ordine.

Depigmentazioni e riduzioni della massa fogliare, prevalentemente nelle porzioni più interne ed in ombra della chioma - non ascrivibili a cause di danno convenzionali: insetti, malattie fungine, ecc. - sono spesso indice di una generalizzata risposta fisiologica a situazioni di stress, quali tuttavia non configurano necessariamente uno stato di danno irreversibile vero e proprio.

Come è emerso da tre consecutivi rilievi dei danni boschivi condotti in Alto Adige negli anni 1984, 1985 e 1986, l'intensità delle manifestazioni è, per ora, contenuta. Prevale infatti la classe di danno lieve, meno rappresentate sono viceversa le classi di danno superiore (Tab. 1). Scarsa è altresì la mortalità per «cause ignote», per quan-

**Tabella 1 - Risultati relativi al rilievo dei danni boschivi in Alto Adige negli anni 1984/86.**

Classe di danno		1984	1985	1986
Sano	0	80,0%	86,2%	85,9%
Danni cause note		3,0%	5,5%	6,6%
Danni cause ignote:				
Danno lieve	1	14,0%	7,4%	6,7%
Danno medio	2	2,5%	0,7%	0,7%
Danno elevato, disseccato	3+4	0,5%	0,1%	0,1%

to di difficile differenziazione rispetto a casi di disseccamento di alberi in seguito ad attacchi di parassiti secondari.

Ciò non esaurisce evidentemente la ricerca in merito alle cause dei «danni boschivi di nuovo tipo». L'esistenza di un rapporto di causalità fra questi e le intervenute modificazioni del clima, per quanto verosimile ed accettabile a livello indiziale, deve essere ancora esaurientemente verificata, mentre non si vogliono con ciò sot tacere le tanto conclamate responsabilità dell'inquinamento in relazione alle manifestazioni di deperimento dei boschi.

Si sostiene anzi come la maggior parte dei danni boschivi diffusi su territori distanti da fonti inquinanti sia da attribuire non tanto a forme d'inquinamento note



per così dire di tipo classico ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , fotoossidanti, ecc.), responsabili di danni più immediati ed evidenti secondo il rapporto «emittente - danno accertato», quanto ad un meccanismo più perverso e subdolo che vede sempre l'inquinamento quale agente causale primario, ma che coinvolge in una catena di intimi rapporti la circolazione atmosferica, il clima, i cicli biogeochimici dell'acqua, dell'anidride carbonica e di altri fondamentali elementi.

Se ed in quale misura le crescenti immissioni di inquinanti di origine antropica possano indurre modificazione del clima e quindi danni alla vegetazione, è tuttora oggetto di studio.

Tale supposizione per la verità è stata già da tempo prospettata ed ora sostenuta con maggior vigore da qualificati ambienti scientifici. Pur fondata su dati scientificamente attendibili, essa lascia ancora troppo spazio a valutazioni di carattere speculativo. Una chiara interpretazione e quantificazione dei mutamenti del clima appare infatti quanto mai ardua, sia per l'assenza di dati diretti di confronto con epoche passate, sia per le fluttuazioni naturali che i fenomeni climatici subiscono in conseguenza di eventi cosmici (astronomici) e planetari, la cui ampiezza è misurabile nell'ordine dei secoli, se non dei millenni.

Anche le attuali conoscenze in merito alla circolazione atmosferica sono incomplete.

Un dato, per quanto ancora oggetto di indagine ed in un certo senso indice di variazioni nella circolazione generale, pare comunque accertato, vale a dire l'incremento della componente meridiana, che dipende da differenti valori di temperatura dell'atmosfera, in particolare da una riduzione del gradiente termico fra equatore e poli negli strati superiori della troposfera.

Dall'intensità di tale gradiente dipende il flusso zonale più o meno ondulato dei venti, tipico della circolazione delle medie latitudini.

Ogni qualvolta la differenza di temperatura equatore-polo è maggiore (es. in inverno) la circolazione è più vigorosa, con pochi meandri (4-5 ondulazioni di ampiezza limitata) ed il flusso è più occidentale e zonale nella direzione.

