

**STUDIO DEL POPOLAMENTO
FORESTALE DELLE AREE DI SAGGIO
DI RENON E MONTICOLO**



dr. Olivia Pignatelli

INDICE

Elenco delle figure

Elenco delle tabelle

1. Introduzione

1.1. Scopo della ricerca

1.2. Aree di saggio

1.3. Prelievo dei campioni

1.4. Preparazione dei campioni

2. Indagine dendrocronologica classica

2.1. Metodologia

2.1.1. Misurazione dei campioni

2.1.2. Elaborazione dati

2.1.2.1. Curva dell'individuo

2.1.2.2. Sincronizzazione e curve medie

2.1.2.3. Intervalli caratteristici

2.2. Risultati

2.2.1. Specie principali

2.2.1.1. Renon - abete rosso

2.2.1.2. Monticolo - pino silvestre

2.2.1.3. Monticolo - roverella

2.2.1.4. Considerazioni sulle curve stazionali

2.2.1.4.1. Renon

2.2.1.4.2. Monticolo

2.2.2. Specie accessorie

2.2.2.1. Monticolo - orniello

2.2.2.2. Monticolo - carpino nero

3. Skeleton plot

3.1. Metodologia

3.2. Risultati

3.2.1. Renon - abete rosso

3.2.2. Monticolo - pino silvestre

3.2.3. Monticolo - roverella

3.2.4. Monticolo - orniello

3.2.5. Monticolo - carpino nero

4. Indagine dendroclimatologica

4.1. Metodologia

4.1.1. Trattamento dei dati di accrescimento radiale

4.1.2. Trattamento dei dati climatici

4.1.3. Calcolo delle funzioni di risposta

4.2. Risultati

4.2.1. Renon - abete rosso

4.2.2. Monticolo - pino silvestre

4.2.3. Monticolo - roverella

4.3. Discussione dei risultati

4.3.1. Renon - abete rosso

4.3.2. Monticolo - pino silvestre

4.3.3. Monticolo - roverella

5. Conclusioni

Appendice

Bibliografia

ELENCO DELLE FIGURE

- fig. 1a - Renon: curve individuali elaborate per l'abete rosso
- fig. 1b - Renon: curva media stazionale dell'abete rosso
- fig. 2a - Monticolo: curve individuali elaborate per il pino silvestre
- fig. 2b - Monticolo: curva media stazionale del pino silvestre
- fig. 3a - Monticolo: curve individuali elaborate per la roverella
- fig. 3b - Monticolo: curva media stazionale della roverella
- fig. 4 - Monticolo: confronto ottico fra le due curve stazionali elaborate per le specie principali
- fig. 5 - Monticolo: curve individuali elaborate per l'orniello
- fig. 6- Cronologia dell'abete rosso della zona di Renon

ELENCO DELLE TABELLE

- tab. 1 - Principali caratteristiche delle aree di saggio
- tab. 2 - Specie campionate nelle due aree di saggio
- tab. 3 - Principali parametri delle curve medie stazionali
- tab. 4 - Renon: matrice di sincronizzazione delle curve elaborate per l'abete rosso
- tab. 5 - Monticolo: matrice di sincronizzazione delle curve elaborate per il pino silvestre
- tab. 6 - Monticolo: matrice di sincronizzazione delle curve per la roverella
- tab. 7- Sincronizzazioni della curva stazionale dell'abete rosso di Renon con le altre cronologie disponibili
- tab. 8 - Stazioni di rilevamento meteorologico
- tab. 9 - Significatività globale delle funzioni di risposta con i parametri selezionati
- tab. 10 - Profilo delle funzioni di risposta con 24 regressori
- tab. 11- Profilo delle funzioni di risposta con regressori raggruppati
- tab. 12 - Principali caratteristiche delle stazioni esaminate della zona di Renon
- tab. 13 - Principali parametri delle curve stazionali e della cronologia della zona di Renon
- tab. 14 - Stazione 14: matrice di sincronizzazione
- tab. 15 - Stazione 17: matrice di sincronizzazione

- tab. 16 - Stazione 41: matrice di sincronizzazione
- tab. 17 - Stazione 54: matrice di sincronizzazione
- tab. 18 - Stazione 55: matrice di sincronizzazione
- tab. 19 - Stazione 57: matrice di sincronizzazione
- tab. 20 - Stazione 78: matrice di sincronizzazione
- tab. 21 - Stazione 122: matrice di sincronizzazione
- tab. 22 - Stazione 135: matrice di sincronizzazione
- tab. 23 - Stazione 137: matrice di sincronizzazione
- tab. 24 - Matrice di sincronizzazione delle curve stazionali
- tab. 25 - Sincronizzazioni della cronologia della zona di Renon con le altre cronologie disponibili per l'abete rosso

1. INTRODUZIONE

1.1. SCOPO DELLA RICERCA

Scopo della presente ricerca è lo studio del popolamento forestale delle due aree di saggio di Renon e Monticolo, facenti parte degli ecosistemi forestali soggetti a continuo controllo dalla rete di posti di osservazione permanente, allestita dagli Stati membri della Comunità Europea (cfr. art. 1 del regolamento n.1091/94 della Commissione delle Comunità Europee).

Per risalire all'età dei popolamenti in esame e ricostruirne le vicende sono state indagate sia le specie principali (abete rosso a Renon e pino silvestre e roverella a Monticolo), sia le specie accessorie (orniello e carpino nero di Monticolo).

La ricerca si è articolata in più fasi. Nella prima fase è stata condotta un'indagine dendrocronologica classica per la costruzione delle cronologie stazionali sulle quali verificare la correttezza della datazione delle sequenze.

Attraverso la metodologia dello skeleton plot sono stati individuati gli eventi occorsi ad ogni singolo albero, dalla datazione del primo anello formatosi, all'individuazione di anelli caratteristici, all'identificazione di brusche riduzioni o di brusche riprese dovute ad interventi selvicolturali.

Successivamente, attraverso l'indagine dendroclimatologica è stato definito il rapporto clima-accrescimento per le sole specie principali, individuando i parametri climatici che maggiormente ne influenzano la crescita, attraverso il calcolo delle funzioni di risposta.

Lo studio sul popolamento forestale dell'area di saggio di Renon è stato occasione per l'ampliamento dell'indagine dendrocronologica a carote di abete rosso già disponibili per altre stazioni situate nei pressi dell'altopiano (v. Appendice).

A conclusione dell'analisi si può disporre di una cronologia locale di ampia rappresentatività, che copre il periodo 1753 - 1995 d.C..

1.2. AREE DI SAGGIO

Per la presente indagine sono state esaminate le due aree di saggio di Renon e Monticolo.

L'area di saggio Renon si trova pochi chilometri a Nord di Bolzano sull'omonimo altipiano ad una quota di circa 1720 m s.l.m. ed è costituita da un bosco di abete rosso con presenza sporadica di alcuni individui di pino cembro e larice.

I dati climatici disponibili per l'area indicano la presenza di un clima tipicamente continentale tendente al tipo secco. Le precipitazioni annuali hanno una distribuzione subcontinentale, con un massimo in corrispondenza del periodo estivo (Minerbi, dati inediti).

La seconda area di saggio è situata a Sud di Bolzano tra i due laghi di Monticolo, ad una quota compresa fra i 550 e i 570 m s.l.m.. Le specie principali sono rappresentate dal pino silvestre e dalla roverella, è presente inoltre qualche individuo di castagno. Le specie accessorie sono quelle tipiche delle zone collinari: carpino nero, orniello, tiglio.

La zona è caratterizzata da un clima temperato continentale con influenze mediterranee. La distribuzione delle precipitazioni è subcontinentale con un massimo estivo (Minerbi, dati inediti).

Entrambe le aree fanno parte degli ecosistemi forestali soggetti a continuo controllo dalla rete di posti di osservazione permanente, allestita dagli Stati membri della Comunità Europea (cfr. art. 1 del regolamento n.1091/94 della Commissione delle Comunità Europee).

Le principali caratteristiche delle due aree di saggio sono riportate in tabella 1.

AREA DI SAGGIO	QUOTA m s.l.m.	esposizione	pendenza	precipitazioni mm	T °C
Renon	1720	S-W	35%	1021	4,1
Monticolo	min. 550, max. 570	S-W		782	11,4

tab. 1 - Principali caratteristiche delle due aree di saggio con indicazione del totale annuo delle precipitazioni e del valore medio annuale delle temperature.

Nel caso delle specie accessorie, presenti solo nell'area di saggio di Monticolo è stato effettuato un unico prelievo in considerazione delle dimensioni estremamente ridotte dei fusti campionati, che presentavano un diametro variabile tra i 5.5 e i 9 cm, nel caso dell'orniello e fra i 9 e i 16 cm, nel caso del carpino nero.

Il campionamento è stato effettuato nel mese di dicembre 1995 e nel corso della primavera del 1996. Alcuni individui di Renon e Monticolo avevano già subito il prelievo alla base nel corso dell'anno 1994 dal personale della Ripartizione Provinciale Foreste.

In ognuna delle due aree di saggio è stato selezionato un numero minimo di 10 individui appartenenti alle specie arboree principali, in accordo con quanto suggerito da Tessier (1984), mentre per ciascuna delle specie accessorie esaminate sono stati selezionati 5 individui (tab.2).

AREA DI SAGGIO	specie campionate	n. individui campionati
Renon	abete rosso	12
Monticolo	pino silvestre	10
	roverella	10
	orniello	5
	carpino nero	5

tab. 2 - Specie campionate nelle due aree di saggio

1.4. PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

In laboratorio le carote, dopo un appropriato periodo di stagionatura, sono state montate su appositi listelli in legno, avendo cura di porre le fibre perpendicolarmente al piano del supporto.

La superficie trasversale dei campioni è stata poi pulita con un bisturi a lama rigida, che, asportando nettamente uno strato di legno, rende più evidenti le successioni anulari. Nel caso di campioni con sequenze di anelli di ampiezza particolarmente esigua, la superficie è stata cosparsa con polvere di gesso.

Nel caso dei campioni di carpino, caratterizzati da anelli a porosità diffusa con limite difficilmente individuabile (Schweingruber 1990), si è proceduto sia alla colorazione con mordente, sia alla laccatura per cercare di evidenziare le sequenze anulari (Iseli e Schweingruber 1989).

Su ciascuna carota sono stati contrassegnati, a matita, partendo dalla corteccia e procedendo verso il centro:

- i decenni con un punto;
- i cinquantenni con due punti;
- i secoli con tre punti.

Tale procedimento limita il numero degli errori in fase di lettura e permette un più agevole orientamento qualora si rendano necessari controlli successivi.

2. INDAGINE DENDROCRONOLOGICA CLASSICA

Scopo dell'indagine dendrocronologica classica è la creazione di curve stazionali che rappresentino l'andamento dell'accrescimento radiale medio delle specie legnose nelle diverse aree di saggio esaminate. Nella presente ricerca tale metodologia è stata applicata allo studio delle sole specie principali, limitandosi nel caso delle specie accessorie alla costruzione della sequenza individuale.

2.1. METODOLOGIA

2.1.1 MISURAZIONE DEI CAMPIONI

La misurazione delle ampiezze anulari è stata effettuata facendo uso dell'apparecchiatura CCTRMD (Computer Controlled Tree-ring Measuring Device), che consente una precisione al centesimo di millimetro (Aniol 1987).

Questa unità, messa a punto appositamente per le indagini dendrocronologiche, consiste di quattro parti fondamentali: l'unità lineare, l'unità di controllo manuale, il display delle ampiezze anulari e l'unità centrale di controllo che connette tutte le parti del sistema, a cui si aggiunge un binoculare a tre diversi ingrandimenti (64x, 160x e 400x). L'operatore comanda l'unità lineare, su cui è posto il campione da analizzare, attraverso l'unità di controllo manuale, tralasciando contemporaneamente, attraverso un crocifilo posto nel binoculare, i limiti delle successioni anulari. Un'interfaccia trasferisce automaticamente le misurazioni raccolte dall'unità centrale all'elaboratore.

Particolari difficoltà si sono incontrate nella lettura dei campioni di orniello caratterizzati, nel periodo fra la fine del 1960 e l'inizio del 1980, dalla presenza di anelli di dimensioni particolarmente esigue, costituiti da un'unica fila di vasi primaverili con legno tardivo quasi inesistente.

Estremamente problematica è stata anche la misurazione dei campioni di carpino nero, a causa del limite anulare non sempre individuabile.

Sebbene le carote di pino silvestre presentassero al loro interno numerose variazioni di densità, queste sono state facilmente riconosciute in fase di lettura e non hanno pertanto creato problemi nella successiva fase di sincronizzazione.

Un falso anello, in corrispondenza della zona tardiva dell'anno 1983, è stato, invece, riscontrato su di un unico campione di roverella (campione n. 4).

2.1.2. ELABORAZIONE DATI

Per la registrazione e la successiva elaborazione dei dati si è fatto uso del pacchetto software CATRAS (Aniol 1983) Computer Aided Tree Ring Analysis System, dello stesso progettista dello strumento di misura, utilizzato in numerosi laboratori europei di dendrocronologia.

2.1.2.1. CURVA DELL'INDIVIDUO

Le serie anulari ottenute dalla misurazione vengono tradotte, con l'aiuto del programma Catras, in grafici, le **curve dendrocronologiche**, dove sull'asse delle ascisse è riportata la successione cronologica degli anelli di accrescimento legnosi, mentre sull'asse delle ordinate si trovano le ampiezze anulari corrispondenti, in valori assoluti o logaritmici.

La curva dendrocronologica definitiva (o sequenza definitiva) di ogni individuo è data dalla media delle curve relative alle due carote su cui si è effettuata la misurazione.

Tale media viene calcolata solo dopo aver effettuato un controllo visivo delle due curve parziali per rilevare eventuali errori di lettura, omissioni di anelli o presenza di falsi anelli.

Ogni curva è definita, oltre che dalla serie cronologica dei dati, anche dai seguenti parametri statistici: valore medio, relativa deviazione standard, autocorrelazione e sensibilità media.

L'ampiezza anulare media definisce il valore medio dello spessore degli anelli espresso in centesimi di mm.

$$MX = \frac{\sum_{t=1}^N y_t}{N}$$

Σ = sommatoria da $t = 1$ a $t = N$

y_t = valore dell'ampiezza anulare all'anno t

N = numero di anni compresi in una serie anulare

MX = ampiezza anulare media.

La misura di sintesi delle componenti di variabilità delle ampiezze anulari è data dalla deviazione standard (SD), trasformabile in valore adimensionale sotto forma di coefficiente di variazione.

$$SD = \left\{ \left[\sum_{t=1}^N (y_t - MX)^2 \right] / [N-1] \right\}^{1/2}$$

Il coefficiente di autocorrelazione (*autocorrelation*, r_L), misura ciò che il Douglass chiamò "fattore di conservazione", cioè la tendenza della pianta all'inerzia del suo incremento per un certo numero di anni.

$$r_L = \frac{\left[\sum_{t=1}^{N-L} (y_t - MX_t) (y_{t+L} - MX_{t+L}) \right]}{\left[\sum_{t=1}^{N-L} (y_t - MX_t)^2 \cdot \sum_{t=1}^{N-L} (y_{t+L} - MX_{t+L})^2 \right]^{1/2}}$$

y_t = valore dell'ampiezza anulare all'anno t

N = numero di anni compresi in una serie anulare

MX = ampiezza anulare media

L = ordine di autocorrelazione.

La sensitività media (*mean sensitivity*, MS) indica la reattività della pianta, permettendo di distinguere le serie in compiacenti e sensitive. Se il valore di MS è inferiore a 0.200 la specie è compiacente, se MS è compreso fra 0.200 e 0.300 la

specie è sensitiva, infine se MS è superiore a 0.300, la serie è ipersensitiva (Corona P. 1986).

$$MS = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} [2 |y_{t+1} - y_t|] / [y_{t+1} + y_t]}{(N - 1)}$$

y_t = valore dell'ampiezza anulare all'anno t

y_{t+1} = valore dell'ampiezza anulare all'anno t+1

N = numero di anni compresi in una serie anulare.

2.1.2.2. SINCRONIZZAZIONE E CURVE MEDIE

I fattori che determinano l'accrescimento arboreo possono essere comuni a tutti gli individui di una vasta zona, come le caratteristiche climatiche ed edafiche di una certa stazione, come fenomeni sporadici nel tempo, ma interessanti ampie superfici (incendi, forti attacchi parassitari ecc.), oppure essere limitati a singole piante o singoli gruppi di piante, come le condizioni di struttura di una certa copertura vegetale, la presenza di agenti patogeni su alcuni individui e le caratteristiche peculiari di ogni patrimonio genetico (Cook 1985; Fritts 1976).

La metodologia dendrocronologica cerca di attenuare gli effetti dovuti alle reazioni individuali e di evidenziare, invece, quelli causati da fattori comuni all'area considerata. Tale risultato si ottiene attraverso la costruzione di medie successive di campioni fra loro ben sincronizzati.

La sincronizzazione (*crossdating*) può essere di tipo qualitativo (visuale) o quantitativo (statistico).

La somiglianza fra due serie messe a confronto può essere valutata con il calcolo di alcuni parametri statistici. Si tratta dei coefficienti di coincidenza e di correlazione con relativa attendibilità statistica.

Il coefficiente di coincidenza (CC) è dato dalla formula:

$$CC = [(c+d/2) / (N - 1)] \cdot 100$$

dove:

c = il numero di tratti concordi tra le due serie a confronto; indica il numero di anni in cui l'andamento delle due curve è in entrambe crescente o in entrambe decrescente;

d = il numero di tratti in cui una delle due serie presenta un andamento crescente o decrescente, mentre nell'altra si mantiene orizzontale;

N = il numero di anni presi in considerazione.

Il massimo valore di CC, cioè il 100%, si ha dunque nel caso di due serie ad andamento analogo in ciascun anno, mentre si ha CC nullo nel caso di andamenti delle due curve completamente opposti.

L'elaboratore, svolgendo simile operazione, mette a confronto le due serie sovrapponendole in ogni possibile posizione, fino ad un minimo di 30 anelli di sovrapposizione. Al variare del numero di anelli confrontato cambia anche l'attendibilità statistica del CC; per questo il programma CATRAS prevede, parallelamente al computo del valore di CC, quello della sua percentuale di attendibilità statistica mediante il calcolo di un opportuno coefficiente (t), che è appunto funzione del numero di anelli confrontati:

$$t = (CC / 50 - 1) \sqrt{N}$$

Vengono presi in considerazione solo quei valori di CC la cui attendibilità di errore risulta essere inferiore al 5%.

Questo primo parametro è solo indicativo, però, della maggiore o minore coincidenza nel segno degli accrescimenti, presi per anno, tra le due serie a confronto, ma non fornisce alcun giudizio riguardo all'entità di tali accrescimenti.

Un ulteriore accertamento della sincronicità tra le due serie si ricava dal coefficiente di correlazione lineare (Corona P. 1986).

