



Alpe di Catenai, 1991.

Questo contributo è dedicato a Germano Gambi, collega e Maestro con il quale abbiamo condiviso molti anni di lavoro. Di Gambi ricercatore vogliamo ricordare l'esperienza, il rigore, la capacità critica di affrontare le questioni scientifiche, l'intuizione dei problemi, sempre analizzati in modo contestuale. Gambi possedeva una facoltà di osservazione spiccata e insieme una naturale curiosità. Questa attitudine si traduceva in punti di vista originali e anticipatori, nella formulazione di idee chiare e solo apparentemente semplici, mai banali, poi regolarmente tradotte in ipotesi di lavoro. La sua sperimentaltà era attenta alle applicazioni e il modo di scrivere concreto e insieme elegante. La sua convinta volontà di coniugare ricerca e divulgazione scientifica ne hanno fatto un docente coinvolgente e molto seguito.

Ma ci piace ricordare anche il lato umano di Gambi, la sua discrezione, il suo essere sempre amichevole e pronto alla battuta, la quotidianità con un amico e un collega solo un po' più anziano e poi, nella prospettiva, con un Maestro. Questo contributo vuole rendergli un affettuoso omaggio e sottolineare la coerenza e la visione moderna della sua azione di ricercatore e docente.

Emilio Amorini e Gianfranco Fabbio

Dinamica del ceduo oltre turno e avviamento ad alto fusto dei cedui di faggio. Risultati del protocollo "Germano Gambi" sull'Alpe di Catenai (Arezzo)

Emilio Amorini¹, Gianfranco Fabbio^{1*}, Giada Bertini²

Accettato il 29 novembre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di una prova sperimentale comparativa tra sviluppo oltre turno e avviamento ad alto fusto di un ceduo di faggio di buona fertilità ceduo nel 1945. La prova, iniziata nel 1972, età del bosco 27 anni, rappresenta le opzioni complementari/alternative di gestione del bosco ceduo negli anni in cui la forma di governo iniziava ad essere meno applicata nella fascia di vegetazione montana, la prima divenuta marginale al mercato. Il protocollo si articola nel confronto tra tesi di controllo e tre tesi di avviamento attuate con un unico criterio culturale e intensità di rilascio differenziate secondo la consistenza in massa esistente in ciascuna area. Il lavoro comprende l'analisi auxologica e strutturale delle popolazioni attraverso quattro inventari a intervalli di dieci anni dal 1972 al 2002. Durante tale periodo sono stati realizzati tre diradamenti nelle tesi di avviamento. I risultati verificano l'esistenza dei presupposti biologici per intraprendere con successo entrambe le opzioni culturali. L'evoluzione naturale pone in evidenza il comportamento auto-ecologico della specie a età maggiori di quelle osservabili nella forma di governo originale. Il faggio, molto tollerante dell'ombra, sviluppa tra 30 e 40 anni un accrescimento sostenuto, successivamente una forte mortalità fino ai 50 anni, per realizzare infine nell'ultimo intervallo una notevole ripresa incrementale che richiama in alto l'andamento dell'incremento corrente di volume, allontana la convergenza verso il valore dell'incremento medio e posticipa molto oltre l'età di 60 anni le culminazioni relative. L'andamento osservato nella tesi di controllo devia dalla regola auxonomica e sembra fondato sulla auto-ecologia specifica che allunga i tempi di reazione ai *feedback* opposti di mortalità e accrescimento ed evidenzia una probabile tipicità dei cedui oltre turno. Lo stesso fenomeno non era stato in precedenza verificato nelle medesime tipologie per specie eliofile (querce decidue), che risolvono molto più rapidamente il ciclo mortalità-ripresa-successiva culminazione incrementale. Le tesi di avviamento provvedono i criteri culturali (tipo, intensità e intervallo di ripetizione dei diradamenti) e definiscono un metodo applicabile per gli intervalli brevi di raccolta e le masse intercalari consistenti, quindi remunerative, non solo in ambito pubblico. Si sottolinea come il trattamento consenta di modellare precocemente la struttura del bosco e lo sviluppo dei dendrotipi originali verso soggetti più equilibrati per affrontare le fasi adulta e di maturità fino alla rinnovazione del bosco, conclusione del ciclo transitorio al bosco da seme.

Parole chiave: *faggio, cedui oltre turno, conversione alto fusto, auxologia, selvicoltura dell'avviamento, produttività.*

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo.

² assegnista di ricerca presso il CRA-SEL e dottoranda di ricerca in "Ecologia forestale" presso il DiSAFRi, Università della Tuscia

* Autore corrispondente gianfranco.fabbio@entecra.it

Abstract – Stand dynamics of a beech coppice beyond the rotation age and under conversion into high forest. One of major issues dealing with forest management in Italy is the lack or the suspension of silvicultural practices over an increased share of the forest area, in progress since a few decades ago. The abandonment of rural areas, the emerging environmental functions being nowadays addressed to natural resources, include also many forests and management systems formerly devoted mainly to wood production. This occurrence has its major evidence on coppice forests, i.e. about a half of the country forest area and the forest type historically submitted to the more intensive management practices. The results of an experimental trial started in 1972 in a beech coppice aged 27, i.e. a few years after the age of traditional rotation, comparing the natural evolutive pattern as well as the silvicultural practices aimed at its conversion into high forest, are here reported. The trial included the control thesis and three different thinning intensities. Each thesis was arranged within the same thinning type, taking into account the volume of former standing crop in each plot. The analysis includes the growth pattern and the dynamics of stand structure in the populations under natural evolution and under conversion into high forest. Four inventories were carried out since 1972 at each decade up to 2002. Three thinnings were undertaken within the same time. Results show that both the tested management options, alternative and/or complementary to the traditional coppice system, are based on reliable biological assumptions. The natural evolutive pattern highlights the growth trend at ages older than those monitored under the coppice system. Beech shows a peculiar behaviour in the range observed due to its specific shade-tolerance. The shoot population reveals a sustained growth between the ages of 30 to 40; then, the occurrence of a heavy, regular mortality up to 50; finally, the recovery of a high growth rate up to the age of 60 (ending of the monitored period at now). Such growth pattern moves up the current volume increment, delays its intersection to mean increment and postpones substantially the age of growth rates culmination. The observed trend deviates from the canonical stand growth pattern and seems to be grounded on beech auto-ecology. This extends the time of reaction between the opposite feedbacks of mortality and growth and allows monitoring a likely different behaviour ruling ageing coppice growth. The same occurrence had not been highlighted before studying light-demanding species (deciduous oaks in the case) under the same stand types, these species being able to settle much more rapidly the cycle mortality-growth recovery-incremental culmination. The thesis of conversion into high forest provides the technical cultivation rules (type, intensity and interval of thinning repetition) and suggests it as enforceable also in the private domain due to the shortly-repeated harvestings and intermediate volumes that make each intervention profitable. The basic outcomes of the applied silvicultural practices are (i) the early crown shaping of shoot dendrotypes; (ii) the modeling of clustered stand structure; (iii) the individual development of well-balanced trees, more suited to tackle the grown-up and mature stages till the time of regeneration from seed, ending of the transitory cycle.

Key words: *common beech, post-cultivation coppice, conversion into high forest, growth pattern, silvicultural practice, productivity.*

FD.C. 226: 176. 1: Fagus sylvatica

Premessa

L'inquadramento di questo lavoro passa attraverso alcune definizioni di monitoraggio quali: "raccolta di informazioni nel tempo, generalmente su base campionaria, attraverso la misura del cambiamento di un indicatore o una variabile, per determinare gli effetti dei trattamenti applicati e la gestione delle risorse nel lungo periodo" (HELMES 1998); "raccolta e analisi di osservazioni ripetute o misure per valutare i cambiamenti di stato e il loro procedere verso l'acquisizione di un obiettivo di gestione" (ELZINGA *et al.* 2001). Le definizioni richiamano il ruolo del monitoraggio come elemento funzionale nell'ambito della gestione delle risorse naturali e dichiarano che "esso viene intrapreso soltanto se esistono opportunità per realizzare un cambiamento della stessa". In questa accezione il monitoraggio è strettamente collegato alla gestione e concettualmente distinto da altre attività quali quelle inventariali, di controllo, di misura del cambiamento, di studio dello stato iniziale e di lungo termine (da FERRETTI 2001).

In questo senso si configura il lavoro impostato da GAMBÌ nei primi anni '70 con la realizzazione di un protocollo comparativo dell'evoluzione dendro-strutturale del ceduo di faggio oltre turno e, in parallelo, del suo avviamento ad alto fusto. L'impostazione, volta a

verificare la percorribilità di una soluzione reattiva - "invecchiamento" del ceduo e sua evoluzione per via naturale - e di una proattiva - avviamento attraverso un trattamento *ad hoc* individuato -, precede nei fatti l'utilizzo del monitoraggio come strumento di "gestione adattativa". Entrambe le soluzioni sono fondate sulla valorizzazione del soprassuolo esistente.

La natura di neo-formazione dei soprassuoli oltre turno per mancanza di modelli di riferimento, l'osservazione in tempo reale dello sviluppo dendro-strutturale, qualificavano entrambe le opzioni - *post-coltura* e *avviamento* - come tesi parimenti sperimentali. Obiettivo iniziale del lavoro fu quello di verificare la vulnerabilità del sistema non più gestito; di identificare quindi durata, intensità e risultati della apparente crisi strutturale (mortalità elevata) e individuare la popolazione a questa associata: il complesso del soprassuolo o la componente naturalmente recessiva? (AMORINI e FABBIO 2009). Su questa verifica si fondavano sia la gestione conservativa per evoluzione naturale, che l'opzione dell'avviamento.

Nei quaranta anni trascorsi dall'inizio di questa attività di ricerca - agli stessi anni risale la realizzazione di altri protocolli su soprassuoli oltre turno a prevalenza di cerro dello stesso GAMBÌ e di GUIDI (1976) - il cambiamento nella gestione si è consolidato. Già nel

1985 il 73% dei cedui di faggio avevano età superiori ai 20 anni, quindi prossime alla maturità del soprassuolo secondo i turni allora praticati per la specie (AMORINI e FABBIO 1994 su dati IFN); venti anni più tardi (INFC 2005) il 53.5% dei cedui di faggio si colloca nello stadio adulto e il 38.3% in quello invecchiato. La somma quindi della fase adulta (soprassuoli ancora suscettibili di utilizzazione) e di quella di *post*-coltura rappresenta il 91.8% della superficie complessiva.

La formalizzazione del cambiamento nella gestione dei boschi di origine cedua ha visto l'incremento molto più rapido dell'area in abbandono colturale rispetto a quello delle superfici in avviamento; la non-gestione prevalere ampiamente sulla gestione attiva. I dati inventariali sono chiari in proposito: soltanto 71100 ha di fustaie transitorie (IFN 1985) che raddoppiano a 151000 ha in venti anni (INFC 2005). Nella lettura del dato attuale va precisato che il protocollo inventariale IFNC registra soltanto i soprassuoli che presentano al rilievo tracce evidenti di diradamento delle ceppaie e non tiene quindi conto di quelli in fase di conversione più avanzata con fisionomie già simili a quelle di giovani fustaie da seme. Sempre secondo i dati INFC il faggio compone 78278 ha di fustaia transitoria; le regioni più rappresentate sono l'Abruzzo (18822 ha), il Friuli (11891 ha), la Toscana (11201 ha), l'Emilia Romagna (11034 ha).

La diffusione dell'avviamento è compresa quasi interamente nelle superfici demaniali, che sono minoritarie nell'area governata a ceduo. La struttura frammentata della proprietà privata prevalente, associata alla piccola proprietà forestale o all'azienda agraria, insieme al determinante economico della progressiva marginalità di molti boschi, hanno prodotto lo slittamento del ceduo "... dalla condizione di un bene aziendale ordinato a produzione annua, a quella più precaria di una scorta patrimoniale da cui il proprietario attinge in modo incostante per profittare di una condizione o per sopperire ad una sua necessità di denaro" (BERNETTI 1987). "La frammentazione dell'offerta, la staticità della struttura fondiaria, la scarsa differenziabilità dei prodotti legnosi dei cedui, la natura di bene pubblico di molti nuovi prodotti e servizi forniti dai cedui, la ridotta convenienza delle modalità alternative di gestione, sono i cinque fattori di inerzia nelle forme di gestione individuati come ragioni principali del processo incompiuto di trasformazione dei sistemi produttivi successivamente agli anni '50" (PETTENELLA 2002).

In questa situazione, dinamica ma consolidata, rimane estremamente attuale l'impostazione delle due tesi di opzione rispetto alla gestione originale. Esse consentono di acquisire elementi di conoscenza sullo sviluppo per via naturale e provvedono strumenti di coltivazione alternativi per cedui adulti o in fase di invecchiamento. Il loro monitoraggio nel tempo verifica criticamente i risultati e suggerisce criteri e metodi di applicazione alla gestione reale. La realizzazione precoce dei protocolli sperimentali fa sì che le età rappresentate coincidano con quelle massime dei soprassuoli non più utilizzati e permette quindi di esplorare il limite superiore dell'area di sospensione colturale.

