

## La Dendrocronologia nello studio delle variazioni climatiche

1.- Ho accolto con piacere l'invito a partecipare a questo Convegno con una relazione introduttiva, ricordando le giornate di studio del 1979 e 1980, dedicate all'Archeologia forestale e alla Dendrocronologia, svoltosi proprio qui a Malè.

Quelle manifestazioni riscosero allora molto interesse ed ebbero un seguito con il numero speciale di "Dendronatura" 1980, e - per quanto concerne più specificatamente la Dendrocronologia - con articoli su riviste e giornali (Studi Trentini di Scienze Naturali, Osservatore Romano, Campanili solandri) e due reportages televisivi.

2.- Anche nel 1979 e 1980, pur essendo uno dei temi principali la Dendrocronologia intesa come studio per le datazioni di manufatti lignei, venivano messi in evidenza alcuni aspetti squisitamente dendroclimatici, che emergevano dalle indagini condotte in Val di Sole. Mi limito a ricordare le testimonianze offerte dalle sequenze cronologiche degli altari di Cortina, Celledizzo, Pellizzano, Deggiano, Presson, Croviana, Cavizzana sul difficile ventennio 1560-1580, durante il quale l'abete rosso solandro segnò lunghezze periodali annuali ripetute (fig. 1). Si ebbero infatti in quel periodo estati severe ed autunni precoci, al punto che verso la fine del ventennio iniziarono in Italia le importazioni di cereali e sulle Alpi si lamentarono basse produzioni lattiero casearie a causa degli alpeggi forzatamente ridotti. E ulteriori crisi connesse con l'ingresso della *little ice age* si rilevavano nelle sequenze degli altari dei SS. Carlo e Antonio a Magras e di S. Cristoforo a Ortisè per il decennio 1620-1630: sono gli anni della ca-

restia di Milano e dei moti descritti dal Manzoni nel capitolo XII dei Promessi Sposi (CORONA, 1980)(fig. 2).

3.- In realtà la Dendrocronologia in principio si sviluppa essenzialmente come studio di eventi climatici (HEIKINEN, 1983). Infatti l'astronomo Andrew Ellicot Douglass (1867 - 1962), che per primo introdusse il termine "Dendrocronologia", si riprometteva agli inizi del secolo di ricostruire, sia pure per grandi linee, il clima del passato attraverso indagini sulle cronologie anula-



Fig. 1 - Cavizzana in Val di Sole. Altare ligneo dei SS. Martino e Filippo (sec. XVII).

ri millenarie di sequoie e pini del Nord America, ritenendo che le fluttuazioni dell'attività maculare solare influenzassero temperature e piovosità e quindi indirettamente anche l'accrescimento delle piante arboree. Ma già il Pockorny in Europa nel 1867 aveva definito gli anelli annuali "wahre meteorologische Jahrbücher", mentre il russo Svedov nel 1892 li proponeva come testimoni delle siccità e più tardi nel 1914 l'olandese Kaptein come testimoni di eventi climatici in generale.

L'elenco di coloro, che nelle cadenze anulari hanno individuato agganci con il clima, potrebbe continuare richiamando ancora il celebre passo del Trattato della Pittura di Leonardo da Vinci (...li circoli delli rami delli alberi segati..ecc.), ripreso nel secolo scorso da Uzielli (1869), le proposizioni empiriche del Kuchler e, per restare in Italia, i primi contributi di Del Valle, Gioele, Buli, Messeri e così via (CORONA, 1988).

**4.-** La pianta arborea in quanto organismo vivente e attivo agisce nei confronti delle sollecitazioni esterne come una sorta di filtro, la cui tipologia varia con la specie e la stazione. Si distinguono in proposito specie che traducono puntualmente le sollecitazioni in disposizioni anulari caratteristiche - *specie sensitive* - e specie non altrettanto puntualmente e intensamente reattive - *specie compiacenti*. Il calendario dendrocronologico allora, soprattutto per le specie sensitive, non è più soltanto uno strumento di datazione, ma può essere interpretato come un testimone dell'andamento delle stagioni, anzi del clima in generale. La caratterizzazione delle

piante come filtri può tuttavia essere complicata dall'influenza di processi come la fruttificazione, la formazione abnorme di nodi, l'espansione anomala delle radici, da interventi antropici, ecc.. Inoltre si sottolinea che ai fini delle ricerche dendroclimatiche rispondono meglio piante e soprassuoli nei quali inizio, sviluppo e chiusura dell'attività cambiale radiale sono condizionati da fattori ben definiti, come può avvenire in stazioni ai limiti altitudinali o latitudinali dell'areale proprio della specie (CORONA, 1992).