Esso viene enunciato con la seguente formula, adatta alle serie cronologiche, in cui y_{1t} e y_{2t} sono i valori assunti dagli accrescimenti anulari delle due serie al tempo t, mentre y_1 e y_2 sono i relativi valori medi:

$$r_s = \frac{[\sum^N (y_{1t} - y_t)(y_{2t} - y_2)]}{[\sum^N (y_{1t} - y_t)^2 \sum^N (y_{2t} - y_2)^2]^{1/2}}$$

Il significato della formula è più chiaro se la si considera come rapporto fra la covarianza delle variabili fra y_1 e y_2 ed i loro scarti quadratici medi. Essendo una sommatoria di prodotti, la covarianza assumerà valore zero quando i prodotti positivi (scarti semplici delle due variabili dello stesso segno) uguaglieranno i prodotti negativi (scarti semplici dalla media di segno opposto), quando cioè le distribuzioni reciproche delle due variabili saranno perfettamente casuali. Al prevalere di uno dei due tipi di scarti semplici dalla media (dello stesso segno o di segno opposto fra le due variabili), il valore assoluto della covarianza crescerà. Le due variabili vengono inoltre standardizzate, cioè rapportate alle loro deviazioni standard, affinché siano rese omogenee, secondo la formula seguente:

$$r_s = \frac{\sum^N (y_{1t} - y_1)(y_{2t} - y_2)}{N - 1} \cdot \frac{N - 1}{\sum^N (y_{1t} - y_1)^2} \cdot \frac{N - 1}{\sum^N (y_{2t} - y_2)^2}$$

Il coefficiente di correlazione r varia tra -1 e $+1$ con lo stesso significato sopra esposto per la covarianza.

Il programma CATRAS ne fornisce direttamente la significatività statistica mediante il calcolo del t di Student, in funzione del numero di anelli di sovrapposizione, dato dalla formula:

$$t = r_s \sqrt{N-2} / \sqrt{1 - r_s^2}$$

(Baillie e Pilcher 1973).

Tali coefficienti statistici permettono di individuare gruppi di serie che presentano buone caratteristiche di sincronicità e siano perciò mediabili fra di loro, ma non possono essere considerati come prove in sé esaustive. E' infatti sempre indispensabile un raffronto visuale tra tutte le curve, che, a questo punto, potrà essere più agevolmente condotto a partire dall'analisi statistica preliminare.

Sovrapponendo infatti su un tavolo luminoso due o più curve, se ne può meglio valutare il grado di sincronicità, in quanto possono facilmente essere evidenziate eventuali sfasature dovute a perdita di anelli che non emergono dall'immediata analisi dei coefficienti statistici.

2.1.2.3. INTERVALLI CARATTERISTICI

Per una migliore tipizzazione delle curve stazionali è stato utilizzato un programma messo a punto presso l'Istituto Italiano di Dendrocronologia per la determinazione degli intervalli caratteristici.

Il programma calcola per ciascun anno la percentuale di curve individuali che costituiscono la media, che presentano una variazione incrementale dello stesso segno.

Sono stati considerati come caratteristici gli intervalli, in corrispondenza dei quali almeno il 75% dei campioni mostra la stessa tendenza. Si distinguono 4 classi:

- * anni caratteristici presenti nel 75/80% dei campioni
- ** anni caratteristici presenti nel 81/90% dei campioni
- *** anni caratteristici presenti nel 91/99% dei campioni
- **** anni caratteristici presenti nella totalità dei campioni.

L'individuazione degli intervalli caratteristici permette di evidenziare alcuni fenomeni relativi all'accrescimento comuni ai campioni esaminati e di riferirli ad anni precisi.

Nella presente relazione verranno riportati per ogni curva media gli intervalli caratteristici, rilevati su almeno 5 serie, che danno origine a picchi minimi e picchi massimi.

2.2. RISULTATI

2.2.1. SPECIE PRINCIPALI

L'indagine dendrocronologica condotta sulle specie principali ha interessato le tre carote prelevate da ciascun individuo. Per la costruzione delle sequenze individuali e delle successive medie stazionali sono state utilizzate le sole carote prelevate a 1.30 m di altezza; le carote prelevate in prossimità della base, che possono presentare andamenti di crescita irregolari a causa della vicinanza alle radici, sono state prese in considerazione per l'individuazione dell'età della pianta.

Si riportano in modo sintetico i risultati relativi alle tre medie stazionali elaborate per le specie principali delle aree di saggio di Renon e Monticolo, di cui vengono indicati in tabella 3 i seguenti parametri: lunghezza della serie, valore medio degli accrescimenti anulari (espresso in centesimi di mm), sensibilità media, deviazione standard, autocorrelazione di ordine 1.

Per ogni stazione vengono fornite le matrici di sincronizzazione, ottenute calcolando fra le serie i seguenti parametri statistici: t di Student, CC e relativa attendibilità statistica.

L'età media degli individui campionati è stata calcolata sulla base delle carote prelevate alla base che presentavano il centro assiale e di quelle per le quali è stata possibile l'estrapolazione (cfr. paragrafo 3.1).

AREA DI SAGGIO	SPECIE	PERIODO	val.medio	SD	autoc.	MS
Renon	abete rosso	1846-1995 d.C.	136,1	59,8	0,951	0,116
Monticolo	pino silvestre	1892-1995 d.C.	204,4	65	0,561	0,212
Monticolo	roverella	1912-1995 d.C.	138,8	61	0,555	0,262

tab. 3 - Principali parametri delle curve medie stazionali

1P									
2P	5.67 72.2 99.0								
3P	2.54 59.7 <95.0	3.03 65.7 95.0							
4P	4.27 70.8 95.0	2.95 73.5 99.9	4.37 68.0 99.9						
5P	4.95 70.0 95.0	5.77 67.1 95.0	2.99 60.0 <95.0	4.97 80.0 99.9					
6P	0.97 59.7 <95.0	1.64 61.8 <95.0	2.83 62.3 95.0	3.15 65.2 95.0	1.43 51.4 <95.0				
7P	4.04 68.1 95.0	3.91 73.5 99.9	3.85 65.3 99.0	5.52 68.0 99.9	3.76 68.6 95.0	1.80 63.8 95.0			
8P	0.82 55.6 <95.0	1.72 62.2 <95.0	/	1.90 55.4 <95.0	2.16 67.1 95.0	2.27 66.2 95.0	1.06 60.8 <95.0		
9P	4.36 80.6 99.9	4.77 74.5 99.9	5.70 75.0 99.9	4.32 78.4 99.9	3.88 70.0 95.0	4.02 64.7 95.0	5.47 76.7 99.9	1.37 64.9 <95.0	
10P	7.09 79.2 99.9	3.93 65.7 95.0	2.72 60.0 <95.0	4.25 66.7 99.0	6.68 68.6 95.0	3.06 70.9 99.0	4.03 68.3 99.9	1.94 63.5 <95.0	5.96 71.6 99.9

tab. 5 - Monticolo: matrice di sincronizzazione delle curve elaborate per il pino silvestre

1Q									
2Q	7.68 83.0 99.9								
3Q	7.14 73.3 95.0	7.21 68.9 95.0							
4Q	5.00 58.5 <95.0	3.76 64.9 99.9	5.30 70.0 99.0						
5Q	5.48 73.4 99.9	6.07 71.3 99.0	5.10 74.4 99.0	3.09 63.3 95.0					
6Q	8.88 71.1 99.0	6.26 66.7 95.0	6.74 75.6 99.9	3.95 54.4 95.0	3.63 63.3 95.0				
7Q	1.79 56.4 <95.0	1.81 58.5 95.0	1.78 58.9 <95.0	1.22 59.2 95.0	2.10 61.2 95.0	/			
8Q	4.50 70.2 99.0	3.13 68.1 95.0	4.58 75.6 99.9	3.47 67.0 95.0	5.07 69.1 99.0	3.52 60.0 95.0	/		
9Q	8.95 78.7 99.9	5.55 72.3 99.0	6.20 91.1 99.0	6.67 60.1 95.0	3.57 68.4 95.0	7.33 64.4 95.0	1.04 61.6 95.0	5.60 80.9 99.9	
10Q	3.77 72.3 99.0	3.02 76.6 99.9	3.25 71.1 99.0	4.71 71.1 99.9	4.66 76.5 99.9	1.14 60.0 95.0	7.15 78.3 99.9	3.54 72.3 99.0	5.30 72.5 99.9

tab. 6 - Monticolo: matrice di sincronizzazione delle curve elaborate per la roverella

2.2.1.1. RENON - ABETE ROSSO

Sono stati esaminati complessivamente 12 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva (fig. 1a).

I confronti ottici e statistici operati fra le 12 sequenze definitive (tab. 4) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 11 individui. Sebbene i valori statistici rilevati fra i campioni non fossero particolarmente elevati si è deciso di mediare la quasi totalità delle sequenze in considerazione della presenza di anni caratteristici comuni a diversi campioni. I primi anelli dei campioni nn. 4, 9 e 11 sono stati esclusi dal calcolo della media, in quanto presentavano un andamento irregolare.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1846 al 1995 d.C. (fig. 1 b, tab. 3). Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1926, 1935, 1984;

massimi: 1891, 1904, 1908, 1964;

sequenze di minimi e massimi: 1900 (minimo)-1903, 1948 (minimo)-1949, 1968 (minimo)-1969, 1978 (minimo)-1979.

L'età media degli individui campionati è di 144 anni.

2.2.1.2. MONTICOLO - PINO SILVESTRE

Sono stati esaminati 10 individui di pino silvestre, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva (fig. 2 a).

I confronti ottici e statistici operati fra le 10 sequenze definitive hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 8 degli individui campionati (tab. 2).

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1892 al 1995 d.C. (fig. 2 b, tab. 3). Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1969-1970, 1983-1984;

massimi: 1953, 1961, 1971, 1988;

sequenze di minimi e massimi: 1974 (minimo)-1976, 1985(massimo)-1986.