Allorché il gradiente termico si riduce (es. in estate), la circolazione è meno vigorosa, più erratica con ondulazioni pronunciate: *aumenta la componente meridiana*. Tale situazione implica un'azione di blocco nei confronti del trasferimento delle masse d'aria e dei sistemi che determinano il tempo. Come conseguenza si registrano degli eccessi climatici con condizioni di caldo-secco o freddo-umido.

Come ciò possa porsi in relazione alla presenza di sostanze inquinanti nell'ambiente preme illustrare brevemente in questa sede.

Alla produzione ed evoluzione degli eventi meteorologici e climatici partecipano non tanto i principali elementi costitutivi permanenti dell'atmosfera, vale a dire azoto ed ossigeno (99% ca in volume), quanto piuttosto la componente cosiddetta variabile (vapor d'acqua, pulviscolo, ozono) come pure alcune sostanze presenti in tracce (anidride carbonica, ad es.), i cui rapporti quantitativi, questo è il dato inquietante che emerge, sono più facilmente modificabili da parte dell'uomo.

L'input di materia particellare, la cosiddetta «polvere antropogenica», e di gas estranei nell'aria, in conseguenza delle più diverse attività umane, pur non rappresentando necessariamente in termini assoluti un fatto di rilievo, può tuttavia sottendere a notevoli variazioni delle concentrazioni relative ben oltre i limiti naturalmente tollerati (\*), tali da indurre sostanziali alterazioni nella fisica dell'atmosfera.

A chiarimento di quanto esposto valgono alcuni esempi che vedono implicati i prodotti delle attività umane nei possibili meccanismi di alterazione climatica (vedi scheda n. 3).

## 5. Considerazioni conclusive.

Emerge dunque come le offese arrecate al patrimonio boschivo del nostro pianeta non debbano necessariamente riconoscersi nelle più note forme di danno per cause antropiche: incendi, deforestazioni, dissodamenti, inquinamenti classici, pascolo.

(\*) Si definisce inquinante qualsiasi sostanza naturale o artificiale presente nell'ambiente in concentrazioni eccessive rispetto alla norma.

- Esse possono essere di natura più complessa, avere origine indotta e più remota:
- inquinamento ambientale quale causa di alterazione dei processi che presiedono alla circolazione atmosferica; quindi variazioni climatiche alla base di stress idrici ed alimentari;
  - variazioni della composizione della radiazione termica e luminosa che perviene agli organismi autotrofi sulla terra, causa di scompensi dei processi di fotosintesi netta, di evapotraspirazione e respirazione.

Dal momento che la biosfera viene coinvolta a tutti i livelli, le conseguenze ecologiche per l'ambiente sarebbero in tal caso di porzioni a dir poco catastrofiche.

La crescita demografica ed economica dell'umanità richiede dunque alla natura un tale ineluttabile tributo?

È questo il prezzo del progresso?

L'uomo non può tuttavia dimenticare di essere esso stesso parte della natura. Il riconoscimento precoce di questi segni premonitori del nostro tempo e la ricerca di soluzioni per un futuro senza disastro ecologico rappresentano la più grande e pressante sfida all'intelligenza dell'uomo, alla quale egli non può e non deve sottrarsi.

**Dott. Stefano Minerbi**

Ufficio Servizi Generali Forestali  
Isp. Ripartimentale Foreste di Bolzano

## BIBLIOGRAFIA

Fantauzzo F., *Dalla brezza all'uragano*. ETS Pisa, 1976.

Fliri F., *Das Klima der Alpen im Raume von Tirol*. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck-München, 1975.

Fliri F., *Synoptische Klimatographie der Alpen zwischen Mont Blanc und Hohen Tauern*. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 29, Innsbruck, 1984.

Ford M.J., *The Changing Climate*. George Allen and Unwin London, 1982.

Fortak M., *Meteorologie*. Dietrich Reiner Verlag, Berlin, 1982.

ITAV - Servizio meteorologico, *Annali frequenza venti*. Aeronautica Militare, Roma.

Mennella C., *Il clima d'Italia*. Vol. I. Ed. E.D.A.R.T., Napoli, 1967.

Mennella C., *Il clima d'Italia*. Vol. II. Ed. E.D.A.R.T., Napoli, 1972.

Minerbi S., *Indagine dendrocronologica su Abies alba nel bosco comunale di Parcines in margine alla ricerca finalizzata sul rapporto precipitazioni acide-moria dell'abete bianco*. Nota informativa dell'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Bolzano, 1983.