La sperimentazione ha prima validato l'ipotesi auxometrica di BERNETTI (1980) e poi le teorie di riequilibrio della massa radicale a quella epigea di CLAUSER (1981) e di affrancamento radicale (AMORINI *et al.* 1990). Lo sviluppo positivo oltre le età della tradizionale "maturità" economica si è dimostrato essere il risultato di una competizione fortemente asimmetrica tra la componente principale e quella dominata, secondo il modello descritto dall'auxonomia sociale (AMORINI e FABBIO 1986, 1988, 1989, 1990). Questo ha evidenziato la ripetizione, sincronica tra le classi, di cicli di competizione sub-decadali che selezionano progressivamente soggetti dominanti capaci di trainare lo sviluppo di complesso del soprassuolo e di riassorbire la forte mortalità osservata. Contributi successivi hanno definito la sostenibilità dell'evoluzione naturale e formalizzato i criteri per intraprendere l'avviamento (AMORINI e FABBIO 1991, AMORINI 1994; FABBIO 1994; AMORINI *et al.* 1996, 1997, 1998a, 1998b; AMORINI e FABBIO 1999). I protocolli originali e gli altri successivamente realizzati si sono sviluppati in modo flessibile, con un disegno di monitoraggio di tipo adattativo (RINGOLD *et al.* 1996), funzione delle conoscenze progressivamente acquisite dalla comparazione tra le tesi di dinamica naturale e di avviamento. I descrittori di base sono stati implementati con la determinazione dei parametri bio-ecologici della copertura arborea e di indici sintetici di produttività e funzionalità (CUTINI 1994a,b; CUTINI 1997; CUTINI e BENVENUTI 1998; FABBIO *et al.* 1998). L'elaborazione di relazioni allometriche per la stima dei volumi e delle componenti la biomassa arborea per le diverse specie e dendrotipi di neoformazione (AMORINI *et al.* 1995 e 2000; BRANDINI e TABACCHI 1996; FABBIO *et al.* 2002; NOCETTI *et al.* 2007) e la determinazione della capacità di accumulo della

Tab. 1 - La stazione.
Site location.

sito	coordinate geografiche	quota m s.l.m.	esp.	giacitura
Alpe di Catenai	43° 40' N 11° 55' E	1000	SO	alto versante pendenza moderata

necromassa legnosa (BERTINI *et al.* 2010; BERTINI *et al.*, *sottoposto*) hanno consentito altre definizioni quantitative dei processi osservati. Le indagini più recenti hanno aggiornato i dati fino alle età attuali di oltre 60 anni (BENVENUTI e CANTIANI 2003; AMORINI *et al.* 2006; MANETTI e GUGLIOTTA 2006; CUTINI e HAJNY 2006; FABBIO e AMORINI 2006; MANETTI *et al.* 2009; CUTINI *et al.*, questo volume). Studi di tipo eco-fisiologico (DI MATTEO *et al.* 2005 e 2007), sulla allocazione del carbonio e dell'azoto nel sistema (TUNNO *et al.* 2007), sono stati realizzati sugli stessi siti o hanno ampliato la gamma di osservazioni negli ultimi anni (AMORINI e FABBIO 2009).

Obiettivi di questo contributo sono di illustrare il comportamento auto-ecologico del faggio e le dinamiche dendro-strutturali e incrementali delle tesi a confronto nei primi 30 anni trascorsi dall'impianto del protocollo realizzato da GAMBÌ in Alpe di Catenai, attraverso quattro inventari a intervalli di 10 anni, dal 1972 al 2002. Contributi precedenti sono quelli su: impostazione del lavoro (AMORINI e GAMBÌ 1977), auxometria (AMORINI e FABBIO 1986), apparati radicali (AMORINI *et al.* 1990), relazioni allometriche (AMORINI *et al.* 1995), lavori attuali quelli su: LAI e lettiera (CUTINI *et al.*, questo volume), biomassa e necromassa legnosa (BERTINI *et al.*, *sottoposto*).

Materiali

L'ambiente e il sito di studio

Il protocollo è ubicato nel complesso forestale Alpe di Catenai (Arezzo) in località Buca Zamponi, nel territorio attualmente gestito dalla Comunità Montana del Casentino. L'Alpe di Catenai è uno dei rilievi antistanti la catena appenninica e ripete la serie vegetazionale dell'asse orografico principale. Il sito

Tab. 2 - Il clima locale.
Local climate parameters.

sito	coordinate	quota geografiche	esp. m s.l.m.	giacitura	precipit. media annua e estiva (mm)			temp. media annua e mese + caldo (°C)	
					1924-66	1992-99	2003-09	1966-75	2000-09
La Verna	43° 43' N 11° 55' E	1128	SO	alto versante	1243 <i>176</i>	1175 <i>202</i>	1164 <i>142</i>	9.2 <i>18.7</i>	9.3 <i>20.1</i>

(Tabella 1) è montano (1000 m s.l.m.), la giacitura di medio-alto versante, la pendenza moderata, l'esposizione SO. Il suolo è costituito da una terra bruna non pienamente evoluta su scisti argillosi alternati a marne e arenarie fini. La fertilità del suolo, già buona, ha beneficiato della copertura forestale continua negli ultimi 60 anni e dell'apporto ininterrotto di sostanza organica. Gli orizzonti superiori non sono stati disturbati da periodiche scoperture per utilizzazioni. Il clima (Tabella 2) è umido, mesotermico, con deficit idrico estivo ridotto. Le serie climatiche relative alla stazione più prossima (La Verna), distante solo 6 km e simile per quota e esposizione, mostrano nelle ultime due decadi alcune differenze nei valori medi di piovosità e temperatura, rispetto ai dati precedenti riportati da AMORINI e GAMBÌ (*op. cit.*).

Il soprassuolo

Il soprassuolo, ceduo l'ultima volta nel 1945-46, all'età di installazione del protocollo (27 anni-1972), si presentava come un ceduo coetaneo di buona fertilità, a densità pressoché colma con poche, grosse matricine (10 ad ettaro). La tipologia prevalente era rappresentata da ceppaie piccole portanti da 1 a 7 polloni; presenti anche alcune ceppaie grosse (fino a 34 polloni); le aree di insidenza relative variavano da 3 a 46 m². Ancora ben riconoscibili le aree carbonili che testimoniano la trasformazione *in situ* della legna utilizzata. La copertura piena limitava la presenza di uno strato arbustivo, peraltro di scarso sviluppo e formato da *Rubus fruticosus* L. e *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, alle poche chiarie e aree carbonili. Lo strato erbaceo era caratterizzato da *Anemone apennina* L. e *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz, specie tipiche della faggeta appenninica. L'età del bosco oltrepassava di alcuni anni le età medie di ceduzione allora praticate.

Metodi

Il protocollo sperimentale

Il disegno originale comprendeva il confronto tra tesi di controllo (evoluzione naturale) e tre tesi

di avviamento, differenziate per densità di rilascio iniziale e periodicità dei successivi diradamenti. Ciascuna area permanente era separata da una fascia di rispetto sottoposta al medesimo trattamento o non trattata (controllo). La differenza massima di altezza dominante tra le tesi era pari a 2.2 m; quella tra le tesi di avviamento di 1.7 m.

Il disegno, ripetuto in altri protocolli del medesimo periodo, prevedeva aree di dimensioni relativamente grandi (5000 m²) atte a contenere popolazioni di ceppaie numericamente elevate, sufficienti quindi a supportare monitoraggi di lungo periodo e serie di diradamenti fino alla fase di rinnovazione. Non furono realizzate repliche, sia per la difficoltà oggettiva di individuare in ambiente montano aree idonee a contenere blocchi di ampie dimensioni e ciascuno omogeneo (PRODAN 1968), sia anche per i costi di ripetizione dei periodici inventari.

Il criterio di diradamento, formulato da GAMBÌ secondo il metodo del "taglio di avviamento", rientra tra le tecniche di conversione indirette per via naturale (AMORINI e FABBIO 1988) e si realizza a età superiori (da 1/4 a 1/2) al turno minimo previsto, fase di sviluppo in cui la selezione sulle ceppaie ha già prodotto una gerarchia sociale evidente tra i polloni. L'intervento consiste nel diradamento di tipo basso o misto delle ceppaie per selezionare i migliori soggetti (allievi) e costituire una struttura monoplana a densità sufficientemente elevata da contenere i ricacci e, secondo la specie, l'emissione di rami epicormici. Le densità di rilascio testate (1800, 2200, 2600 polloni per ettaro) derivano dall'analisi comparativa dei primi avviamenti di cedui di faggio eseguiti in diverse foreste demaniali e dalle indicazioni delle tavole alsometriche per età e fertilità simili (GAMBÌ 1968; AMORINI e GAMBÌ *op. cit.*). Un successivo diradamento, eseguito entro 10-15 anni, completa il modellamento della struttura originale aggregata in una fisionomia più simile a quella di giovane fustaia, dove ancora sono rilasciate coppie di polloni dominanti alternate a fusti singoli e la distribuzione prevalente è di tipo casuale. Nella formulazione di GAMBÌ i due interventi si integrano e concludono la prima fase di avviamento del ceduo.

Il periodo monitorato comprende anche il successivo diradamento dopo 15-20 anni. L'ultimo intervento ha eliminato i polloni recessivi dal piano principale, liberato i migliori soggetti dalla concorrenza dei vicini per favorire lo sviluppo laterale delle chiome e distribuire lo spazio di crescita secondo le potenzialità in-

dividuali. Alcune coppie di polloni sono state ridotte a un individuo, altre mantenute dove formate da soggetti di pari sviluppo e conformazione. La gestione colturale successiva non differirà, nelle linee essenziali e fino ai tagli di rinnovazione, da quella di un popolamento nato da seme.

I rilievi periodici su ciascuna tesi, con intervallo decennale, sono stati di tipo demografico (consistenza delle popolazioni di polloni e ceppaie) a partire dalla soglia diametrica di 3 cm, assunta come coincidente con il limite diametrico minimo dei polloni dominati vivi. Valori calcolati dalla densità unitaria e dalla misura diametrica sono l'area basimetrica (G), il diametro medio e dominante. La mortalità di polloni e ceppaie e gli incrementi periodici e annuali medi dei parametri dendrometrici sono calcolati per differenza tra inventari successivi. La costruzione della relazione ipso-diametrica è stata realizzata per campionamento in tutti gli strati della popolazione e per inventario.

Per caratterizzare la struttura del ceduo in evoluzione naturale (area 1- controllo), le ceppaie sono state classificate in dominanti (portanti almeno un pollone dominante) e "altre" agli inventari a 47 (1992) e 57 anni (2002). A questo ultimo inventario, le ceppaie sono state ancora ordinate, in base allo stato vive/morte e alla massa aerea portata, secondo lo schema:

- ceppaie vive senza polloni morti
- ceppaie vive con uno o più polloni morti in piedi
- ceppaie morte con polloni morti in piedi
- ceppaie morte senza massa aerea

Allo stesso censimento (57 anni, 2002) sono stati misurati i polloni morti in piedi distinti in:

- polloni morti portati da ceppaie vive
- polloni morti portati da ceppaie morte

Nella tesi di controllo, popolazione a densità colma in condizioni di sviluppo naturali, è stata calcolata la variazione di densità in funzione del diametro medio secondo il modello (1) in cui il coefficiente allometrico b , che descrive la relazione tra la densità N e la dimensione diametrica media d_g , spiega la tolleranza specie-specifica (ZEIDE 1985) e l'efficacia di utilizzo dello spazio disponibile (PRETZSCH e BIBER 2005).

$$N = a \cdot d_g^b \quad (1)$$

Nella stessa tesi è stato calcolato, per tutti gli intervalli inventariali, l'indice r (ZEIDE 2005) (2), rapporto

tra il decremento del numero di alberi per mortalità naturale rispetto alla numerosità iniziale ($\Delta n/N$) e l'incremento del diametro di area basimetrica media nello stesso periodo ($\Delta d_g/d_g$). L'indice misura, in boschi puri e analogamente al coefficiente allometrico b , la variazione intervallare dell'auto-tolleranza o capacità competitiva intra-specifica.

$$r = (\Delta n / N) / (\Delta d_g / d_g) \tag{2}$$

Minore è il numero di alberi morti a parità di incremento diametrico, minore è il rapporto e più tollerante è il comportamento della specie. L'andamento di questo rapporto varia per la stessa specie secondo età, origine e struttura del bosco.

È stato quindi calcolato, per le età successive alla prima censita, l'indice *SDI* (REINEKE 1933) che normalizza la densità reale rispetto a una popolazione di diametro medio pari a 25 cm, secondo l'espressione (3) sostituendo il valore dell'esponente b , costante e uguale a -1.605 nella formulazione originale, con l'indice r di Zeide che ha il medesimo significato ma è calcolato sui dati reali.

$$SDI = N \cdot (25/d_g)^b \tag{3}$$

Le masse legnose e gli incrementi relativi sono stati stimati con le regressioni elaborate specificatamente per questo protocollo (AMORINI *et al.* 1995). I modelli comprendono (i) volume del fusto, (ii) peso fresco e (iii) peso secco del fusto e dei rami grossi (> 3 cm), (iv) peso secco dei rami sottili e (v) peso secco epigeo totale. Nelle Tabelle 3 e 4, i valori sono riportati in volume per consentirne la comparazione con quelli in letteratura comunemente espressi in questa unità di misura. Nella comparazione tra biomassa viva e necromasse in piedi e a terra nella tesi di controllo (Tabella 7), i valori sono invece espressi in peso secco.

Le masse e gli incrementi relativi alla tesi di

controllo rappresentano la massa corrente o massa “principale naturale”, corrispondente alla massa totale meno la mortalità naturale (HELLRIGL 1987). Il valore di incremento corrente è il “periodale medio” dell'intervallo tra inventari successivi. Nelle tesi di avviamento sono calcolate le masse correnti, intercalari e totali. L'incremento medio è riferito alla massa totale, l'incremento corrente alla massa corrente, coincidente con quello di massa totale per lo sviluppo parallelo dei relativi andamenti.

Sui valori di incremento corrente della tesi di controllo è stato determinato il saggio di produzione relativo *RPR* (BRAND e MAGNUSSEN 1988; FABBIO 1994) (4) che misura la variazione incrementale positiva o negativa in intervalli successivi.

$$RPR = (Ic_t - Ic_{t-1}) / Ic_{t-1} \tag{4}$$

Per la stessa tesi è stata calcolata la densità (m^3ha^{-1}) di massa naturale principale *dB* (5) rispetto allo spazio di crescita relativo, determinato superiormente dal valore di altezza media alle diverse età. L'indice consente di calcolare la variazione nel tempo della densità di massa rispetto al volume teorico di riferimento ($V_t=10000\ m^2\cdot h_m$) e si configura come una misura di capacità portante relativa.

$$dB = massa\ unitaria / V_t \cdot 10^2 \tag{5}$$

Altri parametri bio-ecologici della copertura arborea e indici sintetici di produttività e funzionalità per le differenti opzioni colturali sono riportati da CUTINI *et al.* (*questo volume*).