RENON - Abete rosso

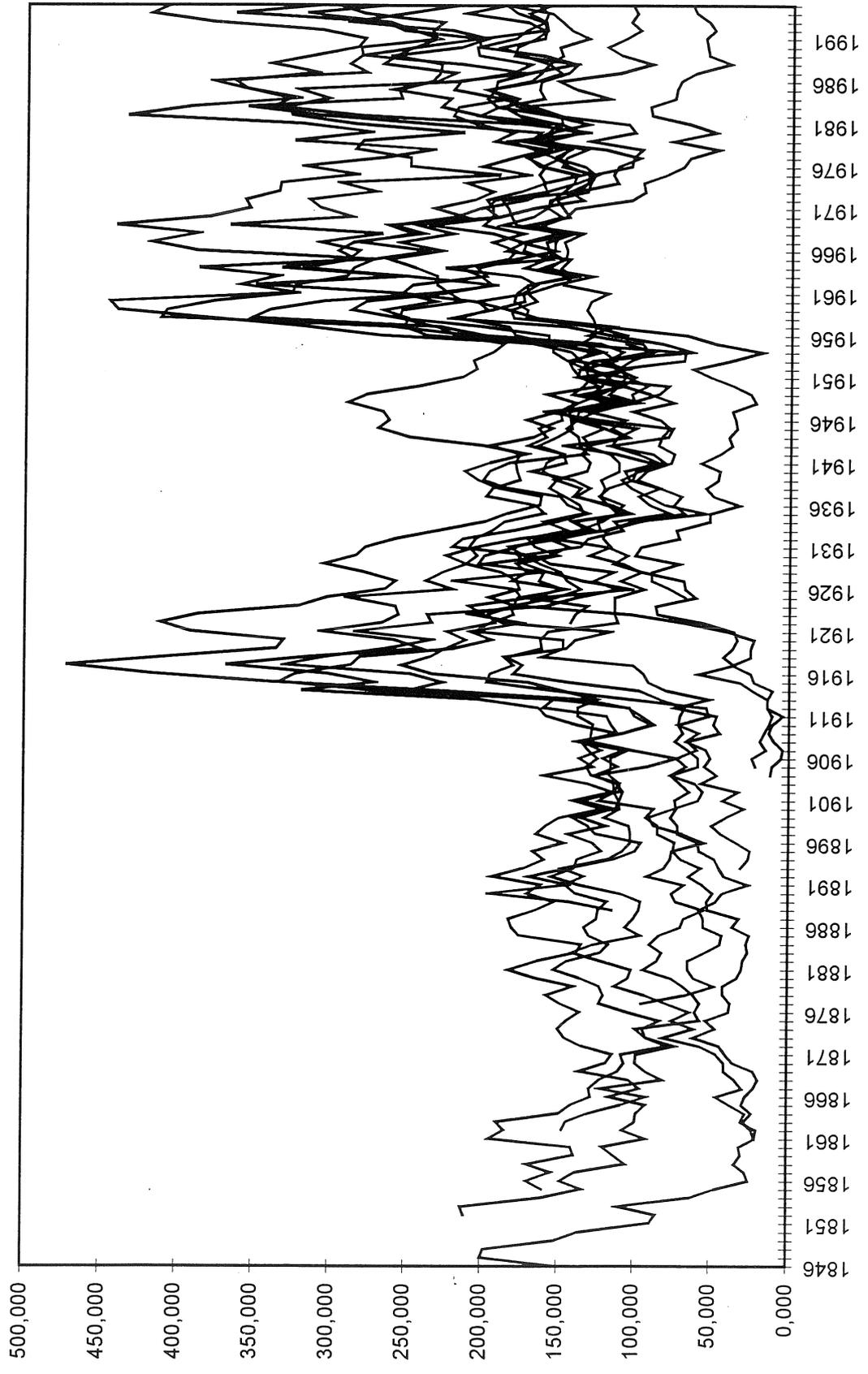


fig. 1a - Renon: curve individuali elaborate per l'abete rosso

RENON - curva media stagionale

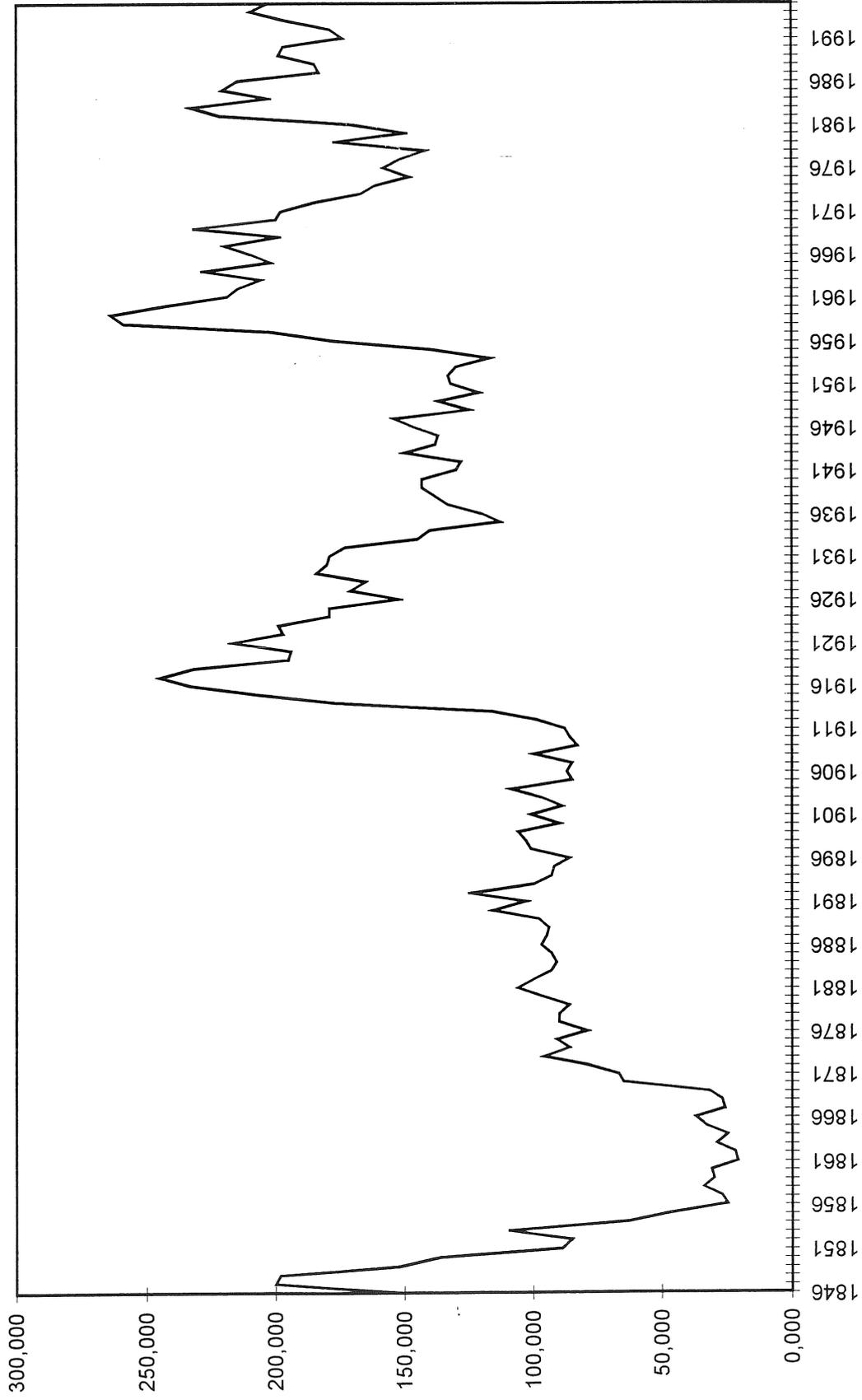


fig. 1b - Renon: curva media stagionale dell'abete rosso

MONTICOLO - Pino silvestre

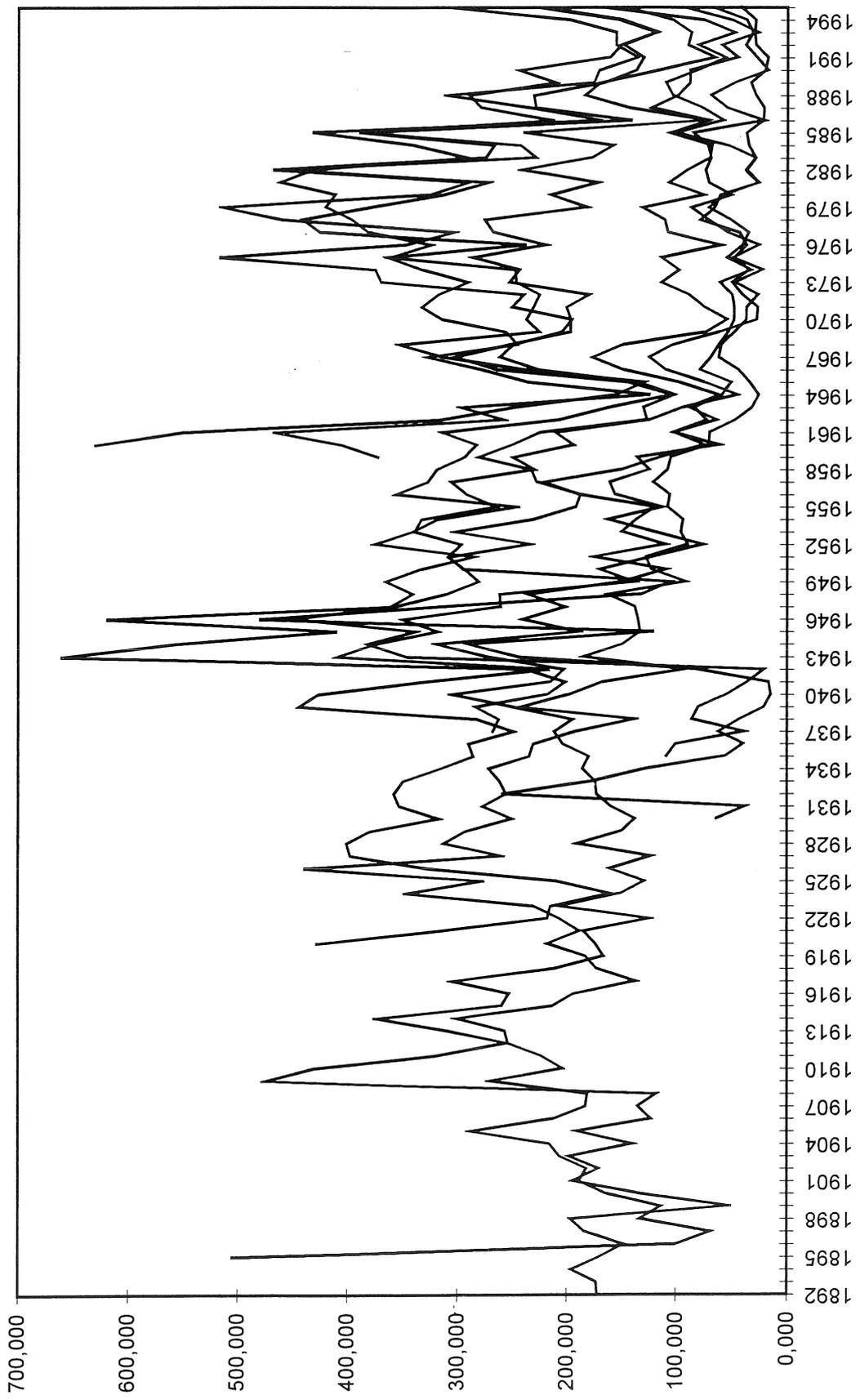


fig. 2a - Monticolo: curve individuali elaborate per il pino silvestre

MONTICOLO - curva media stagionale del pino silvestre

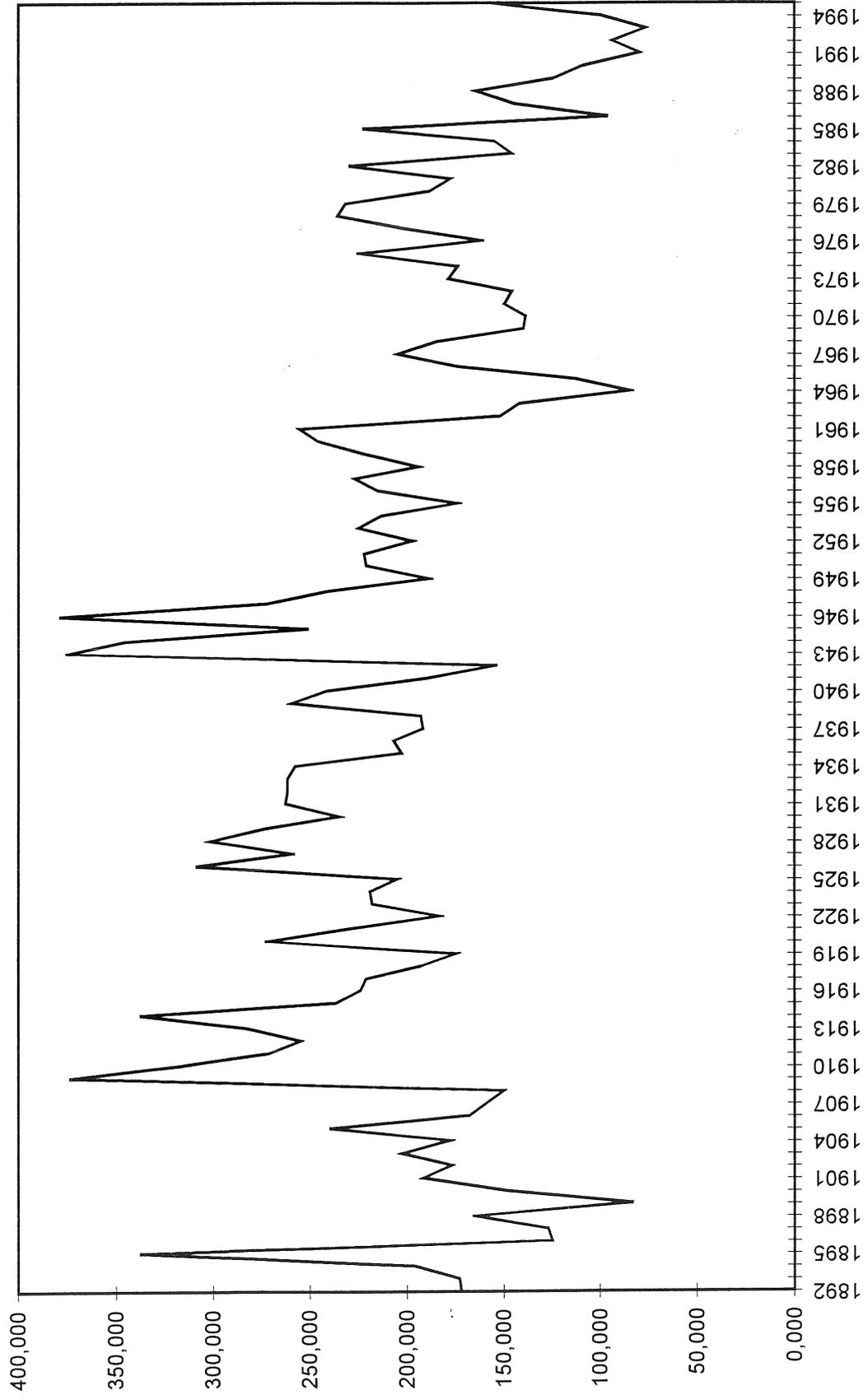


fig. 2b - Monticolo: curva media stagionale del pino silvestre

MONTICOLO - Roverella

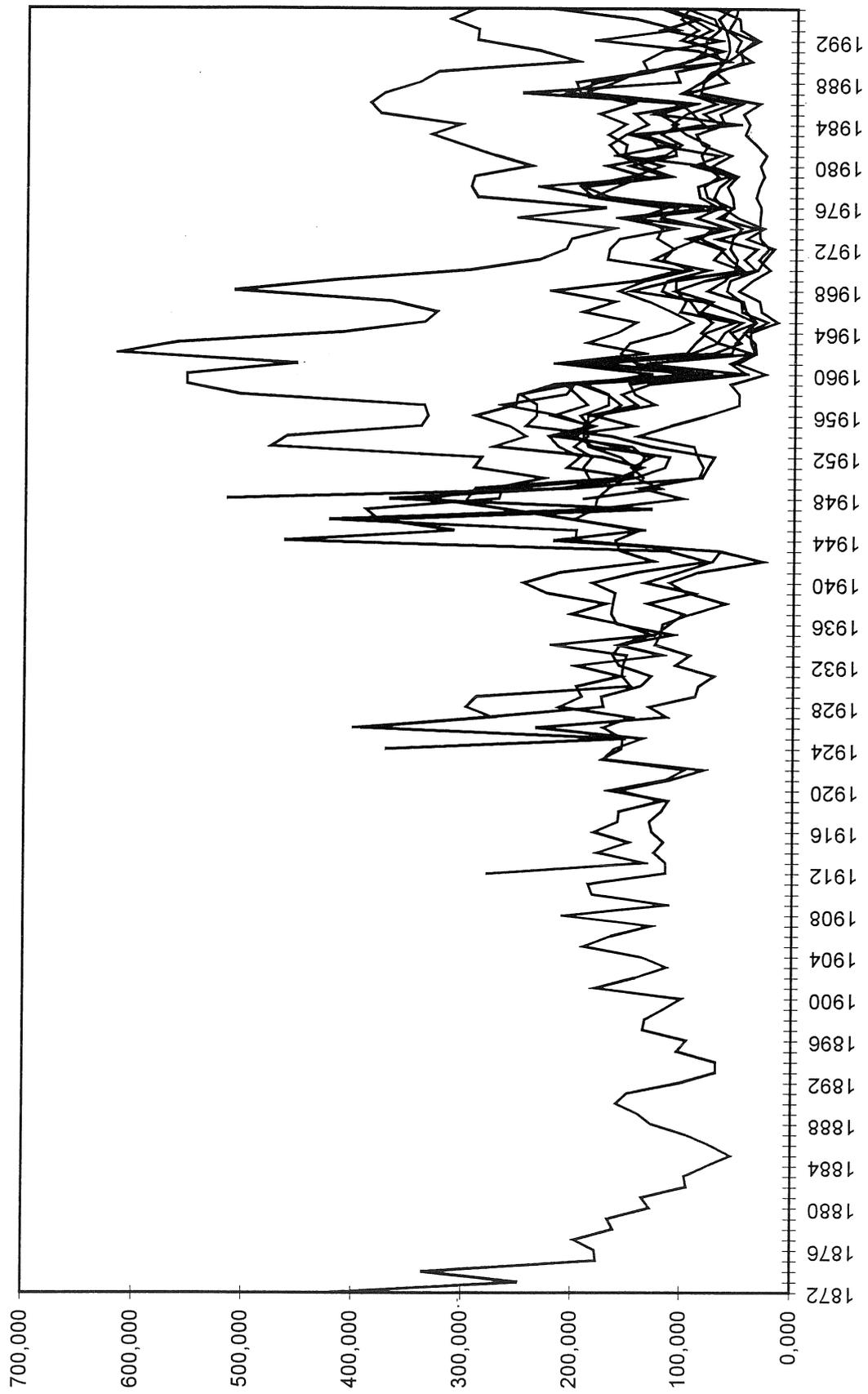


fig. 3 a - Monticolo: curve individuali elaborate per la roverella

MONTICOLO - curva media stagionale della roverella

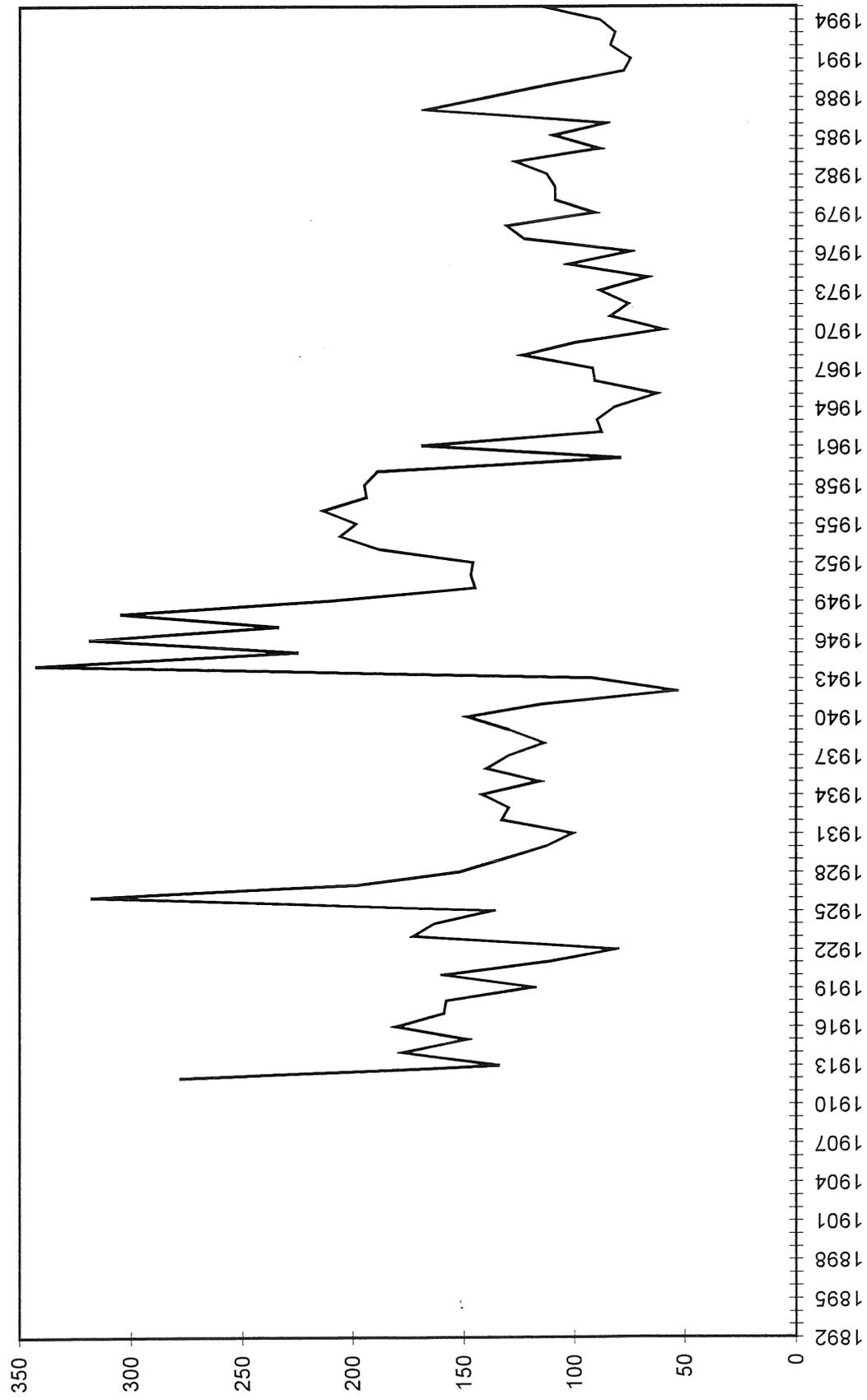


fig. 3b - Monticolo: curva media stagionale della roverella

L'età media degli individui campionati è di 67 anni.

2.2.1.3. MONTICOLO - ROVERELLA

Sono stati esaminati 10 individui di roverella, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva (fig. 3 a).

I confronti ottici e statistici operati fra le 10 sequenze definitive hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 9 degli individui campionati (tab.6). L'unico campione non inserito in media si riferisce all'albero individuato dalla sigla XY, che si trova fuori dell'area di saggio e che ha dato origine alla sequenza più lunga (1872-1995).

La curva copre il periodo dal 1912 al 1995 d.C. (fig. 3 b, tab. 3).

Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1957, 1965;

massimi: 1954, 1968;

sequenze di minimi e massimi: 1975 (massimo)-1976, 1985 (massimo)-1986 .

L'età media degli individui campionati è di anni 53 anni, escludendo la roverella n.17 e l'individuo XY che hanno un'età superiore ai 90 e ai 120 anni.

2.2.1.4. CONSIDERAZIONI SULLE CURVE STAZIONALI

2.2.1.4.1. RENON - ABETE ROSSO

La curva media stazionale elaborata per l'abete rosso di Renon (1860-1995) è quella caratterizzata dal maggior numero di anelli. Essa presenta una bassa sensibilità, pari a 0.116, accompagnata da una forte autocorrelazione, superiore a 0.9. La bassa sensibilità, che caratterizza con poche eccezioni, anche le singole sequenze individuali, può spiegare i valori, generalmente bassi, dei parametri statistici riscontrati fra le serie analizzate (tab. 4) e il numero non elevato di anni caratteristici presenti. Tali dati sembrano indicare che nell'area di Renon l'abete rosso trova condizioni favorevoli all'accrescimento.

Si evidenziano nel grafico della curva media stagionale due fasi di riprese incrementali nel corso del nostro secolo, la prima delle quali si colloca agli inizi del primo decennio, la seconda verso la fine degli anni '50. Tali riprese, che si manifestano contemporaneamente in più individui, permettono di individuare e collocare cronologicamente interventi selvicolturali avvenuti in passato e non altrimenti documentati.

Fra gli anni caratteristici rilevati si segnalano il minimo del 1948, ben noto in letteratura per l'abete rosso, l'abete bianco, il pino silvestre e il pino cembro, il larice, la quercia e il faggio (Siebenlist-Kerner 1984; Z'Graggen 1987) e il minimo del 1968, anch'esso osservato oltre che sull'abete rosso, sull'abete bianco e il pino silvestre.

I risultati dei confronti statistici effettuati con le curve delle stazioni di abete rosso subalpino situate nei pressi dell'altopiano di Renon sono riportati in Appendice, mentre i risultati ottenuti con le cronologie disponibili per l'abete rosso dell'Italia nord orientale (Bebber et al. 1992), del Veneto (Pernigo et al. 1990) e del Tirolo (Siebenlist-Kerner 1984) sono riportati in tabella 7.

Si sottolinea che gli anni caratteristici del 1904, 1948, 1969 e 1979 sono presenti anche nella cronologia del Veneto; il minimo del 1948 è stato segnalato anche da Siebenlist-Kerner (1984) anche per il Tirolo.

RENON	
Val Venosta - quota alta	3.67 66.9 99.9
Val Venosta - quota bassa	/
Veneto	4.14 73.1 99.9
Italia nord orientale	4.42 69.9 99.9
Tirolo	2.19 60.9 99.0

tab. 7. Correlazioni fra l' abete rosso di Renon e le altre medie disponibili.

2.2.1.4.2. MONTICOLO

Le due curve medie elaborate per il pino silvestre e la quercia di Monticolo sono caratterizzate da buoni valori di sensitività media pari, rispettivamente, a 0.212 e 0.262, con un'autocorrelazione inferiore, per entrambe le specie legnose, a 0.6.

Fra le due specie legnose è il pino silvestre quello che presenta individui di maggiore età, anche se questi, generalmente, non raggiungono i 60 anni.

Gli individui di roverella hanno un'età media di circa 53 anni, ad eccezione dei campioni n. 17 e XY, il cui primo anello si data, rispettivamente all'anno 1906 e 1872.

Le curve medie elaborate per le due diverse specie legnose presentano fra loro una buona sincronizzazione sia ottica che statistica (t di Student pari a 4.62, $CC= 69.9$ con relativa attendibilità statistica del 99.9) con i seguenti anni caratteristici comuni: 1975, 1976, 1985 e 1986.

Si segnala inoltre che la curva elaborata per la roverella si correla con buoni valori dei parametri statistici con le curve della quercia elaborate da Nola (1991) per la pianura Padana.