Minerbi S., *Indagine fitopatologica nei boschi dell'Alto Adige* - 1984. Nota informativa dell'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Bolzano, 1/1985.

Pinna M., *Climatologia*. Unione Tipografico Editrice Torinese, 1977.

Provincia Autonoma di Bolzano, *I nostri boschi sono ammalati?* Nota informativa dell'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Bolzano, prima conferenza stampa, 8 giugno 1984.

Provincia Autonoma di Bolzano, *I nostri boschi sono ammalati?* Nota informativa dell'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Bolzano, seconda conferenza stampa, 4 giugno 1985.

Provincia Autonoma di Bolzano, *Annali*. Ufficio Idrografico.

Provincia Autonoma di Bolzano, *Dati climatici*. Centro Sperimentale di Laimburg.



## Scheda n. 1

### Pluviometria e termometria in Alto Adige

Le elaborazioni statistiche si riferiscono a dieci stazioni di misura distribuite su tutto il territorio provinciale: Monte Maria, Naturno, Vipiteno, Dobbiaco, San Cassiano, Bressanone, Sarentino, Bolzano, Regadagno (Annali di Statistica Meteorologica dell'Ufficio Idrografico Provinciale - periodo 1921-1984), Laimburg (Centro Sperimentale di Laimburg - periodo 1965-1984).

#### Pluviometria

Le precipitazioni annue, media delle 10 stazioni in esame, assommano a 770 mm.

Secondo Fliri e Mennella a tutte le quote la quantità delle precipitazioni stagionali decresce con il seguente ordine: estate, autunno, primavera, inverno.

Durante il periodo vegetativo (cinque mesi), cadono in media 449 mm pari al 58% del totale annuo (65% nel semestre estivo secondo Mennella); 293 mm (= 38%) cadono nei mesi estivi. Le precipitazioni invernali sono scarse. Il minimo udometrico mensile si registra in gennaio: 29 mm nella media, pari al 4% del totale annuo.

Il massimo udometrico estivo contraddistingue il regime pluviometrico marcatamente continentale mitteleuropeo del settore endoalpino. (Fig. 2a).

Il settore mediano, in transizione verso la regione meridionale, presenta il massimo estivo più attenuato, mentre più abbondanti sono le precipitazioni primaverili ed autunnali.

Le minori precipitazioni invernali ed il massimo di pioggia estiva e durante il periodo vegetativo definiscono quindi per le Alpi interne un regime di tipo solstiziale estivo (regime continentale alpino e prealpino di Eredia).

Per il settore meridionale i massimi primaverili (maggio) ed autunnali (ottobre) come i minimi invernali (gennaio) ed estivi (luglio e agosto) definiscono al contrario un regime subequinoziale, testimone di una componente climatica tipicamente nord-mediterranea (tipo sublitoraneo padano di Eredia o sublitoraneo alpino).

#### Termometria

Come per le precipitazioni, entità e distribuzione delle temperature a livello locale sono una diretta conseguenza dei fattori geomorfologici dell'ambiente. Più in generale esse dipendono dal tipo di circolazione (tipi isobarici) prevalente in ogni stagione, conseguentemente dalla nuvolosità e dalla frequenza e direzione dei venti.

##### Inverno

Influssi submediterranei e la posizione riparata rispetto alle correnti fredde settentrionali di origine polare, mitigano sul versante meridionale delle Alpi orientali gli estremi termici invernali. La media stagionale varia normalmente con la quota da +3 a -6°C.

##### Estate

I settori mediano e meridionale subiscono più direttamente le conseguenze di influssi mediterranei, come si rileva dall'innalzamento della media dei massimi assoluti che, nell'area compresa fra Bressanone, Merano e Bolzano, presentano valori medi di 33-34°C.

Nel settore endoalpino come sul versante settentrionale alpino il tipo di circolazione ciclonica centro-europea apportatrice di maggiore nuvolosità (massimo udometrico), contrasta all'opposto gli incrementi termici estivi.

##### Primavera - Autunno

Le stagioni intermedie sono, come l'inverno, più miti sulle Alpi mediane rispetto alle interne.