Risultati

Caratterizzazione delle tesi

I parametri dendrometrici (Tabelle 3 e 4) descrivono l'intervallo da 27 a 57 anni, età quasi tripla degli

Tab. 3 - Tesi di controllo: statistiche dendrometriche ai quattro inventari.
Control plot: mensurational parameters at the ages of inventory.

Tesi	Inv. anno	Età	Ceppaie n ha ⁻¹	Polloni n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	h dom m	M.corr. m ³ ha ⁻¹	Im Mcorr. m ³ a ⁻¹	Ic Mcorr. m ³ a ⁻¹
AREA 1 (Controllo)	1972	27	1160	7518	27.40	6.8	18.6	11.2	164.3	6.1	8.2
	1982	37	936	6846	38.20	8.4	23.0	15.7	245.3	6.6	8.8
	1992	47	824	3920	40.90	11.5	29.0	20.1	333.0	7.1	10.8
	2002	57	744	2580	45.30	15.0	33.0	25.1	440.7	7.7	

Tab. 7 - Tesi di avviamento: statistiche dendrometriche ai quattro inventari.*Thinned plots: mensurational parameters at the ages of inventory.*

Tesi	Inv. anno	Età	Polloni n ha ⁻¹	G m ³ ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	h dom m	M.corr. m ³ ha ⁻¹	M.interc. m ³ ha ⁻¹	M.tot. m ³ ha ⁻¹	Im Mtot m ³ a ⁻¹	Ic Mcorr. m ³ a ⁻¹
AREA 2	1972	27	2222	17.30	9.6	15.9	10.7	121.9	61.6	183.5	6.8	9.1
	1982	37	2182	29.40	12.8	22.1	15.7	213.2		274.8	7.4	11.6
	1987 pd	42	2104	34.90	14.1	24.9	17.6	271.2		332.8	7.9	
	1987 ed	42	1398	15.50	11.1				114.0			
	1987 dd	42	706	19.70	18.8	24.8	17.6	158.2	175.6	333.8		13.2
	2002 pd	57	706	33.50	27.7	33.6	24.2	355.4		531.1	9.3	
	2002 ed	57	292	9.69	20.6				99.7			
	2002 dd	57	414	23.83	30.5	33.5	24.2	255.8	275.3	531.1		
AREA 3	1972	27	2600	14.90	8.5	13.4	9.0	93.7	71.7	165.4	6.1	11.0
	1982 pd	37	2572	28.30	11.8	20.2	15.9	203.5		275.2	7.4	
	1982 ed	37	1508	10.60	9.5				71.5			
	1982 dd	37	1064	17.70	14.3	19.8	15.9	132.0	143.2	275.2		12.2
	1992	47	1050	28.50	18.6	26.1	19.8	253.6		396.8	8.4	13.0
	2002 pd	57	1030	36.88	21.4	31.1	23.8	383.4		526.7	9.2	
	2002 ed	57	488	11.17	17.1				118.5			
	2002 dd	57	542	25.71	24.6	31.1	23.8	265.0	261.7	526.7		
AREA 4	1972	27	1836	15.20	10.3	15.3	9.8	109.9	86.2	196.1	7.3	9.8
	1982 pd	37	1786	28.40	14.2	22.9	15.7	207.4		293.6	7.9	
	1982 ed	37	1148	10.99	11.0				77.7			
	1982 dd	37	640	17.50	18.7	22.6	15.7	129.7	163.9	293.6		12.8
	1992	47	640	28.40	23.8	33.8	20.8	257.3		421.2	9.0	14.3
	2002 pd	57	636	36.77	30.6	38.6	25.0	400.0		563.9	9.9	
	2002 ed	57	278	10.50	24.8				118.3			
	2002 dd	57	358	26.27	34.5	37.9	24.9	281.7	282.2	563.9		

pd = prima del diradamento; ed = entità del diradamento; dd = dopo il diradamento

Tab. 5 - Tesi di controllo: parametri relativi alle tipologie di ceppaia individuate agli inventari 1992 e 2002.*Control plot: parameters per stool type at the inventories 1992 and 2002.*

Area di controllo	1992				2002				1992-2002 ΔG
	G ha ⁻¹	N ha ⁻¹	% G	% N	G ha ⁻¹	N ha ⁻¹	% G	% N	
ceppaie dominanti	30.7	388	75	47	36.7	394	81	53	6
altre	10.2	436	25	53	8.6	350	19	47	-1.6
totale	40.9	824			45.3	744			4.4

ultimi turni applicati. Sono riportati la consistenza delle popolazioni (polloni e ceppaie vive), i valori di area basimetrica, diametro medio e dominante, altezza dominante, massa corrente e incrementi per le quattro età di inventario.

Nelle tesi di avviamento si aggiungono la parametrizzazione delle situazioni *ante* e *post* diradamento e i valori relativi a ciascun intervento. La descrizione dendrometrica iniziale nelle tesi di avviamento (27 anni) è quella *post*-taglio con indicazione delle masse

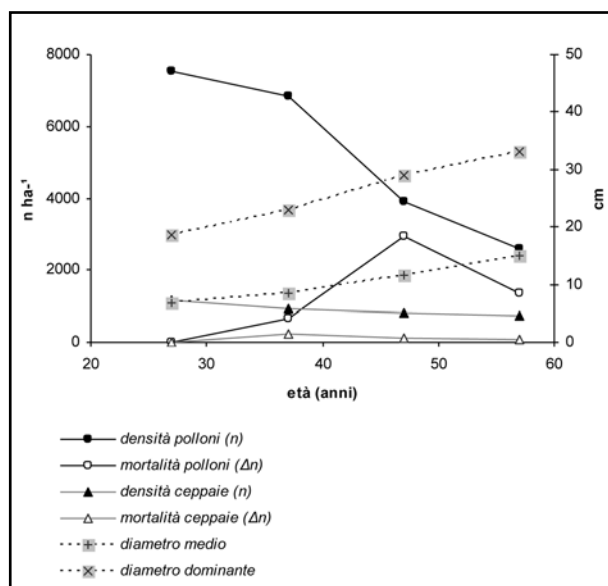


Fig. 1 - Tesi di controllo: variazione della densità di polloni e ceppaie, andamento delle mortalità relative e dei valori di diametro medio e dominante della popolazione in funzione dell'età.

Control plot: shoot and stool density, mortality rates and mean and top dbh vs. stand age.

diradate, misurate subito dopo il taglio per ciascuna tesi. Valori indicativi *ante* avviamento, data l'uniformità strutturale, sono quelli dell'area di controllo. Sono riportati i valori di massa corrente, intercalare e totale per ciascun inventario e gli incrementi relativi.

La tesi di controllo

Densità e mortalità

I descrittori dendrometrici mostrano la dinamica numerica di *post-coltura* (Tabella 3). La densità dei polloni (Figura 1) diminuisce lentamente fino a prima dei 40 anni (-672 unità); si accentua molto (-2926) nei 10 anni successivi e rallenta nuovamente fino all'attualità (-1340). La mortalità culmina tra 40 e 50 anni con valori 4.4 volte superiori a quelli dell'intervallo precedente; scende a meno della metà tra 50 e 60 anni. La densità delle ceppaie decresce in modo più progressivo (-224; -112; -80 unità); la loro mortalità culmina prima dei 40 anni, anticipatamente rispetto a quella dei polloni.

Dinamica dei parametri dendrometrici

La differenziazione diametro medio-dominante, descrittore efficace dei tempi di formazione della struttura principale è già evidente a 27 anni, età del primo rilievo. Entrambi i diametri raddoppiano circa il loro valore nei 30 anni osservati. Il rapporto d_m/d_{dom} aumenta con l'età da 0.37 (27 e 37 anni) a 0.40 (47 a.) a

0.45 (57 a.). L'area basimetrica ha un incremento sostenuto e pari a oltre $1 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$ nell'intervallo 27-37 anni; rallenta poi a circa $0.3 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$ in corrispondenza del periodo di elevata mortalità dei polloni e riprende nell'ultimo intervallo ($0.4 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$). Il valore di area basimetrica supera i $45 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ a 57 anni. I valori in Tabella 3 sono riferiti alla popolazione viva misurata alle diverse età; gli incrementi calcolati sono quindi di tipo inventariale perché comprensivi del contributo nullo in termini di accrescimento e negativo in termini di derivata incrementale dei polloni morti in ciascun intervallo. Gli incrementi reali (riferiti alla sola popolazione viva all'inizio e al termine di ciascun periodo) sono quindi sempre superiori in presenza di mortalità, ma calcolabili soltanto se tutti i soggetti della popolazione iniziale sono identificabili nel tempo (es. con la numerazione).

Il confronto tra i valori rappresentati dalle popolazioni "ceppaie dominanti" e "altre" al 1992 e 2002 (Tabella 5) descrive l'aumento percentuale delle prime [47→53% (n) e 75→81% (g)] nei dieci anni, quasi interamente dovuto alla mortalità delle seconde. La differenza di area basimetrica nel periodo indica l'incremento di 6 m^2 dei polloni portati da ceppaie dominanti e il decremento di 1.6 m^2 di quelli delle "altre" ceppaie. Entrambi i valori rappresentano il bilancio [incremento di area b. dei polloni vivi - sottrazione di area b. per mortalità nel periodo], positivo nel primo caso e negativo nel secondo. La sommatoria, pari a $4.4 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, è quindi ancora un valore inventariale periodale. Il frazionamento della popolazione evidenzia il "peso" della mortalità afferente ai polloni delle ceppaie non dominanti, mentre l'eventuale mortalità rimane compresa nel dato incrementale relativo alle ceppaie dominanti.

Il censimento 2002 dei vivi/morti nella combinazione ceppaia/polloni (Tabella 6) descrive il seguente frazionamento: 30% ceppaie vive senza polloni morti portati (fase più avanzata di selezione con trasloca-

Tab. 6 - Tesi di controllo (2002): numero e rapporti ceppaie (vive-morte)/polloni portati (vivi-morti).

Control plot (2002): number and arrangement of stool/shoot ratios (alive-dead).

Area di controllo	N ha ⁻¹	%
ceppaie vive senza polloni morti	276	30
ceppaie vive con uno o più polloni morti in piedi	468	50
ceppaie morte con polloni morti in piedi	94	10
ceppaie morte senza massa aerea	94	10
polloni morti su ceppaie vive	2402	90.4
polloni morti su ceppaie morte	256	9.6
polloni morti totali	2658	100

Tab. 7 - Tesi di controllo: valori di biomassa viva e di necromassa in piedi e a terra a 57 anni di età.

Control plot: living woody mass and standing and lying deadwood at the age of 57.

Area di controllo biomassa		necromassa in piedi a terra Mg ha ⁻¹		totale
57 anni	321.6	19.5	8.2	349.3

zione di tutta la necromassa in piedi → a terra); 50% ceppaie vive portanti ancora uno o più polloni morti (parte della necromassa è ancora in piedi); 20% ceppaie morte equamente divise tra portanti ancora polloni (mortalità più recente) e prive di massa aerea (mortalità più remota). Il numero complessivo di polloni morti in piedi è pari a 2658 e a 6.74 m² ad ettaro. Di questi, il 90.4% (2402) proviene da ceppaie vive, il 9.6% (256) da ceppaie completamente morte.

L'area basimetrica totale in piedi (polloni vivi+morti) è quindi pari a 52.04 m²ha⁻¹.

Il numero dei polloni morti in piedi misurati all'ultimo inventario comprende tutta la mortalità registrata nell'intervallo 47→57 e quasi la metà di quella occorsa nell'intervallo precedente 37→47. La posizione della moda a 4 cm (Figura 2) e il fenomeno quasi integralmente compreso da 3 a 8 cm indicano dendrotipi dominati e sottoposti. Il rapporto tra il numero complessivo dei polloni morti da 27 a 57 anni e quelli vivi all'età di 27 è di 4938/7518 = 0.66, ossia oltre la metà dei polloni inizialmente presenti sono morti nell'intervallo. La misura dei polloni morti in piedi e dell'area basimetrica relativa all'ultimo inventario (n°=2658=6.74 m²ha⁻¹) consentono la stima proporzionale delle aree basimetriche associate alle mortalità numeriche determinate per differenza ai successivi inventari.

- mortalità (n°) 27→ 37 = - 672	G = 1.7 m ²
- " " 37→ 47 = -2926	" = 7.4 m ²
- " " 47→ 57 = -1340	" = 3.4 m ²

Il valore somma (escluso l'intervallo 1→ 26 anni precedente l'inizio del monitoraggio) dell'area basimetrica non vivente in piedi e a terra prodotta da 27 a 57 anni è quindi pari a 12.5m² e al 27.6% dell'area basimetrica viva a 57 anni.

L'andamento dell'area basimetrica "totale", somma dell'area basimetrica inventariale e di quella "intercalare naturale", è riportato nella Figura 5.

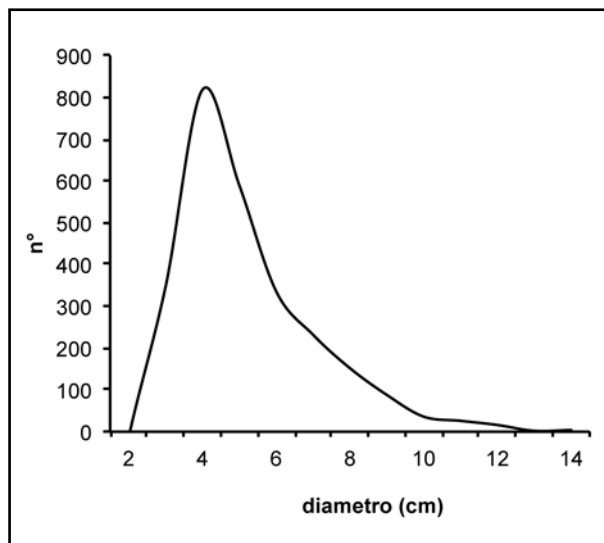
La variazione di densità dei polloni vivi in funzione

del diametro medio (Figura 3) determina un coefficiente allometrico b pari a -1.419.