MONTICOLO - curve medie delle specie principali

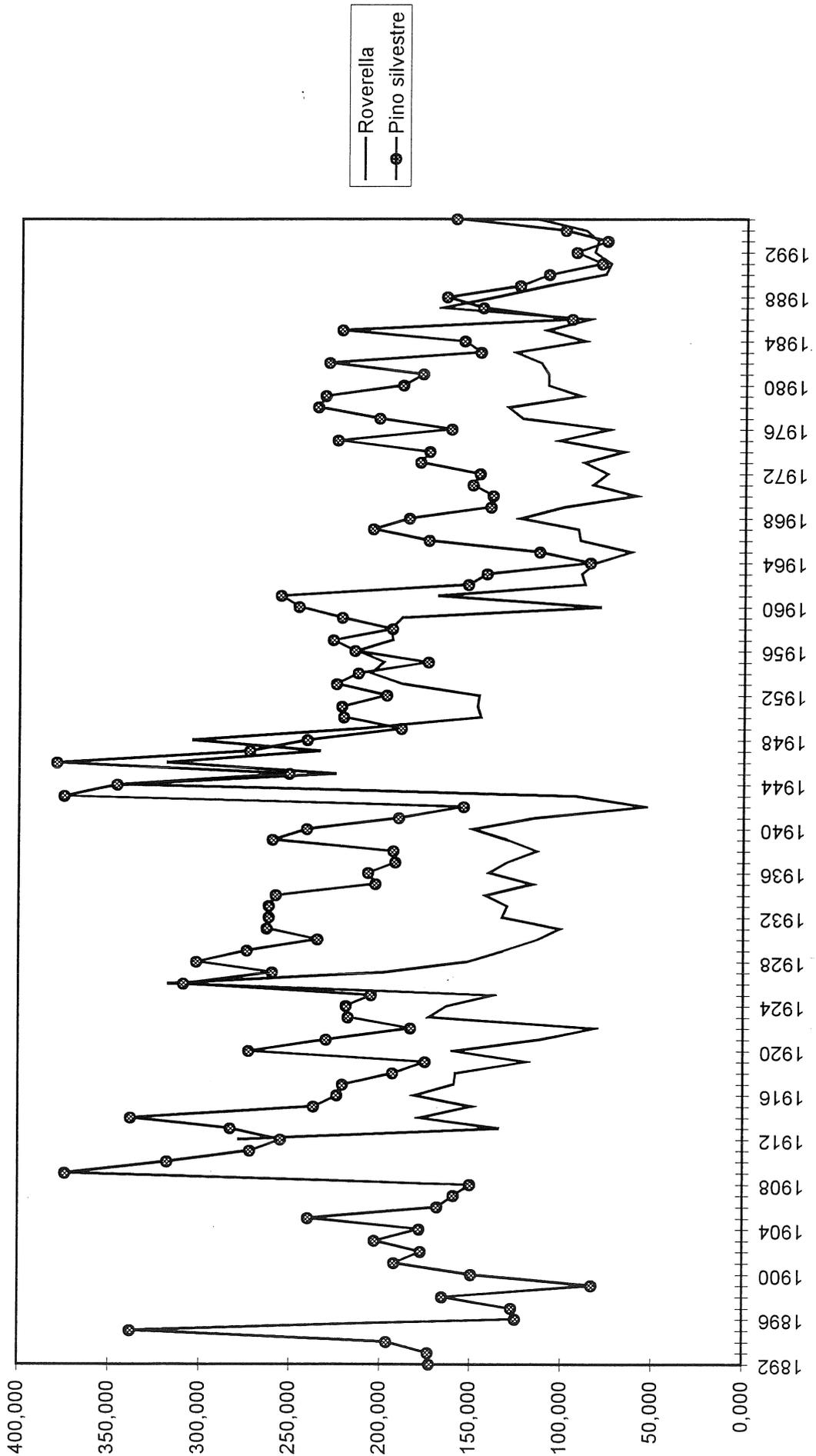


fig. 4 - Monticolo: confronto ottico fra le due curve stagionali elaborate per le specie principali

2.2.2. SPECIE ACCESSORIE

L'indagine dendrocronologica condotta sulle specie accessorie è volta essenzialmente all'individuazione dell'età degli individui campionati per una ricostruzione storica dell'ecosistema forestale in esame ed ha interessato un'unica carota prelevata da ogni individuo selezionato (cfr. paragrafo 1.3).

2.2.2.1. MONTICOLO - ORNIELLO

Come già anticipato (cfr. paragrafo 2.3.1) la lettura dei campioni di orniello è stata difficile a causa della presenza di una fase di riduzione dell'accrescimento che ha interessato gli individui campionati nel periodo compreso fra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '80. In particolare, in corrispondenza di tali anni i campioni nn. 14 e 108 presentano anelli di ampiezza estremamente ridotta costituiti praticamente dal solo legno primaverile.

Sulla base dei confronti ottici effettuati e in considerazione della qualità della lettura si ritiene che le curve relative ai campioni nn. 109 e 110 siano corrette e le discrepanze che si riscontrano tra i primi anelli siano probabilmente legate al fatto che si tratta di anelli giovanili con irregolarità di accrescimento. Nei restanti campioni sembra, invece, mancare un anello in corrispondenza della sequenza con accrescimento ridotto, ma non è stato possibile individuarne la localizzazione.

Solo i campioni prelevati dagli individui n. 14 e 109 presentano il centro assiale. Il primo anello di questi campioni si data rispettivamente all'anno 1945 e all'anno 1942. Nel caso degli altri campioni, per giungere a una collocazione cronologica del primo anello formatosi, prossima a quella reale, si è ricorsi alla sua estrapolazione sulla base dell'ampiezza degli anelli più interni. Si sono così ottenute le seguenti datazioni: 1942 (campione n.110), 1947 (campione n. 108), 1948 (campione n. 7).

Gli individui esaminati risultano quindi praticamente coetanei e la loro età media (52 anni) è sorprendente se si considerano le dimensioni dei fusti, il cui diametro è compreso tra i 5.5 e i 9 cm.

MONTICOLO - orniello

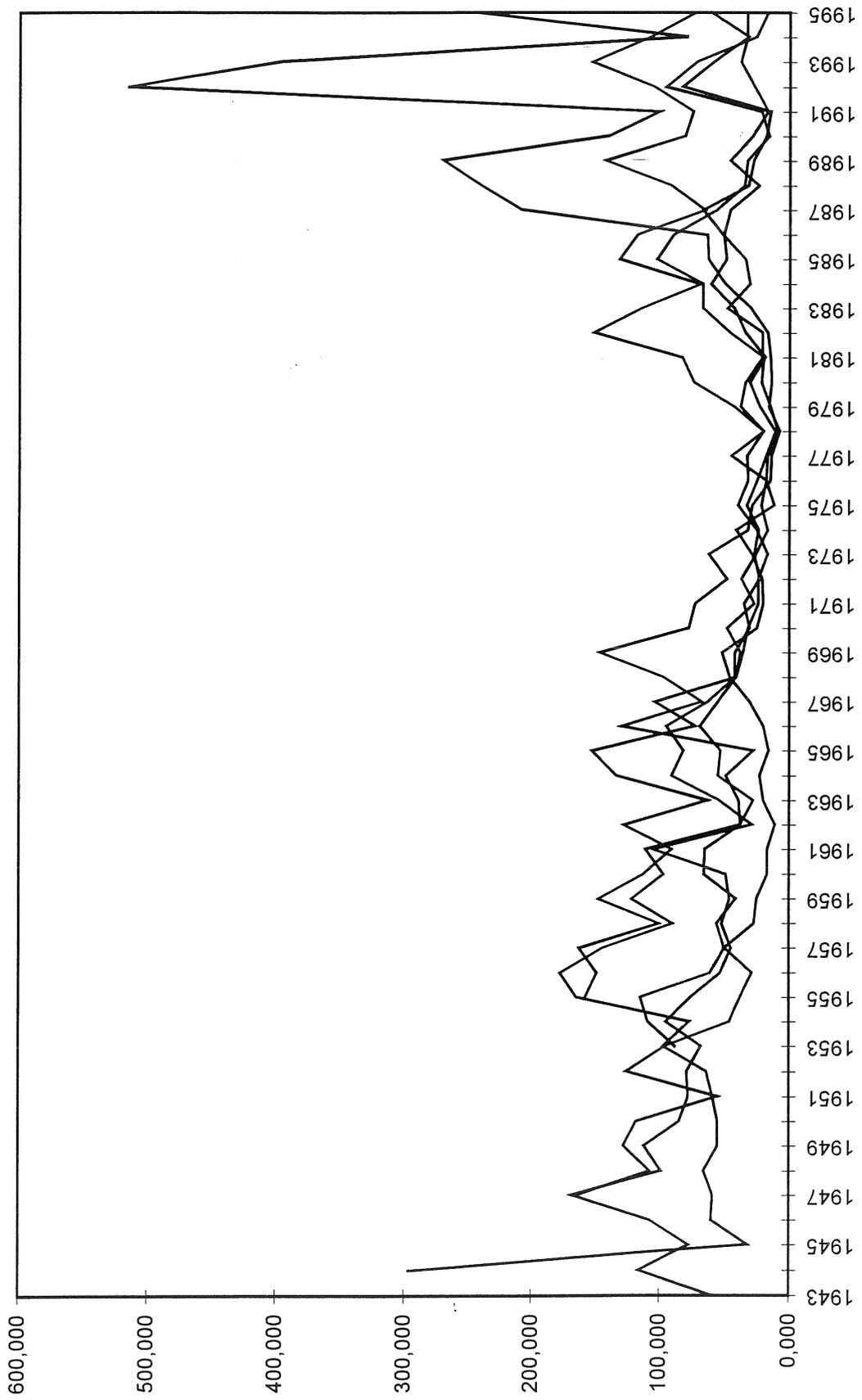
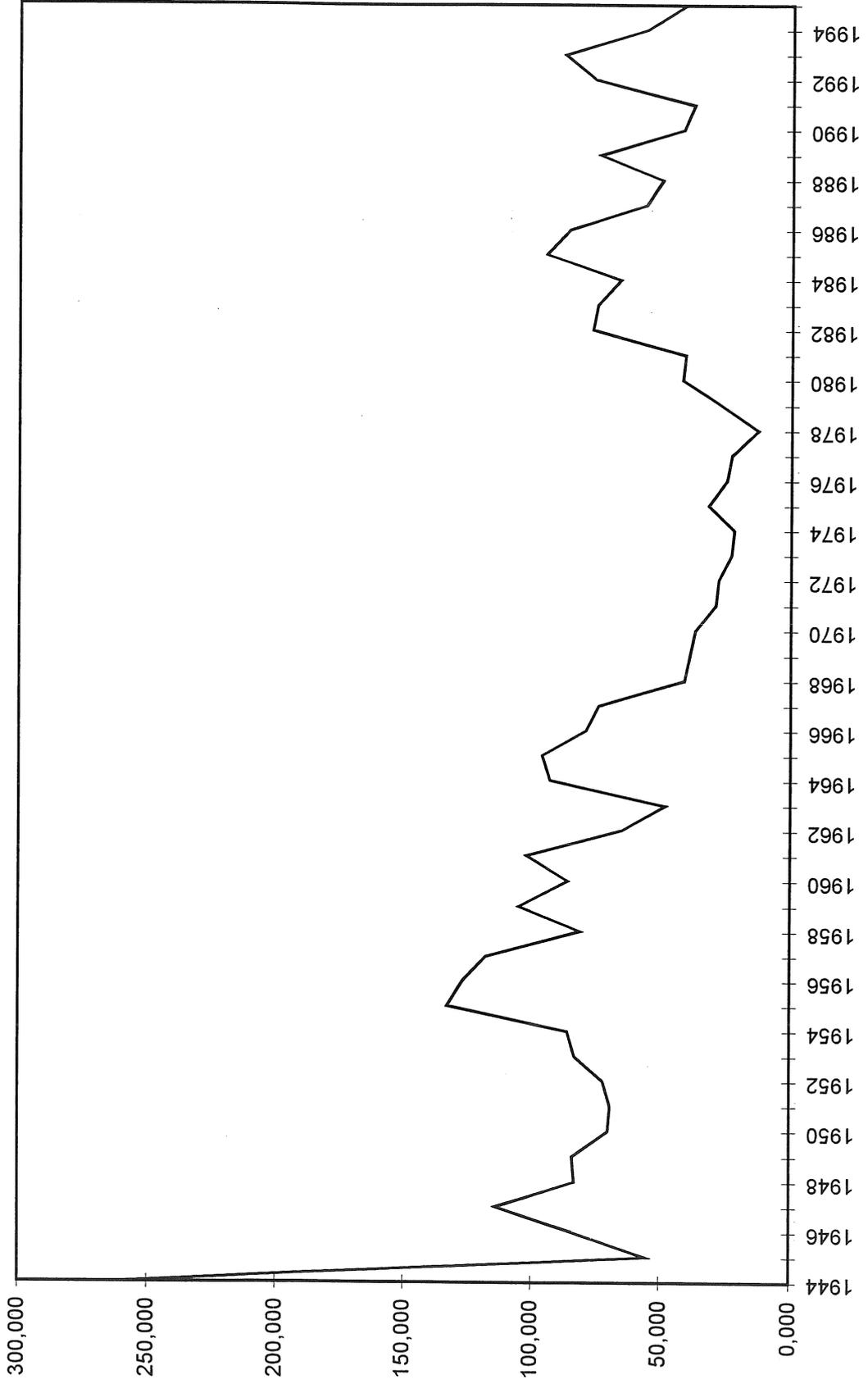


fig. 5 - Monticolo: curve individuali elaborate per l'orniello

MONTICOLO - curva media stagionale dell'orriello



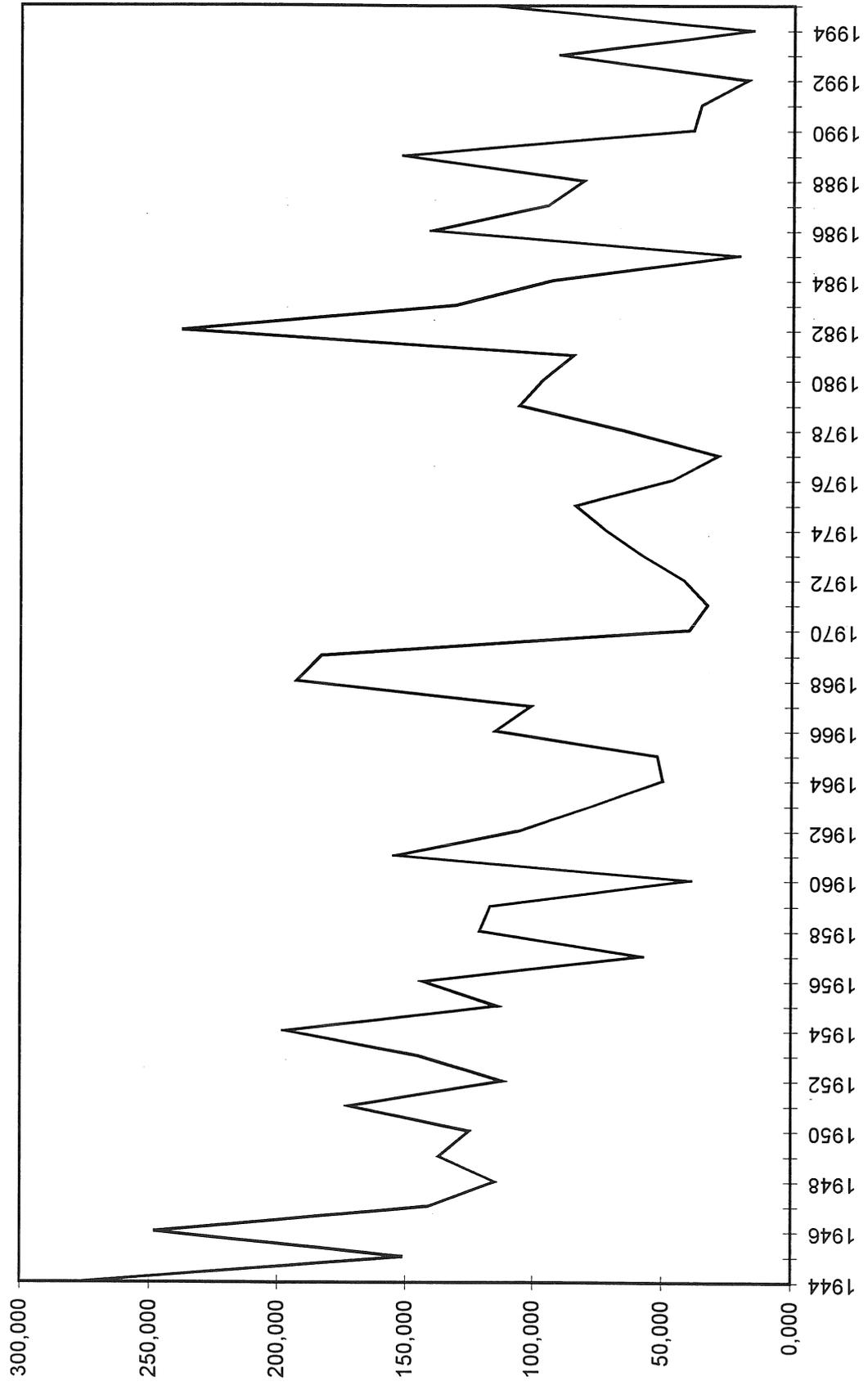
2.2.2.2. MONTICOLO - CARPINO NERO

Le difficoltà incontrate nella lettura dei campioni di carpino nero, dovute sia al limite degli anelli spesso non identificabili con sicurezza, nonostante le diverse tecniche adottate per evidenziare le successioni anulari (cfr. paragrafo 1.4), sia alla presenza sul campione di un unico raggio, non hanno permesso di elaborare sequenze definitive affidabili per questa specie legnosa.

La sequenza ottenuta per l'individuo n. 107 sembra, tuttavia, essere corretta. Essa infatti si sincronizza otticamente con la curva media stagionale elaborata per la roverella, per tutto il periodo che precede gli anni '70. Qualche discrepanza si rileva negli ultimi decenni, anche se non si evidenziano anelli omessi o falsi anelli. La curva sembra inoltre sincronizzarsi con la curva del campione n. 12 e nella parte iniziale con quelle dei campioni nn. 105 e n. 106, che presentano tuttavia problemi nella serie anulare esterna. La curva del campione n. 104 non presenta un andamento confrontabile con quello degli altri campioni.

Pur considerando con le dovute cautele le datazioni ottenute per il primo anello identificabile sui campioni, i dati ricavati dall'indagine sembrano indicare che gli individui di carpino nero esaminati risalgano agli anni '40- '50.

MONTICOLO - carpino nero - campione n. 107



3. SKELETON PLOT

3.1. METODOLOGIA

Il metodo dello skeleton plot non si basa su alcun tipo di misurazione, ma sull'identificazione visiva di particolari anelli, detti anelli caratteristici, presenti sui singoli campioni.

Viene definito "anello caratteristico" un anello di accrescimento le cui dimensioni sono significativamente maggiori o minori degli anelli adiacenti. La sua presenza è riferibile ad eventi particolari che hanno interessato l'albero in esame nell'arco della sua vita (Stokes e Smiley 1968).

Vengono presi in considerazione aspetti caratteristici riferibili non solo all'intero anello, ma anche alla sua componente tardiva, in termini sia di ampiezza sia di densità, o alla sola componente primaverile, come ad esempio il numero di file di vasi che formano il cerchio poroso. Falsi anelli, anelli da gelo, anelli con variazioni di densità o legno di reazione, anelli con canali resiniferi traumatici, sono classificabili come anelli caratteristici (Schweingruber et al. 1990).