In primavera la temperatura media è comunque generalmente inferiore di 1-2°C rispetto all'autunno, durante il quale correnti advelte temperate di provenienza meridionale inducono sovente un prolungamento del periodo vegetativo.

##### Anno

La temperatura media annua varia dagli 8-12°C dei fondivalle submontani, agli 1-6°C dell'orizzonte subalpino.

Rispetto al più settentrionale settore endoalpino, nel settore mediano le temperature in ogni periodo sono, a parità di quota, generalmente superiori.

Determinante a tale riguardo appare non tanto il fattore latitudinale, quanto il più immediato contatto con la regione climatica sub-mediterranea che, periodicamente, estende più a nord la propria area di influenza.

Nel settore mediano i diversi fattori stagionali concorrono a definire la variabilità termica. Essa è infatti qui molto più pronunciata rispetto al settore endoalpino ove, contrariamente ai fenomeni pluviometrici, il gradiente termico mostra in ogni stagione un più stretto rapporto con l'altimetria.

## Scheda n. 2

### Andamento climatico e aspetti fitopatologici. Anni 1983-84

#### 1983

##### Inverno

Si presenta tanto più scarso di precipitazioni, quanto più si procede verso sud-est, in particolare nei mesi di gennaio e febbraio. La scarsa copertura nevosa e la presenza di giornate con elevato irraggiamento solare, cui si associano valori massimi di temperatura (al 20.2.1983 da 0 a 14°C e dall'8 all'11.3.1983 da 8 a 22°C rispettivamente a S. Cassiano e Naturno), hanno creato i presupposti per danni da «aridità da gelo» manifestatisi col disseccamento dei cimali di alberi svettanti oltre il piano superiore del popolamento.

##### Primavera

È caratterizzata da abbondanti precipitazioni. L'elevata umidità atmosferica ha favorito inoltre il diffondersi di malattie fungine:

*Chrysomyxa rhododendri* ha interessato vasti popolamenti di abete rosso del *picetum sub-alpinum* (superficie ridotta dell'attacco 16.000 ha).

*Botrytis cinerea* ed agenti d'avvizzimento dei semenzali hanno arrecato considerevoli danni alla produzione vivaistica.

Precedenti periodi di siccità hanno invece creato le premesse per la gradazione di *Epinotia* (= *Asthentia*) *pygmaeana*: superficie ridotta dell'attacco 1.500 ha. Indirettamente viene dunque confermato il minor grado di umidificazione dei terreni forestali negli ultimi anni, almeno per alcune aree dell'Alto Adige.

La mortalità per attacchi fungini (muffe) delle larve di *Epinotia pygmaeana*, che si impupano nel terreno già nel mese di giugno-luglio per l'ibernamento, risulta infatti considerevolmente ridotta.

##### Estate - Autunno

Già in agosto si sono manifestati a quote superiori, sottoforma di depigmentazioni degli organi fogliari, i primi sintomi di sofferenza per la perdurante e straordinaria siccità.

Una colorazione brunastra hanno acquistato in particolare le porzioni interne ed inferiori delle chiome.

#### 1984

##### Inverno

Con esclusione del mese di gennaio, le precipitazioni sono state abbondanti.

L'innnevamento fino a metà maggio alle quote medio-alte ha determinato un ritardo della ripresa vegetativa.

##### Primavera

Le abbondanti precipitazioni di maggio hanno inoltre assicurato l'ottimale stato di imbibizione dei terreni del quale hanno maggiormente beneficiato le associazioni di vegetali delle fasce inferiori.

Una buona ripresa vegetativa hanno quindi manifestano le latifoglie e l'abete bianco; l'abete rosso ha presentato ottimi accrescimenti apicali.

L'elevata umidità primaverile ha favorito il diffondersi di numerose malattie fungine, quali si evidenzieranno nel corso dell'estate: *Chrysomyxa rhododendri* (in minor misura rispetto al 1983), *Lophodermium* spp., *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Botrytis cinerea*, *Meria laricis*.

##### Estate

L'esordio dell'estate, all'insegna dell'aridità, ha seriamente compromesso il proseguo della stagione vegetativa. Già ai primi di luglio i segni della siccità si sono evidenziati a carico dei pascoli e dei prati non irrigui, come dei boschi cedui del piano basale sui detriti di versante della Val d'Adige.