I valori dell'indice r (Figura 4) indicano la diminuzione della tolleranza specifica (aumento di r) tra i 37 e i 47 anni e, successivamente, la sua stabilizzazione fino ai 57 anni.

L'indice di densità SDI (Figura 5) mostra valori fortemente decrescenti nel primo intervallo e quasi costanti in quello successivo, di pari durata. In questa tesi il valore di SDI rappresenta quello massimo per il popolamento, data la densità colma e la presenza continua di mortalità naturale, analogamente ai valori di area basimetrica massimale (ASSMANN 1970). L'incremento di G accelera nell'ultimo intervallo monitorato. L'andamento dell'area basimetrica "totale" è funzione della quota di mortalità registrata alle varie età.

L'altezza dominante (Tabella 3) mantiene un incremento annuo sostenuto e compreso tra 0.4 e 0.5 m e supera il valore di 25 m all'ultima età osservata. La massa corrente raddoppia il suo valore dai 27 ai 47 anni e aumenta ancora di altri 100 m³ha⁻¹ nell'ultima decade. I valori di incremento medio e corrente descrivono (i) la progressione positiva di entrambe le serie fino all'ultimo inventario (57 anni); (ii) l'accelerazione incrementale corrente da 8.8 a 10.8 m³a⁻¹ nell'intervallo 47-57 anni; (iii) l'aumento conseguente della differenza nei valori incrementali corrente-medio a significare la culminazione ancora lontana dell'incremento medio (Figura 6). La stessa evidenza è data dal forte aumento

**Fig. 2** - Tesi di controllo: distribuzione delle frequenze dimensionali dei polloni morti in piedi misurati all'età di 57 anni, inventario 2002.

Control plot: dbh frequency distribution of dead standing shoots inventoried at the age of 57(2002).

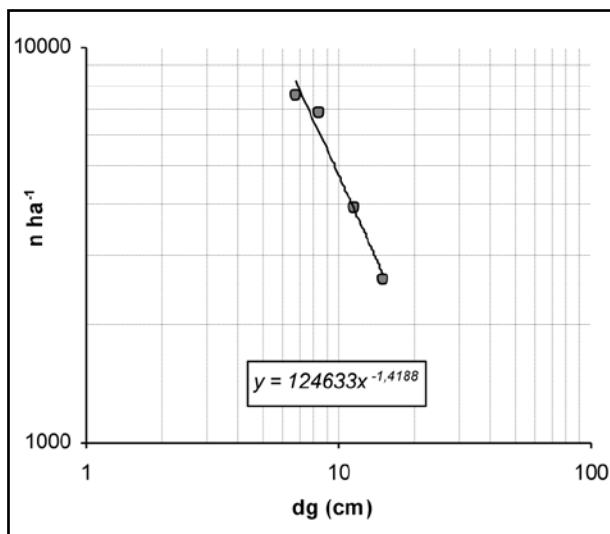


Fig. 3 - Tesi di controllo: variazione della densità dei polloni in funzione del diametro medio.
Control plot: shoot number per unit area as a function of mean dbh.

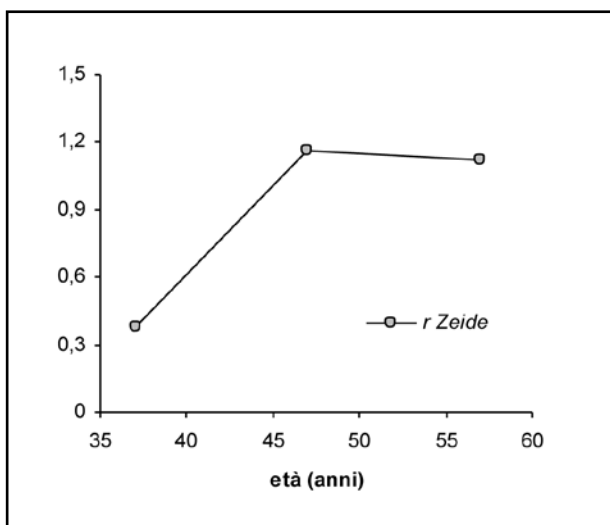


Fig. 4 - Tesi di controllo: variazione dell'indice r di Zeide con l'età.
Control plot: course of Zeide index r with stand age.

del valore di RPR (0.066 → 0.228) (Figura 7).

In termini di peso secco la massa principale naturale all'età di 57 anni (Tabella 7) raggiunge i 321.6 Mgha⁻¹ e i 349.3 Mgha⁻¹, sommando i valori di necromassa legnosa in piedi (19.5) e a terra (8.2) (BERTINI *et al.*, sottoposto).

La densità di biomassa (dB), misurata come occupazione dello spazio di crescita a ciascuna età e incognita fino all'età di 27 anni (Figura 8), diminuisce a 37 anni (2.45→2.13) e poi è di nuovo crescente

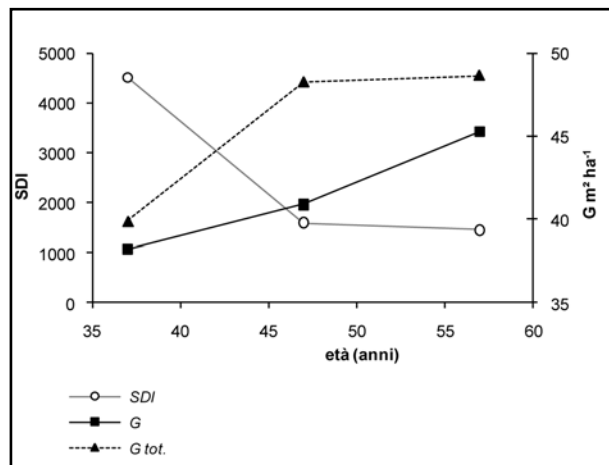


Fig. 5 - Tesi di controllo: andamento dell'Indice di Densità, dell'area basimetrica totale e massima della popolazione in funzione dell'età.
Control plot: Stand Density Index, total and maximum basal area vs. stand age.

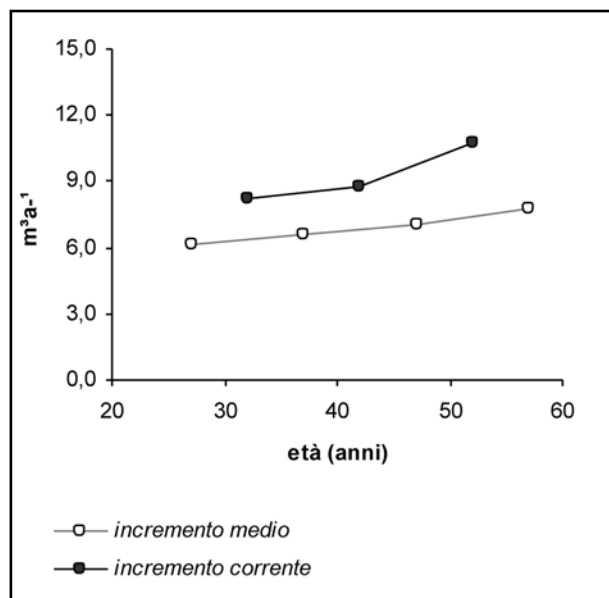


Fig. 6 - Tesi di controllo: andamento dei valori di incremento corrente (periodico medio) e medio di volume da 27 a 57 anni.
Control plot: periodical annual (PAI) and mean annual (MAI) volume increments in the age range 27-57.

(2.21→2.45) a 47 e 57 anni; il parametro si riporta su un valore eguale a quello iniziale all'ultima età osservata.

Le tesi di avviamento

I parametri (Tabella 4) *post*-avviamento indicano mortalità ridotta o nulla tra i tagli intercalari e per tutto il periodo di osservazione. La periodicità degli interventi successivi si diversifica con il diradamento dopo 10 anni nelle tesi a densità di rilascio massima e minima (2600 p. area 3; 1800 p. area 4) e dopo 15 nella

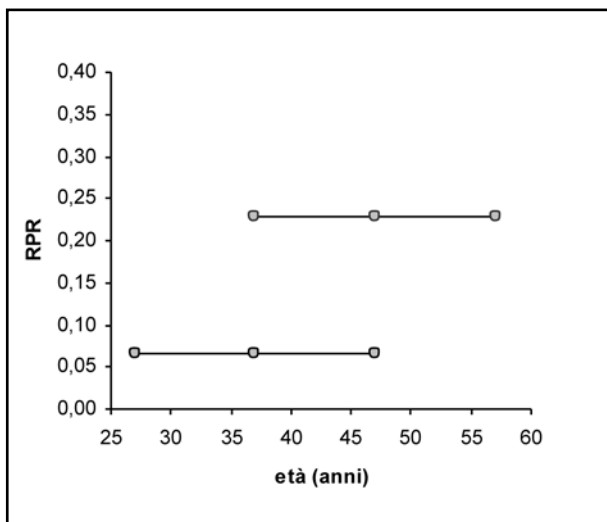


Fig. 7 - Tesi di controllo: variazione del Saggio di Produzione Relativa ai successivi intervalli di età.

Control plot: change of Relative Production Rate over the subsequent age intervals.

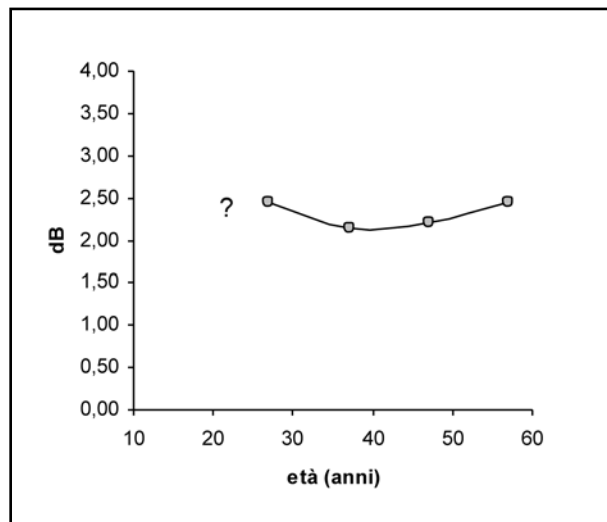


Fig. 8 - Tesi di controllo: andamento della densità di biomassa relativa in funzione dell'età.

Control plot: course of relative biomass density as a function of stand age.

tesi intermedia (2200 p. area 2). Le densità di rilascio (1064 p.; 640 p.) si mantengono diversificate nelle due tesi diradate nuovamente dopo 10 anni mentre la tesi intermedia, diradata 5 anni più tardi, assume una densità simile (706 p.) a quella meno densa.

Il terzo diradamento è eseguito contemporaneamente nelle tre tesi all'età di 57 anni, a 20 anni dal precedente nelle tesi 3 e 4 e dopo 15 anni nella tesi 2. Le densità convergono verso valori più simili (358, 414 e 542 p.; valore medio 438 p.), pur mantenendo ancora l'ordine iniziale. La progressione dei diametri medio e dominante, i diametri medi intercalari e l'effetto incrementale apparente sul d_m a seguito di ciascun diradamento, sono descritti in Figura 9. L'altezza dominante non è influenzata dal trattamento: la differenza iniziale tra la tesi di controllo e la media delle tesi avviate era pari a 1.4 m, quella finale diventa di 0.8 m. La differenza tra le tesi avviate nello stesso intervallo si riduce da 1.7 a 1.1 m.

In Figura 10 sono riportati i valori di *SDI* per le tesi 3 e 4 a 10 anni dal taglio di avviamento e prima del successivo diradamento (37 a.), dopo 10 anni (47 a.) e ancora dopo un pari intervallo (57 a.), prima del terzo intervento. Il loro andamento si differenzia per le densità di rilascio iniziali e procede poi parallelo, ripetendo quello già osservato nella tesi di controllo. Gli effetti della mortalità naturale e della rimozione per diradamento producono le differenze attese nei valori, ma andamenti simili dell'indice di densità.

L'andamento delle masse corrente e totale nelle 3 tesi di avviamento, è riportato in Figura 11. In ciascun grafico è indicato il riferimento della massa corrente della tesi di controllo.

Successivamente al taglio di avviamento la differente temporizzazione del secondo diradamento nell'area 2 (15 anni) si risolve nel ripristino quasi totale della massa corrente *ante* sui valori espressi dal controllo, mentre nelle tesi 3 e 4, diradate dopo 10 anni, la massa *ante* è minore di quella di riferimento. Analogamente il terzo diradamento della tesi 2, diradata ancora dopo 15 anni, interviene in una fase in cui la massa corrente è ancora nettamente inferiore a quella espressa dal controllo; nelle tesi 3 e 4, diradate dopo 20 anni, i valori di massa corrente sono invece più vicini a quelli di riferimento.