Se un anello caratteristico, riferibile ad uno stesso anno, si presenta in più individui di una medesima area di saggio, esso viene definito "anno caratteristico" (Schweingruber et al. 1990).

Anche l'anello più interno di un campione può essere considerato come anello caratteristico; infatti nel caso di carote prelevate alla base del fusto se è presente il midollo, esso permette di individuare con precisione l'età dell'albero. Qualora il centro assiale fosse assente, si deve procedere alla sua estrapolazione in base all'arco di circonferenza dell'anello più interno presente, secondo quanto proposto da Braeker (1981).

Gli anelli caratteristici individuati sui campioni vengono riportati graficamente su apposita carta micrometrica. Ogni anello viene rappresentato con una linea verticale, verso il basso se si presenta di dimensioni maggiori rispetto agli anelli adiacenti, verso l'alto se è di dimensioni minori. La posizione della linea sull'asse orizzontale indica la posizione dell'anello nella sequenza, ovvero la sua datazione. L'altezza di tali linee è proporzionale all'intensità dell'evento. La presenza di midollo sul campione viene indicato dal simbolo • (Schweingruber et al. 1990).

I grafici elaborati per le singole carote vengono sincronizzati in un unico skeleton

plot finale (*Master skeleton plot*), che evidenzia gli anni caratteristici rilevati per il popolamento in esame (Stokes e Smiley 1968).

Attraverso il metodo dello skeleton plot è possibile anche rappresentare le brusche variazioni. Esse sono identificate da una sequenza di almeno 4 anelli le cui ampiezze siano significativamente diverse rispetto ad una analoga sequenza precedente (o successiva). Le brusche variazioni possono essere distinte in brusche riduzioni e brusche riprese (Schweingruber et al. 1983).

Per quantificare le variazioni improvvise dell'andamento incrementale, viene confrontata l'ampiezza di anelli a crescita ridotta con l'ampiezza di un pari numero di anelli precedenti.

Le brusche riduzioni si suddividono secondo la loro intensità in:

- deboli, con riduzioni incrementali dal 40% al 55%;
- medie, con riduzioni incrementali dal 56% al 70%;
- forti, con riduzioni incrementali superiori al 70%.

Analogamente le brusche riprese si suddividono secondo la loro intensità in:

- deboli, con incremento dal 166% al 222%;
- medie, con incremento dal 223% al 333%;
- forti, con incremento superiore al 333%.

Diverse sono le cause che possono determinare la presenza di brusche riduzioni; fra queste si ricordano: periodi con condizioni climatiche estreme, variazioni della falda freatica, carenze di sostanze nutritive, presenza di sostanze inquinanti, ferite alle radici, attacchi di organismi patogeni (defoliatori) (Z'Graggen 1987).

Le brusche riprese sono in genere da collegarsi ad interventi selvicolturali, che determinano un aumento repentino dell'accrescimento negli individui risparmiati dal taglio e, prima soggetti a una forte competizione.

3.2. RISULTATI

I grafici relativi allo skeleton plot realizzato per i singoli campioni delle diverse specie legnose esaminate nelle due aree di saggio, così come grafici relativi ai Master Skeleton plot si trovano negli allegati.

Nello skeleton plot oltre agli anni caratteristici sono riportate le fasi di brusche riprese e di brusche riduzione con relativa intensità (debole: un tratto orizzontale, media: due tratti orizzontali, forte: tre tratti orizzontali)

Nel Master Skeleton Plot la linea verticale che individua l'anno caratteristico, non è proporzionale all'intensità dell'evento, ma indica il numero di campioni su cui è stato rilevato tale anno; per una maggiore obiettività nella valutazione dei risultati, nel grafico è riportato anche il numero di campioni esaminato per i diversi anni.

Nell'illustrazione dei risultati vengono presi in considerazione solo gli anni caratteristici presenti in un numero di campioni superiore almeno al 50%.

3.2.1. RENON - ABETE ROSSO

Gli anni caratteristici individuati non sono numerosi. Si tratta dei minimi del 1948, 1968 e 1978, che coincidono con quelli rilevati sulla curva stazionale (cfr. paragrafo 2.2.1.1.). Non si osservano massimi significativi.

I minimi del 1948, del 1968 e del 1978

Si rilevano due fasi di brusche riprese, già evidenziate nel corso dell'analisi delle curve dendrocronologiche elaborate (cfr. paragrafo). Attraverso lo skeleton plot è stato possibile individuare con maggiore precisione l'anno di inizio di ciascuna fase. La prima, che interessa tutti gli individui ad eccezione dei nn. 21 e 27, inizia nell'anno 1913, la seconda riscontrata su 8 campioni (nn. 1, 3, 7, 9, 12, 19, 21 e 30), inizia negli anni 1950-1955. Esse permettono di individuare due interventi di taglio avvenute nell'anno che precede l'inizio di ciascuna delle due riprese.

Il ventennio dal 1932 al 1952 (1955), che si colloca fra le due fasi è caratterizzato da una brusca riduzione dell'accrescimento per lo più di debole intensità rilevabile in 4 individui.

3.2.2. MONTICOLO - PINO SILVESTRE

Gli anni caratteristici individuati sono i seguenti: 1942, 1955, 1964-1965, 1976, 1983, 1986, 1991 e 1993. I minimi degli anni 1976, 1983 e 1986 coincidono con minimi rilevati sulla curva media stagionale.

Non si evidenziano rilevanti brusche variazioni dell'accrescimento legnoso; solo nei campioni n. 10 e 102 è presente una brusca riduzione di debole intensità in corrispondenza del decennio tra la fine degli anni '60 e la fine degli anni '70. Una fase di riduzione di media intensità e di maggiore durata si osserva sul campione 101 per il periodo 1960-1982.

3.2.3. MONTICOLO - ROVERELLA

Gli anni caratteristici sono costituiti per lo più da minimi. Si tratta in particolare dei minimi relativi agli anni 1950, 1960, 1965, 1970, 1974 e 1976.

Un unico massimo, corrispondente all'anno 1987 è presente in un numero significativo di campioni.

I minimi del 1965 e 1976 coincidono con anni caratteristici individuati per la curva media stagionale.

In corrispondenza dell'anno 1962 inizia in 5 campioni (nn. 2, 4, 8, 11 e 17) una breve fase di brusca riduzione della durata di circa 5-6 anni; solo nel caso del campione n. 8 questa si protrae fino all'anno 1986.

3.2.4. MONTICOLO - ORNIELLO

Gli anni caratteristici individuati sono costituiti quasi unicamente da minimi. Si tratta in particolare dei minimi relativi agli anni 1962, 1963, 1977, 1978, 1990, 1991 e 1994 e dell'unico massimo del 1992.

Tutti i campioni presentano delle brusche riduzione dell'accrescimento. Nel caso dei campioni nn. 7, 108 e 109, queste si collocano fra la fine degli anni 60 e la fine degli anni '70/inizi anni '80, mentre per il campione n.110 la fase di riduzione inizia già nell'anno 1962 e si conclude verso la fine degli anni '70.

Per il campione n. 14 si osserva una breve fase di riduzione nel periodo compreso tra la fine degli anni '50 e metà degli anni '60.

3.2.5. MONTICOLO - CARPINO NERO

In considerazione delle difficoltà incontrate nell'individuazione delle successioni anulari nelle carote prelevate dagli individui di carpino nero campionati, non si è proceduto all'elaborazione dello skeleton plot per questa specie legnosa. Per quanto riguarda la determinazione dell'età degli individui campionati si rimanda alle osservazioni esposte nel paragrafo 2.2.2..

4. INDAGINE DENDROCLIMATOLOGICA

Lo scopo dell'indagine è quello di mettere in evidenza il "segnale climatico" contenuto nelle serie cronologiche degli accrescimenti radiali e porlo in relazione con i principali parametri climatici.

Per "segnale climatico" si intende quella parte della variazione annuale dell'accrescimento che è dovuta a cause climatiche.

L'accrescimento negli alberi è infatti regolato da più fattori che agiscono simultaneamente, fattori di natura genetica e ambientale. L'entità dell'accrescimento annuo dipende dall'età dell'albero, dalle condizioni stagionali, da fenomeni esterni di ambito più o meno locale (ad esempio: attacchi di patogeni, incendi, frane, alluvioni, ecc.). Gli effetti di questi fattori si sovrappongono ed è necessario, pertanto, isolare il "segnale climatico", racchiuso nelle successioni delle ampiezze anulari, per poterne poi indagare le relazioni con le variazioni dei fattori climatici.

4.1. METODOLOGIA

L'indagine dendroclimatologica si articola in tre tappe:

- trattamento dei dati di accrescimento radiale allo scopo di individuare il "segnale climatico", che si identificherà in una serie di indici o di residui estratti dalla serie originaria delle misure delle ampiezze (dati grezzi);
- raccolta e trattamento dei dati climatici, con scelta dei parametri meteorologici e delle stazioni di rilevamento ed eventuali interpolazioni dei dati lacunosi;
- calcolo delle funzioni di risposta, cioè della regressione fra le serie dendrocronologiche trattate e le serie cronologiche dei parametri climatici.

La ricerca è stata condotta facendo uso di una serie di programmi per il calcolo statistico forniti dal Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie dell'Università di Marsiglia ed in particolare del package PPPHALOS (Programs in Paleoclimatology: Prediction of the Hiatus and Analysis of the linkage between the Series) messo a punto da Joel Guiot (Guiot 1990) nella nuova versione per ambiente Windows.

4.1.1. TRATTAMENTO DEI DATI DI ACCRESCIMENTO RADIALE

Le serie degli accrescimenti (curve individuali o curve stazionali) vengono sottoposte a trattamento per evidenziare la parte di crescita annua dovuta all'azione del clima.

Ci si basa sul presupposto che l'entità dell'accrescimento all'anno t può essere idealmente suddivisa in tre parti:

1. una parte aleatoria, che varia casualmente da un anno all'altro;
2. una parte tendenziale, che esprime un andamento preferenziale della variabile accrescimento nel tempo;
3. una parte ciclica, che esprime l'andamento oscillatorio dovuto all'azione di fenomeni che influenzano la crescita e che si ripetono nel tempo ad intervalli regolari.

L'elemento aleatorio è quello determinato dal clima, che infatti varia casualmente da un anno all'altro.

Scopo del trattamento dei dati dendrocronologici è quello di isolare questo elemento aleatorio.

La modellizzazione ARMA, attraverso un processo autoregressivo (AR) e di media mobile (MA) (Box e Jenkins 1970), esprime in termini matematici il sommarsi di questi tre elementi.

L'elemento aleatorio, determinato dal clima, può essere indicato con a_t .

L'elemento tendenziale può essere interpretato con un modello autoregressivo in cui una parte dell'accrescimento dell'anno t può essere considerata predeterminata ed in funzione dell'ampiezza dell'anello, o dei p anelli precedenti.

Si può dunque scrivere indicando con C_t l'ampiezza dell'anello all'anno t :

$$C_t = d_1 C_{t-1} + d_2 C_{t-2} \dots + d_p C_{t-p} + a_t$$

Ma una parte dell'inerzia della serie cronologica, che traduce sempre l'elemento tendenziale della variabile, può essere legata anche alla funzione aleatoria a_t , dipendendo il valore di C_t da quello di a_t dell'anno in corso, o, in più generale, dei q anni precedenti.

Ecco che interviene il modello media mobile, di ordine q appunto, e dunque la formula più completa può essere:

$$C_t = d_1 C_{t-1} + d_2 C_{t-2} \dots + d_p C_{t-p} - t_1 a_{t-1} - t_2 a_{t-2} \dots - q a_{t-q} + a_t$$

Un fenomeno ciclico, infine, dovuto, ad esempio, a ripetuti attacchi di insetti patogeni con un ciclo biologico ben preciso, può essere espresso con un modello autoregressivo di ordine p , in cui p è il numero dei cicli e s la lunghezza di ciascuno di essi.

Si ha dunque:

$$C_t = d_1 C_{t-1} \dots + d_p C_{t-p} - t_1 a_{t-1} \dots - q a_{t-q} + d_s C_{t-s} \dots + d_{ps} C_{t-ps} + a_t$$

In termini biologici si può intendere l'inerzia spiegata dal modello AR (p) come insita nella conformazione geometrica stessa delle cerchie annuali, per cui, se non intervengono fattori particolari di natura diversa, l'ampiezza di ogni anello tende ad essere minore di quella precedente, secondo l'andamento di una funzione esponenziale negativa.

Col modello MA (q) si può spiegare invece l'influenza determinata sull'accrescimento dal clima, anche a distanza di più anni, per cui l'ampiezza annuale relativa all'anno t è influenzata, oltre che dal clima dell'anno in corso, anche dal clima degli anni immediatamente precedenti.

Ciò risulta chiaro se si pensa all'importanza delle sostanze immagazzinate nei tessuti di riserva per la ripresa dell'attività vegetativa.

Nella pratica applicativa il problema consiste nell'individuazione del modello ARMA (p, q, s) che meglio si adatta a ciascuna serie.

Il punto di partenza è l'esame del profilo delle autocorrelazioni parziali (Fritts 1976; Tessier 1984), che mette in evidenza l'ordine di autocorrelazione significativa della serie.

Un apposito programma (GALOTO), in base alla posizione in cui si rileva un'autocorrelazione parziale significativa, applica i vari modelli atti ad annullarla.

A questo punto la scelta del modello più opportuno si effettua sulla base di due parametri statistici, che il programma calcola automaticamente per ciascun modello.

Il primo è l'Akaike Information Criterion:

$$AIC = n \ln S + 2r$$

in cui n è la lunghezza della serie, S è la varianza residua ed r è la somma $(p+q+P)$. Il secondo è il chi quadrato:

$$\chi^2 = n \sum_{k=1}^s r_k$$

in cui n è il numero delle osservazioni contenute nella serie analizzata, s è il numero delle autocorrelazioni r_k prese in considerazione e $(s-(q+p+P))$ è il numero dei gradi di libertà (Guiot 1990).

Il modello migliore è quello che rende minimi i valori di questi due parametri.

Una volta effettuata la scelta del modello questo viene applicato alle serie cronologiche da un altro programma (CALARM) che ricava le corrispondenti serie dei residui aleatori. Qualora i modelli applicabili fossero più di uno, la preferenza viene data al modello più semplice.

4.1.2. TRATTAMENTO DEI DATI CLIMATICI

La raccolta dei dati meteorologici è stata condotta su stazioni di rilevamento situate in prossimità delle aree di saggio esaminate. La scelta delle stazioni è stata effettuata sia con criterio geografico, sia in base alla lunghezza e continuità delle serie disponibili, imponendo che il numero minimo di osservazioni non fosse inferiore a 30.

I parametri climatici selezionati sono i seguenti:

- 1) piovosità (totali mensili);
- 2) temperature massime (medie mensili delle massime giornaliere);
- 3) temperature minime (medie mensili delle minime giornaliere).

Tali parametri sono infatti giudicati, fra quelli a disposizione, i più indicativi nell'ambito delle relazioni clima-accrescimento (Tessier 1984).

Nella tabella 8 sono riportati i dati relativi alle stazioni meteorologiche disponibili per la zona in esame¹. Le serie termometriche e pluviometriche relative alle stazioni di Soprabolzano e Monticolo, troppo brevi per essere utilizzate nel calcolo delle funzioni di risposta, sono state però prese in considerazione nel confronto con gli

¹ I dati climatici sono stati gentilmente forniti dall'Ufficio Idrografico di Bolzano.

anni caratteristici (cfr. paragrafo 4.3.).

STAZIONE	TIPO DI DATI	m s.l.m.	ANNI	ANNI MANCANTI
Bolzano	temperature	254	1926-1995	1944-1948
Bolzano	precipitazioni	254	1921-1995	1944-1948
Soprabolzano	temperature	1206	1956-1980	
Soprabolzano	precipitazioni	1206	1931-1980	
Monticolo	temperature	530	1977-1995	1986,1987
Monticolo	precipitazioni	530	1977-1995	1986,1987
Sarentino	temperature	966	1977-1995	
Sarentino	precipitazioni	966	1921-1995	1970

tab. 8 - Stazioni di rilevamento meteorologico

Nessuna delle stazioni termometriche risultava completa, per le integrazioni è stato necessario fare ricorso alle serie relative alle stazioni di Corvara e Vipiteno per le quali erano disponibili i dati relativi al periodo 1927-1986 già interpolati².

La stima dei dati mancanti è stata effettuata tramite il programma CALMRG del package PPPHALOS, che calcola la regressione multipla, usando le componenti principali, tra serie senza dati mancanti e serie lacunose.

4.1.3. CALCOLO DELLE FUNZIONI DI RISPOSTA

Si tratta del calcolo della regressione (calibrazione) fra i residui derivanti dal trattamento delle serie degli accrescimenti e le serie dei dati climatici mensili; in particolare nell'ambito dei programmi del package PPPHALOS viene applicata la regressione canonica sulle componenti principali (Fritts 1976, Guiot 1981).

La sostituzione della matrice dei regressori con quella delle componenti principali,

² Le serie pluviometriche relative alle stazioni di rilevamento di Corvara e Vipiteno, che presentavano lacune in corrispondenza, rispettivamente, degli anni 1939, 1959, 1974 e 1959, 1974 sono state già integrate nel corso dell'indagine: Evolution des temperatures du Nord-Est de l'Italie depuis 1500 AD - Reconstruction d'après les cernes (Serre-Bachet, Guiot, Martinelli, Pignatelli e Tessier, 1991).

permette di eliminare il problema della ridondanza dovuto alla correlazione esistente tra i regressori. La matrice che si ottiene, infatti, presenta il duplice vantaggio di essere costituita da un numero minore di variabili che non sono correlate tra loro. Un'applicazione del metodo boot-strap (Diaconis e Efron 1983), inoltre, permette di valutare direttamente l'affidabilità della regressione senza ricorrere all'uso di test d'ipotesi statistica (Guiot 1988, Messaoudene 1989).

Si tratta di un procedimento che effettua un certo numero di sorteggi sulle serie dei dati a disposizione ottenendo così altrettanti "campioni simulati" (*pseudo-data set*) sui quali viene provato il calcolo della regressione.

In particolare metà delle osservazioni delle serie oggetto di calibrazione viene estratta e su questi dati (periodo di calibrazione) viene calcolata la regressione, mentre l'altra metà, non estratta, viene utilizzata per la verifica (periodo di verifica). Con procedimento inverso al calcolo della regressione, poi, vengono ricostruiti i valori degli accrescimenti a partire dai dati climatici, utilizzando i coefficienti di regressione risultanti dalla calibrazione; ciò viene effettuato sia sul periodo di calibrazione che su quello di verifica. L'operazione viene ripetuta ad ogni sorteggio ed ogni volta viene calcolato, sia sul periodo di calibrazione che su quello di verifica:

- la differenza tra la media dei valori osservati e la media di quelli stimati con la ricostruzione;
- la differenza tra le deviazioni standard dei valori osservati e la deviazione standard dei valori stimati;
- il coefficiente di correlazione multipla tra valori osservati e valori stimati.