In ricerche di questo tipo occorre quindi togliere preliminarmente, o quantomeno rendere minima, l'influenza di eventuali fattori extraclimatici. La strategia fondamentale per la ricostruzione del clima consiste allora nello stabilire relazioni valide tra sequenze anulari e fattori climatici, in particolare temperature e precipitazioni di singoli anni o gruppi di mesi. Una volta definito il modello *dati climatici - risposta della pianta* e verificata la dinamica dei fenomeni si potranno trarre indicazioni su temperamento e comportamento della specie e ricostruire clima e stagioni a ritroso nel tempo. Per definire il modello si utilizza un periodo di osservazione per il quale esistano attendibili e sistematici riferimenti meteorologici. Del periodo viene utilizzata una parte - *periodo di taratura* - per i confronti con le grandezze anulari; la restante parte viene utilizzata per confrontare i dati climatici reali con i dati ricostruiti. Quando dati reali e dati ricostruiti coincidono, si applica il modello alle cronologie anulari del passato e si procede alla ricostruzione a ritroso.

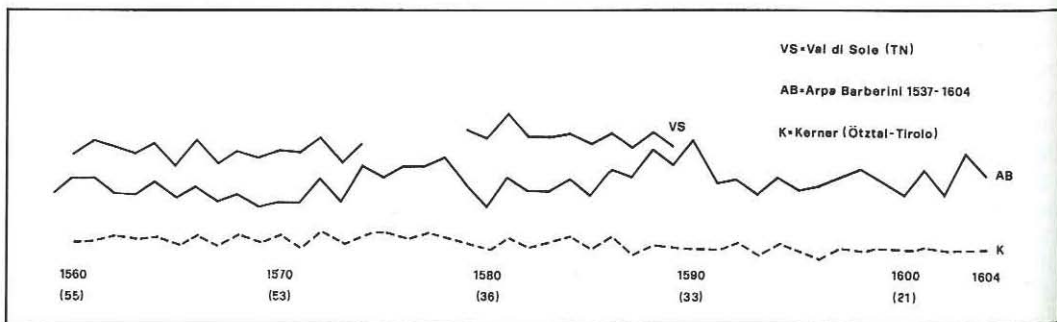


Fig. 2 - Diagrammi anulari del ventennio 1560-1580, ricavati da tavole degli altari lignei della Val di Sole e dalla cassa armonica dell'Arpa Barberini (Roma), sincronizzati con la *Fichtechronologie* (Kerner 1984).



Procedimenti di questo tipo sono stati sperimentati in vari centri di ricerca europei ed extraeuropei e hanno permesso di risalire nel tempo, utilizzando cronologie di varie specie. Da qualche anno in questo contesto viene sempre più spesso applicata la metodologia del *boot-strap*, che permette di valutare l'eventuale errore associato a una funzione di dati campionari ripetendo l'estrazione casuale dei dati stes-

si, in modo da aumentare artificialmente la dimensione del campione. In ogni caso si considera valido il principio di Hutton sull'uniformità nell'ordine della natura: i processi fisici e biologici, che legano accrescimento e parametri climatici attuali, hanno agito nello stesso senso anche in passato, ossia le stesse condizioni limite agiscono sullo stesso tipo di processi in modo analogo nel tempo, mentre posso-