La consistenza dei tagli intercalari varia da 62 a 86 m^3ha^{-1} al taglio di avviamento (34→44% della massa totale), da 72 a 114 m^3ha^{-1} al secondo diradamento (35→42% della massa corrente *ante*), da 100 a 118 m^3ha^{-1} al terzo diradamento (28→31% della massa corrente alla stessa età). La massa intercalare media è quindi crescente in termini assoluti (73→112 m^3), mentre si riduce in valore percentuale (40→30%). La sommatoria delle masse intercalari è eguale o maggiore (99→108%) della massa in piedi dopo il terzo intervento. Il valore iniziale di massa totale, superiore mediamente nelle tesi avviate di 17 m^3ha^{-1} rispetto al controllo, aumenta a 100 m^3ha^{-1} dopo 30 anni; la dif-

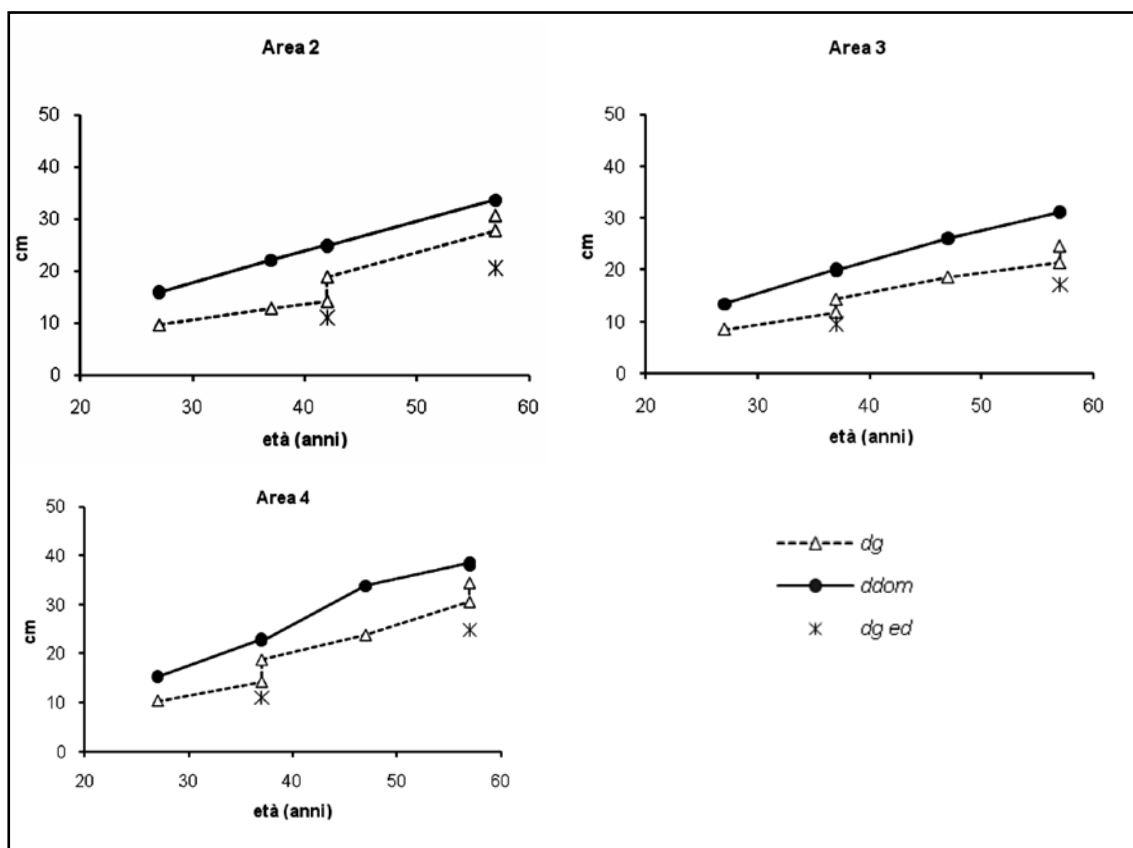


Fig. 9 - Tesi di avviamento: andamento dei diametri medio (dg) e dominante (ddom) subito prima e dopo ciascun diradamento. Diametro medio dei polloni diradati (dg ed).

Thinned plots: course of mean (dg) and dominant dbh (ddom) before and after each thinning. Mean dbh of thinned shoots (dg ed).

ferenza nel periodo costituisce l'*input* incrementale e produttivo del trattamento. I valori a 57 anni sono compresi tra 527 e 564 m³ha⁻¹.

In Figura 12 è rappresentata la formazione della massa totale (media delle tesi 3 e 4 diradate agli stessi intervalli di età) con il contributo delle successive masse intercalari, rispetto ai valori di massa corrente del controllo. La differenza progredisce attraverso gli intervalli decennali da +16 (1972), a +39 (1982), a +76 (1992), a +105m³ (2002), ma si sovrappone all'andamento incrementale comunque crescente della tesi di riferimento.

Gli andamenti incrementali medio e corrente nelle tesi 3 e 4 (Figura 13) sono sostenuti dai successivi diradamenti e procedono paralleli e con pendenza circa costante nella tesi 3, ma non nella tesi 4, dove la maggiore intensità di prelievo intercalare rende più dinamico l'andamento dell'incremento corrente.

Discussione

La tesi di controllo

La dinamica della popolazione è rappresentata con un intervallo di rilievo decennale. Se rimane arbitrario affermare che la periodicità utilizzata sia quella

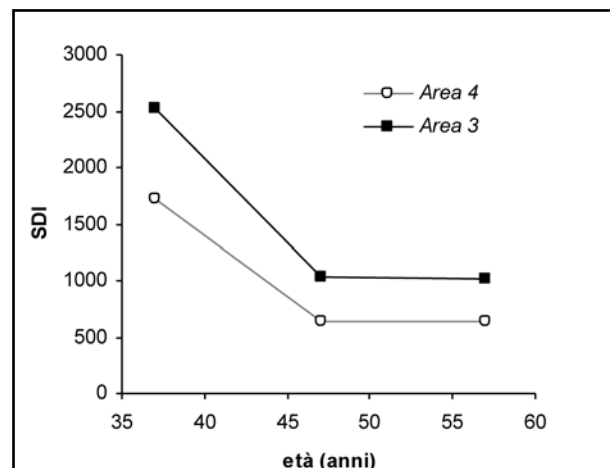


Fig. 10 - Tesi di diradamento 3 e 4: valori di SDI prima del secondo diradamento (età 37), all'età di 47 anni e prima del terzo intervento (età 57). *Thinned plots 3 and 4: SDI before the second thinning (age 37), at the age of 47 and before the third thinning (age 57).*

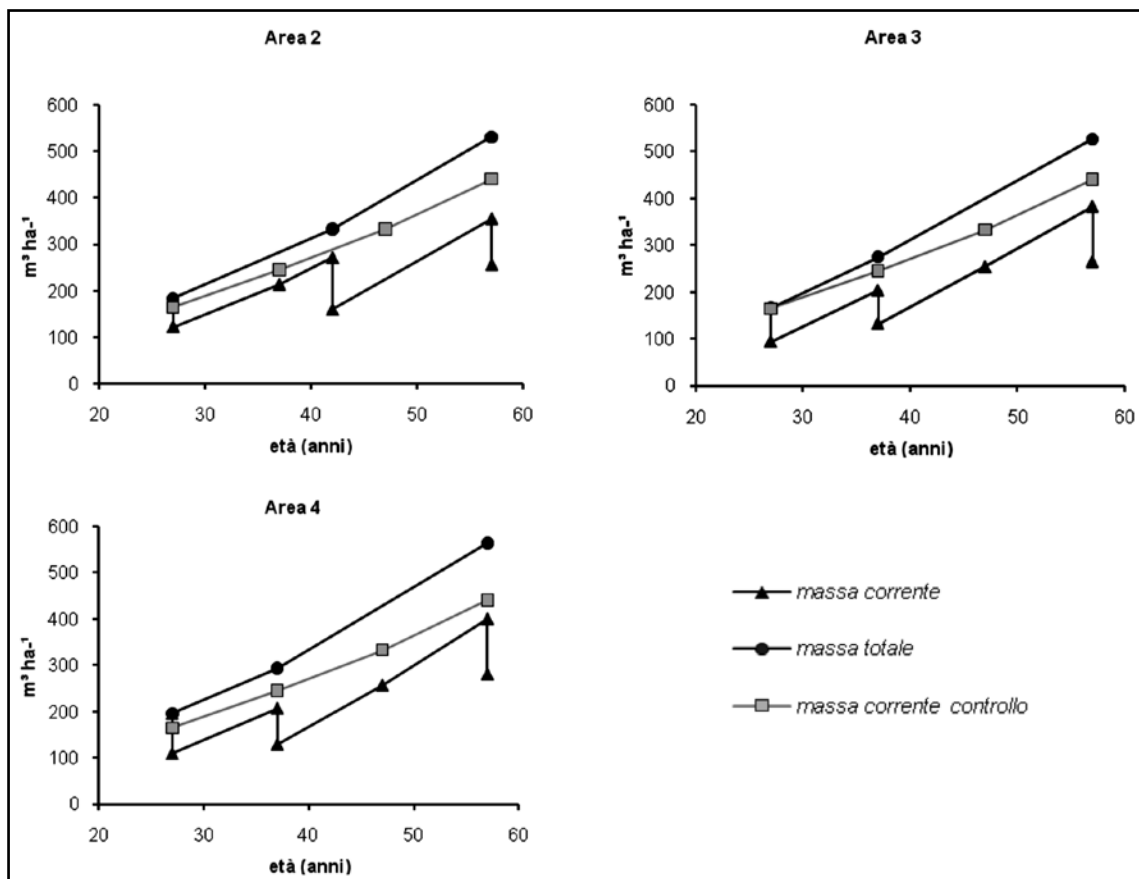


Fig. 11 - Tesi di diradamento 2, 3, 4: sviluppo delle masse totale e corrente in funzione dei diradamenti e dell'età del soprassuolo. È riportato il valore di riferimento della massa corrente (tesi di controllo).

Thinned plots: course of total and current stockings as a function of thinning occurrence and stand age. The reference value of current stocking (control plot) is also reported.

ottimale per l'osservazione dei fenomeni di interesse, ciascuno dei tre intervalli individuati presenta tuttavia caratteristiche peculiari.

La mortalità naturale

Il processo di mortalità è il fenomeno demoecologico che caratterizza la fase di *post-coltura* e il descrittore principale dell'auto-ecologia specifica. A parità di specie, l'origine del bosco da seme o agamica e quindi la collocazione individuale prevalente casuale o raggruppata, controllano e differenziano l'andamento numerico della mortalità; questo almeno fino alle età in cui la naturale tendenza degli alberi a iso-distanziarsi produce *pattern* spaziali simili. Nei primi 10 anni di osservazione (27→37) si evidenzia il comportamento "conservativo" del faggio, specie tollerante dell'ombra, capace di mantenere densità elevate e mortalità limitate. Il ridotto rapporto (3:1) tra polloni e ceppaie morte indica una mortalità probabile concentrata sulle ceppaie più piccole o meno vitali, portanti pochi soggetti e tutti dominati. Il periodo successivo (37→47 anni)

è caratterizzato da una mortalità molto più elevata di polloni e viceversa più contenuta di ceppaie (il rappor-

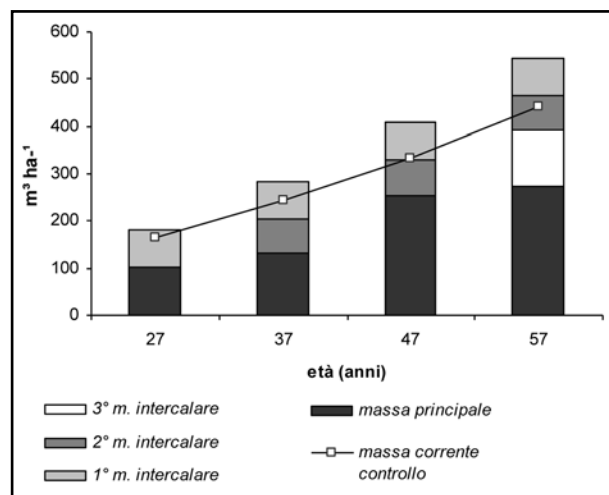


Fig. 12 - Tesi di diradamento 3 e 4: sviluppo della massa totale somma delle masse principali e intercalari.

Thinned plots 3 and 4: growth pattern (total stocking = main + intermediate stock). The reference value of control plot is also reported.

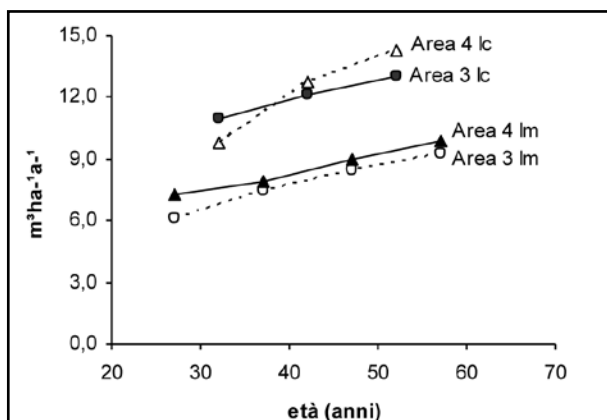


Fig. 13 - Tesi di diradamento 3 e 4: sviluppo degli incrementi corrente e medio di volume nell'intervallo 27-57 anni.

Thinned plots 3 and 4: course of periodical annual (PAI) and mean annual (MAI) volume increments in the age range 27-57.

to relativo sale a 26:1). Il fenomeno di riduzione della densità è quindi generale e distribuito sulla superficie. Segue, nell'ultimo intervallo (47→57 anni), un livello di mortalità di nuovo ridotto in cui il rapporto polloni/ceppaie morte scende a 17:1.

La mortalità per auto-diradamento è analizzata da ZEIDE (2005) come risultato di due fattori: aumento delle dimensioni unitarie degli alberi e diminuzione dell'auto-tolleranza specifica. Con lo sviluppo ipso-diametrico aumenta la proporzione delle strutture arboree (fusto, rami e branche radicali grosse) che supportano le componenti attive (radici fini, tessuti di conduzione, massa fogliare). Ne risulta la maggiore allocazione delle risorse in organi non produttivi (KOZŁOWSKI *et al.* 1991), *the stem itself is largely deadwood* (ZEIDE *op. cit.*), da cui la minore capacità di investire nell'adattamento alla carenza di luce rispetto a soggetti più giovani e la diminuzione del grado di tolleranza al mutuo ombreggiamento (ZEIDE 1985).

La creazione di vuoti nella copertura è quindi la norma anche in popolamenti densi successivamente alla chiusura del piano superiore, in corrispondenza circa della culminazione dell'incremento di altezza. L'area dei vuoti aumenta con l'età e le dimensioni unitarie degli alberi anche perché, a parità di altri fattori, il rapporto lunghezza/ampiezza delle chiome aumenta al diminuire della copertura e ciò realizza, nel lungo periodo, la condizione biologica ottimale di dare spazio e luce alla rinnovazione (ZEIDE 1991 e 2005).