Degna di nota è la gradazione delle popolazioni di afidi: *Buchneria pectinatae*, *Mindarus abietinus*, *Sacchiphantes viridis* ed *abietis*, *Cinara* sp. e cocciniglie (*Leucaspis* sp.). È questa una conseguenza di più favorevoli condizioni termiche e di *pabulum* durante l'estate precedente (maggiore concentrazione di sostanze zuccherine nei succhi linfatici).

Di rilievo sono inoltre gli attacchi di *Epinotia pygmaeana* e di *Diprion pini*.

##### Autunno

Lo stress idrico estivo si manifesta sulla vegetazione sottoforma di precoce ingiallimento e coresi soprattutto degli organi fogliari più anziani di conifere.

Rilevanti attacchi di *Armillaria mellea* si manifestano inoltre in stazioni particolarmente aride.



### Scheda n. 3

## Prodotti antropogenici e meccanismi di alterazione climatica

### CO<sub>2</sub>

La concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera ha verosimilmente subito notevoli variazioni nel passato: sulla base di analisi di bolle di aria intrappolate nei ghiacci polari (Delmas, Ascencio, Legrand - 1980) è stato accertato come all'apice dell'ultima glaciazione essa fosse la metà del valore attuale.

Alla fine del secolo scorso la concentrazione salì a 280+290 ppm. La più lunga e precisa serie di misurazioni si riferisce all'osservatorio di Mauna Loa (Hawaii). Dal 1958 ad oggi la concentrazione di CO<sub>2</sub> nella atmosfera è salita da 290 a 340 ppm e l'attuale trend indica una costante ascesa (1,6 ppm/anno).

La conseguenza più immediata dell'aumento di CO<sub>2</sub> è il cosiddetto «effetto serra»: la radiazione lunga, termica (IR), riflessa dalla terra non si disperde più nello spazio cosmico, ma viene nuovamente riflessa al suolo dalle molecole di CO<sub>2</sub>: ne consegue un aumento di temperatura.

L'involucro di CO<sub>2</sub>, che avvolge totalmente od in parte il globo terrestre, può dunque essere una causa per cui questo progressivamente si riscalda e l'intensità del gradiente termico esistente fra equatore e poli si attenua: la circolazione delle medie latitudini acquista un più spiccato carattere di *meridianità* con gli effetti cui si è accennato (cfr. f 4).

Indubbiamente sono implicati anche processi di scambio dinamico fra atmosfera ed oceani, i quali svolgono un'azione di tamponamento che assorbe e cede, secondo i casi, le quantità di CO<sub>2</sub> eccedenti l'optimum per l'atmosfera. Modelli matematici indicano infatti che, se tutta l'anidride carbonica originatasi fino ad ora per l'utilizzo di combustibili fossili fosse rimasta nel frattempo nell'atmosfera, la concentrazione sarebbe il doppio dell'attuale. Il mancante 50% è stato pertanto in gran parte disciolto sotto forma di carbonato e bicarbonato ionico negli oceani, come sedimenti, o fissato in forma organica dai vegetali tramite fotosintesi.

Oceani e vegetali sono dunque i principali riduttori di CO<sub>2</sub>, la cui concentrazione subisce infatti locali oscillazioni in relazione alla pressione relativa di CO<sub>2</sub> esistente fra oceani ed atmosfera, ai processi respirativi degli esseri viventi ed all'attività assimilativa dei vegetali, i quali si ritiene possano trarne vantaggio da moderati incrementi.

L'inquinamento dei mari (minore capacità regolatrice dell'eccesso di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera) e la deforestazione di vaste aree del globo (riduzione dei processi di organizzazione del carbonio) sono dunque due aspetti che favoriscono l'incremento del contenuto di anidride carbonica nell'atmosfera.

Se inoltre il crescente uso di combustibili fossili dovesse procedere con i ritmi attuali, si prevede per il 2000 un aumento fino a 380 ppm, per l'anno 2050 un raddoppio o addirittura concentrazioni di 1150 ppm. Secondo calcoli matematici, concentrazioni di 600 ppm sarebbero sufficienti a causare il completo scioglimento dei ghiacci polari e quindi un preoccupante innalzamento del livello degli oceani, mentre in altre aree del globo procederebbe di pari passo la desertificazione.