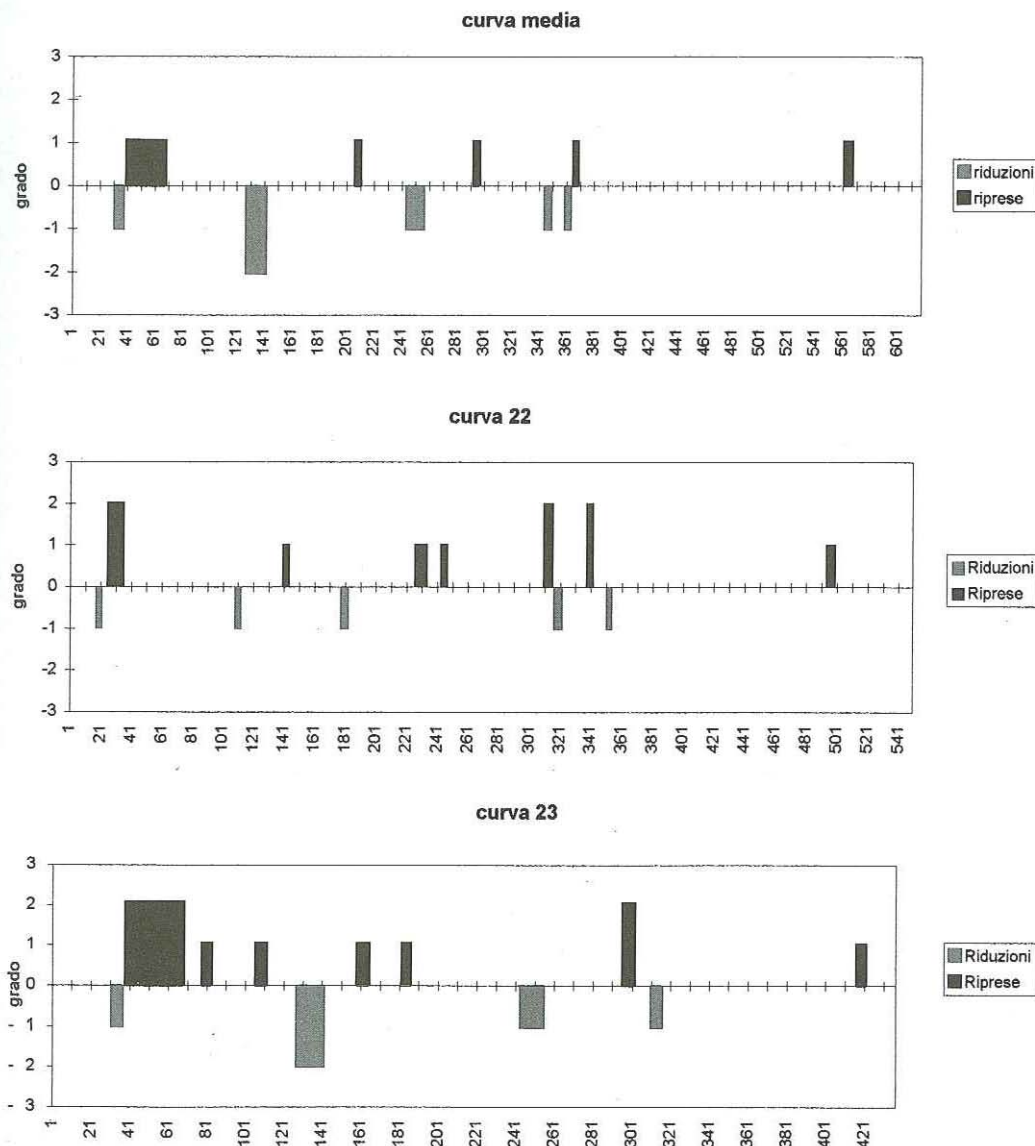


Fig. 3 - Brusche variazioni di crescita (*abrupt growth changes*) in cronologie di *Taxodioxilon gypsaceum* di Dunarobba.

no cambiare frequenza, intensità e luogo dei fenomeni.

5.- Nelle indagini dendroclimatiche, attraverso la quantificazione e le modalità dell'accrescimento annuale integrate talvolta da notazioni fenologiche, si arriva anche a distinguere, nell'ambito del periodo di attività cambiale, la quota d'influenza di temperature e piovosità di singoli mesi o addirittura di singole settimane. In questi casi si utilizzano di norma 24 regressori riferiti alle temperature e alle piovosità dei dodici mesi che vanno dall'ottobre dell'anno  $n$  al settembre dell'anno successivo (*funzioni di risposta*).