Per quanto attiene l'andamento della densità di polloni vivi in funzione del diametro medio da 27 a 57 anni il valore calcolato del coefficiente allometrico è inferiore al valore "generalista" di Reineke (b

$= -1.419 < -1.605$), in opposto con quanto determinato ($b = -1.789$) da PRETZSCH e BIBER (*op. cit.*) per popolazioni non diradate di faggio di origine gamica. Il valore di PRETZSCH e BIBER è un sicuro riferimento per numerosità campionaria (9), numero di rilievi (fino a 16) e ampio campo di età (38→162 anni) per popolazioni di faggio di ottima fertilità nate da seme. Il caso di studio produce un valore molto più puntuale su 30 anni di osservazione e riferito a un popolamento di buona fertilità di origine agamica, quindi estensibile solo a tipologie simili in Appennino e in area pre-alpina, per il campo di età osservato.

La dinamica della mortalità

La diversa progressione della mortalità dei polloni osservata in ciascun periodo è così interpretabile. Fino a circa i 40 anni la persistenza vitale di soggetti già dominati appare la realizzazione canonica - fino al limite di saturazione dello spazio di crescita - di una elevata sciafilia; evidenzia la capacità specifica di organizzazione anche con masse fotosintetizzanti minime. L'esistenza di una soglia critica per la sopravvivenza è spiegabile con la relazione esistente tra area basimetrica e superficie fogliare (SCHIRONE e SPADA 1988 in PIOVESAN *et al.* 1995). Segue, dai 40 ai 50 anni, una fase di forte selezione che riduce drasticamente la densità della popolazione. L'aumento dell'indice r nello stesso intervallo (riduzione della tolleranza specifica al mutuo ombreggiamento) è la premessa biologica alla forte mortalità osservata. La riduzione di densità consente il riequilibrio, nei soggetti selezionati, delle masse, in particolare della massa fogliare (CUTINI *et al. questo volume*) e di quella adsorbente per affrancamento radicale (AMORINI *et al.* 1990). Si realizza così il pieno utilizzo delle risorse nutritive rese disponibili dal minore numero di competitori e dall'accumulo di fertilità fino dall'ultima ceduzione lontana ormai 50 anni.

Il riequilibrio trova espressione auxonomica nell'ultimo intervallo monitorato in cui la mortalità si riduce sensibilmente a indicare il superamento di una fase biologica ben caratterizzata ma non conclusa (mortalità ancora presente). L'andamento dell'indice r di auto-tolleranza specifica, in accordo con la minore mortalità osservata e il maggiore incremento registrato, si stabilizza in opposizione allo sviluppo generale atteso e a quanto verificato in specie meno tolleranti dell'ombra (querce caducifoglie: CERRO FABBIO e BERTINI, *dati non pubblicati*) per età e condizioni di fertilità

simili. L'auto-ecologia del faggio consente ancora la piena occupazione dello spazio di crescita e la limitazione dei vuoti nella copertura anche per la notevole plasticità specifica nel saturare gli spazi disponibili. Questa dinamica è utilmente confrontabile con quanto discusso da PRETZSCH e BIBER (*op. cit.*) che definiscono veloce e continuo il processo di auto-diradamento in fustaie di faggio rispetto a quanto osservato in popolamenti di quercia (rovere) in cui, approssimandosi il punto di massima densità, la mortalità avviene per cicli. Il vantaggio auto-ecologico del faggio sta, secondo gli autori, nel non consentire la permanenza di vuoti nella copertura per l'occupazione più omogenea dello spazio rispetto alla quercia.

Il caso di studio mostra viceversa la progressione da un periodo di mortalità minimo a uno massimo, con una coda nell'intervallo successivo. La specificità della dinamica nel ceduo sta probabilmente nel condizionamento della distribuzione originale raggruppata sulle ceppaie. Questa la differenza possibile con il popolamento da seme in cui il processo di auto-diradamento si distribuisce, pure partendo da densità estremamente elevate, in modo più lineare. Rimane il giudizio comune sullo sviluppo della medesima auto-ecologia, capace di saturare in modo efficiente lo spazio di crescita.

Le variazioni elevate di densità in periodi relativamente brevi come quelle qui misurate appaiono il risultato della condizione generale già descritta da NICHOLSON (1954) e riportata da ODUM (1973) per popolazioni costituite da piante e da animali superiori, con cicli di vita complessi e con un lungo periodo di sviluppo individuale, e definita come quella dei "tipi a densità controllata tardiva". In questi casi la popolazione "tracima" oltre l'asintoto superiore e subisce numerose oscillazioni prima di stabilizzarsi a livello della capacità biologica specifica.

La distribuzione della mortalità

La stratificazione delle ceppaie per tipo di polloni (vivi/morti) portati indica che il 30% delle ceppaie non presenta mortalità corrente; il 50% è in fase attiva di selezione e su queste si concentra il 90% della mortalità dei polloni; soltanto il 20% delle ceppaie è entrato definitivamente nell'area di mortalità. Il soprassuolo mantiene quindi una dotazione di ceppaie consistente rispetto alla sua età assoluta. Il numero elevato di polloni morti in piedi evidenzia tempi di trasferimento della necromassa a terra prolungati nel

faggio rispetto ad altre specie (cfr. BERTINI *et al.* 2010 e BERTINI *et al.*, sottoposto), per la maggiore durabilità specifica del legno.

L'andamento auxologico

La progressione in area basimetrica inventariale è fortemente influenzata dalla mortalità naturale ($1.1 \rightarrow 0.3 \rightarrow 0.4 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$). Il diametro medio registra incrementi crescenti ($+1.6 \rightarrow +3.1 \rightarrow +3.5 \text{ cm}$) per l'effetto apparente dovuto alla mortalità dei soggetti di dimensioni minori e per l'accrescimento reale. Nella popolazione dominante, al periodo di culminazione della mortalità generale, corrisponde il maggiore incremento diametrico ($+4.4, +6.0, +4.0$) e quindi la sua ulteriore differenziazione dimensionale. La fase di "esclusione reciproca" (OLIVER e LARSON 1990), la posizione privilegiata dei polloni dominanti e la competizione fortemente asimmetrica (BRAND e MAGNUSSEN *op. cit.*), qualificano il loro comportamento come "opportunista" quando si tratti di occupare uno spazio fisico o di utilizzare risorse rese disponibili. Il rapporto d_m/d_{dom} crescente con l'età garantisce comunque una risposta massale positiva del soprassuolo alla dinamica di "aggiustamento" realizzata attraverso i *feedback* opposti di mortalità e accrescimento.

La stratificazione di ceppaie/polloni contribuisce a chiarire: (i) la dinamica di componenti sociali diverse e (ii) il "peso" della mortalità sui valori inventariali di accrescimento. (i) Se in 10 anni le ceppaie dominanti aumentano la loro consistenza del 6% e a quasi 60 anni di età formano i 4/5 dell'area basimetrica, esiste ancora 1/5 di ceppaie non dominanti che occupano e saturano lo spazio non utilizzato dalle precedenti. (ii) In presenza di mortalità il dato inventariale (differenza fine-inizio intervallo) registra valori di accrescimento inferiori a quelli reali perché prodotti da popolazioni vive numericamente diverse, a meno di non scorporare il "peso" della mortalità e determinare così l'incremento reale.

Il valore di area basimetrica intercalare associato alla mortalità naturale e la identificazione di un valore "totale" prodotto nel tempo ma non vincolato alla permanenza durante tutto il periodo di sviluppo del soprassuolo (Figura 5) ha interesse più speculativo che reale. Espressione della capacità portante rimane la popolazione viva, capace di incrementare le dimensioni individuali (retroazione positiva) proprio in funzione dello spazio di crescita e delle risorse liberate dalla quota parte di mortalità naturale (retroazione

negativa). Il valore di area basimetrica perduto per autodiradamento è circa eguale a quello determinato in un ceduo oltre turno di faggio di età e area basimetrica simili da FABBIO e BERTINI (2010, *report interno*).

In termini di volume, la massa perduta annualmente per autodiradamento, calcolata da PIOVESAN *et al.* (*op. cit.*) in un ceduo di faggio oltre turno e da HERMANIN e BELOSI (1993) in cedui di carpino nero è pari, in entrambi i casi, a circa $1\text{m}^3\text{ha}^{-1}$.

L'altezza dominante mantiene ritmi di accrescimento relativamente elevati per tutto il periodo di osservazione (0.46 cm/anno = media $27 \rightarrow 57$ anni). Un valore circa eguale (0.44 cm) si ottiene considerando l'incremento medio del parametro per l'età assoluta del soprassuolo ($1 \rightarrow 57$ anni) a conferma di quanto osservato da analisi del fusto di polloni dominanti per età precedenti quelle qui monitorate (AMORINI e FABBIO 1986).

Il volume, che riassume l'andamento delle variabili fondamentali, descrive lo sviluppo positivo oltre turno con valori raddoppiati di massa corrente da 27 a 47 anni e ulteriore incremento di $100\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ negli ultimi 10 anni. Lo stesso fenomeno auxometrico è stato già registrato in cedui di querce caducifoglie (cerro) di fertilità simili. Nel ceduo di querce tuttavia le culminazioni dell'incremento medio di massa sono anticipate per il temperamento diverso della specie e comprese tra i 30 e i 45 anni, in funzione della fertilità stagionale (AMORINI *et al.* 2006; FABBIO e AMORINI 2006). Nel ceduo in esame l'incremento medio è ancora crescente a un'età prossima a 60 anni e dilaziona ancora l'ipotesi di BERNETTI (1980) sulla "lenta e graduale culminazione" degli incrementi di volume nei cedui di faggio. Carattere auxologico peculiare del caso di studio è l'accelerazione incrementale negli ultimi 10 anni (aumento di *RPR*) che amplia la differenza tra incremento corrente e medio e sposta ancora in avanti la presumibile età di culminazione dell'incremento medio di massa principale naturale. La fase di mortalità, selezione, e riorganizzazione della massa in piedi avvenuta tra i 40 e i 50 anni ha dato inizio quindi a una dinamica originale caratterizzata dal sensibile aumento dell'incremento rispetto alla fase precedente.

L'andamento crescente dei valori di produzione di lettiera fogliare nell'intervallo $47 \rightarrow 64$ anni e la percentuale prevalente della componente fogliare (65-70%) sul totale della produzione annuale, gli elevati valori di LAI (CUTINI *et al.*, *questo volume*) supportano quanto osservato a livello di incremento legnoso nell'ultimo

periodo monitorato e suggeriscono una prospettiva positiva per il prossimo rilievo previsto per il 2012 (età di 67 anni).

Il comportamento degli incrementi corrente e medio è una deviazione dagli andamenti canonici dell'auxonomia che sono attesi convergere progressivamente verso valori eguali nella fase di culminazione dell'incremento medio di massa corrente. La regola generale non sembra quindi applicarsi alla tipologia dei cedui oltre turno di specie tolleranti dell'ombra come il faggio e fondata nel riequilibrio dei dendrotipi successivamente alla crisi di mortalità. Questo riequilibrio avviene, in funzione del temperamento specifico, con tempi relativamente prolungati che rendono il fenomeno estraibile dai dati inventariali. La stessa evidenza non si è avuta in studi analoghi condotti su specie eliofile (cerro) per la dinamica accelerata e il compimento molto più rapido delle fasi mortalità $\rightarrow$ ripresa $\rightarrow$ successiva culminazione incrementale. Il prossimo inventario provvederà elementi ulteriori al comportamento auxologico osservato.

La densità di biomassa *dB*, calcolata come volume occupato dalla massa arborea viva nello spazio teorico di crescita alle età di inventario, consente di esprimere una capacità portante relativa complementare a quella comunemente espressa sull'unità di superficie e crescente con l'età. I dati disponibili ($27 \rightarrow 57$ anni) rappresentano soltanto una frazione del tempo di permanenza ed escludono il periodo iniziale fino oltre l'età della cosiddetta "maturità tecnica" del ceduo. Nell'intervallo osservato i valori oscillano tra 2.45 e 2.13 in funzione dell'incremento di altezza media, dell'incidenza di mortalità naturale e dell'accrescimento in volume. Il primo punto, di poco successivo all'età della presunta maturità tecnica, esprime una densità di biomassa relativamente elevata che poi diminuisce e si assesta negli intervalli seguenti, per riprendere infine il valore iniziale. L'indice esprime una dinamica puntuale e può rappresentare un descrittore di supporto alla definizione classica della capacità portante, facilmente determinabile perché basato su misure di routine.

L'andamento auxologico precedente

I parametri auxometrici nel periodo di sviluppo precedente del ceduo sono ricostruibili - a livello delle componenti sociali dominante e condominante - da un lavoro (AMORINI e FABBIO 1986) svolto sullo stesso protocollo che utilizza l'analisi del fusto (numerosità

campionaria =16) di soggetti abbattuti nella fascia perimetrale della tesi di controllo. L'analisi esplora l'intervallo 1964→1982 (età del ceduo 19→37anni) e si sovrappone quindi ai primi 10 anni di monitoraggio. I valori indicano una prima culminazione sincrona dell'incremento corrente di volume e dell'incremento medio di diametro dei polloni dominanti e condominanti all'età di 24-25 anni, quando le classi sociali inferiori hanno già prodotto il loro picco incrementale. A questa culminazione seguono: (i) una fase di rallentamento incrementale dai 25 ai 29 anni e quindi (ii) una ripresa dell'incremento corrente di volume - su valori superiori a quelli della prima culminazione - ancora crescente nei polloni dominanti a 37 anni, ultimo anno esplorato con l'analisi del fusto. L'incremento medio di volume rimane viceversa sempre crescente con un ritmo costante. Il volume medio dei soggetti dominanti + condominanti, che si è triplicato tra 19 e 27 anni, è ancora raddoppiato negli ultimi 10 (27→37).