Ad ogni sorteggio, inoltre, questi tre parametri vengono mediati con quelli dei sorteggi precedenti. Siccome si constata che tra la 40^{esima} e la 50^{esima} estrazione tali medie cumulate si stabilizzano si è deciso di limitare a 50 il numero totale dei sorteggi (Guiot 1990).

La funzione di risposta finale è caratterizzata da due parametri fondamentali:

- il valore medio (ricavato dai valori ottenuti per ognuno dei 50 set di pseudo-dati) del coefficiente di correlazione multipla calcolato sul periodo di verifica (RMV)
- la deviazione standard del coefficiente di correlazione multipla calcolato sul periodo di verifica.

Dal rapporto (R) tra RMV e la sua deviazione standard è possibile valutare la significatività della funzione di risposta globale in termini di attendibilità, secondo

lo schema seguente:

$R > 1.68$	=	$P > 90\%$
$R > 2$	=	$P > 95\%$
$R > 2.58$	=	$P > 99\%$
$R > 3.30$	=	$P > 99.9\%$

Allo stesso modo, il rapporto tra il coefficiente di regressione standardizzato medio, relativo ad ogni singolo parametro climatico mensile e la sua deviazione standard esprime la significatività della relazione tra l'accrescimento e quel particolare parametro. E' quindi possibile una codificazione delle funzioni di risposta sostituendo al profilo costituito dai coefficienti di regressione standardizzati una serie di codici:

- 0 per $P < 90\%$
- 1 per $90\% < P < 95\%$
- 2 per $95\% < P < 99\%$
- 3 per $99\% < P < 99.9\%$
- 4 per $P > 99.9\%$

Tale codificazione permette il confronto dei profili delle funzioni di risposta. I codici positivi indicano una relazione diretta: in questo caso per valori del parametro climatico in causa superiore alla media, la crescita sarà superiore alla media; per valori del parametro inferiori alla media la crescita sarà inferiore alla media. Nel caso di coefficienti negativi si ha relazione inversa: per valori superiori alla media la crescita è inferiore alla media, per valori inferiori alla media la crescita è superiore alla media (Messaoudene 1989).

RENON - abete rosso																							
PREC.												T-MAX											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
																			4				1
PREC.												T-MIN											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
																			4				
MONTICOLO - pino silvestre																							
PREC.												T-MAX											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
	-2							1					-2	2									-1
PREC.												T-MIN											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
	-2																					2	
MONTICOLO - roverella																							
PREC.												T-MAX											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
																			1				
PREC.												T-MIN											
t-1			t									t-1			t								
Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St	Ot	No	Di	Ge	Fe	Mz	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	St
																						2	1

tab. 10 - Profilo delle funzioni di risposta con 24 regressori

4.2. RISULTATI

Le funzioni di risposta sono state calcolate fra le variabili dendrocronologiche di ogni area forestale indagata e i 24 regressori mensili (Precipitazioni e Temperature minime; Precipitazioni e Temperature massime) delle stazioni meteorologiche selezionate.

All'interno delle coppie di parametri climatici i singoli regressori mensili sono ordinati secondo l'anno biologico, a partire cioè dal mese di ottobre dell'anno $t-1$ fino al settembre dell'anno t (Tessier 1986).

Le variabili dendrocronologiche sono costituite dai residui delle serie dendrocronologiche individuali e dalla media aritmetica dei residui delle singole serie selezionate.

Prima di procedere all'indagine dendroclimatologica e alla modellizzazione delle serie è stato necessario selezionare le sequenze anulari disponibili, che devono essere caratterizzate da una lunghezza non inferiore ai 30 anelli e da una buona rappresentatività del segnale climatico negli accrescimenti legnosi. Bisogna inoltre considerare che gli anelli giovanili (i primi 20-30 anelli) presentano generalmente un andamento irregolare, con un valore medio e una deviazione standard piuttosto elevati, e devono essere eliminati perchè non permettono una buona modellizzazione (Fritts 1976, Tessier 1984, Guiot 1986)

Il periodo su cui si calcola la regressione viene limitato dalla lunghezza delle serie dendrocronologiche³ disponibili, ed anche dalla lunghezza delle serie climatiche e, in particolare, tra queste, delle serie termometriche, in genere più brevi. Per tali ragioni le funzioni di risposta sono state calcolate per il periodo 1927-1995 nel caso dell'area di saggio di Renon, mentre per l'area di saggio di Monticolo il periodo considerato è il 1950-1995.

Le serie dei residui di ogni area di saggio sono state inizialmente messe a confronto con le matrici climatiche costituite dai 24 regressori mensili, selezionando così gli individui che presentavano profili delle funzioni di risposta analoghi.

Dopo l'esame delle funzioni di risposta ottenute tra la media delle serie dendrocronologiche selezionate e i 24 regressori, mai significative, si è proceduto al raggruppamento delle variabili climatiche. Sono stati cioè mediati i dati

³ Le serie dendrocronologiche per l'area di saggio di Monticolo nella maggior parte dei casi iniziano dopo gli anni '30.

termometrici e sommati quelli pluviometrici di quei mesi che risultavano dello stesso segno ed avevano pari significatività. Tali raggruppamenti sono stati condotti per gradi, saggiandone di volta in volta l'efficacia. Tale procedimento offre il vantaggio di diminuire il numero dei regressori in gioco e conduce, generalmente, ad un aumento della significatività globale della funzione di risposta.

I risultati dell'indagine dendroclimatologica vengono esposti suddivisi per area di indagine; in tabella 9 è riportata la significatività globale delle funzioni di risposta calcolate tra la media dei residui e i parametri selezionati, dove

RMCX = coefficiente di correlazione multipla relativo al periodo di calibrazione per le funzioni di risposta calcolate con la matrice PTMAX;

RMCN = coefficiente di correlazione multipla relativo al periodo di calibrazione per le funzioni di risposta calcolate con la matrice PTMIN;

SX = significatività globale codificata delle funzioni di risposta ottenute con la matrice PTMAX;

SN = significatività globale codificata delle funzioni di risposta ottenute con la matrice PTMIN.

AREA DI SAGGIO	specie	RMCX	SX	n. regressori	RMCN	SN	n. regressori
Renon	abete rosso	.676	1	17	.607	0	14
Monticolo	pino silvestre	.809	2	18	.754	0	16
Monticolo	roverella	.792	1	17	.821	0	17
tab.9 - Significatività globale delle F.R. con i raggruppamenti definitivi							

4.2.1. RENON - ABETE ROSSO

Le serie inizialmente scelte per l'indagine dendroclimatologica sono 10. Sono state infatti escluse le serie relative ai campioni nn. 21 e 27, più brevi, il cui primo anello si data successivamente al 1920.

Il modello scelto è il modello ARMA 1.0, risultato applicabile nella maggior parte dei casi (6 su 10), per il periodo 1905-1995.

Le funzioni di risposta calcolate per le serie dei residui dei sei individui selezionati hanno dato origine a profili simili. Per tale motivo, anche se le funzioni di risposta solo in alcuni casi raggiungono il 90% di attendibilità statistica, tutte le serie sono state utilizzate per la creazione della media dei residui.

Le funzioni di risposta sono state elaborate impiegando due matrici di dati climatici: la prima composta dalle precipitazioni di Sarentino e dalle temperature di Bolzano (1927-1995), la seconda costituita dalle precipitazioni e dalle temperature di Bolzano (1927-1995). I profili delle funzioni di risposta ottenute con le due matrici sono risultati analoghi, perciò si è preferito utilizzare per il calcolo delle funzioni di risposta definitive la matrice con i dati delle precipitazioni di Sarentino che non presentano dati interpolati per il periodo considerato.

Il profilo delle funzioni di risposta ottenute con la matrice di 24 regressori (P-TMIN) delle stazioni di Sarentino e Bolzano è rappresentato in tabella 10. Per quanto riguarda la matrice Precipitazioni-Temperature minime nessuno dei parametri è risultato significativo.

Dopo aver effettuato i raggruppamenti, il calcolo delle funzioni di risposta raggiunge il 90% di attendibilità statistica con la sola matrice P-TMAX, mentre con quella P-TMIN rimane non significativa.

I profili delle funzioni di risposta definitive con i raggruppamenti sono rappresentati in tabella 11.

Emerge dall'analisi la stretta correlazione tra l'ampiezza anulare e le temperature massime del mese di maggio. Risultato analogo, anche se la funzione di risposta non raggiunge la significatività, si riscontra con le temperature minime dello stesso mese, che sembrano pure esercitare un'influenza positiva sull'accrescimento.

4.2.2. MONTICOLO - PINO SILVESTRE

Le serie selezionate per l'indagine dendroclimatologica sono 6. Sono state infatti escluse dall'indagine le serie relative ai campioni nn. 1, 5 e 22, più brevi, il cui primo anello è posteriore al 1950. E' stato inoltre eliminato il campione n. 102, a causa dell'andamento non sempre concorde con quello degli altri campioni esaminati.

Il modello scelto è il modello ARMA 2.0, risultato applicabile nella totalità delle serie selezionate per il periodo 1937-1995.

Le funzioni di risposta calcolate per le serie dei residui dei sei individui esaminati hanno dato origine a profili simili, tranne nel caso del campione n. 103, che è stato pertanto escluso dal calcolo della media.

Le funzioni di risposta sono state elaborate impiegando la matrice composta dalle precipitazioni e dalle temperature di Bolzano (1950-1995).

Il profilo delle funzioni di risposta ottenute con le matrici di 24 regressori (P-TMAX e PTMIN) è raffigurato in tabella 10.

Dopo aver effettuato i raggruppamenti il calcolo delle funzioni di risposta supera il 99% di attendibilità statistica con la matrice P-TMAX, mentre con la matrice P-TMIN non raggiunge la significatività.

I profili delle funzioni di risposta definitive con i raggruppamenti definitivi sono riportati in tabella 11.

Dall'analisi dei risultati emerge una forte influenza positiva sull'accrescimento delle precipitazioni del periodo estivo (giugno, luglio e agosto), in associazione all'influenza negativa delle temperature massime del mese di agosto. Codice negativo presentano anche le temperature massime del mese di ottobre dell'anno $t-1$, seguite dall'azione positiva delle temperature massime del mese di novembre. Per lo stesso mese si osserva un'influenza negativa delle precipitazioni.

Sebbene le funzioni di risposta calcolate con la matrice PTMIN non raggiungano mai la significatività, il profilo ottenuto per le precipitazioni è simile a quello individuato con le temperature massime. Per quanto concerne le temperature minime si osserva solo il codice positivo del mese di luglio.

4.2.3. MONTICOLO - ROVERELLA

Per l'indagine dendroclimatologica sono state inizialmente scelte tutte le serie elaborate.

Il modello applicato è il modello ARMA 2.0, risultato idoneo per la quasi totalità delle serie selezionate, tranne che per il campione XY, che è stato pertanto escluso. A causa della brevità delle serie dendrocronologiche disponibili, che nel 50% dei casi non raggiungono la lunghezza di 50 anelli, la modellizzazione è stata limitata al periodo 1950-1995. In questo caso sono stati utilizzati anche gli anni di accrescimento giovanile, in considerazione del fatto che le serie risultano ben sincronizzate tra loro anche in tale periodo.

Sulla base dei risultati delle funzioni di risposta calcolate per le serie dei residui è stata creata la curva media selezionata, che comprende 6 serie.

Le funzioni di risposta sono state elaborate impiegando la matrice composta dalle precipitazioni e dalle temperature di Bolzano (1950-1995).

Il profilo delle funzioni di risposta ottenute con le matrici di 24 regressori della stazione di Bolzano è raffigurato in tabella 10.

Dopo aver effettuato i raggruppamenti, i risultati delle funzioni di risposta superano il 90% di attendibilità statistica con la matrice P-TMAX, mentre la matrice P-TMIN non raggiunge la significatività.

I profili delle funzioni di risposta definitive calcolate con i raggruppamenti sono rappresentati in tabella 11.

Dall'analisi dei risultati emerge la relazione diretta tra ampiezza anulare e le temperature massime del mese di aprile. Influenza positiva hanno anche le temperature massime del mese di settembre. Tale relazione viene individuata anche con le temperature minime, sebbene le funzioni di risposta calcolate per esse non raggiungano mai la significatività. Si rileva inoltre il codice positivo del mese di novembre dell'anno $t-1$.

Per quanto riguarda l'influenza delle precipitazioni sugli accrescimenti, emerge dall'analisi il codice positivo delle precipitazioni del periodo primaverile ed estivo (da aprile a luglio), in associazione alle temperature massime.

4.3. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Dall'analisi delle funzioni di risposta calcolate per l'abete rosso di Renon e per il pino silvestre e la roverella di Monticolo emerge che gli unici risultati significativi sono quelli relativi alle matrici climatiche Precipitazioni-Temperature massime. Si sottolinea, tuttavia, che tali risultati non raggiungono mai la significatività del 95%. Si deve a tal proposito considerare che gli individui analizzati per ciascuna area di saggio non sono numerosi e che nel caso di Renon il popolamento esaminato ha subito nel corso di questo secolo interventi selvicolturali che possono avere alterato il segnale climatico. Tale attività antropica determina, infatti, la presenza di riprese anomale dell'accrescimento nelle curve dendrocronologiche degli individui sopravvissuti al taglio, che né la modellizzazione né l'indicizzazione riescono ad eliminare completamente.

Nel caso di Monticolo si ricorda, inoltre, che il periodo sottoposto ad analisi è breve a causa della giovane età degli individui campionati.

I risultati ottenuti forniscono pertanto solo alcune indicazioni sull'ecologia delle diverse specie esaminate in relazione alle caratteristiche stazionali.

I risultati conseguiti tramite il calcolo delle funzioni di risposta sono stati sottoposti a verifica - secondo quanto proposto da Schweingruber (in verbis) - tramite il confronto diretto tra i dati meteorologici della stazione di rilevamento locale e gli anni caratteristici presenti nelle serie anulari.

I risultati delle funzioni di risposta vengono discussi considerando due distinti periodi: la stagione vegetativa ed i mesi antecedenti alla formazione dell'anello.

4.3.1. RENON - ABETE ROSSO

L'unico segnale scaturito dall'indagine è l'influenza marcatamente positiva (codice + 4) delle temperature massime del mese di maggio sull'accrescimento. Tale risultato concorda con quanto emerso in precedenti ricerche condotte sull'abete rosso dell'Alto Adige, del Trentino e del Veneto (Brandini et al. 1995; Brugnoli, Gandolfo 1991; Pernigo et al. 1990). In tali studi, tuttavia, l'effetto positivo delle temperature di maggio era associato all'influenza negativa delle precipitazioni del

periodo aprile-giugno, fatto che sembrava evidenziare la necessità di un clima caldo-secco al momento della ripresa vegetativa (Tessier 1986). Fanno eccezione alcune stazioni della Val Venosta, dove l'influenza delle precipitazioni risultava positiva anche nel periodo vegetativo (Gandolfo, Martinelli e Pignatelli 1994).

Si ricorda che sulla base della relazione individuata fra le temperature del periodo vegetativo e l'accrescimento dell'abete rosso del Veneto e del Trentino-Alto Adige è stato possibile ricostruire le temperature primaverili-estive degli ultimi cinque per l'Italia Nord-orientale (Serre-Bachet et al. 1991).

Si è potuto evidenziare che i minimi caratteristici rilevati per l'abete rosso di Renon corrispondono ad anni con media delle temperature massime del mese di maggio inferiore a quella degli anni adiacenti, così come i massimi coincidono, in genere, con anni con valore medio delle temperature massime di maggio superiore a quella degli anni adiacenti.

In particolare, al minimo del 1984 corrisponde la media delle temperature massime del mese di maggio più bassa di tutto il secolo. L'unica eccezione è rappresentata dal minimo del 1948, che non è accompagnato da valori particolari delle temperature del mese di maggio, ma corrispondente ad un anno particolarmente secco, segnalato anche in altre specie legnose (Siebenlisti-Kerner 1984; Z'Graggen 1987).

L'influenza positiva delle precipitazioni del periodo precedente l'entrata in vegetazione, osservata per l'abete rosso del Veneto e, salvo rare eccezioni, del Trentino orientale e dell'Alto Adige (Pernigo et al. 1990, Brugnoli e Gandolfo 1991, Martinelli e Pignatelli, dati inediti), non si rileva per l'abete rosso di Renon.

L'assenza di relazioni fra accrescimento e precipitazioni potrebbe indicare la presenza nella stazione di condizioni particolarmente favorevoli all'abete rosso nella distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno. Si osserva comunque che alcuni dei minimi caratteristici formati in corrispondenza di anni caratterizzati da scarse precipitazioni, segnalati in letteratura non solo per l'abete rosso, ma anche per l'abete bianco e il pino silvestre - come il già citato minimo del 1948 e il minimo del 1968⁴ - sono stati puntualmente registrati dall'abete rosso di Renon. Il noto minimo del 1976, anno anch'esso particolarmente secco, è presente, invece, solo in cinque dei dodici individui esaminati.

⁴ Questo minimo corrisponde anche ad un anno con temperature di maggio inferiori a quelle degli anni adiacenti.

4.3.2 MONTICOLO- PINO SILVESTRE

Dall'analisi emerge il ruolo determinante delle precipitazioni del periodo estivo (mesi da giugno ad agosto) associato all'influenza negativa delle temperature massime di agosto. La relazione positiva con le precipitazioni estive, osservata anche nel pino silvestre della costa francese (Tessier 1984), potrebbe indicare un fenomeno di stress idrico. A tale proposito si osserva che i minimi caratteristici rilevati nelle serie anulari in corrispondenza degli anni 1983, 1984 e 1991 coincidono con anni con precipitazioni poco abbondanti nel periodo estivo. In particolare, nel 1983, anno corrispondente ad un minimo, le scarse precipitazioni dei mesi estivi sono accompagnate da alte temperature massime del mese di agosto. Nel caso invece dei due minimi del 1986 e del 1993, le precipitazioni non risultano particolarmente scarse nel periodo estivo, tranne che nel mese di luglio per l'anno 1986.

Per quanto riguarda il periodo che precede l'entrata in vegetazione, le relazioni individuate (codice negativo delle temperature massime di ottobre, seguito per il mese di novembre da codice positivo delle temperature massime in associazione a codice negativo delle precipitazioni) risultano di difficile interpretazione.

4.3.3. MONTICOLO - ROVERELLA

L'effetto positivo delle temperature massime del mese di aprile sembra indicare in questo mese il momento della ripresa vegetativa della roverella a Monticolo.

Tale relazione è stata anche riscontrata da Tessier (1986) sulla stessa specie legnosa e, secondo quanto riportato da Serre-Bachet e Tessier (1990), l'inizio dell'attività cambiale della roverella può collocarsi mediamente proprio nel mese di aprile.

Il codice positivo delle temperature di aprile è accompagnato dall'influenza positiva delle precipitazioni dei mesi del periodo da aprile a luglio, periodo corrispondente alla fase di maggiore attività cambiale, analogamente a quanto già osservato per il genere *Quercus* sia nell'Europa continentale, sia nell'area mediterranea (Chalabi 1981, Tessier 1984, Nola 1991, Aloui 1987, Wazny e Eckstein 1991, Schirone e Romagnoli 1990).