## **CH<sub>4</sub>, CFCs**

Analogamente all'anidride carbonica si comportano altre sostanze. Il metano, sia di origine naturale sia antropica (risaie, allevamenti zootecnici, discariche urbane) possiede una capacità di creare un effetto serra pari al 20% rispetto all'anidride carbonica. L'incremento annuo nell'atmosfera è attualmente dell'ordine dell'1-2%.

I clorocarbonati di fluoro (CFCs) producono, sempre rispetto all'anidride carbonica, lo stesso effetto nella misura del 17-33%. Il loro incremento annuo nell'atmosfera è del 4-5%.

Sono questi i gas utilizzati come propellente nelle bombolette spray, negli impianti frigoriferi, ecc. (es. freon 11 e 12). Giunti a livello dell'ozonosfera (25+70 km di altezza) sortiscono altri effetti deleteri; impediscono infatti per reazione chimica la formazione di ozono, quale normalmente avviene per l'effetto ionizzante delle radiazioni UV (< 300 nm) sulle molecole di ossigeno. Di conseguenza tale radiazione, estremamente pericolosa per le forme viventi, perviene in quantità notevolmente superiori alla superficie terrestre.

## **Polveri**

La riduzione del citato gradiente termico fra equatore e poli può anche essere conseguenza dell'incremento delle concentrazioni di polveri nell'atmosfera, derivanti principalmente dall'utilizzo di combustibili fossili, sia pure con diverso meccanismo (schermo della radiazione solare). A ciò viene attribuita da parte di studiosi anche l'accelerata diminuzione della temperatura terrestre negli ultimi decenni.

## **Ciclo biogeochimico dell'acqua**

Benché il vapore d'acqua rappresenti una componente variabile dell'atmosfera, dipendente dalla temperatura, il contenuto d'umidità dell'aria gioca un ruolo fondamentale nella produzione ed evoluzione dei fenomeni meteorologici.

Alterazioni dei tempi e dei processi che presiedono al ciclo biogeochimico dell'acqua, sembrano essere in grado di produrre modificazioni delle caratteristiche climatiche, in particolare pluviometriche, a scala regionale o addirittura planetaria.

Trattasi di rapporti di causa-effetto in parte non ancora suffragati da prove concrete, ma sui quali vale la pena di soffermarsi.

## **Alterazione dei rapporti di evaporazione**

Variazioni della temperatura superficiale degli oceani o forme d'inquinamento delle acque, soprattutto di quelle interne (sottile film di idrocarburi e di tensioattivi che ricopre le superfici marine in particolare presso le coste), se interessano vaste superfici possono rallentare il normale processo di evaporazione con conseguenze sulla circolazione atmosferica.

Sulle terre emerse il 10+20% dell'umidità atmosferica deriva dai processi evapo-traspirativi delle estese formazioni forestali (l'80+90% proviene dagli oceani), quali traggono l'acqua dal sottosuolo.

Il fenomeno particolarmente intenso durante il periodo vegetativo è responsabile a livello locale dell'accumulo di notevoli quantità di vapore nell'aria e quindi di precipitazioni di tipo orografico.

## **Deforestazione**

La deforestazione di vaste aree del globo (11 milioni di ettari l'anno) riduce quindi la possibilità di tale fluire ciclico dell'acqua.

L'assenza di una copertura vegetale accentua di conseguenza la percolazione ed il deflusso delle acque, quindi il dissesto idrogeologico ed il depauperamento delle riserve idriche nel suolo e nel sottosuolo.

## **Desertificazione**

Intanto la desertificazione procede con ritmi incalzanti in diverse aree del globo soprattutto a sud del Sahara.

Le superfici desertiche, come conseguenza di fenomeni naturali (clima, deriva dei continenti, fattori astronomici, ecc.) sono per la verità esistite da sempre, sia pure con variazioni periodiche in ordine a estensione e distribuzione geografica.

L'attuale progressivo estendersi dei deserti non può tuttavia essere interpretato unicamente come il risultato di fenomeni naturali bensì, si ritiene, anche di modificazioni indotte dall'intervento umano: inquinamento, effetto serra, deforestazioni, ecc. Queste forme patologiche di desertificazione possono essere esse stesse a loro volta, in aree loro naturalmente improprie, delle forze modificatrici delle caratteristiche climatiche.