Queste osservazioni campionarie sono coerenti con la dinamica qui descritta a livello di popolazione e approssimano intorno ai 24-25 anni la maturità tecnica del ceduo. L'occorrenza a questa età della culminazione dell'incremento corrente di volume e medio di diametro dei soggetti dominanti corrisponde all'evidenza fisionomica della maturità del ceduo (dimensioni diametriche ottimali per l'assortimento richiesto), così come di fatto era nei turni applicati negli anni '40-'50 del secolo scorso.

La doppia culminazione dell'incremento corrente di volume è stata verificata in cedui di carpino nero oltre turno da HERMANIN e BELOSI (*op. cit.*) e il non raggiungimento della maturità fisiocratica in cedui molto invecchiati di faggio da CORONA *et al.* (2007).

Livello della biomassa e necromassa epigea

La massa legnosa raggiunge i 350 Mgha⁻¹ all'età di 57 anni. Le necromasse legnose in piedi e a terra rappresentano il 5.6 e 2.3% della massa epigea totale. A questi valori si aggiunge quello della massa di lettiera prodotta annualmente (CUTINI *et al.*, *questo volume*). Il valore di necromassa in piedi è circa il doppio di quello della massa legnosa a terra ancora identificabile. Si rimanda al lavoro citato (BERTINI *et al.*, *sottoposto*) per la discussione di questo punto.

Le tesi di avviamento

Definizione degli ambiti di applicazione

L'applicazione dell'avviamento ad altofusto com-

prende, nell'approccio originale di GAMBÌ, i cedui di medio-buona fertilità, quelli cioè che potenzialmente possono avvalersi del modello di trattamento individuato e basato sulla capacità di reazione massale al diradamento dei polloni intermedi e dominanti. La soluzione proposta per soprassuoli di fertilità ridotta rimane viceversa quella del ripristino per via naturale o tramite interventi colturali di ricostituzione. Obiettivi dell'avviamento sono di ridistribuire le risorse su un numero molto minore di competitori, rilasciare i fenotipi migliori e liberare spazio alle chiome. Questi criteri sono operativamente semplificati e quindi meglio divulgabili tecnicamente - due punti sempre presenti nella sperimentali di GAMBÌ - dove la competizione ha già espresso risultati evidenti e consente una individuazione meno laboriosa dei rilasci, così come nei cedui in prima fase di "invecchiamento".

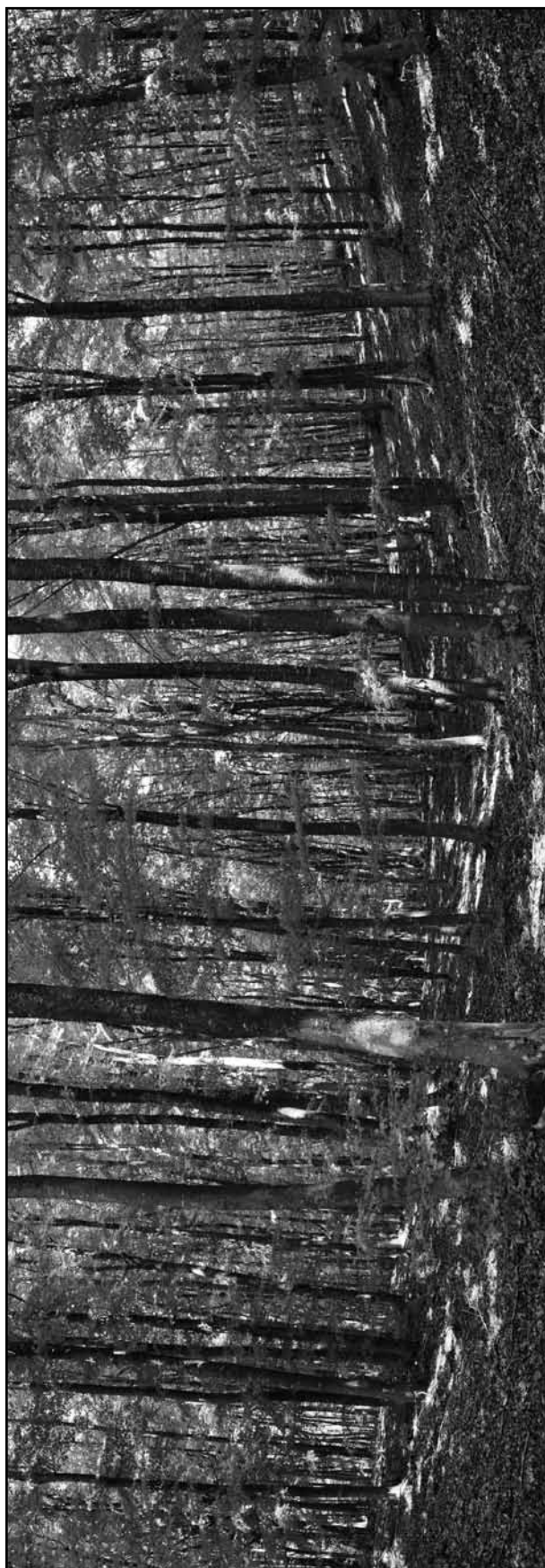
La tecnica applicata

In termini biologici ciascuna raccolta intercalare è composta dalla rimozione anticipata di una quota di mortalità naturale e della popolazione recessiva dal piano principale. La traduzione tecnica ha coniugato sperimentazione (realizzazione di differenti densità di rilascio) e praticabilità (prelievo compreso tra 1/3 e quasi 1/2 della massa in piedi), variando le intensità di diradamento all'interno di un criterio colturale unico. La fase di modellamento della struttura del ceduo iniziata con il taglio di avviamento si completa con un secondo intervento, relativamente vicino nel tempo (10-15 anni), che ripete il precedente nell'intensità di prelievo di massa corrente. Il diradamento ancora successivo è collocato a un intervallo maggiore (15-20 anni) e determina un prelievo relativamente più contenuto (30% della massa). In questa fase, l'intervento è già mirato a creare spazio allo sviluppo delle chiome dei soggetti dominanti e condominanti distribuiti sulla superficie.

La definizione dei parametri (tipo e intensità dei diradamenti) risiede nell'obiettivo di un adeguamento progressivo dei dendrotipi originali attraverso la riduzione della densità, dal piano inferiore e intermedio e poi a quello superiore dove sono collocati i fenotipi migliori. L'intervallo di intervento è una variabile di compromesso tra la raccolta intercalare minima capace di realizzare un ritorno economico e la velocità di ripristino della copertura; questa è avvenuta a oggi sempre entro 8-10 anni (CUTINI *et al.* *op. cit.*) e quindi un trattamento ancora più dinamico sarebbe propo-



Sopra: Lo sviluppo del ceduo oltre turno. Sotto: L'avviamento ad alto fusto.



nibile in assenza di vincoli di altro tipo. La presenza ridotta o l'assenza di mortalità in tutte le tesi diradate indica che i soggetti meno vitali sono stati compresi nella massa intercalare. Gli andamenti simili dei valori di *SDI*, al di là delle differenze attese tra tesi di controllo e diradate, significano l'equivalenza degli effetti prodotti dalla mortalità naturale e dalla rimozione per diradamento. La convergenza delle densità, dopo 30 anni e tre diradamenti, verso valori non troppo diversi (360-540 piante per ettaro) suggerisce l'intensità intermedia come quella meglio tarata. Il criterio colturale adottato fino dal taglio di avviamento ha differenziato densità di rilascio coerenti con la consistenza della massa totale iniziale in ciascuna area.

Il risultato incrementale e produttivo

L'effetto incrementale positivo (massa corrente media = +100 m³ rispetto alla tesi di controllo e sommatoria delle masse intercalari = massa in piedi dopo 30 anni) rappresenta un elemento di validazione dell'avviamento. Altrettanto importanti per la praticabilità del trattamento sono le masse intercalari, crescenti mediamente da 73 a 112 m³ha⁻¹. Questo è l'attributo determinante per la valutazione di una qualsiasi operazione colturale; a maggior ragione per interventi che realizzano la stessa destinazione di prodotto della forma di governo precedente.

A tale proposito, HERMANIN (1988) con riferimento ai prezzi della legna e al costo della manodopera dell'anno 1986, individua il limite inferiore di massa prelevata per un risultato economico positivo in circa 50 m³ha⁻¹. Anche tenendo conto che la forbice costi-ricavi è aumentata nel periodo, le masse prelevate nel caso di studio rientrano nel limite attuale e i risultati sono positivi già al secondo o terzo intervento (BRESCIANI *com. pers.*). Sempre HERMANIN (*op. cit.*) indica l'opportunità di rilasciare al taglio di avviamento almeno 20 m³ha⁻¹ di area basimetrica e il 50% della massa presente prima dell'intervento, in riferimento al criterio di efficacia colturale dell'avviamento. Tali parametri variano secondo le età del soprassuolo, la struttura e la densità

del ceduo, la fertilità della stazione; nel caso in esame le aree basimetriche rilasciate sono state inferiori a 20 m³ha⁻¹ in tutte le tesi sia al primo che al secondo intervento, mentre le masse rilasciate all'avviamento sono sempre superiori al 50%.

In relazione alla forma di governo precedente, e sempre nell'ambito dei cedui di buona fertilità, appare interessante il confronto tra le masse finali ritraibili da due ipotetici cicli di ceduo di 27 e 30 anni applicati alla tesi intermedia (tesi 2) e le masse intercalari raccolte nell'avviamento nello stesso intervallo di età (27 → 57 anni - schema seguente).

Il totale delle raccolte finali nei due cicli di ceduo sarebbe pari a 388 m³ha⁻¹ in 57 anni. La sommatoria delle masse intercalari nell'avviamento è di 276 m³ha⁻¹ distribuita in tre prelievi in 30 anni. A questa produzione si aggiunge una massa corrente (capitale fruttante) pari a 256 m³ha⁻¹. La massa totale nell'avviamento è quindi eguale a 532 m³ha⁻¹. Anche al di fuori dell'ambito pubblico, l'opzione dell'avviamento non sarebbe quindi penalizzante potendo contare su prelievi intercalari frequenti e sufficienti a garantire una resa economica, mantenendo al contempo una massa in piedi (capitale investito) che continuerà a produrre redditi periodici con i diradamenti per tutto il ciclo di avviamento e fino ai tagli di rinnovazione finali.

Le masse correnti relative alle aree diradate non arrivano ad intercettare quella di riferimento per la collocazione dei diradamenti e per l'andamento sostenuto e la non culminazione incrementale della massa in sviluppo naturale. Nessuna influenza è registrata per l'altezza dominante che mantiene incrementi sostenuti e costanti, eguali nelle tesi diradate e in quella di controllo.

L'andamento ausologico precedente

Il primo periodo di avviamento è ricostruito dal lavoro citato (AMORINI e FABBIO 1986) di analisi del fusto di soggetti dominanti e condominanti (numerosità campionaria = 25) prelevati in occasione del secondo diradamento (1982). Il taglio di avviamento produce

	cicli di ceduo					avviamento alto fusto				
	27 anni	+	30 anni	57 anni totali		27 anni	+	42 anni	+	57 anni totali
<i>raccolte finali</i>	184 m ³ ha ⁻¹	+	204 m ³ ha ⁻¹	= 388 m ³ ha ⁻¹	<i>masse intercalari</i>	62 m ³ ha ⁻¹	+	114 m ³ ha ⁻¹	+	100 m ³ ha ⁻¹
										= 276 m ³ ha ⁻¹
										= 256 m ³ ha ⁻¹
										<i>massa corrente</i>
										= 532 m ³ ha ⁻¹
										<i>massa totale</i>

un effetto incrementale immediato, risultante in un accrescimento quasi doppio di questa componente della popolazione rispetto alla tesi di controllo. Nei soggetti dominanti l'incremento corrente di volume è ancora crescente dopo 10 anni mentre è culminato già dopo 6 anni nei condominanti. Questa dinamica suggerisce una ulteriore caratteristica della specie che, pure molto tollerante della densità e capace di sopravvivere con soggetti dominati per periodi lunghi (tesi di controllo), se sottoposta a diradamento utilizza molto efficacemente la posizione di dominanza per selezionarsi ulteriormente all'interno dello stesso piano di crescita.

Conclusioni

Il caso di studio, come tutti i protocolli di monitoraggio di lungo periodo, assume valore per la continuità dei rilievi. Le risposte prodotte sono vincolate alla lunghezza del campo di età esaminato e alla riproducibilità delle caratteristiche del sito (fertilità); importante è quindi determinare sempre la distanza eventuale dei casi di applicazione. Le due tesi, parimenti sperimentali e che rappresentano scelte gestionali complementari, hanno valenze differenti. La tesi di controllo ha verificato l'andamento positivo dei parametri di accrescimento e pone un quesito di carattere auxologico che potrà essere sempre meglio definito nel seguito del monitoraggio. La risposta del faggio, successivamente alla fase di culminazione della mortalità, aggiunge elementi di conoscenza autoecologica in situazioni che si vanno generalizzando a una quota crescente di soprassuoli oltre turno.

Da un punto di vista operativo le tesi di avviamento, soddisfatte le condizioni di base per applicazione di qualsiasi selvicoltura quali l'esistenza di una viabilità forestale sufficiente, confermano la praticabilità economica per le masse raccolte. Da un punto di vista biologico, altrettanto importante è la modellazione delle chiome e la formazione di dendrotipi più equilibrati in grado di affrontare la futura fase di rinnovazione che concluderà il ciclo transitorio alla fustaia da seme. A questo proposito, lo studio della dinamica relativa massa del fusto - rami - foglie e della produzione e qualità del seme, sono tra le misure integrative in atto del protocollo sperimentale.

Un adattamento che si impone su protocolli di questo tipo, di lungo termine e che contengono prove di trattamento, è quello della necessaria semplifica-

zione del disegno iniziale se si intendono mantenere superfici minime sufficienti a descrivere la dinamica di complesso del soprassuolo. È possibile quindi che nello sviluppo del lavoro le diverse tesi confluiscono verso una unicità di trattamento; ciò appare coerente con la "natura adattativa" dell'esperimento. Un'ultima valenza comune a questi protocolli è quella didattica, sia scientifica sia tecnica per i livelli di formazione universitaria e post-universitaria e di gestione.