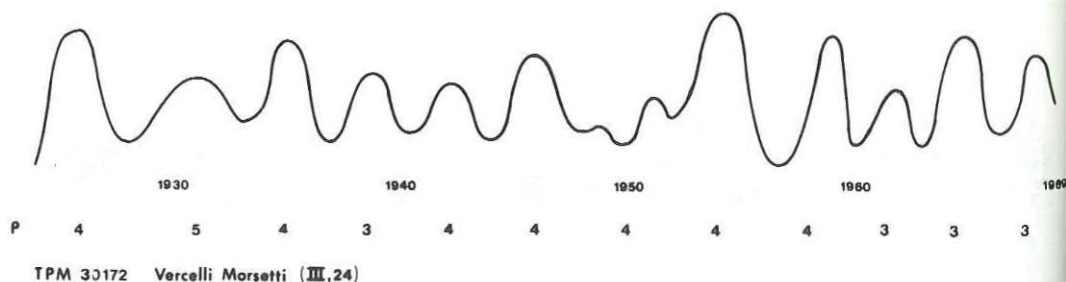
Su questa base sono stati costruiti modelli per diverse regioni del Nord America e dell'Europa; in Italia modelli sono stati elaborati per il Veneto, per la zona del Pollino, per le Puglie e il Lazio. Si aggiunge che nelle regioni temperate il metabolismo delle piante arboree è influenzato dalla persistenza nel tempo di determinati fattori, per cui brusche variazioni incrementali assumono significati climatici precisi (*abrupt growth change*). Sulla scorta delle sequenze dei bruschi cambiamenti e sulla elaborazione degli *skeleton plot* relativi si risale ad eventi o comunque a fatti, che hanno inciso fortemente sulla vita della pianta (fig. 3).

6.- Una ricostruzione climatica per grandi linee del nostro millennio è stata proposta anni fa da Huber attraverso l'esame della distribuzione delle lunghezze periodali (*Periodenlänge*) in successioni anulari plurisecolari di abete rosso, pino

silvestre, faggio e rovere. Le lunghezze periodali tenderebbero ad aumentare di numero negli ordini inferiori in connessione con la continentalizzazione del clima. La teoria delle lunghezze periodali non è condivisa da alcune Scuole, ma si è comunque rivelata attendibile in parecchi casi; in Italia in particolare per alcune fasi del Subboreale, del Dryas antico e del Pliocene la distribuzione delle lunghezze periodali coincide e anzi corrobora le risultanze di parallele ricerche palinologiche, sedimentologiche, malacologiche.

7.- Il Douglass aveva ipotizzato fin dai primi anni del secolo che nelle successioni anulari di piante longeve si potessero individuare delle ciclicità che egli riteneva di collegare all'attività maculare solare. Sulla scorta della metodologia introdotta dal Douglass e adottando appropriati filtri altri Autori poi, anche italiani (Vercelli, Buli, Corona), hanno estratto dalle cronologie fluttuazioni di ampiezze collegate con i numeri del Wolff o con accadimenti biologici ed extrabiologici. In Italia ciclicità, o meglio e più propriamente *quasi-periodi*, sono stati estratti da cronologie di abete bianco, abete rosso, larice, pino domestico, pino cembro, pino mugo, querce caducifoglie di varie regioni (fig. 4).

Sembra che le fluttuazioni siano più evidenti ed abbiano una realtà fisica sicura soprattutto alle alte altitudini e alle alte latitudini. In effetti la Scuola russa (Liepa, Mazeba, Kairiukstis) ha sviluppato su vasta scala ricerche in questo settore arrivando perfino ad estrapolazioni di breve



10 Fig. 4 - Analisi spettrale di una cronologia anulare di pino mugo con estrazione di fluttuazioni di vario periodo (Val di Tovel, Trentino).

(5-10 anni) e in qualche caso di lungo termine (fino a 50 anni!) su possibili andamenti futuri. Curiosi in proposito sono i risultati di una ricerca su *Juniperus turkestanica* Komar., condotta da un'equipe dell'Osservatorio Astronomico di Mosca: secondo T. Uranova di quel centro, basandosi su estrapolazioni connesse con le cronologie anulari del ginepro si possono fare previsioni sull'entità e sulla collocazione temporale dei raccolti di grano (URANOVA, 1986).