Effetto positivo sull'accrescimento anulare hanno anche le temperature massime del mese di settembre, similmente a quanto rilevato da Serre-Bachet e Tessier (1990) su *Quercus pubescens* in relazione al bimestre agosto-settembre.

Tali risultati concordano con i dati emersi dalle analisi dendroecologiche condotte sul genere *Quercus* in ambiente mediterraneo (Tessier 1986, Nola 1991, Tessier e Serre-Bachet 1990), che hanno evidenziato come i mesi che vanno da aprile a settembre sono quelli più strettamente legati all'attività cambiale.

Per quanto riguarda il periodo che precede l'entrata in vegetazione si rileva il codice positivo delle temperature di novembre, riscontrato anche per il cerro e la roverella siciliani. Tale relazione è stata attribuita al fatto che, quando il cambio ha già quasi cessato la sua attività, le temperature miti possono favorire lo stoccaggio delle sostanze di riserva (Romagnoli, Martinelli e Pignatelli 1994).

I risultati delle funzioni di risposta trovano riscontro soprattutto nel minimo del 1991, anno caratterizzato da scarse precipitazioni nel mese di aprile e nei mesi estivi. Il massimo caratteristico del 1985 potrebbe invece essere spiegato dalle temperature massime del mese di aprile, il cui valore medio è quello più alto registrato nel corso del ventennio di rilevazioni climatiche della stazione di Monticolo.

6. CONCLUSIONI

Le indagini condotte hanno permesso di evidenziare come il popolamento di abete rosso esaminato nell'area di saggio di Renon abbia una struttura coetanea, con un'età media degli individui campionati di 144 anni.

Attraverso il metodo dello skeleton plot sono state rilevate nel corso di questo secolo due fasi di brusche riprese dell'accrescimento radiale, seguite con molta probabilità a due interventi selvicolturali (tagli). Il primo è localizzato intorno al 1910, mentre il secondo a metà degli anni '50. Un'altra brusca ripresa, presente in due campioni, si osserva alla fine degli anni '70.

Non si rilevano negli ultimi decenni, tranne che in un unico caso, brusche riduzioni dell'ampiezza che potrebbero indicare uno stato di eventuale sofferenza del popolamento.

Secondo quanto emerso dai risultati del calcolo delle funzioni di risposta, l'abete rosso sembra trovare nella stazione di Renon condizioni climatiche favorevoli al suo accrescimento. In particolare la distribuzione delle precipitazioni rilevata per la zona in esame (Minerbi, dati inediti), con un massimo estivo, sembra rispondere alle esigenze ecologiche dell'abete rosso, che necessita di un clima caldo-secco al momento della ripresa vegetativa. Tale esigenza viene sottolineata dal codice marcatamente positivo (+4) che caratterizza la relazione individuata tra le temperature massime del mese di maggio e l'accrescimento. L'assenza di relazioni con le precipitazioni dei successivi mesi estivi sembrerebbe indicare che le precipitazioni di tale periodo non interferiscono negativamente con l'esigenza di questa specie di una intensa radiazione solare per i processi fotosintetici.

L'area di saggio di Monticolo ha una composizione arborea eterogenea, caratterizzata dalla presenza di pino silvestre, roverella ed altre specie tipiche delle zone collinari. Secondo la documentazione storica disponibile (Minerbi, dati inediti) l'area appartiene al comune di Appiano dal 1840 e dal 1894 è oggetto di un piano di assestamento forestale volto a favorire il pino silvestre a discapito della roverella.

Pare osservabile una stratificazione nella distribuzione delle età delle specie indagate. Gli individui di pino, che pure sono risultati i più vecchi, mediamente non superano i 60 anni di età. Solo due individui risalgono agli ultimi decenni del secolo scorso.

Gli individui campionati dell'altra specie principale, la roverella, hanno un'età media di circa 50 anni, con due sole eccezioni rappresentate dagli individui n. 17 e XY il cui primo anello si data rispettivamente al 1906 e al 1872.

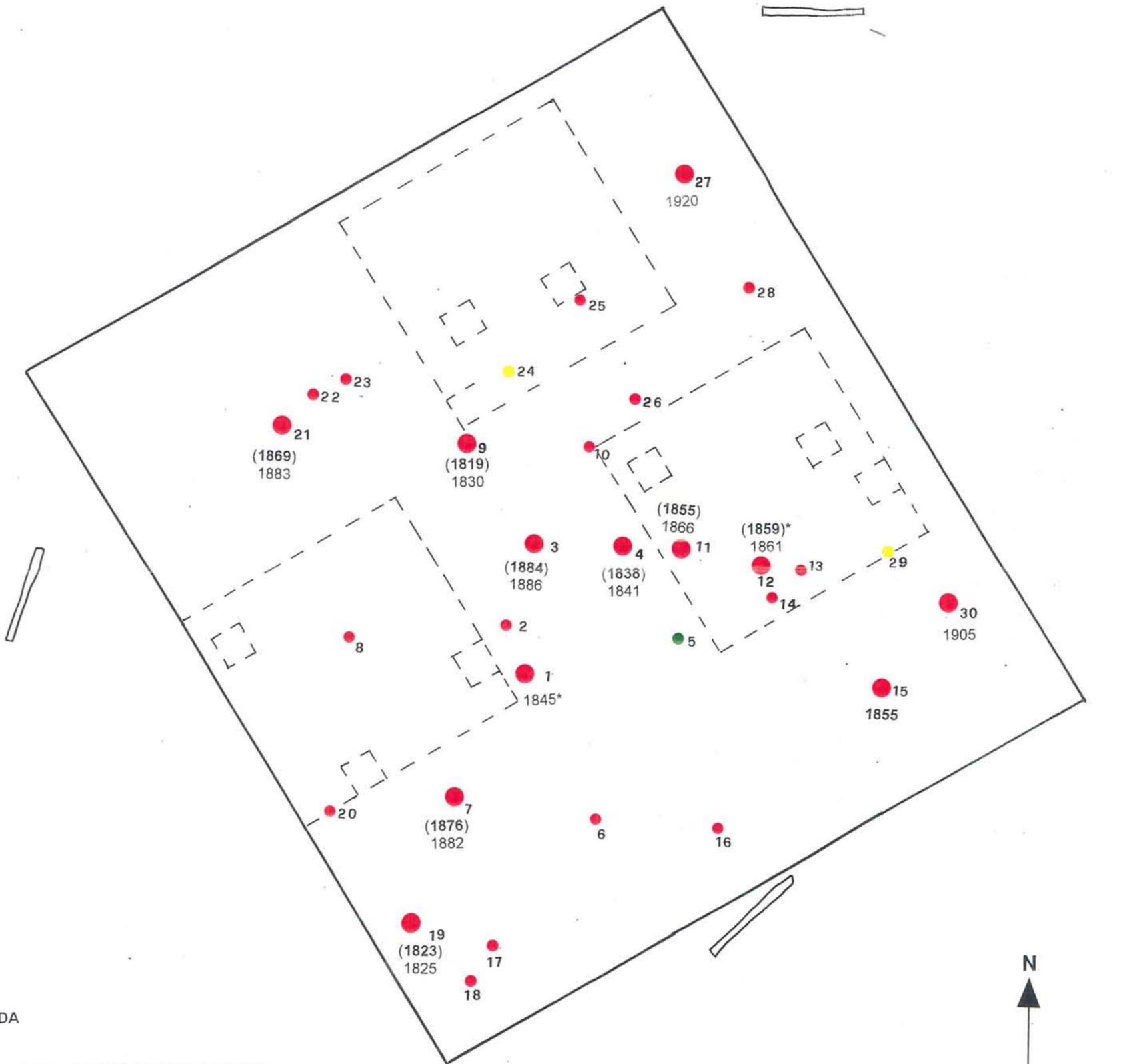
Gli individui appartenenti alle specie accessorie esaminate sono databili agli anni '40-'50.

La rarità di individui con età superiore ai 60 anni testimonia che fino alla metà di questo secolo la zona sia stata oggetto di frequenti tagli. Sembrerebbe, quindi, che solo negli ultimi decenni si evidenzia una nuova tendenza nella gestione selvicolturale, tendente a ripristinare la composizione naturale del bosco.

Interessante dal punto di vista dendrocronologico è l'andamento concorde rilevato fra le due specie principali che si evidenzia nella presenza di alcuni anni caratteristici comuni.

Anche se dall'analisi dei dati climatici (Minerbi, dati inediti) non emerge, per la zona in esame, la presenza di periodi di siccità, i risultati delle funzioni di risposta elaborate per il pino silvestre hanno evidenziato il ruolo positivo delle precipitazioni dei mesi estivi sull'accrescimento di questa specie legnosa. Per la roverella sono le precipitazioni del periodo primaverile estivo ad avere un'influenza positiva. Altro segnale comune alle due specie è il ruolo positivo delle temperature massime del mese di novembre.

AREA DI SAGGIO - RENON

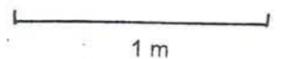


LEGENDA

- abete rosso - individui campione analizzati
- abete rosso - individui campione
- larice - individui campione
- pino cembro - individui campione

La data riportata in grassetto individua il primo anello formatosi in prossimità della base per i campioni dove è presente il centro assiale. Fra parentesi, in grassetto, è riportata la datazione estrapolata del primo anello formatosi in prossimità della base per i campioni dove non è stato raggiunto il centro assiale. Per le carote in cui non è possibile estrapolare il numero di anelli mancanti per giungere al centro assiale, viene riportata la sola datazione del primo anello presente.

Nei casi in cui la datazione si riferisce a una delle due carote prelevate a 1.30 m dal suolo, la data è seguita da un asterisco.





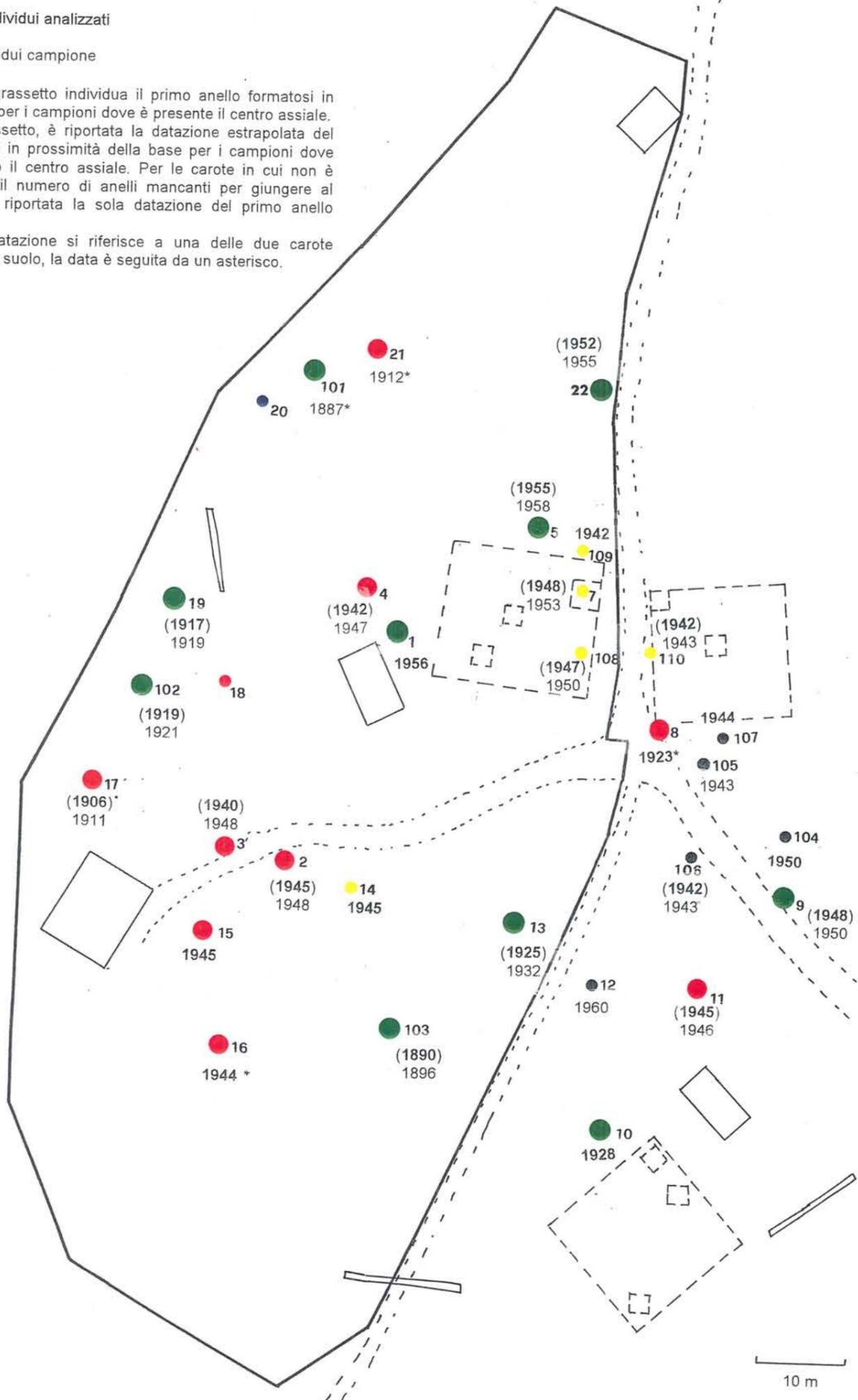
AREA DI SAGGIO - MONTICOLO

xy
1872

LEGENDA

- pino silvestre - individui campione analizzati
- roverella - individui campione analizzati
- orniello - individui analizzati
- carpino nero - individui analizzati
- abete rosso - individui campione

La data riportata in grassetto individua il primo anello formatosi in prossimità della base per i campioni dove è presente il centro assiale. Fra parentesi, in grassetto, è riportata la datazione estrapolata del primo anello formatosi in prossimità della base per i campioni dove non è stato raggiunto il centro assiale. Per le carote in cui non è possibile estrapolare il numero di anelli mancanti per giungere al centro assiale, viene riportata la sola datazione del primo anello presente.
Nei casi in cui la datazione si riferisce a una delle due carote prelevate a 1.30 m dal suolo, la data è seguita da un asterisco.



APPENDICE

1. INTRODUZIONE

In occasione dello studio sul popolamento forestale dell'area di saggio di Renon si è ritenuto opportuno ampliare l'indagine dendrocronologica alle carote di abete rosso già disponibili per altre stazioni situate nei pressi dell'altopiano, per poter disporre di una cronologia locale di più ampia rappresentatività.

Allo scopo sono state selezionate dieci stazioni della zona (nn. 14, 17, 41, 54, 55, 57, 78, 122, 135, 137), situate a quote comprese fra 1690 e 1800 m s.l.m. (tab. 12).

L'indagine è stata condotta seguendo la metodologia dendrocronologica classica esposta nel paragrafo 2.

2. RISULTATI

Si riportano in modo sintetico i risultati relativi alle dieci medie stazionali elaborate, di cui vengono indicati in tabella 13 i seguenti parametri: lunghezza della serie, valore medio degli accrescimenti anulari (espresso in centesimi di mm), sensibilità media, deviazione standard, autocorrelazione di ordine 1.

Per ogni stazione vengono fornite le matrici di sincronizzazione, ottenute calcolando fra le serie i seguenti parametri statistici: t di Student, CC e relativa attendibilità statistica.

2. 1. STAZIONE 14

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 14) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 6 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni sono particolarmente bassi, ad

AREA DI SAGGIO	QUOTA m s.l.m.	esposizione	pendenza	n. individui
stazione n. 14	1690	NW	35%	16
stazione n. 17	1730	N	60%	16
stazione n. 41	1700	E	15%	16
stazione n. 54	1700	S	20%	16
stazione n. 55	1580	S	20%	16
stazione n. 57	1650	NE	20%	16
stazione n. 78	1880	W	20%	16
stazione n. 122	1700	S	50%	16
stazione n. 135	1740	NE	70%	16
stazione n. 137	1790	S	75%	16
tab. 12 - Principali caratteristiche delle stazioni esaminate				

AREA DI SAGGIO	PERIODO	val.medio	SD	autoc.	MS
stazione n. 14	1832-1985 d.C.	140,1	54,7	0,91	0,136
stazione n. 17	1834-1985 d.C.	159,3	40	0,861	0,092
stazione n. 41	1860-1985 d.C.	131,3	23,1	0,695	0,107
stazione n. 54	1903-1985 d.C.	222,5	92,7	0,89	0,135
stazione n. 55	1825-1985 d.C.	131,2	51,4	0,875	0,123
stazione n. 57	1804-1985 d.C.	148,5	30,9	0,763	0,105
stazione n. 78	1753-1985 d.C.	114,9	53,2	0,919	0,158
stazione n. 122	1813-1985 d.C.	132,1	61,4	0,942	0,123
stazione n. 135	1775-1985 d.C.	120,3	51,8	0,899	0,142
stazione n. 137	1898-1985 d.C.	198,5	46,3	0,836	0,112
standard	1753-1995 d.C.	139,5	41,1	0,862	0,126
tab. 13 - Principali parametri delle curve stazionali					

esclusione di quelli rilevati fra le serie inserite nella media.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1832 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1865, 1912, 1957, 1963;

massimi: 1904, 1914;

sequenze di minimi e massimi: 1872 (minimo)-1873, 1979 (minimo)-1982, 1890 (massimo)-1892, 1894 (minimo)-1896, 1900 (minimo)-1902, 1908 (massimo)-1909, 1914 (massimo)-1915, 1918 (minimo)-1925, 1933 (minimo)-1935, 1940 (massimo)-1942, 1947 (massimo)-1948, 1956 (minimo)-1957.

Il popolamento è disetaneo; molte sequenze presentano una tendenza positiva dell'accrescimento a partire dal 1900, accompagnata dalla presenza di brusche riprese localizzate nel periodo 1935-45.

La tendenza positiva presenta nella curva media a partire dal 1945, in conseguenza delle brusche riprese sopra menzionate, si accentua dopo il 1970.

2.2. STAZIONE 17

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 15) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da tutti gli individui. I valori statistici rilevati fra i campioni risultano, infatti, piuttosto buoni, con valori del t di Student generalmente superiori a 4.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1834 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1865, 1918, 1922, 1954, 1981;

massimi: 1875, 1904, 1908, 1911, 1979;

sequenze di minimi e massimi: 1890 (massimo)-1891; 1894 (minimo)-1896; 1925 (massimo)-1927, 1934 (massimo)-1935; 1968 (minimo)-1969.

Il popolamento è pressochè coetaneo; alcune serie presentano brusche riprese nel decennio 1925-1935 di modesta entità; la sola serie 130R ha una brusca ripresa dal

1860.

2.3. STAZIONE 41

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 16) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 6 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni sono particolarmente bassi, anche per le curve selezionate che, tuttavia, sono state mediate per la presenza di una buona concordanza degli anni caratteristici.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1860 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1891, 1913, 1935, 1984;

massimi: 1873, 1877, 1882, 1899, 1904, 1908, 1931, 1969;

sequenze di minimi e massimi: 1947 (massimo)-1948, 1976 (minimo)-1979.