Ringraziamenti

Si ringraziano, tra le molte persone che hanno partecipato allo sviluppo del protocollo, i tecnici Vittorio Mattioli, Dino Gialli, Silvano Ghetti, Luigi Mencacci, Umberto Cerofolini, Mario Romani, Galeazzo Scaioli, Claudia Benvenuti, Maurizio Piovosi, Nevio Donati, Eligio Bucchioni, Walter Cresti, che dall'inizio di questa sperimentazione e fino all'attualità hanno seguito gli interventi selvicolturali, i numerosi rilievi, l'ordinamento e l'elaborazione dei dati.

Un grazie particolare a Maurizio Piovosi per l'elaborazione dei dati di sintesi e la realizzazione della parte grafica. Si ringraziano per la collaborazione nella direzione ed esecuzione degli interventi colturali, per le occasioni didattiche organizzate insieme a questo Centro, Alfredo Bresciani responsabile della gestione del settore foreste e il personale tecnico della C.M. del Casentino. Si ringraziano infine i tre revisori anonimi che con osservazioni puntuali e suggerimenti efficaci hanno contribuito a migliorare la stesura finale del lavoro.

Bibliografia citata

- AMORINI E. 1994 - *Evoluzione della struttura, della composizione specifica e della biometria in una cerreta mista di origine cedua, in funzione del trattamento*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 7-40.
- AMORINI E., GAMBI G. 1977 - *Il metodo dell'invecchiamento nella conversione dei cedui di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VIII (1979): 21-42.
- AMORINI E., FABBIO G. 1986 - *Studio auxometrico in un ceduo invecchiato e in una fustaia da polloni di faggio, sull'Appennino toscano: Primo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIV (1983): 283-328.
- AMORINI E., FABBIO G. 1988 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Primo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVII (1986): 7-101.

- AMORINI E., FABBIO G. 1989 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Studio auxometrico. Secondo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVIII (1987): 19-70.
- AMORINI E., FABBIO G. 1990 - *Le "vieillessement" des taillis en Italie: étude auxométrique et traitement de la futaie sur souches*. Proceedings IUFRO, XIX World Congress. Montreal, August 1990, Vol. 1: 363-374.
- AMORINI E., FABBIO G. 1991 - *Ricerche sull' "invecchiamento" dei cedui: riflessi sul trattamento di conversione*. L'It. For. Mont., 45 (3): 193-204.
- AMORINI E., FABBIO G. 1994 - *The coppice area in Italy. General aspects, cultivation trends and state of knowledge*. In: Proceedings of the workshop "Improvement of coppice forests in the Mediterranean region". Arezzo, 1992. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 292-298.
- AMORINI E., FABBIO G. 1999 - *Evoluzione del bosco ceduo sull'Appennino e opportunità per una selvicoltura di ripristino*. II Congresso Società Italiana di Selvicoltura e Ecologia Forestale. 20-22 Ottobre, Bologna.
- AMORINI E., FABBIO G. 2009 - *I boschi di origine cedua nella selvicoltura italiana: sperimentazione, ricerca, prassi operativa*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, vol II: 201-207.
- AMORINI E., FABBIO G., FRATTEGANI M., MANETTI M.C. 1990 - *L'affrancamento radicale dei polloni. Studio sugli apparati radicali in un soprassuolo avviato ad altofusto di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIX (1988): 201-261.
- AMORINI E., FABBIO G., TABACCHI G. 1995 - *Le faggete di origine agamica: evoluzione naturale e modello culturale per l'avviamento ad alto fusto*. Atti Seminario "Funzionalità del sistema faggeta". AISF, Firenze 16-17 Novembre: 331-345.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., FABBIO G., MANETTI M.C. 1996 - *Studi su struttura e processi ecologici in popolamenti di leccio della Sardegna meridionale*. Comunicazioni di ricerca ISAF, 96/1: 35-47.
- AMORINI E., CUTINI A., FABBIO G. 1997 - *Gestion visant la conservation des écosystèmes de chêne vert résiduel en Sardaigne (Italie)*. Comptes Rendus du XI Congrès Forestier Mondial. Antalya, 13-22 Octobre vol.2: 171.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., FABBIO G., MANETTI M.C. 1998a - *Silvicultural treatment of holm oak (Quercus ilex L.) coppices in Southern Sardinia: thinning and related effects on stand structure and canopy cover*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 167-176.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M.G., FABBIO G. 1998b - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppice. Structure, biomass and silvicultural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 121-129.
- AMORINI E., BRANDINI P., FABBIO G., TABACCHI G. 2000 - *Modelli di previsione delle masse legnose e delle biomasse per i cedui di cerro della Toscana centro-meridionale*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 29 (1998): 41-56.
- AMORINI E., FABBIO G., CANTIANI P. 2006 - *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione*. Il protocollo di Valsavignone (Arezzo) Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2003-04): 115-132.
- ASSMANN E. 1970 - *The principles of forest yield study*. Pergamon Press Ltd., 507 p.
- BENVENUTI C., CANTIANI P. 2003 - *Il trattamento selvicolturale delle fustaie transitorie di cerro. Interventi propedeutici alla fase di rinnovazione*. In: Atti IV congresso SISEF, Potenza: 27-31.
- BERNETTI G. 1980 - *L'auxometria dei boschi cedui italiani*. L'It. For. Mont., 35 (1): 1-24.
- BERNETTI G. 1987 - *I cedui di querce caducifoglie nell'Italia centrale: proposte di politica forestale*. Cell. e C. 38 (5): 4-10.
- BERTINI G., FABBIO G., PIOVOSI M., CALDERISI M. 2010 - *Densità di biomassa e necromassa legnosa in cedui di cerro in evoluzione naturale in Toscana*. Forest@ 7: 88-103.
- BERTINI G., FABBIO G., PIOVOSI M., CALDERISI M. (n.c.) - *Densità di biomassa e necromassa legnosa in due cedui di leccio (Sardegna) e faggio (Toscana)*. Sottoposto per la pubblicazione.
- BRAND D.G., MAGNUSSEN S. 1988 - *Asymmetric, two-sided competition in even-aged monocultures of red pine*. Canadian J. of For. Res. 18 (7): 901-910.
- BRANDINI P., TABACCHI G. 1996 - *Modelli di previsione del volume e della biomassa per i polloni di leccio e di corbezzolo in boschi cedui della Sardegna meridionale*. Comunicazioni di ricerca ISAF, 96/1: 59-69.
- CLAUSER F. 1981 - *Un'ipotesi auxonomica da verificare*. Monti e Boschi, XXXII (2/3): 97-98.
- CORONA P., COPPINI M., DI BARTOLO M., MATTIOLI W., PALETTA D., SALVATI R., TEDESCO A., HERMANIN L. 2007 - *Criteri di analisi e ipotesi gestionali per una faggeta appenninica della rete Natura 2000*. Annali AISF 56:173-190.
- CUTINI A. 1994a - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 147-166.
- CUTINI A. 1994b - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 167-181.
- CUTINI A. 1997 - *Drought effects on canopy properties and productivity in thinned and unthinned Turkey oak stands*. Plant Biosystems, 131 (1): 59-65.
- CUTINI A., BENVENUTI C. 1998 - *Effects of silvicultural treatment on canopy cover and soil water content in a Quercus cerris L. coppice*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 65-70.
- CUTINI A., HAJNY M. 2006 - *Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-04): 133-142.
- CUTINI A., CHIANUCCI F., GIANNINI T. 2010 - *Effetti del trattamento selvicolturale su caratteristiche della copertura, produzione di lettiera e di seme in cedui di faggio in conversione*. Ann. CRA-SEL Arezzo, vol. 36: 109-124.

- DI MATTEO G., DE ANGELIS P., SCARASCIA MUGNOZZA G. 2005 - *Applicazione di tecniche isotopiche per valutare l'impatto ecofisiologico di interventi selvicolturali di conversione all'alto fusto in cedui di specie mediterranee*. Forest@ 2(4): 367-377.
- DI MATTEO G., DE ANGELIS P., SCARASCIA MUGNOZZA G. 2007 - *Variazioni eco-fisiologiche in tre cedui mediterranei disposti lungo un gradiente altimetrico*. Forest@ 4 (3): 310-323.
- ELZINGA, C.L., SALZER, D.W., WILLOUGHBY, J.W., GIBBS, J.P. 2001 - *Monitoring plant and animal population*. Blackwell Science, Malden, Massachusetts, USA, 337 p.
- FABBIO G. 1994 - *Dinamica della popolazione arborea in un ceduo di cerro in invecchiamento*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 41-72.
- FABBIO G., AMORINI E. 2006 - *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo di Caselli (Pisa)*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2003-04): 79-104.
- FABBIO G., AMORINI E., CUTINI A. 1998 - *Towards a sustainable management of Mediterranean forest: the MEDCOP experience (1994-98)*. Proceed. VII International Congress of Ecology, "INTECOL". Florence, 19-25 July. Contribution to the Symposium "Perspectives in sustainable land use of marginal areas, land abandonment and restoration": 295-308.
- FABBIO G., IOVINO F., MENGUZZATO G., TABACCHI G. 2002 - *Confronto fra modelli di previsione della biomassa arborea elaborati per cedui di leccio*. In: Il bosco ceduo in Italia. A cura di O. Ciancio e S. Nocentini. AISF, Firenze: 469-495.
- FERRETTI M. 2001 - *Ecosystem monitoring. From the integration between measurements to the integration between networks*. Atti del XXXVIII Corso di Cultura in Ecologia su "Monitoraggio ambientale: metodologie ed applicazioni" Univ. di Padova: 3-54.
- GAMBI G. 1968 - *Le conversioni dei cedui in altofusto sull'Appennino toso-emiliano*. Ann. Acc. Naz. Agric. Bologna, III serie, LXXVIII: 1-49.
- GUIDI G. 1976 - *Primi risultati di una prova di conversione in un ceduo matricinato di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VI (1975): 253-278.
- HELLRIGL B. 1987 - *Appunti di dendro-auxonomia*. A cura di C. Colpi e G. De Mas. Univ. di Padova 239 p.
- HELMS J.A. 1998 - *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters. J.A. Helms editor, 210 p.
- HERMANIN L. 1988 - *Considerazioni sul costo degli interventi per la conversione di cedui di faggio*. L'It. For. Mont., 43 (1): 4-20.
- HERMANIN L., BELOSI A. 1993 - *Tavola alsometrica dei cedui di carpino nero dell'Appennino romagnolo*. L'It. For. Mont., 48 (6): 353-372.
- INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE 1985 - *Sintesi metodologica e risultati*. ISAF, Trento.
- INVENTARIO NAZIONALE DELLE FORESTE E DEI SERBATOI DI CARBONIO 2005 - *Risultati*. ISAF-MiPAAF-CFS.
- KOZLOWSKI T.T., KRAMER P.J., PALLARDY S.G. 1991 - *The physiological ecology of woody plants*. Academic, New York.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O. 2006 - *Effetto del trattamento di avviamento ad altofusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-04): 105-114.
- MANETTI M.C., BARTOLUCCI S., BERTINI G., PIUSSI P., SANI L. 2009 - *Dinamiche naturali in formazioni forestali a prevalenza di leccio nel Parco Regionale della Maremma*. Forest@, 6: 186-198.
- NICHOLSON A.J. 1954 - *An outline of the dynamics of animal populations*. Australian J. Zool. 2: 9-65.
- NOCETTI M., BERTINI G., FABBIO G., TABACCHI G. 2007 - *Equazioni di previsione della fitomassa arborea per i soprassuoli in avviamento ad altofusto in Toscana*. Forest@ 4 (2): 204-212.
- ODUM E.P. 1973 - *Principi di Ecologia*. Ed. Piccin, Padova 584 p.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1990 - *Forest stand dynamics. Biological Resource Management Series*. Mc Graw-Hill, 467 p.
- PETTENELLA D. 2002 - *Fattori di inerzia nelle forme di gestione e nuovi sviluppi del mercato per i boschi cedui*. In: Il bosco ceduo in Italia. A cura di O. Ciancio e S. Nocentini. AISF, Firenze: 541-560.
- PIOVESAN G., HERMANIN L., SCHIRONE B. 1995 - *Considerazioni sulla crescita e lo sviluppo di un ceduo matricinato di faggio di età avanzata*. L'It. For. Mont., 50 (4): 404-424.
- PRODAN M. 1968 - *Forest biometrics*. (English translation) Pergamon press, Oxford, 447 p.
- PRETZSCH H., BIBER P. 2005 - *A re-evaluation of Reineke's Rule and Stand density index*. For. Sci. 51 (4): 304-320.
- REINEKE L.H., 1933 - *Perfecting a stand-density index for even-aged forests*. J. Agric. Res. 46:627-638.
- RINGOLD P.L., ALEGRIA J., CZAPLEWSKI R.L., MULDER B.S., TOLLE T., BURNETT K. 1996 - *Adaptive monitoring design for ecosystem management*. Eco. Appl. 6 (3):745-747.
- SCHIRONE B., SPADA F. 1988 - *Relationships between growing season and forest structure*. Int. workshop "Modelling forest growth processes" Uppsala, 29 Ag.-2 Sept.
- TUNNO I., DI MATTEO G., BERTINI G., PIOVOSI M., FABBIO G., DE ANGELIS P. 2007 - *Determinazione dei pool di carbonio e azoto in cedui di cerro oltretorno*. VI Congresso della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale. Arezzo, 25-27/09/2007. Poster.
- ZEIDE B. 1985 - *Tolerance and self-tolerance of trees*. For. Ecol. Manage. 13: 149-166.
- ZEIDE B. 1991 - *Self-thinning and stand density*. For. Sci. 37: 517-523.
- Zeide B. 2005 - *How to measure stand density*. Trees - Structure and Function 19: 1-14.