**8.-** Data la modesta massa atomica dei suoi elementi costitutivi, carbonio, idrogeno, ossigeno, il legno è permeabile a vari tipi di radiazioni, ma soprattutto ai raggi X; si può quindi ricorrere a un fascio di raggi di bassa energia (raggi molli) per ottenere radiografie significative. Da queste si possono trarre indicazioni sullo stato generale del legno indagato, ma anche elementi per la valutazione della densità dei tessuti. E poichè la densità inter e

intranulare è fortemente influenzata dall'andamento climatico e, in particolare, dall'andamento di alcuni periodi nell'ambito dell'attività cambiale, attraverso i densitogrammi è possibile ricostruire l'andamento climatico che ha presieduto alla formazione dei singoli anelli. Il procedimento si articola nella preparazione dei campioni, la delimitazione delle zone intranulari, l'interpretazione delle radiografie, la traduzione grafica delle opacizzazioni (fig. 5).

Recentemente è stata prospettata la possibilità di ottenere informazioni anche con procedimenti tomografici (TAC) ossia con procedimenti in cui i raggi vengono raccolti da un rivelatore a scintillazione: i segnali corrispondenti permettono poi di ricostruire l'immagine dei tessuti (FIORAVANTI & RICCI, 1991).

**9.-** Nelle ricerche dendroclimatiche è stata introdotta in questi ultimi anni l'*analisi d'immagine*, con l'impiego di tecnologie

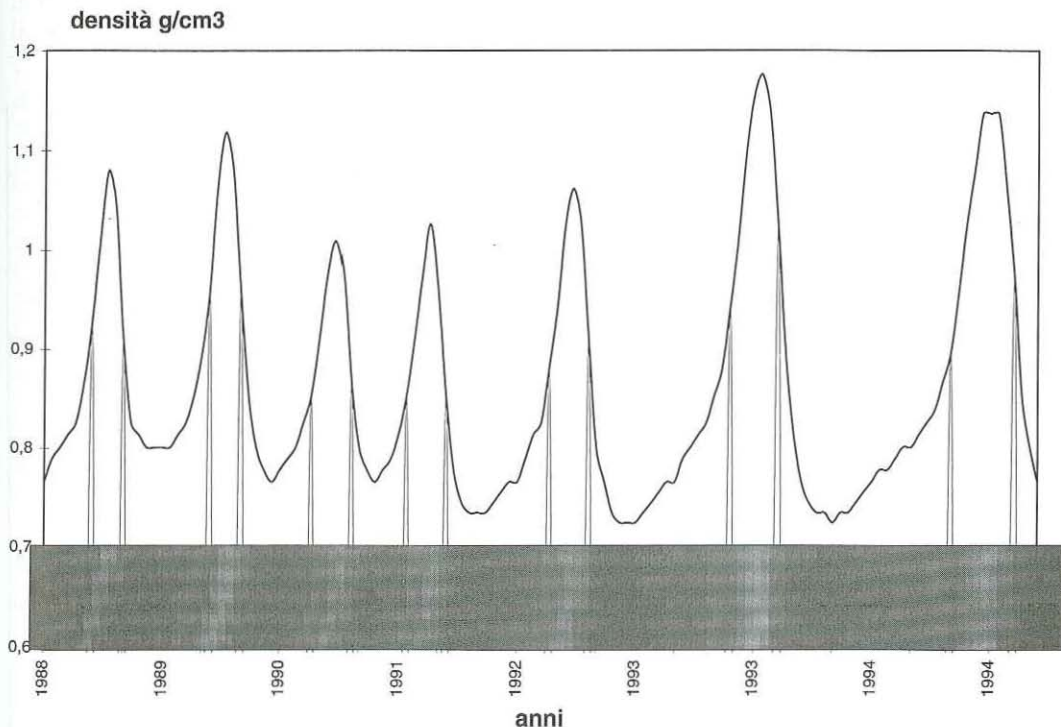


Fig. 5 - Densitogramma degli anni 1988-1994 ricavato da un abete rosso di "risonanza" della Foresta di Paneveggio (M.Romagnoli).



ottiche e informatiche per l'esecuzione di misure riguardanti i caratteri dell'anello annuale, di elementi cellulari e della densità del legno. Questa tecnica è stata utilizzata soprattutto da studiosi russi per l'elaborazione dei tracheidogrammi, ossia per la caratterizzazione quantitativa e qualitativa di alcuni elementi delle tracheidi delle Conifere (VAGANOV, 1990).