Sembra possibile individuare nel popolamento due classi di età, alla prima appartengono individui con primo anello datato tra il 1850 e il 1865, alla seconda individui con primo anello datato tra il 1900 e il 1905. Numerose serie presentano brusche riprese nel periodo 1940-1945; la sola serie 434R ha una brusca ripresa a partire dal 1955.

2.4. STAZIONE 54

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 17) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 13 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni non sono particolarmente elevati, ma le curve selezionate presentano una buona concordanza degli anni caratteristici.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1903 al 1985 d.C.. Gli anni

caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1984;

massimi: 1937;

sequenze di minimi e massimi: 1933 (minimo)-1935, 1948 (minimo)-1950, 1954 (massimo)-1955, 1958 (minimo)-1959, 1968 (minimo)-1969, 1978 (minimo)-1979.

Sembra possibile individuare nel popolamento due classi di età, alla prima appartengono individui con primo anello datato tra il 1900 e il 1915, alla seconda individui con primo anello datato tra il 1930 e il 1945. Le serie ottenute dagli individui più vecchi presentano una brusca ripresa dopo il 1927, riscontrabile anche nella curva media.

2.5. STAZIONE 55

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 18) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 12 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni non sono particolarmente elevati, ma le curve selezionate presentano una buona concordanza degli anni caratteristici.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1825 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1865, 1884, 1942, 1975;

massimi: 1847, 1851, 1861, 1870, 1899, 1904, 1932, 1940, 1949;

sequenze di minimi e massimi: 1965 (minimo)-1966, 1977 (massimo)-1980, 1983 (massimo)-1984.

Il popolamento è disetaneo; le sequenze degli individui più vecchi presentano una brusca ripresa nel decennio 1900-1910, riscontrabile anche nella curva media.

2.6. STAZIONE 57

Sono stati esaminati complessivamente 15 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 19) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 11 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni selezionati piuttosto buoni, con valori del t di Student generalmente superiori a 5.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1804 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1850, 1860, 1888, 1891, 1898, 1913, 1930, 1954;

massimi: 1873, 1895, 1904, 1908, 1911, 1952, 1979;

sequenze di minimi e massimi: 1830 (minimo)-1831, 1833 (minimo)-1835, 1842 (massimo)-1843, 1921 (massimo)-1922, 1948 (minimo)-1950; 1963 (minimo)-1965, 1968 (minimo)-1969, 1983 (massimo)-1984.

Il popolamento è disetaneo; le sequenze degli individui più vecchi presentano una tendenza positiva dell'accrescimento a partire dalla fine del secolo scorso. Le brusche riprese non sono frequenti e non sono riferibili al medesimo evento.

2.7. STAZIONE 78

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 20) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 9 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni selezionati sono discreti, con valori del t di Student generalmente superiori a 4.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1753 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1909, 1957, 1963;

massimi: 1856, 1881, 1892, 1899, 1931, 1951, 1983;

sequenze di minimi e massimi: 1851 (massimo)-1853, 1876 (minimo)-1877, 1904 (massimo)-1905, 1915 (massimo)-1917, 1933 (massimo)-1936, 1947 (massimo)-1948, 1968 (minimo)-1969.

Il popolamento è disetaneo, il primo anello degli individui esaminati viene a datarsi tra il 1750 ed il 1910; le sequenze degli individui più vecchi presentano una brusca ripresa dopo il 1860, riscontrabile anche nelle curva media.

2.8. STAZIONE 122

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 21) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 10 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni non sono particolarmente elevati, ma le curve selezionate presentano una buona concordanza degli anni caratteristici. La curva media ottenuta copre il periodo dal 1813 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1886, 1898, 1933, 1954, 1984;

massimi: 1956;

sequenze di minimi e massimi: 1860 (minimo)-1861, 1891 (minimo)-1892, 1930 (minimo)-1931, 1948 (minimo)-1949, 1968 (minimo)-1969, 1979 (massimo)-1980.

Il popolamento è disetaneo, ma piuttosto anziano (solo la serie 406R ha il primo anello posteriore al 1900). Le sequenze degli individui più vecchi presentano una brusca ripresa dopo il 1840 ed alcune anche nel 1927.

2.9. STAZIONE 135

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 22) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 8

individui. I valori statistici rilevati fra i campioni non sono particolarmente elevati, ma le curve selezionate presentano una buona concordanza degli anni caratteristici. La curva media ottenuta copre il periodo dal 1775 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1913, 1926, 1933, 1954, 1984;

massimi: 1904, 1964;

sequenze di minimi e massimi: 1947 (massimo)-1948, 1958 (massimo)-1959, 1968 (minimo)-1969, 1977 (massimo)-1979.

Il popolamento è disetaneo. Le sequenze degli individui più vecchi presentano una brusca ripresa nel 1825-26 e dopo il 1875, presenti anche nella curva media.

2.10. STAZIONE 137

Sono stati esaminati complessivamente 16 individui di abete rosso, ottenendo per ciascuno di essi la corrispondente sequenza definitiva.

I confronti ottici e statistici operati fra le sequenze definitive (tab. 23) ottenute hanno permesso la costruzione di una curva media stazionale composta da 7 individui. I valori statistici rilevati fra i campioni sono particolarmente bassi, anche per le curve selezionate che, tuttavia, sono state mediate per la presenza di una buona concordanza degli anni caratteristici.

La curva media ottenuta copre il periodo dal 1898 al 1985 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1913, 1945, 1948, 1956, 1960;

massimi: 1921, 1925, 1952, 1964;

sequenze di minimi e massimi: 1968 (minimo)-1970, 1974 (massimo)-1976, 1979 (massimo)-1980, 1983 (massimo)-1984.

Il popolamento è pressochè coetaneo; una sola sequenza (564R) presenta una brusca ripresa dopo il 1942.

Cronologia dell'abete rosso della zona di Renon

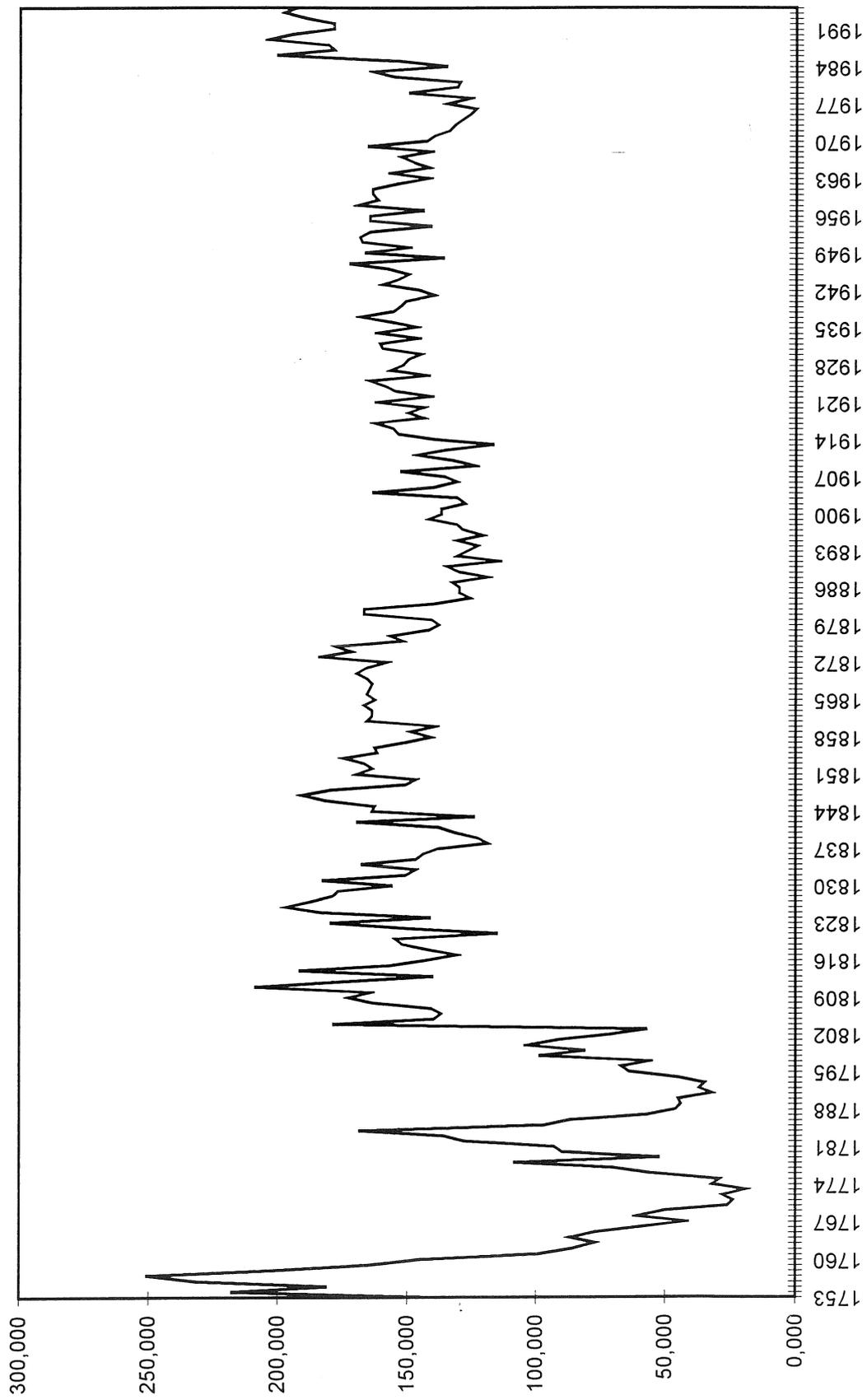


fig. 6- Cronologia dell'abete rosso della zona di Renon

3. CREAZIONE DELLA CRONOLOGIA LOCALE

Scopo della costruzione della cronologia locale della zona di Renon non è lo studio del popolamento forestale e delle sue vicende, ma la definizione di una curva dendrocronologica che rappresenti l'andamento medio dell'accrescimento dell'abete rosso della zona, quale è stato determinato dall'influenza del clima, per poter disporre in futuro di uno strumento efficace per la datazione di altre serie.

Per tale motivo sono state prese in considerazione anche le serie ottenute per l'area di saggio di Renon, che avrebbero consentito il prolungamento della curva media fino al 1995.

L'esame ottico e statistico fra le curve stazionali (tab. 24) ha permesso di appurare la correttezza delle serie elaborate, ma per la creazione della cronologia è stata effettuata un'ulteriore selezione delle curve individuali, che sono state testate con il programma COFECHA⁵.

Sono state inoltre eliminate quelle serie che presentavano brusche riprese dell'accrescimento, che avrebbero potuto inserire nella cronologia trend positivi legati a eventi di ambito strettamente stazionale.

La cronologia così elaborata comprende 71 serie e copre il periodo dal 1753 al 1995 d.C.. Gli anni caratteristici calcolati sull'insieme delle sequenze definitive componenti la curva sono riportati di seguito:

minimi: 1860, 1891, 1913, 1933, 1954, 1957, 1984, 1988;

massimi: 1823, 1834, 1843, 1904, 1908, 1921, 1969, 1979, 1986;

sequenze di minimi e massimi: 1830 (minimo)-1831; 1947 (massimo)-1948.

Alcuni di questi anni caratteristici accomunano la cronologia della zona di Renon alla cronologia dell'abete rosso del Veneto; si tratta dei minimi del 1891 e 1948 e dei massimi del 1904, 1969 e 1979 (Pernigo et alii 1991). Il minimo del 1948 è presente anche nella cronologia dell'Oetztal elaborata da Siebenlist-Kerner (1984). E' individuabile nella serie di Renon, anche se non elencato perchè presente nei soli quattro campioni che compongono la media in quel tratto, il minimo del 1821 pure

⁵ Il programma COFECHA fa parte del pacchetto di programmi per la dendrocronologia DPL (*Dendrochronology Program Library*) messo a punto presso il Tree-Ring Laboratory dell'Università di Tucson in Arizona (USA)(HOLMES 1994). Tale programma effettua un accurato controllo di qualità sulle curve dendrocronologiche che compongono le medie, verificando la correttezza delle sincronizzazioni, non solo sulle serie intere, ma anche su singoli segmenti delle serie, permettendo di individuare possibili omissioni di anelli o problemi di misurazione, non altrimenti evidenziati.

segnalato da Siebenlist (1984).

Oltre alla coincidenza di alcuni anni caratteristici, la curva di Renon mostra anche buoni valori di sincronizzazione con le cronologie del Veneto e dell'Oetztal (tab.25), così come con la cronologia dell'abete rosso dell'Italia nordorientale (Bebber et alii 1992). Si distinguono, invece, i bassi valori riscontrabili con le cronologie elaborate per la Val Venosta (Zoeschg 1991).

Cronologia zona di Renon	
Tirolo	5.21
	67.0
	99.9
Italia nord orientale	8.33
	75.2
	99.9
Veneto	7.46
	78.4
	99.9
Val Venosta quota alta	3.09
	67.9
	99.9
Val Venosta quota bassa	2.83
	58.5
	95.0
	99.0

tab. 25 - Sincronizzazioni della cronologia della zona di Renon con le altre cronologie disponibili per l'abete rosso

- Brugnoli A., Gandolfo C., 1991. Analisi dendroclimatica sull'abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst.) del Trentino orientale: primi risultati. *Monti e Boschi* 6: 51-56.
- Chalabi M.N., Serre-Bachet F., 1981. Analyse dendroclimatologique de deux stations syriennes de *Q. cerris* ssp. *pseudocerris* L., *Ecol. Medit.*, 7(1):3-21.
- Cook E., Kairiukstis L.A., 1990. *Methods of Dendrochronology. Application in the environmental sciences*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London: 1-394
- Corona P., 1986. Metodologie dendrocronologiche, *Monti e Boschi*, 37 (3): 39-44
- Diaconis P., Efron B., 1983. Methodes de calculs statistiques intensifs sur ordinateurs, *Pour la Sciences*: 46-58
- Fritts H. C., 1976. *Tree Rings and climate*, Academic Press, London-New York-San Francisco: 1-576.
- Fritts H.C., Swetnam T. W., 1986. *Dendroecology: a tool of evaluating variations in past and present forest environments*. Tucson, Arizona: 1-43.
- Gadbin C., Guiot J., Serre-Bachet F., Tessier L., 1988. Croissance radiale de quelques résineux et feuillus en réponse aux précipitations mensuelles en milieu méditerranéen, Time scales and water stress, Proc. in t. conf. on med. ecos.: 401-414.
- Gandolfo C., Martinelli N., Pignatelli O., 1994. A dendroclimatological research on spruce in North-Eastern Italy. Poster. International Tree-Ring Conference, Tucson, Arizona, USA.
- Guiot J., 1981. *Analyse mathématique de données géophysique. Application à la dendroclimatologie*, Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain: 1-176.

- Guiot J., 1984. Deux methodes d'utilisation de l'épaisseur de cernes ligneux pour la reconstitution de paramètres climatiques anciens, l'exemple de leur application dans le domain alpin, *Palaeogeography-Palaeoclimatology-Palaeoecology*, 45: 347-368.
- Guiot J., 1986. ARMA techniques for modelling tree-ring response to climate and for reconstructing variations of paleoclimates, *Ecol. Modelling*, 33: 149-171.
- Guiot J., 1990. Methods and Programs of Statistics for Paleoclimatology and Paleocology, quantification des Changements climatiques: methodes et programmes, Monographie n. 1:1-253.
- Guiot J., Tessier L., Serre-bachet F., 1982. Application de la modelisation ARMA en dendroclimatologie, *C.R. Acca. Sc. Paris*, 294: 133-136.
- Iseli M., Schweingruber F.H., 1989. Sichtbarmachen von Jahrringen fuer dendrochronologische Untersuchungen. *Dendrochronologia* 7: 145-157.
- Martinelli N., Pignatelli O., Romagnoli M., 1994. Primo contributo allo studio dendroclimatologico del cerro (*Quercus cerris* L.) in Sicilia, *Dendrochronologia* 12:61-76.
- Messaoudene M., 1989. Approche dendroclimatologique et productivité de *Quercus afares* Pomel et *Quercus canariensis* Willd. dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni-Ghobri en Algerie, Thèse de Doctorat, Université d'Aix Marseilles III: 1-114.
- Nola P., 1991. Primo approccio alla dendroclimatologia della quercia (*Quercus robur* L. e *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) in Pianura Padana (Italia Settentrionale), *Dendrochronologia*, 9: 71-94
- Pernigo U., Caoduro G., Pignatelli O., Martinelli N., 1990. Analisi dendrocronologica delle foreste del Veneto, Venezia, 1990: 1-139

- Serre-Bachet F., Guiot J., Martinelli N., Pignatelli O., Tessier L., 1991. Evolution des températures du nord-est de l'Italie depuis 1500 A. D. - Reconstruction d'après les cernes des arbres, *Dendrochronologia*, 9:
- Schirone B., Romagnoli M., 1990. *Prime indagini dendrocronologiche sul cerro dell'alto Lazio*, Atti del Workshop "Effetti degli inquinanti atmosferici sul clima, sugli ambienti naturali e sui manufatti", Bressanone: 59-61
- Schweingruber F.H., 1990. Anatomie europaeischer Hoelzer, WSL.FNP, Stuttgart: 1-80
- Schweingruber F.H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Braeker O.U., 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology, *Dendrochronologia*, 8: 9-38
- Serre-Bachet F., Guiot J., Martinelli N., Pignatelli O., 1991. Evolution des températures du nord-est de l'Italie depuis 1500 A. D. - Reconstruction d'après les cernes des arbres, *Dendrochronologia*, 9:
- Serre-Bachet F., Tessier L., 1990. Response Function Analysis for Ecological Study, in *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Siebenlist-Kerner V., 1984. Der Aufbau von Jahrringchronologien fuer Zierbelkiefer, Laerche und Fichte eines alpinen Hochgebirgsstandortes, *Dendrochronologia*, 2: 9-29
- Stokes M.A., Smiley T.L., 1968. *Tree-Ring Dating*. Univ. of Chicago Press, Chicago: 1-73.
- Tessier L., 1984. Dendroclimatologie et ecologie de *Pinus silvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France, These de Doctorat, Université d'Aix Marseilles III: 1-275

- Tessier L., 1986. Approche dendroclimatologique de l'écologie de *Pinus sylvestris* L. et *Q. pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France, *Acta Oecologica*, 7(4):339-355
- Tessier L., Serre-Bachet F., 1990. Chenes caducifoliés en region méditerranéenne: relations cerne-climat, *Ecol. medit.*, XVI, 1990: 209-221
- Z'Graggen S., 1987. Dendroecologia e moria del bosco nella regione alpina, Dendrocronologia e moria del bosco in Europa, Atti Conv., Verona: 21-31.
- Zoeschg M., 1991. Indagine dendrocronologica e dendroclimatica dell'abete rosso della Val Venosta, tesi di laurea in Scienze Forestali, Università degli Studi di Padova: 1-126.