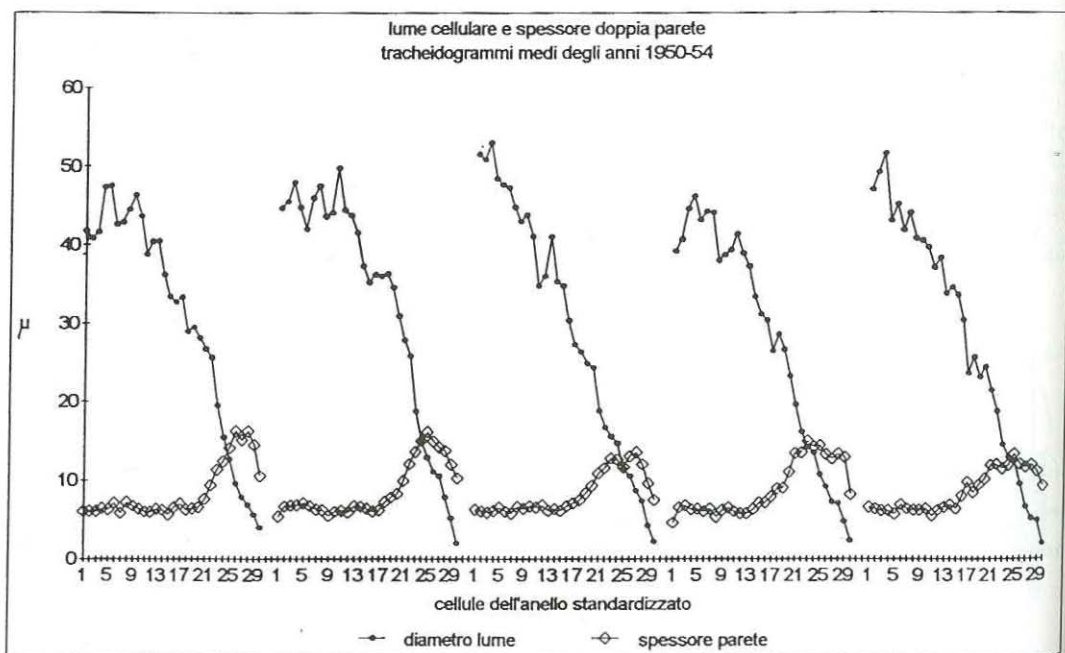
Le tracheidi hanno generalmente forma allungata e sezione trasversale subpoligonale con vertici arrotondati. Nell'ambito dei singoli anelli annuali ci possono essere notevoli differenze nelle sezioni trasversali, nello spessore delle pareti delle tracheidi, nei lumi cellulari. La zona anulare primaticcia ha tracheidi grandi con pareti sottili, la zona tardiva tracheidi con pareti spesse e lumi cellulari ridotti; inoltre il numero e la posizione delle cellule può variare nelle varie direttrici, come può variare l'ampiezza totale dell'anello e così via (fig. 6).

La variabilità degli elementi presi in considerazione è influenzata dall'andamento delle stagioni secondo tipologie proprie di ciascuna specie. Così ad esem-

pio secondo alcuni Autori temperature elevate in maggio agiscono sulle dimensioni delle pareti cellulari delle zone primaticce, le temperature di giugno sulle pareti delle zone anulari centrali, quelle di luglio sulle cellule delle zone tardive.

I valori numerici che contraddistinguono le diverse grandezze vengono tradotte in indici convenzionali, che nelle ricostruzioni climatiche figurano come variabili indipendenti. Ogni anello in tal modo fornisce informazioni su uno o più fattori, che hanno agito sull'accrescimento e pertanto nell'ambito delle successioni anulari si possono ricavare indicazioni valide per le diverse fasi temporali della formazione dei tessuti (fig. 7). I tracheidogrammi offrono elementi probanti anche per la valutazione dell'inquinamento e più in generale dell'impatto ambientale, fino a proporre modelli per le diagnosi di stress.

**10.-** Da qualche anno si è rivolta l'attenzione agli isotopi stabili di carbonio, idrogeno, ossigeno presenti nei singoli anelli. Risulta infatti, ad esempio, che il



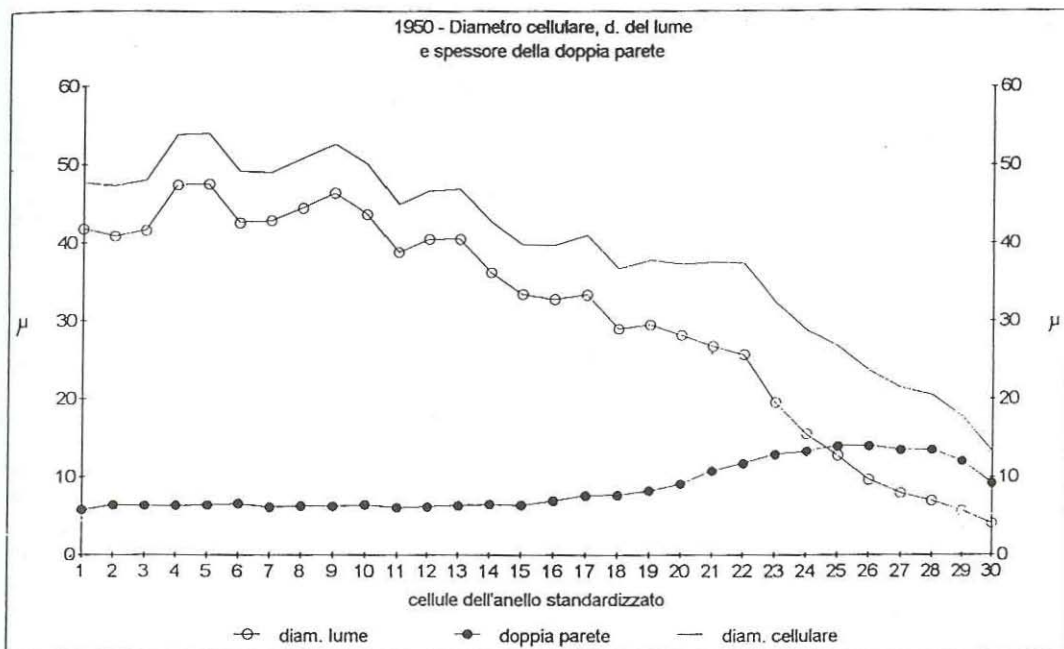


Fig. 7 - Traduzione grafica dell'"immagine" dell'anello 1950 (G. Codipietro).

rapporto  $C^{12}/C^{13}$  varia in relazione all'umidità ambiente, specie nelle stazioni aride, mentre il rapporto  $H^1/H^2$  segue le oscillazioni della temperatura. Indicazioni sulla temperatura emergono anche dalle variazioni del rapporto  $O^{16}/O^{18}$ , che funziona alla stregua di un termometro utile per le ricostruzioni del clima del passato. Su queste basi ricercatori di Stoccarda-Hohenheim hanno indagato sulle oscillazioni della temperatura annua degli ultimi 8000 anni.

**11.-** La Dendroclimatologia è quindi una sottodisciplina della Dendrocrono-

logia dalla quale peraltro, secondo alcuni, ormai si stacca per assumere la connotazione di disciplina autonoma (HEIKINEN, 1983). In sostanza la Dendrocronologia si occupa della collocazione temporale degli anelli annuali di accrescimento delle piante arboree, mentre la Dendroclimatologia utilizza i dati delle cronologie anulari per ricostruire il clima del passato e per definire la risposta delle piante alle variazioni climatiche.

**prof. Elio Corona**

Cattedra di Tecnologia del Legno  
Università della Tuscia

## BIBLIOGRAFIA

CORONA E., 1980 - *La Dendrocronologia. Un esempio di applicazione in Val di Sole*. Dendronatura, 2: 41-56.

CORONA E., 1988 - *Dendrocronologia*. S.B.I. Centenario, II: 891-901.

CORONA E., 1992 - *La Dendrocronologia come strumento per lo studio delle variazioni climatiche*. Atti Convegno Accademia Nazionale dei Lincei, 95: 113-128.

FIORAVANTI M. & RICCI R., 1991 - *L'impiego della tomogra-*

*fia computerizzata per misure densitometriche sul legno: indagine sperimentale e risultati metodologici*. Ann. Acc. It. Sc. For., XL: 57-91.

HEIKINEN O., 1983 - *Dendroclimatology*. Boreas, 12-34.

URANOVA T., 1986 - *The connection of tree ring growth and of some other natural phenomena with the solar-planetary activity cycle and supernovae explosion*. Dendrocronologia, 4: 9-36.

VAGANOV E.A., 1990 - *The tracheidogram Method in Tree Ring Analysis and its Application*. Meth. of Dendrochronology. Kl. Ac. Pub. Dordrecht, 63-76.